

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.42 April 1968

コールドチェーン特集

4

野菜の真空冷却装置





コールドチェーン特集

目次

《特別寄稿》

- 蛋白質構成の変化に対応した食品の流通体系 鈴鹿寛昌...525
食品に対する放射線照射の現状 岡沢精茂...530

《特集論文》

- 野菜の真空冷却装置 安生三雄...536
コールドチェーンにおける新しい販売容器—その問題点とあり方— 林久美雄・吉田明彦・市原輝彦...545
食品販売用オープンショーケース 山本喬夫...550
食料品貯蔵庫および冷蔵クーリングユニット 山本喬夫...556
コンテナ用冷凍ユニット 西部敏夫...563
コールドチェーン事例の実験 水野久隆...567
牛乳の流通経路と冷凍機応用製品 山風呂洋...580

《普通論文》

- 輸出化学繊維プラントの電機品 桑原兼一・木村隆信・北川博美・下野信男・安坂吉生...591
サイリスタ静止セルビウス装置 中野久夫・川畑隆夫・栗田静夫...603
東北大学電子リニアック用放射線モニタリングシステム 岩井 優...614
MELCOM-3100 ソフトウェア(4)—10 PT システムの概要— 首藤 勝・野田亮一・石川正躬・長田好正...620
高温気体の非平衡電離現象 野間口有・伊藤利朗...626
上下水道の計装設備 渡辺 宏・松本直己・古木寿人...632

《技術講座》

- 車両用電動発電装置 猪崎国男・酒井正昭...643

《新製品紹介》

- 自動車のリヤウインドの曇り止め装置“三菱 VD-101 形デホッガ”発売・ハンドバッグタイプ“HC-400 形三菱掃除機(風神スバック)”
発売・RR-600 形三菱電子レンジ発売

《ニュースフラッシュ》

- 関西電力納め記録の離相母線相次いで完成・ビットマンアーム誘導加熱成形機 シームアニーラ完成(電縫管溶接)・広東バス納入分速
240 m エレベータ・電子線形加速器わが国初の輸出第1号機—フランス原子力納入—

《特許と新案》

- 車両の積荷高さ識別装置・電気ドリル・多種料金用電力計量装置

《表紙》

野菜の真空冷却装置 (Vacuum Cooler for Vegetables)

写真はわが国にて最初に試作、科学技術庁に納入した野菜の真空冷却装置でコールドチェーンの事例実験に使用されている。短い時間にしかも大量の野菜を清潔の状態にて冷却できるのが特長で、本装置は1トンの野菜を約20分で冷却する能力を有する。

真空冷却装置は従来の冷却方式と異なり、野菜格納チャンパー内の圧力を約5 mm Hg まで減圧することにより、野菜の細胞組織の間にある自由水を蒸発潜熱により自分自身を冷却する方式である。水分の蒸発促進と水蒸気の凝縮のため冷凍機が用いられ、チャンパーの減圧のために真空ポンプが使用される。実際に野菜から蒸発する水分は野菜の重量の2~3%程度なので乾燥、目減りの心配はない。





SPECIAL EDITION OF COLD CHAIN

CONTENTS

SPECIALLY COLLECTED PAPERS

Food Current Systems Coping with the Changes of Protein Contents.....	H. Suzuka...	525
Present Status in Foods Irradiation.....	Y. Okazawa...	530
Installation for Vacuum Cooling of Vegetables.....	M. Anjō...	536
New Sales Equipment for Cold Chain.....	K. Hayashi • A. Yoshida • T. Ichihara...	545
Open-type Self-service Show-Case for Refrigerated Foods.....	T. Yamamoto...	550
Cold Storage Cabinet and Cooling Unit.....	T. Yamamoto...	556
Refrigerating Units for use with Containers.....	T. Nishibe...	563
Pre-cooling of Vegetables and Fruits and the Tentative Tests of the Cold Chain.....	H. Mizuno...	567
Current Passage of Milk and Applications of Refrigerators.....	H. Yamahuro...	580

TECHNICAL PAPERS

Electric Equipment of Export Viscose Rayon Plant	K. Kuwabara • T. Kimura • H. Kitagawa • N. Shimono • Y. Yasusaka...	591
Thyristor Static Scherbius Apparatus.....	H. Nakano • T. Kawabata • S. Kurita...	603
A Radiation Monitoring System of Tohoku University Electron Linac.....	M. Iwai...	614
MELCOM-3100 Software (4) —Outline of Papertape Oriented System—	M. Sudō • R. Noda • M. Ishikawa • Y. Nagata...	620
Nonequilibrium Ionization heated by DC Electric Field or Metastable Nitrogen Molecules.....	T. Nomaguchi • T. Itō...	626
Instrumentation for Filtration Plant & Sewage Treatment Plant.....	H. Watanabe • N. Matsumoto • H. Kogi...	632

TECHNICAL LECTURE

Motor-Generator Sets for Electric Cars.....	K. Izaki • M. Sakai...	643
---	------------------------	-----

NEW PRODUCTS.....	651
-------------------	-----

NEWS FLASH.....	653
-----------------	-----

PATENT AND UTILILY MODEL.....	589
-------------------------------	-----

COVER :

Vacuum Cooler for Vegetables

Illustrated is a vacuum cooler for vegetables built for trial for the first time in this country and delivered to the Science and Technology Agency for experiment on cold chains. It has features of cooling a large quantity of vegetables in a short time and a clean state. The unit has a cooling capacity of 1 ton vegetables in 20 minutes. Unlike conventional refrigerating devices, it operates in a principle of reducing air pressure in a vegetable storing chamber down to 5 mmHg and evaporating free water contained in the tissue of vegetable so as to cool them by the latent heat of evaporation. A refrigerator used is for the promotion of water evaporation and the condensation of vapor, while a vacuum pump is employed to reduce the air pressure in the chamber. Moisture evaporating from the vegetables amounts only to the extent of 2~3 % of the weight of vegetables, obviating drying up or excessive loss in weight of the contents.

「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 656.073.444 : 664.38 : 664.8.037

たんばく質構成の変化に対応した食品流通体系

鈴鹿寛昌

三菱電機技報 Vol. 42・No. 4・P 525～529

食料消費のパターンは年とともに変化しつつあり、たんばく質の摂取量は植物性から動物性に変りつつある。国民所得の増大は動物性たんばく質の摂取の増大を促し、それに適応するレタス、キャベツ等の葉菜類の需用が増しつつある。

これらの野菜を周年供給するためには生産地にシェッドをつくり、予冷・貯蔵・包装・加工を実施し、流通段階では集配センター(Food Distribution Center)を建設して小売店の流通効率を高める必要がある、同時に新しい販売容器も開発する必要がある。

UDC 621.565.923 : 658.871 : 664.8/.9

食品販売用オープンショーケース

山本喬夫

三菱電機技報 Vol. 42・No. 4・P 550～555

流通機構の最後の段階である小売店にて使用されるショーケースの需要は、今後増大することが期待される。現在生産している三菱オープンショーケースについて紹介し、コールドチェーンの進展に伴う今後の動向について説明した。

UDC 664.8.039.5

食品に対する放射線照射の現状

岡沢精茂

三菱電機技報 Vol. 42・No. 4・P 530～535

照射食品の法的許可、受容性および可能性の点から、食品の放射線による貯蔵の現状を調べた。

世界の数ヶ国で許可され、受容性の高いじゃがいも・たまねぎの発芽抑制・殺菌の害虫殺滅は、わが国でも実現化に近い。ラジオパストリゼーションは肉類・魚類とその製品をふくむ食品類で見込みがありそうである。いわゆるコールドチェーンによる食品保存とも関連し、食品照射と他の食品加工法の組み合わせ方法に関する技術的研究の必要が指摘される。

UDC 621.565.923 : 621.57 : 664.8/.9

食料品貯蔵庫および冷蔵クーリングユニット

山本喬夫

三菱電機技報 Vol. 42・No. 4・P 556～562

貯蔵庫は低温貯蔵による品質保持には絶対欠くべからざるものであり、産地貯蔵庫も消費地貯蔵庫も今後増設される傾向にある。またクーリングユニットは冷凍装置作業技術者の不足が深刻であるので、今後の需要は大いに期待される機種である。三菱業務用貯蔵庫と冷蔵クーリングユニットの仕様の概要と使用状況について紹介する。

UDC 635.1/.8 : 621.565 : 533.5

野菜の真空冷却装置

安生三雄

三菱電機技報 Vol. 42・No. 4・P 536～544

野菜の真空冷却装置をわが国ではじめて開発し、科学技術庁に納入したので報告する。野菜は収穫後できるだけ早く冷却して呼吸作用を抑制することにより、ビタミンCの減耗を防ぎ商品性を保つことができる。大量の野菜を短時間に、しかも清潔に冷却するには真空冷却装置が最もすぐれている。真空チャンパーに野菜を格納し、真空ポンプで空気を排除し、コールドトラップをチャンパーの中に設けて冷凍機で冷却すれば、野菜とトラップとの蒸気圧こう配により野菜の水分は蒸発し、蒸発構想により野菜は自分自身を冷却する。この真空冷却装置の基本設計ならびに試験結果を具体的に報告してある。

UDC 621.798.128 : 621.565

コンテナ用冷凍ユニット

西部敏夫

三菱電機技報 Vol. 42・No. 4・P 563～566

コールド・チェーンの調査・研究・実験の一環として、科学技術庁が行なった「野菜の長距離海上輸送実験」用として、当所が新しく開発した冷凍ユニットの仕様・構造・性能についての概要を述べている。いわゆる機械式冷凍ユニットで外部から三相交流電源を得て駆動され、コンテナの側壁に取付けて使用されるものである。

UDC 658.871 : 656.073.444

コールドチェーンにおける新しい販売容器 — その問題点とあり方

林 久美雄・吉田明彦・市原輝彦

三菱電機技報 Vol. 42・No. 4・P 545～549

コールドチェーンの最終販売ルートとして、もっとも適していると思われるスーパーマーケットを中心に、店舗とショーケース・売場面積と販売比率・パッケージとショーケースなどの関係や店舗構成(ディスプレイ)各種ショーケース・ショッピングカート・設備機器の項目にわたって問題点を指摘すると共に将来の販売機器はどうあるべきかをデザイナーの観点から示唆する。

UDC 656.073.444.001.5

コールド・チェーン事例的実験

水野久隆

三菱電機技報 Vol. 42・No. 4・P 567～579

わが国業界のコールド・チェーンの体系的な動きは、昭和41年9月から科学技術庁が行なっているコールド・チェーン事例的実験が進むにつれ急速に活発化している。

ここでは野菜・果実のコールド・チェーンの基礎である、それらの冷却法と事例的実験についての概要を説明している。

UDC 637.141:658.86/.87:621.57.004.14

牛乳の流通経路と冷凍機応用製品

山風呂 洋

三菱電機技報 Vol.42・No.4・P 580~587

わが国の牛乳と乳製品の普及現状と流通経路の概要を述べ、それに準じて冷凍機と応用機器、装置、施設について、その種類・特長・仕様を述べてある。

牛乳のコールドチェーンはすでに完成しており、集乳所には原乳クーラーが、輸送にはクーリングユニットが、処理工場・冷蔵庫には大形冷凍機が、販売店には冷蔵庫・ショーケースが用いられている。



UDC 681.142.007.3

MELCOM-3100 ソフトウェア(4)-IO・PTシステムの概要— 首藤 勝・野田亮一・石川正躬・長田好正

三菱電機技報 Vol.42・No.4・P 620~625

MELCOM-3100 システム シリーズ、モデル10システムの中で、紙テープを入力媒体として専用化したIOPTシステムを開発した。紙カードを媒体とするシステムと異なり、媒体の固有する物理的特長によってEDPS実務の面で不便な操作を伴うことが知られている。この問題を解決して、従来のカードシステムと同等の処理機能をもたせているところに本システムの意義がある。

きなるべきデータ通信システムへのアプローチとしても、紙テープオリエンテッドシステムに対する開発・研究は重要である。また、カードリーダー・カードパンチ装置に比べてコストが安く、情報の保管の容量が小さい点は経済的にも魅力あるEDPシステムである。



UDC 677.4:621.313/316

輸出化学繊維プラントの電機品

桑原兼一・木村隆信・北川博美・下野信男・安坂吉生

三菱電機技報 Vol.42 No.4・P 591~602

プラント輸出は近年一層その重要度を増してきたが、本文は三菱重工(株)を通してユーゴスラビア、パニヤルカ、FCVBL社へ納入した、ビスコースプラントの電機品を中心に紹介したものである。おもな内容は、ビスコーススフおよびセロハンの製造工程の概要と本プラントの規模、短絡電流および短絡電流強度に関する計算、コントロールセンタの利用、防爆電機品および、硫化溶解装置の制御に関するものである。



UDC 621.313.12:533.92:539.186

高温気体の非平衡電離現象

野間口 有・伊藤利朗

三菱電機技報 Vol.42・No.4・P 626~631

安定した非平衡電離プラズマを、MHD発電に利用して、発電器構成上の問題を軽減し、さらに熱源として原子炉を使用しようという提案がなされている。この分野の研究が盛んに行なわれるようになってきた。

本論文では、アルカリ原子をシードした希ガスプラズマでの非平衡電離現象の機構に関する実験の解析を行なう。

準安定窒素がプラズマ中に投入された場合の、電子密度増大の効果を実験的に検証し、この現象が、準安定窒素とカリウムとの第2種の衝突によって説明できることを示した。



UDC 621.316.718.5:621.382

サイリスタ静止セルビウス装置

中野久夫・川畑隆夫・栗田静夫

三菱電機技報 Vol.42 No.4・P 603~613

誘導電動機を二次抵抗により速度制御するとすべりに比例した電力損を発生し低速で運転するほど運転効率は低下し、速度変動率も大となる。サイリスタ静止セルビウス装置はこの二次抵抗制御時のすべりに比例した電力損をシリコン整流器、サイリスタインバータからなる変換装置により回収し電源に返還するため、全速度域を通じて高効率の運転を行うと共にサイリスタインバータの点弧角を調整することにより、わずかの制御電力で、無段階的にきわめて円滑に速度制御することができる。また分巻特性をもち自動速度制御装置なしでも安定な運転ができ、自動速度制御装置を設ければさらに高精度の運転を行うことができる。



UDC 628.1/.2-79 632~642

上下水道の計装設備

渡辺 宏・松本直巳・古木寿人

三菱電機技報 Vol.42・No.4・P 632~642

近年、各都市町村では人口の増加や工業の発展にともない浄水設備、ポンプ設備、下水処理設備の新設・拡張工事がさかんに行なわれている。われわれはこれらの設備の計器についても数多くの納入実績をもっているが、最近納入したもののうち、浄水設備では佐賀市神野浄水場、下水処理設備では春日井市高蔵寺終末下水処理場、また特殊な水質関係設備では、大阪府村野浄水場を選んでその計器設備について述べてある。



UDC 614.898.004.5:621.384.6

東北大学電子リニアック用放射線モニタリングシステム

岩井 優

三菱電機技報 Vol.42・No.4・P 614~619

この装置は東北大学の原子核物理学部研究施設に設置された、電子リニアック用の放射線モニタである。このリニアックは電子加速エネルギー100MeV(最高300 MeV)のわが国最大のものであり、このリニアックから発生する放射線も種々あり、これを監視するための放射線モニタリングシステムもこれに適應したものでなければならない。

本モニタリングシステムは、屋外および屋内のエリアモニタと排水モニタの13点の検出点を制御室の放射線モニタ盤で順次スキャンして測定監視をし、また必要な場所への遠隔指示・警報および制御をし、良好なモニタリングを行なっている。



UDC 625.313.12-83

車両用電動発電装置

猪崎国男・酒井正昭

三菱電機技報 Vol.42・No.4・P 643~649

直流式に始まり、複流式を経て交流式に発展した車両用電動発電機は、その間に著しく進歩し、装置全体が小形軽量化し、信頼度および、精度が比較的大きく向上したが、最近はこれらに加えてさらに保守の簡易化および使用部品の耐久性に重点がおかれた要望がなされている。

当社では、直流式以来数多くの車両用電動発電機を製作して、いずれも好評であるが、とくに最近のものについてその制御方式および構造的特長をここに紹介する。



たんばく質構成の変化に対応した食品流通体系

鈴木 寛 昌*

Food Current Systems Coping with the Changes of Protein Contents

Science and Technology Agency Hiromasa SUZUKA

Patterns of food consumption change year after year. Requirements of animal protein are exceeding those of vegetable one. With the increase of national income, intake of meat increases considerably. In line with the trend such vegetables as lettuce and cabbage are becoming daily necessities in increasing quantities. For the supply of vegetables of these kinds throughout the year, systems are needed to precool, store, pack and process vegetables in sheds built in production districts and deliver them with good efficiency to retail sellers through food distribution centres. At the same time, it is necessary to develop new sales equipment to help promote the flow of the food current.

1. 20年後の食料消費とたんばく質構成

食料流通体系改善の目標は、体系のアウトプットとしての食料消費パターンを、より健康的なものにつくりかえることにある。とすれば、流通体系のあり方を問題にする前に、まず消費パターンの変化の方向が問われなければならない。

ところで、われわれは最近、15年後、20年後の食料消費を予測したいいくつかの提案をみることができる。そのおもなものをあげると、まず林雄二郎氏の提案があり、日本経済調査協議会の将来予測、産業計画会議・経済同友会・国民生活審議会などの提案がみられる。

いまここに、わが国の食料消費パターンの現状をとらえたいいくつかの食料需要表とならべて、これらの提案内容の要点を示すと、表1.1のようになる。

わたくしは、これらの将来予測に準拠しつつ、さらに一つの表をつくってみた。それは図1.1にあげるたんばく質源構成の変化を示したものである。ここでは、食料消費パターン変化のポイントを、たんばく質の構成変化にしばり、過去の二つの時点(1934-36年=昭和9~11年と1955年=昭和30年)と現在(1965年=昭和40年)および20年後(1985年=昭和60年)の予測値を比較している。

これは国民1人1日あたりの摂取量をとったものであるが、わが国の食料消費パターンは、過去30年間、とくにたんばく質源の構成において、かなりの変化を遂げている。すなわち1935年当時1人1日のたんばく質摂取量は52gで、その植物性たんばく質と動物性たんばく質の構成比は87%対13%であったものが、それから20年後の1955年にはたんばく質摂取量69.7g、植物性68%対動物性32%、さらに10年後の1965年になると、71.3gで植物性60%対動物性40%に変わってきている。

動物性たんばく質の摂取比率がふえ、逆に植物性のそれが減少してきているのだが、そのなかでも、穀類からの摂取量が減少してきていることに注目すべきであろう。

さて、ここでこれから20年後のたんばく質源構成の変化はどうか、ということになるわけだが、過去30年間の変化に比べて、基本的に異なるところは、これからの20年間に、植物性・動物性のたんばく質源構成比が、完全に逆転するであろう、ということだ。

これまでの変化は、動物性たんばく質の摂取比率が増加してきた

とはいえ、まだまだ植物性たんばく質より下回っていたものであったが、後20年間は、これが逆転する。しかも穀類からのたんばく質摂取は、わずか26~29.2%程度に減少するであろう、と予測されるのである。

今後15年、20年間の食料消費パターン変化のうちで、もっとも重

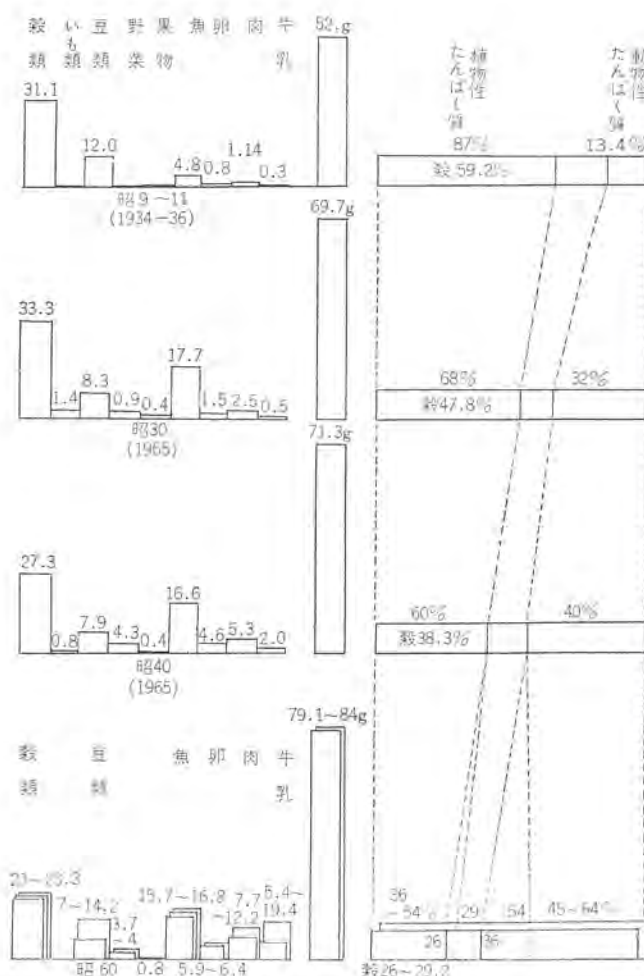


図1.1 たんばく質源構成の変化 (1934~36, 1955, 1965, 1985)

Changes of the composition of protein resources.

表 1. 1 食料栄養構成別にみた各関係委員会の将来の食料消費パターン(1人1日あたり)比較
Comparison of future daily foodconsumption per capita suggested by various commissions classified by the composition of nutritious food.

目 標 年 次	1人1日当り 総 熱 量	粗質食率 %	液質食率 %	たんぱく 質 食 率 %	動物たん ぱく質量 g	動物比率 %	動 物 食 品			脂 質			(補 正)推定人口 千人
							魚	肉(含鶏)	卵	牛乳製品	脂 質	内 油 脂	
現 行 (国民栄養調査 食糧配給表)	昭和39年 (1,964)	2,223	64	74.4	28.7	33.6	83.5	30.6	30.2	46.2	34.3	7.9	97.475
食糧栄養構成研究会 (摂取ベース)	昭和50年 (1,975)	2,421	69.9	81.0	30.4	42.3	80	35	30	140	44.9	20	108.635
	昭和60年 (1,985)	2,468	68.3	81.0	34.3	44.4	80	40	45	180	50.1	20	116.458
	現在比(昭和50年 自然推移) (昭和60年 自然推移)	2,417 104.4	64.3	81.0	36.2 133.3	45.8	80 118	40 150.2	50 127.1	220 150.5	57.1 102.3	25 108.1	35 105.3
農政審議会 飯付 (各種の提案)	昭和51年 (1,976)	2,693-2,707		88.3-88.2	35.0	39.6					66.7-66.8		
	昭和60年 (1,985)	2,613-2,628		84.5-84.4	32.0	37.9					62.7-62.8		
② 日本経済調査協議会 (国際的観点からみた 農業問題 一わが国農業の未 来策一)	昭和55年 (1,980)	2,720 (2,600-2,000)	イタリヤ 軽度 (47.4%)				魚	肉	卵	牛乳			
							41 55 44 0.6	178 88 138 6.3	41 21 31 1.9	567 283 444 4.7			
③ 産業計画会議 (15年後(1980)の 日本の農業政策の 一高生産性形成一)	昭和55年 (1,980)	2,750	45%										
④ 経済同友会 (明日の農業への展望)	昭和55年 (1,980)	2,700	45%										
⑤ 国民生活審議会 (経済発展に伴い確 保されるべき望ま しい生活内容および それを達成する ための基本的政策 についての諮問、 各申)	昭和55年 (1,980)	2,700	45%										
昭和50年ころ 昭和60年ころ 昭和45年目標値	昭和50年ころ 昭和60年ころ 昭和45年目標値	2,350 2,400 2,300	48 42 60										

要であり、注目すべきものは、このたんばく質構成の変化であろう。

一言でいって、わが国のこれからの食料消費パターンは、「低所得形のパターン、後進国形のパターンから、高所得、先進国形のパターンへ」、さらにこれをいいかえれば「低たんばく高カロリー消費形から、高たんばく低カロリーの消費形へ、また植物性たんばく質主体形から、動物性たんばく質主体形へと移行するものとみてよい。

わが国の国民所得は、近年たいへんな勢いで増大しつつある。その国民所得を人口1人あたりについて、ドル換算でみると、1955年（昭和30年）の204ドルから、1965年（40年）の677ドルと3.3倍の伸びを示した。同じ期間に西ドイツが662ドルから1,502ドルへと2.2倍、イタリアが360ドルから884ドルへと2.4倍の伸び。わが国はこれら西欧でも成長率の高い国を、それよりももっと高い増加率で追いかけているのである。

試みに、たんばく質源構成を、これまでの表と同じように、植物性・動物性という大分類でわけて、国民所得の高低によって、その構成にどのくらいの変化が生ずるかをみると、低所得形・後進国形のパターンと高所得・先進国形のパターンの違いは、いっそうはっきりするだろう。

国民所得240ドル（以下いずれも1965年のデータによる）のトルコは、植物性たんばく質83.6%対動物たんばく質16.4%、884ドルのイタリアは、68.4%対31.6%。ごくおおざっぱにいて、国民所得1,200～1,300ドル以下では、まだ植物性たんばく質の比率のほうが高いが、それ以上になると、動物性たんばく質の摂取比が、植物性のそれを上回る。

国民所得1,400ドルのフィンランドは植物性たんばく質44%、動物性56%、1,450ドルのノルウェーでは42.6%対57.4%、2,840ドルのアメリカは30%対70%となる。

わが国の国民所得は、国民生活審議会の将来予測では、1975年（昭和50年）ごろ1,500ドルベース、1985年（60年）ごろ2,500ドルベースとされているが、そうなると、いかにこれまでの米・豆類主体の食習慣をひきずったとしても、動物性たんばく質の摂取比率が、60%台に達するものとみてまちがいはあるまい。

いや諸外国の事例をあげるまでもなく、わが国でもすでに、所得階層によって、植物性および動物性のたんばく質構成比にいちじるしい変化が生じているのを知ることができる。

表1.2は、総理府統計局の家計調査年報に従って、所得階層別品目別に、1世帯1日あたりの食料消費量（消費全品目）をとり、

表1.2 所得階層別にみた植物性および動物性たんばく質構成比
Proportion of vegetable and animal protein intake classified by income.

所得階層	たんばく質構成比	
	植物性たんばく質	動物性たんばく質
70万～79万	40.60	22.05
80万～89万	41.00	23.30
90万～99万	43.50	25.80
100万～119万	36.20	25.70
120万～139万	42.20	26.60
140万～159万	45.50	32.00
160万～179万	44.90	29.20
180万～199万	45.80	33.20
200万～	46.00	36.90

これを各所得階層における平均世帯人数で除することによって、1人あたりの消費量を換算、たんばく質構成比を比較したものである。

これをみると、現在のわが国でも、年間所得70～79万円階層から200万円階層にすすむにつれて、動物性たんばく質の摂取量が、目だって増加し、植物性たんばく質との構成比が50%対50%に近づいてくるのを見ることができる。200万円階層では、すでにたんばく質摂取量は、1人1日82.90g（1965年に、アメリカは94.1g、ノルウェーは88.4g、イタリアは73.9gのたんばく質をとっている）に達している。

2. わが国の基幹食料は何か

ここで動物性たんばく質源として、わが国では、産業の現状からみて何が中心となり、また何を重点に考えるべきか、についてふれておきたい。

「三訂日本食品標準成分表」（科学技術庁資源局-1963年）に従って、主要食料品別に、1カロリーあたりのたんばく質量を比較してみると、水産物が1カロリーあたりのたんばく質量（g）の高さにおいて、食肉類や大豆・米のはい芽などをぬいて、上位にならぶことがわかる。

主要食料品中1カロリーあたりのたんばく質量のもっとも高いのは、純生の牛乳（水をまぜた市乳ではなく）で、そのたんばく質量は0.221g、それにまぐろおよびたら、助宗の0.210gが続く。次いで卵の白味（卵白）の0.206g、また0.20gから0.15gの間に、かつお節・いか・車えび・芝えび・かつお・かじきまぐろ・あじ・牛肉（肩肉）・鶏肉・牛肉（ローストビーフ）・さばの順にならぶのである。

大豆のはい芽や大豆そのものは、さば・牛肉のもも肉・さけ・いわし・さんまの下で、0.120g程度。羊肉が0.115g、にしん0.110g、魚肉ソーセージ0.104g、脱脂粉乳0.097g、脱脂牛乳0.094gといった順序である。

畜肉のなかでは豚肉のたんばく質量が少なく、1カロリーあたり0.059g、米のはい芽は0.053g、マカロニ、スパゲティなど小麦製品は、0.031g、そば類0.028～0.024g、精白した米飯は0.014g、最低はさつまいもの0.010gだが、ちょっと意外なのは、チョコレートで、これは0.013gに過ぎない。

水産業では、世界の先進国であるわが国にとって、動物性たんばく質源として、各種の魚が、牛肉・豚など畜肉類以上にすぐれた資源であることは、まことに幸いといわなければならないが、またそれだけに、この貴重な資源を有効に利用するくふうが、もっと真剣に考えられてよい。

とりわけ近年新たに開発され、大量に生産されるようになった北洋の底魚類は、魚のなかでも高たんばくのものであるが、加工・流通面の技術開発によって、これらをもつと美味に、効率よく摂取する方法を検討課題をすべきであろう。

さてここで、植物性および動物性のたんばく質摂取量に対する青果物の消費量の弾力性をとることによって、動物性たんばく質食品が多くとられる食事においては、どのような青果物が多く消費されるようになるか、についてみよう。それはこれからの青果物消費の一つの予測を示すものである。

細かな計算の基礎や前提条件は省略し、でてきた数値をあげると、

表 2.1 各種野菜の弾力性
Elasticity of various vegetables.

品 名	(植物性たんぱく質)	(動物性たんぱく質)
き ゃ べ つ	0.11286	0.81399
ほ う れ ん 草	-0.28057	0.65689
は く さ い	0.29902	0.12786
ね ぎ	0.04435	0.65604
レ タ ス	-0.38328	2.56281
カリフラワー	0.61940	1.42552
その他の葉菜類	0.11409	0.71400
さ つ ま い も	0.65626	-0.26754
じ ゃ が い も	0.06952	0.69636
大 根	0.40489	0.44013
に ん じ ん	0.17733	0.68142
玉 ね ぎ	-0.00618	0.74708
その他の根菜類	0.01887	0.84614
き ゃ 豆	0.67960	0.95233
き ゃ う り	-0.19720	1.06568
な す	0.06377	0.77799
ト マ ト	-0.35433	0.72125
ピ マ ー ン	0.43360	0.88449

動物性たんぱく質に対する 各種野菜の弾力性値は表 2.1 のようになる。

これを見ると、動物性たんぱく質に対して、適応性の強い野菜は、上から順に、レタス・カリフラワー・きゅうり・さや豆・ピーマン・きゃべつ・なす・玉ねぎ・トマト・その他の葉菜類であって、逆にさつまいも・はくさい・大根などは、適応性が薄いとみられる。

実際に所得階層別にデータをとり、また 1955~65 年の 10 年間の時系列でも、動物性たんぱく質を多くとるようになるほど、これら適応性の強い野菜類の摂取が増している。

いいかえれば、このように動物性たんぱく質に対する適応性のある野菜は、ミルク・魚・卵・鶏肉・牛肉などとともに、これからの食料消費において、基幹的な食材とみることができる。

われわれはこれまで、日常の食事について、「主食・副食」というようないいかたをしてきた。主食は米飯であり、パン、そば類であって、その他の魚や肉、卵、そして野菜類はすべて副食であったわけだが、高所得時代の高たんぱく低カロリー時代に急速に移行するこれからの食料消費では、まずこの「主食・副食」概念を改めなければならない。

わたくしは、このような概念に対して、「基幹食材」という考え方を提唱したいと思う。いわゆる「メイン・ディッシュ」がそれである。

先に栄養的にみて、たんぱく質源として有効な食料品をならべてみたが、そこに高たんぱく質食料品としてあげられたものや、これとの適応性が強く、かつビタミン、ミネラルなど栄養素のバランスのよい青果物は、まず基幹食材としての条件を備えたものであろう。

そしてこれらの食料品が、基幹食材となるためには、さらに消費に周年性があり、またこれに対応して、常時安定的に、大量に供給できる食料品という条件が、つけ加えられる。

これまで日本人は、米飯を毎食欠かさずとり、またみそ汁やつけ物類を常時食卓にのせてきた。これらは、これまでの周年食材であるが、これにかわって、高たんぱく低カロリー時代の基幹食材として、常時食卓に必要とするものがあり、われわれはこの基幹食材を周年大量に安定的に供給する体制をつくらなければならないわけである。

この小論の冒頭に「食料流通体系改善の目標は、体系のアウトプットとしての食料消費パターンを、より健康的なものにつくりかえるこ

とにある」としたのは、この意味である。

3. 需給調整上の問題点

流通の基本的な機能は、需要と供給のギャップの調整にある。そして需給のギャップには、時間的なギャップ・場所的なギャップ・量的ギャップ・質的ギャップの四つの面がある。とすれば需給の調整とは、これを別の言葉でいえば、時間的・場所的・量的・質的な調整ということになる。

時間的な調整とは、わかりやすくいうと、貯蔵による調整で、生産期にだぶつく食料品を貯蔵し、端境期で不足するときに、これを放出する方式、次の場所的調整は、輸送による調整、つまり遠方の地域の生産物を運んできて、不足を補うやり方である。そしてこのいずれの方法においても、質的な安定がなければならず、また量的な安定供給が目標とされる。

生鮮食料品の流通で、コールドチェーン(低温流通体系)が、これらの需給調整の前提条件となり、また等級・規格および検査体制や情報体制が重要視されるのは、このためである。

消費の周年化に対応して、供給の周年化を図るというのは、この四つの需給調整を、計画的に行なう、ということでもある。

現在のわが国のおもな食料品の需給状況から、生産の周年化係数、消費の周年化係数、および貯蔵係数といったものをとってみると、まことに興味深いデータが得られる。ここで生産の周年化係数とは、昭和 41 年の現状でどこまで生産の周年化がみられるか、消費の周年化係数とは、どの食料品がどの程度に消費の周年性をもっているか、また貯蔵係数とは、実際に貯蔵されている程度を測ったものだが、主要食品別に、表 3.1 のような結果が生まれる。

これを見ると、昭和 41 年の時点で、消費の周年性の強い食料品は上から順に鶏卵・成牛・牛乳・玉ねぎ・するめいか・じゃがいも・かれい・豚・にんじん・まあじ・きゃべつ・さばなどに対して、

表 3.1 周年化係数
Coefficients of turning production and consumption throughout the year.

品 名	生産周年化係数(%)	消費周年化係数(%)	貯蔵係数(%)
大 根	14.3	42.1	53.2
に ん じ ん	42.2	59.3	28.8
は く さ い	0	0	0
き ゃ べ つ	59.0	53.5	-7.0
ね ぎ	0	3.0	6.7
な す	0	0	0
ト マ ト	0	0	0
き ゃ う り	0	0	0
す け い か	0	0	0
じ ゃ が い も	0	65.4	58.8
玉 ね ぎ	38.0	70.9	57.3
み か ん	0	0	0
夏 み か ん	0	0	0
り ん ご	0	0	0
な し	0	0	0
ま あ じ	35.8	58.6	32.1
さ ば	0	43.2	84.5
す め い か	0	70.1	81.4
か つ お	0	0	0
さ ん ま い	0	0	0
か れ い	33.9	65.2	46.9
助 宗 だ ら	0	25.6	17.6
豚	67.6	63.6	-11.0
成 牛	82.6	75.1	-8.2
牛 乳	74.6	74.8	26.2
鶏 卵	80.1	82.6	5.1

鶏卵・成牛・牛乳などの場合は、生産の周年化によって、さば・するめいか・じゃがいも・玉ねぎなどは貯蔵率の向上によって、供給の安定化をはかろうとしていることが明らかである。

問題は、これからの基幹食料として、われわれが何を選び、それに対して、いかに供給の周年化体制をとるか、つまり貯蔵・輸送を主軸にした時間的・場所的な需給調整をはかり、かつ計量・品質上の調整をどのようにしてはかるかにある。

4. シェッドの重要性、等級・規格および検査の役割

貯蔵・輸送による時間的、場所的調整と一口にいても、食料品の性質によって、長期貯蔵のできるもの、短期にしか貯蔵できないものとさまざまだが、いずれの場合にも、共通する最重要の問題点は、収穫直後の処理、そのスピードの問題である。

収穫直後いかにはやく、選別・予冷・包装その他の処理を行なうかは、その後の品質保持にもっとも影響の大きい条件である。収穫直後の処理は、多くの場合6～7時間が勝負であって、もしこの処理が遅れたり、技術的にますかたたりすると、せっかくのAA級の品質が、とくに短期貯蔵品の場合には、わずか数日のうちに、A級、B級、C級へと品質の下げ足ををはやめる。

処理がおそく、かつまずいシェッド(Shed=アメリカでは、生産地において、収穫物の処理・包装・予冷・低温貯蔵・加工もしくは予冷や低温輸送のための製氷などを行なう工場のことをシェッドと総称している)では、B級品が多くなり、すぐれたシェッドの製品はA級品が主体となる。というぐあいである。製品の価格の差、シェッドの収支の差は歴然たるものがある。

シェッドはまた、等級・規格および検査の拠点となるものであるが、品質の保持に不可欠の、この等級・規格および検査、さらにシェッドの処理施設など、シェッドの施設費・運営費は、決して少ないものではない。いやこれらへの投資額や運営経費が大きいものだけに、これまで、わが国ではシェッドの形成に踏み切ることができず、とくに青果物ではシェッドらしいシェッドのないまま、常温下での即日集配送を建て前としてきた。

つまりこれまでのわが国の生鮮食料品流通は、わずかに場所的な調整、生産者から消費者へ、常温下にはやく食料品を選びとどけることだけに終始してきたのであって、時間的調整機能や品質調整機能を、まったく欠いていたといわざるを得ない。

いやその場所的調整としても、シェッドを中心とする地域別・季節別の主産地が形成されて、遠隔地にある主産地から、長距離輸送によって、荷を輸送してくる形態を、進んだ場所的調整とみるならば、わが国のように消費地の中央卸売市場周辺の産地から、零細な荷を集めるやり方は、まだまだ不十分なものなのである。

われわれが、アメリカの等級・規格および検査制度をみて、もっとも強く印象づけられるのは、ほとんどの青果物において、それぞれのロットに含まれる欠陥品(ロス)の混入率を10%の許容限度内におさえている。というように、品質上のむらを最小限にとどめる規格をおき、そして検査で、10%以上のロス許容限界を越える荷をきび

しく排除していることである。

そしてこのような等級・規格をまもり、AA級・A級の比率をふやすために、シェッドの諸施設にも、積極的な投資を行なっているわけだが、実はこの品質の維持によって、商品は相応の価格で販売でき、生産者はその努力にふさわしい収益を受けることができ、流通業者はロスの不安から解放されている。このことが消費者にとっても、有利なことはいうまでもあるまい。

わが国の生鮮食料品の物価で、卸売価格の2倍半、3倍という小売価格が常識となっているのは、輸送費がかさむ、取扱マージンが何段階にも重なっているといった流通効率の悪さもさることながら、流通過程での変質や廃棄のロスの大きさに、もっとも大きな原因がある。

これらのロスにはシェッドの形成や等級・規格および検査の実施、コールドチェーン体制などによって大幅に軽減することができるが、こうして軽減される費用は、逆にこれらの体制の設備投資や運営費に還元、配分され、かつ消費者に還元されるのである。

アメリカのスーパーマーケットが、ストッカー・冷凍ショーケースなどの施設費に惜しみない投資を行なっているのも、品質の保持によって、商品価値を高度に保つことが、経済的にも非常に有利だからであろう。

5. C. C. は新商品開発を要求する

最後に、コールドチェーン体系が、新しい商品開発を促進することを指摘しておきたい。

先にわたくしは、基幹食料品という概念をもち出し、その基幹食料品については、消費の周年化に対応する供給の周年化体制をつくる必要があることを述べた。ここにいう新開発の商品は、消費と供給の周年化に結びつくものなのである。

たとえば青果物の長期貯蔵形態の商品としては、オレンジなどの濃縮ジュースやCA貯蔵のリンゴなどがあるが、これらは毎朝の食卓に欠かすことのできないものとなる。

食肉ではブロイラーや牛のレバーの凍結品、魚ではえびの凍結品や各種のフライ製品、あるいは冷凍ケーキ、アイスクリーム、短期貯蔵のものでは、レタス・玉ねぎ・セロリ・その他の豆類があるが、これら商品の大量の消費と供給によって、価格は安定し、かつ引き下げられ、アメリカのように、労力コストの高い国においてしかも、たとえば1940～50年の10年間に、ブロイラーの価格が2分の1に引き下げられた。というような顕著な効果をあげたのである。

われわれはこれからの15年・20年、まず基幹食料として、わが国の食料生産の現状にあったものを選ぶとともに、その供給条件を固める意味で、まず生産地段階では、シェッドの体制を、流通段階では、食料品小売店の流通効率を高めるF. D. C. (フード・ディストリビューション・センター=食料集配送センター)と、最終段階で、消費者の購買意欲をかきたてるショーケースの施設に注目し、また新たな基幹食料品にふさわしい新製品を開発しなければならない。

食品に対する放射線照射の現状

岡 沢 精 茂*

Present Status in Food Irradiation

Inst. of Physical and Chemical Laboratory Yoshishige OKAZAWA

The present status of radiation preservation of foods are generally discussed from legal clearances, acceptabilities and feasibilities of irradiated foods in the world.

The inhibition of sprouting with potatoes and onions and disinfestation of grain, which have been legally permitted and well accepted in several countries, seems to be near realization in Japan. The radio-pasteurization looks also promising for the storage of some foods including fishes, meats and their products.

In connection with the future planning of so called "cold chain" system, the necessity of technical studies on combined method of irradiation and other food processing techniques has been pointed out.

1. ま え が き

第一次大戦後にはじめられた放射線照射の食品工業の利用は、ようやく近年に至って実用化の段階に近づきつつある。わが国でも食品照射の研究開発は原子力特別総合研究の第1号に指定され、国家としてその実用化を推進することになった。

放射線による食品処理の特長は、生鮮状態のままで食品を処理できる点にある。生鮮食品でなくとも、食品をそのままの状態から照射処理できる点にある。このことは、食品照射法を在来のいかなる食品処理法、たとえば加熱・かん詰・薬品処理・冷蔵・冷凍などとも併用することを可能にする。適当な組合せ処理を行なうことによって、双方の欠点を補い、いっそう大きな効果を期待できる。したがって食品照射法は、もちろん一面では独自の処理方法として独立した使命を有するが、他面では他の方法の増強あるいは補助手段ともなる。コールドチェーンのような新しい食品流通機構の整備・完成を目指す場合にも、その能力を十二分に発揮するという点から放射線処理法を利用することも十分考慮すべき問題であろう。

放射線処理のうちでも魚類その他水産物・畜産物への応用は、実用的見地からはまだ不十分であり、総合的かつ計画的な実用化研究が切に望まれる。

2. 放射線の微生物作用

微生物に対する放射線の殺菌作用は、通常、一定線量照射後の生存率の対数を線量に対してプロットして得られる生存曲線で示される。生存曲線には基本的に図2.1のごとく直線の指数関数型と、低線量領域では直線に乗らないシグモイド型があって、照射条件が一定ならば個々の微生物の種類が示す傾斜は一定であるから、ある照射線量を照射したときの生存率は直接測定値をもとにした直線上のみならず、その直線部分を延長した線上から求めることができる。指数関数型・シグモイド型とも、直線上において生存率を1/10に減少させるのに相当する線量を D_{10} 値、または単に D 値と呼び、各種微生物の放射線に対する感受性を比較するのに便利である。

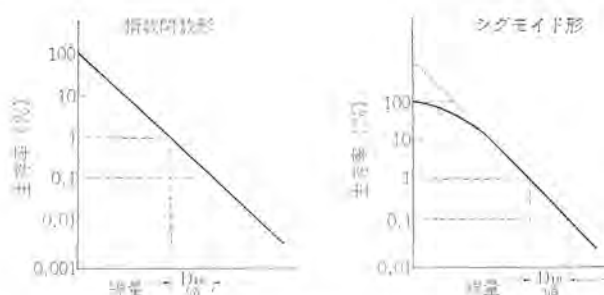


図 2.1 放射線照射における微生物の生存曲線
Two types of survival curves for irradiation of microorganisms.

表 2.1 各種細菌の D 値と不活性化係数
 D values and inactivation factors of microorganisms.

微 生 物	培 質	D 値 (Mrad)	不 活 性 化 係 数	
			0.5 Mrad	5.0 Mrad
<i>Cl. botulinum</i> A 型	食 品	0.40(最大)	$10^1 \sim 10^2$	10^{12}
<i>Cl. botulinum</i> B 型	緩 衝 液	0.33	10^2	10^{14}
<i>B. pumilus</i>	緩 衝 液	0.30	10^2	10^{13}
<i>M. radiodurans</i> R.	牛 肉	0.25		10^{13}
<i>Cl. welchii</i>	肉	0.21~0.24	10^2	$10^{24} \sim 10^{29}$
<i>Cl. sporogenes</i>	緩 衝 液	0.21	$10^2 \sim 10^3$	10^{24}
<i>Cl. botulinum</i> E 型	肉 汁	0.20	10^3	10^{25}
<i>B. pumilus</i>	緩 衝 液	0.17	10^3	10^{20}
	乾燥状態 好 気 的			
<i>B. stearothermophilus</i>	緩 衝 液	0.10	10^4	10^{30} 以上
	好 気 的			
<i>S. typhi-murium</i>	凍 結 卵	0.07	10^7	10^{20} 以上
<i>S. faecalis</i>	肉 汁	0.05	10^{10}	10^{30} 以上
<i>S. Typhi-murium</i>	緩 衝 液	0.02	10^{22}	10^{30} 以上
	好 気 的			
<i>E. Coli</i>	肉 汁	0.02	10^{25}	10^{30} 以上
<i>Pseudomonas</i> SP.	緩 衝 液	0.004	10^{30} 以上	10^{30} 以上
	好 気 的			

D 値は換言すれば生存率を1 log cycle 減少させる線量であるが、大線量の照射を行なったときは全体として最初からどのくらいの log cycle 生菌数が減少するかを算定でき、これを不活性化係数 Radiation-inactivation factor と呼ぶ。ある不活性化係数を与える線量はシグモイド型生存曲線の場合、直線区分での D 値の倍数に非

直線区分の線量を加えて得られる。

表 2.1 に肉類の腐敗に関する *バクテリア* 類の *D* 値と 0.5 メガラドおよび 5.0 メガラド照射する際の不活性化係数を示す。細菌以外のかび類や酵母の *D* 値もこの表の範囲内にある。表のうち *Clostridium botulinum* は、いわゆるボツリヌス中毒を起す毒素生産菌で、しかも最も放射線抵抗性が大きいので、肉類を殺菌する際の目標となる。かん詰食品工業などにおける加熱殺菌においても、どの程度殺菌すればよいかを検討するのに、この不活性化係数の概念が用いられる。とくに微生物汚染が著しくないかぎり、 10^{12} ぐらいの不活性化係数を与える殺菌処理で、処理後の食品腐敗が防止できるので、安全率として不活性化係数を 1.5~2 倍し、 10^{13} が工業的に完全殺菌のため採用される係数とされている。

表の不活性化係数から見れば、一般腐敗細菌に不活性化係数 10^{13} の放射線処理を行なうには 1 メガラド以下の線量で十分であることがわかるが、*Cl. botulinum* では 5 メガラドにも達する。かび・酵母などの殺菌も同様 1 メガラド以下で通常十分である。

微生物の生存率は照射時の条件で相違が見られる。酸素や水分の除去、多くの有機物の存在は致死効果から微生物を保護する場合が多い。実用的見地から関心のもたれるものは殺菌効果の増大（感受性増大 Sensitization）で、必要殺菌線量を引き下げるにより大線量照射にともなう食品からの照射臭の発生など品質の劣化を回避しようというのである。70°C 程度以下の加熱との併用は有効であり、また *in Vitro* では有効な多数の化学増感剤 Chemical sensitizer が知られているが、実際に食品工業に利用可能なものはまだない。

3. 外国における現状

諸外国において現在どのような食品が実用化を考えられており、また将来有望になるだろうか。を具体的に見てゆく前に、いくつかの前提を置かねばならない。その前提とは、第 1 に照射食品の消費者による受容性 Acceptability であり、第 2 にどの国でも食品を市販するために必要な法的許可 Legal clearance である。

どんな食品でも最終的には消費者が受け入れてくれなければ何の役にも立たない。もちろん消費者が食品をえらぶ場合には単に、色・かおり・味からばかりでなく、価格・包装や季節はづれの珍らしさなどのたくさんの理由からその食品をえらぶのであって、必ずしも品質のみによらない。したがって照射処理によっていくぶんか食品の風味がそこなわれるとしても、それに代わる有利な点があれば受容性はよくなくとも実用化が不可能とはいえない。

試みにかん詰食品の受容性と可能性 (Feasibility, 実行できるか、いなかの可能性ともいうべきもの) を図でみると図 3.1 のようになっている。いわゆるコンジュマー・テストから割り出した受容性は、最左端を「非常に悪い」とし、最右端を「非常によい」としている。可能性としては、最上端にくらいするものは市場に出すのに最も容易で工業化ができることを示す。したがって、図 3.1 の右上端にある食品が、食品としての品質の点から言っても、商品として市場に出す容易さから言っても最も望ましい食品と言える。太体において右上の半分の線内にあるものは商品化されて受け入れられていることがわかる。これに反して左下の 4 半分に位置する食品は、かん詰食品としての前途はほとんどないと考えられる。



図 3.1 かん詰食品
注) 原因は Schaly および Lee による以下同様
Present status of canning foods.

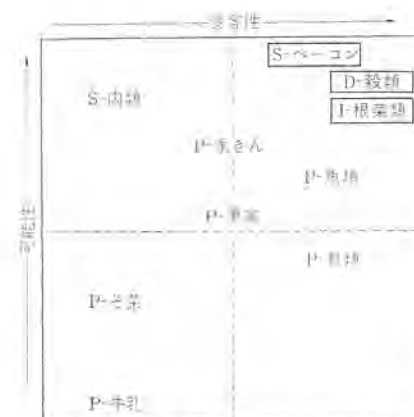


図 3.2 照射食品の総括
Present status of irradiated foods.

同様な図を照射した食品について見ると図 3.2 のようになる。この図では食品が穀類・魚類のように大別してあって、大ざっぱな概念を与えるようになっているが、個々の食品については細別した図を参照されたい。図中の S はステリゼーション（完全殺菌、メガ・ラド以上）、P はパストリゼーション（10 万ラドのオーダー）、D は殺虫（万ラドのオーダー）、I は発芽抑制（1 万ラド前後）を目的とする照射処理を意味する。また線で囲んだ食品はアメリカ政府により市販を許可されているものである。殺虫を目的とする穀類照射や発芽防止を目的とする根菜類の照射は、受容性の点では問題が少なく、魚や貝類のパストリゼーションは受容性と工業化の可能性の双方の面で実用化にはまだ問題が多そうであること。野菜類のパストリゼーションはまだ見込みがないことなどが示される。魚介類のうちいくつかのものは受容性・可能性ともはなはだ良好であるが、これについては後述する。

照射した食品がたとえ消費者によって受け入れられるとしても、実際に市場に出すためには、どの国においても食品として市販する許可をうけることを前提とする。表 3.1 は 1967 年末現在で許可されている照射食品とその包装材料を示してある。これらの食品はすでに安全無害性試験 Wholesomeness tests を終えた結果許可されたのであるが、現在許可を申請中であって近く許可の予想されるものとして、アメリカでは乾燥野菜の組織軟化と調理時間の短縮を目的とする照射、保存期間の延長を目的とする魚類のパストリゼーション、ハム・豚肉の完全殺菌が、カナダではいちごのパストリゼーション、小麦・小麦

表 3.1 海外諸国で法的に許可された照射食品 (1967 年末現在)
Present status of legal clearance for irradiated foods.

品 名	放射線の種類	線量 (Mrad)	照 射 目 的	許 可
ジャがいも	$^{60}\text{Co} \gamma$	0.005~0.010	発芽抑制	ソ 連(1958) b
	$^{60}\text{Co} \gamma$	0.015 max	発芽抑制	カナダ(1960)
	$^{60}\text{Co} \gamma$	0.005~0.010	発芽抑制	アメリカ(1964)
	^{60}Co および $^{137}\text{Cs} \gamma$	0.005~0.015	発芽抑制	アメリカ(1965)
たまねぎ	$^{60}\text{Co} \gamma$	0.005~0.010	発芽抑制	ソ 連(1958) b
	$^{60}\text{Co} \gamma$	0.015 max	発芽抑制	カナダ(1965)
小麦粉およびその製品	$^{60}\text{Co} \gamma$	0.30 max	害虫の殺滅	ソ連(1960-61) b
	$^{60}\text{Co} \gamma$	0.02~0.05	害虫の殺滅	アメリカ(1963)
	^{137}Cs	0.02~0.05	害虫の殺滅	アメリカ(1964)
	電子線	0.02~0.05	害虫の殺滅	アメリカ(1966)
ペーコン	$^{60}\text{Co} \gamma$	4.5~5.6	完全殺菌	アメリカ(1963)
	電子線	4.5~5.6	完全殺菌	アメリカ(1963)
	電子線	4.5~5.6	完全殺菌	アメリカ(1965)
	^{137}Cs	4.5~5.6	完全殺菌	アメリカ(1964)
	15 MeV 電子線 変換 X 線	4.5~5.6	完全殺菌	アメリカ(1964)
肉 類	$^{60}\text{Co} \gamma$	0.8	ラジオバスターゼーション (保存期間の延長)	ソ 連(1964) a
乾燥果実	$^{60}\text{Co} \gamma$	0.3 max	殺 虫	ソ 連(1964) b
果実そ業類	$^{60}\text{Co} \gamma$	0.3	ラジオバスターゼーション	ソ 連(1964) a
包装材料 (9 種類)	^{60}Co および $^{137}\text{Cs} \gamma$	1.0 max	照射食品の包装用	アメリカ(1964)
硫酸紙	^{60}Co および $^{137}\text{Cs} \gamma$ 5 MeV 電子線 変換 X 線	6.0 max	照射食品の包装用	アメリカ(1965)
包装材料 (4 種類)	^{60}Co および $^{137}\text{Cs} \gamma$	6.0 max	照射食品の包装用	アメリカ(1967)
クラフト紙	$^{60}\text{Co} \gamma$	2~5	小麦殺虫	アメリカ(1967)

注) ソ連の許可は 2 段階に分かれる (a) は数量に限った試験的許可 (b) は一般的許可

粉の殺虫、ペーコンの完全殺菌、マッシュルームのバスターゼーションが、ドイツ連邦共和国およびイスラエルではジャがいもの発芽抑制がある。

照射食品の法的許可と安全無害性の証明は表裏一体の関係にある。したがって、ある食品について照射処理が有望であると認められ、技術的に工業化が可能であると予想されても、許可がおりるまでは大規模な処理試験やコンシューマーテストはむずかしい。わが国ではいまだ許可申請がなされたことはないが、照射したジャがいもおよびたまねぎについて安全性試験が厚生省により行なわれている。

包装材料は放射線により化学変化をおこし、有毒なガスを発生させたり、食品に悪影響を与える可能性がありうるが、現在のところ、既存の金属かん、塗装、プラスチックフィルムで問題はない。

4. そ菜、果実の照射

歴史的にいえば、実用化をめざす照射の利用はジャがいもの発芽抑制が最も古い。1952 年に米国ブルックヘブン研究所において極低線量 (7~10 キロラド) の照射によって発芽が防止されることが確かめられて以来、とくにカナダ原子力公社 (AECL) は大きな努力を実用化に傾けてきた。1960 年の法的許可につづき、1961~1962 年にかけては自動車形の移動 ^{60}Co 照射装置を走らせて約 600 トンの

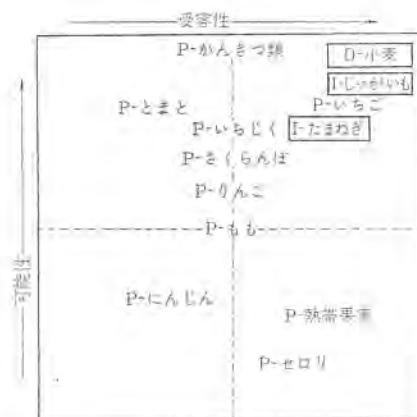


図 4.1 そ菜、穀物および果実の照射
Present status of irradiated tubers, grain and fruits.

ジャがいもを処理して大規模試験を行なった。1965 年には AECL の指導の下に Newfield Products 社により最初の照射工場が建設され、「ガンマー線により発芽を抑制」とマークを付した照射ジャがいもが市場にでることになった。

一方ソ連邦でも 1958 年に許可が与えられ、モスクワ郊外に建設されたパイロットプラントで照射と貯蔵試験が行なわれており、1966 年度には 1,000 トン余の処理を行なって好結果を得ているといわれる。所要線量が少なく、安全無害性および経済性の点から問題がない点、収穫後なるべく早い休眠期の傷のない健全なジャがいもを用いれば、8~12 キロラドの Co-60 による γ 線照射で完全に発芽を防止できる点など、すでに実用化の域に達したといえよう。

たまねぎは、ジャがいもとならんで低線量照射による発芽抑制が著しいものである。しかし品種、収穫後の照射時期により必要線量が一定せず、また、発芽を抑制したたまねぎの内芽の部分だけが褐変を起こす現象や、特有の刺激味がいくらかうすれるなど、今後解決すべき点も残る。アメリカにおけるコンシューマーテストによっても発芽抑制をしたたまねぎの受容性が、同じく発芽抑制をしたジャがいもより一段低いことが図 4.1 からうかがわれる。

いちごがきわめて貯蔵性に乏しいことは周知のとおりで、5°C 程度の低温貯蔵で貯蔵性は増すが、特有な灰色かび (Botrytis cinerea) の増殖が低温でも起こり得る。10~20 キロラドの照射処理によってこのかびの発生を相当に押えることができ、いちごの品質にもさほどの劣化が生じない。元来比較的高価な果物であって、収穫後はただしく天候に左右され、わずかに数日程度の貯蔵期間の延長でも経済効果が大きいと言われているので、低温貯蔵と照射処理との適当な組み合わせによる貯蔵性の増大は実現化の可能性が大きいと思われる。

かんきつ類のオレンジでは青かび (Penicillium 属菌) の死滅を対象として研究が行なわれており、20 キロラド以下の照射で効果があるが、果実の組織軟化その他により受容性が低下する (図 4.1)。しかし、他に適当な貯蔵法はないので、低温貯蔵との組み合わせ、表面殺菌などにより実用化を計る可能性があり、わが国でも温州みかんについて研究が行なわれようとしている。

このほかくりなど乾燥果実の殺虫、かき・バナナ・トマト・なしなどの追熟、あるいは逆に過熟抑制なども試みられている。特殊な効果として、乾燥そ菜の水もどしをよくし、調理時間を短縮する照射が

Lipton 社の特許になっている。

果実ジュースについてはサイベルスドルプロジェクトによる広汎な研究がなされている。同プロジェクトは国際原子力機関、ヨーロッパ原子力機関およびオーストリア原子力公社3者の協定にもとづく国際計画で、日本も参加国の一つとして専門家を派遣している。ヨーロッパ特有のりんご・ぶどう・すぐりなどの生ジュースに対する放射線殺菌の応用と基礎研究を目標としており、日本、アメリカ、カナダも含め約15ヶ国、20人の科学者が、安全無害性試験、微生物、生化学、食品工学、食品化学など各分野を分担して、総合的に食品照射を研究しているもので、各国の注目を集めている。

プロジェクトで得られた結果では、25キロラドのγ線照射と50°C 10分間加熱との併用によりジュースはほとんど殺菌され、官能的にも劣化が認められない。ただ、原料果実の品種により照射臭発生の容易なものがあり、また著しい酵母汚染のあるときは殺菌不十分になるなど、まだ解決すべき余地が大きい。

5. 穀類の照射

穀類の貯蔵に際しての害虫による被害は全生産量の5%にも上るといわれ、ガス薫蒸によって殺虫を行なっているのが現状である。放射線処理の場合にはとくに密閉した倉庫を必要としないこと、袋入りのまま照射できること、低線量(10~50キロラド)照射でよいことなどの利点があって、多数の国で実用化を考えている。アメリカでは1966年、サバナにパイロットプラントが建設されたが、毎時処理量は20キロラド照射としてばらの小麦2,000ポンド、袋詰め500ポンドという。

成虫を死滅せしめるには20~50キロラドの線量を要するが、卵や幼虫は感受性が高い。照射された成虫の繁殖能力の低下による次世代の発生の減少を考慮すると、8~20キロラドの線量で害虫防除の目的を達せられる。100キロラド以上照射した小麦粉あるいは小麦から製粉した小麦粉では製パン能力、食味に幾分かの変化が認められるが、20キロラド程度ではまったくといってよいほどに相違が認められず、受容性、工業化の可能性とも最大で、最も望ましい照射対象ということができよう(図4.1)。

米については小麦ほど多数の研究がなく、その実用化研究はもっぱらわが国の食品照射計画の進展に待たねばならない。小麦と異なって米では20キロラド以上の照射で、すでに食味試験に差が現われるといわれるが、コクゾーその他の害虫は20キロラド以下の線量で十分殺菌できるという。米の品質に対する影響、適当な殺虫線量の決定など早急な検討が望まれる。あずき、とうもろこし、その他の雑穀、飼料などの殺虫、ならびにパストリゼーションも技術的に検討する必要がある。

6. 水産物の照射

食品照射研究の当初より最も有望と思われ、また重要な対象であると信ぜられてきたのは生鮮魚介類である。重要性は今日でも同様であるが、一時考えられていたほどに実用化が容易であるとは考えられていない。その理由はいくつか考えられる。

完全殺菌を目的とする生鮮魚介類の照射は、ほとんど不可能である。一般腐敗細菌のみならず、食中毒の原因となりうる Clostridium 属菌(とくに Cl. botulinum Type A)を完全殺菌するために

表 6.1 照射鮮魚介類の貯蔵性
The storage of irradiated fishes and shell fishes.

魚介類の種類	放射線の種類	線量 (Mrad)	貯蔵温度 (°C)	貯蔵性
ハドツタ (たら近似的魚種)	電子線	0.7	2.2~4.4	6週間以上
かき	γ線	0.63	5	貯蔵性の増大認められない
たら	γ線	0.25~1.0	0	12日 (非照射8日)
かつお、すずき等	γ線	0.93	2~4	50日以上 (非照射20日以内)
バター・フィッシュ (いばだい近似的魚種)		0.2325	1.7	49日 (非照射23日)
たら		0.2325	1.7	94日
ボラ・マク (たら近似的魚種)		0.2325	1.7	2~3週間
たら	γ線	0.1~0.7	0~1.7	3~6週間
かれい	電子線	0.0675~0.27	5.5	12~23日 (非照射3日)
めいけ	電子線	0.125	5.5	7日 (非照射2日)
さけ	電子線	0.047~0.095	1.7	17日 (非照射23日以内)
まぐろ	電子線	0.25	5.5	43日以内 (非照射23日以内)
かに (煮 熟)	電子線	0.05~0.25	1.7	6~13日 (非照射5日以内)
えび (煮 熟)	電子線	0.05~0.25	1.7	5~20日 (非照射5日以内)
かに	γ線	0.25~0.50	3	3~5週間 (非照射1週間)
えび	γ線	0.50~0.75	3	14週間
ハドツタ	γ線	0.05~0.8	0~6	7~90日
たらばがに	γ線	0.1~0.6	0.6	3~7週間以上 (非照射2週間以上)
たらばがに	γ線	0.1~0.6	5.6	1~5週間以上 (非照射3~7日)
おおのがい	γ線	0.35~0.55	0.6	30日以上 (非照射5日)
おおのがい	γ線	0.35~0.55	5.6	20日
えび	γ線	0.5~0.75	3.3	3~5週間以内 (非照射1週間)
おおのがい	γ線	0.05~0.8	0~6	12~90日

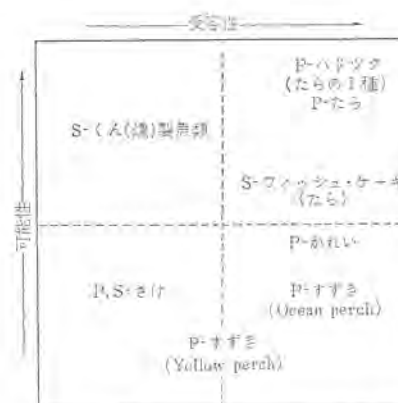


図 6.1 魚類の照射
Present status of irradiated fishes.

は12D値として約5メガラドの照射が必要であり(表6.1)、このような大線量の照射では、照射臭の発生はもちろん、種々品質の低下が起こって食用に不適となってしまう。さらにさらに微生物汚染による腐敗を防いだとしても、魚介類自身の自己消化による品質劣化はまぬがれ難い。そこで1メガラド以下の線量によりパストリゼーションを行ない貯蔵性を増大させるのが現実的な方法となる。

通常の冷蔵法により魚介類が保存できる限界は約2週間以内で、種類によっては数日間しか保存できない。ラジオパストリゼーションを行なうことにより貯蔵期間が倍程度に延長できるならば、資源的にも経済的にもその効果は大きい。いくつかの魚介類で得られた結果は表6.1のとおりで、一般に著しい貯蔵性の増大が認められる。しかしながら照射線量が大きければ官能的な品質の劣化も大きくなるので、



図 6.2 えび, かに, 貝類の照射
Present status of irradiated shell fishes.

表の線量範囲の中間くらいの照射量が実用的には適当と見なされる。

一般にたら, かれいのような白身の魚やえび, かに, 貝類は, 照射臭の発生その他の副反応が小さく, 照射による品質の低下が少ない。図 6.1 および図 6.2 で示すように, 受容性は「非常によい」とはいえないが, 「相当によい」との категорияにはいる。魚介肉を真空包装した場合には品質低下が少なく, しかも貯蔵性が大きくなるという。

あさりむき身の凍結貯蔵に際して 37 キロラドの γ 線照射を行なったところ, 大腸菌群数が数 1,000 分の 1 に減少し, かつ食味, 外観は生鮮品となら変わらなかったとの報告がある。単に貯蔵期間の増大というのみでなく, 凍結または冷蔵魚介の流通末端における衛生の向上という面からもラジオパストリゼーションの応用は意義がある。このことは, ちくわ, かまぼこなど練製品をはじめ水産加工品を多量に消費する日本では重要であるが, 技術的検討は十分なされていない。

7. 畜産物の照射

1963 年, アメリカにおいて 4.5 メガラド照射により完全殺菌を行なったかん入りベーコンの市販が許可されたことは, 食品照射の応用化の輝かしい成果であった。しかしその後, 他の畜産物についてそれほど実用化に成功した例がないのは, 一つには食品としての安全無害性試験が終了していないので市販許可になっていないためであるが, やはり照射臭の発生など副反応により品質の低下するおそれがある, とくに完全殺菌を目的とする大線量照射はベーコン以外にほとんど好結果が得られないためである。パストリゼーション程度の中線量照射では品質の低下は, それほど著しくない(図 7.1)。

照射による肉類の品質劣化は牛肉が最も大で, 次いで豚肉となり, 鶏肉は最も影響が少ない。鶏肉は 1 メガラド照射した場合, 非照射肉に比べ 7~10 日間保存期間を延長できるという。若鶏は冷蔵して市販する際, 低温性の細菌あるいはサルモネラ菌が付着, 生育するおそれがあるが, ラジオパストリゼーションにより安全に, かつ長期間の貯蔵が可能になると考えられ, 多くの国で関心が持たれている。

ソーセージ, ことに最も需要の大きなポークソーセージ類は, 図 7.1 では受容性が低く示されているが, 製品の種類, 品質などによって相当な差があり, 4.5 メガラドの完全殺菌線量の照射でも十分市販性があるといわれる。わが国ではソーセージは大衆食品として重要なものであるが, その市販での平均保存日数は 1 週間程度といわれ, もし



図 7.1 畜産物の照射
Present status of irradiated meat and poultry products.

ラジオパストリゼーションの利用により保存期間が延長できれば大変望ましいことである。またソーセージ製造の特長上, 現在でも防腐剤, 色素その他の混和物の使用が許されているので, 何らかの添加剤による副反応の防止や殺菌協力剤の添加による完全殺菌線量の引き下げも可能であろう。

卵についてはイギリスの詳細な研究がある。から(殻)から出して凍結させた, または乾燥させた鶏卵のサルモネラ菌は約 0.5 メガラドの照射によりほとんど殺菌されるので, 大量の輸入を行なっているイギリスでは実行可能であるという。

肉類の完全殺菌に有効な手段として凍結状態での照射処理が提唱されている。凍結状態では照射により生ずるフリーラジカルの移動が少なくなり, このため照射臭の発生, 色調変化など品質劣化が凍結しない肉に比べ 1/2 程度にとどめられる。一方細菌胞子ことに *Cl. botulinum* の胞子の放射線感受性はほとんど変化しない。したがって凍結状態で 1.5 メガラドの照射を行なった肉類は, 2 メガラド程度照射したものと同程度の品質を維持できる。

8. 安全無害性について

放射線を照射した食品が食用に供された場合, 食物として絶対に無害であるということは, もちろん不可欠の条件である。これまでも照射したじゃがいも, ベーコンなどの肉類についてはアメリカできわめて広汎な動物試験が行なわれ, それらデータの集積が法的許可を導き出したもので, 前記サイベルドルプロジェクトでも豚の長期飼育を含みりんごジュースの安全無害性(または健全性, wholesomeness)が進められている。

照射により生ずる可能性のある食品中の変化は次のものである。

- (1) ビタミン その他食品成分の破壊
- (2) 毒性物質の生成
- (3) 誘導放射能の生成

このうち(1), (2)はいかなる食品加工に際しても予想されるが, (3)は放射線照射に特有なものであろう。

γ 線, X線および電子線が現実と考えられる放射線質であるから, もし放射能を誘発するとすれば, 核光電効果および核異性体転移によるはずである。これらの反応の難易は, 食品中の原子の核種, 存在比, 放射線のエネルギー, 線量などで大差がある。かりに現在利用し得るよりはるかに高い 10 MeV の放射線で 6 メガラド照射したとして, しかも反応容易な核種が最大限に存在したとして計算すると, 照射

後の食品では K-40 などによる自然放射能より 2%ほどの放射能の増加が起こり得る。自然放射能そのものがきわめて微弱な上に偏差が大きいため、この値は自然の変動のうちにはいる。可能性でさえこの程度であって、現実には放射能誘発がないといってさしつかえない。

毒性生成の事実は現在まで認められていない。これまで行なわれたいかなる動物試験の結果でも、毒性をはっきり示したものはなく、将来についても楽観的であってよいと思われる。ただ、個々の食品の無害性を証明するには多大の労力、多数の動物と長い年月が必要である。わが国では、照射したじゃがいもとたまねぎについて、照射処理を添加物の添加と同様に考え、急性、短期、長期の各毒性試験ならびに繁殖試験と発がん(癌)性試験を開始する運びといわれる。

現在より 150 年程以前、ナポレオンにより取り上げられたかん詰技術であるが、一般化までには 1 世紀を要し、その過程ではかん詰は有毒であると攻撃を受けた時代もあったという。実用性のある照射食品が数多く生まれれば、無害性についての疑問も解決されていく

ことであろう。

9. む す び

以上、主として世界諸国における照射食品の法的許可の状況ならびに照射した食品の諸消費者による受容性の良否、応用化の可能性について記した。

じゃがいも、たまねぎの発芽抑制は、わが国でも実用化に近づいており問題は少ない。穀類の殺虫は小麦、小麦粉に比べ、米、雑穀などの研究が少なく、わが国での開発が望まれる。

魚類、肉類、その製品のラジオパストライゼーションも有望と考えられるが、実用化の見地よりのデータが十分でなく、また水産、畜産二次製品についてはわが国特有な食品が多いので、今後の研究が必要である。

照射技術に関しては、センシタイザーなどの使用による殺菌線量の引き下げとならんで、他の食品貯蔵方法、とくに冷蔵、凍結法などとの組合わせを検討し新技術を開発する必要があると思われる。

野菜の真空冷却装置

安生 三雄*

Installation of Vacuum Cooling of Vegetable

Head Office Mitsuo ANZYÔ

Installation for vacuum cooling of vegetable has been developed for the first time in this country and delivered to the Science and Technology Agency. After harvesting if vegetable is cooled as quickly as possible to control the breathing, its vitamin C can be prevented from dissipation to maintain the value of articles. To cool much quantity of vegetable in a short time with cleanliness, vacuum cooling is the most suitable. In this practice vegetable is placed in a vacuum chamber, from which air is evacuated by means of a vacuum pump. Then a cold trap is provided in the chamber and cooled with a refrigerating machine, thereby the moisture of vegetable being vaporized by a vapor pressure gradient between the vegetable and the trap. This causes the vegetable cooled by the latent heat of evaporation of itself. This article describes its basic design and reports the test result.

1. ま え が き

最近の生鮮食料品の価格の上昇は激しく国民生活白書によれば、消費者物価指数は昭和35年を100とすれば40年は野菜194、魚介179、果実142、穀類132、肉類113、鶏卵96となっており、その後も物価の上昇は続いている。とくに野菜の価格上昇は激しくそのうえ季節による価格変動がはなはだしい。

政府は生鮮食料品の価格対策としてコールドチェーンを取り上げ、流通部門の合理化、ロスの排除、商業構造の改善、等級規格の設定、流通情報の整備、主産地の形成等種々の方策と取り組んでいる。科学技術庁資源局では41年9月より事例的実験調査を実施し、将来実際にコールドチェーンを発展させるうえに解明しておかねばならない技術的な問題の所在を実験室的規模から一歩踏み出し、現実の流通の場においてつかみ、検討する努力をしている。

科学技術庁事例実験の一環として、今回真空冷却装置 (Vacuum Cooler) を開発製作し、レタスのプレクーリングを実施したのでここに報告する。この真空冷却装置は科学技術庁の指導により完成した国産第1号を誇るものであり、41年度科学技術庁から派遣された“コールドチェーン海外調査団”の調査結果に基づき設計製作されたもので、現在レタスの生産地で冷却の用に供され、今後の事例実験の成果に役立つことを期待されている。図1.1は真空冷却装置の外観である。

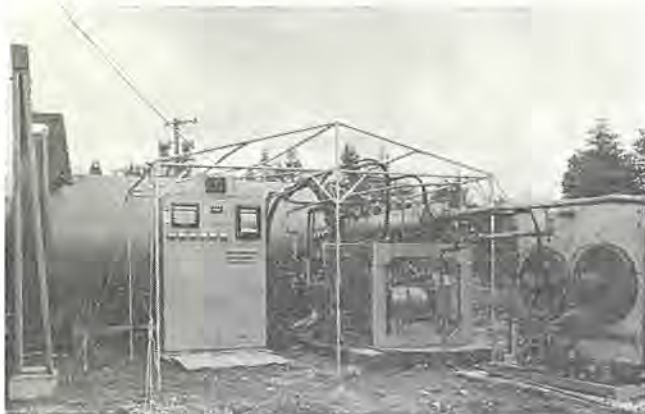


図 1.1 真空冷却装置外観
Appearance of vacuum cooler.

2. 野菜のプレクーリング (Precooling)

生鮮食料品の価格を安定させる方法の一つとして、流通過程のロスを排除することが考えられる。野菜・果実等が収穫されてから消費者に渡るまでいろいろのロスがあるが、大別すると品質的なロスと量的なロスとに区分することができる。品質的なロスを防ぐには、収穫後できるだけ早く冷却して鮮度の劣化を防ぐことがたいせつである。量的なロスを防ぐには生産地にて加工し、包装して不可食部分の流通を排除することがたいせつである。

さて、果実・野菜等は収穫後も生きて生活作用を営んでいる。すなわち酸素を吸入し炭酸ガス、水分を排出して呼吸作用を続けている。しかし水分や栄養を補給すべき根がないので、そのまま放置すればいちょう(萎凋)、変色、軟化、減重量、減ビタミンCとなり商品性が落ちてくる。この現象を防ぐもっともよい方法は温度を下げることである。野菜・果実の収穫後できるだけ早く凍結点に近い温度まで冷却する方式をプレクーリングと呼んでいる。

一般に青果物は、収穫直後より呼吸作用が激しくなる傾向があるが、プレクーリングによって品温が下がると呼吸作用が遅くなり、発生

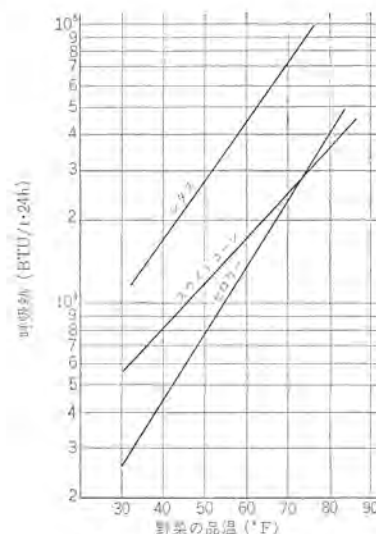


図 2.1 野菜の呼吸熱
Respiring heat of vegetable.

表 2.1 ほうれん草とグリーンピースの品温とビタミンCの減少率
Temperature of spinach and green pea and reduction ratio of vitamin C.

食 品 別	品 温 °C	ビ タ ミ ン C の 減 少 率 %		
		1 日 間	2 日 間	3 日 間
グ リ ン ピ ース	4.5	4	8	10
	21	15	24	40
	28	32	50	54
ほ う れ ん 草	2	—	—	3
	4.5	17	24	22
	20	35	51	—
	25	—	—	44

熱量が激減する。図 2.1 は、レタス、セロリー、スイートコーンの品温と呼吸熱との関係を示している。

ビタミンCの量も品温と直接関係があり、ブレンダーリングすることによりビタミンC量の減量を防ぎ鮮度を長く保つことができる。表 2.1 はグリーンピース、ほうれん草の例である。ブレンダーリングにはいろいろの方法があるが、最も一般的に行なわれているのは次の方法である。

ハイドロクーリング (Hydro Cooling) 冷水冷却

バキュームクーリング (Vacuum Cooling) 真空冷却

エアークーリング (Forced Air Cooling) 強制冷風冷却

これらのうちのどれの冷却方式を用いるかは、野菜の種類、包装、数量流通在庫調整計画等によって定まる。一般にレタス・パセリ・ほうれん草・きゃべつ・スイートコーン・ブロッコリー・セロリー等の葉菜類は真空冷却が適しており、カリフラワー・にんじん・なし等の果実、根菜類は真空冷却してもすみやかな蒸発が期待できないので、ハイドロクーリングが用いられる。いちご・ぶどう・トマト・みかん等は腐りやすく、かつ水分を嫌う面があるので、エアークーリングによってできるだけ早く冷却したほうがよい。

真空冷却は葉菜類からの水分の蒸発潜熱によって自分自身を冷却するので冷却時間が30分以下で他の方式に比べ所要時間が短かく、1時に大量の野菜の冷却ができ、かつ非常に清潔である。ハイドロクーリングも比較的短かい時間に冷却されるが、水に接触するので細菌の消毒に注意する必要がある。また包装材料は水にぬれてもきしつかえない木材、耐水ダンボールを使用しなければならない。エアークーリングは冷却に4～8時間を必要とし冷却時間の長いのが欠点であるが、ブレンダーリングと冷蔵とが同じ設備で品物を移動せずに冷却できる便利さがある。

3. 真空冷却装置の原理

水は常圧 (760 mmHg) では100°Cで沸騰し蒸発する。圧力が低下すると100°C以下の温度でも沸騰蒸発が起こる。たとえば、17.5 mmHgでは水は20°Cで沸騰し、4.6 mmHgでは0°Cで沸騰する。さらに圧力が下がると水は液体の状態が保てず氷となる。理論的には4.6 mmHg以下の真空度では、氷から直接水蒸気となって蒸発する。表 3.1 は水の沸騰する温度と圧力との関係を示している。

水が沸騰蒸発して液体から気体に変わる時は、蒸発潜熱を必要とする。0°C、4.58 mmHgの圧力の下で1gの水が蒸発するためには597.1 cal/gの潜熱を必要とする。1gの水が1°C温度を上昇するためには、約1 calの熱量でよいことを考えるとこの蒸発潜熱は相当大きい熱量であることがわかる。

つぎに液体では圧力による体積変化はないから、体積速度と単位時間に排出される流体の量すなわち流量は同じであると考えてさしつかえない。しかるに気体では圧力の減少とともに体積の膨張が起

表 3.1 水の物理的性質
Physical properties of water.

圧 力 mmHg	沸 点 °C	蒸 発 熱 kcal/kg	昇 華 熱 kcal/kg
760.0	100.0	538.8	
400.0	82.96	549.3	
200.0	66.44	559.2	
100.0	51.57	567.9	
50.0	38.11	575.6	
20.0	22.14	584.7	
10.0	11.14	590.8	
7.0	5.98	593.9	
6.0	3.78	595.0	
5.0	1.22	596.4	
4.579	0	597.1	676.9
4.0	-1.64		677.6
3.5	-3.23		679.7
3.0	-5.05		681.2
2.5	-7.68		
2.0	-9.72		

表 3.2 1gの水が各圧力下で水蒸気となったときの容積
Volumes of 1 gram water turned to vapor at various pressures.

P (mmHg)	V(l)	P (mmHg)	V(l)	P (mmHg)	V(l)	P (mmHg)	V(l)
0.001	944,000	1.0	944	4.0	236	8	118
0.005	189,000	1.5	630	4.5	210	10	95
0.01	94,400	2.0	472	5.0	189	15	63
0.05	18,900	2.5	378	5.5	172	20	47
0.1	9,440	3.0	315	6.0	157	25	38
0.5	1,890	3.5	270	7.0	135	30	32

こる。たとえば1gの水の体積は、760 mmHgでは1ccにすぎないが、0°C、4.6 mmHgでは約20.5万ccという巨大な体積となる。

表 3.2 は1gの水が水蒸気となったときの容積を計算した値である。このような大容積の水蒸気を直接排除することは時間的にも能力的にもむりであり不経済である。また直接排除したとすれば真空ポンプの中に水蒸気はいり、性能は低下して目的の真空度を保つことができなくなる。そこで、一度水蒸気になったものを氷として捕集し容積をもとのとおりにする必要がある。このために凝結器が必要である。この凝結器をコールドトラップ (Cold Trap) と呼んでいる。

また蒸発した水蒸気の捕集能力は、被冷却野菜の表面の蒸気圧とコールドトラップ表面の蒸気圧との差によって決定されるので、コールドトラップは冷凍機で約-2°Cに冷却され、野菜とコールドトラップとの間の水蒸気の圧力差をつくる役目も兼ねてある。

図 3.1 は野菜の真空冷却装置である。装置は

- (a) 真空チャンバー
- (b) 排気装置
- (c) コールドトラップ および冷凍装置
- (d) 計器および制御機器

から成り立っている。いま野菜を真空チャンバーの中に格納して真空ポンプを作動させる。排気が進みチャンバー内の圧力が20 mmHg程度になると、野菜の表面から水蒸気が蒸発をはじめる。図 3.2 にてわかるように、チャンバーの圧力が低下するとともに野菜の水分の蒸発も激しくなり、その蒸発潜熱により自分自身を冷却しわずかに20分まで3°C近くまで冷却される。

チャンバー内に設置されたコールドトラップは、冷凍機でコイル冷却の表面温度約-2°Cに冷却されているので、野菜から蒸発した水分は補足され霜となって付着する。すなわち野菜は真空ポンプによって蒸発の障害となる空気が除去された、すなわち水分を自由に蒸発できる環境で、コールドトラップによって強制的に蒸発を継続させられ、蒸発潜熱によって自分自身を冷却し、チャンバー内の圧力で定められた

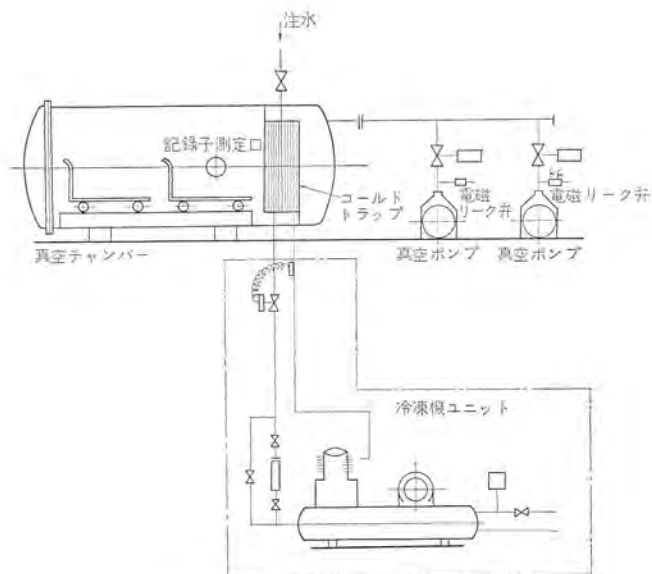


図 3.1 真空冷却装置
Skeleton diagram of vacuum cooler.

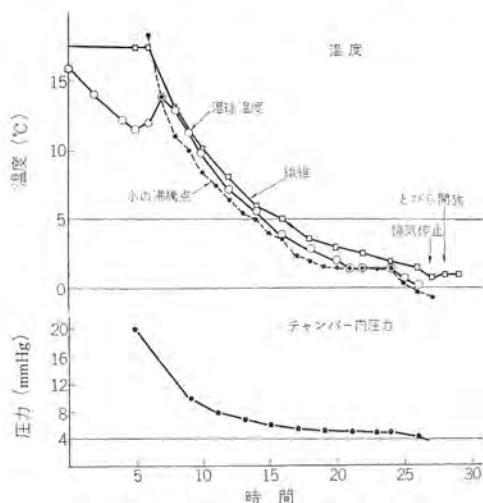


図 3.2 レタス冷却特性曲線
Characteristic curves of lettuce cooling.

温度に近づいていく。野菜の水分が蒸発するので目減り、乾燥が心配となるが、実際に蒸発する水分は1~3%であって野菜の本質をいためることはない。

4. 真空チャンバー

真空チャンバー(図4.1)は構造、製作の関係で円筒形が用いられる。直径は2,000mmφが標準であり、長さは容量によって異なる。とびらはスイング式、垂直スライド、水平スライド式等がある。荷役設備、貯蔵庫等を考慮して能率的な方法が用いられる。

表4.1は10kg入り野菜カートの寸法であるが、真空チャンバーに格納したときデッドスペースの少ないことが望ましい。今回科学技術庁に納入した1t真空冷却装置は4段×4列×6行積みとして2,200φ×4,700mmとした。

チャンバーの肉厚を決定するには次式を用いる。

$$p_a = \frac{B}{D_0/t} \dots\dots\dots (4.1)$$

ここに p_a : 許容荷重 kg/cm^2

D_0 : 真空チャンバー 外径 mm

t : 肉厚 mm

L : 真空チャンバー 胴長さ mm

B : 定数 kg/cm^2

図4.2は円筒形外圧容器の強度を計算するのに用いる図表である



図 4.1 真空チャンバー 外観
Exterior view of vacuum chamber.

表 4.1 10 kg 入り野菜カートの寸法 (mm)
Dimensions of carton box containing 10 kg vegetable.

品 名	長 さ	幅	高 さ
レ タ ス	520	325	245
キ ャ ベ ツ	510	330	325
計 算 値	510	330	325

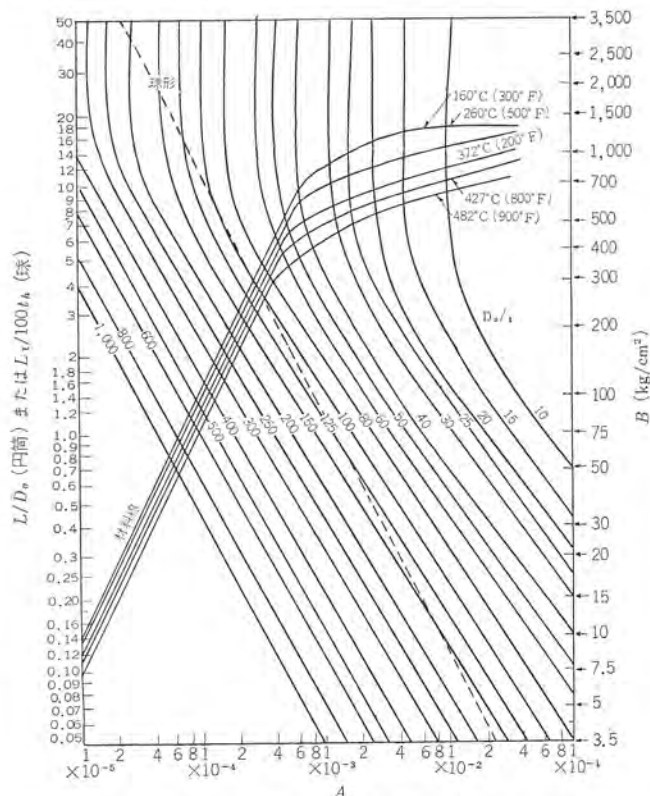


図 4.2 軟鋼および不銹(鋳)鋼の外圧容器
(円筒形および球形)の強度計算図
Calculating chart of external pressure chamber.

るが、図でいま与えられた外径 D_0 の円筒に対してまづ L および B を仮定する。 L/D_0 を左側にとり、これから水平線を D_0/t の線まで引き、その交点から垂線を下げて A が求められる。このとき材料線との交点から右に水平線を引き右側の B を求めると、式 (4.1) から許容圧力 p_a が求められる。もし p_a が設計圧力 1 kg/cm^2 よりも小さければ、 L あるいは t を再度与え直してこの計算を繰返す。

つぎに鏡板の肉厚も加工後の実際の肉厚 t_h を仮定し、と $L_1=D_0$ として図 4.2 を B 求めて同様に決定することができる。

(計算例)

いま 10 kg 入りカートンの寸法 $510L \times 330W \times 325H$

4 段 \times 4 列 \times 6 行 積み \rightarrow 960 kg

所要寸法 $1,400W \times 1,400H \times 3,200L$

とし、コールドドラッグのスペースを考えて真空チャンバーの寸法を次のようにする。

直径 $\phi=2,000 \text{ mm}$

胴長 $L=4,000 \text{ mm}$

チャンバーの材料を SS 41 として肉厚 t を求める。

いま $t=10 \text{ mm}$ とすれば式 (4.1) により

$$\frac{L}{D_0} = \frac{4,000}{2,020} = 1.98$$

$$\frac{D_0}{t} = \frac{2,020}{10} = 202$$

図 4.2 から $B=300$

$$p_a = \frac{300}{202} = 1.49 > p = 1 \text{ kg/cm}^2$$

つぎに $t=8 \text{ mm}$ とすれば

$$\frac{L}{D_0} = \frac{4,000}{2,020} = 1.98$$

$$\frac{D_0}{t} = \frac{2,020}{8} = 253$$

図 4.2 から $B=200$

$$p_a = \frac{200}{253} = 0.79 < p = 1 \text{ kg/cm}^2$$

ゆえに胴の肉厚は $t=10 \text{ mm}$ とする。

つぎに鏡板、とびらの肉厚を検討する。製作後の最小の肉厚を t_h とする。 $t_h=8 \text{ mm}$ とすれば $L_1=D_0=2,016$

$$\frac{L_1}{100t_h} = \frac{2,016}{100 \times 8} = 2.52$$

$$\frac{L_1}{t_h} = \frac{2,016}{8} = 252$$

図 4.2 から $B=500$

$$p_a = \frac{500}{252} = 1.98 > p = 1 \text{ kg/cm}^2$$

つぎに $t_h=6 \text{ mm}$ とすれば

$$\frac{L_1}{100t_h} = 3.36, \quad \frac{L_1}{t_h} = 336$$

図 4.2 から $B=340$

$$p_a = \frac{340}{336} = 1.02 \approx p = 1 \text{ kg/cm}^2$$

ゆえに安全を見込んでとびらの肉厚は、 $t=8 \text{ mm}$ とする。

つぎにチャンバーは理論的には防熱の必要はない。ただ野菜から蒸発した水分は、冷水となってチャンバーの床に流れるとチャンバーより

熱を取得し、再蒸発して冷凍負荷となるので下部のみ防熱することもある。

5. 真空ポンプ

野菜真空装置の必要到達圧力は 4 mmHg 程度である。しかも大気圧から所要圧力まで約 $5 \sim 10$ 分間で排気することが経済的な理由から望ましい。真空ポンプには図 5.1 に示すように各種類があるが、単独で大気圧から 10^{-2} mmHg 程度まで排気できる油回転ポンプが好適である。

真空ポンプの排気速度は真空チャンバーの内容積と所要圧力到達時間とによって決定される。真空チャンバーの中に野菜を入れて真空ポンプで排気しても直ちに野菜の水分が蒸発するわけではなく、飽和水蒸気圧が約 20 mmHg でフラッシュポイント (Flash Point) に達し蒸発をはじめる。いま真空チャンバー内を完全ガスとして取扱うと次の法則が成立する。

$$\frac{P}{\rho} = RT$$

ここに P : ガス圧力 mmHg

ρ : ガス密度 g/cm^3

R : ガス定数

T : 絶対温度

T を一定とすると、

$$\frac{P}{\rho} = \text{constant}$$

いま真空チャンバーの容積 V が真空ポンプの排気速度 l/min に等しいと仮定すると、チャンバーの中の空気密度は一分ごとに約 $1/2$ づつ少なくなる。すなわち

$$\frac{P}{\rho} = \frac{P_1}{\rho_1} = \text{const}$$

1 分後 $\rho_1 = (1/2)\rho$, したがって $P_1 = (1/2)^1 P$

5 分後 $P_5 = (1/2)^5 P = 23.8 \text{ mmHg}$

6 分後 $P_6 = (1/2)^6 P = 11.9 \text{ mmHg}$

7 分後 $P_7 = (1/2)^7 P = 5.94 \text{ mmHg}$

図 3.2 の特性曲線でわかるようにチャンバー内の圧力が約 20 mmHg , 22°C 前後沸点でフラッシュポイントとなる。したがって計算上真空ポンプの排気速度と真空チャンバーの内容積を等しくすれば、大略 5 分強でフラッシュポイントとなる。この計算は真空ポンプの効率の減少、その他を無視しているので実際には 6, 7 分で所定のフラッシュポイント

ポンプの種類		圧力 (Torr)					
		10^{-8}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-2}	1	10^2
機械ポンプ	油回転ポンプ (1 段)						
	油回転ポンプ (2 段)						
	メカニカルブースタ						
	分子ポンプ (タービン形)						
蒸気噴射ポンプ	水銀蒸気ポンプ						
	油蒸気ポンプ						
	油エゼクタ						
	スチームエゼクタ						
その他	ジェットイオンポンプ						
	クライオポンプ						
	ソーブションポンプ						

図 5.1 おもな真空ポンプの作動範囲
Pumping characteristics of many vacuum pump
(Operating range).

に到達する。

したがって

$$V = S_p \dots\dots\dots (5.1)$$

ここに V : 真空チャンパーの内容積 l

S_p : 真空ポンプの排気速度 l/min

とする。

つぎに真空ポンプとチャンパーとの間の配管、バルブ、トラップ等の気体の流れに対する抵抗を考慮して排気速度に何らかの補正を加える必要がある。補正された排気速度、すなわち実効排気速度を S_e とすればつぎのように表わすことができる。

$$\frac{1}{S_e} = \frac{1}{S_p} + \frac{1}{C_l} \dots\dots\dots (5.2)$$

C_l : 配管のコンダクタンス l/s

配管の断面が形状一様で 20°C の空気が層流にて流れるときコンダクタンス C_l は次の式から求められる。

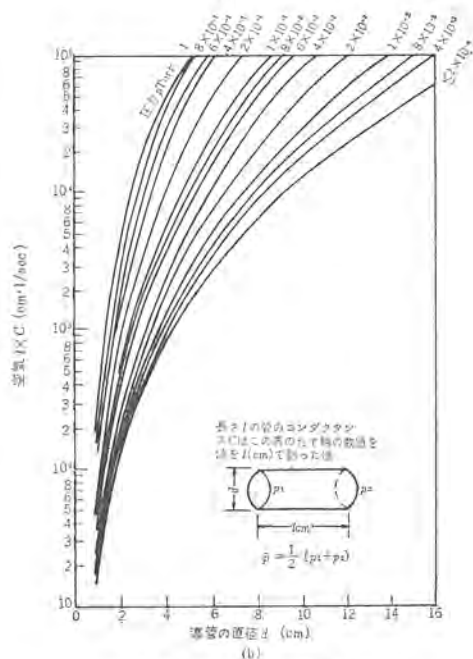
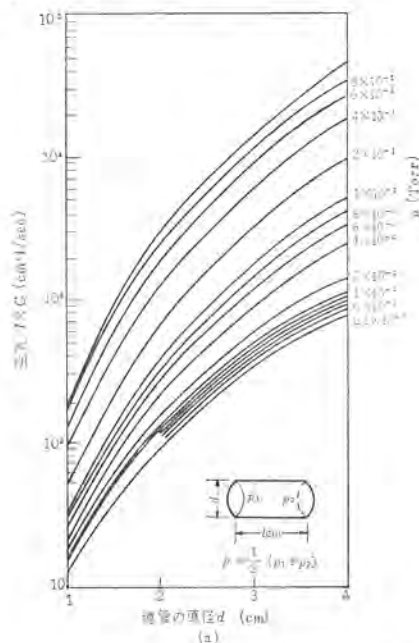


図 5.2 コンダクタンス図表
Calculating chart of conductance.

$$C_l = 288 \frac{a^4}{l \bar{p}} \text{ l/sec} \dots\dots\dots (5.3)$$

ここに a : 管の半径 cm

l : 管の長さ cm

\bar{p} : 平均圧力 mmHg

図 5.2 はコンダクタンスの計算図表であって粘性流にも分子流にも用いられる。管の直径 d の線と \bar{p} の線の交点から $l \times C$ を求め、これを l で割って C 求めることができる。

コンダクタンスを求め、式 (5.2) で排気速度 S_p を補正して実効排気速度 S_e を求めれば、排気時間は次式で計算することができる。

$$t = 2.3 \frac{V}{S_e} \log \frac{p_1}{p_2} \dots\dots\dots (5.4)$$

式 (5.4) は排気速度 S_e が圧力 p に関して一定であるという仮定のもとに成り立つ式であるが、実際は S_e と p との関係はかなり複雑で簡単な関数形にならない。 p のわずかな範囲では S_e を一定と見なし、使用する真空ポンプの $S-p$ 曲線より各圧力範囲における排気速度を区分計算すれば比較的正確となる。

図 5.3 は油回転式真空ポンプの排気速度特性曲線の一例である。

(計算例)

前例にて真空チャンパーの内容積を V_l とすれば、胴の部分 V_1 は

$$V_1 = \frac{\pi}{4} D_2^2 L = 12,600 \text{ l}$$

ふたと鏡板の部分 V_2 は

$$V_2 = 1 \times 1/3 \pi h^2 (3r - h) = 1,310 \text{ l}$$

$$V = V_1 + V_2 = 13,910 \text{ l}$$

真空ポンプの排気速度 $S_p \div V$ として

$$S_p = 6,000 \text{ l/min} \times 2 \text{ 台} = 12,000 \text{ l/min}$$

を用いる。

つぎに排気系の配管は、75 A を並列に用いることとしてコンダクタンスを求める。式 (5.3) で

$$a = 3.75 \text{ cm}, \quad l = 300 \text{ cm}$$

$$\bar{p} = 12.5 \text{ mmHg とおけば}$$

$$C_l = 2.37 \times 10^4 \text{ l/s}$$

同一径の排気管が並列となっているので

$$C = 2C_l = 4.74 \times 10^4 \text{ l/s}$$

式 (5.2) で C の値は S_p に比べて非常に大きいので、 $\frac{1}{C}$ は $\frac{1}{S_p}$ に比べて無視できるので $S_e \div S_p$ とする。

図 5.3 の PKS 形油回転ポンプの排気速度特性曲線にて PKS-060 $\times 2$ 台を使用するものとし、

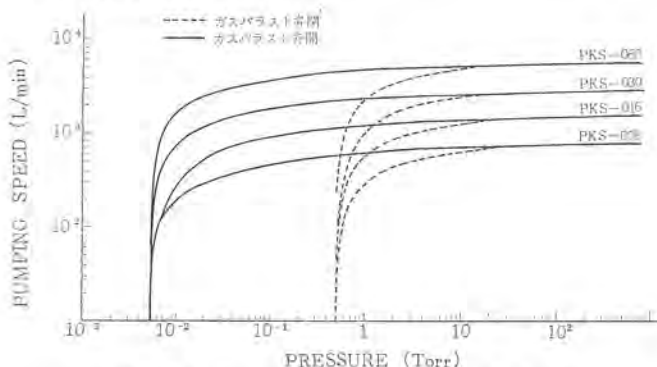


図 5.3 油回転真空ポンプ排気速度曲線
Pumping speed curves of rotary vacuum pump.

$p=760$ mmHg	$S_e=11,600$ l/min
200 mmHg	11,000 l/min
20 mmHg	10,000 l/min
5 mmHg	9,000 l/min

式 (5.4) から排気時間 t は,

$$\begin{aligned} 760 \rightarrow 200 \quad t &= 2.3 \times \frac{13,910}{11,000} \log \frac{760}{200} = 1.69 \text{ min} \\ 200 \rightarrow 20 \quad t &= 2.3 \times \frac{13,910}{10,000} \log \frac{200}{20} = 3.20 \text{ min} \\ 20 \rightarrow 5 \quad t &= 2.3 \times \frac{13,910}{9,000} \log \frac{20}{5} = 2.14 \text{ min} \end{aligned}$$

したがって計算上排気時間合計は 7.03 min となる。

6. 冷凍装置

真空冷却装置の冷凍機は直接野菜を冷却するわけではないが、野菜からの水分の蒸発促進と蒸発水分除去とに用いられる。冷凍機の熱負荷 Q は野菜の冷却 Q_r 、野菜の呼吸熱 $Q_{\text{呼吸}}$ 、真空チャンバーの冷却 Q_c との合計である。

6.1 野菜の冷却 Q_r

野菜の熱容量は約 $0.9 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ であるから、初温 20°C の野菜を終温 3°C まで冷却するには、1 kg あたり 15.3 kcal の熱量を 30 分間に取り去らなければならない。しかし実際の冷却時間と運転時間との間には差があり、図 3.2 に示すように圧力がフラッシュポイントに到達し、水分の蒸発をはじめなければ野菜の冷却は始まらない。この時間に約 5 分必要であり、さらに野菜の取扱いに要する時間を考えると、30 分間で設計した真空冷却装置の冷却時間は差引き 20 分のみである。熱負荷は次式で表わされる。

$$Q_r = [C \times (T_2 - T_1) \times W] \times \frac{1}{t/60} \text{ kcal/h}$$

ここに C : 野菜の熱容量 $\text{kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ (表 6.1 のとおり)
 T_1 : 野菜の初温 $^\circ\text{C}$
 T_2 : 野菜の終温 $^\circ\text{C}$
 W : 野菜の重量 kg
 t : 実際の冷却時間 min ($\approx 20 \text{ min}$)

6.2 呼吸熱 $Q_{\text{呼吸}}$

野菜は収穫後も生活作用を営み呼吸熱を発生する。呼吸熱の発生量は野菜の種類、温度によって異なる。図 2.1 でわかるように冷却の始まる前、品温の高いときに発熱量が多い。真空冷却装置が運転を開始して、フラッシュポイントに達した後も品温の下らないのは呼吸熱の影響と考えられている。呼吸熱は連続的に発生するが、その熱負荷は全体的に比較的小さく野菜の冷却負荷の 3% 程度である。

$$Q_{\text{呼吸}} = 0.03 \times Q_r \text{ kcal/h}$$

6.3 真空チャンバーの冷却 Q_c

理論的には、真空チャンバーは冷却されず熱負荷とはならない。しかし凝縮水がチャンバーの床に落ちるときはチャンバーは冷却され、水分は再蒸発するので熱負荷となる。その他伝熱による熱損失も勘案

表 6.1 野菜の熱容量 C ($\text{kcal}/^\circ\text{C kg}$)
 Thermal capacity of vegetable C ($\text{kcal}/^\circ\text{C kg}$).

野菜の種類	熱容量	野菜の種類	熱容量
ブロッコリー	0.92	スウィートコーン	0.79
キャベツ	0.94	レタス	0.96
カリフラワー	0.93	スピネチ	0.94
セロリ	0.95		

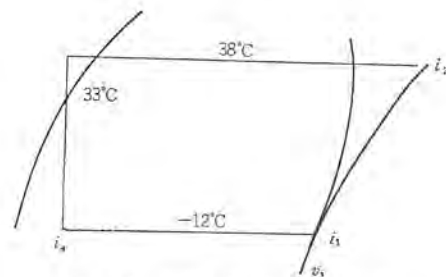


図 6.1 モリエル線図上の記号
 Symbols on Molier chart.

して野菜の負荷の約 20% を見込む

$$Q_c = 0.2 Q_r \text{ kcal/h}$$

6.4 熱負荷合計 Q

真空冷却装置の熱負荷は、これらの合計であり、次のようになる。

$$\begin{aligned} Q &= Q_r + Q_{\text{呼吸}} + Q_c \\ &= Q_r + 0.03 Q_r + 0.2 Q_r \\ &= 1.23 Q_r \quad (t=20 \text{ min として}) \\ &= 3.69 \times C \times (T_2 - T_1) \times W \text{ kcal/h} \quad \dots\dots\dots (6.1) \end{aligned}$$

6.5 冷凍機

コールドトラップの表面温度は、野菜の凍結を避けるために約 -15°C であることが望ましい。冷媒の蒸発温度とコールドトラップの表面との温度差を 10°C とすれば、蒸発温度 -12°C の時の Q の熱負荷能力を有する冷凍機を選べばよい。あるいはいまモリエル線図にて図 6.1 に示すエンタルピー・比容積の記号を用いて計算する。

単位容積あたりの冷凍容量を $q \text{ kcal/m}^3$ とすれば

$$q = \frac{i_1 - i_4}{v_1}$$

ピストンデスプレースメント $V \text{ m}^3/\text{h}$ は

$$V = \frac{Q}{q \cdot \lambda} \text{ m}^3/\text{h} \quad \dots\dots\dots (6.2)$$

単位動力あたりの冷凍容量を $K \text{ kcal/kWh}$ とすれば

$$K = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} \times 860$$

所要軸動力 $N \text{ kW}$ は

$$N = \frac{Q}{K \cdot \eta} \text{ kW} \quad \dots\dots\dots (6.3)$$

ただし λ は体積効率、 η は機械その他の効率とする。

7. コールドトラップ (Cold Trap)

コールドトラップの表面温度を検討する。いま野菜の表面温度を t_r 、これに対応する飽和蒸気圧を p_r とし、コールドトラップの表面温度 t_c に対応する飽和蒸気圧を p_c とする。いま冷凍機でトラップを冷却し、 $t_r > t_c$ とすれば $p_r > p_c$ となり圧力こう配を生ずる。チャンバー内の不凝縮気体を真空ポンプで除去すれば野菜の水分は蒸発しコールドトラップに捕集される。真空チャンバーの圧力が 15 mm 以下になると、水蒸気の流れは粘性流ではなく分子の拡散現象となるので、 t_c をあまり下げても水蒸気の回収率は上昇せず限界がある。実験的には

$$\frac{p_c}{p_r} = 0.53 \quad \dots\dots\dots (7.1)$$

が限度であり、これ以上コールドトラップの温度を下げても効果が少ない。たとえば

$$t_r = 3^\circ\text{C}, \text{ したがって } p_r = 5.7 \text{ mmHg とすれば}$$

$$p_0 = 0.35 \times 5.7 = 3.0 \text{ mmHg} \quad t_0 = -5^\circ\text{C}$$

野菜を 3°C に冷却するためにはコールドトラップの温度を -5°C 以上にすべきであり、凍結を考えて -15°C にするのが適当である。つぎにコールドトラップの伝熱係数は次式で表わすことができる。

$$h_0 = \frac{1}{\frac{1}{h_v} + \frac{1}{h_w} + \frac{1}{h_r}} \dots\dots\dots (7.2)$$

ここに h_0 : 伝熱係数の合計 $\text{kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}$
 h_v : 水蒸気側の熱伝達係数 $\text{kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}$
 h_w : パイプの中の熱伝導係数 $\text{kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}$
 h_r : 冷媒側の熱伝達係数 $\text{kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}$

7.1 水蒸気側の熱伝達係数 h_v

Nusselt 氏はパイプの表面に凝縮した水の膜は、熱伝達の障害となるので平滑な銅管を使用したほうが、粗雑な表面の鉄管やフィン付きのコイルより熱伝達がよく、パイプを水平に使用したほうが垂直のときより効果的であると言っている。

水蒸気の熱伝達係数は $h_v = 10,000 \sim 16,000 \text{ kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}$ であるが、真空チャンパー中の蒸気の凝縮は 20 mmHg 以下の圧力で行なわれるので小さくなる傾向がある。長岡氏は 20 mm 銅管について

アンモニア $h_v = 5,000 \text{ kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}$
 R-12 $h_v = 1,760 \text{ kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}$
 R-22 $h_v = 1,800 \text{ kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}$

と言っている。

7.2 パイプの熱伝導係数 h_w

コールドトラップの銅管中の熱伝導係数は、Wang 式によれば次式で表わされる。

$$h_w = \frac{2K}{D_0 \log_e \frac{D_0}{D_i}}$$

ここに K : 銅管の熱伝導度 ($= 86.5 \text{ kcal}/^\circ\text{Cm}\text{h}$)
 D_0 : 銅管の外径 m
 D_i : 銅管の内径 m

この式を計算すると表 7.1 となる。

表 7.1 銅管コールドトラップ熱伝導係数
 Thermal conductivity coefficient of copper pipe cold trap.

外 mm 径	肉 mm 厚	内 mm 径	h_w $\text{kcal}/^\circ\text{Cm}^2\text{h}$
12	1	10	78,500
16	1.2	13.6	67,200
20	1.6	16.8	54,000

7.3 冷媒側熱伝達係数 h_r

コールドトラップの銅管の内側では、冷媒は沸騰した状態となっているが、その伝達係数は次のとおりである。

アンモニア $5,850 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{Ch}$
 フレオン R-12 $1,720 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{Ch}$

水平に置いた銅のパイプに沸騰した水を通したときの熱伝達係数は、水の蒸発状態によって非常に異なる。パイプの入口では沸騰水の熱伝達係数は $7,000 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{Ch}$ のものが、水が 20~50% 蒸発したときは 10,000 となり、それから徐々に減少して 95% 蒸発したときは 1,200 となる。冷媒も同じ経過をたどるものと思われるので、圧縮

機への戻りガスは、なるべくフラッドの機会が多いよう適当に調節することが必要である。たとえば膨張弁にデストリビュータを用いる等の考慮が払われている。

またコールドトラップに用いられる膨張弁は、熱負荷の減少割合が急激であるので、あまり容量の大きいものを用いるとリクイドガスが圧縮機に戻るので注意しなければならない。

7.4 伝熱係数の合計

20 mm 外径の裸銅管および冷媒 R-12 を用いたコールドトラップの伝熱係数は次のようになる。

$$h_0 = \frac{1}{\frac{1}{h_v} + \frac{1}{h_w} + \frac{1}{h_r}} \\ = \frac{1}{\frac{1}{1,760} + \frac{1}{5,400} + \frac{1}{1,720}} \\ = 855 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{Ch}$$

7.5 コイルの長さ L

一般に冷媒の蒸発温度とコールドトラップの表面との温度差は、 10°C 前後である。したがってコールドトラップの長さを L_m とすれば次式より求めることができる。

$$L = \frac{Q}{\Delta t \times (\text{パイプの表面積}/1\text{m 当たり}) \times h_0} \dots\dots\dots (7.3)$$

(計算例)

いま $C = 0.96$ (レタス)

$T_0 = 20^\circ\text{C}$

$T_1 = 3^\circ\text{C}$

$W = 960 \text{ kg}$ とすれば

$$Q = 3.69 \times 0.96 \times (20 - 3) \times 960 \\ = 57,800 \text{ kcal/h}$$

冷媒 R-12、蒸発温度 -12°C 、凝縮温度 $+38^\circ\text{C}$ とすれば

$$q = \frac{i_1 - i_4}{v_1} = \frac{135.6 - 107.6}{0.084} = 333 \text{ kcal}/\text{m}^3$$

ピストンデスプレーストント V は

$$V = \frac{Q}{q \cdot \lambda} = \frac{57,800}{333 \times 0.7} = 272 \text{ m}^3/\text{h}$$

所要軸動力を N とすれば

$$N = \frac{Q}{K \cdot \eta} = \frac{57,800}{4,720 \times 0.6} = 20.3 \text{ kW}$$

ここに

$$K = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} \times 860 = 4,720 \text{ kcal}/\text{kWh}$$

20 mm 外径の裸銅管を用いれば、

$$L' = \frac{Q}{\Delta t \times \pi D \times h_0} = \frac{57,800}{10 \times \pi \times 0.02 \times 855} \\ = 107\text{m} \rightarrow 120\text{m} \text{ (20\% の余裕をみて)}$$

8. 科学技術庁納入真空冷却装置仕様概要

科学技術庁事例実験用として納入した真空冷却装置の仕様概要は、次のとおりである。

(a) 処理能力

800~1,000 kg ごと 1 バッチ

1,600~2,000 kg/h

冷却時間 約 30 分

(b) 真空タンクおよびコールドトラップ

外形寸法 直径2,200×長さ4,800×厚さ12 mm
 とびら 直径22,00 mm, 円形, 水平スライディング, 締付け クラン
 プ 4組付き。
 排気口 250 mm 直径
 注水口 プレウエチング用付き
 リークバルブ 手動 1組
 コールドトラップ クロスフィンクーラー, 銅管, アルミフィン
 幅1,100×高さ1,190×奥行620 mm

(c) 排気装置

油回転式真空ポンプ (一段)

RSK-060 形 6,000 l/min, 電動機 11 kW 1台

RSK-016 形 1,600 l/min, 電動機 2.2 kW 1台

自動真空制御装置 空気作動弁, 空気圧縮機, 0.2 kW 電動機
 四方口電磁弁, フィルタ, オイルクーラー

(d) 操作盤および計測機器

動力用スイッチ 類, 押しボタン 類 1式

6点式温度記録計 サーミスタ付き 1台

2点式圧力記録計 1台

ピラニー真空計 1台

パネル 1面

(e) 冷凍機

形名 MC-4 B-H 形

気筒径75 mm×行程60 mm×4気筒×1,800 rpm

冷媒 R-22

能力 33,000 kcal/h (-15°C のとき)

水冷式凝縮器 KC-30-28 形

油分离器, クランゲース 加熱器付き

駆動電動機 22 kW, 3相, 200 V, かご形

(f) クーリングタワー 1基

形名 HS-30 S 直向流形

能力 30 冷凍トン

循環水ポンプ 70 LPFD 形 2 $\frac{1}{2}$ Bφ 1.3 kW 電動機

水量 400 l/min, 静水圧 10 m

なお制御盤は図 1.1 に示されるように冷凍機, 真空ポンプ, クーリングタワー等の電気装置を取りまとめ, 押しボタンで発停できるようにした。とくに真空ポンプはピラニー真空計の指示する圧力に応じて, 真空ポンプのバルブを開閉し, 真空チャンバー内の圧力を調整し, 野菜の凍結を防止するようにした。

冷凍機用電動機はかご形であって Y-Δ の全自動起動とし, 起動時は冷凍機のアンローダ機構により無負荷起動, 運転中は容量を自動制御する方式となっている。指示計器記録計および時計等も制御盤に取付けられ, 見やすい, 取扱いやすい形となっている。

9. 試作品使用状況

本装置は生産地におけるレタスのラベリング用に使用された。収穫後ただちに本装置で3°Cに冷却されたレタスは, 貯蔵庫で冷蔵され, 当日夕刻冷蔵自動車にて運搬され, 東京の基地冷蔵庫で冷蔵される。それから都内45の実験店に配送され, 冷蔵ショーケースにて一般に販売される。すなわち完全なコールドチェーンに乗せられて流通される。この間のビタミンCの量, 重量, 鮮度, ロスの状況等は科学技術庁, 全販連が詳細追跡研究中で別途詳細データが発表されるはず

である。

本装置は(昭和42年9月10日)長野県川上村農協に据付運転し, 続いて洗場農協に移設し, 現在は静岡県初倉農協にて試用中である。圃場より収穫されたレタスは農協にてポリエチレンで一個一個包装される。個装されたレタスは10 kg 入りダンボールカートンに詰められ荷造りされる。カートンは1パッチ800 kg, 真空チャンバーに格納され, スライドとびらがとじられる。

真空ポンプおよび冷凍装置が運転を開始する。図 9.1 に示されるようにまず乾球温度が, 続いて湿球温度が下がる。同時にチャンバー, すのこ, カートン等に付着した比較的蒸発しやすい状態にある水分が蒸発する。水分が蒸発すると表 3.2 に示されるようにその容積が巨大となるので, 真空ポンプで短い時間に処理できないので, 真空チャンバー中の圧力が上昇しはじめ湿球温度, 乾球温度も上昇する。

真空チャンバーの圧力が20 mmHg, 蒸発温度22°C前後となると野菜の水分も沸騰しはじめるが, 呼吸熱があるので品温はなかなかさがらない。かつ水分の蒸発により品温がさがるので蒸発を続けるためには, さらに圧力を低くしなければならないので蒸発は急激には進まない。約12~15分後にて野菜の水分が急激に蒸発を開始し, チャンバー内は水蒸気で一杯になり, 湿球温度, 乾球温度, 野菜の品温がほぼ一致する。

この点までコールドトラップはほとんど作動していないが, 圧力20~15 mmHgにてコールドトラップは作動を開始する。粘性流が分子流に変わる点なのか野菜の水分は, 活発に蒸発し品温は降下する。湿球温度も品温より0.5°C程度低い温度を示しながら降下する乾球温度は品温とは無関係にふく射熱を受けてか, 外気温度に近い数値を示

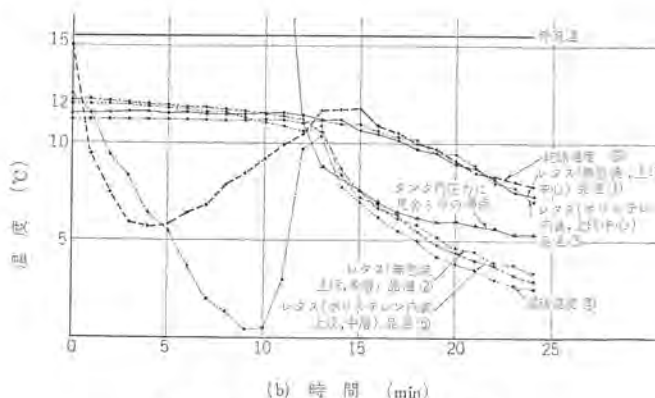
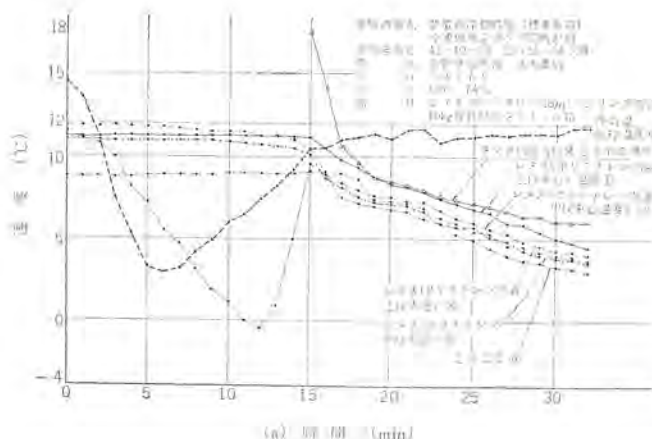


図 9.1 レタス冷却特性曲線
 Characteristic curves of lettuce cooling.

す。フラッシュ開始後20分、コールドトラップの活動開始15分にてレタスは所定温度まで冷却される。

本装置はフラッシュポイントに到達するまでに約10分間を必要としている。真空ポンプの排気速度の小さいことが、おもな原因であるが、チャンパーの内部塗装、すのこ、凝縮水の処理方法等への考慮が不十分なためである。コールドトラップの表面温度と品温との関係、コールドトラップの構造、配置、冷凍機の運転時期、真空ポンプの潤滑油への水分の混入等研究し改良すべき点は多々ある。

真空冷却装置による事例実験も開始されたばかりで、データも未整理であって結論を出すに至っていない。今後科学技術庁、農林省、全販連が中心となって実験は続けられ、不明の点は解明され、不具合の点は改良の方策が見出されるであろう。

とにもかくにも真空冷却装置は開発され、実用に供し、野菜の冷却に非常に有効であることがわかった。

10. 真空冷却の特性

本装置は主としてコールドチェーンの流通段階の事例実験に使用されているが、同時に性能、特性の研究にも使用されている。試験結果の概要を項目別に並べれば次のとおりである。

(1) 冷却に要する時間

真空冷却に要する時間は野菜の種類によって異なる。レタス、スイートコーン等は20分で、アスパラガス、カリフラワー等は30分で冷却される。レタスの葉の部分は急速に冷却されるが、結球の根元の部分の冷却には時間がかかる。

真空チャンパーの圧力を下げれば下げるほど冷却時間は短くなる。レタスの温度を3°Cに下げるには4.6 mmHgの圧力では25分必要であるが、4 mmHgでは20分で冷却できる。

(2) 重量の損失

野菜の冷却温度は蒸発した水分の量に比例する。理論的には品温が5.5°C低下するごとに1%の水分が失われる。20°Cのレタスが3°Cまで冷却されると約3%の水分が失われる。

(3) プレウェチング

とくに湿気を失った野菜には、プレウェチング(Prewetting)が有効である。スイートコーン・セロリー・カリフラワー等の表面積の少ない野菜や最初の品温の高い野菜にも有効である。20世紀なしをもめんで包み、プレウェチングした実験ではなしの水分の減少は見られなかった。

(4) 初温の影響

温度の異なる野菜を同時に真空チャンパーに入れて冷却すると同じ時間で同じ温度に冷却される。初温の高いことの大きな影響は、真空冷却中に野菜の失なう水分の量が大いということだけである。

初温が高ければ高いほど失なわれる水分は多い。

(5) 包装の影響

野菜を包装すると真空冷却の時間がおそくなるが、フィルム包装およびカートンに小さくても通気孔があればよく冷却される。フィルムの密封包装でまったく通気孔のないときは冷えない、カートンやフィルムに適当な通気孔をあけることが必要であるが、あまり多くすると真空冷却後の温度上昇の割合が多くなる。

11. む す び

国産第1号を誇る真空冷却装置は、生産地の野菜のブレイキング用として成功のうちに運転している。技術的に改良すべき点は多々あるが、これも次回の製作までには解決されるであろう。しかし今後の真空冷却装置の将来性を考えると、最も問題なのは経済性である。

装置の設備費は相当高価なので、償却を考えると一番の問題は実動率である。野菜類の生産時期は季節性があり、実動期間に限度がある。実動率を増すためには、

- (a) 車輪等をつけて可搬式とすると
- (b) 冷却対象野菜の種類を増すこと
- (c) 道路事情を考慮して野菜の集配地点に設備する
- (d) 野菜の長期貯蔵の方策を開発して利用価値を高めること

等が考えられる。いずれも今後研究されつつ結論がでてくるであろうが、機械工業と農業生産との間に横たわる未研究の事象も大分あると推察されるので、両方面の関係者が強い関心を示して新しい方策が生まれ、真空装置が有効に利用され、コールドチェーンが軌道に乗ることを願ってやまない。

おわりに本装置の製作に特別のご指導をいただいた科学技術庁の鈴鹿調査官、加藤専門職、全販連中村室長のご指導に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) J. K. Wang : Vacuum Cooler
- (2) J. H. Harrex : Improved Techniques For Vacuum Cooling Vegetable.
- (3) U. S. D. A. : Vacuum Cooling Lettuce in Commercial Plant.
- (4) U. S. D. A. : Vacuum Pre Cooling.
- (5) 長岡 : 冷凍装置の伝熱作用
- (6) 中村、江草 : 容器の設計
- (7) 中川、小宮 : 真空装置

コールドチェーンにおける新しい販売容器 —その問題点とあり方—

林 久美雄*・吉田 明彦*・市原 輝彦*

New Sales Equipment for Cold Chain

Consumer Products Research Laboratory Kumio HAYASHI・Akihiko YOSHIDA・Teruhiko ICHIHARA

Refrigerators of home use are now so popular that the rate of prevalence has reached almost 70 %. Links of cold chain have been so firmly set up that they are almost complete except problems of transportation connecting producing centres and consuming districts. Remarkable is the study and development of refrigerated show cases as the next to the last stage of the food current. In this connection supermarkets are regarded as a sort of retailers storage for a frozen food distribution system.

This article points out some of problems relative to the supermarkets such as relation between stores and show-cases, store spaces and sales rates, package and show cases, shopping costs and other fixtures. It also suggests how sales equipment of provisions should be in near future from the viewpoint of industrial designers.

1. ま え が き

日本における家庭用電気冷蔵庫の普及率が70%台に近づこうとしている現在、コールドチェーンの環は途中の輸送段階の問題を残して、技術的にはほぼ確立されつつある。最終販売段階での冷凍ショーケースは冷凍機応用品分野の拡大政策の一環として関連メーカーの研究開発はめざましく、食料品店の一般ガラスケースを押しつけて次第にその位置を築きつつある。ただ、現在までにつくられてきたショーケースの多くはメーカー側からのアプローチによるもので、たとえユーザーからの要求に基づいた仕様のものであっても、他の食料品ケースと無関係に開発されたものが少なくない。したがって一軒の店ば(舗)構成をするとき、食品別にそれぞれ違った形状・色彩・大きさ・モジュールなどのケースにかき乱されて、一貫した経営方針に基づくレイアウトを困難にしている。

これからのショーケースは商品相互の特長を強調しながら、店ば全体の構成に対しそのケースの意義と地位を明確にして関連づけ、一つのデザインポリシーのもとに統一したデザイン開発が必要と思われるので、各項に分けて問題点とそれに対する考え方を述べることにする。

2. スーパーマーケット

生鮮食料品を低温流通機構により消費者に供給して、その食生活改善に役立てることがコールドチェーンの目的であり、価格安定が望めるとするなら、セルフサービスシステムのスーパーマーケットは、その最終販売ルートとして最もふさわしい経営体であろう。ビッグチェーン化されたスーパーマーケットは独自の流通機構をもち、商品を大量に仕入れ、販売する。大規模な小売形態として長い歴史をもつデパートより売上げの伸びが著しい先進的なこの業界は、資本金も十分で、日常の食生活改善に与える影響力は大である。

筆者もアメリカのスーパーマーケットを調査してきているので、ここでは主としてスーパーマーケットの販売機器を中心に各項を論じて行きたいと思う。

3. 店ばとショーケース

食品を扱う店ばの形式には、デパート・スーパーマーケット・専門店・総合食料品店などがあり、それぞれ異なった顧客層を対象とするので、店ば構成もそこで要求されるふんい気をだすためのくふうがいる。たとえばアメリカのスーパーマーケットでは、約10年周期の景気変動に伴って段階的に進歩しながら、全体としてはより高級なムードを目指している傾向がみられ、顧客は常に快適なショッピングのふんい気を要求しているわけだから、店ばにはいるショーケースも当然インテリアデザインの一要素として、この傾向にタイミングを合わせる必要がある。ただ、ショーケースはあくまでも収容される商品を、いかに美しく、新鮮でおいしそうに見せるかという点に留意してデザインされなければならないので、不必要に装飾的な要素はとり除かれる傾向にある。



図1 サンフランシスコ セーフウェイスーパーマーケット
Safeway supermarket, San Francisco.



図2 はなやかなムードを盛りたてる青果物ケース(セーフウェイ)
Vegetable showcase (Safeway).



図3 精肉売場、後ろにスライサーなどを備えている（セーフウェイ）
Meat section (Safeway).



図4 ブリパックされた冷凍野菜（セーフウェイ）
Prepacked frozen vegetables (Safeway).

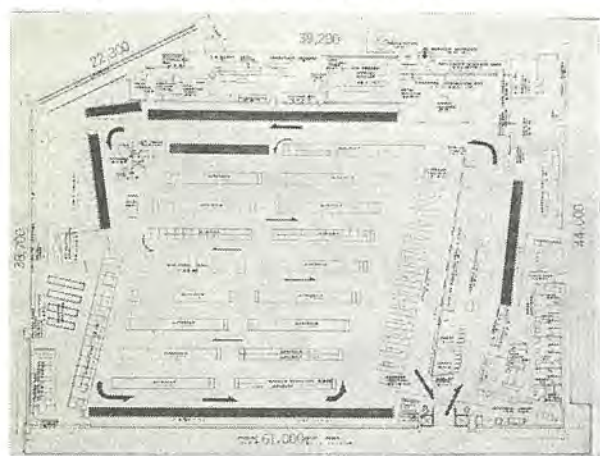


図5 スーパーマーケットのレイアウト
Layout of a supermarket.



図6 売場を示す標識（セーフウェイ）
Item signs (Safeway).

4. 売場面積と販売比率

店ばを構成するうえで、何をどこにどれだけ陳列するかというのは、経営上大きな問題である。レイアウトには別項で触れるとして、アメリカの例から各食料品を経営的にみると、酪農製品の場合、比較的単価は高いが必需品なので、4%の売場面積で9%の売上げをもたらす魅力商品である。しかし、地域・対象消費者層によっては、うまみのない商品となる可能性もあり、とくに日本においては考慮を要する。精肉は20%の売場面積に対し25%の売上げを示すが、品質の低下が問題で、鮮魚とともに管理がむずかしい。この他、生鮮野菜・果物・グロサリー以外の商品も多く、店ばの経営上、または「格」の維持のため、たとえ売上げや利益率は低くても扱わねばならない商品もあり、一貫した経営方針に基づく構成が要求される。

5. パッケージとショーケース

ストック・輸送段階における商品の品質保存、ディスプレイ段階における商品価値向上のために、コールドチェーンで扱われる食品の多くは、プレパッケージされている。これらを収容するショーケースに、規格化されたパッケージ寸法のモジュールを採用すれば、その目的をより効果的に活用することが可能になる。ショーケースに影響を及ぼす問題点として、パッケージの色彩と形態、キュービックなパッケージの冷気循環のほか、品質の確認が視覚的には可能であっても、商品自体をとり出せない包装では、均一品質であるとの信頼感を与える必要がある。それゆえ、ショーケースの設計をはじめる時点において、中にはいる商品の特色を十分には握しておくことが要求される。

6. スーパーマーケットのレイアウト

このところ、わが国のスーパーマーケットは売場のレイアウトについてもかなりよく研究しているが、ここでは将来に対する一つのビジョンとして、先進的なアメリカのスーパーマーケットからそのレイアウトをとりあげてみたい。

アメリカの新しいスーパーマーケットでは、ほとんどの場合、入口の近くに生鮮野菜や果物を並べて、店内のムードをはなやかなものにするよう計画されている。次に買物客は導線に沿っていちばん奥にある必需品の精肉コーナーに入り、そこから中央に設置されたゴンドラケースの間をぬって、必要な買物をしながらチェックアウトのほうに近づいてくる。そして最後に冷凍食品やアイスクリームなど保冷の必要なものをとりあげて、勘定台に向うのが一般的なコースである。また大量の買物にはショッピングカートを使うのが普通であるから、十分な幅をもった通路が要求されるし、POPやプライスカード・通路標識を商品のアイテムごとに統一された色で区別して、広い売場の中でもどこに何が置かれているかがわかりやすいような考慮もなされている。

それから、精肉とスパイス類のように関連の深い商品をできるだけまとめ陳列し、店内を歩いて歩く時間のむだをなくするというのも顧客に対するサービスの一つであろう。セルフサービスシステムの店では、買物客自身が商品を見つけだして買上げるわけだから、売場の面積が広くなればなるほど、必要な商品の置かれている場所を知らせることが大切となり、テレビカメラを使って別室からどこに何があるかを一目でみる方法も真剣に検討されているという。わが国の場合、買物の量や商品の種類、経営の規模などが違うので、そっくりこのままとはいえないまでも、参考に価する点が少なくないと思われる。

7. ショーケース

コールドチェーンにおける小売店販売の段階で冷凍ショーケースが必要である。ショーケースの目的はいくまでもなく、商品を最適の状態に保存するとともに、魅力的なディスプレイにより購買意欲を刺激することにある。最近、わが国でも本格的な大量販売の実績をあげるため、ショーケースはどうあるべきかが真剣に研究されるようになってきたが、一つの大きな流れとしては、商品を十分に顧客の目にさらすことによって量感をだしながら、商品自身をもつ訴求力を有効に利用しようという傾向がみられる。その意味ではガラス面を最大限にとったり、オープンタイプにして商品が容易にとり出せるような工夫が効果的で、さらには後部に鏡を使ってボリューム感を強調するものもみられる。一方、適当なショーケースをうまく配置した店構構成は、楽しいショッピングのムードを盛りあげるばかりでなく、店の「格」を視覚的に表現するうえできわめて大切な要素となるので、計画を進めるにあたっては、商品の種類・保存条件・陳列効果などはもちろんのこと、対象顧客層経営方針・将来の計画などの面からも十分に考慮すべきである。

大量陳列により量感を盛りあげ、しかも美的に商品の訴求力を高めるにはさまざまなディスプレイの方法があって、それぞれの特徴がみられ、商品の性質・経営方針に従って適当なものを選ぶべきなので、分類して述べてみたい。

(1) 積上げ形……一般的ショーケース・オープンショーケース・ゴンドラケース・たななどに広く応用され、商品を整然と積み上げるので必要な商品をみつけやすく、量感でもでる。

(2) 投込み形……特価品の陳列によくみられ、商品の量感・廉価な感じが強調される。商品を手にとりやすい。

(3) 積上げ・投込み併用形……上記の二つを組み合わせたタイプで、アメリカのスーパーマーケットに多い。

(4) 独立形……バスケット・ワゴン・特価台などに応用され、売場のアクセントとしての効果を発揮する。

(5) つり下げ形……バスケット・ハンガーなどを使って上部の空間を有効に利用することが目的である。

(6) フェイス陳列形……ひな段・たな・ハンガーなどに適して、商品の前面を前に向けて訴求力を強くする。

ショーケースの計画をするにあたって考慮すべき点は少なくないが、中でも次の事柄が新しい問題点としてクローズアップされつつある。

7.1 ゴールデンラインの効果的な活用

買物客がショーケースの前に立ったとき、手を伸して容易に届く範囲 一床上 58~150 cm 程度一はゴールデンラインと呼ばれ、セルフサービス販売のもっとも有利な部分とされている。それゆえ、いかにしてショーケースのゴールデンラインを有効に活用するかというふうが大切である。現在もショーケースの上にたなを設けたり壁面をうまく利用してかなりの努力がなされているが、売場全体の総合的なゴールデンライン計画を十分なものにするには、まだ研究すべき余地がみられる。

7.2 ショーケースの多様化

多品種にわたる商品を効果的に販売するには、いろいろなタイプのショーケースが必要である。しかしあまり多種のケースを準備することもロスが多いので、ある基本的なタイプに鏡や多段式のたななど、いわゆるアダプターユニットを組み合わせて、多目的に使用できるようなアイデアがでてしかるべきだと思われる。また、ラインの長さはエンドレスタイプのケースを必要な台数だけ並べて調節できるので、ショー



図7 ボリューム感をだした野菜ケース（セーフウェイ）
Mass display of vegetable (Safeway).



図8 投込み陳列されたティッシュペーパー（セーフウェイ）
Mass display of tissue paper (Safeway).

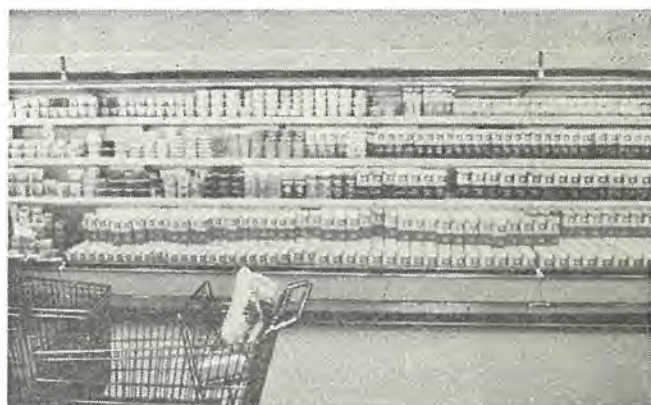


図9 各種ミルクのマスディスプレイ（セーフウェイ）
Mass display of milk (Safeway).



図10 背景を使ったディスプレイ群（ハワイ アラモアナ ショッピングセンター）
Decorated display (Ala Moana shopping center, Hawaii).



図 11 ゴールデンラインの効果的な利用 (シカゴファミリーセンター)
View shown "golden line" (Family center, Chicago).



図 12 ゴンドラケース (セーフウェイ)
Gondola case (Safeway).



図 13 ゴンドラエンドの冷凍ケース (セーフウェイ)
Refrigerated showcase at gondola end (Safeway).



図 14 ショッピングカート Shopping carts.

ケースの多様化がすすめば、売場のレイアウトを計画するうえで大きなプラスとなるだろう。

7.3 ショーケースのモジュール設定

ショーケースを売場のレイアウトに役立たせるには、店舎建築との寸法的な関連がないと不都合な点が多い。従来わが国の建築は尺貫法を併用していたけれども、最近メートル法に切換えられたので、これに合わせたモジュールが考えられるようになった。とくに大量販売のために大形のショーケースを何台も並べて使うスーパーマーケットでは、各種ケースの長さ・奥行・高さ・通路の幅などが十分に考慮され、店舎建築のモジュールと一致していなければならない。わが国もようやく本格的な大量販売の時代を迎え、大形のケースが導入されようとしている段階なので、この方面の研究が今後ますます重要視されよう。

8. ゴンドラケース

ショーケースの中でも、ゴンドラケースと呼ばれるたなつきのタイプは、やや違った特長をもっている。まず、オープンタイプで商品を手に取りやすく、大量陳列ができるので、買物ひん度の高いものをセルフサービスシステムで販売するには理想的なケースといえる。間口の広い低形の冷凍オープンケースを下に置き、商品が容易にとり出せるようにするとともに、その上にできるゴールデンラインの空間を有効に利用して、びん詰・かん詰・箱入りなど完全包装で、しかも冷凍保存を必要としないものも大量に陳列されるタイプが多い。もう一つの特長として、両面から商品がとり出せる点があげられる。これは広い売場面積をもつスーパーマーケットのレイアウトを考えると、中央のフロアを効果的に利用するうえで重要な意義をもつ。すなわち、エンドスタイルのゴンドラケースを何列か売場の中央に並べて商品の量感をだすとともに、フロアを適当に区切って客の導線をうまく構成するのにも役立つ。

ここでとくに注意すべき点は、ゴンドラケースの両端の陳列である。この部分はゴンドラエンドと呼ばれ、広い売場において、そのラインに何が収容されているかを示すインデックスのような働きをもち、たいへん目につきやすいので、ラインの特色を出したり販売を強調したい商品が並べられるべきである。また、ここに目玉商品をおいて、客足をひきつけた後、導線に沿って歩かせるようなテクニックも研究されている。しかしながら、わが国ではゴンドラエンド専用のケースがまだ十分に開発されておらず、アメリカにその例を求められるに過ぎないが、売場面積の拡張に伴ってアイキャッチの効果をあげるためには不可欠な機種なので、おいに今後が期待される。

9. ショッピングカート・かご

スーパーマーケットの店内に備付けのカートやかごは、売上げに大きな影響を及ぼす。よく大きければ大きいほど、個人当たりの売上げがあがるといわれるが、日本のショッピングかごは平均30分の買物時間中に手でもって歩いても、重すぎないだけの商品を入れられるようになっていて、これが最大限だろうから、一人当たりの購買量を増すことは不可能かも知れない。カートを使う店内のショーケースは、カートとの間に手をはさまれないだけの空間をカート・ショーケースのそれぞれに設けたり、け(蹴)込みの部分の逆突き出させてショーケースの本体に傷がつかないような配慮が必要で、さらに通路の幅を十分にとったレイアウトも要求される。かごを使用する店では、ケースの手前部分に買物した商品を一時的に置けることを設けるなどのアイデアが望まれる。

10. 設備機器

店ばを構成するうえでショーケース・ストッカー以外に当社が扱える電機品として、輸送・空調・調理・照明関係の機器があげられるが、ここでは照明器具について述べてみたいと思う。

商品のディスプレイにドラマを演じさせる道具としての照明は、通常、ショーウィンド 1,000~3,000 ルックス、売場陳列 800~1,000 ルックス、ステージ陳列 1,000~2,000 ルックス、店内通路・カウンター 500~1,000 ルックスといわれ、食品販売の場合は、さらに明るいのが望まれる。ショーケースに照明器具をつけて、スポット効果をだせるタイプも多い。また、精肉・鮮魚などを効果的に表現するために、自然色より少し赤味のある演色性のけい光灯が活用されている。その他、店の奥を明るくし、客を導き入れるなど、導線の構成要素として十分な応用が期待できよう。

11. キオスク（簡易販売店）

駅のホーム、ドライブインなどにみられる簡易販売店も、コールドチェーンの最終販売段階として、特長のある機能をもっているのが、当社が日本切身株式会社に納入した切身魚用キオスクを例に説明しよう。

冷凍魚を切身の形で卸していた日本切身社は、独自の直販をするための機構として、スタンドを発想され、当社にも協力要請があった。屋外設置形の簡易売店一約 3.3 m² に、調理スペース、手洗い設備を備え、下部にストックスペースをもったステンレス製の冷蔵ショーケースが納められている。トラック輸送を考慮して、店ば内にショーケースがスライド収納できるとともに、開店時に直射日光をさえぎるためのひさしは、夜の閉店時に盗難防止用シャッターに早がわりするアイデアでまとめられた。

12. ケーススタディ

写真はデザイン課が 39 年にミニチュアモデル化した“食料品専門店街”で、以上の各項にて論じたコールドチェーン化における最終販売店のもつ問題点、とくに各種販売機器の相互関係とレイアウト・モジュール化・ユニット化を中心にしたケーススタディである。

既存の建築構造にもマッチするように 30 cm のモジュールを導入したケース類は各デimensionをユニットパネル化し、幾とおりかの基本パーツによってあらゆる使用目的に合った大きさと仕様のショーケースに組み立てられるアイデアで、ノックダウン方式を採用すれば、輸送時のコンパクト化も容易になる。さらにこの 1/10 ミニチュアモデルはショーケースの商談に当たりレイアウトなどを相互検討するため持参できるように、セクションフロアのついたバッグに収納されていて、セール活動に供されている。

13. むすび

コールドチェーンの販売機器は他の一般ケースなどと同様、店ば構成の要素として建築モジュール、商品パッケージの寸法とマッチさせ、多様性に富んだものになっていくから、それらの生産方式にも改革が必要であり、当社の冷凍機応用品担当製作所においても鋭意体質改善が行なわれているので市場の要求に合った新製品を他社に先駆けて次々に開発・生産していくであろう。

参考文献

- (1) 米国農務省 (U. S. トレードセンター) : スーパーマーケットのレイアウト
- (2) M. M. Zimmerman : The Super Market, 246~277 (1965)
- (3) 成瀬義一 : 商品の陳列技術, 203~206 (昭 42)



図 15 精肉売場の照明 (ハワイ アラモア ショッピングセンター)
Lighting of meat section.



図 16 日本切身社向け キオスク
Kiosk for Nippon Kirimi Co.

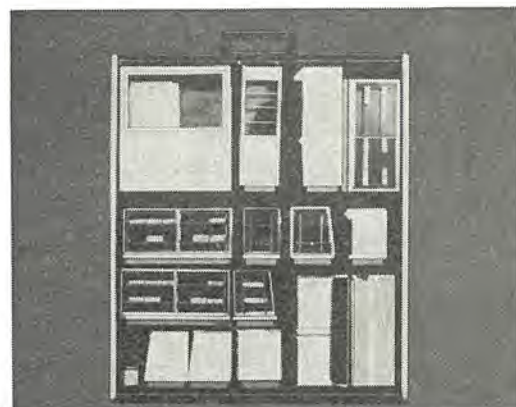


図 17 ケースに収納されミニチュアモデル
Miniature models in a bag.



図 18 モデルによる鮮魚店
Fishstore in miniature.

食品販売用オープンショーケース

山本 喬 夫*

Open-Type Self-Service Showcases for Refrigerated Food

Wakayama Works Takao YAMAMOTO

Showcases used by retail sellers play an important part in the present food distribution system. They are expected to be increasingly used in future. Of them open types are well commented by the users because of their good displaying effect and access to the goods by customers. Mitsubishi has been producing many models of refrigerated open showcases covering types HMS and AC for vegetable, type HMA-500 A for cold storage of food and type HLN-700 for frozen food. The HMS and AC are both of cold air circulating type, while the HLN is of a natural air convection type. They have respective talking points and can be recommended depending on the respective purposes of users.

1. ま え が き

ショーケースは小売店に設備して、消費者に直接食品の販売を行なうための容器である。したがって、店ば(舗)の構造販売様式によって、それぞれの販売食品や店ばに適するものでなければならない。近時店ばが大形化して、セルフサービスにより大量販売する様式の店ばが増加してきたため、使用されるショーケースも、とびら(扉)やふた(蓋)付きのクロスタイプのものから、上部が開放したオープンタイプのものに移り変わってきている。

オープンショーケースの特長は

- (1) 展示効果がよい(見やすい)
- (2) 自由に手にとって商品が見られる(取りやすい)

ことである。とくにセルフサービスの店ばでは、オープンタイプは買いやすい構造であるので、最近のスーパーマーケット、フードセンター、ショッピングセンター等と称される小売店では、すべてオープンショーケースが使用されるようになった。

現在市場に出ているオープンショーケースの種類としてはつぎの様式のものがあり、それぞれの用途に使用されている。

冷却方式より分類	自然対流式
	強制通風式(エアカーテン式)
サービス面より分類	片面サービス式
	両面サービス式
陳列段数より分類	単段式
	多段式
保持温度より分類	冷蔵ショーケース
	冷凍ショーケース

当社で製作しているショーケースの機種は多いが、とくにゴールドチェーンに関係するつぎのオープンショーケースについて紹介する。

- (1) 青果物用オープンショーケース
 - HMS形(冷凍機内蔵形)
 - AC形(冷凍機別置形)
- (2) 冷蔵食品用オープンショーケース
 - HMA-500 A形
- (3) 冷凍食品用オープンショーケース
 - HLN-700形
- (4) その他の冷蔵食品用ショーケース

FP-1000 LK形(スタンド付き冷蔵ショーケース)

DH-630 A形(立形冷蔵ショーケース)

2. 三菱青果物用オープンショーケース

2.1 種類

青果物用オープンショーケースは、野菜・くだものを主として展示販売するショーケースであるが、バター、チーズ等の乳製品や、ハム、ソーセージ等の加工肉、あるいは精肉の販売にも使用できる冷蔵ショーケースである。

このショーケースには、冷凍機内蔵のHMS形と冷凍機別置のAC形とがある。内蔵形は据付けが簡便であるため、店ば改造や設置場所変更の場合に便利であり、別置形は据付けるショーケースが多い場合、冷凍機の騒音がないのでぐあいがよく、両者それぞれの得失もっている。

2.2 特長

(1) 冷気循環式の完全オープンタイプであり、顧客の手のとどく範囲に奥行きを大きくとっているため、陳列面積が大きく展示効果が大きい。

(2) 陳列品整理用の透明仕切板、前面ガラス、けい光灯による効果的な照明、さらに背面の反射鏡により、展示効果を最大限に発揮することができる。

(3) 陳列品の種類により、たな(棚)の高さや傾斜角度を自由に變えることができるので、陳列効果がさらによくなるとともに、たな下面の冷気循環により冷却効果が大きくなる。

(4) 顧客が見やすく手にとりやすい前面高さであるため、販売効果が大きい。

2.3 HMS形ショーケース

HMS形ショーケースは、冷凍機内蔵形で1.8m(6尺)幅の大きさであって、冷気循環式反射鏡付の冷蔵オープンショーケースである。

図2.1はこのショーケースの断面構造図である。庫内は奥行きが広く底の浅い構造で、高さが自由に調節できる自在だなを設け、背面上部には反射鏡を設けているため、陳列した商品が2倍の量に見え上部からのけい光灯の照明とあいまって、展示効果がきわめて大きい。庫内仕切板と断熱箱との間に冷却器と送風機を設置し、前面上部から吸い込み冷却を行なって、背面上部から冷風を吹きおろさせて冷気を循環させる構造で、除霜はデフロスターによるオフサイクル式で

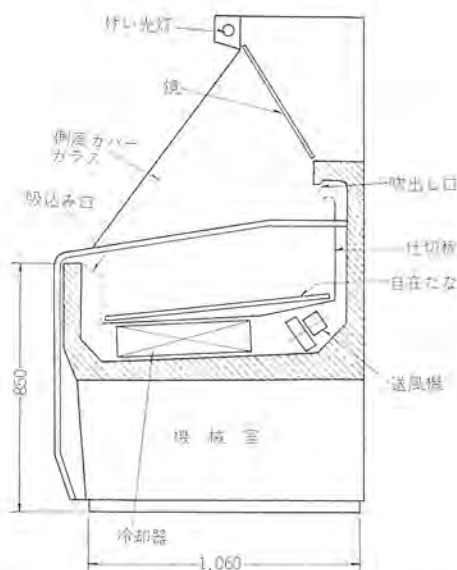


図 2.1 HMS 形ショーケース断面構造図
Interior construction of type HMS showcase.

表 2.1 HMS 形ショーケース仕様
Specification of type HMS showcase.

外形寸法	幅 1,800 mm×奥行 1,060 mm×高さ 1,700 mm
内容積	前面高さ 850 mm 有効内容積 250 l オープン冷気循環式
鏡	反射鏡付
照明	一段自在だな 40 W けい光灯 1 個
冷凍機	全密閉形圧縮機内蔵
冷却器	クロスフィンチューブ強制通風式
冷媒制御	自動温度膨張弁
温度調節	自動温度調節器
除霜	デフロストタイマー、オフサイタル式
庫内温度	+5～+10℃
電源	三相 200 V

ある。

なお、このショーケースの両側面の側面カバーはガラス製であるため、数台並べて設置すると、長尺もののショーケースと同じ程度に陳列効果が大きくなる特長がある。

表 2.1 はこのショーケースの概略仕様である。

2.4 AC 形ショーケース

AC 形ショーケースは、冷凍機別置の冷気循環式反射鏡付の冷蔵オープンショーケースである。

陳列台部分の断面構造は、HMS 形の図 2.1 とほぼ同じであるが、冷凍機別置形であるため庫内容積が大きく、庫内仕切板と自在だなの間の空間は貯蔵庫として使用することができる。さらに、外観図 2.2 (AC 形を 2 台連結した写真、幅 24 尺) に示すように、前面ガラスを使用しているため、展示効果は一段と大きくなる特長がある。除霜方法はデフロストタイマーの制御により、ヒーターにて除霜する方式を採用している。

このショーケースは 1 台が 3.6 m (12 尺) 幅であり、かつ何台でも連結できるエンドレスタイプで、据付台数の多い大形スーパーマーケットに使用すると陳列効果がきわめて大きい。また冷凍機は別置きであるので、冷蔵操作は別の機械室にて操作する集中コントロール方式を採用することができる。長尺ものの連結や、冷媒配管、冷媒充填(填)は据付けの現地で実施する構造である。なお、このショーケースの 1 台当たりの標準使用冷凍機は 1.5 kW である。

表 2.2 はこのオープンショーケースの概略仕様である。



図 2.2 AC 形ショーケース
Type AC Open showcase.

表 2.2 AC 形オープンショーケース仕様
Specification of type AC showcase.

外形寸法	幅 3,600 mm×奥行 1,000 mm×高さ 1,600 mm
内容積	前面高さ 850 mm 有効内容積 850 l オープン冷気循環式
鏡	反射鏡付き
照明	一段自在だな 40 W けい光灯 3 個
冷凍機	別置
冷却器	クロスフィンチューブ強制通風式
冷媒制御	自動温度膨張弁
温度調節	自動温度調節器
除霜	デフロストタイマー、ヒーターデフロスト方式
庫内温度	0～+10℃
電源	三相 200 V

3. 三菱冷蔵食品用オープンショーケース (HMA-500 A 形)

3.1 用途

HMA-500 A 形ショーケースは、バター・チーズ等の乳製品や、ハム・ソーセージ等の加工肉を主として展示販売するショーケースであるが、ビール・コーラ・ジュース等の飲料品の販売にも、あるいはくだもの・野菜・肉・魚等生鮮食品の販売にも使用できる冷蔵ショーケースである。

このショーケースは、幅 1.8 m (6 尺) の冷気循環式完全オープンタイプの展示効果のよいショーケースであり、そのうえ、移動容易で使いやすいショーケースであるため、デパート・スーパーマーケット・一般食料品店等において、多方面に重宝がられて使用いただいている状況である。

3.2 特長

(1) 前面の高さが適度に低く、上部の開口部が広く、庫内が適当な深さで、かつ完全オープンタイプであるため、顧客は楽に無理のない姿勢で商品を取り出すことができる。

(2) 前面ガラスが広く、上部の開口部が広いので、庫内に陳列した商品が見やすく、また前面のけい光灯の効果とあいまって展示効果は抜群である。なお前面ガラスには、湿度の高い夏季でもガラスに露がつかないように、防露ヒーターを取り付けている。

(3) 冷気循環式であるために、短時間に庫内が冷却し、また庫内の温度むらがない。なお上部の開口部は効率のよいエアカーテンを形成し、外気の侵入を最小限にとどめることができるので、運転時間が短かく経済的である。

(4) 冷凍機内蔵形であり、かつじょうぶなキャスター付きであるため、商品を入れたままでも自由に移動でき、使いやすい構造である。

3.3 構造・仕様

断面構造図 3.1 に示すように、上部は陳列ケースで下部は機械室

である。陳列ケース底部に冷却器と送風機を設置して、仕切板と断熱箱との間に冷気を強制循環させる構造で、背面上部より冷気を吹き出させエアカーテンを形成している。冷気循環にむらなくするために、送風機にはラインフローファン3個を並列して設置し、吹き出し口には整流板を設けている。除霜方法はデフロストタイマーによるオフサイクル式を採用している。除霜したドレンは下部機械室に設置した2個の排水ばけつに落下する構造である。

図3.2はこのショーケースの外観写真であり、表3.1は概略仕様である。

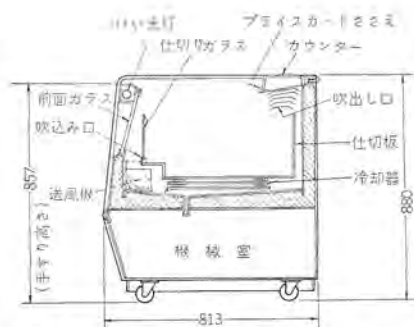


図 3.1 HMA-500 A 形ショーケース 断面構造図
Interior construction of type HMA-500 A open showcase.



図 3.2 HMA-500 A 形ショーケース
Type HMA-500 A open showcase.

表 3.1 HMA-500 A 形ショーケース仕様
Specification of type HMA-500 A showcase.

外形寸法	幅 1,802 mm × 奥行 813 mm × 高さ 880 mm
内容積	前面高さ 857 mm 総内容積 500 l 有効内容積 250 l
収容量	オープン冷蔵箱式 バター (半ポンド) 910 個 チーズ (半ポンド) 812 個
照明	40 W けい光灯 1 個 二層ガラス
付属品	陳列品整理用仕切板 2 個 すのこ 2 個 ポリバケツ 2 個
冷凍機	全密閉形圧縮機 600 W 内蔵 空冷式
冷却器	ワイヤーチューブ強制通風式 R-12
冷媒制御	キャピラリーチューブ
温度制御	自動温度調節器
除霜	デフロストタイマー、オフサイクル式
庫内温度	5±2°C
電源	単相 100 V 電源コード 3 m (差し込みプラグ付)

4. 三菱冷凍食品用オープンショーケース (HLN-700 形)

4.1 概要

HLN-700 形ショーケースは、冷凍食品の展示販売用の自然対流式オープンショーケースで、庫内容積が大きいため冷凍食品の大量販売に適し、スーパーマーケット、百貨店、生活協同組合販売所、あるいは一般食料品店等において、有効に使用いただいているショーケースである。

このショーケースは、背面上部にクロスフィン形自然対流式冷却器を、庫内四周にはプレート形冷却器を設け、下部機械室に設置している冷凍機により強力に冷却を行ない、上部開口部は広くかつ完全オープンタイプであるにもかかわらず、-20°Cの庫内温度を保持する構造のショーケースである。除霜方法はタイマーおよび除霜用サーモスタット制御によるヒーターデフロスト方式を採用している。

4.2 特長

(1) 有効内容積が400 lもあるので、冷凍食品の大量販売用として最適である。

(2) 上部開口部が広く、完全オープンタイプであるため、顧客は希望の商品を楽に自由に取り出すことができる。

(3) 前面ガラスが広く、上部の開口部分も広いので、庫内の商品が見やすく、また上部のけい光灯は冷凍食品を新鮮に見せて、展示効果はきわめて大きい。

なお前面ガラスは4層で、湿度の高い夏期でもガラスに露がつかないように防露ヒーターを取り付けている。

(4) 夜間など使用しないときは、ナイトカバーで上面を閉鎖できるので、運転時間が短かく経済的で、かつほこりなどのはいるおそれがあったくない。

4.3 構造・仕様

断面構造図4.1に示すように、上部は陳列ケースで下部は機械室になっており、庫内が割合に深い自然対流式のオープン冷凍ショーケースである。背面上部のクロスフィン形冷却器により、前面上部より吸い込まれた庫内空気は冷却されて、下方前面より自然対流により吹き出される。

冷却器前面には除霜用ヒーターを取り付けていて、タイマーによりあらかじめ設定された時間に除霜にはいり、霜がとけ終われば除霜用サーモスタットが感知してヒーターを切り除霜を終了させる。とけた水滴は、冷却器下方に設けられたヒーター付きのドレン受けに落ち、ドレンホースを通して、機械室に設置している蒸発さら(皿)に落下する。

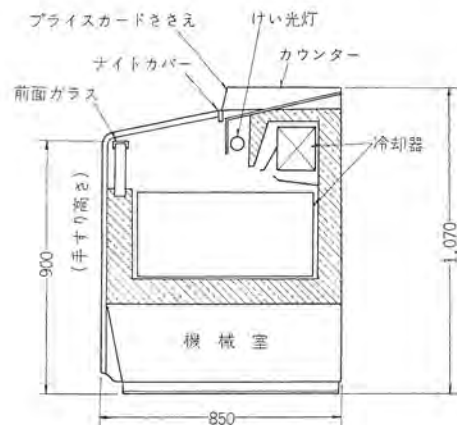


図 4.1 HLN-700 形ショーケース 断面構造図
Interior construction of type HLN-700 showcase.

蒸発さらには蒸発布が設けられていて、機械室の熱風により蒸発させる構造である。

このショーケースの冷凍装置は2組使用していて、上部のクロスフィン側は除霜中でも、庫内四周のプレート形冷却器の冷凍装置が運転しているため、除霜中の庫内の温度の上昇はきわめて少ない特長のあるショーケースである。

またこのショーケースは単相電源を使用することができるが、起動時の電流を制限するために遅延リレーを設けている。運転に入る場合には、最初上部のクロスフィン側の冷凍装置が運転に入り、次に25秒後にプレート冷却器側の冷凍装置が運転に入る機構となっている。

なおこのショーケースの庫内は -20°C の低温であるため、露付き防止用のヒーターを、前面ガラスの四周と側面上部およびクロスフィン形冷却器前方の仕切板前面とに設置している。

前述のように、上面開口部を閉鎖できるナイトカバー付きであり、夜間などの販売しないときや、店頭の冷暖房の吹き出しグリルに近いところや店頭に掲げられる場合には、ナイトカバーを使用できる特長がある。

図4.2はHLN-700形の外観写真があり、表4.1は概略仕様である。



図 4.2 HLN-700 形 ショーケース
Type HLN-700 showcase.

表 4.1 HLN-700 形 ショーケース仕様
Specification of type MLN-700 showcase.

外形寸法	幅 1,800 mm×奥行 850 mm×高さ 1,070 mm 前面高さ 900 mm
内容積	総内容積 700 l 有効内容積 400 l
照明	オープン冷氣自然対流式 40 W けい光灯 1 個
前面	四層ガラス
ナイトカバー	透明アクリル樹脂板製前後開閉とびら
付属品	陳列品整理用仕切板 3 個 すのこ 2 個
冷凍機	半密閉形圧縮機 400 W×2 内蔵
冷却器	空冷式 上部 クロスフィン形自然対流式 四周 プレート形自然対流式
冷媒	R-12
冷媒制御	キャピタリチューブ
温度制御	自動温度調節器
除霜	タイマーおよび除霜用サーモスタットによる制御 ヒーターデフロスト方式
庫内温度	$-20\pm 2^{\circ}\text{C}$
電源	単相 100 V, または単相 200 V

5. その他のコールドチェーン用ショーケース

オープンショーケースではないが、コールドチェーンに関係するショーケースとして、主として解凍した切身を陳列販売する FP 形ショーケースと、飲料品を主として展示販売する VH 形ショーケースがある。

5.1 FP-1000 LK 形スタンド付きショーケース

FP-1000 LK 形ショーケースは、切身・精肉・加工肉（ハム、ソーセージ）・鮮魚などの陳列販売に使用するもので、屋外にて使用できる 3.3 m^2 （1 坪）のスタンド付きの対面販売用ショーケースである。

外観構造図 5.1 に示すように、ショーケース部分は、上部は内外ともにステンレス製の陳列ケースであって、魚かん 4 個収納陳列可能で、背上部にガラス製自在陳列だなを設けている。ショーケースの下部半分は魚かん 4 個収納できるストッカーで、他の半分は機械室であって、空冷式冷凍機を設置している。

ショーケース部分の庫内上部にクロスフィン形自然対流式冷却器を設けて冷却を行ない、前面は二層ガラスで、背面は戸車付きのシングルガラス製 4 板引戸とびらとなっている。下部のストッカー部分はヘピン形自然対流式冷却器で冷却を行ない、観音開きとびらを設けている。

ショーケース部分の下部に取付けているキャスターは、スタンド部分の床板に設けたみぞにはまり込み、ショーケースは前後に移動可能で、夜間等の販売しないときはショーケースをスタンドの内に押し込み、スタンドの屋根のひさしを倒して前部を閉鎖し施錠できる構造となっている。また販売場所を変更する場合は、スタンドとともに簡便に移動することができる特長をもっている。

スタンドはポリエステル樹脂加工板製で、左右に出入するためのとびら（施錠可能）を設けており、ショーケース上面との間には、ガラス製 4 枚引き戸を設けて、調理室と外部との仕切り戸となっている。なおこのショーケースには、ステンレス製の流し台、調理台等を付属している。表 5.1 はこのショーケースの仕様である。

5.2 VH-630 A 形冷蔵ショーケース

VH-630 A 形冷蔵ショーケースは、牛乳・ビール・ジュース等の飲料品、バター・チーズ等の乳製品、ハム・ソーセージ等の加工肉、あるいは菓子・チョコレート等の店頭販売用で、収容量の大きい立て形ショーケースである。

ショーケースの前面全部が二層ガラス製の開きとびらであるので、展示効果がよく、セルフサービスにも便利である。また立て形であるので、商品の収納量が多いにもかかわらず据付面積が少なく、店ばを有



図 5.1 FP-1000 LK 形 ショーケース
Type FP-1000 LK showcase.

表 5.1 FP-1000 LK 形 ショーケース仕様
Specification of type FP-1000 LK showcase.

スタンダード	
外箱・内箱	ポリエスチル樹脂加工合板製
とびら(左右)	ポリエスチル樹脂加工合板製(錠付き)
扉	ポリエスチル樹脂加工合板製(ステンレス飾りへり付き)
下張り	ラワン材ニス塗り製
間仕切り	ガラス板(4枚引戸)
照明装置	40 W けい光灯1本(スイッチ付き)
電源	単相 100 V 50 または 60 c/s (タイフスイッチ)
据付床面積	3.3 m ² (1坪)
外形寸法	高さ 1,900 mm×幅 1,970 mm×奥行 1,300 mm
付属品	流し台(吸排水管取付け可能ステンレス製) 調理台、すのこ(ラワン材) たな、かざ(左右とびら用)

ショーケース	
ショーケース部	
総内容積	637 l
有効内容積	445 l
外箱	ステンレス製研摩仕上
冷却器	クロスフィン形自然対流式
とびら	ステンレス製シンダルガラス(戸車付き)
前面	二重ガラス
たな	ガラス板(自在たな)
ストッカー部	
総内容積	363 l
有効内容積	256 l
外箱	鋼板製メラミン樹脂焼付け塗装
冷却器	自然対流式ヘアピンクーラー
とびら	観音開き式
庫内温度	-2°C±3°C(室温 30°C にて日光の直射を受けず)
冷凍装置	単相 100 V 50 または 60 c/s 400 W (全密閉式)
温度調節	自動温度調節器
照明装置	40 W けい光灯1本(スイッチ付き)
外形寸法	高さ 1,350 mm×幅 1,800 mm×奥行 900 mm
付属品	すのこ

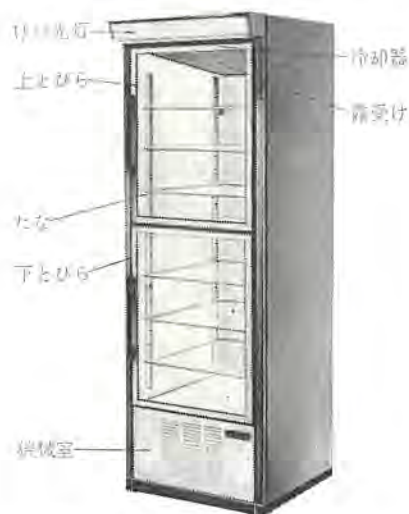


図 5.2 VH-630 A 形 ショーケース
Type VH-630 A showcase.

効に使用することができる特長は大きい。したがって、他のショーケースに比較してとくに簡便であるため、多種多様な商品の陳列販売に使用されている状況である。

図 5.2 はこのショーケースの外観写真であるが、上部は陳列ケースで下部は機械室となっている。庫内頂部にワイヤーチューブ式冷却器を設置し、自然対流により庫内を冷却する構造である。冷却器下方には露付を設けているので、菓子類の陳列も可能である。またたなはすべて取付位置を調節可能な自在だなで、かつ背面に冷気を循環させる空間をつくるためにささえを設けている。とびらはアルミ製わく(枠)マグネットガasketを使用している。

表 5.2 はこのショーケースの仕様の概要を示したものである。

表 5.2 VH-630 A 形 ショーケース仕様
Specification of type VH-630 A showcase.

外形寸法	幅 640 mm×奥行 575 mm×高さ 1,840 mm
内容積	365 l
収容量	牛乳(丸) 600 本 ビール(大) 145 本
照明	40 W けい光灯1個
とびら	前面右開き上下二枚とびら(二層ガラス) マグネットガasket
たな	7 段(たな位置調節可能)
付属品	すのこ 1 個
冷凍機	全密閉形圧縮機 200 W 空冷式
冷却器	ワイヤーチューブ自然対流式 露受けを付き
冷凍機	R-12
冷凍制御	キャピラリーチューブ
温度制御	自動温度調節器
除霜	オフサイクル式
庫内温度	5±2°C
電源	単相 100 V 電源コード 3 m (差し込みプラグ付き)

6. コールドチェーン用ショーケースの今後の動向

6.1 ショーケースに必要な条件

ショーケースとして要求される条件をあげてみるとつぎのようになる。

(1) ショーケースに商品を収容している期間中、その商品の品質を保持すること。食品にはそれぞれ最も適した保持温度があり、最も効果的に品質を保持する容器であること。

(2) ショーケースを設置する店ばの構造および販売様式に適した構造であり、顧客の購買意欲をそそり、商品がよく売れる容器であること。

(a) 陳列品が見やすく、手に取りやすく、買いやすい構造であること。

(b) 陳列品の品質をよく見せ、展示効果が大きいこと。

(c) 販売するのに、できるだけ店員の手がとられない構造であること。

(d) 店ば構造や他の販売容器などとよく適合した形態であること。

(3) 購入価格が低廉で、減価償却費が少なくすみ、運転経費が少なく保持費のかからないものであること。すなわち小売店一般に資本的に弱い店ばが多いので、頭初の投資が少なくすみ、かつ日常経費も少なく、売上利潤のよくあがるものであることが必要である。

(4) 運転操作が簡便で、万一故障の場合でもアフターサービスの容易な構造であること。

6.2 コールドチェーン用ショーケースの今後の動向

ショーケースは流通機構の最後の段階における小売店にて使用する陳列販売容器であり、生産・輸送段階にて低温にて品質を保持された食品が、完全に流通機構を流れるためには絶対に必要な容器である。したがってコールドチェーンの進展に伴い、今後ますます需要が増加する機種である。現在使用されている三菱オーパショーケースの概要について紹介し、またショーケースに必要な事項を列挙したが、最後

に、最近の状況よりみて今後どのような形態のショーケースが要求されてくるかについて述べむすびとしたい。

7. む す び

小売販売の店ばとして、消費者の集中する地域には、スーパーマーケット・フードセンター・ショッピングセンター等が増加するとともに、一般小売店ばも漸次大形化してきており、今後この傾向が進展するものとみられる。また人件費の高騰や人手難に伴い、特殊な商品を除いて、売子の必要な対面販売様式が漸次姿を消し、セルフサービスの様式に変わりつつある状況である。このような店ば構造や販売様式においての今後のショーケース構造の一般的傾向としては、壁面は立体的に利用するために多段ショーケースあるいは立て形ショーケースが使用され、中央は顧客が買いやすい気分になる平面的なショーケース、たとえば両面サービスショーケース等が使用されてくるものと考えられる。

一般消費者人口の分散する地域や、企業単位、生産協同組合単位あるいは居住単位（団地など）の消費者のある程度のまとまりがあ

る場合には、農協その他の生活協同組合の消費組合が発展する傾向がみられる。このような場合には、まだ対面販売用のショーケースが使用されることも多いと考えられる。

コールドチェーンの発達しているアメリカにおいて、小売販売店ばに設置しているショーケースは、ほとんど冷凍機別置形である。これは店ばに設置するショーケースの増加に伴い、冷凍機内蔵形では騒音がはなはだしくなり、顧客ならびに店員が騒音に耐えられない状態になったためとされている。またショーケース自体の大形化により、冷凍機内蔵形では商品陳列面が高くなり展示効果が悪くなり、このためにも冷凍機別置形が有利になってくる傾向にある。また、小売店ばの大形化により、ショーケースの使用台数が増加してきているのであるが、このような場合、展示効果よりみてエンドレスタイプのものが使用されるようになってきた。

したがって、ショーケースの今後の一般的傾向としては、セルフサービスに便利なオープンショーケースで、冷凍機別置形でエンドレスタイプのショーケースが漸次使用される傾向にある。

食料品貯蔵庫および冷蔵クーリングユニット

山本 喬夫*

Cold Storage Cabinets and Cooling Units

Wakayama Works Takao YAMAMOTO

Cold storage cabinets are classified into three major types : those used in producing centres to precool provisions, those used by whole sellers in consuming districts and those in use by retail-dealers for keeping provisions before displaying them in show-cases. They are all indispensable and on the trend of increasing. In keeping with the circumstances, appropriate cooling units are coming in good demands because of acute shortage of specialists of cold storage.

Mitsubishi produces cold storage cabinets and cooling units of various types in answer to respective uses with successful results, but it is considered necessary to enlarge the variety of the apparatus to cope with the changes in the mode and the contents of the storage facilities. The article describes the present products and their operating states.

1. ま え が き

貯蔵庫には、産地においてプレクーリングする貯蔵庫と、消費地において卸問屋が使用する貯蔵庫と、小売店が販売容器であるショーケースに入れるまで収納する貯蔵庫がある。また貯蔵庫には貯蔵する食品に応じた保持温度によって、 $+5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 程度のものと、 0°C 近辺のものおよび -20°C 程度のものと3種類に大別される。貯蔵食品としては、青果物、乳製品および水産物が主要なものである。

現状の貯蔵庫は構造様式によってつぎのように分類できる。

築造式：農協、漁協、加工業者、倉庫業者等

同上簡易形：生産者自家用

プレハブ式：卸問屋、小売店

建築物の一部改造形：同上

木わく少量生産形の業務用貯蔵庫：小売店、飲食店

メーカ少量産形の業務用貯蔵庫：小売店、飲食店

それぞれの用途や規模に応じて設置されている状況であるが、貯蔵庫は流通過程において食品の品質を保持するためには必要欠くべからざるものであり、コールドチェーンの進展につれて最も合理的な形態に整備され、今後ますます増設されるものと考えられる。三菱クーリングユニットは、これらの貯蔵庫に簡便に取り付けることができる冷凍装置で、貯蔵庫の様式の変化や収納物の種類の増加により、さらに機種整備が必要となる製品である。

当社にて製作している貯蔵庫、冷蔵クーリングユニットにはつぎの機種があり、これらの概要について紹介する。

(1) 三菱青果物用クーリングユニット

HC-15 RA 形

(2) 三菱冷蔵クーリングユニット

HC-04, HC-04 T, HC-06 T 形

HC-08 TA, HC-15 TA 形

(3) 三菱業務用冷蔵庫

C-3 形

Y-1 形

(4) 三菱業務用冷凍庫

LS-500, LS-200 形

2. 三菱青果物用クーリングユニット

2.1 青果物の産地貯蔵

2.1.1 概 要

青果物は一般に収穫時最も価格が安く以後漸次値上がりするものであり、青果物の種類によっては日々市場価格が大幅に変動するものもある。現在青果物で最も生産者貯蔵の多いのはみかんとりんごであるが、その一例を示すとつぎのようになり、生産のみの場合の利潤に対して、自家貯蔵することにより、適宜出荷による価格の安定と生産者利潤の増大をはかることができる。

りんご(紅玉) 41年度の例 単位 円/箱 (18kg)

生産費：	466
産地価格：	506
生産利潤：	40
市場売渡価格：10月	850
市場売渡価格：3月	1,070
冷蔵諸経費：	50
冷蔵による利潤：	170

青果物を長期貯蔵するには、それぞれの適当な温度・湿度にて冷蔵することが必要である。収穫後の青果物は生きていて、空気中の酸素をとり入れ体内の糖分と化合して炭酸ガスを排出して呼吸作用を行なっている。すなわち収穫した青果物は体内の貯蔵養分を消耗しながら生存を続けているので、呼吸作用をおささなければならぬ。呼吸作用は 0°C を基準とすると、 4°C で2倍、 10°C で4倍、 20°C で8倍にもなり、温度が高いほど貯蔵力が弱まり腐敗菌の活動もはげしくなる。青果物にはそれぞれ最も適当な貯蔵条件があり、同一の青果物でも品種により異なるが、一般的な条件を表2.1に示しているが、凍結しない程度に低い温度で貯蔵することがたいせつである。

2.1.2 みかんの産地貯蔵

みかんの貯蔵温度は $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ が最適で、庫内温度が 8°C 以上になると、みかんの耐久力が低下するとともに減量が多くなり、かつ腐敗も増加する。湿度は $80\sim 85\%$ とされていて、 90% 以上では果皮の生理機能が盛んとなり浮皮現象を起こすこととなる。逆に乾燥し過ぎると、萎縮が激しく外観を損じ減量歩合も多くなる。

表 2.1 青果物の貯蔵条件
Storing condition of fruits and vegetables.

高 温 冷 蔵			中 温 冷 蔵		
種 類	冷 蔵 条 件		種 類	冷 蔵 条 件	
	温 度 ℃	湿 度 %		温 度 ℃	湿 度 %
み か ん	+4~+5	80~85	り ん ご	-1~0	85~90
び わ	+3~+5	85くらい	和 な し	0~+2	—
ま く わ り	+7~+10	85~90	洋 な し	-1.5~-0.5	90~95
す い か	+2~+4	85~90	桃	-0.5~+1	85~90
レ モ ン	+3.5~+4.5	85~90	ぶ ど う	0~+2	80~90
ば れ い し ょ	+4~+5	85~90	い ち じ ょ	0~+1	90
里 芋	+7~+8	85~90	か な き	0~+1	—
な す	+7~+10	85~90	い ち じ く	-2~0	85~90
き ゅ う り	+7~+10	90~95	オ レ ン ジ	0~+1	85~90
			夏 み か ん	0~+1	80~85
			大 根	0	90~95
			か ぶ ら	0	90
			に ん じ ん	0	90
			玉 ね ぎ	0~+1	70~75
			ほ う れ ん 草	0	90~95
			き ゃ べ つ	0	90~95
			せ り	-0.5~0	90~95
			え ん ど う	0	85~90
			そ ら 豆	0~+2	—

みかんの貯蔵には、貯蔵のきく品種であって、熟度や大きさ、あるいは実のなりぐあい、樹齡、日照状況等の木の状態について、果実の選別を行なって収納することが必要である。収穫後は発汗作用を促進させる処置（予措という）を行ない貯蔵庫に収納する。みかんの収納方法は図 2.1 に示すように、一般にたなを設けてみかんを箱に一段にならべて収納する。箱積式は収納量が多くなるが、果実の出し入れや腐敗果の除去に不便であるので、みかんにはほとんど採用されていない。かび類は 5℃ でも活動するので、適時点検を行ない不良果の選別を行なう。

貯蔵中の管理には温度・湿度を変化させないことがたいせつで、このような冷却貯蔵を実施すれば自然貯蔵に対し、貯蔵中の腐敗果ははるかに少なく、目減りも 12%（貯蔵期間 4 個月）も少なくなり、かつ鮮度がよくて商品価値ははるかによい。

図 2.2（内部）、図 2.3（外部）は、40 m²（12 坪）の生産者自家

貯蔵庫（納屋を改造した簡易形）に HC-15 RA 形を 2 台設置して、みかんの冷却貯蔵を行なっている状況である。

2.1.3 りんごの産地貯蔵

りんごは果実のうちでも最も貯蔵のきくくものであり、かつ年間を通じて消費される果実でもあるので、量の点からもみかんとともに最も産地貯蔵が普及されている。りんごの水結をはじめる温度は品種や鮮度により異なるが、-2.8~-1.5℃ であるので、-1~0℃ の貯蔵温度がどの品種や異なる貯蔵期間の場合でも最も無難な温度である。貯蔵温度が低過ぎると、低温障害やゴム病、水くされ病にかかりやすくなり、高過ぎると、軟化して鮮度が落ち、腐敗しやすくなって貯蔵期間が短くなるので、他の果実と同様に適温保持がたいせつである。

りんごの貯蔵には、適当な熟度のものを選別して収穫し、夜間の冷気にてりんごの温度を下げて貯蔵庫に収納する。収納方式には一般に箱積式が行なわれているが、貯蔵庫の内部全体が平均して適温貯蔵ができるような収納方法にすることが重要である。貯蔵中に CO₂ ガスが発生蓄積するおそれがあるので、適時庫内空気の換気も必要である。

図 2.4（入口）、図 2.5（外部）は 50 m²（15 坪）高さ 5.2 m の生産者自家貯蔵庫に、HC-15 RA 形を 2 台設置してりんごを貯蔵している状況で、貯蔵庫の壁は、外側から、ブロック断熱材 100 mm、モルタル、耐水ペニヤ板の順にはりつけた構造で、かつ四周に荷すりを設けている。

2.2 HC-15 RA 形の特長

HC-15 RA 形三菱青果物用クーリングユニットは、表 2.1 に示した種類の青果物生産者および青果物販売業者の簡易形自家貯蔵庫用の冷却クーリングユニットであるが、またつぎのような冷蔵にも使用することができる。

- (a) 牛乳・ビール等配達中の温度上昇をみこした 0℃ 近い貯蔵
- (b) 肉・鳥肉類の貯蔵
- (c) 鶏卵の貯蔵

このクーリングユニットの特長は



図 2.1 みかんの冷却貯蔵
Cold storage of mandarins.

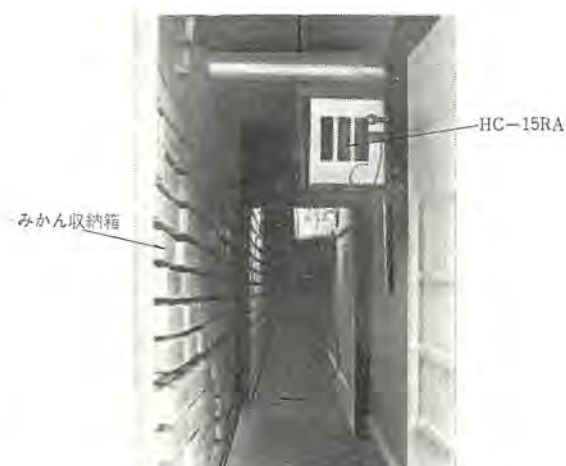


図 2.2 HC-15 RA 形を使用したみかんの貯蔵（内部）
Interior of mandarin cold storage using type HC-15 RA cooling unit.



図 2.3 HC-15 RA 形を使用したみかんの貯蔵（外部）
Exterior view of mandarin cold storage using type HC-15 RA cooling unit.



図 2.4 HC-15 RA 形を使用したりんごの貯蔵 (入口)
Apple cold storage using type HC-15 RA cooling unit
(door side).



図 2.5 HC-15 RA 形を使用したりんごの貯蔵 (外部)
Apple cold storage using type HC-15 RA cooling unit
(condensing unit side).

(1) 冷風の風量および到達距離が大きく、かつ前面吹き出しグリルの角度調整が自由にできるので、冷気が庫内全体に広がり温度むらがない。また必要な場合はダクト工事も簡単にできる構造である。

(2) 作動温度差 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の高感度の庫内自動温度調節器を使用しているので、庫内温度の変動がない。

(3) 冷却器および送風機の容量が大きいので、庫内温度と吹き出し温度との温度差が少なく、また蒸発温度が高いため、庫内の乾燥が少ないとともに冷却器の霜付きも少なく、かつ冷却能力も大きい。

(4) 除霜方式はホットガスデフロスト方式で、かつ着霜を感知して自動的に除霜に入り、霜をとってしまふと自動的に除霜が終了する方式であるので、むだな運転がなく、かつ除霜が速かである。

(5) リモートコントロール方式を採用して、操作盤は運転監視の容易な入口とびら付近に設置できるので、運転操作や監視が容易である。

(6) 冷凍装置一式をユニットにしているので、据付工事が簡単であり、配管工事等は不要である。このために工事に要する人手や時間を極度に節減できる。

2.3 HC-15 RA 形の構造仕様

内部構造図 2.6 に示すように、中央を断熱壁で仕切り、半分は冷凍機や空冷式凝縮器を設置した凝縮装置であり、他の半分は冷却器や膨張弁を設置した冷却装置から成り立っている。図 2.7 は冷媒回路図で、通常の冷却運転時には実線の回路を冷媒が循環する。冷却器にある程度着霜すると、除霜用温度調節器により自動的に電磁弁を開き、点線の回路を圧縮機から吐出された高温のガスが冷却器に流れ込み除霜を行なう。霜をとり終ると除霜用温度調節器によ

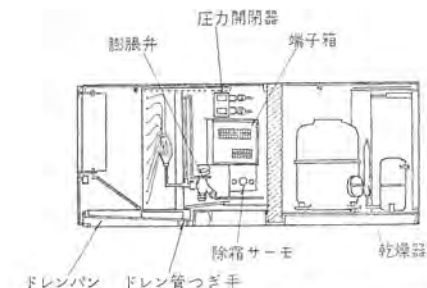
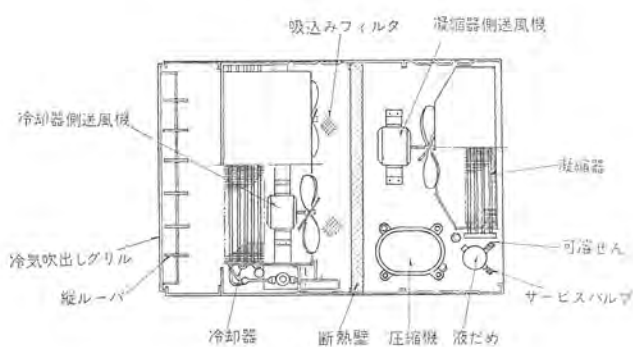


図 2.6 HC-15 RA 形クーリングユニット内部構造
Interior construction of type HC-15 RA cooling unit.

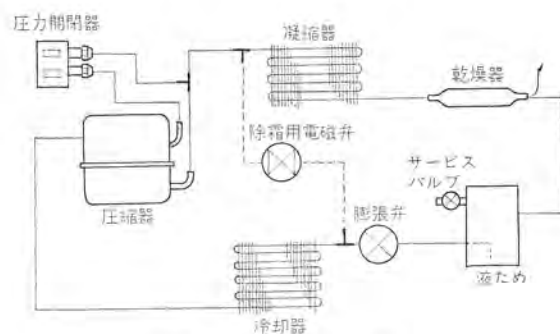
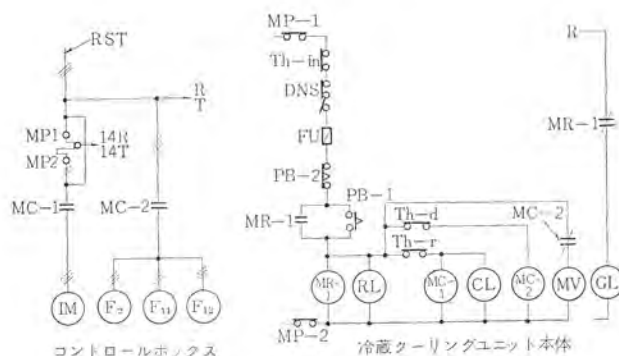


図 2.7 冷媒回路図
Diagrams of refrigerant circuits.



IM	圧縮機用電動機	CL	冷却指示灯
F ₁₁ , F ₁₂	冷却器側送風機	GL	異常指示灯
F ₂	凝縮器側送風機	MP-1, MP-2	圧縮機モータープロテクタ
MR-1	プラグインリレー	Th-in	圧縮機インターナルサーモ
MC-1	電磁接触器 (圧縮機用)	DNS	高低圧圧力開閉器
MC-2	電磁接触器 (送風機用)	FU	ヒューズ (制御回路用)
PB-1	起動兼リセット用押しボタンス	Th-d	除霜サーモ
PB-2	停止用押しボタンススイッチ	Th-r	庫内サーモ
RL	運転指示灯	MV	除霜用電磁弁

図 2.8 電気回路図
Diagrams of electric circuits.



図 2.9 HC-15 RA 形クーリングユニット (本体)
Type HC-15 RA cooling unit.

表 2.2 HC-15 RA 形クーリングユニット仕様
Specification of type HC-15 RA cooling unit.

外形寸法	高さ 540×幅 860×奥行 1,240(mm)
冷凍装置	
圧縮機	完全密閉形 1.5 kW
凝縮器	クロスフィン形強制通風式
冷却器	クロスフィン形強制通風式
送風器	有圧プロペラファン
	冷却器側 2 基, 凝縮器側 1 基
冷媒	R-22
冷媒制御	温度式自動膨張弁
除霜	ホットガスデフロスト方式 (デフロストサーモによる自動制御)
保護器機	圧縮機インナーサーモスタット 過電流継電器 高低圧力開閉器 可溶せん(栓)
制御装置	
形式	リモートコントロール方式 (コントロールボックス別置き)
運転監視機器	運転表示灯 冷却表示灯 異常表示灯
操作機器	起動兼保護装置リセット押しボタンスイッチ 停止押しボタンスイッチ
保護装置復帰方式	手動復帰 (プラグインリレーによる自己保持回路)
庫内温度調節	高密度作動形自動温度調節器 (作動温度差 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)
電気特性	電流 7.67/6.9 A 入力 2.08/1.98 kW
性能	
標準冷凍能力	2,900/3,400 kcal/h (外気温 20°C 庫内 0°C)
冷気風量	2,340/2,700 m^3/h
冷気吹出速度	4.4/5.3 m/s (最大)
冷気到達距離	7.5 m (風速 0.5 m/s 以上)
冷気吹出角度調整範囲	$30^{\circ}\sim 90^{\circ}$ (ルーバーによる吹出角度調節可能)
冷気循環方式	底側面吸込み, 前面吹出し (吹出しダクト, リターンダクト工事可能)
ドレン接手	ドレンホースつぎ手 PT 3/4 ねじ
標準庫内温度調節範囲	$-2^{\circ}\text{C}\sim +4^{\circ}\text{C}$
重量	170 kg
電源	3 相 200 V 50/60 c/s

り自動的に電磁弁を閉じ, 冷媒は元の実線の回路を流れて正常の冷却運転にはいる機構である。図 2. 8 は電気回路で, 図 2. 9 は本体の外観図であり, 表 2. 2 は仕様を示す。

3. 三菱冷蔵クーリングユニット

三菱冷蔵クーリングユニットは $+5^{\circ}\text{C}$ 程度の冷蔵食品貯蔵庫に使用する冷凍装置で, 従来の築造式の貯蔵庫に使用できることはもちろんのことであるが, とくに最近延びてきたプレハブ冷蔵庫に使用すると便利な装置である。この装置には圧縮機, 凝縮器, 送風機その他の制御機器等の冷凍装置として必要な部品はすべて備えているので, 冷凍装置製作に対する技術がなくても容易に冷蔵庫を製作することができる。次に特長をのべる。

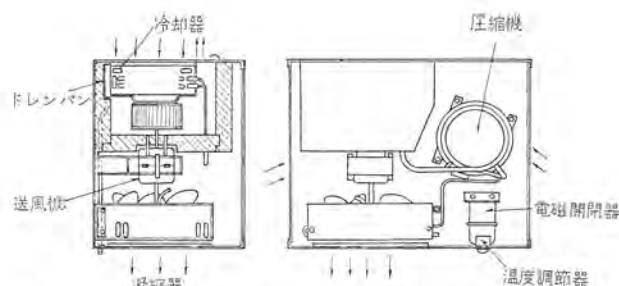


図 3.1 HC-04, HC-04 T, HC-06 T 形冷蔵クーリングユニット内部構造図
Interior construction of type HC-04, HC-04 T and HC-06 T cooling unit.

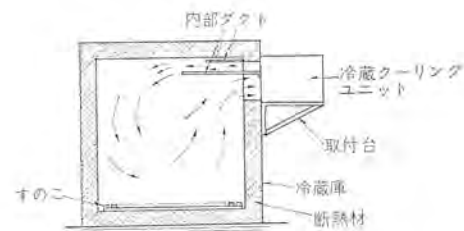
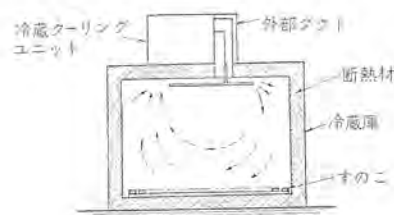


図 3.2 HC-04, HC-04 T, HC-06 T 形冷蔵クーリングユニット据付要領図
Equipment of type HC-04, HC-04 T and HC-06 T cooling units.

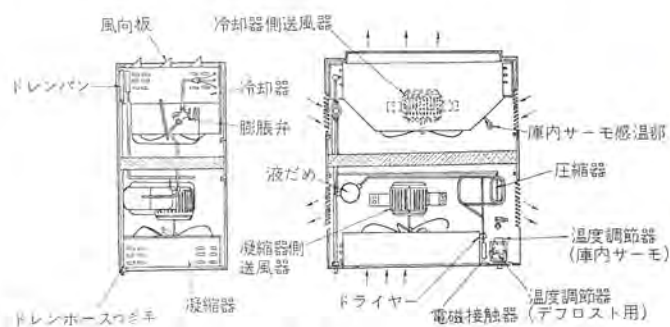


図 3.3 HC-08 TA 形冷蔵クーリングユニット内部構造図
Interior construction of type HC-08 TA cooling units.

(1) 冷凍装置の製作作業が不要で, 従来のように冷凍機を購入して冷凍装置を組立てる工程, すなわち冷凍装置設計・部品購入・配管工事・真空引き・冷媒充填・各種テスト等の工程を省略できる。

(2) 冷凍装置の製作が不要であるので, 冷蔵庫の箱を製作しておけばただちに納入することができ, 納期が短縮できるとともに多くの工事を施行することができ, また工事費を節減できる。

(3) 現在最も入手難な冷凍装置の技術作業者を節減することができ, 人手や時間を能率的に使用できる。

(4) この装置は強制通風式の冷却装置であるため, 牛乳やビールなどのびん詰物の冷却には最も効果的である。

この装置の構造および据付方式は, 400 W と 600 W の方式およ

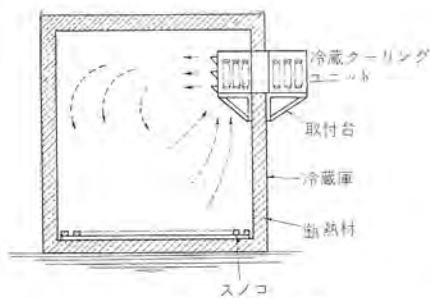


図 3.4 HC-08 TA, HC-15 TA 形冷蔵クーリングユニット 据付要領図
Equipment of type HC-08 TA and HR-15 TA cooling unit.



図 3.6 HC-08 TA 形クーリングユニットを使用した青果物の貯蔵
Cold storage fruits and vegetables using type HC-08 TA cooling unit.



図 3.5 HC-08 TA 形冷蔵クーリングユニット
Type HC-08 TA cooling unit.

表 3.1 三菱冷蔵クーリングユニット仕様
Specification of Mitsubishi cooling unit.

項目		形名		HC-04	HC-04 T	HC-06 T	HC-08 TA	HC-15 TA	
外形寸法(mm)高さ×幅×奥行				410.8×503.3×665		467.8×756×532	400×710×780	520×860×1,035	
冷凍装置	電源 (V)	50/60 c/s		単相 100		三相 200			
	圧縮機(W)	全密閉形		400		600	750	1,500	
	凝 縮 器			クロスフィン式強制通風形					
	冷 却 器			クロスフィン式強制通風形					
	送風機	凝 縮 器	プロペラファン } 両軸モーター				プロペラファン		
		冷 却 器	シロッコファン }				プロペラファン		
	冷	媒		R-12			R-22		
温度調節器 (デフロスト用)				付 き					
冷凍能力(kcal/h)庫内温度5°C				550		750	1,200	2,400	
冷却能力 (庫内容積)	外 気 32°C	冷却庫 (L)	1,000~1,300		1,300~1,600	3,000~3,600	8,500~10,000		
		保冷库 (L)	1,800~2,200		4,500~5,000	9,000~11,000	24,000~27,000		
	外 気 40°C	冷却庫 (L)	500~1,000		1,000~1,300	2,400~2,500	6,800~8,000		
		保冷库 (L)	1,500~1,700		4,000~4,500	7,200~9,000	19,000~22,000		
標準庫内温度 (°C)				5					
重 量 (kg)				50	44	60	80	120	

び 750 W と 1.5 kW の 方式では若干異なり、図 3. 1 (内部構造図) 図 3. 2 (据付要領図) に示すように、400 W と 600 W のものは天井置きおよび側壁据付に使用され、図 3. 3 (内部構造図) 図 3. 4 (据付要領図) に示すように、750 W と 1.5 kW のものは壁を貫通して取り付けられる方式である。図 3. 5 は HC-08 TA 形をプレハブ冷蔵庫に側壁を貫通して取り付けた状況を示している。図 3. 6 は青果物小売店における使用状況である。

三菱冷蔵クーリングユニットは、標準庫内温度 +5°C に使用されるものであり、除霜方式は圧縮機の冷却運転を中止中に庫内循環空気にて除霜を行なうものであるため、0°C 近辺以下の庫内温度の保持はできない。表 3. 1 に三菱冷蔵クーリングユニットの仕様を示す。なお 750 W の水冷式の冷蔵クーリングユニットや、特殊用途用の低温用 (庫内温度 -18°C 以下) の冷凍クーリングユニットがあるが、省略することにする。

4. 冷蔵食品用三菱業務用冷蔵庫

業務用冷蔵庫は、牛乳集配所に、あるいはビール、ジュース、コーラ等のびん詰飲料品の冷蔵販売用に最も多く使用されている。その他学校や企業団体の集団給食用冷蔵庫として、あるいは旅館や飲食店の営業用短期貯蔵庫として使用され、また最近 C-3 形は自然対流式冷却方式でもあるので、冷凍食品の解凍庫として使用され、その用途は広範囲にわたっている。

三菱業務用冷蔵庫には、つぎの C-3 形と Y-1 形とがあり、冷却

方式は C-3 形では自然対流式、Y-1 形では強制通風式を採用している。詳細については牛乳コールドチェーン向け冷凍機器の項を参照されたい。

	C-2 形	Y-1 形
総 内 容 積 (L)	720	750
有 効 内 容 積 (L)	540	700
と び ら	前面二枚両開きとびら	
冷凍装置	圧縮機 (W) 150	400
庫 内 温 度 (°C)	自然対流式	強制通風式
	5±2	

5. 冷凍食品用三菱業務用冷凍庫

5.1 概 要

冷凍食品用三菱業務用冷凍庫には、LS-500 形と LS-200 形とがある。この冷凍庫は冷凍食品販売店用に、学校や企業団体の集団給食用に、あるいは旅館や飲食店に使用される冷凍食品短期貯蔵庫である。

冷凍食品のうち冷凍魚は、遠洋漁業の比重の増加に伴い全漁獲量の 30% 近くを占めていると言われ、コールドチェーンが最も発達している分野である。一方、包装冷凍食品は、最近生産されはじめた食品で、一般家庭や団体給食あるいは旅館飲食店に、とくに調理が簡単であるので、食生活の変革につれて今後の普及が期待される食品である。

魚肉・食肉・鳥肉関係は、冷凍食品のなかでも占める割合は最も

多い食品であるが、これらの死後の変化は、死後硬直・解硬・自己分解・細菌繁殖の過程を経て腐敗するに至るものである。これらの食品の鮮度を長期間保たせるには、速かに凍結を行なうとともに、できるだけ低温に保持する必要がある。鮮度保持期間は貯蔵温度によりはなはだしく異なり、直接鮮度に関係するたんぱく質の変化も、風味に関係する脂肪分の変化も、温度により大きな差異を生ずるものである。また変質腐敗に関係する細菌類の繁殖を完全になくするには、少なくとも -12°C 以下の温度に保持する必要がある。冷凍食品の発達しているアメリカでは、保持温度を -18°C としている。三菱業務用冷凍庫は、庫内温度 -20°C を保持する低温貯蔵庫で、LS-500 形は 2,000 人食分、LS-200 形は 1,000 人食分の冷凍食品を収納することができる。

5.2 特長

(1) 立て形であるので、収納容量の割合に設置面積が少なく、調理場や店ば(舗)を有効に利用することができる。また調理場の水洗を考慮して、下部脚を高くしてあるので衛生的である。

(2) 強制空冷式であるので冷却速度が速かで、庫内温度と収納食品との温度差が少なく冷却効果が有効に発揮でき、かつ庫内の各場所の温度差がない。また自動温度調節器でむだのない運転をしているので経済的である。なおとびら開閉時には庫内送風機が止まり、庫内冷気の流出を防ぎ冷却にむだをなくしている。

(3) 庫内の大きさは冷凍食品包装箱収納に適した寸法で、庫内を有効に利用することができる。またたなは自在だなので、特殊な商品でもその大きさにより自由に高さを調整して収納することができる。

(4) 除霜方式は自動式であるため霜取りの心配は全然なく、かつホットガスデフロスト方式を採用しているため、除霜は迅速でむだがなく、除霜中の庫内温度の上昇を心配する必要はない。またとけた霜はヒータ付きのドレン受けを通して速かに庫外へ排出され、ドレン処理の心配をする必要もない。

(5) とくに LS-500 形は上下二枚とびらになっているので、収納容量は大きいけれども開閉時の冷気の逃げは少ない。また庫内送風機運転状況の標示灯や庫内温度を標示する温度計が付いているため、庫内の状況が外部から容易に監視することができる。

5.3 構造仕様

LS-500 形の構造を図 5.1 に外観を図 5.2 に、LS-200 形の内

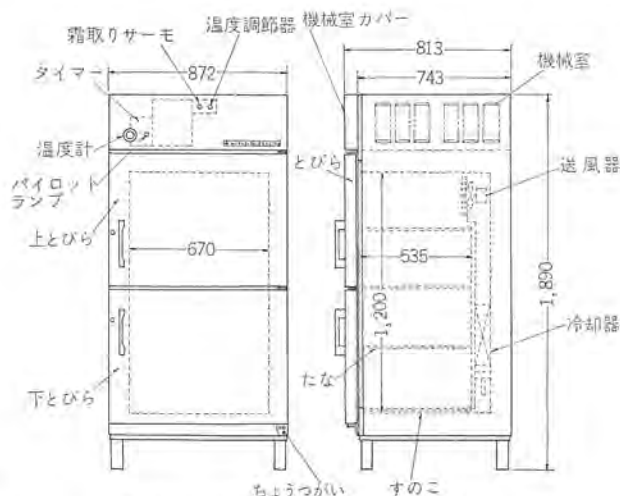


図 5.1 LS-500 形冷凍庫構造図
Construction of type LS-500 freezer.

部構造を図 5.3 に示す。庫内は -20°C の低温であるため、箱およびとびらは十分な断熱と密封を行なっていて、外部よりの熱侵入を最小限に少なくしている。庫内の背面に冷却器と送風機を設置して仕切板により冷風通路を設け、自在だなの上に収納した冷凍食品を強制空冷する機構である。凝縮装置および制御機器は、LS-500 形は上部に、LS-200 形は下部に設けられた機械室に設置していて、収納物の出し入れを容易な高さとしている。

図 5.4 はこの冷凍庫の冷媒回路を示す。通常の冷却運転時には実線の回路を冷媒が循環するが、タイマーにより設定された一定の時間を経過すると自動的に電磁弁が開き、冷媒は抵抗の少ない点線の回路を流れる。すなわち圧縮機から吐出された高温のガスは、電磁弁を通り冷却器に流れ込み、冷却器についた霜をとくこととなる。霜がとけ終われば冷却器を出るガスの温度が高くなるため、除霜用



図 5.2 LS-500 形冷凍庫 Type LS-200 freezer.



図 5.3 LS-500 形冷凍庫 Type LS-500 freezer.

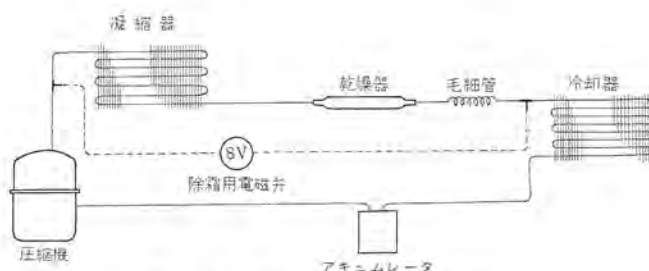


図 5.4 冷媒回路図 (LS 形冷凍庫)
Diagrams of refrigerant circuits (type LS freezers).

温度調節器が作動して電磁弁が閉じ除霜を終了させる。

表 5.1 はこの冷凍庫の概略仕様である。

表 5.1 業務用冷凍庫仕様
Specification of commercial freezers.

		LS-500	LS-200
外形寸法 (mm)	高さ	1,900	1,520
	幅	872	610
	奥行	813	783
内容積 (l)	総	480	250
	有効	405	205
内外装 とびら	高級仕上鋼板、メラミン焼付塗装		
	前扉右開き、開閉時送風機の回転停止		
	上下2枚とびら 1枚とびら		
たな	自在たな3段、すのこ1枚		
	全密閉形		
冷凍装置	400 W 300 W		
	完冷式		
凝縮器	強制冷気循環式		
	キャピタリーチューブ		
冷媒制御	自動温度調節器		
	R-12		
温度制御	全自動ホットガス除霜方式		
	(タイマー開始、除霜温度調節器終了)		
温度表示	温度計		
	単相 100 V 50/60 c/s		
電源性能	庫内温度 -20°C		
	220 138		
重量 (kg)			

6. む す び

貯蔵庫は低温貯蔵による品質保持には絶対欠くべからざるものであり、コールドチェーンの進展に伴い今後ますます増設される設備である。しかしながら前述したように、現状にては貯蔵庫の構造様式も貯蔵食品の種類も多岐にわたり、また貯蔵条件の確立していない食品も多い状況である。したがって今後の予測は困難であるが、現状よりみた将来の動向を若干述べてむすびとする。

貯蔵庫は設置場所により、産地長期貯蔵用と消費地短期貯蔵用とに大別される。産地貯蔵庫は、農協や加工業者等の大形貯蔵庫の設置も多くなるが、機動的な運営のできる生産者自家貯蔵庫がより以上に増加する傾向がみられる。青果物産地貯蔵での最も大きな問題点は、一つの種類の青果物の貯蔵期間は3～4ヶ月であるので、貯蔵庫の年間利用を行なうためには、多角的な貯蔵を計画する必要があることである。

消費地貯蔵庫では、販売業者用としてはフレハブ式貯蔵庫が、集団給食や飲食店の調理場設置用としてはメーカー製の大形業務用貯蔵庫が本命になるものと考えられる。また低温用貯蔵庫である冷凍庫は、冷凍食品の普及とともにさらに大形の容量のものの需要も出てくる傾向にある。

貯蔵庫と表裏一体の関係にあるクーリングユニットは、今後一段と深刻になる冷凍装置作業技術者の不足により、さらに需要が増加し、貯蔵食品の種類の増加とともに用途も多岐に加わり、仕様もはん用化する必要が生ずるものと考えられる。

コンテナ用冷凍ユニット

西部敏夫*

Refrigerating Units for Containers

Nagasaki Works Toshio NISHIBE

The Science and Technology Agency has conducted extensive tests on the marine transportation over a long distance of vegetable for the study and experiment of what is called cold chains. To participate the attempt Mitsubishi has newly developed refrigerating units which are operated by three phase AC power. The system used herein is fitting to a relatively long distance transportation compared with other ones with such features of low cost, easy temperature regulation inside a container and simplicity in the maintenance, inspection and servicing.

In the test made in a period from Jan. to May in 1967, the vegetable was collected in the southern part of Kyushu and shipped to destinations in three days, packed in carton boxes and stored in refrigerated containers. The results were successful.

1. ま え が き

わが国における低温流通体系＝コールドチェーンの構想は、昭和40年1月26日に発表された科学技術庁の資源調査会の勧告に端を発し、現在では科学技術庁をはじめとして関係省庁が、調査、研究、実験の段階にはいった。

科学技術庁は、鹿児島県に実験を委託して「野菜の長距離低温海上輸送実験」をさる昭和42年1月から5月にかけて実施した。

この実験のねらいは南九州から野菜を計画的に集荷し、これを3日間で海上低温輸送する実験で、遠隔地からの野菜の長距離輸送に関する技術上の問題点を調査するものである。あらかじめ予冷された野菜は紙ばこ等に納められて、コンテナに入れられ、輸送中は冷凍ユニットによりコンテナ内の空気を所定の温度（低温）に保ち、循環させることにより冷却する。このコンテナ用冷凍ユニットを開発し、科学技術庁へ納入したので以下その概要を紹介する。

2. 構造および仕様

コンテナ用冷凍装置としては、貯冷式冷凍装置、走行エンジン駆動による冷凍装置、補助エンジン駆動による冷凍装置、電気駆動による冷凍装置、液体窒素による冷凍装置などがあるが、本冷凍装置（以下冷凍ユニットと称する）は、三相交流電源による電気駆動方式である。この方式の特長としては、他の方式に比べ比較的長距離輸送に適していること、コストが安いこと、コンテナ内の温度調節が容易であること、保守・点検・サービスが簡単であることなどがあげられる。

この冷凍ユニットは主として輸送用コンテナの側面にとりつけ、コンテナ内の空気を冷却するためのものである。図2.1に示すようにユニットの形状は、コンテナの側壁にとりつけた場合安定するように設計されており、冷凍サイクルはろう付けによる全密閉形となっているので、冷媒もれなどの事故は皆無であるといつてよい。室内側の冷風吹出口の形状は、冷風の風速を高め、到達距離を大きくして、できるだけ風の届かないデッドスペースをなくすため特別にくふうしてある。

また図2.2に示すように、ユニットをコンテナに取付たるには、ユニットをコンテナ側壁の穴へそう入し、メタルシールを介してボルトで締付けるだけで完了する。冷却器により除去した凝縮水、あるいはデフロストによる霜の溶解水は、ユニット室外側下部にある排水パイプまで導かれ、この排水パイプにホースを接続すれば完全に排水するこ

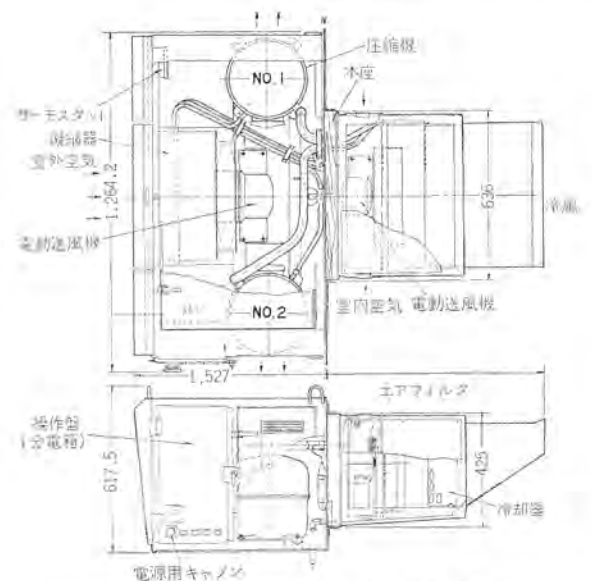


図 2.1 冷凍ユニット外形図
Construction of refrigerating unit for container.

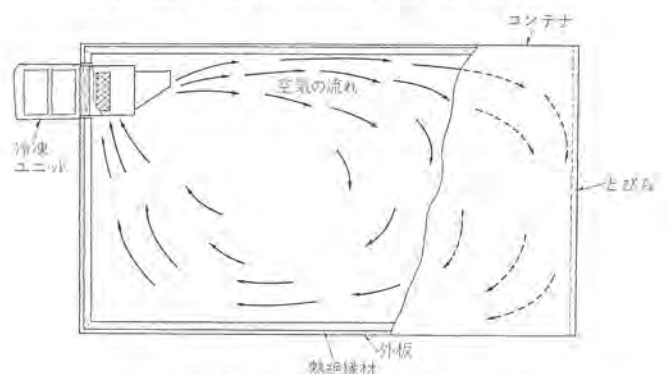


図 2.2 冷凍ユニット取付図
Arrangement of refrigerating unit.

とができ、コンテナ内へ凝縮水が滴下することはない。

このユニットは輸送用コンテナに使用され、コンテナ自身トラック、貨車あるいは船に積み込まれるため、それらの衝撃や振動に十分耐えうるような構造に設計されている。さらに輸送用コンテナは当然外気と直接触れる場合が多いので、ユニットは防じん、防水にはとくに考慮し、船に積み込まれた場合は、海水がふりかかる可能性もあるので防し（錆）にも注意を払ってある。

表 2.1 仕 様 表
List of specification.

ユ ニ ツ ト	電 源	力	三相交流 200/220 V, 50/60 c/s 1,700 kcal/h 以上 コンテナ内温度 3°C 外 気 温 度 33°C } のとき
	電 機 製 品	力 重 量	約 3.3 kW 約 290 kg
圧 縮 機	形 式	式	電動機直結全密閉往復動形 ジクロル・ジフルオロメタン (CCl ₂ F ₂) 三相交流誘導電動機 750 W
凝 縮 器	形 式	式	プレートフィン形強制空冷 銅 管 アルミ板
	送 風 機	機	電動機直結軸流形 40 m ³ /min 三相交流誘導電動機 125 W
冷 却 器	形 式	式	プレートフィン形強制通風 銅 管 アルミ板
	送 風 機	機	電動機直結軸流形 20 m ³ /min 3 相交流誘導電動機 75 W
冷 媒 回 路	冷 媒 配 管	器	銅 管 乾燥剤ソバビード, ろ過器 金あみ キャピラリチューブ
制 御 装 置	内 蔵 機 器		キャノシラセプタクル, ノーヒューズシャ断器, 電 磁接触器, 補助継電器, 限時継電器, 押しボタンス イッチ, パイロットランプ
	温 度 調 節 器		形名 TNS-C 1,920 W 単段制御形
	電 気 ヒ ー タ		カートリッジ式 250 W, AC 200/220 V
保 護 装 置	オーバロードリレー		TR 形 (圧縮機用電動機)
	オートカット		送風機用電動機に内蔵
そ の 他	エ ア フ ィ ル タ		サランハニカム機
	防 熱 材		木材およびスチロホーム

電源はキャノコネクタを接続するだけで得られ、操作盤は室外側につけてあるので起動・停止、運転状況の確認はコンテナの外部から行なうことができる。コンテナ内の空気温度制御は、ユニットに装備されているサーモスタットにより自動的に行なわれ、デフロストはタイマーにより周期的に行なうので、起動・停止以外は全自動運転ができる。表 2.1 に本冷凍ユニットの仕様を示す。

次に構造および作用の詳細について説明する。

(1) 構 造

図 2.1 に示すように鋼板を溶接して組立てた底板の上に圧縮機、凝縮器、冷却器、それぞれの電動送風機、分電盤、配管、サーモスタット、デフロストヒータ等を取りつけてなるユニット式である。ユニットは仕切壁と熱絶縁材 (木材とスチロホーム) により室内側と室外側に仕切られ、室外側には凝縮器、同用送風機、圧縮機および分電盤 (操作盤) が取付けられ、室内側には冷却器、同用送風機、デフロストヒータ、サーモスタット感温部などが取付けられている。

室外側は側面をよろい戸、上面をカバーで囲まれ、室内側はわくにカバーを締付け、先端は冷風吹出し風速を増し、風の流れを上向きにするために特殊な構造に設計してある。サーモスタットの感温部は循環空気吸込口の内侧にとりつけ、吸込空気温度を感知するようにし、デフロストヒータは冷却器の上下にとりつけ、フィンに切り込みを入れてヒータ表面と十分に接触するようにしている。

凝縮水は冷却器の下に大きな露受けを設け、排水パイプを介してユニット室外側へ導びき、パイプの先端にビニルチューブ等を接続してユニット外へ排水する。コンテナ内空気のごみ等により冷却器のフィンが詰らないよう、吸込口にエアフィルタを取りつけている。

室外側にはサーモスタットのスイッチ本体を取扱いに便利なようによろい戸の近くにとりつけ、分電盤は反対側 (正面側から見て右側)



図 2.3 冷凍ユニット外観
Exterior view of refrigerating unit.



図 2.4 冷凍ユニット外観
Side view of refrigerating unit.

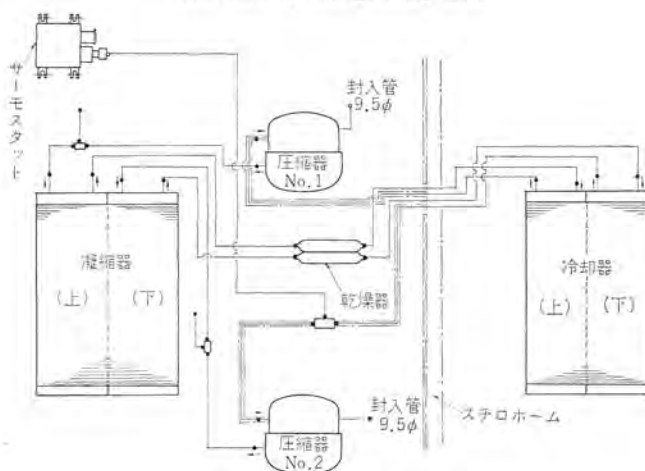


図 2.5 冷媒系統図
Refrigerant system diagram.

の端にもってきている。分電盤は密閉、防水形でキャノコネクタの受け、起動・停止、運転確認のための表示ランプなどが外部に取付けられているため、異常がある場合以外はとびらを開ける必要がない。図 2.3、2.4 はユニット外観を示す。

(2) 冷媒系統

冷媒は R-12 (CCl₂F₂) を使用し、冷媒系統は溶接 (ろう付け) された完全密閉形である。冷凍サイクルは 2 組で操作盤の押しボタンスイッチを ON・OFF することにより起動・停止を行なう。サイクルは図 2.5 に示すように圧縮機、凝縮器、ろ過乾燥器、キャピラリチューブ、冷却器、およびこれらを接続する配管によって接続され、内部は清掃、洗浄を行なったのち冷媒および潤滑油を封入してある。圧縮機により吸入圧縮された高温・高圧の冷媒は凝縮器を通る外気で冷却され、凝縮して高圧・常温の液になる。この高圧・常温の冷媒液はろ過乾燥器を通り、ガスキャピラリチューブにはいり、ここで減圧され低圧低温の液となって冷却器にはいる。

圖 2.6 操作盤內部外觀 Interior view of operation panel.

図 3.1 冷凍ユニット内部接続図
Electric connection diagram of refrigerating unit.

磁され、ランプ L_3 が点灯する。一方限時継電器 T_1 は、 MC_4 の補助 a 接点が開いても RA_1 の a 接点が開いていないので励磁されている。これでデフロスト運転となる。

限時継電器 T_2 の限時設定を 10 分に合わせておく (0~30 分に調節できる)、デフロスト開始より 10 分後にその b 接点が開き、 T_1 が消磁されてその接点 T_1 が開き、 RA_1 が消磁される。すると RA_1 の a 接点が開き、b 接点が開くので電動送風機、電動圧縮機がふたたび起動し、デフロストをやめ、 T_2 が消磁されランプ L_3 が消え、接点 MC_4 、 T_2 が閉となるので T_1 が励磁される。このようにしてまた冷凍運転にもどる。

コンテナ内の空気温度が所定の温度 (標準として 3°C に設定している) 以下に下がると、サーモスタットが作動してその接点が開き、 MC_1 、 MC_2 が消磁されて電動圧縮機のみが停止し、ランプ L_3 が消えてランプ L_4 が点灯する。コンテナ内の空気温度が所定の温度 (標準として 6.5°C に設定している) 以上に上昇すると、サーモスタットの接点が開いて電動圧縮機が起動する。この間各電動送風機は回り続けている。

以上のように一度起動押しボタンを押せば後は全自動運転となる。運転を停止させるときには操作盤上の停止押しボタンを押す。

(2) 保護回路

電源回路にアース等による大電流が流れたときには、ノーヒューズしゃ断器 NF が作動して回路を保護する。圧縮機回路に異常がある場合 (過負荷、ロック、単相運転等) は過電流継電器 Th_1 、 Th_2 が作動して MC_1 、 MC_2 を消磁して圧縮機を停止させる。また送風機回路に異常がある場合はオートカットにより電動機を停止させ保護する。送風機の場合は自動復帰式であるから、原因が取除かれると自動的に再起動するが、圧縮機の Th_1 、 Th_2 は手動復帰式であるから、原因究明の後リセットボタンを押して再起動させる。

4. 性能および試験結果

当所内にモデルコンテナを試験用に製作し、種々の開発試験を行なった。ユニット単体の試験結果の一例を表 4. 1 に示す。同表にみるように、コンテナ内空気温度 $3.4\sim 3.6^{\circ}\text{C}$ で 50 c/s のとき、冷凍能力 1,710 kcal/h、60 c/s 時 1,940 kcal/h となり、当初の計画値を満足している。また風量・吹出し風速は、50 c/s で $21\text{ m}^3/\text{min}$ 、5.2 m/s、60 c/s で $28\text{ m}^3/\text{min}$ 、6.9 m/s となり当初の計画値よりも上回った。

このユニットを実際のコンテナ (から) と組合せて試験した結果の一例を図 4. 1 に示す。このグラフから外気温度 27°C くらいの場合、コンテナ内を 3°C くらいにするには起動後約 2 時間かかり、約 3 時間で飽和に達することがわかる。所定の温度までの冷却速度を速めるためには、冷凍ユニットの容量を大きくするのが効果があり、飽和した状態での内外温度差を増すためには、コンテナの熱絶縁を強化すると効果が大きい。いずれにしてもこの結果は当初の計画値と大差なくほぼ満足できるものである。

次にさる昭和 42 年 1 月~5 月に行なわれた鹿児島~東京間の低温海上輸送試験結果の一例を図 4. 2 に示す。このグラフを見ると鹿児島~東京間 62 時間連続運転して、コンテナ内空気温度は $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 、品温は B、C 点にあるものは $6\sim 11^{\circ}\text{C}$ に保たれている。またコンテナ内の空気は冷却と同時に減湿もされるため、品物 (この場合野菜) の水分が減少して目方がわずかに減少していた。

一方このユニットはコンテナと一緒に船倉に積込まれ、船体の動揺 (ピッチング、ローリング、ヨーイング) につれて複雑な振動・衝撃を受けたが

表 4. 1 ユニット試験結果一例
Example of test result of unit.

電 源 電 圧 (V)	220	200
電 源 周 波 数 (c/s)	60	50
全 負 荷 電 流 (A)	13.5	12.8
全 負 荷 入 力 (kW)	3.35	3.1
凝 縮 圧 力 ($\text{kg}/\text{cm}^2\text{g}$)	10.3	9.9
蒸 発 圧 力 ($\text{kg}/\text{cm}^2\text{g}$)	1.20	1.25
凝 縮 器 風 量 (m^3/min)	52	39
凝縮器吸込空気乾球温度 ($^{\circ}\text{C}$)	33	33.5
凝縮器吸込空気湿球温度 ($^{\circ}\text{C}$)	26.7	26.8
冷却器吸込空気乾球温度 ($^{\circ}\text{C}$)	3.6	3.4
冷却器吸込空気湿球温度 ($^{\circ}\text{C}$)	1.8	1.7
冷却器吹出空気乾球温度 ($^{\circ}\text{C}$)	-1.1	-1.2
冷 却 器 風 量 (m^3/min)	28	21
冷却空気平均吹出風速 (m/sec)	6.9	5.2
冷 凍 能 力 (kcal/h)	1,940	1,710

注) コンテナ内空気温度すなわちサーモスタット感温部周囲温度は冷却器吸込空気乾球温度に相当する。

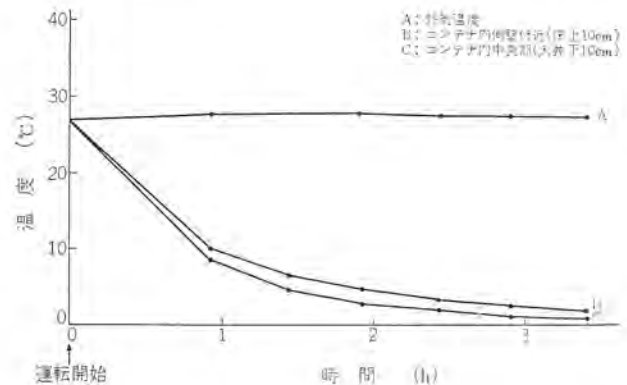


図 4. 1 コンテナとの組合試験結果一例
Test data at the factory of refrigerating unit and container.

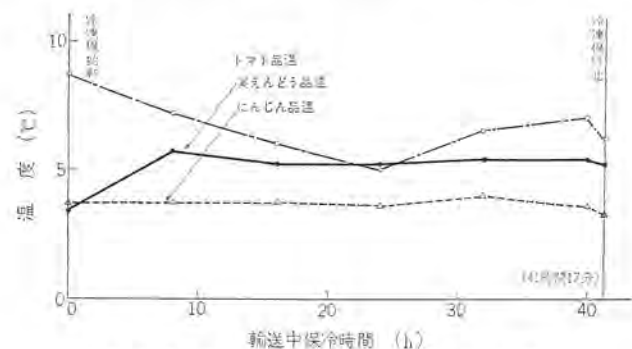


図 4. 2 海上輸送実験結果の一例
Test result of marine transportation of container with refrigerating unit.

ならん異常がなく、海上輸送用として十分耐えることが証明できた。

5. む す び

以上当所にて開発した冷凍ユニットの概要を紹介したが、昭和 43 年 1 月から昨年に引続き同様の海上低温輸送実験が行なわれる予定であり、実験の成功を祈っている。最後に海上低温輸送実験のデータの一部を提供していただき、種々ご指導たまわった科学技術庁の関係者の方々に感謝いたします。

コールドチェーン事例的実験

水野久隆*

Precooling of Vegetables and Fruits, and Tentative Tests of the Cold Chain

Head Office Hisataka MIZUNO

The Resources Bureau of the Science and Technology Agency has undertaken the practical solution of technical problems in developing the cold chain in near future. It has studied the matter outside laboratories to collect working information by handling test specimens of vegetables and fruits in a large scale. Thus the subject has been brought to light suddenly.

Mitsubishi has participated in the move and built refrigerating equipment related to the experiments such as vacuum cooling devices, marine containers, prefabricated refrigerators, open show-cases and precooling apparatus. Reports given herein deal with brief statement of cooling methods—the base of the cold chain of vegetables and fruits—by quoting experimental examples.

1. ま え が き

科学技術庁資源局では、将来実際にコールドチェーンを発展させるうに解明しておかねばならない技術的な問題の所在を、実験室的規模から一歩踏み出し、現実の流通の場においては握し検討するために、主として野菜・果実等青果物の大規模の事例的実験を実施している。

当社では、この事例的実験に関連する冷凍機器、すなわち真空冷却装置・海上コンテナ・プレハブ冷蔵庫・オープンショーケース・プレクーリング冷凍装置等を納入し、この事例的実験に協力する機会を得た。

この実験は新しい技術の開発とともに、コールドチェーンのあり方を解明し、その基礎をつくるものとして重大な意味をもつものである。

ここに科学技術庁の資料に基づいて事例的実験の具体的な計画、あり方および試験状況を転載、取りまとめ報告する。試験結果については近々正式な報告が公表されるはずである。

なお、わが国の冷凍技術は水産物・肉を中心として発展してきたので青果物の貯蔵については、一般への普及が遅れている。まず青果物の貯蔵、とくに予冷について触れ、次に科学技術庁の事例的実験について、最後に当社が納入した機器について述べたいとおもう。

2. コールドチェーン

食料品は他の消費財と比較して、本質的に異なる点は、例外なく腐敗、変質しやすいことで、野菜・果実など青果物、魚・肉などの生鮮食料品は、とくに収穫後の変質がはげしい。コールドチェーンはこれら生鮮食料品を収穫後、低温のチェーンにのせて流通過程の変質を防ぐ技術体系であるといつてさしつかえないであろう。コールドチェーンの付加価値として物価安定、流通の合理化などいろいろなメリット、と同時に種々問題点もあり、他稿でくわしく述べられている。

コールドチェーンによる流通体系は、食料品の種類によって異なるが、その1例を示すと図2.1のようである。

さて、わが国におけるコールドチェーンの現況をみると、図2.2に示すように、若干の食料品については、流通の過程において、低温の状態で流通しているが、すべて一環した体系として完成されておらず、また野菜・果実についてはほとんどコールドチェーンが採用され

ていない。これは、わが国における冷却・冷蔵・冷凍の技術が、水産・畜産業を中心として発展してきたため、これらの冷蔵・冷凍設備はととのっており、コールドチェーンのシステムも未完成ながらも整備されつつあるが、他方野菜・果実の分野は未開発である。いろいろな低温技術を、コールドチェーンが最も整っているアメリカの技術と比較すると決して劣っていないといわれるが、それらの技術の体系化の点では発展過程でいろいろな国土や社会的な違いはあるが、アメリカの足もとにも及ばないといわれる。

たとえば、ジョン・スタインベックの有名な作品「エデンの東」のなかで、カリフォルニア州サリナスから、氷詰めレタスをニューヨークへ貨車で送られる場面がある。この話は1910年代のことで、アメリカのコールドチェーンのはしりでもあり、当時より野菜・果実の研究が、農務省・大学・研究機関で研究され、現在では冷凍食品はもちろん、野菜・果実についてもほぼ完全な、コールドチェーンの体系が確立されたといわれる。

野菜・果実について冷却・冷蔵を行なう場合、品種や生産条件が異なると、最適な方法も異なる。したがって個々の技術だけで体系の確立は不可能であり、わが国においても、他国のデータがそのまま実用化されるとは限らず、そのために後述するような事例実験を科学技術庁で主として、野菜・果実について行なっている。

今後わが国のコールドチェーンの体系化には生産地から消費者まで品質保持のみならず、経済および社会的な面でいろいろ複雑な問題

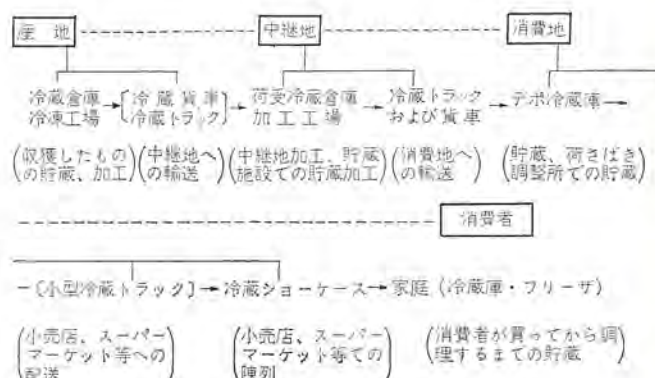


図 2.1 コールドチェーンの流通体系の一例
A cold chain system (example).

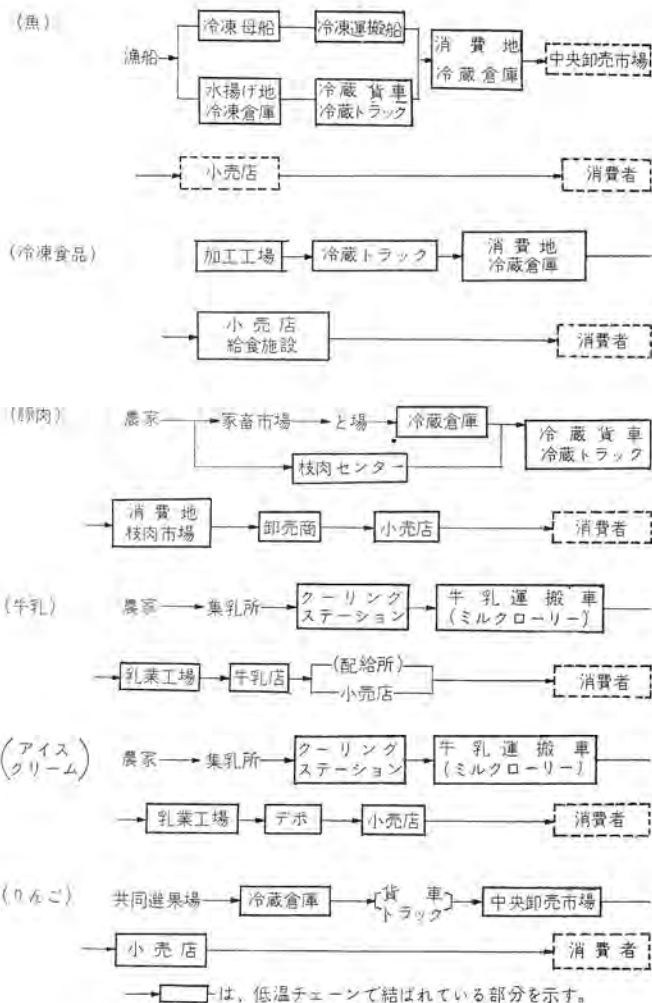


図 2.2 わが国流通体系の現況
Present food stuff's circulation system in Japan.

を解決せねばならないが、生鮮食料品を低温処理し、かつ低温下で流通させることが、コールドチェーン体制の基礎技術である。ここではとくに野菜・果実の冷却について技術的な問題を考察してみよう。

3. 野菜・果実の冷却の必要性

凍結食品は呼吸作用は行わず、たんに温度管理だけで、長期貯蔵が行なわれる。これに対し野菜・果実は収穫後も呼吸を続けており、その貯蔵には温度、湿度および換気等の調整が必要である。野菜・果実の呼吸は、酸素を吸ってぶどう糖を酸化し、炭酸ガスと水分を出し、同時に熱をも放出する。すなわち、

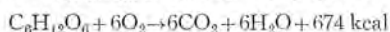


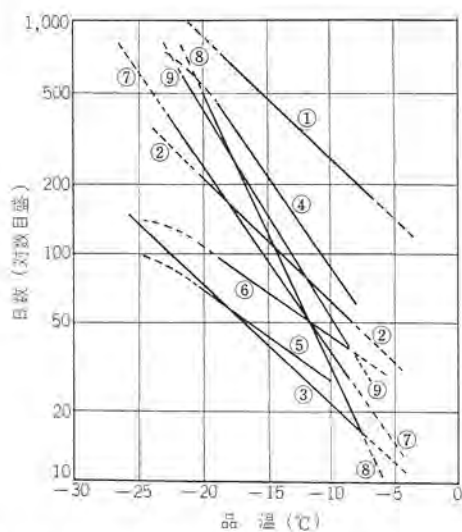
表 3.1 収穫後の野菜・果実の変化
Changes of fruits and vegetables after harvest.

	作 用	重 要 な 変 化
水分の損失	蒸 散 作 用 蒸 発 作 用	組織の変化、重量の減耗、いちょう(萎凋)。外観が悪くなる。
炭水化物の変化	酵 素 作 用	澱粉の糖化 (じゃがいもでは有害、バナナや西洋なしでは有益) 砂糖が果糖に変化 (スイートコーンや大部分の青果物に有害)
香 気	酵 素 作 用	一般に有害 (かき、西洋なし、バナナでは有益)
軟 化	ペクチン分解酵素 水分の損失	一般に有害 (西洋なし、メロン、バナナでは有益)
色 沢	色素合成または 分 解 作 用	有益な場合: バナナ、トマトなど 他の多くの場合は有害 (緑色の黄変等)
硬 化	繊 維 の 形 成	一般に有害 (とくにセロリー、アスパラガスなど)
ビ タ ミ ン	酵 素 作 用	増加 (ビタミンA) 損失 (ビタミンC)
抽 発 伸 茎 根 長	生 長 作 用	有害: じゃがいも、たまねぎ 有害: アスパラガス
腐 敗	病 理 的 生 理 的	常に有害

表 3.2 数種の野菜・果実の呼吸熱

Approximate rates of evolution of heat by certain fresh fruits and vegetables when stored at the temperature indicated.

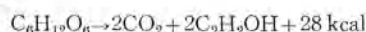
野菜の種類	温 度 (°C)					果実の種類	温 度 (°C)				
	0	5.5	10	15.5	22.6		0	5.5	10	15.5	22.6
かぶら(葉もぎ)	0.49	0.54	—	1.40	—	いちご	0.68~0.95	1.29~1.65	—	3.91~4.80	9.30~11.6
きつまいも (キュアリング前)	0.61	0.84	—	1.60	—	オレンジ	0.18~0.23	0.25	—	1.25	2.00
きつまいも (キュアリング後)	0.30	0.43	—	1.10	—	メロン、カンタロープ	0.33	0.49	—	2.20	—
キャベツ	0.30	0.42	—	1.10	—	クランベリー	0.15~0.18	0.22~0.24	0.42~0.45	—	—
きゅうり	0.43	0.64	—	2.60	—	グレープフルーツ	0.115	0.27	—	0.70	1.05
ズナッブピーン	1.40~1.55	2.30~2.90	—	8.00~11.0	12.5	桜 桃	0.33~0.44	—	—	2.80~3.30	—
ライマピーン	0.60~0.80	1.10~1.50	—	5.50~6.80	—	洋 な し	0.17~0.22	—	—	2.20~3.30	—
とうもろこし (スイートコーン)	1.65	2.40	—	9.60	15.5	バ ナ ナ(緑 色)	—	—	0.83	2.10	—
マッシュルーム	1.55	—	5.50	—	—	バ ナ ナ(黄色中)	—	—	—	2.31	—
セ ロ リ	0.41	0.61	—	2.10	—	バ ナ ナ(完 熟)	—	—	—	2.10	—
レ タ ス	0.29	0.40	—	11.5	—	ぶ ど う	0.15	0.30	—	0.88	2.10
た ま ね ぎ	0.17~0.30	—	0.44~0.50	—	—	も も	0.22~0.35	0.36~0.50	—	1.80~2.33	4.48~5.60
ト マ ト(緑熟)	0.15	0.27	—	1.60	—	ラズベリー	1.10~1.70	—	—	4.00~4.50	—
ト マ ト(完熟)	0.26	0.32	—	1.40	—	りんご	0.08~0.40	0.15~0.67	—	0.57~2.00	—
にんじん(葉もぎ)	0.54	0.87	—	2.00	—	レ モ ン	0.15	0.21	—	0.75	1.60
じゃがいも	0.11~0.22	0.28~0.44	—	—	—						
かえん菜	0.67	1.10	—	1.85	—						
ピーズ	0.20~0.21	3.30~4.00	—	10.0~11.0	18.0~21.0						
ブロッコリ	1.90	2.60	—	8.50	—						
ほうれん草	1.10~1.20	2.00~2.80	4.50~5.00	9.30~9.50	—						



① チキンカットアップ(包装良好) ② チキンカットアップ(包装不完全)
③ チキンカットアップのフライ ④ 牛肉 ⑤ 魚肉(多脂)
⑥ 魚肉(少脂) ⑦ ほうれん草 ⑧ ラズベリイ ⑨ えんどう

図 3.1 数種の TTT の例
Time Temperature Tolerance.

または、



これを補うべき根からの水分や栄養分の供給がないため、次第に貯蔵栄養がなくなり、この結果しぼみ(萎凋)、重量の減少が水分の蒸散により、成熟・過熟・軟化・風味ぼけ、ビタミン C の減少が体内成分の分解によっておこる。貯蔵栄養がなくなると、病菌に侵されやすく腐敗・変質しやすくなる。表 3.1 は収穫後の野菜果実の変化を示している。

つぎに呼吸作用による炭酸ガス 1 グラムについて発熱量は約 2.5 kcal、水分は約 0.4 kcal であるが、品物の温度(品温)が下がれば、呼吸速度がおそくなるので、呼吸熱の発生が少なくなる。たとえば、数種の野菜・果実の呼吸熱の発生量は表 3.2 のとおりであるが、品温が低いほど少ない。品温が高くなると、発熱量が大きくなることは、呼吸速度が早くなり、野菜・果実の成分の分解も増加し、体力の衰弱や目減りが早くなることを意味し、品温によって影響をうける。

したがって品質は、周囲温度によって左右され、とくに凍結食品において、温度が低くければ低いほど長期間、品質を保持できる。そこでこの品温と、その温度におかれた時間の関数で表わそうとすることから、いわゆる TTT (Time-Temperature-Tolerance, 時間-温度-品質耐性、あるいは優良品質保持時間) の考え方が導入された。たとえば数種の例を示すと図 3.1 のとおりである。この TTT の関係は凍結食品に関しては全面的に採用できるが、凍結食品でないものについては、まだ未解決の問題があるが、コールドチェーンシステムの一つの目的である、流通の最終段階で最良の品質をうるということについて、品質の耐性ないし保持について数値的に計測しうるファクタを使って検討する点で一つの手段となることに意義がある。

4. 野菜・果実の貯蔵に必要な温湿度

野菜・果実の低温貯蔵には、低温障害をおこさない温度すなわち氷結点以下にしない程度に品温を低くし、湿度は高く維持することが必要である。

表 4.1 数種の野菜の特性
Storage requirements and properties of vegetables.

そ 菜	冷 却 冷 蔵			含水率 %	氷結点 °C	比 熱		氷結潜熱 kcal/kg
	温 度 °C	湿 度 %	長 さ			氷結点 以上	氷結点 以下	
朝鮮あざみ	-0.6~0	90~95	1~2週	83.7	-1.3	0.87	0.45	67
きくいも	-0.6~0	90~95	2~5月	79.5	-2.5	0.83	0.44	63
アスパラガス	0	90~95	3~4週	93.0	-0.9	0.94	0.48	74
グリーン・ピー	7.2	85~90	8~10日	88.9	-1.0	0.91	0.47	71
ワイマ・ピー	0~4.4	85~90	10~15日	66.5	-0.7	0.73	0.40	51
火焔菜	0	90~95	10~14日					
火焔菜 (葉をとったもの)	0	90~95	1~3月	87.6	-1.5	0.90	0.46	70
ブロッコリ	0	90~95	7~10日	89.9	-0.9	0.92	0.47	72
めキャベツ	0	90~95	3~4週	84.9	-1.0	0.88	0.46	68
キャベツ 晩生	0	90~95	3~4月	92.4	-0.8	0.94	0.47	73
にんじん	0	90~95	10~14日					
にんじん (葉をとったもの)	0	90~95	4~5月	88.2	-1.0	0.90	0.46	70
はなやさい (カリフラワー)	0	85~90	2~3週	91.7	-1.8	0.93	0.47	73
セロリ	-0.6~0	90~95	2~4月	93.7	-0.6	0.95	0.48	75
スイート・コーン	-0.6~0	85~90	4~8日	73.9	-0.7	0.79	0.42	59
きゅうり	7.2~10	90~95	10~14日	96.1	-0.8	0.97	0.49	76
なす	7.2~10	85~90	10日	92.7	-0.9	0.94	0.48	73
にがらし	0	90~95	2~3週	93.3	-0.5	0.94	0.48	73
大根わさび	0	90~95	10~12月	73.4	-3.1	0.74	0.42	58
羽衣キャベツ	0	90~95	3~4週	86.6	-0.7	0.89	0.46	69
球莖キャベツ	0	40~95	2~4週	90.1	-1.1	0.92	0.47	71
洋ねぎ	0	90~95	1~3月	88.2	-0.9	0.90	0.46	70
レタス	0	90~95	3~4週	94.8	-0.4	0.96	0.48	75
マッシュ・ルーム	0~1.7	85~90	3~5日	91.1	-1.1	0.93	0.47	72
オクラ	10	85~90	7~10日	89.8	-2.0	0.92	0.46	71
たまねぎ	0	70~75	6~8月	87.5	-1.1	0.90	0.46	69
アメリカ防風	0	90~95	2~6月	78.6	-1.8	0.84	0.46	62
グリーン・ピー	0	85~90	1~2週	74.3	-1.1	0.79	0.42	59
ピーマン	7.2~10	85~90	8~10日	92.4	-0.8	0.94	0.47	73
じゃがいも 早生	10~12.8	85~90	—	—	-1.1	—	—	—
じゃがいも 晩生	3.3~10	85~90	—	77.8	-1.2	0.82	0.43	62
かぼちゃ 冬	10~12.8	70~75	2~6月	90.5	-1.2	0.92	0.47	72
はつか大根 春	0	90~95	10日	93.6	-1.1	0.95	0.48	74
はつか大根 冬	0	90~95	2~4月	93.6	—	0.95	0.48	74
ルバーブ	0	90~95	2~3週	94.9	-1.2	0.96	0.48	74
かぶはぼたん	0	90~95	2~4月	89.1	-1.3	0.91	0.47	70
パロマモンシ	0	90~95	2~4月	79.1	-1.3	0.83	0.44	63
ほうれん草	0	90~95	10~14日	92.7	-0.4	0.94	0.48	73
かぼちゃ 夏	0~4.4	85~95	10~14日	95.0	-0.9	0.96	—	75
さつまいも	12.8~15.6	90~95	4~6月	68.5	-1.5	0.75	0.40	54
トマト 若熟	12.8~21.1	85~90	2~5週	94.7	-0.9	0.95	0.48	74
トマト 完熟	0	85~90	7日	94.1	-0.9	0.95	0.48	74
かぶら	0	90~95	4~5月	90.9	-1.2	0.93	0.47	72
種 子	0~10	50~65	—	—	—	—	—	—

数種の野菜・果実について、貯蔵に適した温湿度とそのときの貯蔵期間を表 4.1 および表 4.2 に示す。

先に述べた呼吸作用と同様に、野菜・果実の品質に大きな影響を与えるものに蒸散作用がある。蒸散が多いと野菜・果実はしなび、重量が減ずる。蒸散をおさえるため湿度を上げると、微生物の活動が活発になり、腐敗を促進する。蒸散は、貯蔵庫の温湿度、気圧差、風圧などによっておこるので湿度制御は冷却とともに重要である。

表 4.2 数種の果実の特性
Storage requirements and properties of fruits.

果 実	冷 却 冷 蔵			含水率 氷結点		比 熱		氷結潜熱
	温 度 °C	湿 度 %	長 さ	%	°C	氷結点 以上	氷結点 以下	
りんご	-1.1~0	85~90	2~6月	84.1	-2.1	0.87	0.45	67
あんず	-0.6~0	85~90	1~2週	85.4	-1.3	0.88	0.46	68
アボガド	2.2~12.8	85~90	4週	65.4	-1.1	0.72	0.40	52
バナナ(黄熟)	13以上	85~95	数日	74.8	-1.3	0.80	0.42	60
ブラックベリー	-0.6~0	85~90	7日	84.6	-1.3	0.88	0.46	68
ブルーベリー	-0.6~0	85~90	3~6週	82.3	-1.9	0.86	0.45	66
桜 桃	-0.6~0	85~90	10~14日	83.0	-2.4	0.87	0.45	66
クランベリー	2.2~4.4	85~90	1~3月	87.4	-0.6	0.90	0.46	70
す ぐ り	0	80~85	10~14日	84.7	-1.0	0.88	0.45	67
デューベリー	-0.6~0	85~90	7~10日	—	-1.5	—	—	—
いちじく	-2.2~0	85~90	5~7日	78.0	-2.7	0.82	0.43	62
グーズベリー	-0.6~0	85~90	3~4週	88.9	-1.1	0.90	0.46	70
グレープ・ フルーツ	0~10	80~85	4~8週	88.8	-1.9	0.91	0.46	70
ぶどう アメリカ系	-0.6~0	85~90	3~8週	91.9	-1.4	0.86	0.44	64
ぶどう 欧州系	-1.1~0.6	85~90	3~6月	81.6	-3.3	0.92	0.46	63
レ モ ン	12.8~14.4	85~90	1~4月	89.3	-1.7	0.89	0.46	70
ラ イ ム	8.9~1.0	85~90	6~8週	86.0	-2.1	0.86	0.45	68
ローガン・ ブラックベリー	-0.6~0	85~90	7日	82.9	-1.4	0.85	0.44	64
マ シ ゴ ー	10	85~90	2~3週	81.4	-1.4	0.94	0.48	64
メロ ン	7.2~10	85~90	1~2週	92.7	-1.1	0.94	0.48	73
カンタロープ	7.2~10	85~90	1~2週	92.7	-1.1	0.94	0.48	73
ペ ル シ ャ	7.2~10	85~90	1~2週	92.6	-1.1	0.94	0.48	73
パ ネ デ ュ	7.2~10	85~90	2~4週	92.6	-1.1	0.94	0.48	73
パネホール	7.2~10	85~90	2~4週	92.6	-1.1	0.94	0.48	73
カ サ バ	7.2~10	85~90	4~6週	92.7	-1.1	0.97	0.48	73
す い か	2.2~4.4	85~90	2~3週	92.1	-0.8	0.80	0.48	73
オ リ ー ブ	7.2~10	85~90	4~6週	75.2	-1.9	0.90	0.42	60
オ レ ン ジ	0~1.1	85~90	8~12週	87.2	-2.2	0.82	0.46	65
パ パ ヤ	2.7	85~90	2~3週	90.8	-1.0	0.90	0.47	72
も も	-0.6~0	85~90	2~4週	86.9	-1.3	0.86	0.46	65
洋 な し	-1.7~ -0.6	85~90	2~3月	82.7	-2.4	0.86	0.45	64
か き	-1.1	85~90	2月	78.2	-2.5	0.84	0.45	62
パイナップル	10~15.6	85~90	3~4週	—	-1.6	—	—	—
若熟	4.4~7.2	85~90	2~4週	85.3	-1.3	0.88	0.45	68
完熟	—	—	—	—	—	—	—	—
ブ ラ ム	-0.6~0	80~85	3~4週	85.7	-1.8	0.88	0.45	68
ブ ル ン	-0.6~0	80~85	3~4週	85.7	-1.8	0.88	0.45	68
ぎ ゅ う	1.1~1.7	85~90	2~4月	—	-3.0	—	—	—
マ ル メ ロ	-0.6~0	85~90	2~3月	85.3	-2.1	0.88	0.45	68
ラズベリー黒	-0.6~0	85~90	7日	80.6	-1.4	0.84	0.44	68
ラズベリー赤	-0.6~0	85~90	7日	84.1	-0.9	0.87	0.45	67
い ち じ	-0.6~0	85~90	7~10日	89.9	-0.9	0.92	—	72
タンゼリン	-0.6~0	90~95	2~4週	87.3	-1.4	0.90	0.46	70

5. 野菜・果実の予冷 (Pre-Cooling)

野菜・果実の収穫後、輸送や冷却貯蔵する前に所期の品温にまで冷却することを予冷という。これは低温により、変質・消耗を極力抑制し、収穫後の熟成をおくらせて、腐敗を防ぐためであり、予冷はコールドチェーンの出発点であり、したがって予備冷却を意味するのではなく、本冷却である。

野菜・果実は収穫後、できるだけ早く予冷する方がよいがただ例外として、みかん・じゃがいも・たまねぎのように、収穫後いくぶん水分を発散させて組織の緊張をゆるめたり、皮質の傷をなおしてから冷却した方がよいものがあり、この乾燥させる方式を予措

(curing) とよんでいる。

予冷にはいろいろな方式があるが、最も一般に行なわれているものには、

1. 空気冷却法
2. 水冷却法
3. 真空冷却法

などがあり、このほかに空気冷却法と組合わせて使われる、CA 貯蔵がある。

4.1 空気冷却法 (Air cooling)

氷や冷凍機で空気を冷却し、送風機で冷蔵室内を循環させて冷却する方法である。この方法では野菜・果実を積み替えたりせずに、冷却と貯蔵が同一の室内で行なえ、装置も比較的かんたんである。

反面、冷却速度がおそく、冷却に時間を要す。そのため十分に冷却せずに出荷するおそれがあり、また収穫時の温度すなわち冷却する前の温度 (初温) が高く、かつ腐敗しやすいものについては品質を悪化する心配がある。しかも品物の荷姿により、あるいは庫内の直接冷気のあたる個所と他の個所との温度差により、冷却のむらができる。

この方式では、冷却効果を高めるために、冷気の循環方式を考慮して、品物と冷気の接触を高めるような配慮も必要である。

5.2 水冷却法 (Hydro cooling)

この方法は、とくに水分の付着をきらう野菜・果実以外に利用される方式であり、セロリ・スイートコーン・アスパラガス・にんじん・ももなど茎葉菜類、根菜類等がその対象となる。この方式には次の3とおりがある。

1. 注水法 (Flooding) : 冷水をためた水だめからシャワー状に注水して冷却する。
2. 噴霧法 (Spraying) : ノズルからの噴射水によって冷却する。
3. 浸水法 (Immersion) : かくはん (攪拌) 状態の冷水中に浸して冷却する。

この冷却法は、次に述べる真空冷却法に適した野菜果実以外のものを最も急速に冷却でき、また装置の蓄熱運転ができる。そのうえ冷却された品物は水分が増加するので、冷却後の輸送・貯蔵のいちよう (萎凋) 量が減少する。

反面、品物をあまり積みすぎると、品物全体に水が接触しなくなるため、特別の工夫が必要であること、水切り作業が必要なばあいもあること、包装材料の損傷のおそれがあること、水による病原菌の運搬などのような欠点もある。

水の冷却源として、現在広く冷房用の冷水装置やブラインクーラが使用されているが、冷却効果を増すため出口水温を5°C以下にするようならば、冷却コイル中での凍結の心配があるため設計時に凍結防止装置の配慮が必要である。

この方式と同じような方式にリキッドアイス方式 (Liquid ice) がある。これは製氷機 (Flake ice) を使用して、氷と水の混合液 (Liquid ice) をつくり、ホースによりカートンに収容した野菜に注入する。冷水は野菜を冷却しながら流れ落ち、野菜の上部には氷だけが残る (Top ice)。カートンのふた (蓋) を閉じれば相当時間冷却でき、そのままの状態でも自動車・貨車に積み込むことができる。

5.3 真空冷却法 (Vacuum cooling)

この方法は、野菜とくに表面積の大きい葉菜類に適している。原理は密閉タンク内に野菜を収納し、タンク内部の圧力を減じて、野菜の水分を低圧沸騰させ、水分蒸発潜熱により、野菜自身から熱をう

ばって、野菜自身が冷却することを利用する。

詳細については他稿で説明しているので省略する。

実用的な規模でわが国第1号機を、科学技術庁のコールドチェーン実例的実験に当社が納入し、使用されている。

5.4 各種冷却法の冷却速度

現在いろいろな冷却時間の表示に、野菜・果実の初温と、冷却最終品温（終温）との差が、1/2になるまでの所要時間を Half cooling time（半冷却時間あるいは品温半減時間）用いている。

つまり

half cooling time を2倍すると、終温との温度差が 1/4

half cooling time を3倍すると、終温との温度差が 1/8

half cooling time を4倍すると、終温との温度差が 1/16

half cooling time を5倍すると、終温との温度差が 1/32

と言うように幾何級数的に終温に近づく。

したがって half cooling time を4～5倍すると、ほぼ終温に近づくものとみなせる。

野菜・果実についてそれぞれ最適な冷却方法があり、冷却速度が速いからという理由だけで、それが最適な方法とはいえないが、ものについて、室内冷却、強制通風冷却および水冷却法による冷却曲線を図5.1に示す。これを見ると水冷却法による冷却が最も冷却速度が早い。アメリカではものの予冷には水冷却法が使用されているが、品種や収穫時期により既に水冷却法が最適であるとはいえないことはもちろんである。

真空冷却法による数種の野菜・果実の half cooling time は表5.1に示す。これよりいかに真空冷却装置が冷却速度が早いかわかる。

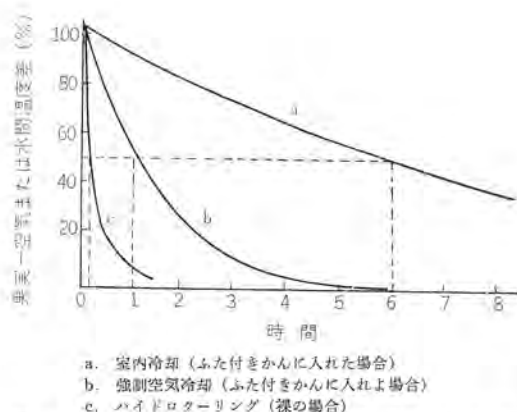


図 5.1 ももの冷却曲線（果実部平均温度）
Cooling of peaches by different methods
(average pulp temperature).

表 5.1 数種の野菜果実の真空冷却による half cooling time
Half cooling time of some fruits and vegetables by vacuum cooling.

種	類	初期品温から 0°C までの温度差の半分まで冷却するに要する時間 (min)
レタス		3
パセリ、ほうれん草		5
アスパラガス、ズイート・コーン		6
芽キャベツ、キャベツ		9
セロリ、いんげん豆、カリフラワー		12
こしょう、いちご		25
にんじん、ぶどう		80
オレンジ、トマト		100

5.5 CA 貯蔵 (Controlled atmosphere storage)

野菜・果実を新鮮な状態を維持するには、いままでにしるしたように低温におくことのほかに、呼吸作用を抑制する方法がある。具体的には、庫内の温度を低くし、呼吸作用を抑制すべく酸素濃度を下げ、炭酸ガス濃度を上げるようなガス組成にし、あわせて野菜・果実の腐敗や成熟を促進させるガスや臭気を除くような貯蔵法を CA 貯蔵 (Controlled Atmosphere Storage) という。りんご、洋なし (梨) などに適している。

この CA 貯蔵の方法にはいくつかの方法がある。

(1) 普通 CA 貯蔵 (Conventional CA storage)

もっとも単純な CA 法で、野菜・果実が庫内の酸素を吸い、炭酸ガスを放出し、炭酸ガスの濃度を増加させることによってガス調整を行なう。炭酸ガスが過剰になれば炭酸ガスクラパー (scrubber) で除去して所期のガス組成に維持する。炭酸ガスクラパーには、か (苛) 性ソーダの溶液に吸収させるもの、水に吸収させるもの、消石灰に吸収させるものなどがある。

(2) テクトロール方式 (Tectrol, Total environmental control)

ガス発生器によりプロパンまたは天然ガスを燃焼させ、発生したガスのうち水分と炭酸を除去し、窒素を主成分とするガスで、庫内のガス組成を調整する方式である。

(3) アーカジェン方式 (Arcagen)

この方式は先の テクトロール 方式とほぼ同様の方式であるが、異なる点は、テクトロールは外部の空気によって混合ガスをつくり庫内に送りこむのに反し、庫内の空気を閉回路を循環させ、プロパンガスなどを燃焼させ酸素を減少させる機構 (Arcat) と炭酸ガスを除く機構 (Arcosorb) をもったものである。

(4) 液体窒素による CA 貯蔵

直接液体窒素を庫内に封入し、酸素や炭酸ガスと置換えさせてガス調整を行なう方法である。

6. 科学技術庁コールドチェーン事例的実験調査について

昭和41年9月から昭和43年3月までの期間で科学技術庁が行なっているコールドチェーン事例的実験調査について、まだ実験中で結果は公表されていないが、その概要・現状を以下に大略述べる。この実験は政府の予算で科学技術庁が実施したものである。

6.1 事例的実験調査の内容

この実験調査を大別すると、(A) コールドチェーン事例的実験と (B) 低温スポット調査の二つに分けている。

(A) は生産地から消費地まで相当量の生鮮食料品 (野菜・果実・肉類) を実際にコールドチェーンで流通させ、主としてその際の処理・加工・包装・貯蔵・輸送などの技術的問題を解明する調査であり、

(B) はコールドチェーンのうちの重要な機能、たとえば、低温貯蔵・CA 貯蔵・低温集配などを開発するための調査である。

具体的には次のとおりである。

A コールドチェーン事例的実験 (表 6.1 参照)

(1) 野菜・果実の低温輸送・貯蔵に関する実験

(2) 生産地冷蔵庫における品質管理および生産地冷蔵倉庫の有効利用に関する実験

(3) 野菜の長距離海上輸送に関する実験

(4) 食肉の低温輸送・貯蔵・処理に関する実験

B 低温スポット調査

(1) 鶏卵の低温貯蔵に関する実験調査

表 6.1 コールドチェーン 事例実験の組立て (昭和42年度)
Composition of the tentative tests of the Cold Chain (1967).



(2) 二十世紀なし(梨)および甘き(柿)のCA貯蔵に関する実験調査

(3) 給食材料の低温集配に関する実験調査

6.2 所要経費(政府予算)

昭和41年9月~42年7月 1億9,415万円

昭和42年8月~43年3月

9,372万円

6.3 進行状況

[A-1] 野菜・果実の低温輸送・貯蔵に関する実験

実験委託先: 全国販売農業協同組合連合会および東京中央市場青果卸売会社協会

(1) 産地において洗浄・選別・包装・予冷等の処理を施して低温下で輸送・保管・配送・販売し、その間に介在する技術的な問題をは握し解明しようとする実験は、昭和41年9月から開始された。実験品目として、きゅうり、きゃべつ、にんじんの3種が選ばれた。

(a) きゅうり

産地は福島、高知、千葉。

予冷はプレハブ式冷蔵庫による強制空冷による。

輸送手段は8トン冷蔵トラック(ドライアイス)または12トン冷蔵貨車(水)。輸送回数は58回、輸送量216トン。

きゅうりの品質は輸送日数が7日を越えないものは良好であったが、一時期において病害果の混入がみられたが、選果の改善によって対処された。なおとくに産地フィルム包装品については鮮度保持もきわめて良好であり、小売店、消費者等の評判もよかった。

(b) きゃべつ

産地は北海道、埼玉、愛知、千葉。

予冷および輸送手段はきゅうりのばあいと同じ。輸送回数は74回、輸送量は224トン。

概して鮮度は良く保たれた。減耗率についてみれば、常温物5.5%、低温物(無内装)1.1%、低温物(フィルム包装)0.7%というケースがあった。

(c) にんじん

産地は北海道、埼玉、愛知、千葉。

予冷および輸送手段はきゅうり、きゃべつのばあいと同じ。輸送回数は55回、輸送量は328トン。

すべての実験を通して品質保持の面はすこぶる良好であった。従来、北海道のにんじんは泥つきのまま出荷されていたが、今回の実験の結果、洗浄・予冷・低温輸送することにより、品質を完全に保持しながら輸送できることが実証された。

(1) 産地におけるフレッキング施設、普通冷蔵庫、CA貯蔵庫などを利用して、産地から消費者までを一貫継続してコールドチェーンで流通させる実験は、昭和41年9月からりんごを対象品目として開始された。

産地は青森、長野の両県。輸送回数は84回、輸送量は516トン。結果は良好であった。CA貯蔵のガス組成はO₂ 3%、CO₂ 3%とした。

(2) 野菜を産地もしくは中継地で一定期間低温貯蔵しておき、それを端境期に供給するばあいの技術的問題を調査する実験は、昭和41年12月から42年4月にかけて実験された。実験の対象品目には、たまねぎとくさいが選ばれた。

(a) たまねぎ

産地は北海道。輸送回数は13回、輸送量は186トン。たまねぎの品質保持は良好であった。

(b) くさい

産地は群馬。輸送回数は30回、輸送量は177トン。くさいの品質保持は良好であった。

(4) 要約

昭和41年9月10日の実験開始から42年7月20日にいたるまでに輸送回数287回、輸送量約1,900トンを実施した。

この実験によって、野菜・果実の生産から消費までのプロセスを一貫して低温流通させるうえの技術的問題点は大体においては握でき、さらに総合的な精査を行なうと同時に、コールドチェーンに適合する品目を見出すために新規に7品目の調査を試みている。また施設面に

についても真空冷却装置および氷そう(槽)自動車を導入し、それらの効果を解明する。

[A-2] 産地冷蔵倉庫における品質管理および産地冷蔵庫の有効利用に関する実験。

実験委託先：山梨県

(1) 実験のねらい

産地(山梨県勝沼町)に実験用の冷蔵倉庫を設置し、産地で選別・処理・包装した果実・野菜を同倉庫内で予冷し、品目別・時期別の貯蔵区分にしたがって貯蔵した後、消費地冷蔵倉庫まで冷蔵トラックで輸送し、この間における果実野菜の品質ならびに産地冷蔵倉庫の効率的な利用方法について調査を行ない、主として技術的な面を中心に解明し、低温流通導入に際しての指針をうることにあ

(2) 対象品目

ぶどう、もも、とまと、きゅうり、きゃべつ、やまいも

(3) 実施状況

(a) ぶどう

昭和41年10月下旬に約20トンのぶどうを2°C、90%の条件下で貯蔵、41年12月から43年3月までの間に、その貯蔵ぶどうを7回に分け、合計して15トン(6kg入り、2,500ケース)を消費地冷蔵倉庫(東京)まで低温輸送した。ぶどうの品質・鮮度はともに良好。貯蔵中における減耗は5%程度。廃棄ロス10%程度。糖度は15.3~15.8で共にほとんど変化なく、なお官能的にも十分商品価値のあることが立証された。これでぶどうの長期貯蔵に関しては明るい見通しが得られた。

(b) やまいも

昭和42年4月上旬に3.5トンのやまいもを3°C、85%の条件下で貯蔵して、目下、実験中である。30日、60日、90日経過した時点で品質・鮮度・重量変化などを観察したが、ほとんど変化がみられなかった。

(c) もも

昭和42年7月上旬より実験を開始し、目下、実験中。産地冷蔵倉庫で5~10°C、90%の条件下で予冷し、2日に6トンの割合で消費地冷蔵倉庫(東京)に低温輸送した。7月末現在の輸送実績は約30トン。品質・鮮度ともにすこぶる良好。

[A-3] 野菜の長距離低温海上輸送に関する調査

実験委託先：宮崎県および鹿児島県

(1) 実験のねらい

計画的に集荷した野菜を、積出し港に設置したプレハブ式予冷・保冷施設で低温下に移し、冷蔵トレーラーまたは冷蔵コンテナを用いて海上低温輸送し、さらに消費ルートにのせるまでの間に生ずる技術上の問題を調査解明し、低温流通導入に際しての指針をうることにあ

る。ちなみに、遠隔産地からの野菜の長距離低温海上輸送が普及するようになれば、消費地における季節的な品がすれどきに、大量の野菜の遠隔地からの輸送も可能となり、需給の時期的なバランスが図れると同時に、遠隔産地の農業振興も期待できる。

(2) 実施状況

(a) 宮崎県の実験

実験期間昭和42年1月~5月、昭和42年10、11月

実験対象品目：さやえんどう、きゅうり、とまと、ピーマン

輸送手段：5トン冷蔵トレーラー(冷凍機付)2台を輸送船に積載。輸送回数11回、輸送量77トン(ただし1月~5月まで)。

細島港(宮崎県)から晴海岸壁(東京)までに要した海上輸送時間は37~42時間であった。野菜の品質・鮮度は、各品目とともに、すこぶる良好であった。とくに注目すべきことは、3月にはいってからは、低温輸送の野菜の品質・鮮度が常温輸送のそれに比して顕著にまさっていたことである。一例を示すと、きゅうりの減耗率については、常温品の5.1%に対して低温品の0.5%というケースが見られた。なお、宮崎県産のさやえんどうの遠距離常温貨車輸送は、従来、3月にはいと不可能とみなされていたが、この実験で、4月にはいっても完全に品質・鮮度を保持しながら輸送できることが実証された。

後半の実験では、畑から市場までの輸送時間をさらに短縮する方法を試みることに、生産地で予冷を行ない、品質・鮮度をさらに向上させることを試みる。

(b) 鹿児島県の実験

実験期間：昭和42年1月~5月、昭和43年1月~3月

実験対象品目：実えんどう、さやえんどう、にんじん、きゅうり、とまと、ピーマン、ぼんかん

輸送手段：5トン冷蔵コンテナ(冷凍機付き)2台を貨客定期船に積載。輸送回数11回、輸送量74トン(ただし42年1月~5月)。

鹿児島港から晴海岸壁(東京)までに要した海上輸送時間は39~44時間であった。実験を通して野菜の品質・鮮度は、各品目とも良好であった。宮崎県の実験と同様に、3月以降で、常温輸送品と低温輸送品との間にいちじるしい品質・鮮度の差がみられた。たとえば、にんじんの減耗率については、常温輸送品8.0%に対して低温輸送品2.7%という数値がみられたばかりであった。また、実えんどうの減耗率については、常温品の10.6%に対して低温品の3.9%。このばあいの還元型ビタミンCは、常温品の26.80mg・%に対して低温品の33.05mg・%という数値がみられた。

従来、鹿児島県産のにんじん、実えんどう、さやえんどうの常温長距離貨車輸送は、3月にはいと品いたみが激しいので不可能とみなされていた。ところが、今回の実験の結果、低温輸送することによって、3月以後でも前記の野菜を完全な姿で長距離輸送できることが実証された。

[A-4] 食肉の低温輸送、貯蔵、処理に関する実験調査

実験委託先：岩手県

(1) 実験のねらい

産地の食肉センターにおいて解体、処理した肉類を、冷蔵もしくは凍結の状態での消費地近在の中継地まで低温輸送し、そこで貯蔵あるいは再処理のうえ、低温で消費に仕向ける実験であり、そのねらいは、各種ロス軽減、需給調整を図りつつ安定的に肉類を供給する方策の確立に役立てようとするものである。

(2) 対象品目

牛・豚肉(冷蔵・凍結)

(3) 実施状況

昭和42年1月から冷蔵部分肉、凍結小ブロック肉の実験を開始した。5月から解凍部分肉、6月から冷蔵スライス肉の実験を実施した。解凍部分肉は電子レンジによる解凍プログラムの検討のため、冷蔵スライス肉は作業条件の検討のために実施が遅れた。部分肉の市場上場は、なじみがうすいことと市況が軟調のため、産地の基準価格(事業団買上げ)をベースにしたの価格に及ばず、当初予定量の上場はできなかった。また、2月から3月にかけての血清脈事件は新商品の実験にマイナスの要因となった。

実験数量は、産地(岩手県)から中継地(埼玉県越ヶ谷)まで2日に約2トン、中継地から消費地(東京)まで毎日1トンであった。総計で108トン(42年5月末現在)であった。

品質調査によれば、食肉の品質は保持され、所期の目的を達成している。

[B-1] 鶏卵の低温貯蔵に関する実験調査(41年度限り)

実験委託先：山梨県

(1) 実験のねらい

A-2の生産地冷蔵倉庫で、鶏卵約2トンを(1)0°C、85%、(2)10°C、85%、(3)常温の3試験区に分けて貯蔵し、昭和42年3月から5ヶ月間にわたり理化学的、官能的ならびに商品的な立場から調査を行ない、相当量の鶏卵を低温貯蔵するにあたっての問題点を主として技術的側面を中心に解明し、コールドチェーンの一部の機能開発に資する。

(2) 対象品目：洗卵、非洗卵

(3) 調査項目：卵量測定、外観、透光検査、割卵検査

(4) 実施状況：

(a) 卵重については、30日経過の時点で変化はない。しかし、40日経過時には、常温区が他の2区にくらべ目減りの程度が大きい。また、洗卵と非洗卵とでは、非洗卵の方の目減りが大きい。

(b) 気室の深さについては、時間の経過とともに深くなっている。

(c) PHについては、時間の経過とともに中性に近づく傾向がみられる。

(d) 官能試験では、20日経過の時点において、外観上の変化はないが、ゆで卵にしたばあい、0°C、85%区のもは、卵白が寒天状で正常のものにくらべて純白でなかった。

[B-2] 二十世紀なしおよび甘がきのCA貯蔵に関する実験調査 実験委託先：鳥取県(二十世紀)、奈良県(甘がき)

(1) 実験のねらい

約4トンの二十世紀なしおよび甘がきを実用的規模で、実験用に設置したCA貯蔵庫で貯蔵するばあいにおける各種貯蔵条件と、それに伴う貯蔵性の関係について、ガス組成の温湿度等の適切な管理方式との関連を、主として技術的側面を中心に解明する。

(2) 対象品目：二十世紀なし、甘がき

(3) 貯蔵条件

二十世紀なし

普通冷蔵区：0~1.0°C、85~90% 空気

CA貯蔵区：0~1.0°C、85~90% O_2 : CO_2 = $8 \pm 0.5\%$: $2.5 \pm 0.5\%$

甘がき

普通冷蔵区：0~2.0°C、90% 空気 (O_2 : 20.8%, CO_2 : 0.03%)

CA貯蔵区：0~2.0°C、90% O_2 : CO_2 = 5% : 5%

(4) 実験状況

昭和41年9月から42年4月までの間に7回の抽出調査を行なった。

二十世紀なし：昭和41年10月20日に行なった第1回抽出調査では、CA貯蔵区と普通冷蔵区との差は見られなかった。12月20日の第3回抽出時よりCA貯蔵区と普通冷蔵区との差が顕著となり、以後両区の差は漸次拡大していった。4月20日の第7回抽出調査では、普通冷蔵区の歩どまり50%以下に対して、CA貯蔵区の歩ど

まりは90%以上であった。なお、商品性については、7ヶ月たつと普通貯蔵区は全部で0であるが、CA貯蔵区は5以上を保っている。要するに、20世紀なしの長期貯蔵実験では、月日のたつにつれてCA区の優位が目たつようになる。普通貯蔵区は、各包装形態によって若干の差は見られるが、大体3ヶ月が貯蔵期間の限界と推定される。

甘がき：昭和41年11月から42年5月27日までの間に6回の抽出調査を行なった。第1回抽出調査は41年12月19日に行なわれたが、その際、すでにCA貯蔵区のかきの軟化傾向が現われていて、以後、生理障害、腐敗などを生じ、貯蔵3ヶ月で歩どまり、商品性、食味ともにいちじるしく低下した。4ヶ月目では、ほぼ全滅に近い状態になった。一方、普通貯蔵区では、1ヶ月目ではCO₂障害がみられる程度であったが、3ヶ月以後は外観・品質ともに急速に劣化し、4ヶ月目には全滅状態になった。

要するに、本実験は、当初の予想に反して不成功に終わった。

42年度はさらになしについての産地別・熟度別・ガス濃度別についての貯蔵性の検討を行ない、かきについては、不成功の原因をつきとめ、確信のおける条件のもとに実験を行なう。

[B-3] 給食材料の低温集配に関する実験調査

実験委託先：全国給食協同組合連合会

(1) 実験のねらい

生産者が給食材料仕向け用に委託する各種生鮮食料品を対象とし、その保管をかねた小規模な冷蔵および凍結施設等を設置し、主として短期的な貯蔵調整を試みることににより、コールドチェーンで大量消費する集団食料センターの合理的な低温機能を明らかにする。

(2) 実験状況

(a) 給食材料の計画的先行購入の効果に関する調査

魚、野菜の先行購入を42年6月より開始した。

(b) 食材低温集配における在庫管理等に関する調査

検討中の事項は次の四つである。(i) 原始資料の様式、電子計算機を使用し、諸集計作成までのフローの決定、(ii) コードの決定(品目、購入先など)、(iii) 4, 5, 6月分の原始資料の受渡しについて、(iv) 今後の原始資料の受渡しについて。

(c) 品質に関する調査(品質劣化防止に関する調査)

4月に魚、3月に豚肉と野菜について検査を行なった。検査により、形量規格の徹底、品質の改善、品温管理の徹底などの面で向上しつつある。

(d) 一括配送、系統配送、間隔配送による配送量の節減効果に関する調査

一括配送、系統配送は、42年4月より実施。在庫管理技術の向上につれて、次第に輸送効率は効上しつつある。詳細比較計算は、電子計算機を使用し42年8月以後行なう。間隔配送は、42年7月から8月下旬まで開催される八ヶ岳林間学校を相手に、3日に1回の配送を実施。4トン冷凍車による配送効率の向上を検討。

(e) 貯蔵の期間、場所、数量と加工、包装処理の立地およびその方法との関係に関する調査

神奈川センターにおいて加工処理した場合と産地の加工処理センターで処理したばあいの移送費、加工費、品質などについて比較できるよう分析方法を検討中。

(f) 総合効果に関する調査

給食センターの年間献立実績を検討中。

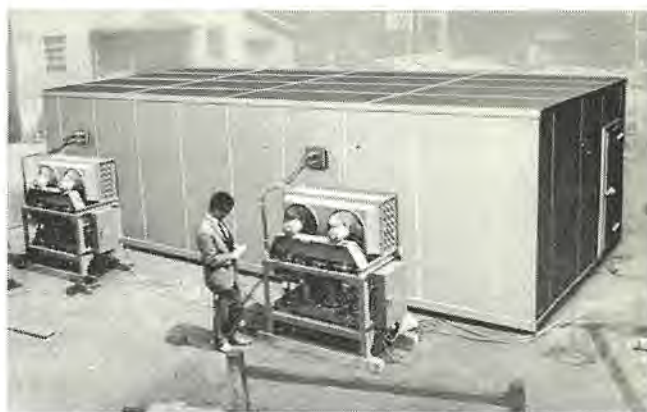


図 7.1 プレハブ冷蔵庫外観
Prefabricated refrigerator (exterior).

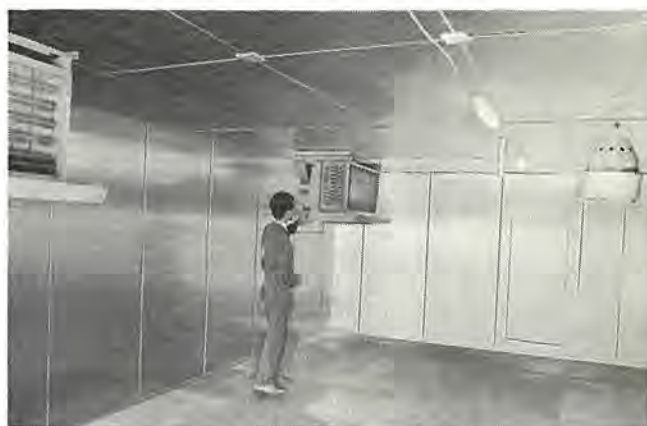


図 7.2 プレハブ冷蔵庫内部、ユニットクーラーおよび加湿器
Prefabricated refrigerator (interior),
unit cooler and humidifier.

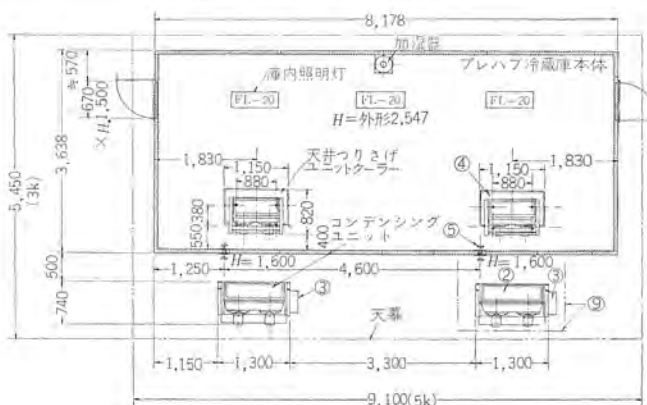


図 7.3 産地予冷用プレハブ冷蔵庫仕様図
Dimensions of the prefabricated refrigerator for precooling.

表 7.1 産地予冷用プレハブ冷蔵庫仕様
Principal items of the prefabricated refrigerator for precooling.

項	目	仕	数
冷 蔵 庫	外形寸法 mm	(長さ) 8,178×(幅) 3,638×(高さ) 2,547	1
	庫 容 量	約 60 m ³ (床面積 29.7 m ²)	
	造 材	現場でパネルを組立てるプレハブ方式	
	防 熱 材	各パネルとも 50 mm 厚硬質ウレタンフォーム	
ユ ニ ッ ト ク ー ラ ー	内 外 仕 上	内外とも 0.8 mm 厚 AI 板張り	2
	と び	2 枚 (幅) 670 mm×(高さ) 1,500 mm	
	圧 縮 機	T 形 冷凍 R-12	
	圧縮機電動機	三相 200 V 3.7 kW	
ク ー ラ ー	凝 縮 器	空冷式 アルミフィン銅管	2
	送 風 機	40 cm プロペラファン	
	送風機電動機	三相 200 V 0.1 kW×2	
	冷 却 器	フィンチューブ銅管	
そ の 他	送 風 機	35 cm プロペラファン	2
	送風機電動機	三相 200 V 0.1 kW×2	
加 湿 器	加湿器	電動噴霧式加湿器	2
	除 霜	400 W ヒーター×3	

表 7.2 予冷用プレハブ冷蔵庫実験産地
Designated districts for installation of prefabricated refrigerators.

実験品目	実験地		実験期間
	県名	組合名	
きゅうり	福島	岩瀬村農協	41. 9. 10 ~ 41. 9. 28
	高知	羽根園芸組合	41. 10. 18 ~ 41. 10. 26
	高知	丸二園芸組合	42. 4. 14 ~ 42. 5. 16
	千葉	千倉町農協	42. 5. 17 ~ 42. 5. 29
	茨城	里美村農協	42. 8. 18 ~ 42. 9. 28
キャベツ	群馬	堀恋村農協	41. 9. 14 ~ 41. 10. 20
	愛知	一色町農協	41. 11. 15 ~ 41. 12. 4
	愛知	豊橋市開拓農協	42. 3. 7 ~ 42. 3. 22
	神奈川	横須賀市農協	42. 4. 27 ~ 42. 5. 10
	埼玉	越ヶ谷市農協	42. 5. 26 ~ 42. 6. 7
レタス	長野	洗馬農協	42. 7. 14 ~ 42. 7. 30
にんじん	北海道	富良野農協	41. 9. 18 ~ 41. 10. 21
	埼玉	入間東部農協	41. 11. 12 ~ 41. 12. 13
	愛知	祖父江農協	42. 3. 8 ~ 42. 5. 1
	千葉	船橋市農協	42. 6. 19 ~ 42. 6. 26
	愛知	豊橋市南部農協	42. 7. 12 ~ 42. 7. 22
洋菜類	長野	川上村農協	42. 9. 2 ~ 42. 9. 16
	長野	洗馬農協	42. 10. 13 ~ 42. 11. 1
	静岡	島田市農協	42. 11. 17 ~ 42. 12. 9
トマト	栃木	市貝村農協	42. 8. 23 ~ 42. 8. 31
	山梨	高根園芸組合	42. 9. 13 ~ 42. 9. 31
ほうれん草	栃木	国分寺町農協	42. 10. 23 ~ 42. 11. 30
いちご	静岡	清水市農協	
わせ温州みかん	福岡	糸島郡農協	42. 10. 23 ~ 42. 12. 2
雑かん	愛媛	平山甘橘組合	

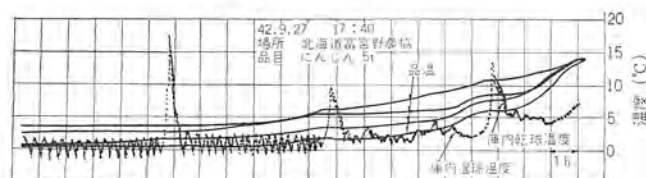


図 7.4 にんじんの予冷の実験結果例
Precooling of carrots.

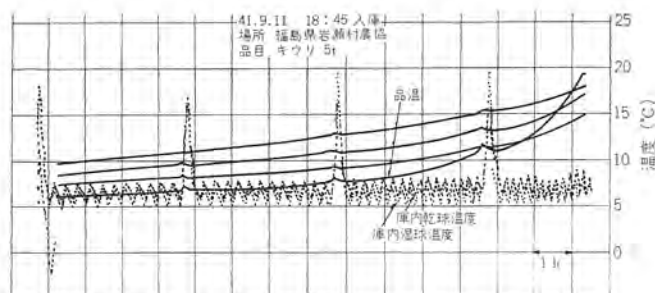


図 7.5 きゅうりの予冷の実験結果例
Precooling of cucumbers.

7. 事例の実験納入機器

前項に概要を説明した事例の実験は科学技術庁の事例実験であるが、当社が協力したことがらについて述べる。

7.1 産地予冷用プレハブ冷蔵庫

科学技術庁の事例の実験 [A-1] 野菜、果実の低温輸送、貯蔵に関する実験における、産地予冷用のプレハブ冷蔵庫を3台日軽アルミニウム工業(株)と協力して納入した。

図 7.1, 図 7.2, 図 7.3 および表 7.1 に示すように、29 m² 形(9坪)の組立式プレハブ冷蔵庫で、和歌山製作所 T 形圧縮機 5 P. S. 2 基による冷凍機を使用した強制通風式のものである。実験は組立

式冷蔵庫を表 7.2 に示すように実験品目により産地をかえ、組立・解体しながら実施された。事例の実験では、各品目について、包装形態(内装・外装)、冷蔵庫内の収納位置による影響をも調査された。湿度調節は一定時間、または状況によって、噴霧式加湿器を運転した。

図 7.4 および図 7.5 ににんじんおよびきゅうりの実験結果の一例を示す。

この冷蔵庫は現在まで各冷蔵庫とも平均8回各地を移動しているが十分に実験に耐えており、プレハブ冷蔵庫は予想外に耐久性があることが実証された。また冷凍機についても、コンデensingユニットとユニットクーラーの配管に冷媒用の耐圧ホースを使用し、組立、解体を容易にしている。

7.2 産地予冷用真空冷却装置

昭和42年以降の実験に採用され、プレハブ冷蔵庫と同様 [A-1] に使用されている。

仕様ないし詳細については他稿で説明されているので省略する。強制空冷式の冷蔵庫では野菜・果実の種類によって異なるが、その予冷時間が10時間前後要しているが、この真空冷却装置によると30分で予冷され、先のプレハブ冷蔵庫に保冷のため収納され、その日のうちに冷蔵トラックにつみこまれ発送された。

実験地および実験期間は、

- (1) 長野県南佐久郡川上村
川上村農協 昭和42年9月11日～9月15日
- (2) 長野県塩尻市
洗馬農協 昭和42年10月13日～11月1日
- (3) 静岡県島田市
島田市農協 昭和42年10月13日～11月1日
昭和43年3月1日～3月末

7.3 冷蔵コンテナ

事例の実験 [A-3] 野菜の長距離低温海上輸送に関する調査に日本車両製造(株)と協力、当社長崎製作所製冷凍ユニットを組み込み2台提供し、鹿児島・東京間の輸送に使用された。

- (1) 昭和42年1月～5月(11回)
- (2) 昭和43年1月～3月(9回)

この実験は、科学技術庁の実験計画に即しながら、一方南九州の農業がその辺境性を克服して、企業として引き合う農業に成長発展



図 7.6 冷蔵コンテナ
Container with cooling unit.

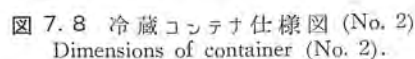
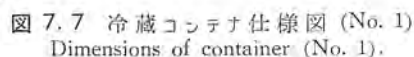


図 7.4 長距離低温海上輸送実験結果例
Testing data by marine transportation from Kagoshima to Tokyo.

実験 回数	品 目	産 地	収 穫 日 時	選別箱詰めとき			産地冷蔵庫 到着日時	収穫から 経過時間	冷蔵庫搬入 終了日時	予 冷 開 始		予 冷 終 了			コンテナ保 冷開始		コンテナ保冷終了			保冷時 外気温 ℃	輸 送 量	鮮度・ 品質の 評価		
				天候	気温 ℃	湿度 %				日	時	日	時	日	時	日	時	日	時				保 冷 時間	気温 ℃
第	きぬきや えんどう	垂 水 市	42- 1- 9 15 : 00	くもり 時々晴	8.5	44	42- 1-10 14 : 00	23	42- 1-10 17 : 30	42- 1-10 18 : 00	7.5	42- 1-11 13 : 00	19	42- 1-11 19 : 30	42- 1-13 15 : 00	43.5	4~12	378 c/s	寒冷な 時期で もあり 鮮度、 色沢と ともに良 好で市 場関係 および 実店舗 でも好 評であ った。					
	きぬきや えんどう	垂 水 市 (新 城)	42- 1- 9 9 : 00	晴	10.0	60	42- 1-10 14 : 00	29	42- 1-10 18 : 00	42- 1-10 18 : 00		42- 1-11 13 : 00	19	4.2	42- 1-11 19 : 30	4.2	42- 1-13 15 : 00			43.5	5.0	4~12	(4kg 入り ダンポー ル)	
	きぬきや えんどう	大根占町	42- 1- 9 12 : 00	晴	7.0	60	42- 1-10 15 : 30	28	42- 1-10 17 : 30	42- 1-10 18 : 00		42- 1-11 13 : 00	19		42- 1-11 19 : 30		42- 1-13 15 : 00			43.5		4~12		
	オランダ えんどう	喜 入 町	42- 1- 9 17 : 00	くもり 時々晴	8.0	60	42- 1-10 13 : 00	20	42- 1-10 18 : 00	42- 1-10 18 : 00		42- 1-11 13 : 00	19		42- 1-11 19 : 30		42- 1-13 15 : 00			43.5		4~12		
一	オランダ えんどう	西之表市	42- 1- 8 16 : 00	くもり	7.5	65	42- 1-10 16 : 00	48	42- 1-10 18 : 00	42- 1-10 18 : 00	7.5 9.5	42- 1-11 13 : 00	19	3.2 6.8	42- 1-11 19 : 30	3.9 4.7	42- 1-13 15 : 00	43.5 3.9	2.2 3.9	1,372 c/s	(4kg 入り ダンポー ル)			
	オランダ えんどう	中種子町	42- 1- 8 17 : 00	くもり のち晴	6.0	60	42- 1-10 16 : 00	47	42- 1-10 18 : 00	42- 1-10 18 : 00		42- 1-11 13 : 00	19		42- 1-11 19 : 00		42- 1-13 15 : 00	43.5					4~12	
	実ぶどう	屋 久 町	42- 1- 9 12 : 00	晴	12.0	78	42- 1-10 10 : 30	29	42- 1-10 17 : 30	42- 1-10 18 : 00		8.0	42- 1-11 13 : 00	19	4.5	42- 1-11 19 : 00	4.5	42- 1-13 15 : 00				43.5	5.0	4~12
回	ばんかん	屋 久 町	42- 1- 9 12 : 00	晴	12.0	78	42- 1-10 16 : 30	29	42- 1-10 17 : 30	42- 1-10 18 : 00	4.5 6.0	42- 1-11 13 : 00	19	5.0	42- 1-11 19 : 00	4.5	42- 1-13 15 : 00	43.5	4.7	264 c/s	(8kg 入り ダンポー ル)			
	ばんかん	高 山 町	41-12-10	晴	7.0	76	42- 1-10 13 : 00	31日	42- 1-10 31日	42- 1-10 18 : 00		42- 1-11 13 : 00	19		42- 1-11 19 : 00		42- 1-13 15 : 00	43.5					4~12	

していくため、生産上の構造改善とともに流通対策を早急に確立することの必要があり、このために大消費地に対する大規模な流通ルートを開発することが重要で、そのための手段としての船舶輸送に期待がかけられているため積極的であった。

冷蔵コンテナの外観および仕様は図 7. 6, 図 7. 7, 図 7. 8 およ
び表 7. 3 に示すとおりであり, 冷凍ユニットについては他稿で述べ

表 7.3 冷蔵コンテナ仕様
Principal items of the container with cooling unit.

			No. 1	No. 2
コ シ テ ナ	外形最大寸法 長さ×幅×高さ (mm)		5,956.6×2,990×2,700	5,966.2×2,990×2,700
	庫内寸法 長さ×幅×高さ (mm)		4,675.3×2,238.6×1,810	4,856×2,350×1,892
	庫内容積 (m ³)		約 19	約 21.6
	外	板	軽合金製, 側面はコルゲート板	
	内	板	鋼板製 FRP コーティング	
	床		鋼板製 FRP コーティング	
	と	び	観音開き, 270° 回転可能	
	保	冷	材	50 mm 厚硬質ポリウレタン注入発泡
そ		の	他	
			海上輸送用につりわくを装備 床にステンレス製パレットローダーみぞを設備 デフロストした水の排水孔を設備	
冷 凍 装 置	外形寸法 長さ×幅×高さ (mm)		1,527×1,264×618	
	電	源	200/220 V, 50/60 c/s, 三相	
	圧	縮	0.75 kw×2, R-12	
	冷	凍	1,700 kcal/h 以上	
	温	度	自動温度調節器	
	除	霜	ヒーターデフロスト (タイマーによる作動)	
総重量 kg		約 2,100	約 2,420	



図 7.9 実験店設置プレハブ冷蔵庫
Prefabricated refrigerator at the designated greengrocer's shop.

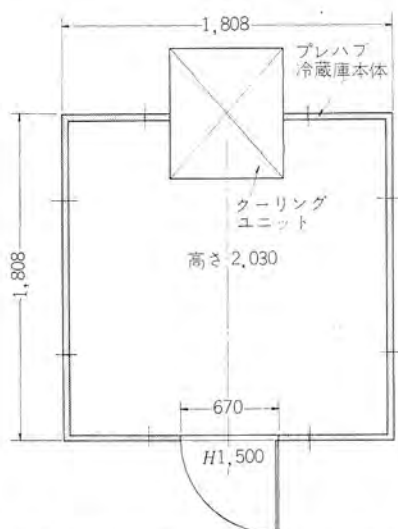


図 7.10 実験店設置プレハブ冷蔵庫仕様図
Dimensions of the prefabricated refrigerator at the designated greengrocer's shop.

表 7.5 実験店プレハブ冷蔵庫仕様
Principal items of the prefabricated refrigerator at the designated greengrocer's shop.

項	目	仕	様
冷 蔵 庫	外形寸法 (mm)	(長さ) 1,808×(幅) 1,808×(高さ) 2,030	
	庫内容量	約 5.7 m ³ (床面積 3.3 m ²)	
	構造	現場でパネルを組立てるプレハブ方式	
	防熱材	各パネルとも 35 mm 厚硬質ウレタンフォーム	
	内外仕上 とびら	内外とも 0.8 mm 厚 Al 板張り 1 枚 (幅) 670×(高さ) 1,500	
冷 凍 装 置	形 名	HC-08 T	
	外形寸法 (mm)	(高さ) 447×(幅) 680×(奥行) 949.4	
	電 源	200 V, 50/60 c/s, 三相	
	圧 縮 機	750 W 密閉形, 冷媒 R-12	
	凝 縮 器	空冷式 フィンチューブ	
	凝縮器送風機	プロペラファン	
	冷 却 器	フィンチューブ, 強制通風	
	冷却器送風機	プロペラファン	



図 7.11 実験店設置オープンショーケース
Open type refrigerated display case at the designated shop.

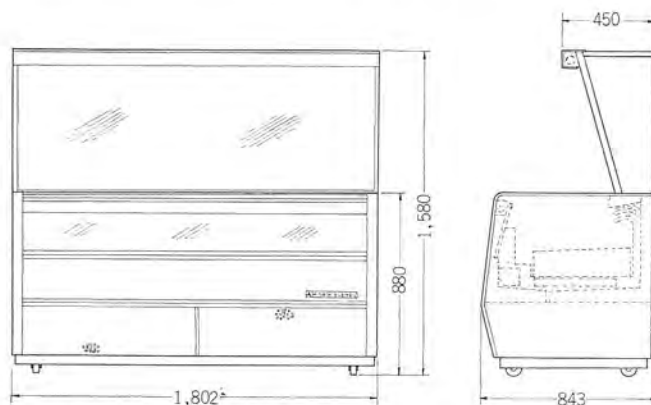


図 7.12 鏡付き HMA-500 形 オープン 冷蔵 ショーケース 外形図
Dimensions of the model HMA-500 open type refrigerated display case.

表 7.6 鏡付き HMA-500 形 オープン 冷蔵 ショーケース 仕様
Principal items of the model HMA-500 open type refrigerated display case.

外形寸法 (mm)	(幅) 1,802×(奥行) 843×(高さ) 1,580
内 容 積	総内容積 500 l 有効内容積 250 l
維持温度	5°C±2°C (室温 30°C, 直射日光受けず)
冷 凍 装 置	圧 縮 機 密閉形 600 W 凝 縮 器 クロスフィン形強制通風式 送 風 機 金属製軸流ファン 冷 却 器 ワイヤチューブ形強制通風式 送 風 機 ラインフローファン
温 度 制 御	自動温度調節器
除 霜 方 式	オフサイクル式
冷 媒 制 御	キャピナリチューブ
冷 媒	R-12
外 箱	銅板製白色メラミン焼付塗装
内 箱	銅板製白色メラミン焼付塗装
断 熱 材	グラスウールおよびフォームポリスチレン板
照 明 装 置	40 W けい光灯 2 本
前 面	複層ガラス
上 部	鏡付き
機 械 室 カ バ ー	打抜き銅板製 (取りはずし可)
電 源	単相 100 V, 50/60 c/s
付 属 品	敷 板 3 個

られているとおりである。

実験の概要は前項で記したとおりであるが、実験方法および結果につき少しく述べる。

鹿児島県下の産地は本土および種子島、屋久島などの県および国の野菜指定産地が選ばれたが、予冷库が鹿児島港に設置されたため、野菜の収穫後、予冷库までの経過時間は5~76時間と長時間常温下で運ばれたこと、また運搬時の損傷、実験当初処理時間を要したことは止むをえなかったが、総合的に結果はよかった。

表7.4に昭和42年1月の第1回めの実験結果を示す。

海上輸送のばあい、船の出航、到着が天候によって輸送時間に、大きな差が出る。たとえばこの実験では鹿児島東京間直行のときと、清水港寄港のときとあるが、輸送時間に18時間もの長短があった。したがって産地における予冷時間は20時間前後でコンテナに積みかえられコンテナには40数時間格納されているために野菜・果実に必要な湿度管理が不可能だった。長距離の低温輸送のばあいには、予冷が十分になされたうえコンテナ内の湿度条件を満足させる考慮も必要であろう。

7.4 実験店冷蔵庫およびショーケース

事例の実験では消費地段階で東京都下に45店の実験店が選定され、実験計画にのった野菜・果実の一時保管・販売用に1坪程度の冷蔵庫およびオープンショーケースが設置された。

当社からは日軽アルミニウム工業(株)と協力し、3.3 m²形(1坪)ラレハブ冷蔵庫4台およびオープンショーケース8台が納入された。

外観および仕様は図7.9、図7.10、表7.4および図7.11、図7.12、表7.5のとおりである。

8. む す び

以上科学技術庁の実施した事例の実験について述べたが、この実験の進展に伴いコールドチェーンに対する世論が認識を新たにし、集配センター、食品コンビニート、スーパーマーケット等新しい計画が具体化され、流通機構の改善、等級・規格の作成、情報網の設置等一步步コールドチェーンへの基礎が開かれつつあることは喜びにたえない。この実験が新しい技術開発に役たつコールドチェーンが早く軌道に乗ることを念願してやまない。

終りに貴重な資料を提供していただいた科学技術庁、全国農業販売協同組合連合会等に厚く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 科学技術庁：食生活の体系的改善に資する食料流通体系の近代化に関する勧告
- (2) 生鮮食料流通技術研究会編：コールドチェーン
- (3) 加藤ほか：食品冷凍法
- (4) 田中：機械学会誌，69-570 (昭41-7)。
- (5) ASHRAE：Data Book (1964)
- (6) 日本冷凍協会：冷凍空調便覧
- (7) 日本冷凍協会：冷凍，41-469
- (8) 科学技術庁：資源，No. 163 (昭38-8-9)
- (9) 科学技術庁：コールドチェーン 海外調査団報告書
- (10) 鹿児島県企画部：農産物低温海上輸送実験結果

牛乳の流通経路と冷凍機応用製品

山 風 呂 洋*

Current Passages of Milk and Applications of Refrigerators

Head Office Hiroshi YAMAHURO

Study has been made on the state of prevalence of milk and dairy products in Japan and also on their current passages. It is found that the consumption of them has made a sharp increase for these years such that a quantity of about 9 g, per capita per day in the prewar days is now changed to more than ten times. In connection with the trend the means of distribution of milk and dairy products from producing districts to retailers-the cold chain-has been completed, with coolers set up at original sources and cooling units for transportation facilities. At the back of them are repairing shops, storage houses with large refrigerating machines, while at the retailers ends are cold show cases as well as appropriate refrigerators.

1. ま え が き

牛乳・バター・チーズなど、乳製品の普及は、戦前では国民1人当たり1日平均9g程度だったが、

昭和26~30年の平均25g (2.8倍)

昭和31~35年の平均51.6g (5.7倍)

昭和36~38年の平均87.7g (9.3倍)

昭和39年 102.1g (11.3倍)

と急激な増加ぶりを示している。

もちろんこれは所得水準の向上と食生活の改善、栄養水準の向上によるものである。しかしながら欧米諸国に比べてみると表1.1のとおりはなほ低い数字となっている。すなわち世界有数の酪農国ニュージーランドでは、国民1人当たり1日578g、約3本(180ml=1本)を飲用しており、アメリカ369.8g、約2本であるのに対し、わが国では54.8g、0.39本というはるかに低い数字であり、しかもこれは、バター、チーズなどの乳製品をも換算してあわせたもので、実際の飲用乳だけでは、さらにこれより低い数字となる。

この原因は、食習慣のちがいがばかりでなく、諸外国に比べて国民

表 1.1 主要国における国民1人1日当り牛乳消費量 (g)

Consumption of milk per capita per day. (g)

国 別	飲用牛乳	バ タ ー	チ ー ズ	肉	卵
デン マ ー ク	343.6	27.0	23.5	186.0	25.8
西 ド イ ツ	320.7	17.3	18.3	146.7	34.0
イ タ リ ア	164.1	3.7	19.7	68.4	23.2
ノ ル ウ ェ ー	522.4	8.2	22.8	103.8	21.6
オ ラ ン ダ	453.9	9.9	19.5	121.1	31.9
ス エ ー デ ン	410.2	22.0	18.4	137.1	31.7
ス イ ス	518.2	14.6	22.3	149.3	27.2
イ キ リ ス	402.8	23.5	12.0	156.8	38.5
カ ナ ダ	523.5	23.1	9.0	210.5	45.4
ア メ リ カ	369.8	10.3	15.6	224.3	55.4
オーストラリア	362.6	33.1	7.5	316.8	29.3
ニュージーランド	578.0	53.1	7.7	289.2	42.3
日 本	54.8 (生乳換算)			8.7	11.3

注) 1. F. A. O., 1963年より、1957~1960年平均実績

2. 日本の場合 1957~1960年平均で乳製品については生乳換算である

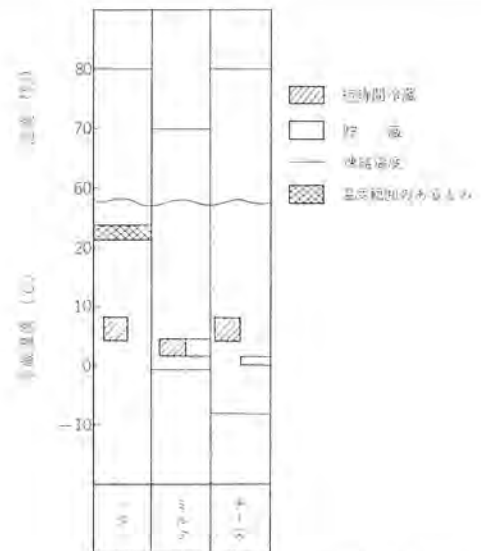


図 1.1 牛乳と乳製品の冷蔵温度
Storage temperature of dairy products.

の生活水準が低く、都市と農村の消費格差があり、直接的には、牛乳・乳製品の小売価格が諸外国に比べてかなり高く(1本当たり普通牛乳18円、その他20~25円内外—昭和40年度、スウェーデン7.83円、デンマーク6.35円)また加工飲料などに押されていることなどがあげられるが、牛乳と乳製品の需要は、今後さらに急激に伸長することは容易に推察できる。

牛乳の需要増加に伴う品質保持のための必要条件として、低温貯蔵がまずあげられる。図1.1に牛乳・乳製品の貯蔵温度条件を示す。

わが国における牛乳の流通過程のコールドチェーン化は、比較的早期より進められ、整備されているが、酪農業の現状として1戸当たりの飼育頭数の平均が3、4頭にすぎず、しかも経産牛1~2頭といった農家はその過半数を占め、10頭以上の多頭数飼育農家は全体の1%にも満たない悲しい零細性から末端集乳所における生乳の冷却・貯蔵の不備が生まれ、乳質を低下させる大きな原因となっており、生産地における低温設備の普及が大きな問題として残っている。

2. 牛乳の流通経路と冷凍機応用製品

農家で生産された牛乳は、図2.1に示すような経路で消費者の

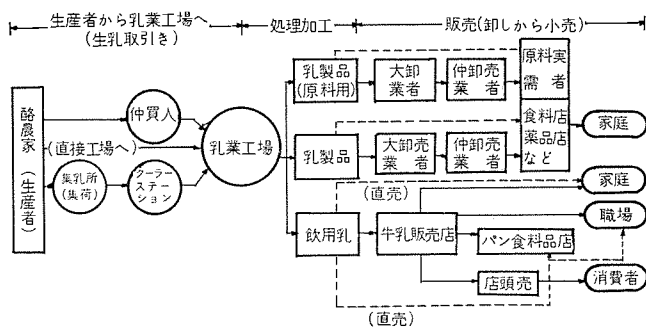


図 2.1 牛乳生産から消費にいたる流通経路の概略
Milk distributing current.

手に渡る。牛乳の特質上、農家の生乳販売は大部分が酪農協同組合を通じて行なわれており、乳業会社の原料供給は、その大部分が生産者団体が組織された専門農協や酪農協を通じて受けている。

2.1 集乳所

搾乳後ただちに冷却する必要がある、1軒ごとに牛乳かん(缶)を井戸水を流しっぱなしにする方法で集乳時まで冷却していた。この方法は16°C程度の水温なので、冷却に時間がかかる。現在では、

(1) 冷却器を装着した冷却そうと冷凍機により冷水を作り、牛乳かんをどぶづけして冷却する方式

(2) 冷凍機とウォーターチャージャーを同一架台にまとめた冷水機と冷却水そうによりポンプで冷水を循環させ牛乳かんを冷却する方式

(3) ステンレス製タンク裏側に冷却器を取り付け、冷凍機、かくはん機などを取りまとめ装備し、直接牛乳を投入して冷却する方式などが主として使用されている。

集乳所からクーラーステーションあるいは乳業工場までの輸送は、タンク内に牛乳を収容し、保温材で周囲をおおって温度上昇を防ぐタンクローリー、あるいは冷凍機とユニットクーラーを組合わせた冷蔵クーリングユニットを装備した冷蔵トラック内に牛乳かんを格納して移動する方法が採用されている。

2.2 処理加工

集乳された大量の牛乳を冷蔵する大形ウォークイン冷蔵庫、アイスクリーム、冷凍製品などの冷凍庫などと大形高速多気筒冷凍機、冷蔵クーリングユニットを組み込み、分解・組立を可能にして移動性を持たせたラベラ形冷蔵庫や、低温用パッケージタイラエアコンなどが使用されている。

2.3 販売

牛乳販売店では、小容量のウォークイン形冷蔵庫と小形冷凍機、リーチイン形冷蔵庫と小形密閉形冷凍機が牛乳の貯蔵用として使用され、店頭販売用として冷蔵ショーケース・冷凍ショーケースが普及されており、さらに国電ホーム売店などにある卓上ショーケース、アイスクリームの卸売り用として大形アイスクリームストッカーなどが、各容量別に多く利用されている。形状も、たて形、横形など、冷却方式も冷水使用、強制冷風循環式など種々のものがある。さらに家庭では電気冷蔵庫、フリーザー、ストッカーなどが使用されている。

3. 冷凍機応用製品

2章に記した各流通経路に使用されている弊社製品について、その性能、容量、仕様などの概略について記述する。

3.1 DLC形チリングユニット

冷凍機(開放形)とウォーターチャージャーを同一架台上に組込んだもので、

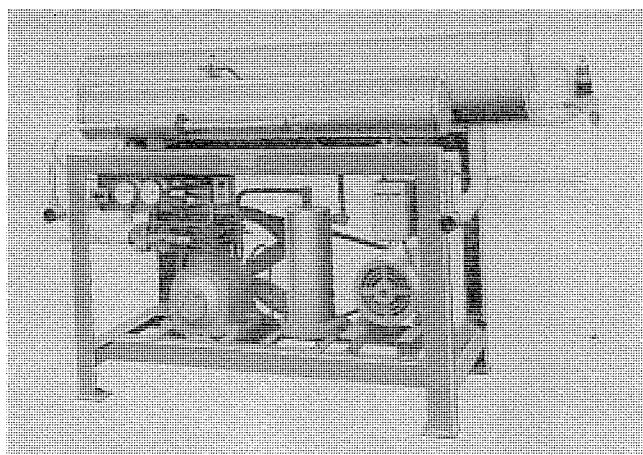


図 3.1 三菱 DLC 形 チリングユニット DLC-37 形
Chilling unit model DLC-37 W.

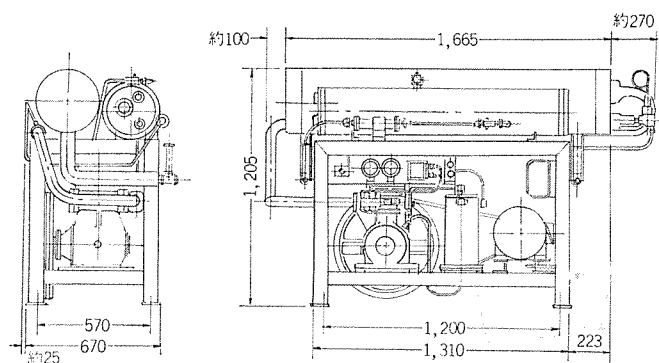


図 3.2 三菱 DLC-37 形 チリングユニット 外形寸法
Outline dimensions of chilling unit.

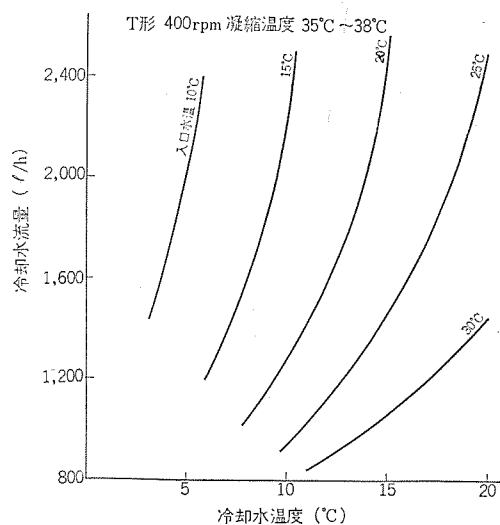


図 3.3 DLC-37 形 チリングユニット 性能曲線
Characteristic curves of chilling unit.

コンデンサが空冷式1機種(0.75 kW) 水冷式6機種(0.75~7.5 kW)があり、水温6°C~16°Cまで自由に変わられ温度調節器を付属している。

水出入口温度差は5~20°C deg程度で、別に冷却水そうを設け、ポンプにより冷水を循環させてそう内の牛乳かんを冷却する方式に用いられている。代表的な例としてDLC-37(3.7 kW)の外観を図3.1に外形寸法を図3.2に、性能曲線を図3.3と全機種仕様を表3.1に示す。

3.2 三菱原乳クーラー

冷水機使用の際、適合する冷却そうの選定を誤ると冷却効果が

表 3.1 三菱 DLC 形 チリングユニット仕様 (3φ 200 V 50/60 c/s)

Specification of type DLC chilling unit.

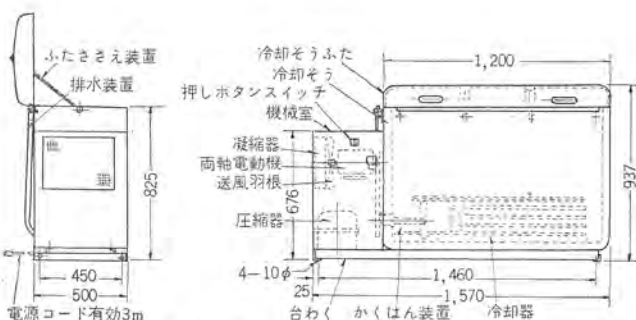
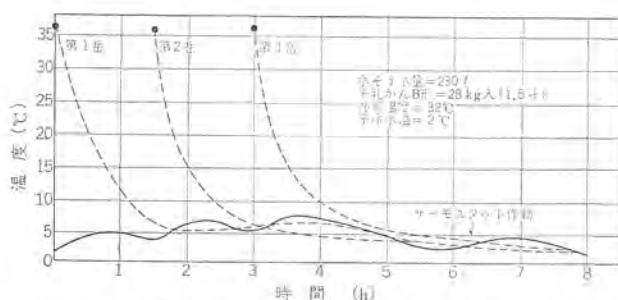
項目		形名						
		DLC-08 A	DLC-08 W	DLC-15 W	DLC-22 W	DLC-37 W	DLC-55 W	DLC-75 W
外形寸法 mm	高さ	716	868	1,075	1,126	1,205	1,205	1,410
	幅	950	950	1,438	1,845	2,035	2,635	2,600
	奥行	530	330	430	465	695	690	630
冷凍機	電動機 kW	0.75	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5
	凝縮器	空冷フィンコイル						
接続配管	冷却器	水 冷 シ ョ ル ア ン ド チ ュ ー プ						
	冷却器水出入口	乾 式 シ ョ ル ア ン ド U チ ュ ー プ						
	冷却器水抜口	PT 3/4	PT 1/2	PT 1	PT 1	PT 1 1/4	PT 1 1/4	PT 1 1/2
	凝縮器水入口	—	PT 1/2	地下水 クーリング タワー	地下水 クーリング タワー	地下水 クーリング タワー	地下水 クーリング タワー	地下水 クーリング タワー
	凝縮器水出口	—	PT 1/2	PT 3/4 PT 3/4×2	PT 3/4 PT 3/4×2	PT 1 PT 1×2	PT 1 1/4 PT 1 1/4×2	PT 1 1/4 PT 1 1/4×2
	標準能力 l/h	注) 1 130	200	340	460	770	1,150	1,350
注) 2		320	500	910	1,250	2,100	3,200	3,850
制御装置		電磁開閉器・押ボタンスイッチ・温度調節器・圧力開閉器・温度式自動膨張弁						
冷媒充填量 kg		R-12 3.0	R-12 3.7	R-12 6.5	R-12 7.0	R-12 11.0	R-12 20.0	R-12 23.0
機器重量 kg		145	145	285	330	570	695	765

注) 1. 入口水温 25°C 出口水温 10°C
2. 入口水温 15°C 出口水温 10°C

標準能力の値は 60 c/s のときの値で 50 c/s の場合は約 87 % になります。

図 3.4 三菱原乳クーラー
Outline of milk cooler.表 3.2 三菱原乳クーラー仕様
Specification of milk cooler.

項 目		形 名	原 乳 ク ー ラ ー KC-80
外 形 寸 法 mm	高 さ		937
	幅		1,570
	奥 行		500
容 量 L			340
電 源			1φ 100 V
冷 凍 機 W			300
冷 媒			R-12
凝 縮 器			空 冷 式
ア ジ テ ー タ W			200
冷 却 時 間 h			80 / 40 分 (36→10°C)
冷 却 温 度			予冷 2～5°C
重 量 kg			103

図 3.5 三菱原乳クーラー外形寸法
Outline dimensions of milk cooler.図 3.6 三菱原乳クーラー冷却曲線
Characteristic curves of milk cooler.

大幅に減少するおそれがある。三菱原乳クーラーは、冷却水そうと冷凍機、かくはん装置 (20 cm フロペラ) などをつなげてセットし、そう内に牛乳かん 3 個をどぶづけして冷水により冷却するもので、コンデンサー冷却水が不要、保温効果が大きく、停電時にも 3 時間以上も 5°C 以下を保持でき、サーモスタットで自動運転する。図 3.4 に外観、図 3.5 に外形寸法、図 3.6 に冷却曲線、表 3.2 に仕様を示してある。予冷 2°C にて第 1 かん (28 kg 入り) を約 90 分で 7°C 程度まで冷却し、第 2 かん投入後 1 時間 30 分で 2 かん分 (56 kg) を 6°C 程度に、3 かん投入後は 2 時間 30 分弱で全体 3 かん分 (84 kg) を 5°C に冷却する能力を持っている。

特長としては、

(1) 冷却そうは牛乳かん 28 kg 入り 3 かん使用に適するむだのない容量に設計された。

(2) 冷却そうは従来のような銅板製ではなく硬質プラスチックを使用し、さび・腐食がなく、塩基性・酸性のほか不純物を含む水でも使用できる。

(3) 保温効果がよく、1 昼夜機械を停止しておいてもそのまま使用できる。

(4) 軽量である。

(5) 自動温度調節器により自動運転する。

などがあげられる。

3.3 三菱バルククーラー

集乳所に備え、各農家より集乳した生乳をかんを使わず直接ステレス製タンクに注入し冷却するもので、タンクローリーへ移しやすいように下部にサニタリーコックを設けてある。

生乳を直接冷却する方式なので牛乳かんの運搬がなくなり、生乳がかんに残ったり、こぼしたりするむだがなく、非常に衛生的である。生乳の凍結防止のため蒸発圧力調整器により冷却器での冷凍蒸発温度を調節し、常に 5°C 以下の良質の生乳を保持する。

タンク周囲は保温材(底面100mm、側面50mm厚の炭化コルクおよびグラスウール)で絶縁してあり経済的な運転を行なっている。タンクローリーでの運搬中の温度上昇を見込んで 5°C の低温度になっているので、乳業工場での再冷却の必要がなく、集乳量の増加による工場の冷凍設備を急に増設する必要もないなどの特長を備えている。

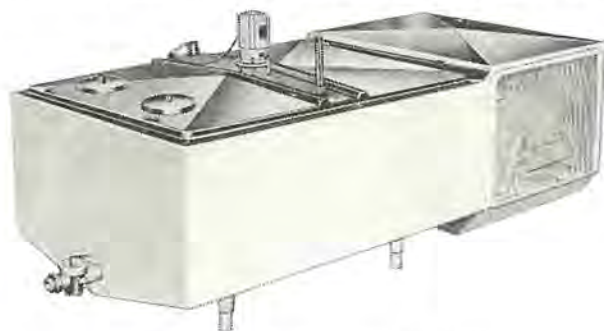


図 3.7 三菱バルククーラー CB-50 形
Milk bulk cooler model CB-50.

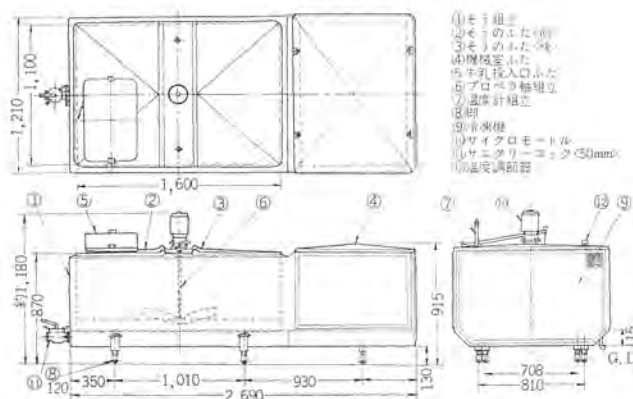


図 3.8 三菱バルククーラー CB-50 形外形寸法
Outline dimension of bulk cooler.

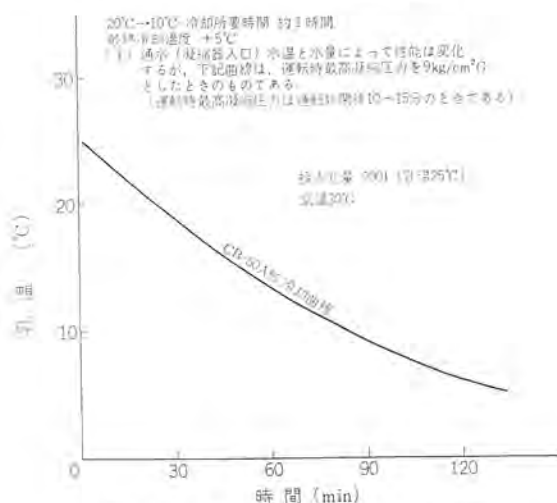


図 3.9 三菱バルククーラー CB-50 形冷却曲線
Characteristic curves of milk bulk cooler.

表 3.3 三菱バルククーラー仕様
Specification of bulk cooler.

形名		バルククーラー CB-50 A
外形寸法 mm	高さ	870
	幅	2,690
	奥行	1,210
容 量 l		900
電 源		3φ 200 V
冷 凍 機 W		3,700
冷 媒		R-12
凝 縮 器		水 冷 式
ア ジ テ ー タ W		100 減速機付
冷 却 時 間 h		約 1 時間 (20→10°C)
冷 却 温 度		5°C
重 量 kg		980

冷却能力は直接膨張式冷却器により急速に冷却し、アジテーター用ローペラを低回転(33/40 rpm)で平均にかきまぜており、図 3.9 の冷却性能曲線に示すとおり投入量 900 l を 20°C から 10°C まで約 1 時間で冷却し、 5°C までは約 1 時間 40 分で処理する。

3.4 三菱サーモキング輸送用冷蔵装置

集乳所からクーラーステーションあるいは乳業工場までを保持しながら輸送する冷蔵トラック用冷蔵装置として技術提携先のウェスティングハウス社のサーモキングがあり、弊社で販売している。

冷凍機とユニットクーラーを組合わせる形式で、小形トラックから大型トレーラーまで、どのような形式にもあうように 125 種のユニットがあり、図 3.10 のトラックやトレーラーの前方向部に冷凍機と送風機、冷却器をユニットにして取付けて冷却する“ノーズマウント形”および図 3.11 のとおり、トレーラーなど比較的大容量の積載量をもつものに適用する“フロントマウント形”は庫内にダクトを設け、平均した冷風を吹き出させて冷却する方式で、冷凍機部分をボディの底部に取付けて、冷却器、送風機ユニットと配管接続して冷却する図 3.12 の“アンダーマウント形”の 3 形式がある。

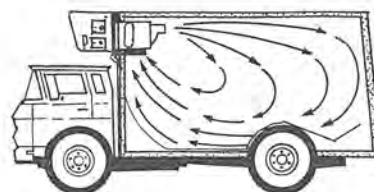


図 3.10 三菱サーモキング ノーズマウント形 (MW 形 KW 形)
Nose mount type cooling unit.

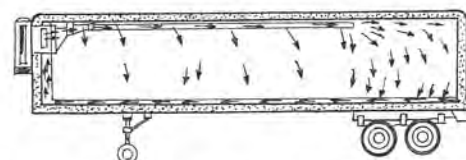


図 3.11 三菱サーモキング フロントマウント形 (KW 形 KL 形)
Front mount type cooling unit.

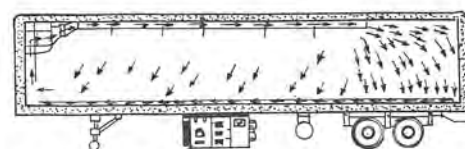


図 3.12 三菱サーモキング アンダーハング形 (UWD 形)
Under-hung type cooling unit.

3.5 ウォークイン形 冷蔵庫

乳業工場における大容量の冷蔵庫から販売店における 3.3 m^3 (1坪)~ 10 m^3 (3坪) 程度のものまでであるが、使用冷凍機は、大容量のものは高速多気筒冷凍機 図 3.13 を機械室に設けている。冷却方式は、図 3.14 のように裸の銅管を天井または壁に取付ける直形式が多かったが、近年、図 3.15 にみられるような冷却器と送風機をセットにしたユニットクーラー方式が多くなりつつある。販売店に

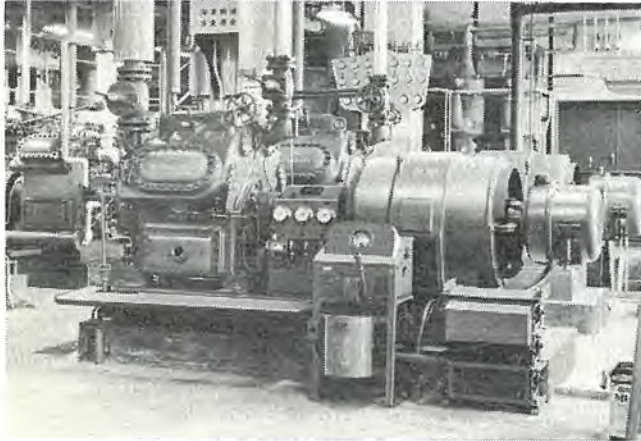


図 3.13 三菱高速多気筒冷凍機
Multicylinder type condensing unit.



図 3.14 ウォークイン形冷蔵庫 (自然対流形方式)
Walk-in type refrigerating warehouse
(Natural flow).

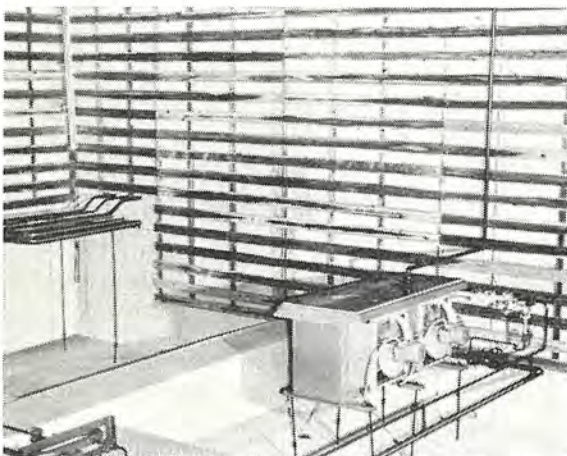


図 3.15 ウォークイン形冷蔵庫 (強制対流方式)
Walk-in type refrigerating warehouse
(Forced air cooling).

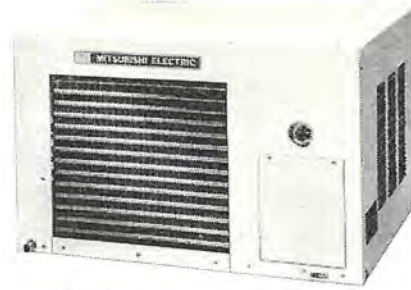


図 3.16 三菱冷蔵クーリングユニット HC-06 T 形
Cooling unit of model HC-06 T.

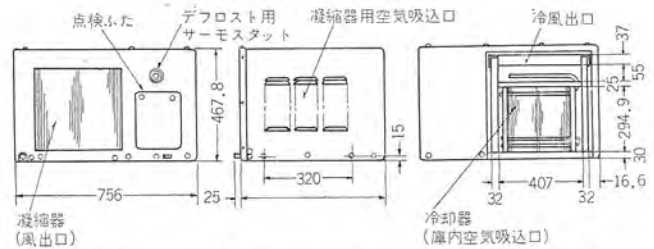


図 3.17 三菱冷蔵クーリングユニット HC-06 T 形外形寸法
Outline dimensions cooling unit.

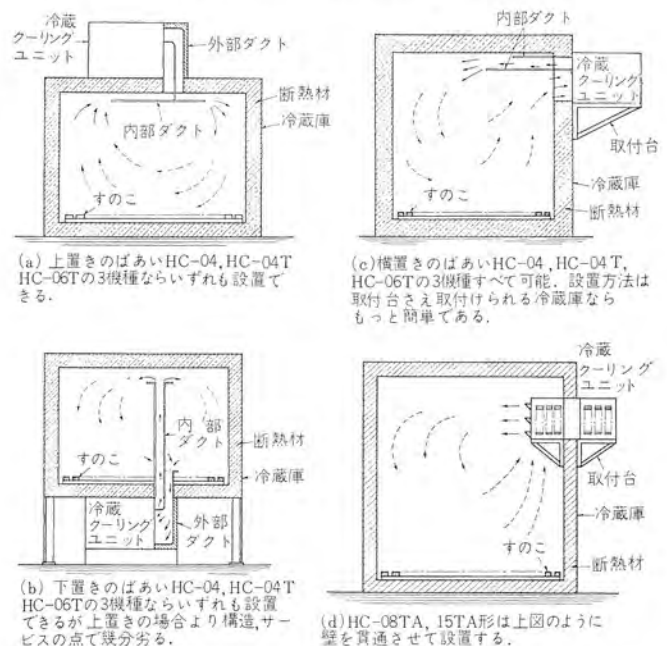


図 3.18 三菱冷蔵クーリングユニット HC-06 T 形取付方法の種類
Erection of air cooling unit.

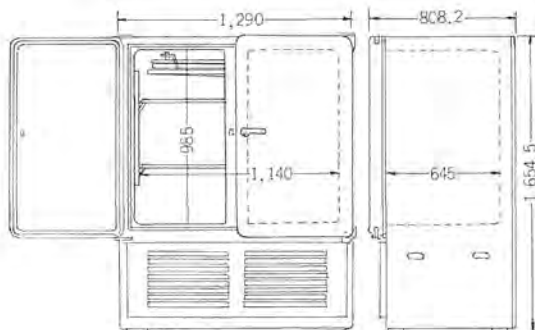
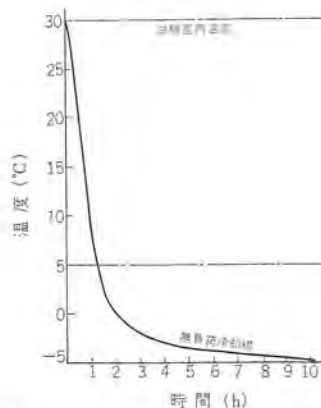


図 3.19 プレハブ冷蔵庫 Prefabricated refrigerator.

表 3.4 三菱冷蔵クーリングユニット仕様 (50/60 c/s)

Specification of cooling units.

項目		形 名	HC-04	HC-04 T	HC-06 T	HC-08 TA	HC-08 TW	HC-15 TA
外 形 寸 法	高 さ		410.8		467.8	400	400	520
	幅		503.3		756	710	710	860
	奥 行		665		532	780	780	1,035
mm								
外 装			高級仕上げ銅板メラミン焼付塗装					
電 源 V			1φ100V		3φ200V			
圧 縮 機 W			密閉形 400		密閉形 600	密閉形 750	密閉形 750	密閉形 1,500
冷 媒			R-12			R-22		
温度調節器 (デフロスト用)			付	付	付	付	付	—
冷 凍 能 力 (庫内温度 5℃)			550 kcal/h		750 kcal/h	1,200 kcal/h	1,200 kcal/h	2,400 kcal/h
冷 却 能 力 <div>庫容 内積 l</div>	外気 32℃	冷却庫	1,000~1,300		1,300~1,600	3,000~3,600	3,000~3,600	8,500~10,000
		保冷庫	1,800~2,200		4,500~5,000	9,000~11,000	9,000~11,000	24,000~27,000
	外気 40℃	冷却庫	800~1,000		1,000~1,300	2,400~2,900	2,400~2,900	6,800~8,000
		保冷庫	1,500~1,700		4,000~4,500	7,200~9,000	7,200~9,000	19,000~22,000
庫 内 温 度			5℃ 前後					
重 量 kg			50	44	60	80	80	120

図 3.20 三菱業務用冷蔵庫 C-3 形
Commercial refrigerating cabinet model C-3.図 3.21 三菱業務用冷蔵庫 C-3 形外形寸法
Dimensions of refrigerating cabinet.図 3.22 三菱業務用冷蔵庫 C-3 形冷却曲線
Characteristic curves of refrigerating cabinet.表 3.5 三菱業務用冷蔵庫 C-3 形仕様 (1 φ 100 V 50/60 c/s)
Specification of type C-3 refrigerator.

項目		形 式	C-3
外形寸法 mm	高 さ		1,662
	幅		1,306
	奥 行		845
冷 凍 装 置 W			150
性 能			5°C±2°C
全 内 容 積 l			720
有 効 内 容 積 l			540
温 度 調 節			自動温度調節器
付 属 品			すのこ 2枚・たな 4枚
重 量 kg			260

おける小容量のものには小形開放形冷凍機と天井つり、あるいは壁面取り付けの銅管または銅管を使用しているが、最近 プレハブ 冷蔵庫に密閉形冷凍機、送風機、冷却器を取りまとめた冷蔵クーリングユニットを組合わせて設置する傾向もある。

図 3.16 に三菱冷蔵クーリングユニット、図 3.17 はその外形寸法図、図 3.18 に冷蔵庫との組合わせ、表 3.4 はその仕様である。

クーリングユニットを使用すれば プレハブ 形式のみでなく、通常のウォークイン 冷蔵庫を使用する場合にも、冷却管製作と取付け、配管工事、圧力テストなどの手間が省け、工期が大幅に短縮できる大きな利点があり、牛乳および乳製品のように比較的高温度の冷蔵庫用として需要が伸びている。

3.6 リーチイン形 三菱業務用冷蔵庫

販売店において、牛乳の貯蔵用として使用されるが、その容量からいっても、家庭配達、卸売り向きではなく、最終小売り店および飲料店に多く使用されている。図 3.20、3.21 は量産製品 C-3 形で表 3.5 はその仕様である。

冷却方式は自然対流式が採用されているが、自動温度調節器で自動運転、自動霜取り装置を内蔵している ので、便利である。図 3.22 の冷却曲線のとおり庫内温度 30°C→5°C まで約 1 時間 20 分かかるが、実際の使用状況では、とびら(扉)の開閉ははげしく、保冷庫的な考え方よりも冷却用としての面が強いので、牛乳保冷用としての目的を果たすためには、合理的な使用条件を考慮する必要がある。

3.7 三菱冷蔵ショーケース

小売店での店頭販売容器としてはほとんど全国的に普及している。牛乳および加工乳の種類の増加により、大型のものが増加する一方、



図 3.23 三菱冷蔵ショーケース MP-150 ALR 形
Showcase of milk and dairy product.

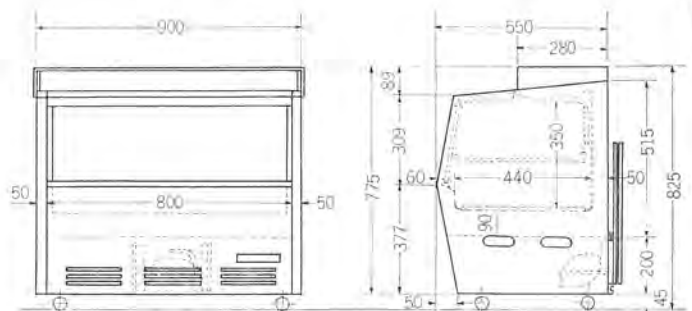


図 3.24 三菱冷蔵ショーケース MP-150 ALR 形外形寸法
Outline dimensions of showcase model MP-150 ALR.

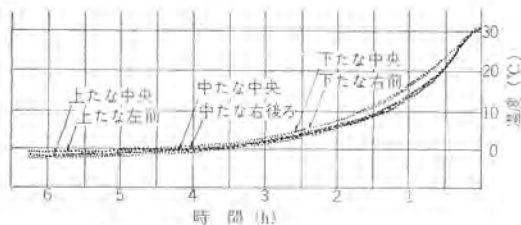


図 3.25 三菱プルダウンテスト
Pull down test.

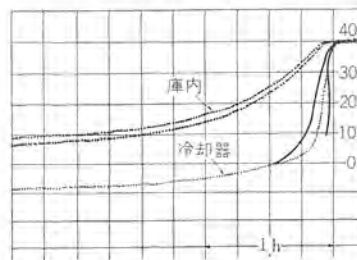


図 3.26 三菱高温テスト
High temperature test.

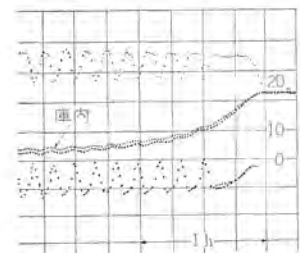


図 3.27 三菱低温テスト
Low temperature test.

表 3.6 三菱冷蔵ショーケース仕様 (1φ 100 V 50/60 c/s) Specification of refrigerating showcase.

項 目	形 名	MP-100 FLK	MP-150 ALR	MP-150 BLR	MP-250 DLH
外	箱	銅板製白色メラミン焼付塗装			
内	箱	銅板製白色メラミン焼付塗装			
上	面	ペアガラス	シングルガラス製引戸	ペアガラス	熱線吸収シングルガラス製引戸
前	面	シングルガラス製2枚引戸	ペアガラス		
全 内 容 積 l		102	140		235
有 効 内 容 積 l		96	136		229
冷 凍 装 置		85 W			130 W
庫 内 温 度		5°C±2°C (周囲温度 30°C にて日光の直射を受けず)			
温 度 調 節		自 動 温 度 調 節 器			
照 明 器 具 (けい光灯)		15 W 1本	20 W 1本		
付 属 品		すのこ2枚, たな4枚, きり1本	すのこ3枚, たなわく4枚, きり1個, 中板たな8枚	すのこ3枚, たな4枚, きり1個	すのこ 大小各2枚, たな6枚, きり1個
製 品 重 量 kg		53	60	59	80
外形寸法 mm 高さ×幅×奥行		985×500×550	825×900×550	985×650×583	1,005×1,020×583
貯 蔵 量		牛乳(角)140本, (丸)130本, ビール32本	牛乳(角)240本, (丸)220本, ビール50本, バター (225g入) 360個, チーズ (225g入) 406個	牛乳(角)232本, (丸)208本, ビール53本, バター (225g入) 339個, チーズ (225g入) 382個	牛乳(角)416本, (丸)362本, ビール87本, バター (225g入) 525個, チーズ (225g入) 670個
電 気 料 金 (1日当り)		約8円	約11円	約9円	約13円

国電ホーム売店などに見られる手軽に設置できる小形のものが多く、形状も横形のものが多く、立て形もある。図 3.23, 3.24 にその1例を、表 3.6 に仕様を示す。

内容積 100~235 l まで4種、牛乳(角) 140~416 本を収納でき、冷凍機は 140 l までは 85 W, それ以上には 130 W を使用し、いずれも空冷式密閉形である。

保持温度は、周囲温度 30°C で +5°C±2°C で自動温度調節器で運転調節される。図 3.25 に、冷却テスト(周囲温度 30°C, 連続運転)の一例を図 3.26 に、高温試験(周囲温度 40°C), 図 3.27 に低温試験(周囲温度 22°C)を示す。5°C までの所要時間は 30°C で約2時間10分、6時間連続運転で -2°C 程度まで下げることができ、上下たな(棚)での温度差は 1.5°C~2°C 程度である。

高温試験では庫内最高温度 10°C, 最低温度 5.8°C, 平均温度 7.8°C であった。もちろん運転率は 100 % である。

低温試験では、庫内温調 ON 時 3.8°C (温調角度 4) 最低温度 1.5

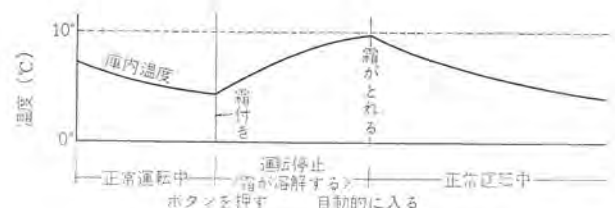


図 3.28 三菱冷蔵ショーケース デフロストデター
Defrosting characteristics of off cycle operating of chilling showcase.

°C, 運転率は 50 % で、22°C→5°C までの所要時間は約1時間であることが示されている。

実際われわれが目にする使用状況では、日光直射の場所が多く、またドアの開閉が多いので、日中の運転率はかなり高いものであろう。全機種自動霜取り装置付きでその一般的なデータを図 3.28 に示す。前面ガラスはペアガラス、周囲は保温材で防熱してあり、内部照



図 3.29 三菱卓上ショーケース MT-055 LT 形
Small showcase without machine room.

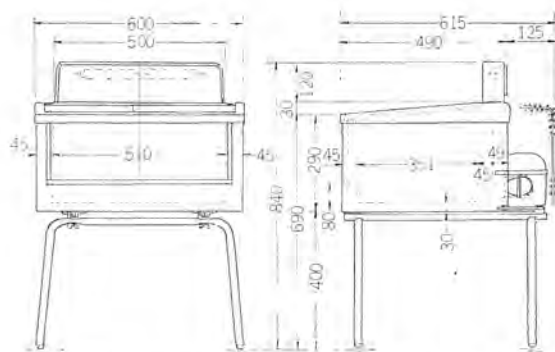


図 3.30 三菱卓上ショーケース MT-055 LT 形外形寸法
Outline dimensions of small showcase model MT-055.



図 3.31 三菱卓上ショーケース MT-060 LT 形
Small showcase on table type.

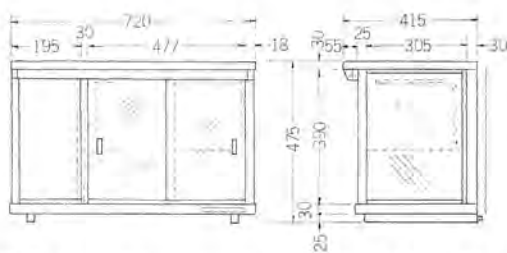


図 3.32 三菱卓上ショーケース MT-060 LT 形外形寸法
Outline dimensions of small showcase.

明はけい光灯を使用、サービスは上部ガラス引戸あるいは背面とびらより行なう構造で、移動用にキャスターがついている。

3.8 三菱卓上ショーケース

牛乳の小規模な店頭販売用として、小形軽量なので、スペースをとらずどこにでもおける卓上用ショーケースが随所で用いられている。容量も45～55 l、牛乳びん54～88本程度の小形で、図3.29のよ

表 3.7 三菱卓上ショーケース仕様
Specification of table type showcase.

項目	形名	MT-055 LT	MT-060 LT
外箱		銅板製白色メラミン焼付塗装	高級仕上げ銅板合成樹脂焼付塗装
内箱		塩ビ銅板製特殊加工仕上げ	合成樹脂成形品および塩ビ銅板製
前面		ペアガラス	シングルガラス引違い戸、側面シングルガラス
上面		合成樹脂成形品、引戸（シングルガラス）	高級仕上げ銅板合成樹脂焼付塗装
全内容積 l		45	55
有効内容積 l		43	46
冷凍装置		単相 100 V 50/60 c/s 85 W	
庫内温度		5°C～10°C まで調節可能（室温 30°C にて直射日光受けず）	
温度調節		自動温度調節器	
照明器具		10 W けい光灯 1 本（押しボタンスイッチ付）	20 W けい光灯 1 本（押しボタンスイッチ付）
重量 kg		約 30	
付属品		すのこ、保護わく	たな（3枚分割方式）
貯蔵量		牛乳（角）54 本、（丸）45 本、テトラ牛乳（180 cc 入）90 個、ヨーラ 45 本	牛乳（角）88 本、（丸）77 本、ビール 19 本
外形寸法 mm		高さ 840×幅 600×奥行 615	高さ 475×幅 720×奥行 415
電気料金		年平均 1 日 約 9 円	

うな足付き着脱可能と、図 3.30 の卓上専用とが販売されている。温度は 5～10°C で自動温度調節器で自動運転を行ない、サービスは足付きが上面ガラス戸、卓上が前面ガラス戸になっている。

4. む す び

以上、牛乳の生産地から小売店まで、生産から消費にいたる流通経路に従って使用されている冷凍機と応用製品の概略について記してきたが、まえがきにも述べたとおり、生活水準の向上とともに食生活の栄養価的な改善が進められ、完全食品としての牛乳が、わが国においては、さらに普及し欧米の水準に急激に近づくであろうし、それにとりまう各種冷凍機製品も量的・質的にも増大、向上して行くであろう。

生乳の特質

- (1) 毎日生産出荷される。
- (2) 腐敗しやすく、貯蔵の弾力性が低いうえに鮮度を失うと、商品価値は著しく減少する。
- (3) 農家自身で加工処理して毎日販売することは不可能であり、食品である以上衛生的知識や設備を必要とする。
- (4) 消費者に新鮮なものを供給するには処理加工上の操作が必要で、そのための加工技術・資本・販売組織をもたなければならない。

これらの点から生産者すなわち酪農家は、共販体制をとる必要が生まれ、各地酪農協による一元集荷、多元販売が行なわれているが、腐敗を防ぎ、貯蔵の弾力性を高めるために低温技術の導入は不可欠であり、わが国酪農業の零細性を打破するポイントである。また、学校給食、職場における集団需要がさらに多くなり、家庭配達の単位量が増大すれば、当然、販売卸店などの冷蔵機構も進歩することになり、牛乳の流通経路と冷凍機器はさらに密着して進歩していくであろう。そして牛乳のコールドチェーンはすでに完成されているが、冷凍機器の進歩はさらに牛乳コールドチェーンを充実するとともに経済的にも取扱い上も改善発展をもたらすことであろう。

最近登録された当社の特許

名 称	登 録 日	特 許 番 号	発 明 者	関 係 場 所
回転音響機器の回転力伝達装置	41-10-17	812782	進藤武男・和田庄次	郡山製作所
可動支持装置	41-11-11	814321	竹村仁志	鎌倉製作所
会計機などの鍵装置	42- 1-16	819979	渡辺義彦	鎌倉製作所
被制御量の設定値の変化率導出装置	42- 4-12	492238	斎藤 豊	神戸製作所
エアータオルの制御装置	42- 4-12	492275	{小原英一・小野健一 {中村新一・関根文男	商品研究所
位置制御装置	42- 5-10	493448	斎藤 豊	神戸製作所
誘導加熱装置	42- 5-10	493451	田中一美・藤室雅司	伊丹製作所
継電器回路	42- 5-11	493570	森 健	神戸製作所
超電導装置	42- 5-12	493605	河合 正・岩本雅民	中央研究所
リボン状単結晶の製作方法	42- 5-12	493606	藤林肇次・行本善則	北伊丹製作所
電解加工液の処理装置	42- 5-12	493607	佐藤国彦	名古屋製作所
起呼検出方式	42- 5-12	493609	前田良雄・平沢茂一	中央研究所
計数回路	42- 5-12	493611	倉橋浩一郎	中央研究所
磁気吹消形しゃ断装置	42- 5-12	493612	六藤孝雄	伊丹製作所
開閉器	42- 5-12	493613	六藤孝雄	伊丹製作所
平衡電流補償型方向地絡距離継電装置	42- 5-12	493793	三上一郎	神戸製作所
並行2回線用地絡方向距離継電装置	42- 5-12	493795	三上一郎	神戸製作所
アナログ電圧保持装置	42- 5-12	493608	阪尾正義	鎌倉製作所
ナトリウム蒸気放電灯	42- 5-12	493610	土井貞春・加茂 透	大船製作所
爆圧成形法	42- 5-15	493819	前田祐雄・斎藤長男	名古屋製作所
救命用気体膨張式滑り台装置	42- 5-15	493848	宇川 彰	中央研究所
偏光系を用いた移動視板の製造方法	42- 5-15	493882	井手平三郎・依田 功	大船製作所
電圧比較回路	42- 5-23	494258	石田哲爾・永岡 栄	鎌倉製作所
記憶装置用酸化物磁心	42- 5-23	494283	井手平三郎・水上益良	大船製作所
電流一致式記憶装置の駆動方法	52- 5-27	494574	中村 弘・水上益良	大船製作所
電力制御装置	42- 5-27	494545	赤松昌彦	中央研究所
直接接地系統用万能故障検出継電装置	52- 5-27	494550	古谷昭雄	神戸製作所
遠隔制御又は情報伝送のための信号伝送方式	42- 5-31	495195	小林 茂・今泉 巽	通信機製作所
高周波用酸化金属磁心材料	42- 5-31	319060	{河合 登・中村 弘 {井手平三郎・水上益良	大船製作所
放電灯用顔料層の製造方法	42- 6- 5	495392	大田重吉	大船製作所
直流電力制御装置	42- 6- 5	495267	大野栄一・赤松昌彦	中央研究所
直流電力制御装置	42- 6- 5	495268	大野栄一・赤松昌彦	中央研究所
直流電力制御装置	42- 6- 5	495269	大野栄一・赤松昌彦	中央研究所
高速打点式印刷装置	42- 6- 7	495409	磯崎 真	鎌倉製作所
放電灯用安定器鉄心の組立方法	42- 6- 7	495440	萩原大義	大船製作所
ローウェイの保安装置	42- 6-13	495866	吉田太郎・川合 弘	名古屋製作所
負荷回路開閉装置	42- 6-13	495892	釘本範雄	姫路製作所
同期投入装置	42- 6-15	495915	山地正城	長崎製作所
可変容量素子	42- 6-15	495933	清水潤治・近藤明博	北伊丹製作所
カラーテレビジョン受像機	42- 6-15	495942	岩村清志郎	京都製作所
半導体装置の製作方法	42- 6-15	495944	清水潤治・中田伏祐	北伊丹製作所
事務文書	42- 6-19	496181	福永圭之介・木村隆之	鎌倉製作所
二次元微い制御装置	42- 6-27	496535	俵口久元・金森剛明	名古屋製作所
インバータ装置	42- 6-27	496548	赤松昌彦	中央研究所
エレベータの荷重検出装置	42- 6-27	496518	太田久雄	稲沢製作所
空気しゃ断器	42- 6-28	496659	田辺俊雄・佐藤邦彦	伊丹製作所
走行材料の減速制御装置	42- 6-28	496669	小川祐三	神戸製作所
パルス電圧波高値測定装置	42- 6-28	496684	八島英之	神戸製作所
張力制御装置	42- 6-30	496847	浅野哲正	姫路製作所
摩擦接合装置	42- 6-30	496903	斎藤長男・荒井伸治	名古屋製作所



特許と新案

車両の積荷高さ識別装置

考案者 武田克己・神本明輝

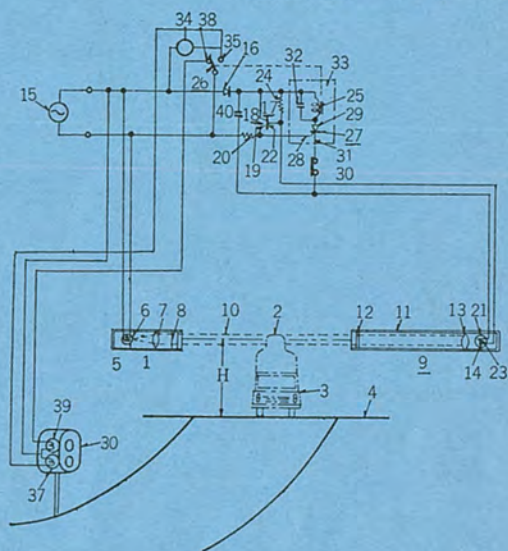
(実用新案第833194号) (幸島記)

この考案は車両の積荷が、たとえばトンネルの天井より高い場合にこれを検出して警報を発し、積荷がトンネルの天井に衝突するのを未然に防ぐようにした装置に関するものである。

図において、(1)と(9)は道路の両側の所定高さ位置に配設した投光器と受光器、(34)は警報器である。

今、制限高さHより高い積荷を有する車両が通れば、投光器(1)の赤外線ビーム光(10)がさえぎられるので、受光器(9)のホトトランジスタ(14)の内部抵抗が大きくなる。このため、トランジスタ(17)が導通し、サイリスタ(27)が点弧される。したがって、電磁コイル(25)が付勢されて接点(35)が閉合されるので、警報器(34)が動作して、監視員や運転手に知らせる。警報をうけた係員が積荷の調整を行なったあと、リセット用スイッチ(30)をいったん開けばサイリスタ(27)が不導通となり、警報動作は停止する。

この考案は、積荷がトンネルや高架道路に衝突するのを未然に防止し得るほか、警報動作はリセット用スイッチを開くまで維持されるので、その伝達も確実である。



電気ドリル

考案者 入江厚

この考案はコンクリートやタイルなどに穴をあける場合は、工具に回転運動と往復運動とを与え、また、鉄板や木材に穴をあける場合は、工具に回転運動のみを与えて効率良く作業を行なうようにした電気ドリルに関するものである。

図1において、(3)は電動機軸、(9)は主軸、(17)は上記主軸(9)にキー結合された振動板であって、その上面には図2に示すように、一方向に傾斜する凹部(20)が形成されている。(14)はボール受で、その多数の穴(15)にはボール(22)が収納されている。なお、上記ボール受(14)には図3にも示すように切欠き(16)が設けられている。(29)は操作ハンドルで、これを回すことによって係止子(38)が主軸(19)と直角方向に動く。

今、チャック(11)に工具を取り付けてこれを被穴あけ材に押圧し、

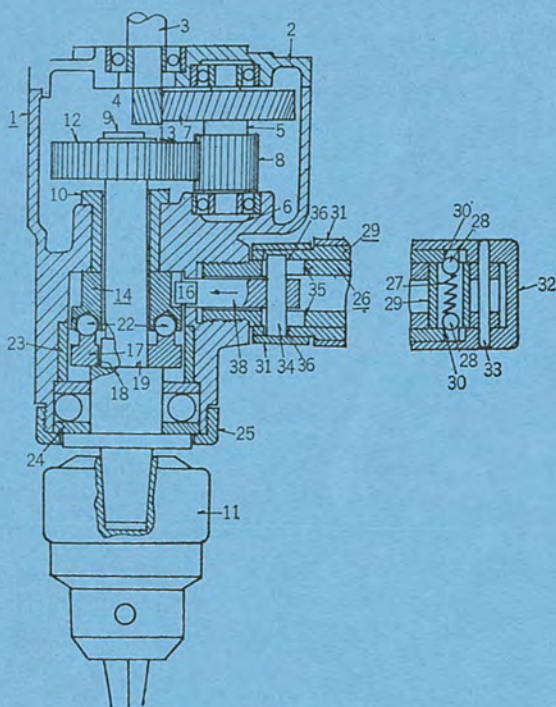


図 1

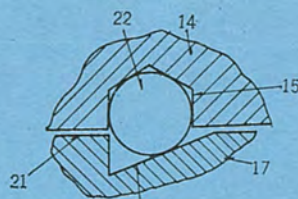


図 2

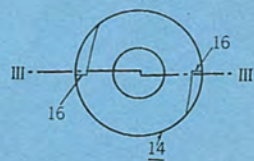


図 3

かつ、ハンドル (29) を回して係止子 (38) によってポール受 (14) を固定したのち、電動機を起動すると、工具および振動板 (17) が回転する。しかし、振動板 (17) の凹部 (20) と突部 (21) とが交互にポール (22) に接触するので、反作用をうけて振動板 (17) および主軸 (9) が往復運動を行なうことになる。

また、ハンドル (29) を上記と反対方向に回して係止子 (38) を切欠き

(16) からはずすと、ポール受 (14) が振動板 (17) と一体に回転するので、振動板 (17) には往復運動が働かない。したがって、この場合、工具は回転運動のみを行なう。

この考案によれば、工具の動作の切り換えを手の位置を変えずに行なうことができ、操作が容易で迅速にできる。

(実用新案第 830444 号) (幸島記)

多種料金用電力計量装置

考案者 武田 克己・林 正之

この考案は単一の積算電力計と 2 個の電力受量器とを用いて、昼間と夜間との電力を計量するようにした計量装置に関するものである。

図 1 および図 2 において、(40) は回転子 (45) および発信装置 (39) を有する積算電力計、(31) はタイムスイッチ、(46) (46') は受量器、(49) (49') は電源装置、(47) (47') はステッピングモータであって、励磁コイル (119 a) (120 a) ~ (119 c) (120 c)、(119 a') (120 a') ~ (119 c') (120 c') を備えている。(77 a) (77 a') ~ (77 c) (77 c') は整流器、(48) (48') は計量器である。

図 1 および図 2 に示す状態は昼間の状態であり、一方の受量器 (48) が電源装置 (49) に接続されている。したがって、消費電力量に比例した速度で発振装置 (39) の各発振回路 (121 a) ~ (121 c) が順次発振し、ステッピングモータ (47) の励磁コイル (119 a) (120 a) ~ (119 c) (120 c) が順次励磁されるので、そのロータが回転して計量器 (48) を駆動す

る。夜になってタイムスイッチ (31) が切換え動作すれば、他方の受量器 (46') が電源装置 (49') に接続されて、それ以後の消費電力量は計量器 (48') で計量されることになる。

この考案によれば、単一の積算電力計で多種電力量を計量できるほか、各受量装置におけるステッピングモータの励磁回路には逆流阻止用整流器を設けているので、受量装置が誤計量を行なうことがない。

(実用新案第 822663 号) (幸島記)

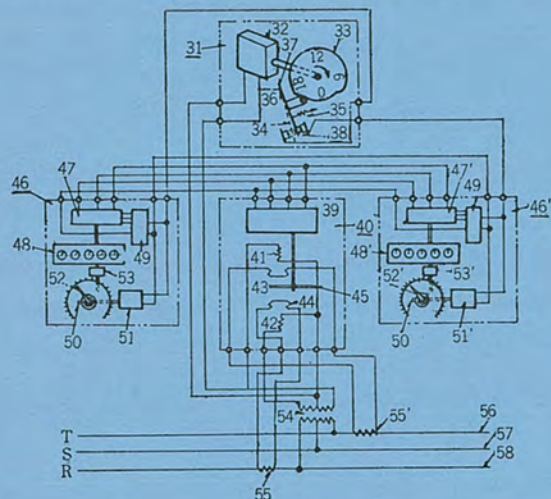


図 1

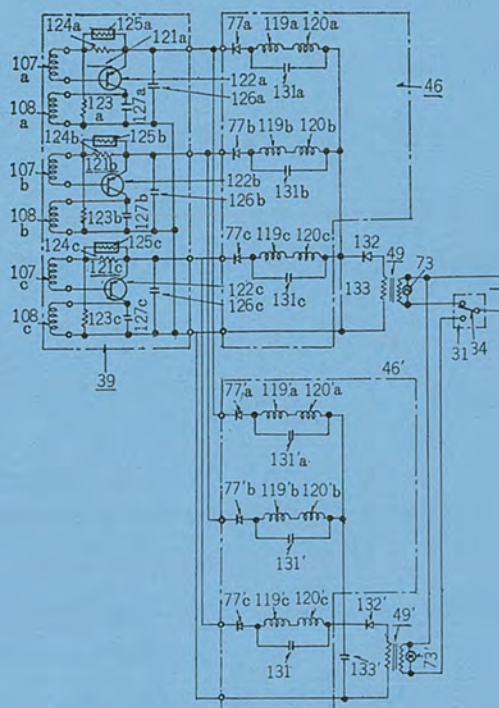


図 2

輸出化学繊維プラントの電機品

桑原 兼一^{*}

木村 隆信**・北川 博美**

下野 信男***・安坂 吉生***

Electric Equipment of Export Viscose Rayon Plant

Mitsubishi Heavy Industries, LTD. Kenichi KUWABARA

Nagoya Works Takanobu KIMURA • Hiromi KITAGAWA

Fukuoka Works Nobuo SHIMONO • Yoshio YASUSAKA

Exporting complete installation of an industrial plant has been actively going on these years, being in conformity with national policy. Recently electric equipment of a viscose plant was exported to FCVBL Company in Yugoslavia through the Mitsubishi Heavy Industries. Herein is made description on the electric machines with the matters, of which the Company took pains in the design and manufacturing, in the centre. The contents cover the outline of the manufacturing process of viscose staple fibers and cellophane, the scale of the plant, calculation of short-circuit currents and strength against them, utilization of a control centre, explosionproof electric apparatus and the control of sulfuric dissolving device as the description of the plant.

1. ま え が き

プラント 輸出は東南 アジア 東 ヨーロッパ 諸国をはじめとして、最近おおいに増大しているが、輸出向上を国策とするわが国にとって、今後いっそう推進せねばならないことのひとつであろう。この中にあって化学繊維プラント もその重要な一役を荷っていると言える。

今回三菱重工(株)を通してユーゴスラビア、FCVBL社ヘビスコスプラント(以下BLプラントと略す)用の一連の電機品を納入したので、とくに注意研さんした事項を中心に紹介する。

このプラントは、ピスコスツの単基容量としては世界最大級のものであり、かつこのほかに16MWの自家発電プラントを2基建設する大形プラントである。

この電機品のおもな問題点と特長はつぎのとおりである。

(1) 変圧器2台の並列運転による増大した短絡電流のため大きな短絡強度を必要とした。かつドイツVDE規格によるそれらの計算書の提出を要求された。

(2) 屋内現場に設置する機器の保護構造は、普通の電動機は DIN 40050/60 による P 33 を、また押しボタン操作パネル類は P 44 が要求された。

(3) 二硫化炭素防爆機器を製作した。

(4) 硫化溶解装置をはじめ多数に自動装置を採用した。

2. BL プラントの概要

ビスコース繊維の製造は、繊維素（パルプ）をか（苛）性ソーダと二硫化炭素との作用によって、繊維素ザンゲン酸ソーダとしてか性ソーダ溶液に溶解してビスコースを作り、これを硫酸および硫酸塩溶液の凝固浴中で紡糸して繊維に再生する化学的操作に立脚するもので、製造工程は原液製造部門と紡糸仕上げ部門および付属設備とに大別される。セロファンは原液部門は同じで抄造部門が紡糸部門と異なる（図2.1は製造工程の概略を示す）。

2.1 原液製造部門

シート状のパルプをか性ソーダ溶液を満たしたスラリータンク中に連続

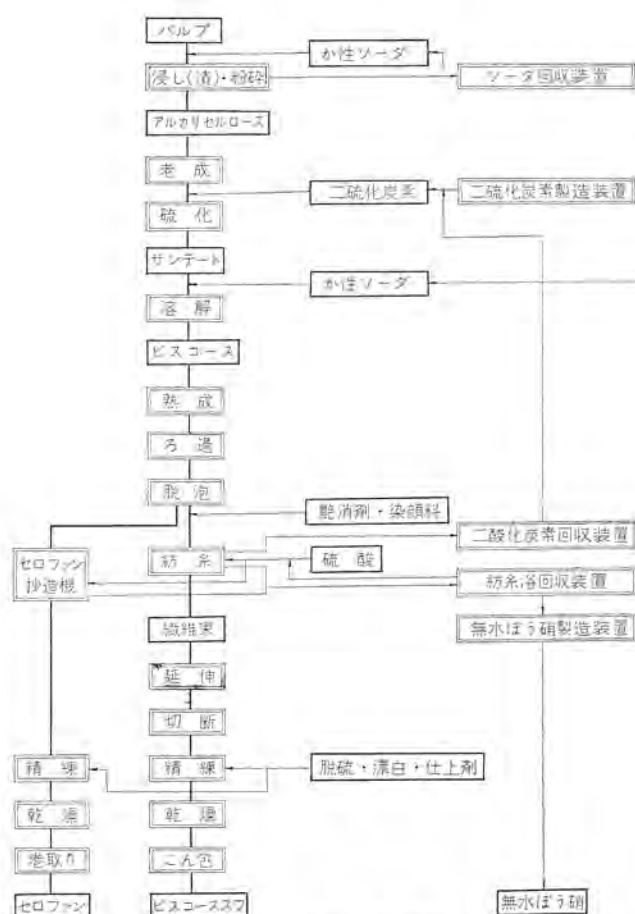


図 2.1 製造工程の概要
Flow chart of viscose plant.

的に投入してかく(攪)拌し、スラリー状で浸し(漬)を行ない、これを圧搾粉砕してアルカリセルローズを作る。浸しに使用したか性ソーダの一部はアルカリ回収装置へ送られ、バルブから溶出したヘミセルローズを除去し、再使用する。アルカリセルローズは紡糸に適当な粘度のビスコースが得られるよう重合度を低下させるために老成機で一定時間老成し、

硫化機で二硫化炭素と反応させ、か性ソーダ溶液を加えかく拌した後、溶解機でさらに粉砕溶解してビスコース液を作る。このビスコース液を混合機でかく拌し熟成タンクで一定時間熟成して可紡性を良くし未溶解きょう(夾)雑物を除去するためろ過する。さらに脱泡装置でビスコース液中のあわ(泡)を抜き去り、必要に応じてつや(艶)消剤あるいは染料をビスコースに注入し、今一度ろ過して紡糸機へ供給可能なビスコースを作る。

2.2 紡糸・仕上部門

ビスコース液を紡糸口金を通して凝固浴中に圧出し、高温水浴を経てセルロース繊維に再生して次の仕上部門に供給する。セルロース繊維を再生する際、二硫化炭素および含水ぼう(芒)硝が多量にできる。二硫化炭素は回収装置へ導き純粋な二硫化炭素に再生し硫化工程に再使用する。含水ぼう硝は無水ぼう硝製造装置へ導き副産物として純粋な無水ぼう硝を製造する。繊維束として供給されたセルロース繊維は延伸機で延伸強化され、カッターで切断されステープルとなる。ステープルは精練機へ送られる。精練機では再生繊維中に含まれている硫黄その他を除去して白色、良質のステープルとするために水洗、脱硫、漂白、仕上等の工程を経て精練し、乾燥機で熱風乾燥を行なう。乾燥ステープルは圧縮こん(梱)包され最終製品となる。(なお、ビスコースフィラメントは紡糸工程にてケーク状に巻取り、そのまま精練、乾燥工程を経て製造される)。また、ビスコース液からセロファンが製造されるが、紡糸と異なるのはビスコースを凝固浴中へスリットから圧出し、フィルム状に凝固再生させる点だけで、精練工程もステープルの場合とほとんど同様に行なわれる。なお、防湿セロファンはこの生フィルムにうっかをコーティングして作られる。

今回の BL プラントはユーゴスラビアではモデルプラントとして注目されているものであり、世界的に見ても最新鋭・高能率なプラントである。その生産能力は下記のとおりである。

(1) ビスコース ステープルファイバー

普通 スフ 25 t/d 2 ライン

改良 スフ 12.5 t/d 1 ライン 計 67.5 t/d

(改良 スフライン で普通 スフ を 25 t/d 製造可能)

1 ライン で 25 t/d 製造する装置は世界最大級のものである。

(2) セロファン

普通 セロファン 5 t/d 2 ライン 計 10 t/d

コーティング機 10 t/d 1 ライン

(3) 付属プラントおよび設備

(a) 無水ぼう硝製造プラント 50 t/d

(b) 二硫化炭素製造プラント 20 t/d

(c) 火力発電所 16,000 kW 2 基

(d) 用水処理設備

(e) 廃水・スラッジ処理設備

(f) 二硫化炭素回収装置

(g) 溶剤回収装置

3. 低圧電源系統の短絡保護

電源系統における短絡電流および母線短絡電流強度の計算はユーゴ側の要求でドイツ VDE 規格によって行なわなければならないが、本章ではおもにこの VED による計算法を紹介するとともに従来使ってきた NEMA 規格による方法との比較検討を試みる。

3.1 低圧電源系統

図 3.1 は BL プラントの高压から低圧への配電区分、図 3.2 はそ

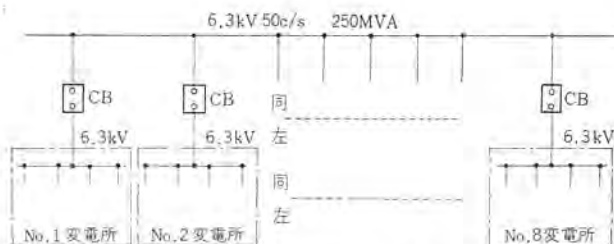


図 3.1 BL プラント 配電系統
Outlined distribution of BL plant.

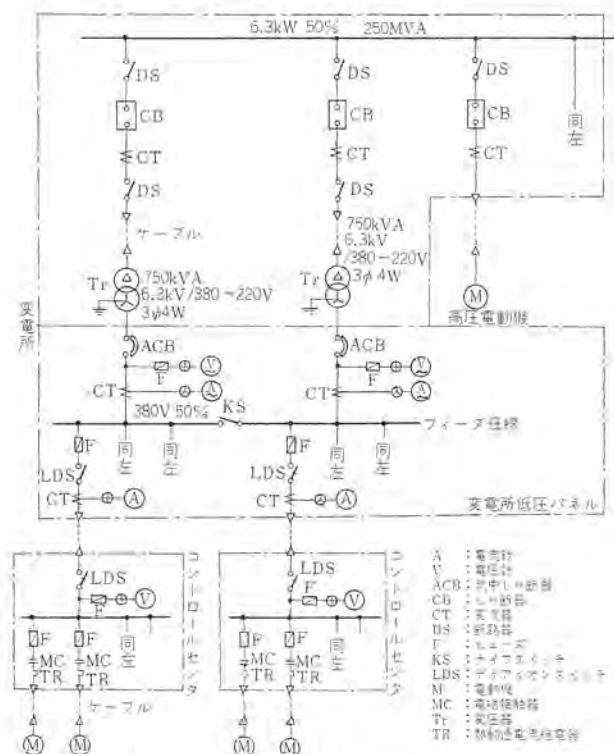


図 3.2 BL プラント 低圧電源系統の一例
Example of the low tension distribution system of BL plant.

表 3.1 各変電所の容量と適用プロセス
Transformer capacity of each substation and the application of installations to processes.

変電所番号	変圧器容量	主要プロセス
1	750 kVA×3 台	セロハンキャストイング、レーヨン糸乾燥・こん包
2	1,000 kVA×1	CS ₂ 再生、主排気ファン
3	750 kVA×2	紡糸、精練
4	750 kVA×2, 1,000 kVA×1	熟成、ろ過、脱泡、凝固浴
5	750 kVA×5	浸し(漬)、圧搾、粉砕、老成、硫化、溶解、混合
6	400 kVA×1	水処理
7	200 kVA×1	CS ₂ 製造
8	1,000 kVA×2	セロハンコーティング・仕上

の変電所およびコントロールセンタ系統図の一例である。また変電所の容量およびおもな用途を表 3.1 に示す。

この低圧系統におけるおもな特長はつぎのとおりである。

(1) 選択しゃ断方式であること。

(2) 変圧器 2 台の並列運転ができ、その短絡電流に耐えること。

(3) ユーゴ側の要求により主しゃ断器以外の各回路の短絡保護にヨーロッパ製ヒューズを使用するよう要求された。

(4) 三相 4 線式で中性点接地、制御回路は R、N 相間とする。

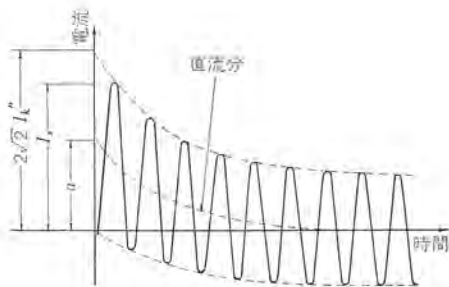


図 3.3 短絡電流初期状態の波形
Asymmetrical short-circuit current waves.

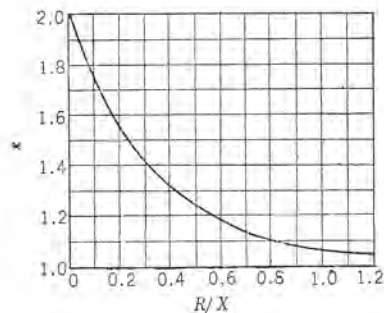


図 3.4 非対称係数 \$\kappa\$
(VDE 0102 Teil 1/9.62 Bild 2 による)
Factor \$\kappa\$.

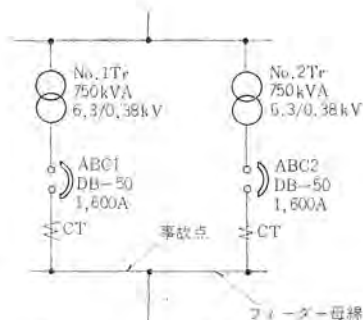


図 3.5 変圧器 2 台並列運転時の概略単線図
Single line diagram of transformers in parallel operation.

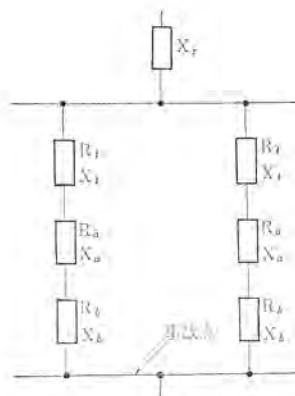


図 3.6 図 3.5 におけるインピーダンス線図
Impedance diagram of fig. 3.5.

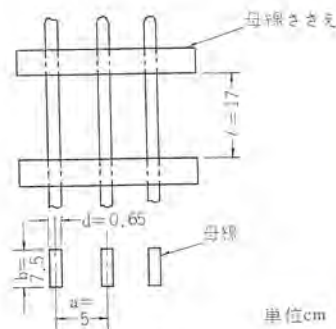


図 3.7 母線寸法と支持間隔
800 A 定格
Bus size and supporter distance for 800 A rating bus.

3.2 短絡電流

(1) 基本式 VDE-0102 Teil 2/4. 64によれば、短絡電流は次式によって与えられる。

なおここではすべて三相短絡について扱うものとする。

$$I_k'' = \frac{C \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (\text{kA}) \quad (3.1)$$

$$I_s = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' \quad (\text{kA}) \quad (3.2)$$

ただし \$I_k''\$ = 初期対称短絡電流, rms (図 3.3) (kA)

\$U\$ = 回路電圧 (kV)

\$Z\$ = 回路インピーダンス (\$\Omega\$)

\$I_s\$ = 非対称短絡電流ピーク値 (kA)

\$C\$ = 電圧上昇に対する乗数、一般には 1.1 を用いるが電圧が定格電圧の 1.1 倍を越えないときは 1.0 を用いるので、ここでは 1.0 を用いる。

\$\kappa\$ = 非対称係数 (図 3.4 による)

短絡電流は式 (3.1) による電流のほか電動機による寄与電流があるが、本プラントでは一般に電動機へのケーブルが長く、負荷回路のインピーダンスが比較的高くなるため本例では無視した。

(2) 計算例

この計算では最も短絡電流が大きいことが予想される図 3.2 のフィーダ母線についてのみ行なう。図 3.5 は図 3.2 を簡単にしたもので、図 3.6 はそのインピーダンス線図である。

(a) インピーダンスの計算

変圧器一次側の系統リアクタンス \$X_s\$ はその短絡容量を \$P_s\$ (MVA) とすれば、

$$X_s = \frac{U^2}{P_s} \quad (\Omega) \quad (3.3)$$

$$\approx 0.0006 \quad (\Omega)$$

変圧器の抵抗、リアクタンスは次式により求まる。

$$R_l = \frac{U_r V^2}{100 P_l} \quad (\Omega) \quad (3.4)$$

$$X_l = \frac{U_x V^2}{100 P_l} \quad (\Omega) \quad (3.5)$$

ただし \$U_r\$ = % レジスタンス, 750 kVA 変圧器では約 1 %

\$U_x\$ = % リアクタンス, 750 kVA 変圧器では約 4 %

\$P_l\$ = 変圧器容量 (MVA)

$$R_l = 0.0019 (\Omega) \quad X_l = 0.0076 (\Omega)$$

ACB の抵抗、リアクタンスは 1,600 A 定格のもので次の値である。

$$R_a = 0.00002 (\Omega) \quad X_a = 0.00007 (\Omega)$$

図 3.6 \$R_b, X_b\$ は母線, CT 等の抵抗、リアクタンスであるが大体下記の値となる。

$$R_b = 0.0003 (\Omega) \quad X_b = 0.0010 (\Omega)$$

以上事故点までのインピーダンスの合計は次のようになる。

$$R = 0.0011 (\Omega) \quad X = 0.0049 (\Omega) \quad Z = 0.0050 (\Omega)$$

(b) 短絡電流

事故点における短絡電流は式 (3.1) より、

$$I_k'' = 44 \quad (\text{kA})$$

ACB を通る電流はこの約 1/2 である。

3.3 短絡保護

本プラントの短絡保護は図 3.2 に示すように、各フィーダまでは ACB により各フィーダ以降はヒューズによって行なわれている。それらのしゃ断容量は下記のとおりで十分系統を保護できる。

気中しゃ断器 DB-50 形.....50 kA (対称値)

ヒューズ、シーメンス製.....100 kV (非対称値)

3.4 短絡電流に対する母線強度

系統に接続される各機器は短絡電流が流れる間いづれもそれに耐えることが望まれるが、ここではそのうち母線の強度についてのみ述べる。

3.4.1 母線の機械的強度

(1) 母線の電磁力

短絡電流によって生ずる母線間の電磁力は VDE 0103/1.61 より次式によって与えられる。

$$F = 2.04 \cdot 10^{-3} I_s^2 \frac{l}{a} \quad (\text{kg}) \quad (3.6)$$

ただし F = 電磁力 (kg)

I_s = 非対称短絡電流ピーク値 (kA)

l = 母線支持間隔 (cm)

a = 母線間隔 (cm)

(2) 母線の電磁力による応力

母線に加わる応力は VDE 0103 より下式より求められる。

$$\sigma = v_\sigma \frac{Fl}{12W} \quad (\text{kg}) \quad (3.7)$$

$$W = bd^3/6 \quad (\text{cm}^3) \quad (3.8)$$

$$\therefore \sigma = v_\sigma \frac{Fl}{2bd^2} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (3.9)$$

ただし σ = 曲げ応力 (kg/cm²)

v_σ = ひずみ(歪)に対する周波数係数, AC のとき $v_\sigma = 1$

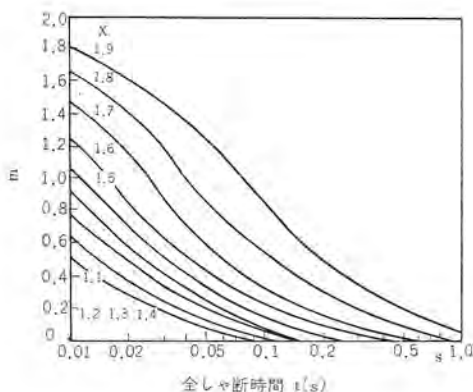
W = 断面係数 (cm³)

b = 母線の幅 (cm)

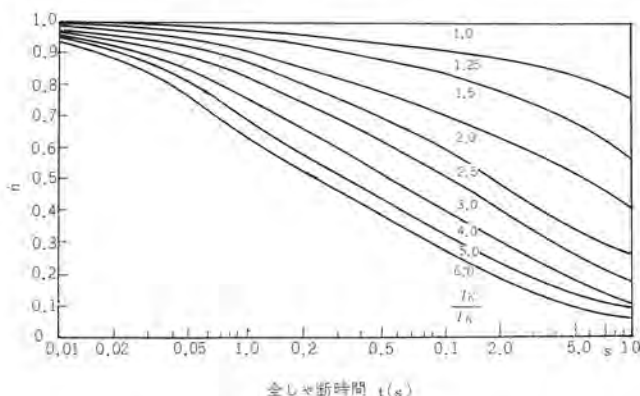
d = 母線の厚さ (cm)

最大許容応力は硬銅条の場合ドイツ規格 DIN 40500 によれば $\sigma_0 \geq 3,000 \text{ kg/cm}^2$, JIS H 3310 によれば, $\sigma_0 \geq 2,800 \text{ kg/cm}^2$ であるので σ の計算結果が, この値より小さい必要がある。

(3) 計算例



(a) DC 分補正係数 m



(b) AC 分補正係数 n

図 3.8 I_m に対する補正係数 (VDE 0103/1.61 Bild による)
Correction factor m and n .

I_s は式 (3.2) より求める。3.2 節(2)の計算例より

$$I_k'' = 44 \text{ kA}, R/X = 0.225 \quad \text{図 3.4 より} \quad \kappa = 1.5$$

$$I_s = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' = 1.5 \times \sqrt{2} \times 44 = 93.5 \text{ (kA)}$$

図 3.7 は本プラントの事故点付近の垂直母線の関係寸法の一例を示し式 (3.6) より次のように電磁力 F をうる。

$$F = 2.04 \times 10^{-3} \times 93.5^2 \times 17/5 = 606 \text{ (kg)}$$

これを式 (3.9) に代入すれば

$$\sigma = \frac{606 \times 17}{2 \times 7.5 \times 0.65^2} = 1630 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

これは $\sigma < \sigma_0$ であるから問題ないが, 言いかえれば, この付近の母線にはこの程度の母線サイズと母線支持間隔が必要であることになり, 一般のものよりかなりきびしいことがわかる。

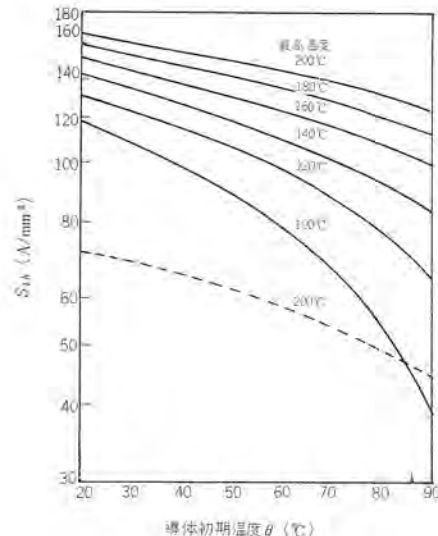
3.4.2 母線の熱的許容短絡電流

(1) 基本式

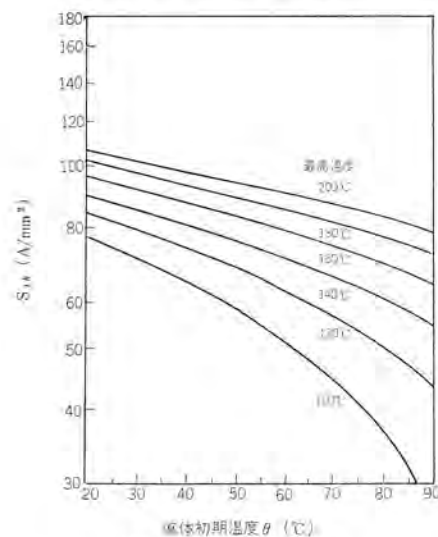
母線の許容温度から考えた短絡電流の許容値は VDE 0103 より次のように求めることができる。

$$I_m = I_k \sqrt{(m+n)t/1} \quad (\text{kA}) \quad (3.10)$$

ただし I_m = 熱効果電流の平均値 (kA)



(a) 銅の場合



(b) アルミの場合

図 3.9 温度に対する導体許容電流 S_{1h} .
(VDE 0103/1.61 Bild 13 による)

Allowable current density S_{1h} for bus conductor.

I_k =持続対称短絡電流 rms (kA)

$m=I_m$ に対する DC 分の係数, 図 3. 8 (a) より求める。

$n=I_m$ に対する AC 分の係数, 図 3. 8 (b) より求める。

t =全しゃ断時間 (sec)

t/l は t が sec の単位を有するため, ノンディメンジョンである。

導体の必要最小断面積は次式により求める。

$$A_{\min} = I_m / (S_{th} \times 10^{-3}) \quad (\text{mm}^2) \quad \dots\dots\dots (3. 11)$$

$$= I_k \sqrt{(m+n)t/l} / (S_{th} \times 10^{-3})$$

$$= I_k \cdot \sqrt{t} / K \quad \dots\dots\dots (3. 12)$$

$$K = (S_{th} \times 10^{-3}) / \sqrt{m+n} \quad \dots\dots\dots (3. 13)$$

ただし A_{\min} =導体の必要最小断面積 (mm²)

S_{th} =許容電流密度 (A/mm²), 図 3. 9 より求める。

K =係数

式 (3. 12) より使用される導体の許容電流を求めることができる。

$$I_{ka} = K \cdot A / \sqrt{t} \quad (\text{kA}) \quad \dots\dots\dots (3. 14)$$

ただし I_{ka} =導体の短絡時許容電流 rms (kA)

A =導体の断面積 (mm²)

(2) 計算例

主しゃ断器のしゃ断時間は本プラントは $t=0.2$ sec, $\kappa=1.5$ であるから図 3. 8 (a) より, $m=0.02$ また $I_k''/I_k=1$ と考えられるから図 3. 8 (b) より, $n=1$, 導体初期温度 $\theta=65^\circ\text{C}$, 最高温度 $\theta_k=170^\circ\text{C}$ (VDE 0103 Tafel 5, Cu) より, $S_{th}=125$ A/mm²

ゆえに式 (3. 13) より, $K=0.124$

使用される硬銅条の寸法は, 6.5×75 mm であるから, $A=478$ mm² したがってこの導体の短絡時許容電流は式 (3. 14) より $t=0.2$ にて

$$I_{ka} = 132 (\text{kA})$$

この値は短絡電流 I_k'' に比べて十分大きくまったく問題ない。これらの計算を通じて言えることは, 一般に導体の熱的な短絡電流は機械的な許容電流に比べて, 余裕があるということである。

3. 5 短絡電流および母線強度計算の NEMA 規格と VDE 規格との比較

これら規格に示された計算法は基本的には大差ないが, 乗数が若干異なるため計算結果にかなりの差が生ずるのでその適用には注意を要する。おもな差異を次に示すが全体として NEMA のほうが実際的と考える。

(1) 非対称係数

VDE 規格では図 3. 4 のとおりであったが, NEMA Pub. No. BU-1-1955 によれば図 3. 10 の値であり, 一般には 1.25 を用いるようにすすめている。

(2) 母線に加わる電磁力の計算式

NEMA Pub. No. SG 6-1960 に示された式をメートル法に換算し, 記号を式 (3. 6) に合わせれば,

$$F = M \cdot 2.04 \cdot 10^{-2} I_s^2 \frac{l}{a} \quad (\text{kg}) \quad \dots\dots\dots (3. 15)$$

ただし, M =乗数, 三相短絡のとき 0.866, この値は三相電流による最大力の単相電流による力に対する比であって, 3 本の平行導体の中央相に生ずる力のベクトル和で求められる⁽¹⁾。

(3) 母線の形状に対する補正係数

母線の形状により平行導体に作用する電磁力がかわることが想像されるが, 平角母線に対する係数が Higgins 氏によって提唱されている。これはさらに図によって求める方法があるのでこれを図 3. 11 に示す⁽¹⁾。この補正係数を K とすれば式 (3. 15) は次式にな

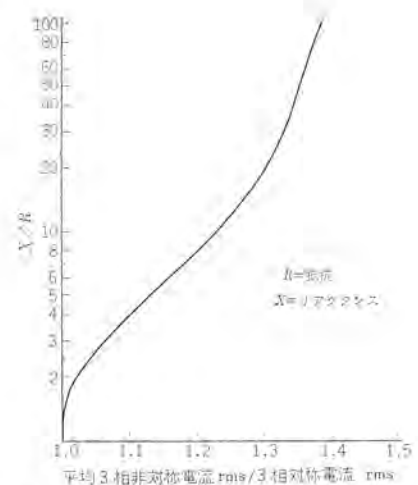


図 3. 10 非対称係数 (第 1 サイクル にて) Short-circuit current decrement.

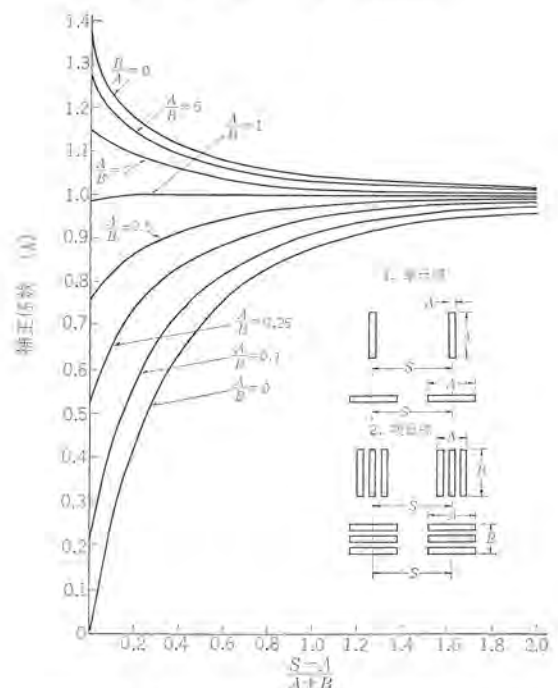


図 3. 11 平角母線における母線間隔の補正係数 Shape factor K for rectangular conductor.

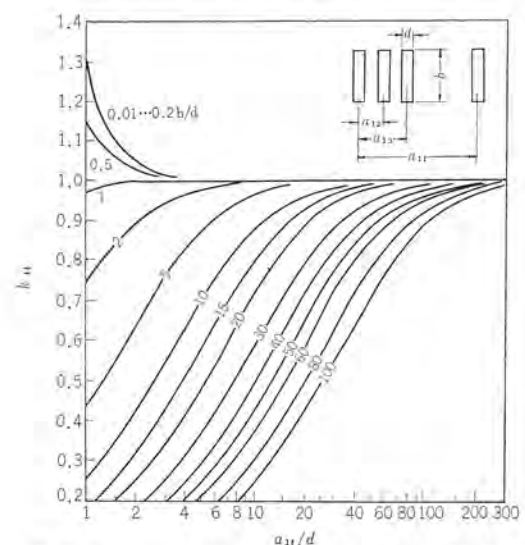


図 3. 12 複母線の母線間隔に対する補正係数 k_{11} (VDE 0103/1.61 Bild 5 による) Shape factor k_{11} for multiple bars.

る。

$$F = M \cdot K \cdot 2.04 \cdot 10^{-2} I_s^2 \frac{l}{a} \quad (\text{kg}) \quad \dots\dots\dots (3.16)$$

一方、VDE 0103 において、複母線に用いる平角母線の母線間隔に対する補正係数 (図 3.12) は明らかに前記図 3.11 と同様の意味をもっている点で興味深い。これを用いれば式 (3.6) は次式になる。

$$F = 2.04 \cdot 10^{-2} I_s^2 \frac{l}{a_t} \quad (\text{kg}) \quad \dots\dots\dots (3.17)$$

ただし a_t は次式に図 3.12 の値を代入して求められる。

$$\frac{1}{a_t} = \frac{K_{12}}{a_{12}} + \frac{K_{13}}{a_{13}} + \frac{K_{14}}{a_{14}} + \dots\dots\dots + \frac{K_{1l}}{a_{1l}} \quad \dots\dots\dots (3.18)$$

なお I_s は各 1 本の母線に流れる電流である。

(4) 母線の熱的短絡時許容電流

NEMA Pub. No. SG 6-1960 によれば、この電流は銅材に対して次式を与えられている。

$$I_{ka} = \sqrt{\frac{4.74 S^2 \times 10^5 \times 103,500 \times \log_{10} \frac{\theta_2 + 234}{\theta_1 + 234}}{t}} \quad (\text{A}) \quad \dots\dots\dots (3.19)$$

ただし $\theta_1 = 40^\circ\text{C}$

$\theta_2 = 300^\circ\text{C}$

$s = \text{断面積 (in}^2\text{)}$

$t = \text{時間 (sec)}$

式 (3.19) に θ_1, θ_2 を代入し、 s の単位を mm^2 にかえ記号を A とすれば、

$$I_{ka} = 0.185 \frac{A}{\sqrt{t}} \quad (\text{kA}) \quad \dots\dots\dots (3.20)$$

かりに 3.3.2 項 (2) に示した VDE による温度 65°C および 170°C を式 (3.19) の θ_1, θ_2 に代入すれば、

$$I_{ka} = 0.124 \frac{A}{\sqrt{t}} \quad (\text{kA}) \quad \dots\dots\dots (3.21)$$

となって VDE とまったく同じ結果になる。

4. コントロールセンタの利用とその概能

本プラントでは低圧モータのスタータおよびその電源盤は全面的に当社 NC 形 コントロールセンタを利用した。この利点はつぎのことが考えられる。

- (1) 工場のレイアウトが容易となり床面積が小さくなった。
- (2) 配線工事が容易である。
- (3) 工場における美的調和に役たつ。
- (4) 保守点検が容易。
- (5) 各ユニットは互いにケースでモバートされており事故の拡大を防ぐ。

4.1 仕様・概要

本プラントのコントロールセンタ類は大別して次の 2 種類に分けられ、それらの所要面数は表 4.1 に示すように合計 315 面に達している。

表 4.1 BLレーヨンプラントパネル使用面数
Number of panels used for BL plant.

面数	変電所用低圧配電盤			コントロールセンタ	合計
	主しゃ断器盤	ブスタイパネル	フィーダパネル		
面数	18	10	47	240	315



図 4.1 変電所用低圧配電盤の外観
Substation panel for BL plant.

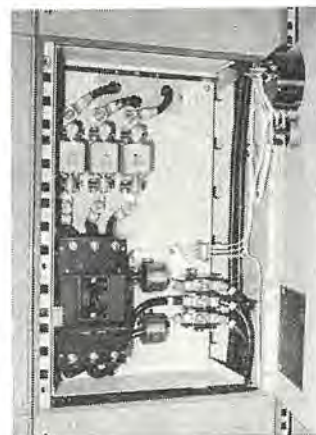


図 4.2 フィーダパネルのユニット
Unit of feeder panel.

(1) 変電所用低圧配電盤

(2) コントロールセンタ

4.1.1 変電所用低圧配電盤

図 4.1 はこの外観で 3 種類のパネルで構成されている。それぞれの仕様は下記のとおりである。

(1) 主しゃ断器盤

主しゃ断器を収納するパネルである。

しゃ断器仕様：DB-50 形、3 極、600 V、1,600 A、しゃ断容量 50,000 A、直列過電流引きはずし、不足電圧引きはずし付

(2) ブスタイパネル

変圧器の並列接続用のナイフスイッチを収納する。

ナイフスイッチ仕様：600 V、1,200 A (1,600 A)、単投 3 極

(3) フィーダパネル

各負荷グループに電源を分割するパネルでユニットの集合体で構成される。図 4.2 はそのユニットの一例である。

ユニットの主要部品の仕様はつぎのとおりである。

ヒューズ：R 1240 形、AC 500 V、100~630 A、しゃ断容量 100,000 A、シーメンス製

ダイオンスイッチ：DSN 形、3 極、AC 550 V、100~600 A

4.1.2 コントロールセンタ

約 800 台の低圧電動機のスタータはほとんどコントロールセンタが使用

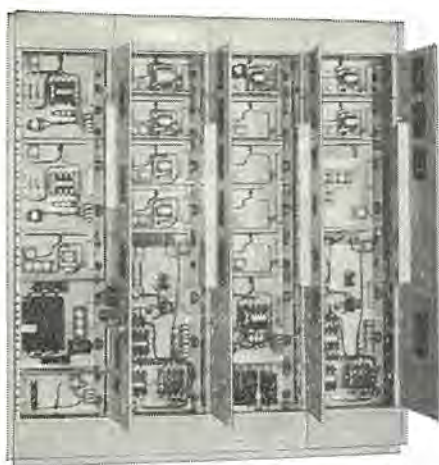


図 4.3 コントロールセンタの外観
Control center for BL plant.

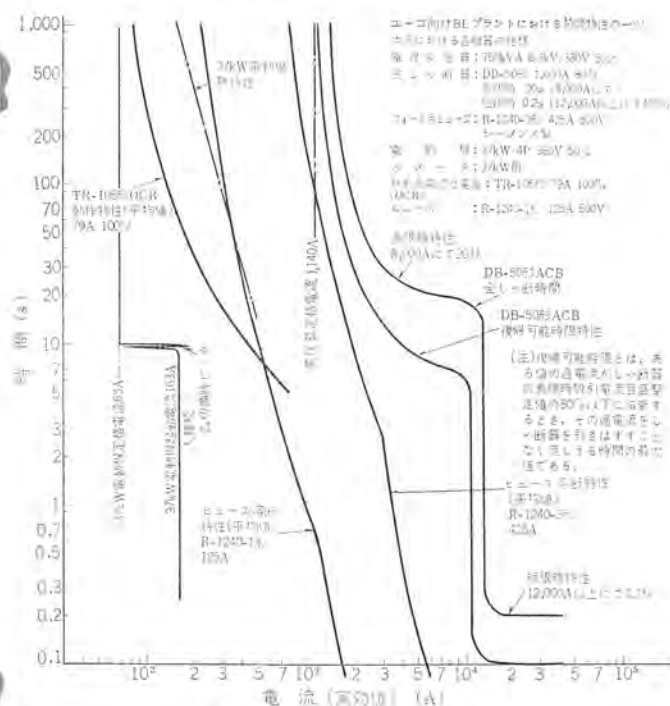


図 4.4 電流-時間特性曲線
Current-time characteristics.

された (図 4.3)。そのうちスターユニットの仕様はつぎのとおりである。

主要部品：ヒューズ……25 A 以下：プラグヒューズ、シーメンス製

25 A 超過：NH ヒューズ、シーメンス製

電磁開閉器：EMO 形、サーマルリレー 3 素子

起動方式：30 kw 未満……じか入れ起動

30 kw 以上……人-Δ 起動

配線方式：NEMA Type B

4.2 保護協調

プラントの各保護器の保護協調が良好かどうかは重要なポイントであるが、本プラントでは図 4.4 のように選択しゃ断、短絡保護、過負荷保護とも十分である。

4.3 ヒューズコントロールセンタ

本プラントの短絡保護はユーゴ側の強い要求によって、ほとんどヒューズによったがその理由は次のとおりである。

(1) ユーゴでは一般にヒューズを使用しており、ノーヒューズしゃ断

器 (以下 NFB と呼ぶ) は高価で入手困難である。

(2) 補用品の調達容易なヨーロッパ製のものであること。

しかしながらつぎのような理由により、今後はいっそう NFB の使用を推奨したい。

(1) 全極断路操作および手動操作等の操作性がよい。

(2) 欠相のおそれがない。

(3) 経年変化がなく信頼性が高い。特性の安定性があり、動作の確認ができる。

(4) NFB のしゃ断容量はヒューズより小さいが、計算において仮定されるような完全短絡事故はきわめてまれであるため、日常使用に便利な NFB を使用したほうがよい。

(5) NFB でも高しゃ断容量をもつ系統設計が可能である。

5. 防爆形電機品

5.1 一般事項

本プラントの防爆形電機品の適用規格としては、はじめ原則として JIS に準拠し、ユーゴ規格 JUS がきびしい点はそれによる、となっていた。しかし防爆関係の JUS は当時整備不十分だった模様で、はじめ DIN, IEC などを適用し、JUS の発行時点で今度はそれを適用するといったぐあい、結局は JUS のみの適用となり、JUS の詳細が不明な点と相まって大いに悩まされた。

容器の構造として DIN 40050 により電動機は P 33、制御器関係は P 44 としたが、ファンカバーの通風穴の大きさは IEC のテストピースがはいらないように改造を余儀なくした。さらに端子箱内のスタッドをモールドする材質としては、最小沿面距離を決めるために、JIS では材質により、IEC では表 5.1 に示すように耐トラッキング性により分類してあるが、われわれが最初採用したフェノール樹脂は拒否され、結局 ジェラニルフタレート樹脂に変更した。これに対する相手側の拒絶理由はまったく不明であった。いろいろ交渉した結果わかったことは、JUS がそのころようやく整備されたらしく、その内容もほとんど IEC の内容をとりいれてあるらしいとのことで、表 5.1 の下部に

表 5.1 絶縁材料の耐トラッキング性による等級
Classification of insulating material according to tracking resistance.

等 級	耐トラッキング性*
a	セラミック
b	500 V
c	380 V
d	175 V

* IEC Pub. 112 50 滴でトラッキングを生ずる印加電圧

【例】フェノール樹脂：130 V
ジェラニルフタレート：590~600 V
メラミン：470 V

表 5.2 二硫化炭素の性質
Properties of CS₂ gas.

状 態	液 体
色	無色透明
蒸 気 密 度	2.63 (空気=1)
沸 点 °C	46.3 (760 mmHg)
引 火 点 °C	-30 (密閉式)
発 火 点 °C	100
爆 発 限 界	1~50 (空気中の容積比%)
爆 発 等 級	3b
燃 火 度	G 5
毒 性 (許 容 限 度) %	0.002

例示してあるようにフェノール樹脂ではdにも不合格だからではないかということである。

つぎに防爆形機器について国家の証明書の提出が要求された。わが国では工場防爆形機器についての検定制度がないため、とくに労働省安全研究所に防爆試験をお願いし、ほとんど全機種にわたって証明書を発行していただいた。今回にかぎらず輸出品となるとわが国の検定制度のないことがいつも大きな障害となるので、早急にこの点についての対策を熟望するものである。

本プラントの防爆機器として最も注目すべきは、二硫化炭素に対する防爆形機器を製作したことである。二硫化炭素の性質は表 5.2 に示すがきわめて毒性が強く、また爆発限界からいっても爆発等級 3 b 級、発火度 G 5 という点からいっても最も取り扱いのむずかしいものである。現在のところわが国ではこのガスに対する耐圧防爆形機器は例がなく、わずかにドイツでの製作例を知るのみであるが、これの実現にはなお多くの実験データの積み重ねが必要とされよう。このためわれわれは今回 11 kW 以下の電動機は安全増防爆形、それ以上は内圧防爆形、制御器は本質安全防爆形を採用した。このうちとくに安全増防爆形 (eG 5) はわが国では初めての製作例と思われる、そのため安全研究所の試験も厳重をきわめたが、幸いにして全数合格することができた。

以下これらのことについて各機種ごとにいろいろな問題点を紙面の許すかぎりにおいて述べる。なんらかの参考になれば幸いである。

5.2 電動機

5.2.1 安全増防爆形電動機

安全増防爆形で最も大事なことは許容拘束時間をできるだけ 10 秒以上、いかなる場合でも 5 秒以下としてはならないことである。eG 1~eG 3 に対しては比較的簡易化された近似計算式を用いて算出した許容拘束時間で十分間に合うのであるが、eG 4~eG 5 のごとき発火度の低い電動機ではこれの決定にあたっては十分注意する必要がある。すなわち定格運転中のステータ、ロータ各部の温度分布、拘束時の温度上昇およびそれらの測定方法について十分検討し、予備機により試験した結論に従って、実際の製品についての試験を行なうという手順をふんだ。

各種予備試験を通じて次のようなことがわかった。

(1) 定格運転時のロータの温度上昇 θ はステータよりも 7~9°C 高い。ロータ、ステータとも各部の温度上昇は均一化している。

(2) 拘束時の温度上昇はエンドリングが最も急であるのでこれによって許容拘束時間を決定できる。これはパーの発生熱は鉄心内に容易に移行できるがエンドリングにはそれがいないためである。

(3) 許容拘束時間に対する温度上昇限度 (eG 5 で 50- θ) が拘束時温度上昇曲線と交差する点の時間 (sec) に測定誤差および精度を考慮して 0.9 を乗じその数値をこえない近似値を許容拘束時間とする。

(4) eG 5 電動機は定格運転時の温度上昇 θ を低く、ロータの熱容量を大きく設計する。すなわち 11 kW あたりまでは適用わく (枠) 番を 2 極で 3 段、4 極で 2 段、6 極で 1 段あげれば製作可能である。

以上の結論を基にして設計製作した製品はこれらすべての試験によって全数について良好な結果が得られた。eG 5 電動機の製作機種は次のとおりである。() 内の番号は安研試験成績書番号を示す。

- (1) KF-40 V 有圧換気扇.....(41-1-91)
- (2) 1.5 kW 4 P AF 形 1318 F.....(41-1-79)

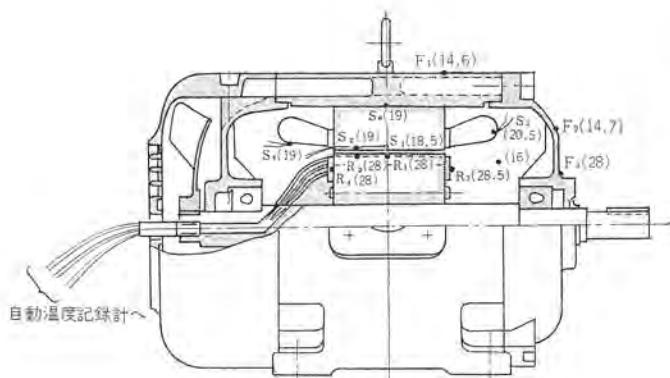


図 5.1 温度測定位置 1.5 kW 4 P eG 5 1318 Br
() 内の数値は定格運転中の温度上昇値
Temperature measuring points.

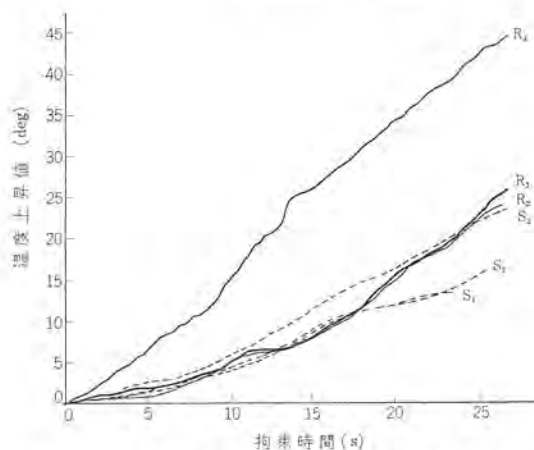


図 5.2 拘束時温度上昇曲線 (1.5 kW 4 P 380 V 50 c/s eG 5)
Temperature rise of the locked rotor motor.



図 5.3 試験中の PTF 形電動機
Type PTF motor under testing.

- (3) 2.2 kW 4 P GPM 1621 F.....(41-1-86)
- (4) 3.7 kW 4 P AF 1625 F.....(41-1-80)
- (5) 3.7 kW 6 P AF 1625 F.....(41-1-81)
- (6) 5.5 kW 4 P AF 1824 F.....(41-1-82)
- (7) 11 kW 2 P AF 2031 F.....(41-1-83)
- (8) 11 kW 4 P AF 2027 F.....(41-1-84)

図 5.1 は予備試験における温度測定位置を、図 5.2 はそのデータの 1 例を示す。

5.2.2 内圧防爆形電動機

図 5.3 は試験中の PTF 形内圧防爆形電動機を示す。通風式内圧防爆構造のため固定子巻線の絶縁処理には十分な考慮が払われる一方、いんろう部および軸貫通部からの空気の漏れがきわめて少ない構造を採用した。潤滑済みの排グリスは定期分解までブラケット下部

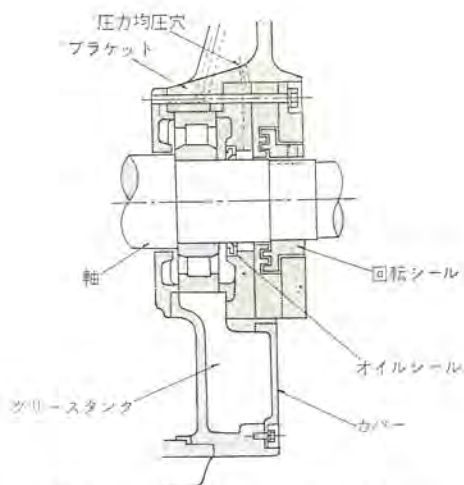


図 5.4 軸受部構造 (PTF 形 feG 5)
Construction of bearing and sealing for feG 5 explosion proof motor.

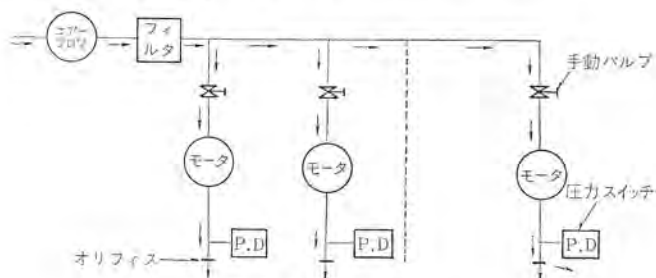


図 5.5 エアフローシート
Pressurized system flow sheet.

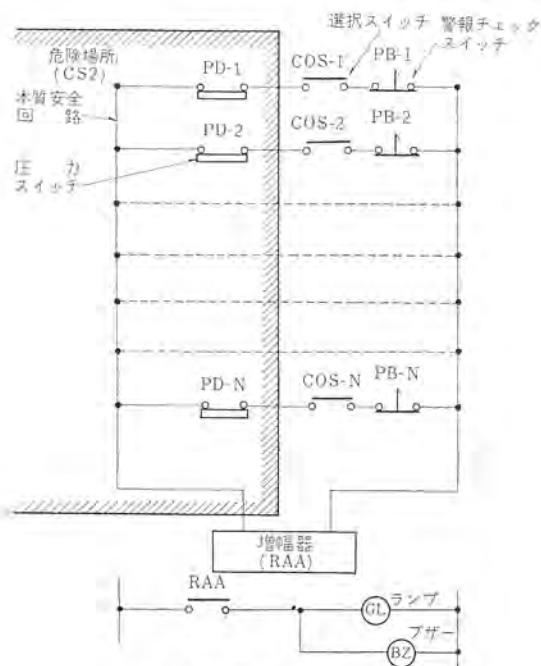


図 5.6 警報回路
Alarm signalling circuit.



図 5.7 増幅器、
圧力スイッチ
Amplifier and pressure switch.

のグリースタンクにためられる。図 5.4 に軸受部詳細を示した。

(1) 内圧システム

CS₂ ガスの存在する場所で使用する電動機の内圧防爆構造ならびにそのシステムの概要につき説明する。安全研究所発行の「工場電気設備防爆指針」3431 項には、通風式内圧防爆構造に対する保護装置として「電気機器の起動に際しては、機器内部がその内容積の 5 倍以上の清浄な空気で清浄されたのち、はじめて電気機器の運転を開始することができるようにし、また運転中に保護気体の圧力が所定の値以下に低下した場合は警報を発するかまたは運転を停止するような保護装置を設けなければならない。」と規定されている。かかる規定を考慮のうえ、今回製作分に適用したエアフローシートならびに警報回路により、そのシステム、動作を説明する。

図 5.5 および図 5.6 に示すように、フィルタを通じた清浄な空気は手動バルブから電動機を経て外部に吹き流される。電動機出口側には、内圧の監視、警報用として所定の圧力でオン、オフする圧力スイッチを設けている。運転順序はまずブローを起動し、あらかじめ設定された時間 (清浄時間) の後、電動機の制御回路用リレーが励磁されかつ準備完了信号灯が点灯する。点灯後、押しボタンスイッチをオンすれば電動機は起動する。運転中圧力が所定値以下になると警報回路の PD 接点が復帰し、ランプ (GL) 点灯、ブザー (BZ) が鳴動し、圧力低下を警報する。圧力低下系統は、警報点検用スイッチにより確認できる。なお図示中 CS₂ ガスの存在する危険場所に置かれる PD 回路を流れる電流は、使用ケーブルのインダクタンス等に基づく過渡電流をも考慮の上、いかなる濃度の CS₂ ガスにも点火しない微小電流であり、本質安全回路となっている。圧力スイッチの設定可能範囲は、0~100 mmAq である。増幅器は、検出部はトランジスタを、出力部はパワートランジスタと DC 12 V リレーを使用し、トランジスタ、抵抗、コンデンサ類は一括してエポキシモールドされている。図 5.7 に増幅器および圧力スイッチの外観を示す。

主要機器の仕様はつぎのとおりである。

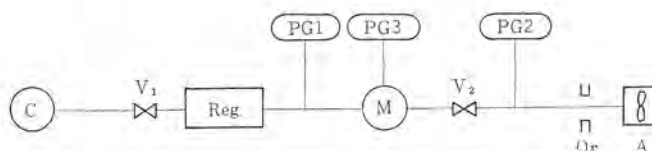
1. 電動機 30~55 kW 2, 6, 12 P (41-1-92~98)
2. 圧力スイッチ、増幅器 DC 12 V, 5 mA (41-1-103)

(2) 試験方法と結果

(1) で述べたような実際のシステムを工場で再現することは不可能であるのでこれと等価な図 5.8 のような試験装置を構成し、試験を行なった。実際の据え付けにあたっては使用条件を十分検討し、改めて内圧保持や保護装置動作などの機能試験を行なうことになっている。

(3) 温度試験

電動機を通風なしで定格運転したとき表面の最高温度は 30°C であり規格値 40°C を十分満足した。



- | | |
|--------------|---------------------------------------|
| C : コンプレッサ | A : 風速計 |
| Reg : 圧力調整装置 | V ₁ , V ₂ : バルブ |
| M : 内圧防爆形電動機 | PG ₁ : 圧力計 |
| Or : オリフィス | PG ₂ : 圧力計 |
| | PG ₃ : 圧力計 |

図 5.8 試験装置
Testing system.

(4) 通風試験

(a) 運転中と静止中につき通風試験を行なったが両者に有意差はない。したがって静止中に圧力を設定してよい。

(b) PG_3 が 400 mmAq のとき グリース の漏えい (洩) はみられずこのときの空気漏れ量は 80~100 l/min 程度である。

(c) PG_2 を 35~55 mmAq に設定したとき電動機内部の圧力 PG_3 は 80~120 mmAq である。

(5) 保護装置の動作試験

(a) 通風試験の結果により得られた清浄時間をタイマにセットし、ランプの点灯により動作の確認を行なった。

(b) 圧力スイッチは圧力上昇時および下降時において設定圧力目盛の $\pm 10\%$ で動作した。

5.2.3 耐圧防爆形電動機

端子箱を安全増防爆構造とした de 2 G 4 で、その構造は P 33 の保護形式を満足しており次のような特長をもっている。

(1) 端子箱ふたの裏側に定格名板と同一物を取りつけ、これに安研の証明書番号を表示している。

(2) 同一形式としてわく番を採用し、すべての防爆形電動機に工場防爆試験データを添付している。

したがって耐圧防爆形電動機についても安研の証明書を取得し、種々の試験データもあるが紙面の都合で省略する。

5.3 電気ホイス

ホイスは防爆形 7 台 (1 t 4 台, 1/2 t 3 台), 防食形 5 台 (1 t) 計 12 台納入したが、問題となった点はつぎのとおりである。

(1) 最初防爆構造として安全増しを要求されたが、ホイスはインォンク運転が多いので、電動機ロータの温度上昇に不安があること、高所にあり、移動するので、爆発性ガスに対して不利であること、などで d_2G_4 構造で製作した。

(2) ホイスの防爆標準は d_2G_3 までとしているので、安研受験のときもとくに機械部分 (メカニカルブレーキなど) の温度上昇が問題になった。

(3) 3 台長物用が含まれ、本体が長いにもかかわらず、小さな屈曲半径 (1.5 mR) 走行を要求され、走行電動機を 1 台に 4 個取り付けた。

(4) 防爆構造の一般的なものについては、他の機器に起った問題点とまったく同じである。ホイスは集成電気機器であるため、書類、受験のとき、他と異なる苦勞があった。

5.4 現場操作盤

電動機運転、停止用として防爆形押しボタンスイッチならびに防水、



図 5.9 PW-020 X 形防爆形押しボタンスイッチ
Type "PW-020 X" explosion proof pushbutton switch.

防食形押しボタンスイッチを多数製作した。図 5.9 にその外観を示す。防爆形押しボタンスイッチ箱の締付ボルトは JIS 規格により三角頭ボルト (形状、寸法は DIN 22416 による) を使用した。防水、防食形押しボタンスイッチは P 44 に相当する保護形式で製作した。

6. ウェットチャーニ制御装置 (硫化溶解工程制御装置)

本プラントにおいて、連続老成装置から送られてきたアルカリセルローズに規定量の二硫化炭素 CS_2 を添加し、か性ソーダ (caustic) を加えてビスコース化する。硫化溶解工程は、でき上り製品の性能を左右する最も重要な工程の一つである。

この工程はある定められたタイムスケジュールのもとに一定の化学反応を行なっていくもので、百数十分にもわたる正確な時間制御、および安全性と設備の簡易化から要求される適切なインタロックと、プラント全体の統括運転が重要な問題となる。

この部分の工程に対する制御装置としては、従来手動運転がほとんどであったが 1932 年に某社に初めて全自動を採用して以来、豊富な製作実績を誇っており、今回の BL プラントにもドラムタイマによる独特の自動化方式が採用されている。

6.1 装置の概要

本装置の制御範囲は下記のとおりである。

(1) ウェットチャーニにアルカリセルローズを受け入れ、真空中において規定量の CS_2 を添加しかく押しザンテトを作り、その後か性ソーダ溶液を加えてビスコース化した溶液を Mixing Room に送液する。

(2) その前段階として連続老成室からのアルカリセルローズを一定量計量し 2 ウェーコンベアによって所定のチャーニに分配する。その大略系の成り立ち、図 6.1 のとおりである。このようなシステムが 4 系列、計 12 チャーニが全体のシステムを形成する。またウェットチャーニに取り付けられるパイプラインおよび弁設備は図 6.2 のとおりである。

設備の簡素化から本プラントのパイプラインシステムは、Vacuum 関係

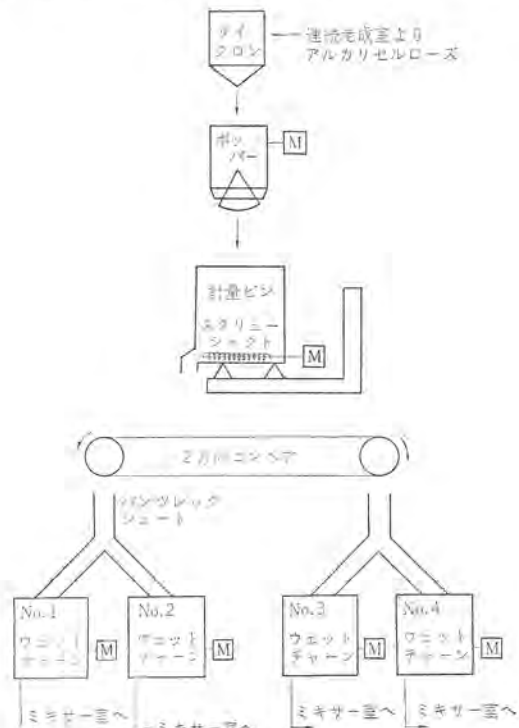


図 6.1 硫化溶解工程の大略システム
Outline of xanthation system.

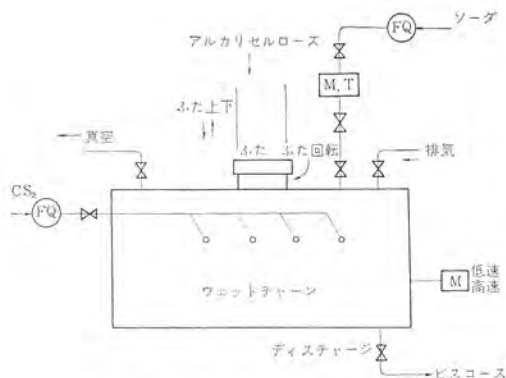


図 6.2 ウェットチャーン 弁取付図
Valve equipment of wet churn.

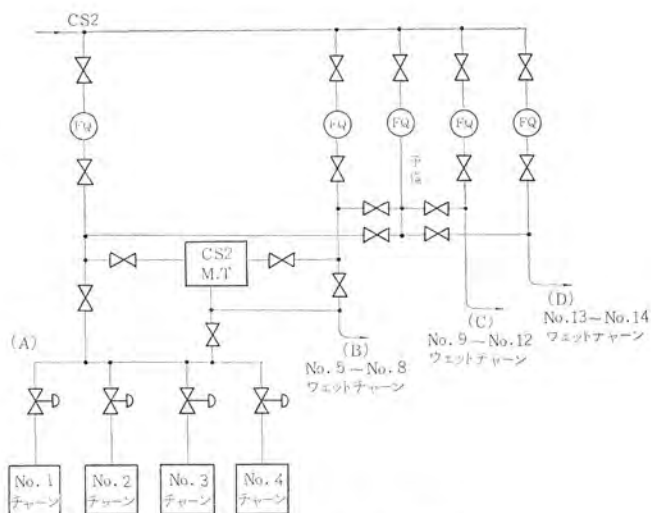


図 6.3 CS₂ Pipe line システム
CS₂ Pipe line system.



図 6.4 制御盤
Control panel.

は真空ポンプを、CS₂ 関係はオーバル流量計を、Caustic 関係はオーバル流量計および計量タンクを各チャーンが専用にもっているのではなく、あるブロックごとに共用している。その代表例として CS₂ のパイプラインシステムを図示すると図 6.3 のようになる。以上が制御すべき硫化溶解工程の機械設備の概要であるが、これに対する制御装置はつぎのとおりである。

- | | |
|---------------------------|------|
| (a) 共通制御盤 ((a) 項 4 台と列盤) | 4 台 |
| (b) 各制御盤 | 12 台 |
| (c) 電磁弁パネル | 12 台 |
| (d) デスク形操作盤 (含 グラフィックパネル) | 4 台 |
| (e) ミキサー室信号箱 | 4 台 |

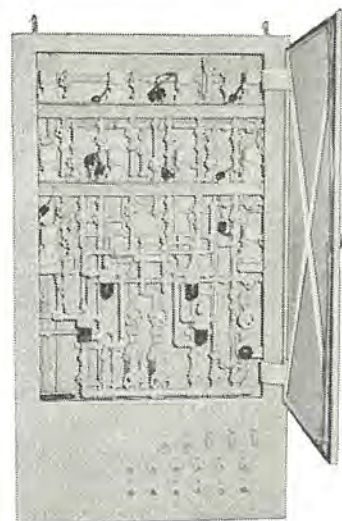


図 6.5 電磁弁パネル
Panel of magnetic valve.



図 6.6 デスク形操作盤
Desk type operating panel.

- | | |
|---------------|-----|
| (f) 予備オーバル切換箱 | 2 台 |
| (g) コントロールセンタ | 1 式 |

6.2 制御の問題点

前項で制御すべき機械設備の概要について述べたが、これを制御するに当たつぎの点の問題となり、それに対して特長ある制御方式が採用されている。

- (1) プロセスが完了するまでの長時間にわたって正確な時間制御を行なうこと。……………シーケンスドラムタイマ
- (2) ドラムタイマからの信号に基づき、確実に弁、電動機および流量計等が動作し、所定のプロセスが進行したことを確認すること、……………チェック回路
- (3) 先行チャーンが共用設備をすでに使用中の場合は、後続チャーンは先行チャーンの使用が完了するまで、一時工程を中断して機期すること。……………待機回路
- (4) 装置の安全性を期すること。……………インタロック
- (5) 瞬時停電が起きて制御装置のすべての hold が解けても停電回復後それまでの工程を再現し自動運転を継続できること。……………工程表示灯 (ラッチリレー)

6.2.1 シーケンスドラムタイマ

図 6.7 のように (直径 96 φ) ドラムに時間の長さに応じたカムを取り付ける。ドラムの長手方向に沿って 22 個のマイクロスイッチが取り付けられてあり、ドラムの回転につれてカムに表現された時間の間だけマ

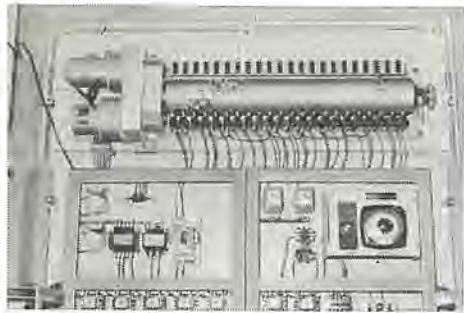


図 6.7 シーケンスドラムタイマ Sequence drum timer.

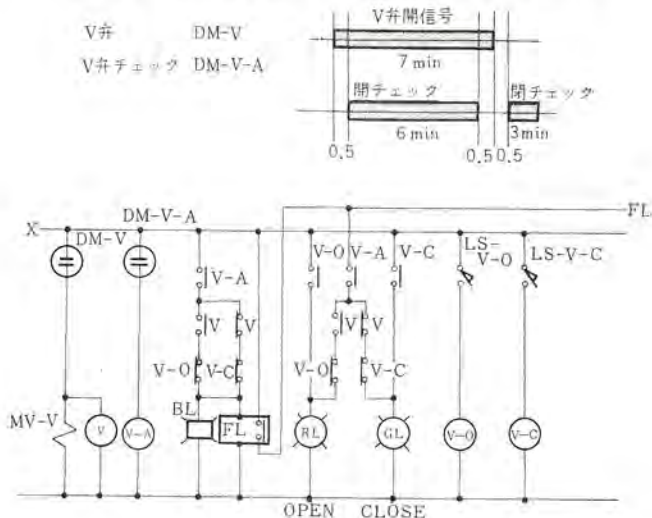


図 6.8 チェック回路 Check circuit.

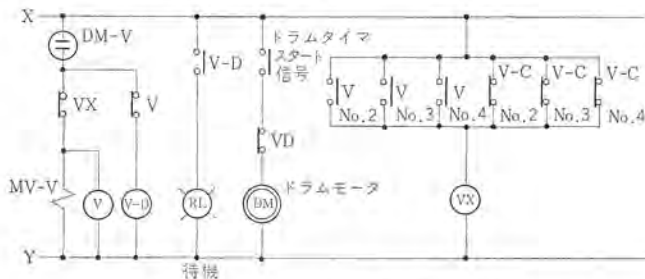


図 6.9 待機回路 'Wait' circuit.

イクロスイッチが押され制御信号を発する。

通常のタイマとして同期電動機で駆動されるほかに、ドラムタイマを任意の位置から始動位置まで自動リセットできるよう、リセット用誘導電動機も持っている。

タイマ用電動機

同期電動機 5 W 減速比 1/105,000

ドラム回転数 1/70 rpm

リセット用電動機

誘導電動機 15 W 減速比 1/1,450

ドラム回転数 1 rpm

二つの電動機とドラムとは、2個のピクラッチで結合されており、早い方の電動機から駆動される。ドラムタイマを手でリセットしたいときはドラムの一端に取り付けられたハンドルで自由に回転することができる。

6.2.2 チェック回路

制御信号に基づいて、プロセス上昇が当然開くべきときに開にならなければ、その工程がぬけることになる。また弁が当然しまるべきときに閉にならない場合は、真空度がおちたり、CS₂ガスのもれが発生したりして非常に危険である。したがってドラムタイマからの開閉信号によって実際に弁が開閉したかどうか弁の動作をチェックする feed back loop をもたなければ制御装置として非常に信頼度の低いものとなる。

本制御装置としては図 6.8 のとおりドラムタイマに弁の開閉信号用のカムと弁の動作をチェックするカムを同時にうけ、弁のリミットスイッチの ON-OFF 信号と組合わせて弁の動作が正常であるかどうかを判定する。

6.2.3 待期回路

先に述べたように先行チャーンが共用設備を使用中のときは、後続チャーンは待機しなければならない。その場合デスク形操作盤に「待機」ランプが点灯し、共用設備の使用が終わるまで工程を一時中断する。

図 6.9 はそのための回路例である。この場合第2のチャーンが待期中、第3のチャーンも待機にはいることも考えられる。しかし本プラントではプロセスのスケジュール上からこのような3重待機はおきないと判断し、2重待機までできる回路となっている。

以上、本プラントの制御装置として特長ある2, 3の制御方式について述べたが、その他安全性、操作性、使いやすさなどを考慮した種々の方法がとられている。

7. む す び

以上ユーゴ向け BLプラントの電機品のおもな問題点を中心に述べたが、短絡電流の算定方法および防爆機器適用規準など規格に関する問題が重要なウエイトをしめており、輸出にあたってはとくにその点の十分な考慮が必要であろうと考える。なお今後とも総合技術を結集していっそう研究努力を積み重ねよりよき製品をつくってゆく所存である。

最後に設計製作にあたって、ご忠言、ご協力いただいた関係各位に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) Kaiser Aluminum & Chemical Sales, Inc.; Aluminum Bus Conductors, Technical Manual, 51~60 (1957)

サイリスタ静止セルビウス装置

中野 久夫*

川畑 隆夫**・栗田 静夫**

Thyristor Static Scherbius Apparatus

Nagasaki Works Hisao NAKANO

Itami Works Takao KAWABATA・Shizuo KURITA

Speed control of an induction motor with secondary resistance produces a power loss in proportion to the slip. Thus low speed operation lowers the motor efficiency and makes the regulation worse. To cope with this drawback are worked out thyristor static scherbius apparatus, which collect power losses proportional to the slip in the case of the secondary resistance control by means of thyristor inverter and feed back to the power source. Thus it is made feasible to have highly efficient operation throughout the whole speed range, and also to have very smooth speed control with no steps with very small control power. Having a shunt characteristic, the devices permit stable operation even though there are no automatic speed control apparatus. It is needless to mention that, if the speed control is added to, the operation is made to be of much higher accuracy.

1. ま え が き

誘導電動機はその経済性と保守の容易さのため、電動力応用分野に広く使用されているが、速度制御するため二次抵抗制御すると、すべりに比例した電力損を発生し、低速域で運転効率が低下する。速度変動率が大きく高精度の速度制御ができないなどの欠点を持っている。当社はこの二次抵抗制御方式のもつ欠点を解消する方式として、8年前に二次すべり電力の変換装置としてシリコン整流器、直流電動機を組合わせ、すべり電力を機械的出力として回収する直結形レクチフロードライバ(クレーマ方式)、さらに誘導発電機を追加し、すべり電力を電氣的出力として回収し電源に返還する、変形レクチフロードライバ方式(回転セルビウス方式)を開発し、以来各方面に多数納入し好評を得てきた。

しかしこれらレクチフロードライバには直流機を使用するという難点がある。このため当社は、数年前からこの変換装置を静止化したサイリスタ静止セルビウス装置の開発をおし進めていたが、高電圧、大電流を制御する、信頼性の高い電力用サイリスタの出現とともにいよいよ実用化の段階にはいり、すでにポンプ速度制御用として4×850 kW共通セルビウス装置1セット、1,500 kW単独セルビウス装置2セットを製作・納入し、好結果を得たのでこれらのデータをもとにして静止セルビウス装置の概要を説明する。

なお現在引続いて、ポンプ用として1,200 kW 2セットを製作中である。サイリスタ静止セルビウス装置は下記のような特長を持っている。

- (1) 広範囲の速度域にわたって高効率の運転を行ない、運転電力費が安価である。
- (2) わずかの制御電力できわめて円滑に、しかも無段階に広範囲の速度制御ができる。
- (3) 最高速度としては、電動機二次短絡速度とほぼ同一速度まで運転制御できる。
- (4) 分巻特性を持ち、自動速度制御装置なしでも安定な運転ができ、自動速度制御装置を設ければさらに高精度の運転を行なう。
- (5) 制御系におくれ要素がなく速応性に富んだ制御ができる。
- (6) 制御装置がすべて静止器で保守が容易である。
- (7) 負荷を駆動するのは誘導電動機のみで、その他の機器は別

置できるので負荷駆動部の据付スペースに制限がある場合、周囲のふん囲気の悪い所でも使用できる。

(8) 変換装置を追加・別置するだけで、容易に既設の誘導電動機を速度制御するよう改造できる。

(9) 2極機のような高速機から低速機まで、電動機極数に関係なく使用できる。

2. 原 理

2.1 速度制御の原理

サイリスタ静止セルビウス装置は、図2.1に示すように負荷を駆動す

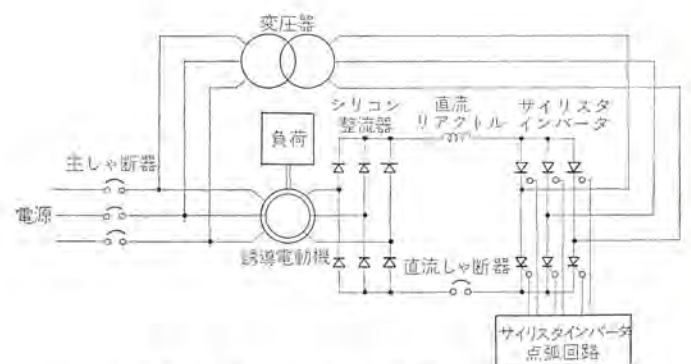


図 2.1 静止セルビウス装置の原理図
Diagram showing the principle of static scherbius apparatus.

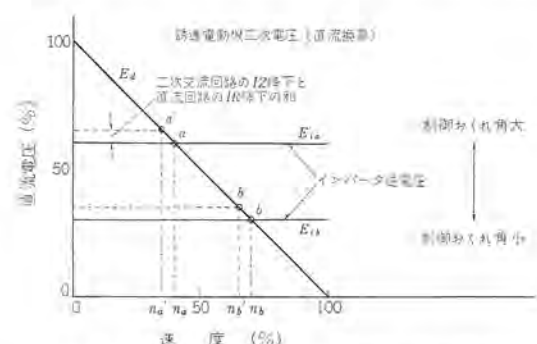


図 2.2 静止セルビウス装置の速度-電圧関係
Voltage-speed characteristic of static scherbius apparatus.

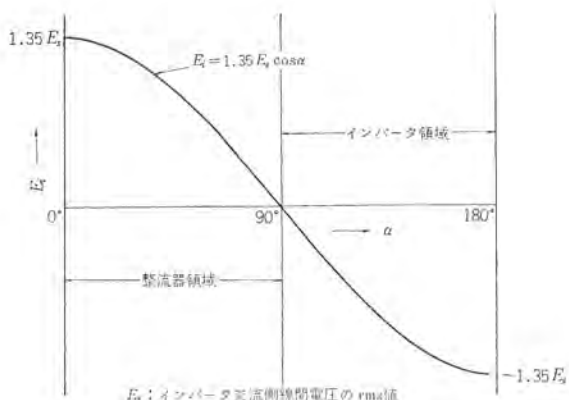


図 2.3 サイリスタインバータ 直流電圧 (E_d) と制御おくれ角 (α) の関係曲線
DC voltage-firing angle α curve of the thyristor inverter.

る巻線形誘導電動機と、誘導電動機のすべりに比例した二次出力をいったん直流に変換した後、ふたたび電源周波数の交流電力に変換し、電源に返還回収するための変換装置としてのシリコン整流器・直流リアクトル・サイリスタインバータ・インバータ変圧器から構成され、サイリスタインバータの点弧角により直流逆電圧を調整し誘導電動機の手速を制御する。

誘導電動機の二次電圧はすべりに比例して変化するから、これの直流換算値は図 2.2 の E_d のように直線的に変化する。一方サイリスタインバータの直流側平均電圧 E_d は点弧位相によってかわり、制御おくれ角 α に対して図 2.3 のように変化し、 α が $90^\circ \sim 180^\circ$ の範囲では整流器の出力電圧 E_d に逆らう逆電圧を発生し、直流電力を交流電力に変換するインバータとして動作する。

インバータの逆電圧が E_{ia} であるとする、速度 n_a 以上では $E_d < E_{ia}$ で電動機二次に電流は流れず、トルクを発生しないため電動機は減速する。速度が n_a 以下となると $E_d > E_{ia}$ となり、差電圧により電流が流れ出し速度が低下するほど大きな電流が流れ、発生トルクも増大し負荷トルクに見合うトルクを発生する速度、たとえば n_a' まで減速しおちつく。

$E_d = E_{ia}$ となる速度が無負荷時の運転速度である。この状態でインバータの点弧角をかえ、逆電圧をたとえば E_{ia} のように低下すると E_d との差電圧が大となり、電動機の発生トルクは増大・加速し新しい運転速度 n_b' におちつく。以上のようにインバータの点弧角により、逆電圧をかえれば運転速度が変化し、制御おくれ角 90° でインバータ逆電圧 0 のときは、同期速度をわずかに下まわる最高速度で運転し、制御おくれ角を 90° 以上大きくすればするほど速度は、低下することになる。

2.2 サイリスタインバータの動作

図 2.4 のようなサイリスタの均一ブリッジ回路において点弧パルスの位相を適当にとると、直流電源から交流電源に電力を送り込むインバータとして動作する。

交流電源の相電圧を e_a, e_b, e_c とし、サイリスタを点弧する位相角 α を図 2.5, 2.6, 2.7 のように定義するとき、これを制御おくれ角という。まず $\alpha = 30^\circ$ の場合について考える。 $\alpha = 30^\circ$ でサイリスタ T_1 を点弧し、 T_1, T_6 を通して電流 i_d が図 2.4 の方向に流れていたものとする。 T_1 点弧後 60° おくれて T_2 に点弧パルスを与えれば、この時点(図 2.5-(a) の B_2, C_2 点)では b 相より c 相の電位が低いため、電流はより電位の低いほうに流れこもうと T_2 が導通(ターンオン)し、電流は T_6 から T_2 に転流し T_6 は不導通となる。 T_2 点

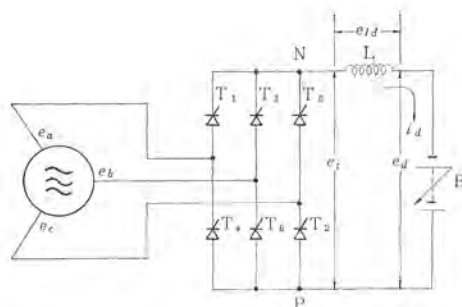


図 2.4 他励サイリスタインバータ原理図
Diagram showing the principle of AC line voltage commutated inverter.

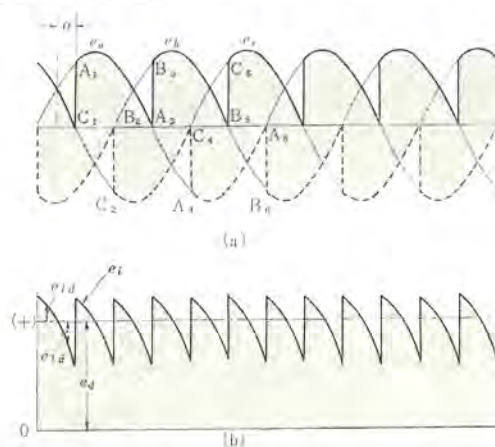


図 2.5 電圧波形図 ($\alpha = 30^\circ$ のとき)
Waveforms with $\alpha = 30^\circ$.

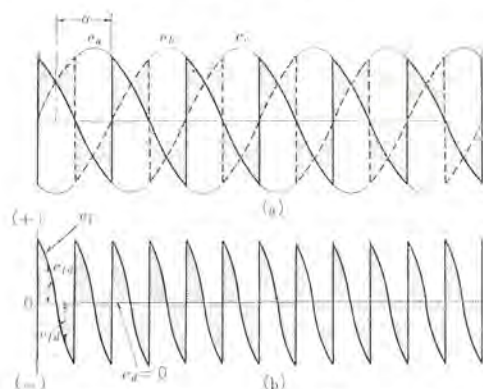


図 2.6 電圧波形図 ($\alpha = 90^\circ$ のとき)
Waveforms with $\alpha = 90^\circ$.

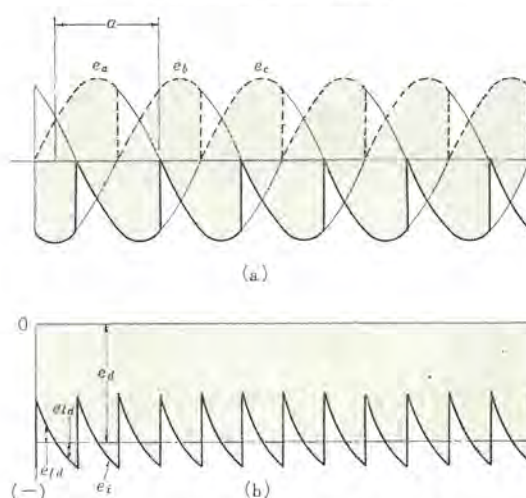


図 2.7 電圧波形図 ($\alpha = 150^\circ$ のとき)
Waveforms with $\alpha = 150^\circ$.

弧後さらに 60° おくれて T_3 に点弧パルスを与えれば、この時点(図 2.5-(a) の A_3, B_3 点)では a 相より b 相の電位が高いため、電流はより電位の高い点から流れ出そうとするから電流は T_1 から T_3 に転流する。

以下サイリスタ T_4, T_5, T_6 を順次 60° おきに点弧すれば、N 点の電位は図 2.5-(a) の太い実線、P 点の電位は太い点線のように変化し、N 点の P 点に対する電位は図 2.5-(b) のように変化し、電流方向と電圧方向が一致し、交流電源から直流電源に電力を送り込んだ順変換を行なう整流器として動作する。

次に $\alpha=90^\circ$ の場合について考えてみると、同様にして N 点の電位は図 2.6-(a) の太い実線、P 点の電位は太い点線のように変化し、N 点の P 点に対する電位は図 2.6-(b) のように変化する。この場合 $T_1, T_2 \dots$ の点弧後 30° の間は N 側が P 側より電位が高く、電圧方向と電流方向が一致し順変換の整流器として動作する。

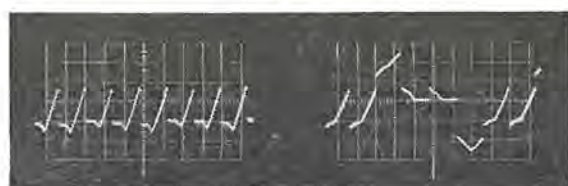
しかし 30° 以上では、逆に N-P 間の電圧は (-) となり、電流方向と逆となる。直流リアクトルがなければこの状態では電流は流れなくなるが、直流リアクトルがあれば逆電圧で電流の流れるのが阻止され、電流が減少しようとするとき、直流リアクトルの両端に $e_{ld} = -L di/dt$ の電圧を誘起し、 $e_d + e_{ld} > e_i$ となり逆電圧 e_i に打勝って電流は同一方向に流れ続ける。したがって T_1, T_2 が導通後 $30^\circ \sim 60^\circ$ の区間では、交流電源電圧に逆らって電流が流れることになり、直流側から交流側に電力を送り込む逆変換のインバータとして動作する。このように $\alpha=90^\circ$ のときは (+) と (-) の期間が同一で N-P 間の平均電圧は 0 となり、交直両電源間の電力の授受の平均値は 0 となる。

次に $\alpha=150^\circ$ について考えてみると、N 点の電位は図 2.7-(a) の太い実線、P 点の電位は点線のように変化し N-P 間の電圧 e_i は図 2.7-(b) のようになり、常に (-) でインバータとして動作する。

以上の説明でもわかるように、図 2.4 のサイリスタ均一ブリッジ回路では、サイリスタの制御おくれ角 $\alpha=90^\circ$ では順変換の整流器として動作し、 $\alpha=90^\circ \sim 180^\circ$ では逆変換のインバータとして動作するため、静止セルビウスでは、 $\alpha=90^\circ \sim 180^\circ$ のインバータ域を使用し、電動機二次出力を電源周波の交流に変換し電源に返還する。またサイリスタの直流側電圧 E_d は制御おくれ角 α により変化し、その平均値を E_t とし交流側線間電圧 E_s (rms 値) とすると $E_t = 1.35 E_s \cos \alpha$ の



サイリスタ素子端子電圧 インバータ直流電圧
(a) 負荷時 (直流電流 478 A)



サイリスタ素子端子電圧 インバータ直流電圧
(b) 無負荷時 (直流電流 10 A)

図 2.8 電圧波形写真
Oscillograms of waveforms.

関係があり、 α に対する E_t の変化の様子は図 2.3 のようになる。

なおサイリスタインバータを $\alpha=90^\circ$ 以下の整流器域で使用すると、サイリスタインバータの直流側電圧 E_d と直流電源電圧 E_d とが順方向となり、短絡回路を形成し大電流が流れようとするため、静止セルビウス装置では制御系のマイナーループとして電流制限回路を設け、 α が 90° 以下とならないように自動制御する。図 2.8 に電圧波形写真の一例を示す。

3. 特 性

3.1 入力, 出力, 総合効率

誘導電動機をすべり S で運転すれば、二次入力 P_2 のうち機械的出力 P_m となるのは

$$P_m = (1-S)P_2 \dots\dots\dots (3.1)$$

で残りのすべりに比例した

$$P_{20} = SP_2 \dots\dots\dots (3.2)$$

は二次出力となる。誘導電動機を二次抵抗により速度制御する場合は、 P_{20} のすべてが損失として二次抵抗内にすてられるため、低速域で運転するほど運転効率は低下する。静止セルビウス装置では、 P_{20} から変換装置の損失を差し引いたものが、回収電力 P_r となり電源に返還されるから、全速度域を通じて高効率の運転を行なう。

とくにサイリスタセルビウス装置の変換装置であるシリコン整流器、サイリスタインバータの損失はわずかで回収効率がいため、水銀整流器式静止セルビウス装置、M-G 式の回転セルビウス装置よりさらに高効率となる。図 3.1 に各方式の総合効率、回収効率の一例を示す。なお総合効率 η_t 、回収効率 η_r は下式で与えられる。

$$\eta_t = P_m / (P_1 - P_r) = \eta_0 (1-S) / \{1 - (1 + \eta_0 \eta_r) S\} \dots\dots (3.3)$$

$$\eta_r = P_r / (P_{20} - P_{lc2}) \dots\dots\dots (3.4)$$

ただし P_1 : 電動機一次入力 P_{lc2} : 電動機二次銅損

η_0 : 二次抵抗制御時の効率 ($= P_m / P_1$)

二次抵抗制御時の電源からの入力 P_1 であるが、静止セルビウスでは $P_1 - P_r$ となり回収電力分だけ少なくなる。なお静止セルビウスでは二次抵抗制御の場合と同様、機械的出力 P_m はあくまで式 (3.1) で示されるように、一定入力のもとでは速度に比例して変化し、定トルク特性を持っている。図 3.2~3.6 に効率、入力の実測例を

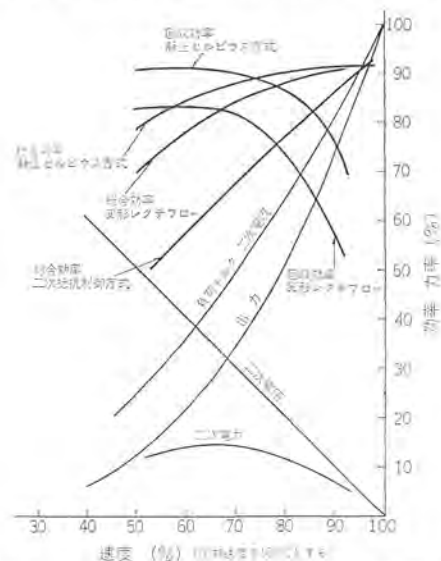


図 3.1 各種速度制御方式の効率曲線
(速度 2 乗トルクの場合)

Efficiency curves of various speed control systems.

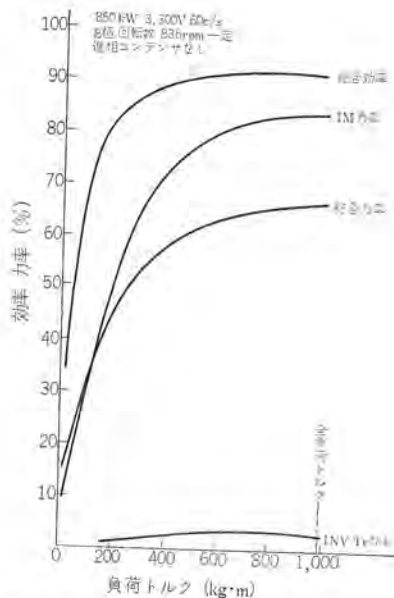


図 3.2 トルク・効率・力率特性(実測値)
Torque-efficiency and power factor characteristics (measured).

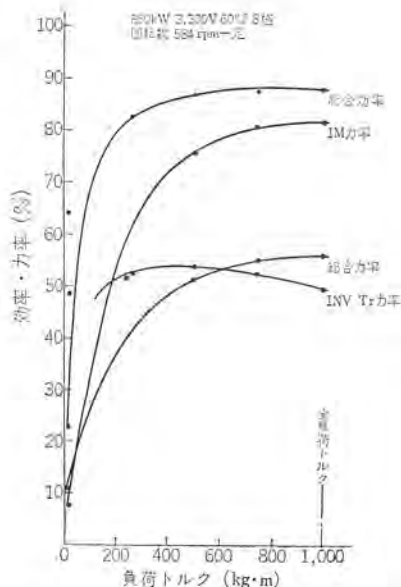


図 3.3 トルク・効率・力率特性(実測値)
Torque-efficiency and power factor characteristics (measured).

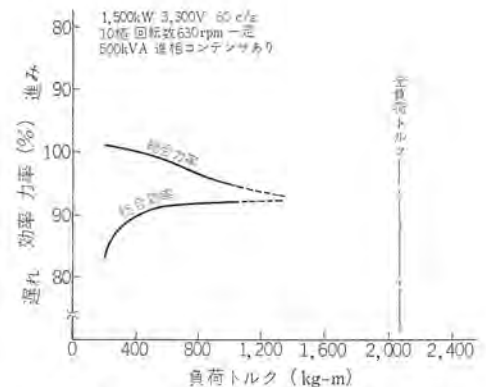


図 3.4 トルク・総合効率・力率特性(実測値)
Torque-efficiency and power factor characteristics (measured).

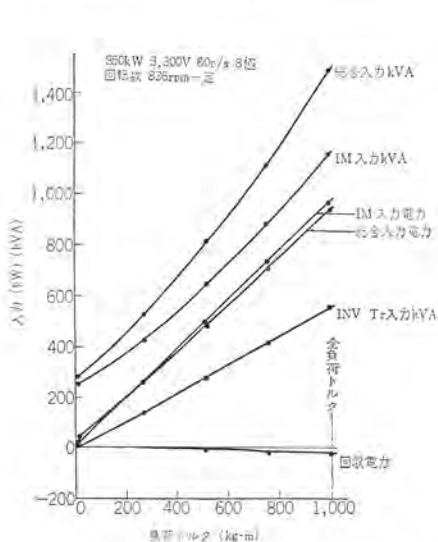


図 3.5 トルク・入力特性(実測値)
Torque-input characteristics (measured).

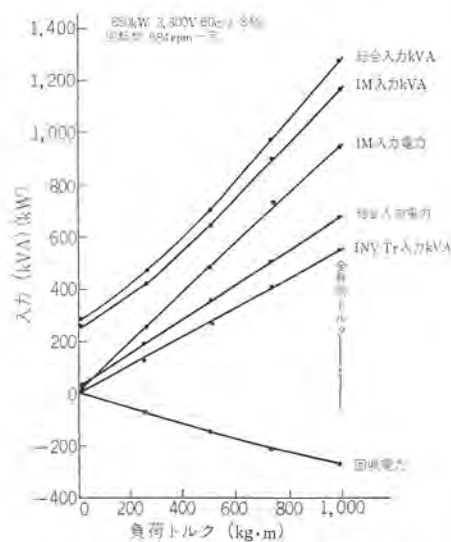


図 3.6 トルク・入力特性(実測値)
Torque-input characteristics (measured).

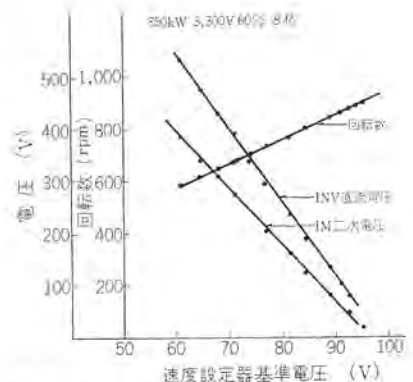


図 3.7 無負荷時の電動機二次電圧、
直流電圧(実測値)
No-load secondary voltage and DC
voltage (measured).

示す。

3.2 直流電圧、直流電流

誘導電動機の二次開放電圧を E_{20} とするとき、すべり S での無負荷の直流電圧 E_d は、下式で与えられる。

$$E_d = (3\sqrt{2}/\pi)SE_{20} = 1.35SE_{20} \quad (3.5)$$

負荷時変換装置に加わる電圧は、この E_d から各部のインピーダンス降下を引いたものとなる。直流電流 I_d は、整流器の転流重なり角 (u) を無視すれば、電動機二次電流 I_2 のとき

$$I_d = \sqrt{3/2}I_2 = 1.22I_2 \quad (3.6)$$

となり転流重なり角を考慮すれば

$$I_d = \sqrt{3/2}/\sqrt{1-3\varphi(u)} \quad (3.7)$$

$$\varphi(u) = \frac{\sin(u)(2+\cos u) - u(1+2\cos u)}{2\pi(1-\cos u)^2} \quad (3.8)$$

で与えられる。通常 $u \approx 30^\circ$ 程度で $\varphi(u) \ll 1$ となるので式 (3.6) で近似できる。図 3.7, 3.8 に二次電圧、直流電圧の実測例を示す。

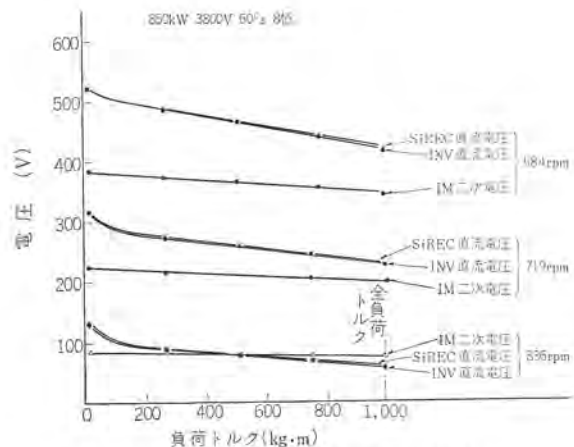


図 3.8 トルク・電圧特性(実測値)
Torque-voltage characteristics (measured).

3.3 速度トルク特性

インバータの直流逆電圧は、電動機二次側から見ればこれと等価の

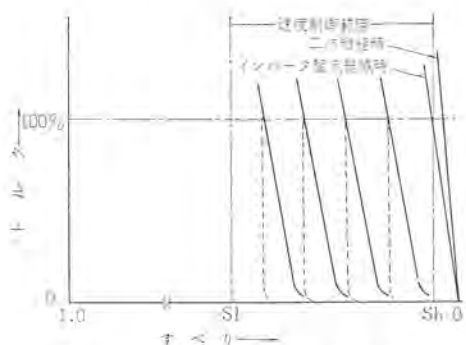


図 3.9 すべり-トルク特性
Slip-torque characteristics.

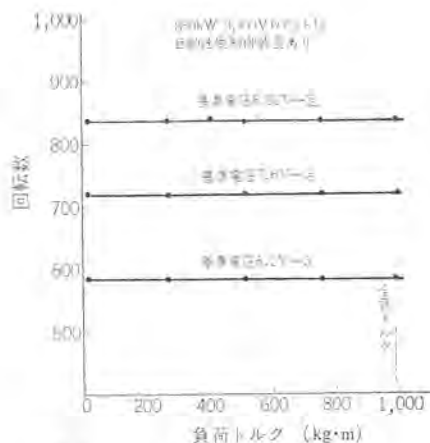


図 3.10 速度-トルク特性(実測値)
Speed-torque characteristics (measured).

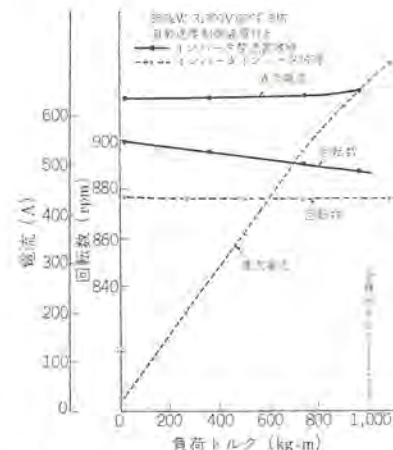


図 3.11 最高速度時の速度・電流-トルク特性(実測値)
Speed and current-torque characteristics at maximum speed (measured).

電圧降下をする二次抵抗がそう入されたと考えることもでき、二次抵抗制御の場合と同様に、電動機二次力率はほぼ一定の高い値に保たれるから、トルクは電動機二次電流 I_2 に比例する。 I_2 は

$$I_2 = (SE_{20} - E'_t) / (r'_2 + jSX'_2) \quad (3.9)$$

E'_t : インバータは逆電圧の交流側への換算値

r'_2 : 二次回路抵抗 (直流回路抵抗の換算値を含む)

X'_2 : 二次回路リアクタンス

で与えられる。

一般に r'_2 , X'_2 は小さいから、 SE_{20} と E'_t との差電圧がわずかで、十分所用トルクを発生するに足る電流が流れるから、静止セルビウス速度トルク特性は、図 3.9 のようになり分巻特性を持ち、100%トルク変化時の速度変動率は5%程度(最高速度に対して)で、自動速度制御装置なしでも十分安定した運転ができ、自動速度制御装置を設ければ、さらに高精度の運転を行なうのも容易である。

なお非常な軽負荷で電動機二次電流が小さくなると、直流リアクトルのインダクタンスが無限度でないかぎり、直流電流 I_d は連続して流れず断続するようになり、 I_d がゼロとなった瞬間インバータの逆電圧もなくなる。このため I_d が断続するとインバータの点弧パルス位相は、一定でもその直流平均逆電圧は低下し、運転速度は急激に上昇し速度変動率が大きくなる。ただしこの速度変動率が急激に大となるのは通常定格トルクの5%以下で、実用上は問題にする必要はない。図 3.10 に速度-トルク特性の実測値を示す。

3.4 最高速度、最低速度

直流回路電流が定格電流以下にある範囲でインバータを整流器域とし、インバータ交流側より直流回路に電流を流しておくと、直流回路の電圧降下は補償され無視できるようになる。このときは電動機二次側から見た場合、電動機二次短絡時より整流器の正方向電圧降下分だけ二次インピーダンスが増大すると考えればよい。シリコン整流器の正方向電圧降下はわずかであるため、静止セルビウス装置での最高速度は電動機二次短絡速度をわずか下まわるだけで通常同期速度の97%程度となる。

静止セルビウス装置では、原理的には速度0まで制御できるが、式(3.5)でもわかるように低速で運転すればするほどインバータ直流電圧が大となり、装置の容量も大となり高価となるから、最低速度は所要最低限にとどめるのがよい。なお静止セルビウス装置はすべり1以上の制動域、あるいはすべり0以下(-)の発電機域でも使用することができ、高効率の運転を行なう。ただしこの領域では制動トルクのみ発生し電動トルクは発生しない。なお通常の使用域のすべり0

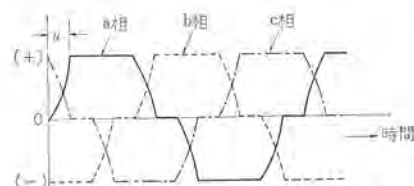


図 3.12 誘導電動機二次電流波形
Waveform of secondary currents.

~1.0 の範囲では電動トルクのみ発生し、制動トルクは発生しない。図 3.11 にインバータ域での最高速度、および整流器域で使ったときの速度-トルク特性の実測例を示す。

3.5 総合力率

サイリスタインバータは交流側電圧一定で、点弧位相により直流逆電圧を制御するため、インバータ装置からも無効電力を生ずる。この無効電力はほぼ $\sin \alpha$ (α : 制御おくれ角) に比例し、 $\alpha=90^\circ$ の逆電圧最小時(最高速度時)最大となり、その値はほぼ変圧器容量と同一となる。また電動機二次に整流器が接続されると転流重なり角のため、後記式(3.12)で示す ϕ_{21} だけ二次力率が電動機単独の場合より低下するため、静止セルビウス装置の総合力率は電動機単独の場合より低下する。このため通常進相コンデンサを設け、力率の改善をはかる。

総合力率 $\cos \phi_t$ は下式で与えられる。

$$\cos \phi_t = \frac{P_1 - P_r}{\sqrt{(P_1 - P_r)^2 + (Q_1 + Q_r)^2}} \quad (3.10)$$

P_1, P_r : 前記

Q_1 : 電動機一次無効電力

Q_r : インバータ変圧器一次無効電力

図 3.2, 3.3, 3.4 に力率の実測例を示す。

3.6 高調波の影響

電動機二次に整流器を接続すると、二次電流波形は図 3.12 のようになり波形状となり、高調波を含むようになる。電動機が定常の有効トルクを発生するのは、基本波電流成分(実効値 I_{21})のみである。図 3.12 の電流波形の実効値を I_2 とするとき、 I_{21} と I_2 との比は概略下式で与えられる。

$$I_{21}/I_2 \approx 3/\pi \quad (3.11)$$

また転流重なり角 u を有すると、基本波電流成分の力率角 ϕ_{21} は、

$$\varphi_{21} = \tan^{-1} \frac{2u - \sin 2u}{1 - \cos 2u} \dots \dots \dots (2.12)$$

となり、電動機単独の場合より力率は低下する。

したがって電動機単独、あるいは二次抵抗制御の場合と同一電流を流したとすれば、静止セルビウス装置での発生トルクは $I_{21} \cos \varphi_{21} / I_2$ 倍に低下し、逆に同一トルクを発生するためには $I_2 / I_{21} \cos \varphi_{21}$ 倍の電流を流してやる必要がある。通常、転流重なり角 $u \approx 30^\circ$ 程度であり、このとき $\varphi_{21} \approx 20^\circ$ となるから $I_2 / I_{21} \cos \varphi_{21} \approx 1.11$ となり、約 10% の電流増加となる。

二次電流に高調波が含まれると、電動機は振動トルクを発生したり一次電流の脈動（とくに第 5 高調波により、同期速度の 2/3 速度付近で顕著となる）をおこすが、これらはとくに実用上問題でないことは、回転セルビウス装置、クレーン装置（当社のレクチフドライバ）での経験から実証されている。

静止セルビウス装置では、以上のように電動機電流がひずむと同時にインバータ装置よりの返還電流がひずむため、電源電圧波形にひずみを生ずることも考えられるが、通常これはとくに問題にする必要はない。

4. 制御方式

4.1 起 動

電動機二次に整流器、インバータ等の変換装置を接続したまま起動することも考えられるが、このためには変換装置の定格電圧は、すべり 1.0 のときの電動機二次電圧に耐えるものとする必要があり、装置の容量が増大し不経済となるため、通常変換装置は所要速度制御範囲の最低速度に耐えるものとする。このため起動時インバータ逆電圧が不足し、大きな突入電流が流れようとするから、起動時は通常の電動機と同様電動機二次に起動抵抗器をそう入し、適当な速度に加速したとき変換装置を電動機二次に接続し、セルビウス運転に切りかえる。

セルビウス運転に切りかえる方式には下記の 2 方式がある。

(1) 電動機二次短絡速度まで加速したのち切りかえる方式

図 4.1 にこの方式の回路図、図 4.2 に起動のフローチャートを示す。この方式では、電動機はいったん二次短絡速度まで加速したのち、減速し設定速度におちつく動作をするが、二次切換えしゃ断器が不要で装置、回路方式が簡単となり、円滑、確実な切換えができるため、支障ないかぎりこの方式を採用する。

図 4.2 のフローチャートで示す切換え方式は、当社独特のクローズドトランジション方式（特許出願中）で、起動器を二次短絡ノッチまでノッチ進めし、電動機を最高速度に加速したのち、インバータを整流域とし、インバータ交流側から直流回路に規定値の電流を流しておく。この状態でふたたび起動器ノッチを進めし、まず変換装置を電動機二次に接続するための接触子を閉じ、さらにノッチを進めると、起動抵抗短絡用接触子が開き、二次抵抗を電動機二次に再そう入し最終ノッチに達したとき二次抵抗の中性点側を切り放し、完全にセルビウス運転回路に切りかえ、インバータ点弧パルスを設定速度対応する位相にもどす。

このようにすると切換時電動機二次回路は、開放されることなく、二次短絡状態に保持されるため、異常電圧・電流の発生もなく、また二次抵抗の再そう入、中性点開放時起動器接触子は電流をしゃ断することもないため、とくに切換えしゃ断器を設けなくても起動器のみで円滑、確実な切換えを行なうことができる。図 4.3 にこ

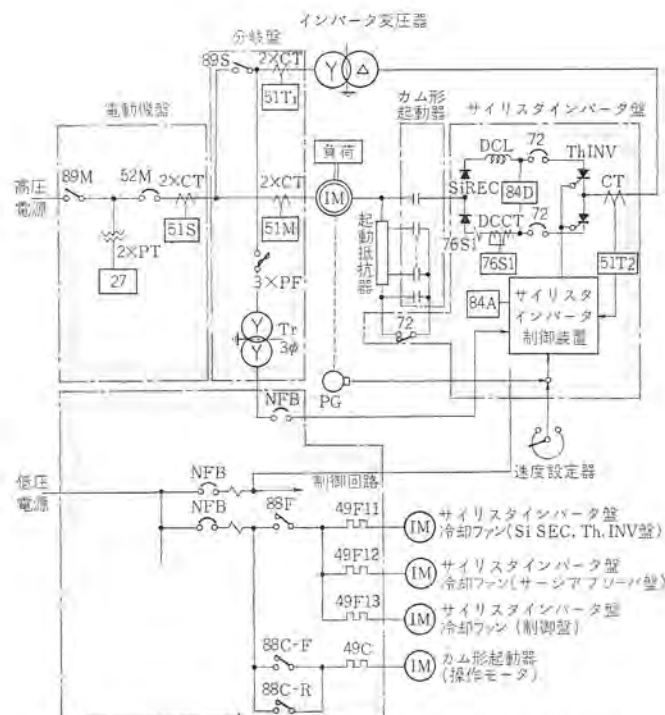


図 4.1 静止セルビウス装置の単線結線図（二次短絡速度まで加速後切換える場合）
Skeleton diagram of static scherbius apparatus.

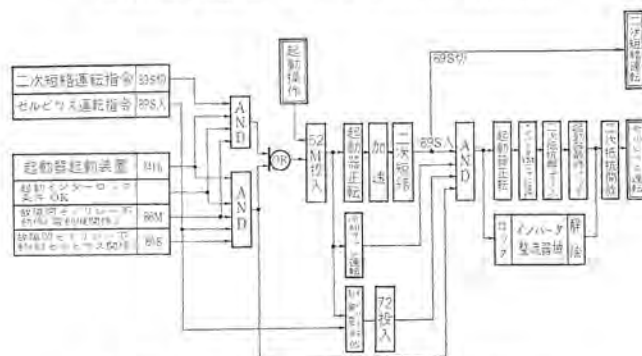


図 4.2 静止セルビウス装置の起動フローチャート
Starting flow chart of static scherbius apparatus.

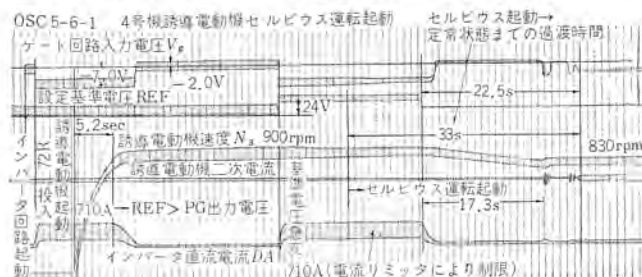


図 4.3 起動時のオシログラム
Oscillogram of starting characteristics.

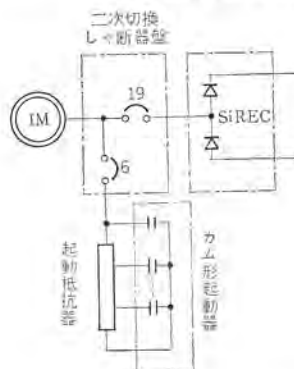


図 4.4 二次切換回路（途中速度で切換える場合）
Change over circuits of secondary circuits.

の方式の起動時のオシログラムを示す。

(2) 途中速度で切換える方式

図 4. 4 にこの方式の切換え回路図を示す。この方式の場合、切換え中の加減速を防止するため切換えをすみやかに行なう必要があり、また切換え時電流シャ断をする必要があるため、図 4. 3 のように切換えシャ断器を必要とする。切換えは突入電流防止のため、インバータ逆電圧より電動機二次電圧が低くなったことを検出し行なう必要がある。ただしインバータは、電流ゼロでは逆電圧を発生せずこれを検出することができないため、電動機速度、二次電圧を検出し、インバータ点弧パルス位相に相当する逆電圧より電動機二次電圧が下まわる速度になったことを間接的に検出し切換える。

4. 2 停 止

普通停止・故障発生時の非常停止のいずれも図 4. 5 のような順序で停止する。直流シャ断器トリップをすると、電動機二次は開放される。この状態で電動機一次シャ断器をトリップすると、電動機二次に異常電圧を発生することがあるため、図 4. 1 の回路では、直流シャ断器は同期電動機界磁シャ断器のような放電コンタクト(1極)付きとした。直流シャ断器トリップ時は、起動抵抗器の中性点側を閉じ二次二相間に起動全抵抗をそう入したのち、また図 4. 4 の回路では切換えシャ断器を投入し二次全相に起動抵抗をそう入したのち、電動機一次シャ断器をトリップする(前者の方式は特許出願中)。

なお力率改善のため電動機、またはインバータ変圧器一次に進相コンデンサを接続した場合、電動機一次シャ断器をトリップしたとき、誘

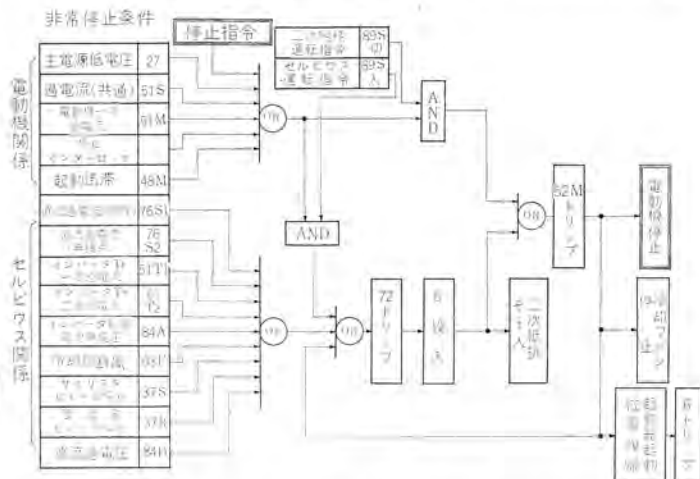


図 4. 5 静止セルビウス装置の停止フローチャート
Stopping flow chart of static scherbius apparatus.

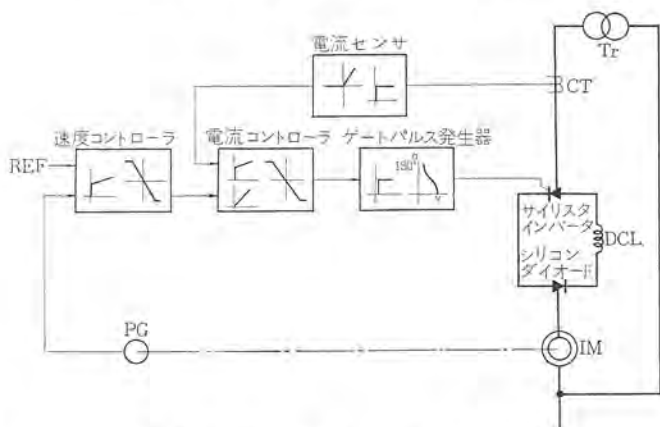


図 4. 6 静止セルビウス速度制御系
Static scherbius speed control system.

導電動機の自励現象により電動機一次電圧が一時上昇することが起こりうるが、進相コンデンサに放電コイルを設け、停止時の操作順序を上記のようにすれば、これを防止できる。

4. 3 速度制御

前述のように静止セルビウス装置は、分巻特性を持つため自動速度制御装置なしでも安定な運転を行なうことができるが、自動速度制御を行なえば、さらに高精度の運転を行なうことができる。図 4. 6 に自動速度制御を行なう場合のブロック図を示す。

指速発電機からの実速度信号と設定器からの基準信号を比較し、その偏差を演算増幅器で増幅する。またサイリスタインバータの点弧位相を制御し直流逆電圧をも調整し、電動機速度を制御する速度制御系を主ループとする。これに電動機二次電流を制御する電流制御回路をマイナーループとして付属している。速度制御回路の出力信号が電流制御回路の電流基準値を与えるように構成し、リミッタを設け速度制御回路の出力電圧を制限し、設定または負荷が急変しても、過大な電流基準を与えないようにして、過電流が流れるのを防止する。

電流制御回路は、主回路電流に比例した電圧信号と速度制御回路からの電流基準値を比較し、偏差を増幅しその出力をゲート位相制御回路に与えた。サイリスタインバータの点弧パルス位相を制御し、インバータ逆電圧を調整し、電動機電流を所定値以下に抑制しながら一定速度で運転するよう自動制御する。

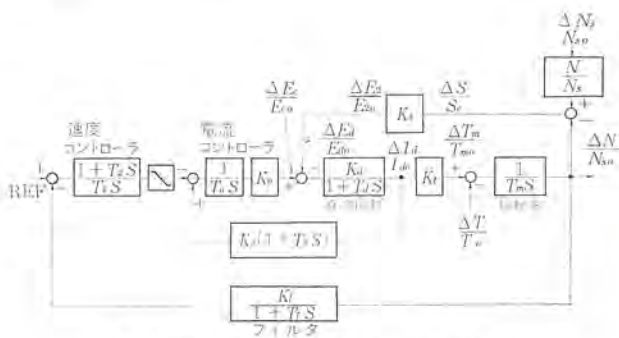


図 4. 7 静止セルビウスのブロックダイアグラム
Static scherbius block diagram.

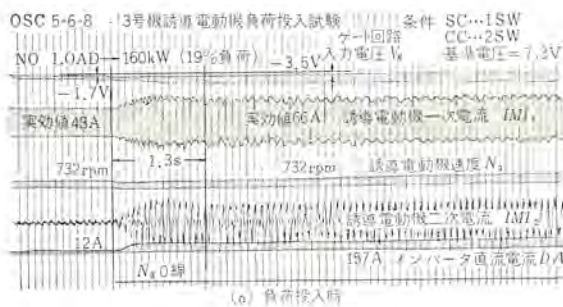


図 4. 8 負荷急変時のオシログラム
Oscillogram of transient characteristics.

図 4.7 に自動速度制御系のブロックダイアグラムを示す。制御系は回転系の慣性以外、ほとんど時間おくれのない系から構成されるため、速応性に富んだ制御が可能である。また制御電力がわずかなため制御系の伝達関数を自由にえられ、種々の制御性能をもたせることも容易である。図 4.8 に負荷急変時の過渡応答のオシログラムを示す。

5. 保 護

5.1 過電流保護

前述のように速度制御系には、マイナーループとして電流制御回路を設け、過電流が流れるのを防止する。万一過電流が流れるような事故が発生した場合は、電動機一次および交換装置回路に図 4.5 の非常停止条件に示すような過電流保護装置を設け、機器を保護する。

サイリスタインバータ回路の過電流の原因としては、転流失敗、通弧、失弧、短絡事故、制御回路の不調等がある。サイリスタおよびシリコン整流器はこのような事故時の過電流に対して、速動ヒューズおよび直流しゃ断器で保護される。回路の誤動作による過電流によって速動ヒューズが常に溶断することは、並列個数の多い大容量のインバータでは保守上好ましくない。過電流を遅れのない静止形過電流検出装置で検出し、半サイクル以内の遅れで直流しゃ断器をトリップするようにする。

事故電流の立上りは、事故の種類と回路定数によって定まるわけであるが、最も過酷な条件におけるしゃ断器の開極時間およびアーク時間中の電流の変化の様子を検討し、この間の $\int i_g^2 dt$ (ただし i_g は電流の瞬時値) がヒューズの持つ I^2t の値以下になるよう回路定数を決定しなければならない。

$$(P/K)^2 \times (\text{ヒューズの溶断 } I^2t) > \text{事故電流しゃ断までの } \int i_g^2 dt$$

(1 相分換算値)

P : 並列個数

K : 不平衡率

ほかに電磁式過電流継電器をバックアップとして併用し、過電流保護に万全を期している。

5.2 サージ電圧の保護、過電圧保護

サージ電圧として考えられるものは、系統および装置内部の開閉サージ、雷による誘導サージ、サイリスタのキャリア蓄積効果などがある。インバータ変圧器、制御電源変圧器は、しゃへい板付きとし一次側からサイリスタ回路へのサージの移行を防止するとともに、インバータ、シリコン整流器の交直両側にサージ吸収装置を設け保護する。

開閉サージに対する保護方式としては、セレンアレスタと呼ばれる非直線抵抗体を用いている。図 5.1 からわかるように、サージインピー

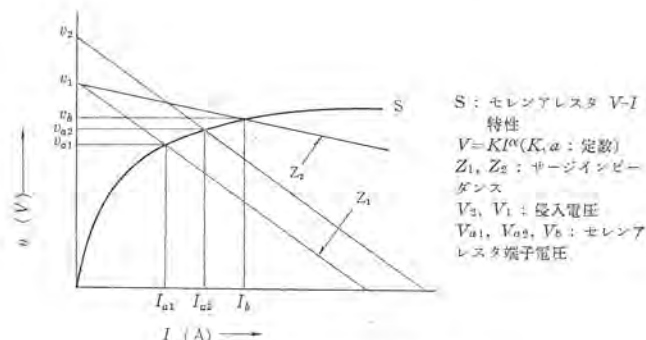


図 5.1 セレンアレスタの特性
Characteristics of selenium arrester.

ンス、侵入電圧の大小にかかわらずセレンアレスタの端子電圧はほぼ一定に保たれる。このほか、CR アブソーバを併用し、サージ電圧の波頭を緩和するとともに転流振動電圧を抑制する。

速度低下による電動機二次すべり電圧の上昇による過電圧に対しては、過電圧継電器、あるいは速度継電器により保護する。

5.3 サイリスタ素子の分流および分圧法

サイリスタ素子を並列使用する場合の分担電流の不平衡要因としては、順電圧降下のばらつき、ターンオン時間のばらつき、各分岐回路のインピーダンスの相異などがある。電流不平衡の解決法として、素子の選択はもろろん素子に直列リアクトルをそう入し、電流の平衡を行なっている。さらにこの直列リアクトルは、順電流上昇率を許容値以内におさえる働きを持つ。

素子を直列接続して使用する場合、定常電圧およびサージ電圧、転流回復電圧等の過渡的電圧の順、逆方向電圧の分担電圧を均一にするため各素子と並列に抵抗、コンデンサを接続する。

5.4 ノイズ防止および保護

サイリスタのゲート制御に影響するノイズは、大別して電磁ノイズと静電ノイズがある。電磁ノイズにはサイリスタ自身から発生するノイズがあって、サイリスタの転流時に生ずる di/dt によって生ずるものが最も大きい。他にインダクタンスに流れる電流をしゃ断した場合等に発生するノイズがあるが、これは前者に比べて小さい。静電ノイズで最大のものは、リレー開閉時に生ずる高周波振動が変圧器、配線の浮遊容量を通じて侵入する場合である。ノイズ対策としては、

- (1) 同軸またはシールド線を使用する。
- (2) 制御回路用の配線ダクトを別に設けて分離して配線する。
- (3) 制御回路用変圧器を別に設け、リレー回路を区別する。
場合によってはシールド変圧器を使用する。
- (4) 制御回路電源にフィルタを設ける。
- (5) サイリスタ制御回路の近傍にあるリレーは、すべて火花消去回路を設ける。

等の考慮をはらい万全を期しておく。

5.5 その他

以上のような保護のほか、冷却ファンの異常を検出する断固リレー、制御用直流電源が故障すると速度制御動作が正常な動作をしなくなるので、無電圧リレーを設けこれを検出する。

6. 主要構成機器

6.1 巻線形誘導電動機

二次に整流器をそう入することによる電流波形ひずみ、力率低下のため、電動機単独の場合より若干電流が増加する以外通常の電動機ととくにかわることはない。

6.2 シリコン整流器

シリコン整流器はスタック構造を標準とする。大容量の場合はトレイ構造とすることがある。通常風冷とし盤内に収納する。場合によっては直流しゃ断器、直流リアクトルも盤内に収納することがある。図 6.1 にシリコン整流器盤の一例を示す。

6.3 サイリスタインバータ

サイリスタもスタック構造を標準とし、必要ならばトレイ構造とすることもできる。素子には当社独特の圧接形構造でセンターゲート方式の高性能サイリスタを使用し、通常は風冷とする。サイリスタインバータ盤とインバータ制御盤は列盤とし、他にサージ吸収装置、検出装置等を収納した補助盤を設けることがある。図 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6

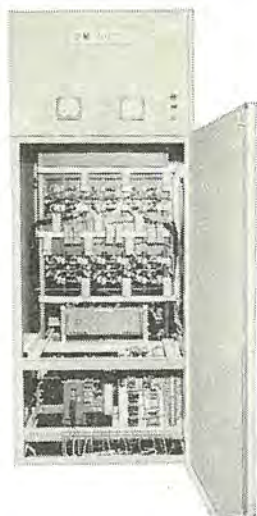


図 6.1 850 kw 8 極 30 % 速度制御
用 静止セルビウス 装置 シリコン
整流器盤
Silicon rectifier panel for 850 kw, 8-
poles, 30 % speed control.

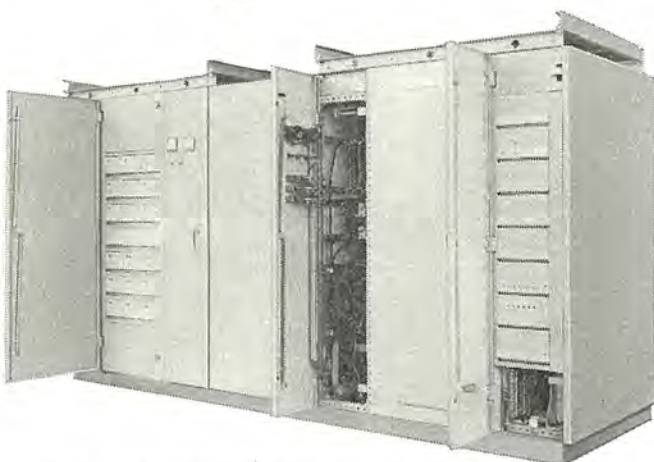


図 6.2 2×1,500 kW 10 極 10 % 速度制御用単独 セルビウス
装置用変換装置
Static scherbius apparatus for 2×1,500 kw, 10-poles,
10 % speed control (front view).

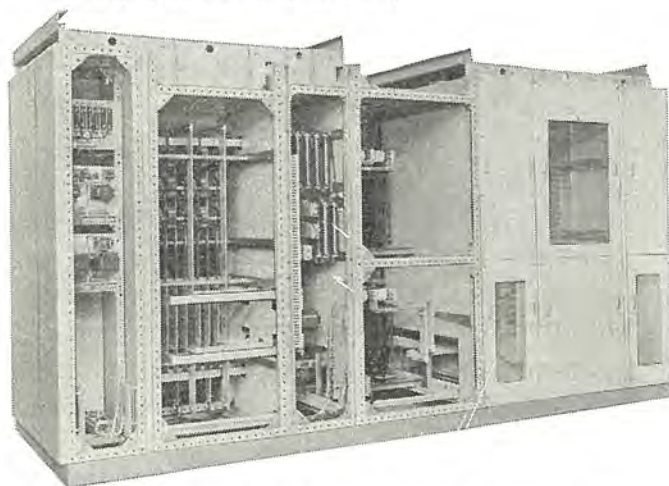


図 6.3 2×1,500 kW 10 極 10 % 速度制御用単独 セルビウス
装置用変換装置 (裏面)
Static scherbius apparatus for 2×1,500 kw, 10-poles,
10 % speed control (rear view).

にサイリスタインバータ装置の一例を示す。図 6.2 では整流器、インバータはトレイ構造とし同一パネルに収納している。

6.4 直流リアクトル

乾式・自冷式・H 種絶縁を標準とし、過電流時の鉄心の飽和をさけるために空心リアクトルを使用し、通常盤内に収納する。

リアクタンス値は軽負荷時の速度変動率の増大、電流脈動による電動

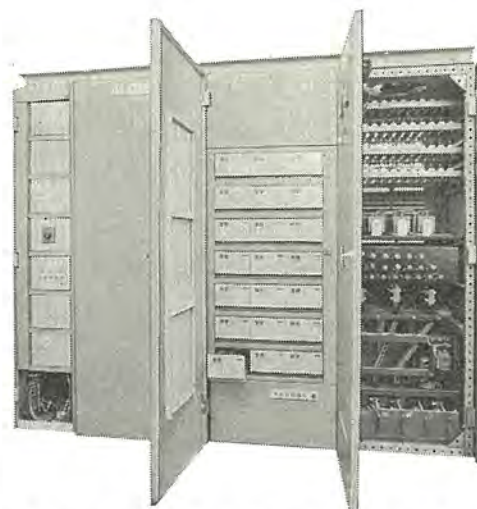


図 6.4 3×850 kw 8 極 30 % 速度制御用共通 セルビウス
装置用 サイリスタインバータ 盤
Thyristor inverter panel common to 3×850 kw,
8-poles, 30 % speed control.

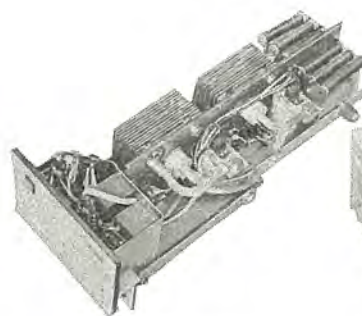
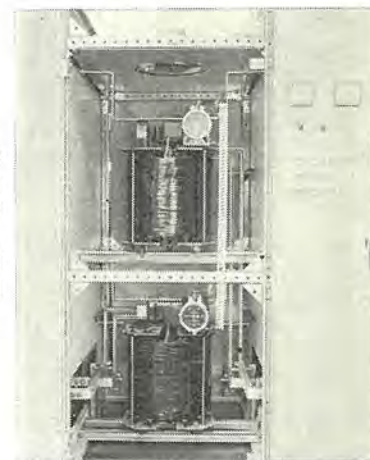


図 6.5 サイリスタトレイ
Thyristor tray.



図 6.6 自動速度制御装置
Automatic speed control unit.

図 6.6 2×1,500 kW 10 極 10 % 速度制御用
単独 セルビウス 装置用
直流 リアクトル
DC reactor for 2×1,500
kw, 10-poles, 10 % speed
control.



機損失の増大、転流失敗、その他で過電流が流れるときの立上り時間と、速度ヒューズの溶断特性、直流しゃ断器のトリップ時間との協調を考慮し決定する。図 6.7 に直流リアクトルの一例を示す。

6.5 インバータ変圧器

油入自冷式を標準とし、要求あれば乾式とすることもできる。結線は Y-Δ とし、一次二次巻線間にしゃへい板を設ける。

サイリスタインバータは、制御おくれ角 180° 以上の点弧パルスが与えられると転流失敗をおこすから、通常は最低速度での最大直流電圧時でも制御おくれ角が 180° 以下、適当な余裕角 (通常 $30^\circ \sim 40^\circ$) をもつように変圧器二次電圧を決定する。変圧器容量は、この電圧と定格最大直流電流の交流換算値で決まる。

6.6 その他

以上のほか、一次制御用電動機盤・分岐盤、二次制御用の起動抵抗装置、二次切換えしゃ断器（途中速度で切りかえる場合）等から構成され、必要に応じ起動・停止制御・警報表示を行なうためのリレー類、補機制御装置等を収納した制御盤、あるいは監視操作を行なうための操作盤を設けることもある。

7. 共通セルビウス装置

水道の送水ポンプなどでは複数個の同一仕様の電動機を同時に速度制御し、送水流量・圧力を制御することがある。このような場合、図 7.1 のように整流器・直流リアクトルは各電動機それぞれに設け、直流回路で並列接続しインバータ装置を共通に 1 台設けると、経済的に複数個の電動機を同時にほぼ等速して速度制御することができる。ただしこの方式では、各電動機を完全に等速することはできず、各電動機は、電動機インピーダンスと直流回路の共通点までの直流抵抗に対応する速度変動率をもつ。

また軽負荷時は電流の脈動も大となり、インバータ逆電圧より整流器出力電圧が平均値として低くなっても、波形の相異により電流が流れるようになる。したがって等速作用がなくなるが、通常定格トルクの 10% 以上のトルクであればこのような現象はなくなる。自動速度制御する場合は、図 7.2 のように各電動機速度の平均値で速度制御すると、運転台数がかわっても回路定数を変更することなく、安定な運転を行なうことができる。図 7.3、7.4 に速度・トルク特性の実測例を示す。

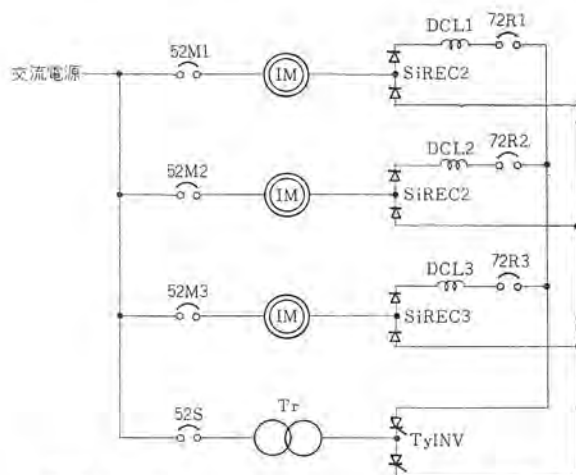


図 7.1 複数個の電動機を同時に速度制御する方式 (共通セルビウス)

Static scherbius system with one inverter for multiple motors.

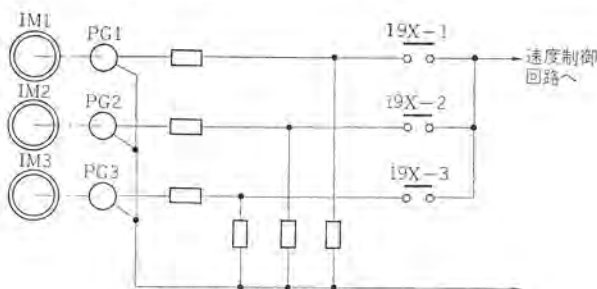


図 7.2 速度検出回路
Speed detecting circuits.

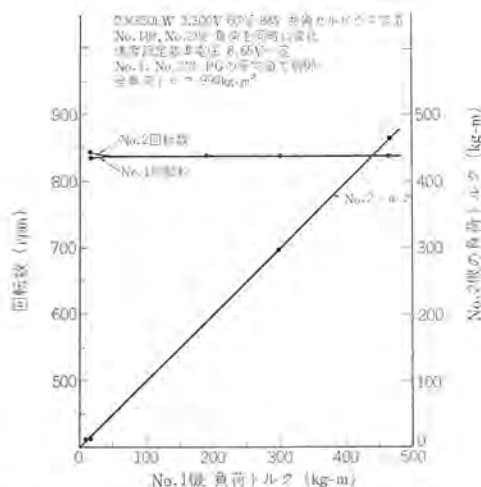


図 7.3 2 台共通セルビウス装置の速度・トルク特性 (実測値)
Speed-torque characteristics of static scherbius system with one inverter for two motors (measured).

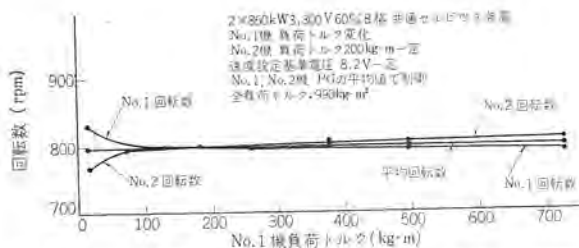


図 7.4 2 台共通セルビウス装置の速度・トルク特性 (実測値)
Speed-torque characteristics of static scherbius system with one inverter for two motors (measured).

8. 応用

サイリスタ静止セルビウス装置は、以上で説明したようなすぐれた特性をもつので、小容量機から数千 kw の大容量機まで速度制御を必要とする用途には広く利用することができる。静止セルビウス装置は、シリコン整流器、サイリスタインバータを使用するため、二次抵抗制御に比較するとコスト高となるのは避けられないが、運転効率が高いため運転電力費が安価となり、インシタルコストの差額分を通常数年で回収でき、より経済的となる。とくにこの効果は容量が大きくなるほど大となり、ポンプ・ブロワ・コンプレッサ等の数百 kw 以上の大容量機の色度制御装置としては好適のものである。

また高精度・速応性に富んだ制御ができるから、計算機用定周波定電圧電源用発電機の駆動装置、あるいは輪転機・抄紙機等の駆動装置としても適している。

(1) 使用例 1 ポンプ用 1,500 kw 静止セルビウス装置

阪神水道企業用 甲東ポンプ場納めの単独セルビウス装置で 2 台製作し、既設の 4 台のポンプ (二次短絡運転) と並列運転し、送水量を一定とするよう流量信号により自動速度制御する。回路方式は図 4.1 とほぼ同一で、必要に応じ二次短絡運転も行ないうるようにしている。前掲の図 6.2、6.3、6.7 はこの装置の製品写真である。

仕様は下記のとおりである。

電動機：1,500 kw 3,300 V 60 c/s 10 極
防滴保護形 サイレッサ付き
二次変換装置：DC 220 kw 230 V 930 A

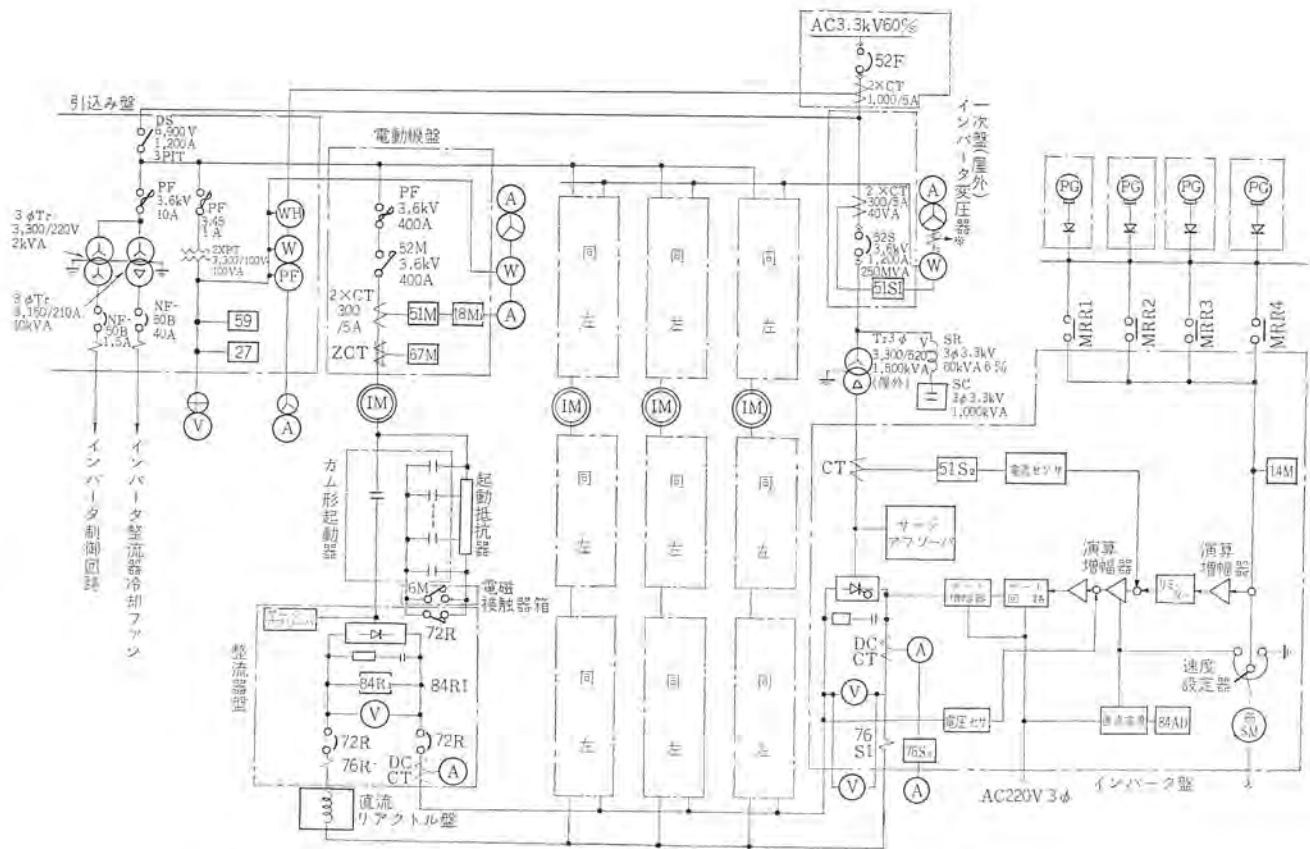


図 8.1 尼崎市水道局納め 4×850 kw 共通セルビウス装置単線結線図
Skeleton diagram for static scherbius system with one inverter for 4×850 kw motors.

トレイ式 風冷式

変圧器： 310 kVA 3,300/230 V Y-Δ 結線

乾式 H種絶縁 自冷式

速度制御範囲： 10 % (685~630 rpm)

(2) 使用例 2 ポンプ用 4×850 kw 共通セルビウス装置

尼崎市水道局 一津屋 ポンプ場に納入したもので、図 8.1 にこれの単線結線図を示す。4 台の電動機に共通にサイリスタインバータは 1 セット (4 台中 1 台は予備で容量は 3 台分) とし、常時 3 台を同時速度制御し送水流量を調整できるようにしている。また必要に応じて 1 台、2 台運転と運転台数も自由にかえられ、電動機単独の二次短絡運転もできるようにしている。この装置の運転操作・監視はすべて約 18 km 離れた園田浄水場から遠方監視制御するようにしている。図 6.1 はシリコン整流器盤 (1 台分)、図 6.2 はサイリスタインバータ盤である。

仕様は下記のとおりである。

電動機： 850 kw 3,300 V 60 c/s 8 極

防滴保護形 4 台 (1 台予備)

二次変換装置：

シリコン整流器 DC 350 kw 520 V 685 A

スタック式 風冷式 4 台 (1 台予備)

サイリスタインバータ： DC 1,050 kw 520 V 2,045 A

トレイ式 風冷式 1 台

変圧器： 1,500 kVA 3,300/520 V Y-Δ 結線

油入自冷式 屋外形

速度制御範囲： 30 % (836~585 rpm)

(3) 使用例 3 ポンプ用 1,200 kw 静止セルビウス装置

阪神水道企業団 大道 ポンプ場向けとして、現在 2 セット製作中で甲東 ポンプ場の場合と同様、1,200 kw 12 極の電動機を 30 % 速度制御し、送水流量を調整する。

9. む す び

サイリスタ 静止セルビウス装置は、以上のように非常にすぐれた性能を持っている。これに使用する大電力用サイリスタは、現在は完全に量産段階にはいり、その信頼性についてはなんらの心配もないので、今後は従来誘導電動機が使用された分野はもちろん、直流機が使用されていたような用途にも広く使用されるものと考えられる。

(昭 42-10-23 受付)

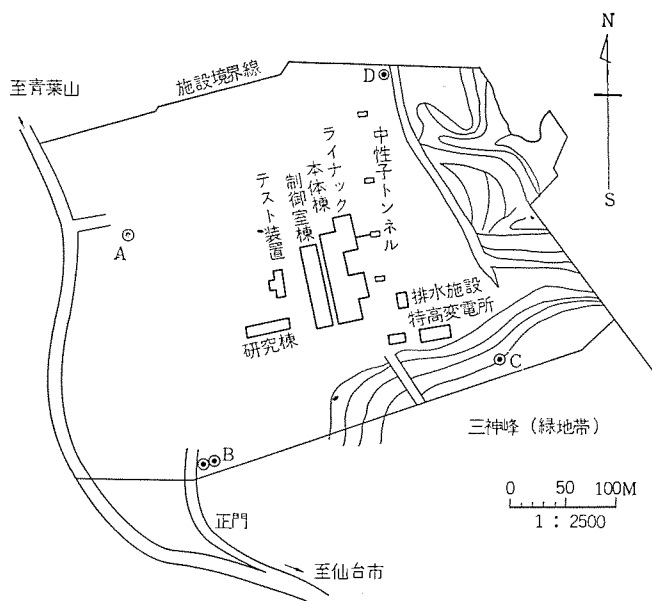


図 3.1 屋外エリアモニタ検出部設置点 (●印)
Map of detecting points of area monitors on the site.

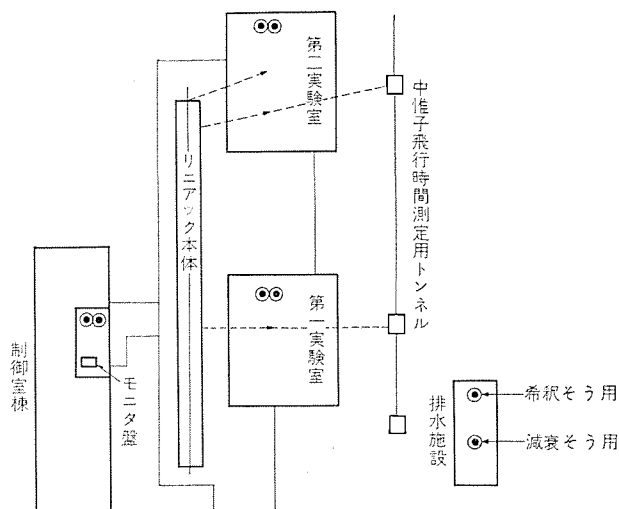


図 3.2 屋内エリアモニタおよび排水モニタ検出部
設置点 (●印)
Map of detecting points of area monitors indoor and
water monitors.

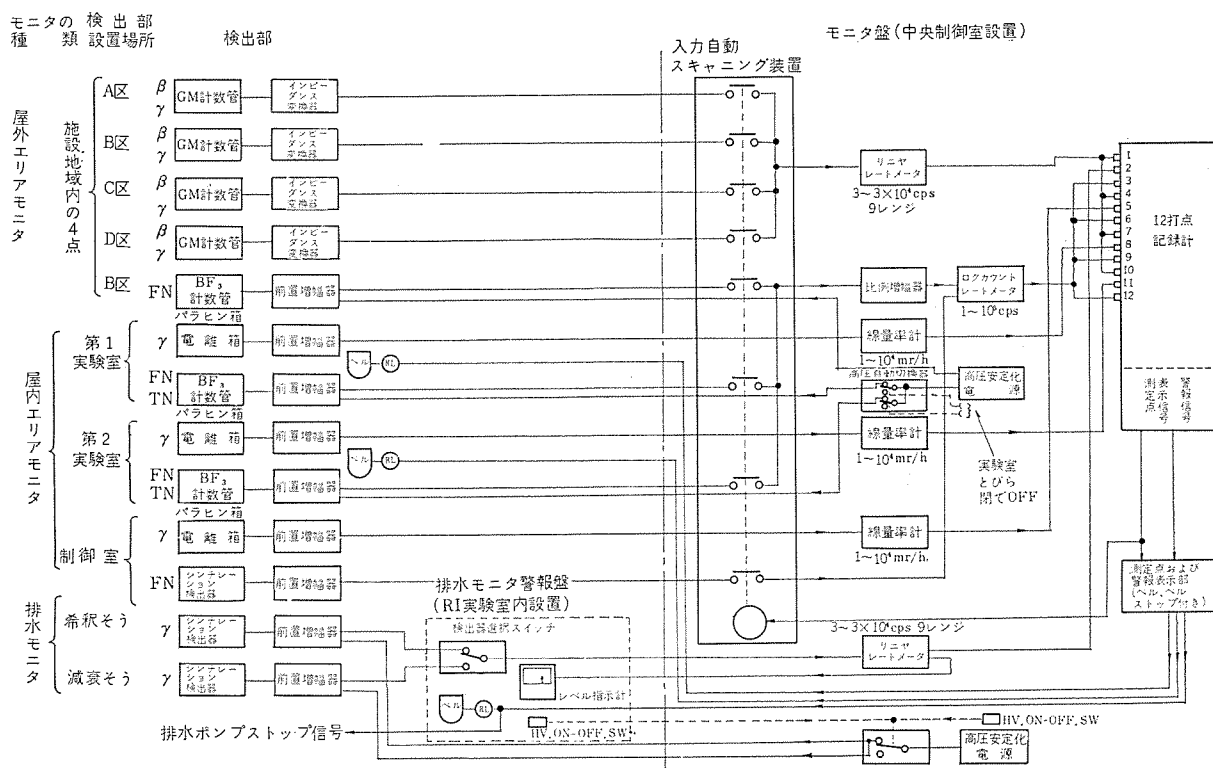


図 3.3 放射線モニタリングシステム系統
Block diagram of radiation monitoring system.

図を図 3.3 に示す。

3.1 屋外エリアモニタ

3.1.1 $\beta\gamma$ 線エリアモニタ

図 3.1 に示すように、リニアックを納めたリニアック本体棟をほぼ中心として A, B, C および D 区の 4 地点にモニタリングポストを設けている。このポストでは、GM 計数管によって β 線 γ 線の測定を行なっている。 β 線は主として空気中の窒素が放射化されて生じる N^{13} の β^+ 線、エネルギー 1.24 MeV、半減期 10.05 min、を検出するために、 γ 線は通常のエリアモニタとして測定するために用いられ、GM 計数管はこの両者の和を検出計数する。

GM 計数管は Λ 0 ガン 消滅形で β 線を検定するため端窓形を使用している。窓の汚染による検出効率の低下は、 β 線エネルギーが比較的強く (1.24 MeV は Al 中の飛程 520 mg/cm²) その影響は少ない。 γ 線の検出効率は窓厚が薄いので 0.7 MeV 付近の γ 線に対し約 0.3 % である。GM 計数管は薄い鉄ケースにそう入してあり、端窓の β 線入射部分のみ窓をあけ β 線測定可能としている。この GM 検出器は A, C および D 区では図 3.4 に示す収納箱に収納されている。

収納箱は ボンネット により外の空気が出入りできるようになっているが、雨雪が検出器にかからぬよう仕切板を検出器の両側面に取付けている。インピーダンス変換器は検出器の下部に取付け、ケーブルの特

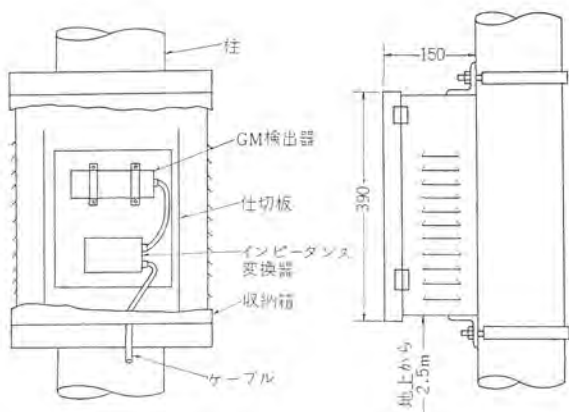


図 3.4 $\beta\gamma$ 線 エリアモニタリングポスト 構造
Construction of β and γ rays monitoring post.



図 3.5 $\beta\gamma$ 線 エリアモニタリング
ポスト
 β and γ rays areamonitor-
ing post.

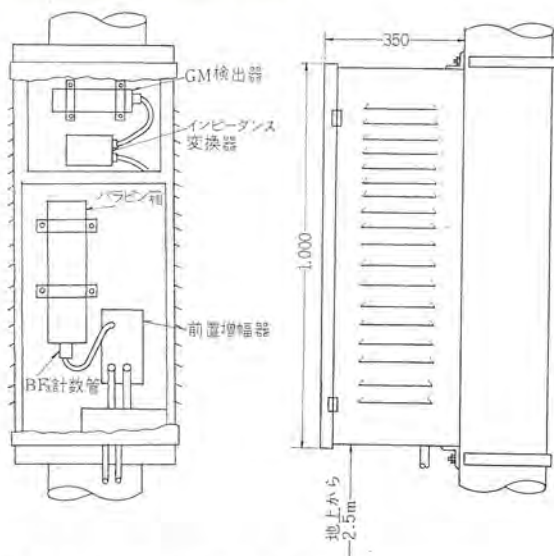


図 3.6 $\beta\gamma$ 線および速中性子線 エリアモニタリングポスト 構造
Construction of β and γ rays and fast neutron area
monitoring post.



図 3.7 $\beta\gamma$ 線および速中性子線
エリアモニタリング ポスト
 β and γ rays and fast neutron
area monitoring post.

性インピーダンスに合わせて測定部へ伝送している。この検出部の設置したところを図 3.5 に示す。

3.1.2 速中性子線エリアモニタ

B 区の モニタリングポスト は図 3.6 のように $\beta\gamma$ 線検出器と速中性子線検出器を一つの収納箱に収納している。

速中性子検出器は BF_3 計数管に中性子減速材（パラフィン 箱）でおおったものを使用している。使用した BF_3 計数管は熱中性子に対して 5 c/nv の感度を持つもので、パラフィン 箱にそう入した状態での速中性子の感度は、 $\text{Ra} + \text{Be}$ の中性子線源で校正し、 BF_3 計数管の軸と直角方向の中性子線に対し 5.1 c/nv 、軸と 45° 方向に対して 4.3 c/nv 、軸方向に対し 2 c/nv であった。 BF_3 計数管の下部に前置増幅器を取りつけ、信号はここで増幅後、ケーブル との インピーダンスマッチングを行ない伝送される。この中性子検出部は外気と接触する必要がないので、図 3.6 のように鉄のシールドケース内に収められている。設置したところを図 3.7 に示す。

3.2 屋内エリアモニタ

3.2.1 第1および第2実験室内エリアモニタ

第1, 第2実験室とも モニタの構成は同じで、中性子線 エリアモニタおよび γ 線エリアモニタから構成されている。これらのモニタの検出部は、図 3.8 のように移動台車に取りつけられ、実験室内の任意の位置へ移動し測定できるようになっている。

(1) γ 線エリアモニタ

γ 線の検出には電離箱を使用した。この電離箱は完全密封形で容積 5 l 、 5 気圧の乾燥窒素を封入している。電離箱からの電流は 10^{-12} A 程度の微小電流で、これを前置増幅器で対数増幅している。対数増幅は電位計管 5886 の半導体と比例増幅器を組合わせ、トランジスタの対数特性を利用して負帰還をかけている。測定範囲は $1 \sim 10^4\text{ mr/h}$ の4デカードである。線質特性を良くするため電離箱の壁厚をできるだけ薄くし、壁による γ 線→ β 線の変換を少なくしている。実際の Co^{60} 、 Ra^{226} 、 Cs^{137} の各 γ 線による線質特性の差は測定値の2%以内であった。

(2) 中性子線 エリアモニタ

中性子線はその測定対象として速中性子線と熱中性子線の両者を

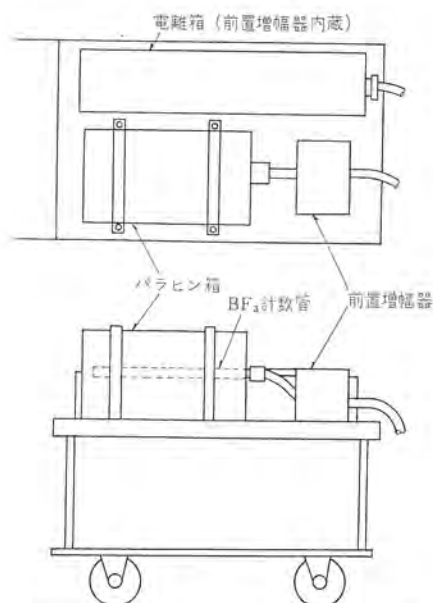


図 3.8 実験室内エリアモニタ 検出部外形
Detectors of area monitor in experimental rooms.

測定できるようにするため、BF₃ 計数管を使用しこれにかぶせる減速材から計数管を抜き出して熱中性子線も測定できるようにした。

BF₃ 計数管からの電気パルス出力は、前置増幅器で増幅され伝送される。BF₃ 計数管自体の熱中性子線に対する感度は5c/nvのものを使用し、減速材はカドミウム内張りのパラフィン箱（大きさ340×340×375mm）を使用した。Ra+Be 中性子線源からの中性子線を入射しその効率を求めた。検出感度はBF₃ 計数管の軸方向、軸と平行方向ともに2.2c/nvであった。

3. 2. 2 制御室内エアモニタ

中性子線エアモニタおよびγ線エアモニタから構成され、検出部は第1および第2実験室内と同じ移動台車に取りつけられていて、γ線エアモニタも同じであるが、中性子線エアモニタは速中性子線のみを検出するシンチレーション検出方式である。シンチレータはZnS(Ag) プラスチックシンチレータ速中性子線用で大きさは76φ×16mmである。

3. 3 排水モニタ

このモニタは排水施設の2箇所に検出器を取付けてある。

すなわち、減衰そうと希釈そうの水そう内にそれぞれ取付けられ、減衰そう内では放射性廃液の放射能の濃度を測定し、希釈そう内では廃液を希釈し規定量以下の放射能濃度になったことを確認してから外部へ排水ポンプで排水する。このための監視を行なう。

検出部はシンチレーション検出器を使用しγ線を検出する。

シンチレータは50φ×50mmのNaI(Tl)シンチレータを用い、図3.9のように塩化ビニルパイプ中に検出器をそう入している。2台の検出器はRI実験室内の排水モニタ警報盤にある検出器選択スイッチで、いずれかの検出器を選択して測定される。この警報盤は放射能レベル指示計、検出器に印加する高圧をON-OFFするスイッチ、希釈そう側測定るとき規定線量率以上で動作する警報ランプ、バルおよび排水ポンプストップ信号を発生させる機能をもっている。

3. 4 放射線モニタ盤

この盤は制御室内に設置された2面の盤で構成され、各検出器から伝送された電気信号を測定、記録し、かつ測定値が警報設定値を越えると警報信号を発生する。図3.3に示すように13箇所検出点からの信号はこのモニタ盤に送られてくるが、排水モニタは途中のRI室に置かれた排水モニタ警報版で希釈そう、減衰そうのいずれかを選択される。したがってモニタ盤への入力信号は12点となる。

測定はリニアレートメータ（線形計数率計）、ログカウントレートメータ（対数

計数率計）、および線量率計で行なわれ、順次12チャンネルの信号をスキッピングして記録される。リニアレートメータは屋外エアモニタのβγ線検出器、4チャンネルの測定を受け持っている。他の1台のリニアレートメータは、水モニタ専用の測定を行なっている。ログカウントレートメータ1台は、中性子線測定系4チャンネルを受け持ち、内訳は屋外1チャンネル、屋内3チャンネルから構成されている電離箱によるγ線エアモニタ3チャンネルは線量率計をそれぞれ専用においている。これは線量率計が指示メータのみで、増幅回路はすべて前置増幅器側において、線量率計を共通に使用する必要がないためである。

モニタ盤の外観を図3.10に示す。

3. 4. 1 入力スキッピングの方法

スキッピングの方法は12打点の自動平衡形記録計を使用し、各打点間隔10秒で1スキッピング2分間となっているが、この記録計の12点の入力切換信号スイッチ部に同じように連動する12点切換スイッチを取付けていて、この切換接点の信号を利用している。この切換信号は入力自動スキッピング装置に導かれ、入力回路のリレー接点を順次切換える。

ここで注意しなければならないことは、レートメータにはいずれもD-A変換に要する時定数があるため、切換えてすぐ測定記録を行なっても意味がない。したがって一つのチャンネルを測定するには、そのチャンネルの時定数の少なくとも3倍以上の測定時間を要する。この時間内にレートメータのD-A変換を行なうタンク回路（積分回路）が、



図 3.10 放射線モニタ盤 Radiation monitoring board.

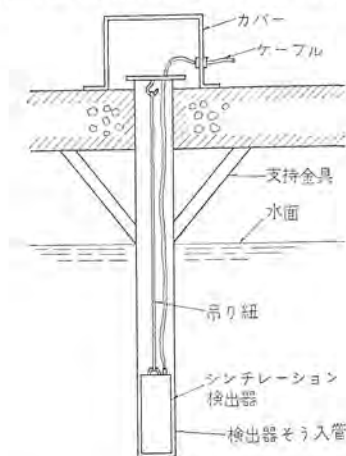


図 3.9 排水モニタ取付
Installation of water monitor detectors.

		記録計 測定チャンネル番号											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
屋外	A βγ												リニア
	B βγ												レートメータ
	C βγ												1台で測定
	D βγ												
第1実験室	n												ログ
第2実験室	n												カウン
屋外	n												レートメータ
制御室	n												1台で測定
排水	γ												
第1実験室	γ												各リレー
第2実験室	γ												別測定
制御室	γ												

→ 10sec
レコーダ打点間隔
— はレートメータでの測定時間
・ はレコーダ打点時点を示す

表 3.2 モニタ測定点と記録計測定チャンネルの関係を示す
タイムチャート
Time chart of monitoring points and recorder channel.

実際の測定値に等しくなる。それゆえ測定するチャンネルは、他のチャンネルが測定記録中にすでに測定を開始して信号をためこんでおく必要がある。このため表 3.2 に示すタイムチャートのように切換測定を行なっている。

たとえば、記録計のチャンネル 1 に記録される屋外エリアモニタ A 区の $\beta\gamma$ 線の測定は、チャンネル 10 の D 区の $\beta\gamma$ 線の測定記録が終わって、記録計がチャンネル 11 の測定を開始したとき、リニアレートメータは A 区の測定をはじめ、チャンネル 11, 12, 1 の間測定されその結果がチャンネル 1 の最後の時点で記録される。このチャンネルは 1 チャンネル約 30 秒の測定時間を持つことになり、リニアレートメータ 1 台でチャンネル 1, 4, 7, 10 と順次測定していく。また、中性子測定系の 4 チャンネルは 1 台のログカウントレートメータでチャンネル 4, 6, 9, 12 と測定していき、排水モニタおよび γ 線エリアモニタの γ 線測定系 4 チャンネルは、切換えなしで直接記録計に接続される。

以上のようなシーケンスで切換え測定を行なっていて、スキャン中の測定点の表示は、盤上の 1~12 の測定チャンネル表示灯で行なわれ記録されるチャンネルのみ白色ランプが点灯する。

また、スキャンを中止し任意のチャンネルのみ選択し測定したいときは、盤上の「SCANNING-CHECK」の切換スイッチを「CHECK」側に切換え、このスイッチの下にある回転スイッチをチャンネル 1~12 の任意位置に切換えればそのチャンネルのみ測定を続ける。

3.4.2 測定範囲

測定範囲は図 3.3 にも表わしているが、屋外エリアモニタの $\beta\gamma$ 線測定系は、測定値は非常に少なく通常 0.5~1 cps であり、これらの地点が異常時でも大幅に計数率が上がることがなく、測定範囲も共通しているため、1 台のリニアレートメータで測定している。目盛レンジは 0~3 cps, 0~ 3×10^4 cps の間を 9 レンジ切換えとし、実際の使用レンジは 10 cps フルスケールである。

中性子系の 4 チャンネルはそれぞれ測定レンジも異なり、また測定範囲も広いので 1~ 10^6 cps の測定レンジのログカウントレートメータ 1 台を使用している。このうち屋外エリアモニタの計数率はほとんど変化はしないが、屋内の 3 チャンネルとくに第 1 および第 2 実験室では、相当中性子レベルが上がるが予想される。リニアックがビームを出してなくて残留放射線も出ていないときの計数率は、約 1 cps かまたはそれ以下である。

中性子測定系は、制御室内はシンチレーション検出器であるので入力信号が大きく、他の 3 チャンネルは BF_3 計数管を使用しているため信号は小さく、それゆえ BF_3 系では比例増幅後ログカウントレートメータの入力としている。

排水モニタは通常低レンジのみで測定を行なうので、屋外 $\beta\gamma$ 線エリアモニタと同様の目盛レンジを持つリニアレートメータを使用している。水の放射能汚染がないときの計数率は減衰そう、希釈そうとも約 2 cps で、最高検出感度は $10^{-6} \mu\text{C}/\text{cm}^3$ 程度と予想される。

3.4.3 警報およびインタロック

警報の設定は記録計内の警報設定器で行なうため、各チャンネル独立して設定することができる。一度設定値を越えると、そのチャンネルの次の測定まですなわち 1 スキャン、2 分間警報したままで保持される。警報は測定チャンネル表示灯チャンネル 1~12 の各下に警報チャンネル表示灯チャンネル 1~12 があり、それぞれ対応している。この表示灯は赤色ランプで表示される。また盤内のベルも同時に動作する。測定値が設定値を越えた状態でも、ベルは盤上の「BELL STOP」押しボタンを押すことにより止めることができ、このとき「BELL STO

P」表示ランプが点灯し警報中であるが、ベルを止めていることを表示している。測定値が設定値以下になるとすべて元の状態に戻る。このとき「BELL STOP」も自動的に解除される。

第 1 および第 2 実験室内には壁面に警報ベルと表示灯が取り付けられ、その実験室の γ 線または中性子線のいずれかが設定値を越えると警報を発する。これらの警報はモニタ盤の「BELL STOP」を押しても解除されず、実験室内の人に即時立ち去るべきことを知らせる。

第 1 および第 2 実験室の中性子測定系は、 BF_3 計数管を使用しているため、これらの室内にビームが導びかれていると高計数のためすぐ寿命が過ぎてしまうので、ビーム導入中は BF_3 計数管の印加高電圧を切る必要がある。このため各実験室のとびらに連動してとびらが「閉」のときこれと連動して自動的に印加電圧を切る。この高圧の「ON-OFF」は、それぞれ「3」および「6」チャンネルの表示灯の下に「HV」表示灯があり、高圧印加のとき点灯表示される。

排水モニタの警報は、モニタ盤で警報すると同時に RI 実験室内にある排水モニタ警報盤に導びかれ、ここでランプおよびベルで警報される。また希釈そう側測定の場合は設定値を越えると排水ポンプの電源を切り、水位リレーによる排水ポンプの動作よりも優先させている。また排水モニタのシンチレーション検出器に印加する高電圧を「ON-OFF」させる押しボタンスイッチがあり、モニタ盤上と警報板上の両方で任意に「ON-OFF」できるようになっていて表示灯で表示される。

4. 信号伝送

このモニタリングシステムの各検出器と測定部（モニタ盤）間との距離は、制御室棟用モニタ以外はいずれも 200~300 m の距離があり、とくに屋外エリアモニタおよび排水モニタはすべて電柱を立てケーブルを架空配線しているので、ノイズの影響を受けやすく近くにある放送局の電波の影響をとくに考慮する必要があった。

また屋内エリアモニタもダクト内の配線を行なっているが、測定室内では移動可能な台車上に検出器を置いているため、室内にはいつから台車までのケーブルが長く、リニアックおよびその付属設備からのノイズを受けることが考えられる。このためケーブルはすべて二重シールドの高周波ケーブルを使用し、検出器との接続や接地方法、検出器自身のシールド、モニタ盤との接続や接地などにはとくに考慮して設計したので、最初からトラブルなく良好なモニタリングを行なっている。

5. その他のモニタ機器

上記のモニタリングシステムとは別に、次の機器を備えている。

5.1 電離箱式線量率計

γ 線の高線量率および高線量の測定に使用している商品名「メリック」で、実験室内でのビーム導入中の線量を遠隔測定することができる。測定プローブは各種あるが今回使用したものは 3 種で、1, 3, r/h 用、1, 3, 10 r/min 用、100, 300, 1,000 r/min 用でエネルギー範囲は 400~1,300 keV、精度 $\pm 5\%$ である。本計器の特長は 15 m と 150 m のケーブルが付属していることで、150 m 延長して遠隔測定できるので大規模の施設にはとくに適している。

また、ポータブル形で小形軽量、線量率と同時に線量が積算され、任意のプリセット線量値で警報を発生することもできる。

5.2 サーベイメータ

次の各種のサーベイメータを備えている。

- (1) シンチレーション式高速中性子 サーベイメータ
ZnS(Ag) シンチレータ 使用
5×10, 5×10², 5×10³, 5×10⁴cps 4 段切換え
- (2) パラフィン 箱付き BF₃ 計数管形中性子 サーベイメータ
パラフィン 箱を取除けば熱中性子測定用となる
3, 10, 3×10, 10², 3×10², 10³, 3×10³, 10⁴cps
8 段切換え
- (3) 電離箱形 γ 線 サーベイメータ
1, 10, 100 mr/h 3 段切換え
および 1,000 μr 積算 β 線検出可能
- (4) 電離箱形 γ 線 サーベイメータ
0.1, 1, 10 r/h 3 段切換え
- (5) GM 形 γ 線 (β 線) サーベイメータ
3×10², 3×10³, 3×10⁴cpm 3 段切換え
0.115~11.5 mr/h Co⁶⁰ 校正目盛

5.3 ハンドフット クローズモニタ

β 線および γ 線 モニタ
計数率計式 直線目盛

3×10²~3×10⁴cpm

GM 計数管使用 窓厚 3 mg/cm²

5.4 その他ポケットチェンバ多数を備えている

6. む す び

このモニタリングシステムは、その測定監視の対象が多く、測定放射線種もさまざまあり、原子炉のモニタリングシステムにつぐ大規模なものである。リアック本体、その付属設備および建屋の建設が進むにつれ、これに適合したモニタとするため頭初の計画とかなり変更した点もあったが、製作・据付・調整が行なわれ、リアック完成前約2ヶ月前の昭和42年4月から屋外モニタでの測定を、5月から屋内および排水モニタの測定をはじめ、リアック実動以前のバックグラウンドの測定から開始した。現在この装置は順調にモニタリングを行なっている。

最後にこの装置を完成するにあたって、種々ご指導をいただいた東北大学理学部 木村、森田、鳥塚、庄田、梶山、林部の先生がたおよび三菱電機中央研究所、仙台営業所、施設部のかたがた、また製作調整に尽力くださった神戸製作所の岸森、吉田両氏に厚く謝意を表します。

MELCOM-3100 ソフトウェア (4) —10PT システムの概要—

首 藤 勝*・野田 亮一*・石川 正躬*・長田 好正*

MELCOM-3100 Software (4) Outline of Papertape Oriented System

Kamakura Works Masaru SUDŌ・Ryōichi NODA・Masami ISHIKAWA・Yoshimasa NAGATA

A model 10 papertape oriented system (10 PT system) is one of the MELCOM-3100 model 10 family, employing a papertape reader and punching devices as peripheral components. It is, in a design, to meet increasing demands and regarded as an approach to the data communicating total system.

User's program operates both on the 10 PT operating system, performing successive operations in the scheduled collection of the user's jobs, with prescribed mounting information, and on the 10 PT basic system processing individual jobs.

The 10 PT software is designed to include the same function as the model-10 T. The service software is prepared to go with any commercial perforating machines employing respective code-pattern and to correct easy mal-punched and/or mal-programmed section among papertape rolls.

1. ま え が き

電子計算機システムの入出力媒体として、今日カード媒体と紙テープ媒体とが普及している。入出力周辺機器としての紙テープリーダ、紙テープパンチは一方のカードリーダ、カードパンチに比較して相当に安価、コンパクトであるので、この方面の需要はますます増大するものと予想される。

MELCOM-3100 モデル 10 の 10 PT システムは、入出力データはもちろん、それら処理するソフトウェア全体を紙テープモードに扱う紙テープ専用システムである。10 PT システムは MELCOM-3100 モデル 10 システムの中で、10 T システムと同一機能を完備したシステムとして増大する需要にこたえとともに、データ通信トータルシステムへの接近として開発されたものである。

本文ではシステムの設計概念、ハードウェアおよびソフトウェアのシステム構成、10 PT オペレーティングシステムについて説明し、紙テープシステムが採用された場合に直面する実務的な問題点を、ソフトウェアがいかにささえているかを述べている。

2. MELCOM-3100-10 PT システムの設計概念

略称 10 PT システムの設計にあたっては、紙テープ固有の物理的属性に起因する実用上の短所を補うことに重点を置き、かつモデル 10 システム体系の中での互換性、融通性および 3100 システムシリーズにおける拡張性に配慮がなされた。

実用上の短所としては、まずカード媒体と異なり、エラー部分の途中差し換えが困難なことがあげられる。これを容易にするために、ソースモードおよびオブジェクトモードの紙テープの部分的修正を、自動的に行なうメンテナンスプログラムを用意した。次に紙テープせん(穿)孔装置が各種あるためにせん孔されたコードパターンが多様である。どのようなコードパターンでも正確にその情報を認識し、処理させるためにコード変換テーブルメンテナンスプログラムを用意した。

国際標準規格 (ISO) との互換性はもちろん、ユーザーがすでに使用しているせん孔装置によるコードパターンがそのまま許される。したがって、ユーザーは電子計算機システムによって特定のせん孔装置を選択する必要はない。

10 T システムとまったく同じ機能を完備しており、10 PT オペレー

ティングシステム、ベーシックシステムのソフトウェア体系に基づいて連続処理、個別処理の双方が可能である。また、10 PT システムから 10 T システムへの移行が容易であり、かつシステム拡大に伴って処理能力が向上するように配慮されている。

3. MELCOM-3100-10 PT システム構成

3. 1 ハードウェア構成

標準ハードウェア構成は

(1) コアメモリ (CPU)	24 K 字
(2) コンソールタイプライタ (TW)	1 台
(3) 紙テープリーダ (PTR)	1 台
(4) 紙テープパンチ (PTP)	1 台
(5) ラインプリンタ (LP)	1 台
(6) 磁気テープ装置 (MT)	4～8 台

を接続したもので、図 3. 1 に示すブロック図のとおりである。

標準構成を軸に多様性に富んだ構成が可能である。たとえば、コアメモリ容量は 49 K 字、98 K 字に増設することができるし、紙テープリーダ、紙テープパンチはそれぞれ 2 台に増設することができる。磁気

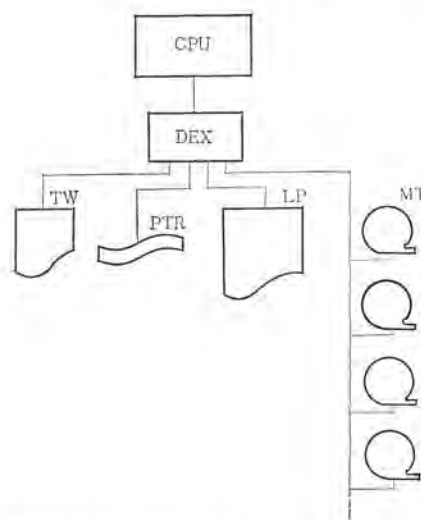


図 3. 1 MELCOM-3100-10 PT 標準構成
Standard system configuration of MELCOM-3100-10 PT.

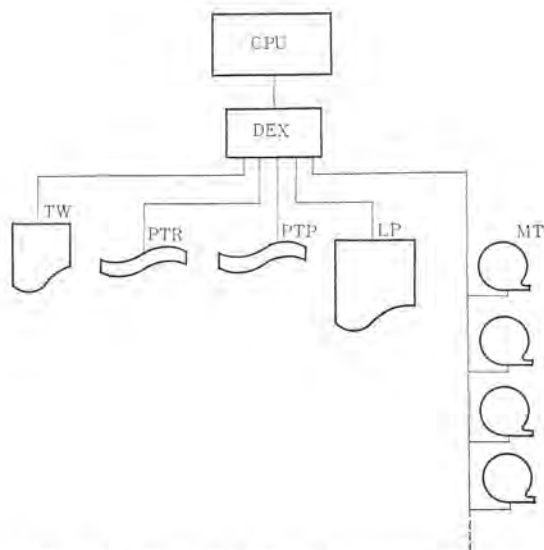


図 3.2 MELCOM-3100-10 PT パンチレス 最小構成
Economical system configuration of MELCOM-3100-10 PT.

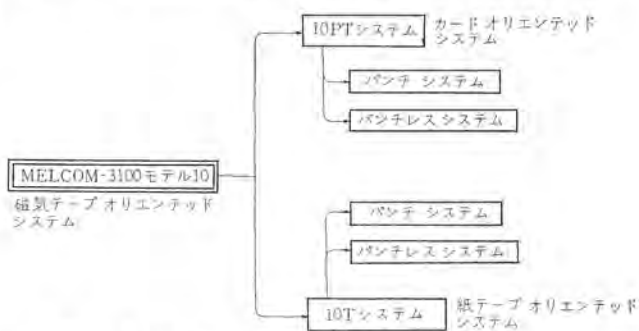


図 3.3 モデル 10 システム における 10 PT システム の位置
Use of 10 PT system within MELCOM-3100 model 10.

テープは 8 台まで増設可能である。さらに図 3.2 のブロック図に示すような紙テープパンチを使用しないパンチレスシステムが可能である。

MELCOM-3100 モデル 10 システム における 10 PT システム の位置は、次の図 3.3 のとおりである。

3.2 ソフトウェア構成

10 PT システム のソフトウェア は、10 PT オペレーティングシステム および 10 PT ベーシックシステムの 2 通りのソフトウェア体系から構成されており、これらのシステムの処理能力をより活用させるために種々の補助的ソフトウェアが用意されていて、機能別にメンテナンスウェア、サービスウェア、ツールウェアと呼ばれる。したがって、ソフトウェア構成は図 3.4 のようになる。

MELCOM-3100-10 PT オペレーティングシステムは図 3.5 に示すように、コントロールプログラムとプロセッシングプログラムとから構成される。コントロールプログラムはシステムスーパーバイザとジョブプロセッサからなり、プログラムやデータのメモリとの出し入れ、実行の制御、割込みや異常事態の処理、ジョブ（一つの閉じたプログラム）の処理、オペレータとシステムとのコミュニケーション等を受けもつ。

プロセッシングプログラムには COBOL、FORTRAN、ACE コンパイラ、MACRO-CODER アセンブラ、SORT、MERGE、その他のユーティリティプログラム、LP、PERT、PEIS 等のアプリケーションプログラムがあり、さらにユーザーによって作られたユーザプログラムもこの中にはいる。

コントロールプログラムに属する種々の機能要素の制御のもとに、所要のプロセッシングプログラムが呼び出されて働く。

オペレーティングシステムにおいては、ソースプログラムをコンパイルまたは

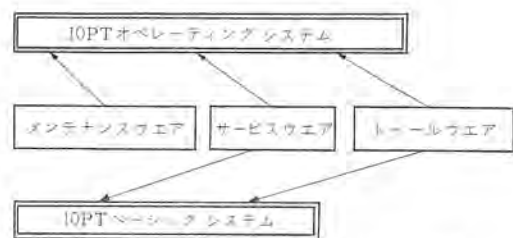


図 3.4 10 PT システム のソフトウェア 構成
Software array of 10 PT system.

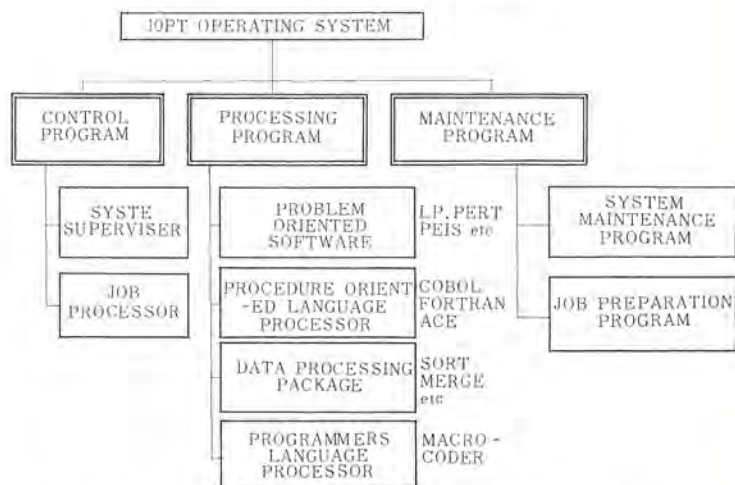


図 3.5 MELCOM-3100-10 PT オペレーティングシステムの構成
MELCOM-3100-10 PT operating system diagram.

アセンブルした結果、オブジェクトプログラムを紙テープ上に作り出す場合と、磁気テープ上に作り出す場合とにより実行の方式が異なる。本来、オペレーティングシステムはジョブをスタックして連続自動処理するところにその威力を発揮する。

メンテナンスウェアは、このようなオペレーティングシステムをより効果的に働かせるために用意されたソフトウェアで、ジョブ計画プログラムとシステムメンテナンスプログラムとから成立している。一方、ベーシックシステムはソースプログラムをコンパイルまたはアセンブルした結果、オブジェクトプログラムを紙テープ上に作り出し、ベーシックローダを使用して、これを個別的に実行させる方式である。

両システムに共通して必要なサービスウェアとして、コード変換用テープメンテナンスプログラム、ソースメンテナンスプログラム、オブジェクトメンテナンスプログラムがある。これらのソフトウェアの役割は、紙テープせん孔装置選

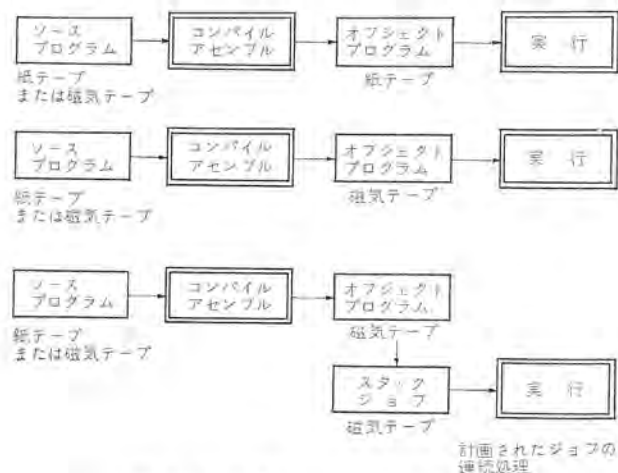


図 3.6 10 PT システム の機能図
Aspects of 10 PT system execution.

表 3.1 プロセッシングプログラム一覧
List of processing program.

分類	プログラム名	備考
COMPILER	COBOL	COBOL-61 準拠のコンパイラ 1530-COBOL と共通性あり
	FORTRAN	FORTRAN-IV 形のコンパイラ 1530-FORTRAN と共通性あり
	ACE	RPG 型の言語による事務処理言語プロセッサ
ASSEMBLER	MACRO-CODER	マクロ・インストラクションを備えた基本語アセンブラ
SORT/MERGE	SORT-A	BALANCED SORT 2, 3, 4WAY
	SORT-B	UNBALANCED SORT 2, 3WAY
UTILITY PACKAGE	PAPERTAPE REPRODUCE MULTIFILE COPY TAPE LISTER PAPERTAPE LISTER HEADER DUMP TAPE COPY TAPE COMPARE TAPE DUMP OCTAL PAPERTAPE TO TAPE TO PRINTER	
PROBLEM ORIENTED PROGRAM	PERT/TIME	イベント数≤2200 アクティビティ数無制限
	LP/NORMAL	制限式≤200 変数の数<1000
	LP/EXTENSION	制限式≤300 各種の拡張した機能あり
	PEIS	LEVEL-BY-LEVEL 法による部品展開プログラム
	その他	
SCIENTIFIC PACKAGE	約 30 種のプログラム	FORTRAN プログラムのサブルーチンとして使用可能

沢の融通性を実現し、かつ、カードのように差し換え自由でない紙テープの短所を補うことである。

ソフトウェアはソースモードのカードを紙テープに、またはその逆に変換、オブジェクトモードのカードを紙テープに、またはその逆に変換するソフトウェアであり、システムに融通性をもたせている。ソフトウェアの互換性と融通性とに配慮された 10 PT システムのおもな機能は、図 3. 6 のとおりである。プロセッシングプログラムを構成しているおもなプログラムは表 3. 1 のとおりである。MELCOM-3100-10 PT オペレーティングシステムの機能の範囲、処理方式等について次章以下に説明する。

4. 10 PT オペレーティングシステム

10 PT オペレーティングシステムにおけるプログラム処理過程、ジョブ管理情報、紙テープ上でのソースプログラム、オブジェクトプログラムの形式等について述べる。

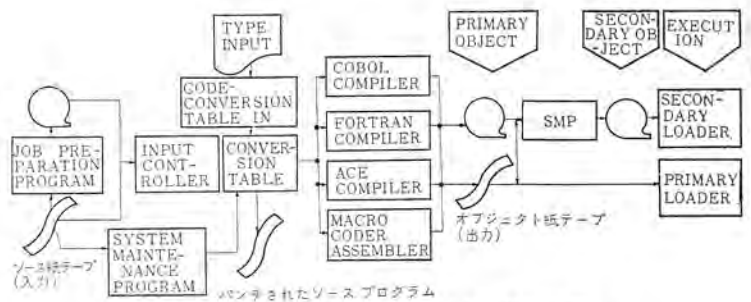


図 4.1 MELCOM-3100-10 PT 処理過程
Process of programs in MELCOM-3100-10 PT.

4.1 プログラム処理過程

MELCOM-3100-10 PT システムでは、図 4. 1 に示すような過程でプログラムが処理される。ソースプログラムが紙テープから入力する場合を説明すると、まず読み込まれた紙テープは Input Controller によってコード変換、およびデータ整形が行なわれてコンパイルまたはアセンブルされる。その結果、紙テープにパンチされたオブジェクトは、プライマリローダにより実行される。これが基本的なプログラム処理過程である。オブジェクトは紙テープに出力しないで、磁気テープに出力してプライマリローダにより実行することもできる。

このようにコンパイラおよびアセンブラは、処理が終了するとジョブコントロールステートメントに指定された情報によって、出力するオブジェクト媒体を選択することができる。磁気テープに出力されたプライマリオブジェクトは、システムメンテナンスプログラム (SMP) を用いて、セカンダリオブジェクトのプログラムライブラリに登録してジョブを計画し、セカンダリローダでジョブを連続実行することができる。

計画された順序にソースプログラムを磁気テープから読んで上記したと同様にプログラム処理を行なうことができる。このような場合は、紙テープソースをジョブプリパレーションプログラムにより磁気テープ入力の形とする。さらにジョブコントロールステートメントにより、ソースパンチ指定がされていればソースパンチを行なう。

MELCOM-3100 では紙テープ読取り時にソフトウェアによるコード変換を行っており、このためにせん孔機に応じたコード変換表を用いている。10 PT オペレーティングシステムには、標準の変換表が組み込まれているが、標準以外のコード系を用いる場合には、この変換をシステムメンテナンスプログラム (SMP) または専用の「コード変換表入力プログラム」を用いて入れ換える。

4.2 ジョブコントロールステートメント

オペレーティングシステムでは、数多くのジョブを連続的に処理を行ったり単一ジョブを断続的に処理する。これらのジョブの実行順序および実行条件は、ジョブコントロールステートメントの指定によりコントロールされる。ジョブコントロールステートメントはジョブコントロール ID、オペレーションコードおよび 4 ないし 5 個のタムで構成されている。具体的なステートメントの形式は、表 4. 1 の一覧表のとおりである。

オペレーションコードの有効けたは 3 けたであるので、全けたパンチする必要はない。各タムはコンマ(,)によって区切られており、タムの内容は全けたパンチされなければならない。表 4. 1 に示すとおり、アンダーラインのあるタムについては、そのタムを指定する場合はこれをパンチする必要はない。ただしあるタムより後全部がアンダーライン指定の場合は、そのタムおよびタムのセパレート記号のカマを省略することができる。ステートメントの終わりには、タム終了マークのピリオド(.)とステートメント終了マークとをパンチする。

表 4.1 主要 Control statement 一覧
List of main control statements.

(a) NonExecutable Statement

(1)	/// DATE, year/month/day.
(2)	/// PAUSE.
(3)	/// USW, a1a2a3a4a5a6, b1b2b3b4b5b6, c1c2c3c4c5c6.

(b) Executable Statement

(4)	/// COMPILE, {FORTRAN}, {COBOL}, {ACE}, {MAGTAPE}, {PAPER}, { $\begin{smallmatrix} 000 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{smallmatrix}$ }, { $\begin{smallmatrix} *1 \\ 000 \\ 001 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{smallmatrix}$ }, { $\begin{smallmatrix} *2 \\ 000 \\ 001 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{smallmatrix}$ }, {GO}, {NOGO}.
(5)	/// ASSEMBLE, MCODER, {MAGTAPE}, {PAPER}, { $\begin{smallmatrix} 000 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{smallmatrix}$ }, { $\begin{smallmatrix} 000 \\ 001 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{smallmatrix}$ }, {GO}, {NOGO}.
(6)	/// CALL, Program name, t, { $\begin{smallmatrix} *3 \\ DUMP \\ NON \end{smallmatrix}$ }, {PATCH}, {NOPATCH}, {GO}, {NOGO}.
(7)	/// EXECUTE, {PAPER}, {MAGTAPE}, {DDT}, {DUMP}, {NON}, {PATCH}, {NOPATCH}, {GO}, {NOGO}.
(8)	/// {COMPILE}, {ASSEMBLE}, RESTART, { $\begin{smallmatrix} 000 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{smallmatrix}$ }, { $\begin{smallmatrix} 000 \\ 001 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{smallmatrix}$ }, {GO}, {NOGO}.
(9)	/// RERUN, abc, n, { $\begin{smallmatrix} *4 \\ 000 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{smallmatrix}$ }, { $\begin{smallmatrix} 000 \\ 001 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{smallmatrix}$ }, {GO}, {NOGO}.

注) *1 リスティング指定

- 第1けた: assemble list
- 第2けた: subroutine list
- 第3けた: symbol list

*2 カードパンチ指定

- 第1けた: object Paper tape punch
- 第2けた: Loader paper tape punch
- 第3けた: source paper tape punch

*3 t: テープ・ユニット番号

*4 a: チャネル・アドレス

b: コントローラ・アドレス

c: ユニット・アドレス

n: CKPT identification number

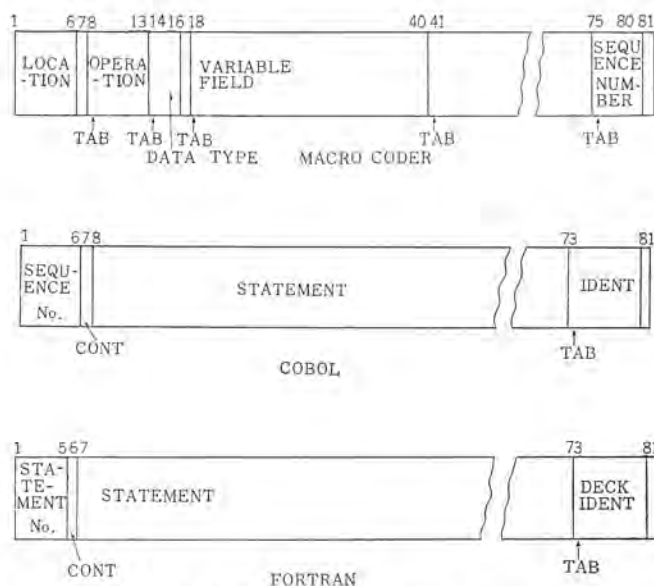


図 4.2 ソースプログラムパンチ形式
Punched form of source program.

4.3 プログラム紙テープの形式

4.3.1 ソースプログラム

ソースプログラムテープは、作成するときに行数だけ手間のかからないものとして形式図 4.2 のように設計されている。MACRO-CODER のパンチ形式を例にとって説明すると、図中 TAB 矢印は矢印の前に TAB がパンチされると矢印のけたまで全部スペースであると見なす。ゆえに必要なものだけをパンチした後、レコードの終了コードをパンチすれば一つのステートメントと見なされる。

プログラム言語の種類に応じて、ソースプログラムパンチ形式はおおの異なっているから、同一言語については 80 けた目までは MELCOM-3100 システムにすべて共通な形式となっている。

4.3.2 オブジェクトプログラムテープ

オブジェクトプログラムテープは、紙テープのフィジカルな問題（半パンチ、ゴミ等によるリードミス）で誤ってローディングされた場合、プログラム暴走等が起る可能性がある。プログラムが暴走しても一般に検出できない場合もある。10 PT システムでこのようなことが起こらないように次のようなチェックを行っている。

(1) オブジェクトテープには 8 単位を使用してパリティチェックを行なう。データのキャラクタ 6 ビットに 1 ビットパリティを付加してパリティチェックを行なう。

(2) オブジェクトテープにチェックサムをそう入する。

パリティチェックは、2 ビット誤った場合エラー検出ができない。ゆえにオブジェクトを最大 45 ワードずつを一つのレコードとして各レコードに対してチェックサムを行なう。

オブジェクトプログラムテープは 45 ワード分ずつにブロックされており、先頭にプログラム認識のための標識部が付加されている。これらの構造を図 4.3 に示す。オブジェクトプログラムテープのレコードは次の内容からなっている。

(1) B

バイナリオブジェクトテープであることを表示する。

(2) C

一つのレコード単位（バイナリ表示コードからストップコードまで）のデータを、チェックサムを行なうための指定であり、パンチされていればチェックサムは行なわない、パンチされていればチェックサムを行なう。

(3) N

データの長さを表わし 01~45 までを一つのレコードとして扱う。00 のときはトランスファテープ（一つのオブジェクトレコードの最後のテープ）を表わす。

(4) S

チェックサムのデータを入れる。一つのレコードを全部加えれば 7777 778 となるような値を設定する。

(5) L

データの入るべきアドレスをこの部分に指定する。

(6) D

データ指定を行なう。最大は 45 ワードである。データから後が 0 であれば、その部分はオブジェクトパンチ上には表われない。

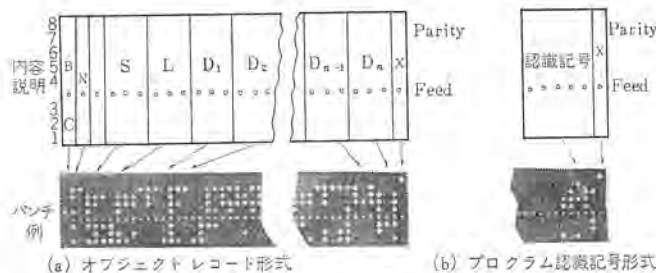


図 4.3 オブジェクトプログラムテープ形式
Punched from object program.

(7) X

一つのレコードの最後を表わす。

プログラム認識記号は次のような内容からなる。

(1) 1D

プログラム認識記号5けた。コードは MELCOM-3100 の CPU コードを使用する。

(2) X

プログラム認識記号の終わりを示す。

5. 実用性向上のためのソフトウェア機能

最近計算機の入力となる入力媒体の変更は、簡単なコントロールステートメントによりすべて動作するように設計し、内部では同じ処理をする傾向がある。しかし実際にそのシステムがダイナミックに動作したときを考えると、入力媒体によりそれぞれ一長一短があり、その短所の部分はできるだけシステム全体の能力に影響しないように何らか処置されなければならない。

たとえば紙テープベースのシステムを組むか、カードベースのシステムを組むかは EDPS 設計に応じて決められることである。しかし一度紙テープベースシステムを採用した場合、媒体特有のいろいろの問題点によりその計算機的能力が100%生かせないとなれば問題である。ここでは紙テープ特有の問題点を可能なかぎり、ユーザ側にとって10PTシステムとして考えた機能について述べる。なお入力媒体に関係のない部分は、全機能 MELCOM-3100-10Tシステムと同じように設計した。

まず入力媒体が紙テープの場合、レコードの差し換えがむづかしい点を補うために付加した機能について述べる。

5.1 ソースプログラムメンテナンス

プログラム作成手続としてソースプログラムをパンチするが、パンチの後にプログラムミスや、プログラム仕様変更のためにソースプログラムの修正がたびたび発生する。ソースプログラムがカードの場合は修正部分だけパンチして入れ換えればよい。しかしソースプログラムが紙テープの場合は、修正部分だけパンチした後にソースプログラムに対して不必要な部分を取除き、修正部分を追加接続するか、またはソースプログラムの正常な部分をコピーし、修正部分だけパンチするという2通りの方法が考えられる。

いずれの方法にしてもカードの場合のように、簡単にソースプログラムを修正することはできない。これは実用上想像以上に大きな問題となっている。このソースプログラムの修正を少しでも手間をかけずに行なうためにソースプログラムメンテナンス機能を付加した。この機能により、ソースプログラムに修正が必要ときに修正部分テープを修正すべきソースプログラムの後に接続して、コンパイルまたはアSEMBルを実行すると、ソースプログラムを修正を行なったものとまったく同じものと

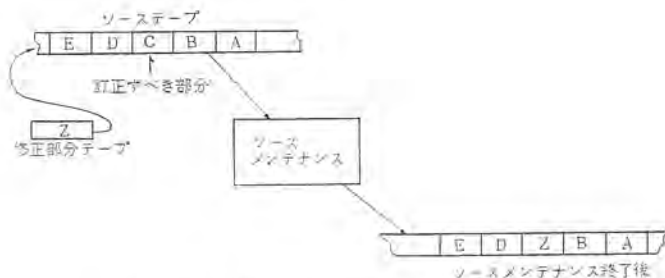


図 5.1 ソースメンテナンスの説明
Description of source program maintenance.

して処理される。

5.2 ソースプログラムパンチ

ソースプログラムメンテナンスは実用上有効な機能であるが、一度修正を行なったソースプログラムテープに対して、また修正を行なう必要が生じた場合、ソースプログラムとソースリストとが次第にかけ離れてくる。このことはプログラム管理上注意せねばならない問題である。

反復使用するプログラムについては、ソースメンテナンスを行なった結果を更新済みのソースプログラムテープとしておく必要がある。このためにソースパンチ指定の機能が備えられており、ジョブコントロールステートメントでこれを指定することができる。

5.3 ローダオプション

紙テープの有する物理的長所は、別々に巻取られたテープを一括して処理する場合には逆に取扱上のはん雑さを引き起している。この短所を補うために、ローダオプションの機能が用意されている。10PTシステムソフトウェアは、オペレーティングシステムとベシックシステムとの使用法があり、オペレーティングシステムの場合はオブジェクトプログラムテープ単体で処理できるが、ベシックシステムの場合は、オブジェクトプログラムテープの前にローダ部を付加する必要がある。

一般にコンパイルされたものをベシックシステムで実行する場合は、ローダを付加して実行するわけであるが、オブジェクトプログラムとローダを接続するには手間がかかるので、ジョブコントロールステートメントによりローダオプションの指定を行なうと、ローダが前部にパンチされたセルフローディングできる形のオブジェクトプログラムが生成される。このことにより、ローダ部分とオブジェクトプログラムとを別々に操作するわずらわしさが解消される。

セルフローディングの形でパンチされたオブジェクトプログラムテープをオペレーティングシステムで使用するときは、ローダ部分だけ切捨て使用すればよい。

5.4 紙テープオブジェクトの認識記号

紙テープにパンチされたオブジェクトプログラムは、そのプログラム名が容易に認識できるものでなくては不便である。ローダおよびオブジェクトプログラムの先頭に5けたの認識記号を付加することにより、プログラム名の判別を容易にしている。この認識記号の内容はCOBOLの場合、IDENTIFICATION DIVISIONのPROGRAM-IDに書かれた最初の文字から5けた、MACRO-CODERの場合、コントロールインストラクションBEGIN命令のカラム71から5けたの文字である。

5.5 紙テープコード変換表のメンテナンス

紙テープを作成する機器のコードは各社様々のものを採用しており、このことにより紙テープの一般的な処理が不可能になっている。この問題を解決するために、最近ISO規格への統一の機運があるが、このコードはほとんど普及していないのが現状である。10PTシス

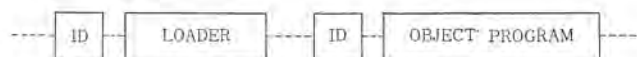


図 5.2 ローダとオブジェクトプログラムとの配列
Connection of loader and object program.

ムでは、前述のように変換テーブルを用いたソフトウェアコード変換法を採用しており、どのような紙テープ作成機器で作られたテープでも処理可能である。すなわち、コード系の変更に応じてコード変換テーブルをメンテナンスすればよい。その方式に次の2種類が用意されている。いずれの方法でも簡単に変換テーブルを修正することができる。

(a) タイプライタから変換テーブルをインプットすれば、システムテープ内のシステムテープ用変換テーブルがタイプライタでインプットしたテーブルと置換わる。

(b) システムメンテナンスプログラム(SMP)により変換テーブルを入れ換える。

6. む す び

カードリーダー、カードパンチの入出力装置に代わって紙テープリーダー、紙テープパンチの入出力装置を用いる10PTシステムにおいては、紙テープ固有の物理的特長からくるEDPS実務上での不便な面を、ソフトウェアのサービスによって補なわなければ一方の長所を帳消しにしてしまう。MELCOM-3100-10PTシステムはこの点を配慮して設計された。プログラムの生成・実行に関する基礎的な部分は、すでにモデル10体系で成就されていたのであるから、紙テープ専用システムを実用上便利なものにする工夫がたいせつであった。紙カードの場合と異なり紙テープ入出力装置は安価、コンパクトであり、端末せん孔機器も実務的に普及している。さらに、紙テープによる情報の保管はスペースも少なくすむ。これらのことから紙テープシステムは、経済的にもユーザーが導入しやすいシステムである。

高温気体の非平衡電離現象

野間口 有*・伊藤 利朗**

Nonequilibrium Ionization heated
by DC Electric Field or Metastable Nitrogen Molecules

Central Research Laboratory Tamotsu NOMAGUCHI・Toshio ITO

This paper deals with theoretical and experimental analyses of nonequilibrium ionization heated by a DC electric field or metastable nitrogen molecules. Measurements were made in an argon potassium plasma at temperatures of 1,500°K~2,000°K. Experimental conductivity agrees well with theoretical values calculated from a two temperature model.

Increase of electron density due to collisions among metastable nitrogens and potassium atoms was experimentally observed. Long-lived metastable nitrogens ($A^3\Sigma^+u$) were produced by an arc jet heater used to heat the larger portion of an argon gas flow, when nitrogen gas is mixed with argon before the heater; relaxation profiles of electron density enhanced by metastable nitrogen were theoretically analyzed.

1. ま え が き

非平衡電離状態とは、プラズマの電離度が、熱平衡のときの値より高くなっているような状態をいう。この非平衡現象は、古典的には放電の過渡的な状態あるいは低気圧放電の場合にだけ観測されるものとされていた。

ところが、最近になって、アルゴン等の希ガスにセシウム、カリウム等のアルカリ金属を少量添加して得られる「部分電離したプラズマ」では、大気圧という比較的高い圧力のプラズマでも、非平衡電離を安定に継続させることが発見され、これをMHD発電に利用しようという提案がなされて以来、この方面の研究が盛んに行なわれるようになってきた^{(1)~(6)}。すなわち非平衡電離が起これば、ガス温度が比較的低くても、発電に十分なだけの導電率が得られることになり、その結果MHD発電構成上の問題点が軽減し、高温ガス冷却原子炉のガスを直接利用しても発電が行なえることになる。なおこの場合には、作動流体プラズマは閉じたループを循環するので、燃焼ガスによるMHD発電(ガスは発電後外部へ放棄される)の場合のオープンサイクルの方式に対して、クローズサイクルと呼ばれる。

非平衡電離を安定に具現させる方法としては、静電界・高周波電磁界を印加する方法、フォトン・電子ビーム・放射線を利用する方法、分子あるいは原子の励起エネルギーによる方法等が考えられる。

本論文は、以上のいろいろな方法のうち、最も実現性の点で興味のある二つの方法すなわち静電界による方法と分子の励起エネルギーを利用する方法について⁽⁷⁾⁽⁸⁾、理論的・実験的の現況を著者らの結果を中心として論評したものである。

論文の2章では、非平衡電離の発生機構を理論的に説明し、3章では、最近の著者らの実験結果を提示し、各現象に対する理論的解析を試みる。

なおここで取り扱うプラズマの温度領域はただだか3,000°K以下とし、プラズマ中の電子の温度は T_e 、電子以外のイオン・中性粒子の温度はガス温度として T_g で表現する。またとくにことわらない限り、作業流体プラズマは、アルカリ原子を少量添加(シード)した希ガスプラズマである。本論文に使用する記号表を表1.1に示す。

表 1.1 記号表
List of nomenclatures.

n_e : 電子密度	J : 電流密度
n_i : イオン密度	E : 電界強度
n_0 : シード物質の中性粒子密度	R : ふく射損失
n_M : 準安定状態にある粒子密度	I : 電離係数
n_j : 成分の粒子密度	S : 再結合係数
m_e : 電子質量	μ : 電子移動度
m_j : j 成分粒子の質量	\bar{v}_0 : ガス成分の平均熱運動速度
\bar{Q}_{ej} : 電子と j 成分粒子の平均衝突・断面積	Q_{tr} : 励起移行断面積
$\bar{\nu}_{ej}$: 電子と j 成分粒子の平均衝突・周波数	ϵ_e : 電子エネルギー
δ_j : 電子と j 成分粒子の衝突・損失係数	e : 電子電荷
V_i : シード物質電離ポテンシアル	k : ボルツマン定数

2. 非平衡電離機構

2.1 電子温度加熱上昇による非平衡電離

電離気体に外部より電界を印加すると移動度の高い電子がまず加速される。加速された電子はイオンあるいは中性粒子との衝突によって、しだいにそのエネルギーを失うのであるが、電子と電子以外の重い粒子(イオンあるいは中性粒子)のエネルギーの熱運動成分との間のエネルギー交換の割合は非常に小さいので、ガス温度より電子温度の高い状態が継続する。

この傾向は、気圧が低くなるほど顕著であり、たとえば、低電圧放電管内でのグロー放電では、電子と重い粒子との衝突が少ないため電子温度は、ガス温度より高い。圧力の高いプラズマでは、電子と他の粒子との衝突周波数が非常に大きいため、電子に注入されたエネルギーはすぐに重い粒子の熱運動成分へ緩和されて、ほとんど熱平衡にあると考えられる。

大気圧プラズマでも電子との衝突断面積が小さく、衝突によるエネルギー交換の小さい希ガスを主成分とするプラズマを使用すれば、電子温度の緩和時間は十分大きくなることが予想される。とくに、ArはRamsauer効果のため2,000°K~3,000°Kの温度の電子に対して非常に小さい断面積をもち、ArにK, Csなどのアルカリ原子をシードした場合が最も高い電子温度が期待される。図2.1に種々の原子に対する電子の衝突断面積を示す⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

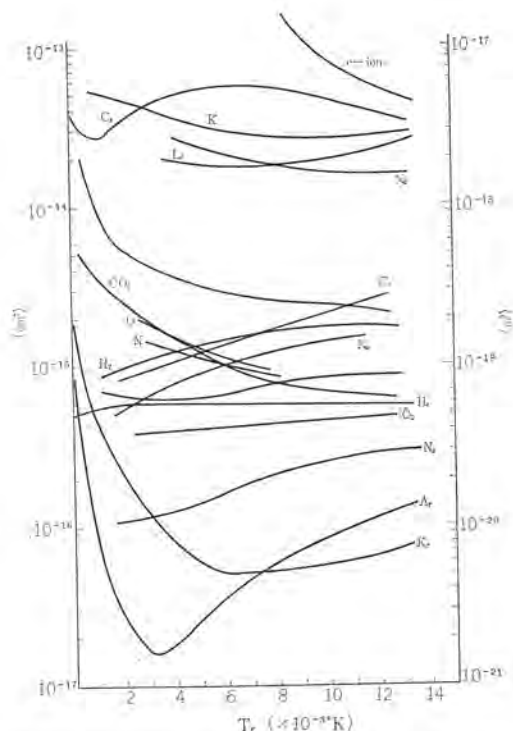


図 2.1 電子の衝突断面積
Cross sections of electron elastic collision.

このようなガス温度より高い電子温度の状態が永続するプラズマの概念は二温度モデル、その理論は二温度理論 (two temperature theory) とよばれている。二温度理論が成り立つためには次の二つの仮設が満たされる必要がある⁽¹⁾⁽⁴⁾。

- (1) 自由電子、束縛電子の状態は電子温度と平衡にある。
- (2) 電子と電子以外の重粒子は、それぞれ T_e , T_g の温度を有し、それに対応するマックスウェル分布に第 1 近似としてしたがう。

仮設 (1) は、プラズマ中での電離・励起プロセスは、数千度以下の領域では、ほとんど電子-中性粒子衝突に基づくため十分成立していることが考えられる。このとき、Saha の式は電子温度で記述される。すなわち、

$$n_e \cdot n_i / n_0 = 2(2\pi m k T_e / h^2)^{3/2} (g_i / g_n) e^{-V_i / k T_e} \dots (2.1)$$

しかし、電離と再結合との詳細均合の原理を、すべての可能な過程に適用してゆくと単純な Saha の式 (2.1) のみでは不十分であることがわかる。E. M. Dewan⁽¹¹⁾によって Sahe の式を一般化する試みが行なわれたが、アルカリ原子をヨードした希ガスプラズマに適用した例が、T. Hiramoto⁽¹²⁾らによって与えられている。それによると原子-原子衝突が電離プロセスにかなり大きく寄与することになり、必ずしも納得のいくものではない。

仮設 (2) は、電子以外の成分に対しては問題ないが、電子の場合は、電子密度が高く電子-電子衝突周波数が高いことが必要であり、その境界は $n_e \approx 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ とされている⁽¹³⁾。

二温度理論によってプラズマ中の電子のエネルギーバランス方程式を表現すると、

$$J E / n_e = (V_j + \varepsilon_e) (1/n_e) (dn_e/dt) + d\varepsilon_e/dt + 3k(T_e - T_g) \sum_j \left(\frac{2m_e}{m_j} \right) \delta_j \bar{v}_{ej} + R \dots (2.2)$$

左辺は電子への外部電界からのエネルギー入力、右辺第 1 項は電子密度の変化に伴うエネルギー変化、第 2 項は電子温度上昇、第 3 項は電子と重い粒子との衝突によるエネルギー損失、 R はふく射損失である。

定常状態における電子温度上昇は、式 (2.2) において時間微分の項をゼロとおいた式であらわされる。

$$J E / n_e = 3k(T_e - T_g) \sum_j \left(\frac{2m_e}{m_j} \right) \delta_j \bar{v}_{ej} + R \dots (2.3)$$

ふく射損失の項はアルカリ原子をヨードした希ガスプラズマでは評価することはさして困難でないが⁽¹²⁾⁽¹³⁾、さらに窒素などを投入した場合未知の因子がふえて評価がむずかしくなる。その場合は、 δ の値を変えることによって調整し、 R についての詳細な検討は行なわない。ここで δ は完全弾性衝突のとき 1 である。希ガスなど単原子に対しては 1 ととることができるが、二原子分子などでは、かなり大きく、たとえば、窒素分子では、10 ないし 100 の値が報告されている⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。

この考え方に基づく実験の結果、非平衡電離現象が観測され、かなりの導電率の上昇が確認されている。しかし実際の発電器に適用された場合、そのダクト中で磁氣的に誘起された電場によって生じた電子温度の上昇は、種々の不安定性や非一様性のため、十分ダクト全域にゆきわたることが困難となり、理論的に予想される値より低い発電器出力しか得られていない。

2.2 準安定励起粒子を利用した非平衡電離

前節で述べた不安定性や非一様性を除くため、電界に陽に依存しない過程によって電離をおこさせる方法がいくつか考えられている。その中で最も現実性のあるのは、原子あるいは分子の準安定状態を利用する方法である⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽¹⁶⁾。準安定状態とは、原子分子の電子の励起単位の中で、基底状態への光学的遷移が禁止されているもので、通常の励起単位の寿命が 10^{-8} 秒のオーダーであるのに対し、それよりも一けた以上も寿命が長い。とくに禁止の度合のつよい場合は、1 秒に近いものもある⁽¹⁷⁾。

準安定状態のポテンシャルがヨード物質の電離ポテンシャルより高い場合、ヨード物質と準安定状態にある原子との衝突によって、共鳴的にヨード物質の電離がおこると予想される。

最初にこの考え方を具体的に提案したのは、J. W. Sheldon⁽⁷⁾で、彼は希ガスの準安定状態とアルカリ原子との第 2 種の衝突による電離反応の断面積を計算した。ガス温度 $1,800^\circ \text{K}$ のプラズマ中で、He の準安定状態 (19.8 eV) と K, Cs との衝突電離断面積は $11.1 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$, $9.5 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$, また Ar の準安定状態 (11.5 eV) と K, Cs との値は $20.8 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$, $17.1 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ という結果が得られている。この温度領域での中性粒子間の運動量交換断面積は 10^{-15} cm^2 ⁽¹⁹⁾であることを考慮すると、1 に近い確率で電離が起きていることがわかる。しかし、希ガスの準安定状態はたかだか 10^{-7} 秒の寿命しかなく、現実の問題に適用するのはむずかしい。

これに対して、窒素分子の寿命の長い準安定状態 ($A^3 \Sigma_u^+$) を使うことが考えられる⁽⁸⁾。窒素の $A^3 \Sigma_u^+$ 状態は 6.2 eV の準位エネルギーを持ち、寿命は 0.9 秒である⁽¹⁸⁾。窒素分子の基底状態は 0 ~ 3 eV の振動準位をもっているため、 $A^3 \Sigma_u^+$ 状態と基底状態のエネルギー差を利用して、アルカリ原子を電離することが可能である。この場合の断面積は、未知の因子が多いので評価しにくい、種々の実験事実より 10^{-16} cm^2 以上であると推定される。

準安定状態がプラズマに投入されたのち、電子密度の時間的変化の様子は次式で表現される。

$$dn_e/dt = I n_0 n_e - S n_e^2 n_i + f(n^M) \dots (2.4)$$

右辺第 1 項は電子衝突によるヨード物質の電離、第 2 項はその逆過程の再結合に対応するもので、第 3 項は準安定状態の効果による

ものである。第3項は、

$$f(n^v) = n_0 \cdot n^v Q_{lv} \cdot v_l \dots\dots\dots (2.5)$$

であらわされる。

式(2.4)、(2.5)の連立微分方程式を窒素の場合に対して解いた結果は3章、図3.11に示す。

以上述べてきたような方法で電子密度が増大すると、それに伴ってプラズマの導電率も上昇する。導電率のふるまいを詳細に知るためには、一般化 Saha の式による電子密度の正確な把握、電子-中性粒子衝突断面積のエネルギー依存性の考慮などが必要であるが、現在得られている実験の精度では精密な理論のチェックを行なうまでにはいたっていないので、本論文では近似的な方法、すなわち電子-中性粒子衝突にもとづく導電率は、Chapman-Enskog^{(20)~(22)}の方法、電子-イオン衝突によるものは、Spitzer の表式⁽²³⁾による方法で評価するととどめる。

3. 実験的研究

前章で述べた考え方を検証するための数多くの実験が行なわれているが、本章では、著者らの研究を紹介し、これまでの内外の報告と比較検討を行なう。

3.1 実験装置および方法

実験装置の測定部の写真を図3.1に示す。図3.2は実験のブロックダイヤグラムである。熱源としてはプラズマジェットを用い、これによ

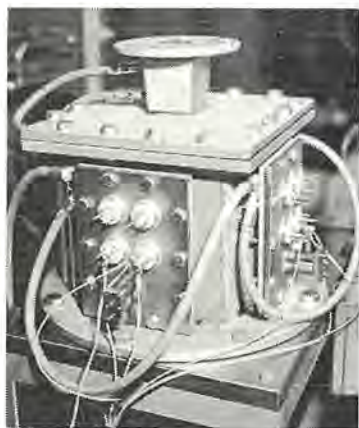


図 3.1 テスト部概観
External view of test section.

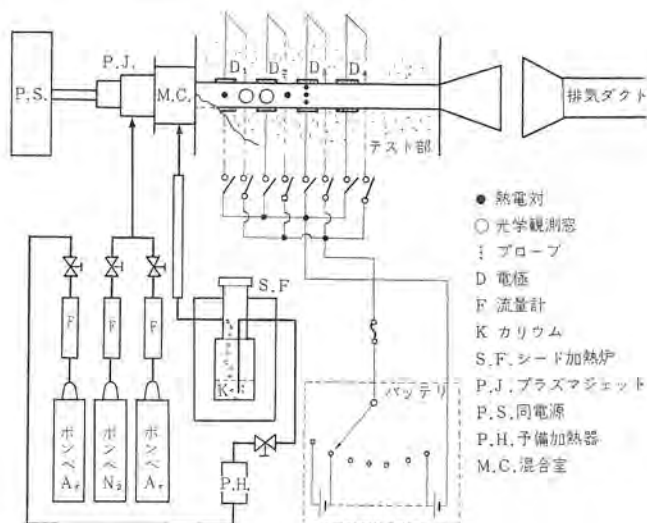


図 3.2 実験装置ブロック図
Block diagram of experimental apparatus.

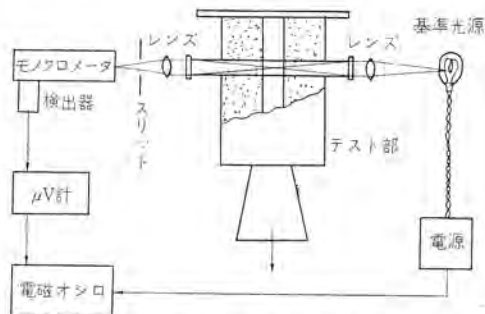


図 3.3 スペクトル線反転法ブロック図
Block diagram of line reversal method.

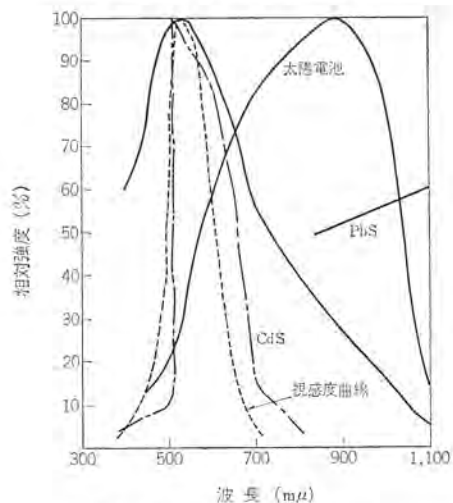


図 3.4 分光感度特性
Spectral sensitivity characteristics of some photo sensitive element.

ってアルゴンガスを 1,500°K~2,000°K に加熱した。シード物質はカリウムで、ステンレス容器に入れたカリウムを 350°C ないし 400°C に加熱し、この中をアルゴンガスが通るときにカリウム蒸気を、その蒸気圧に相当する量だけ吸収し、混合室まで運ぶ。シード量は 0.05~0.2% になるように炉の温度、アルゴンの流量を調節した。

ダクトは断面積 10 mm×20 mm で、ダクト中には、3本の電界測定用プローブを設置し、またガス温度モニター用の白金-ロジウム熱電対をプラズマの流れに沿って2本そう入した。

ガス温度ならびに電子温度の測定は K-D スペクトル線反転法で行なった。電子温度とガス温度がはっきり区別できるほど違う場合、スペクトル線反転法によって測定される温度は電子温度である。その理由は、前章における仮設(1)の説明からも明白である。図3.3にこの測定法のブロックダイヤグラムを示す。光検出器としては太陽電池を用いた。太陽電池の使用にあたっては、出力の時間的安定性、光量に対する出力の直線性などをあらかじめチェックし、この種の測定では、波長領域をよく検討すれば、光電子増倍管に劣らない性能を引き出すことができることを確認した。図3.4に太陽電池の波長特性を示す。

導電率は電極間にバッテリーで電圧を印加し、プラズマの電流-電界特性より求めた。プローブ電圧は、真空管電圧計で測定した。

3.2 結果とその検討

3.2.1 電子温度上昇と導電率向上

直流電界を印加して、そのとき生ずるプラズマ中の電圧分布・電流密度・電子温度上昇を測定した。図3.5は、電極間の電圧分布の1例である。導電率は、電流密度と電界強度よりオームの法則で計

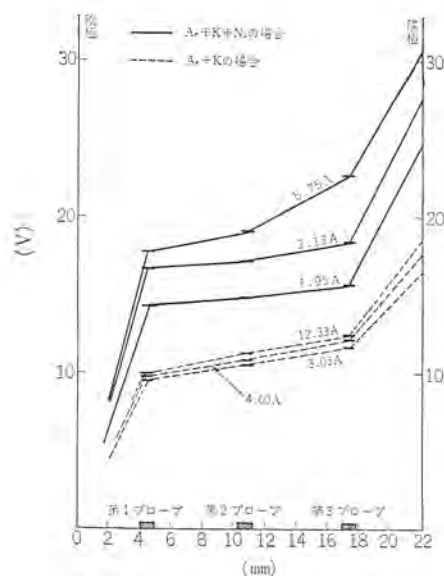


図 3.5 ダクトの電圧分布
Typical voltage distribution in the duct.

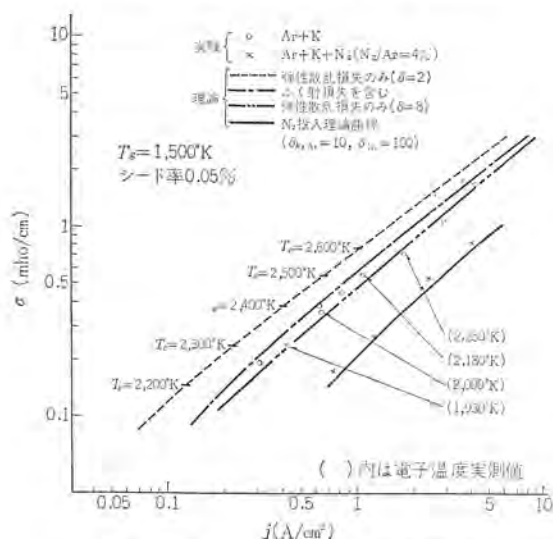


図 3.6 導電率—電流密度の関係
Dependence of conductivity on current density.

算することができる。導電率と電流密度の関係は図 3.6 のようになり、式 (2.3) が、理論および実験値の決定におけるいろいろな仮定にもかかわらず、かなりよく非平衡電離現象を説明していることがわかる。ふく(幅)射損失の考慮、あるいは衝突損失係数 δ を 8 にするといった改良を加えると、さらによい一致が得られる。

しかし、理論的に期待される電子温度と実験的にスペクトル線反転法で測定した値との間にはかなり大きな差がある。E. E. Zukowski らのデータでも $T_e = 3,000^\circ\text{K}$ 近傍でなお 300°K 以上の大きな差が報告されている。この原因については、測定法に関する問題、光学的に観測するプラズマの領域全域に、はたして非平衡プラズマがゆきわたっているかなど検討を要する問題があると思われるが、現段階でははっきりした説明は得られていない。

図 3.6 からわかるように電流密度の小さい領域では、弾性衝突損失のみを考慮した理論と実験との一致が悪くなるが、これは電流密度したがって電子密度の低い領域では、弾性衝突による損失よりもふく射による損失が大きいためである。分布関数もマックスウェル分布からのずれが大きくなり、ますます二温度理論が成立しにくくな

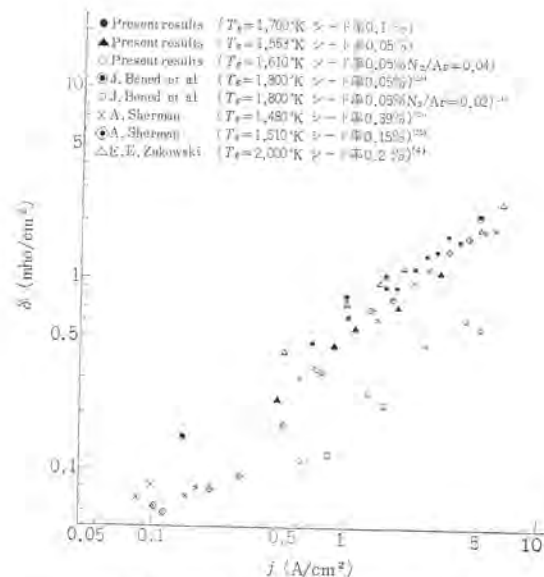


図 3.7 導電率—電流密度の関係
Dependence of conductivity on current density.

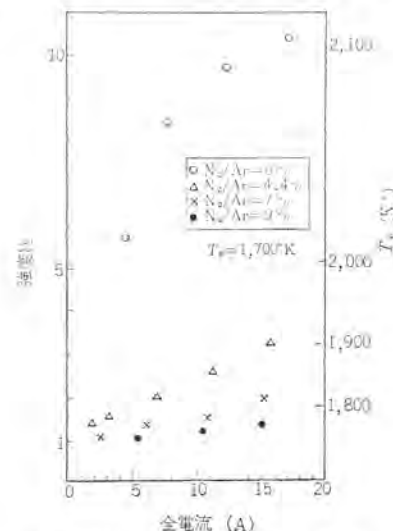


図 3.8 K-D 線強度の変化
Variation of K-D line intensity with total plasma current.

る。

図 3.7 には $1,500^\circ\text{K} \sim 2,000^\circ\text{K}$ 領域での代表的な結果をあげる⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾。不純物として窒素ガスを投入した場合、電子温度の上昇はおさえられ、したがって導電率もかなり低くなっている。窒素の投入量が数パーセント以下の場合には、まだ式 (2.3) で説明されている(窒素に対する衝突損失係数は 100 とした)が、投入量が 10% 以上になると、二温度理論による説明は不可能になる。このとき、導電率は電流密度に対してほぼ一定となり、非平衡的ふるまいは示さなくなる。

Ar と K の中に不純物として二原子分子があると、電子温度の上昇がどのように抑制されるかを知るために、窒素投入量をゼロから次第にふやしていったときの K-D 線のふく射強度を測定した。図 3.8 にその変化の様子を示す。縦軸は、プラズマに外部電界を印加した場合としない場合の K-D 線の強度の比である。横軸は、プラズマを流れる全電流で、外部電界によって注入されたエネルギーに相当すると思われる。ガス温度は、窒素投入量が変わっても変化しないように、プラズマジェットの入力を調節した。K の励起準位は電子温度で記述したボルツマン統計にしたがうと考えられるので、K-D 線

の強度比に対応する電子温度が求まる。その値も図に示してある。

3. 2. 2 準安定窒素の効果

2. 2節で分子原子の励起エネルギーを利用する非平衡電離の可能性について述べたが、ここでは、準安定状態にある窒素(準安定窒素)による効果の実験的検証を行なう。

Ar に窒素を混合してプラズマジェットに投入すると、アークの弧心における温度は 15,000°K 以上であるので、投入された窒素のおよそ 10^{-3} はすくなくとも準安定状態にあることが、ボルツマン統計より期待される。これに K をシードし、下流の温度領域 1,500°K~2,000°K で電流-電圧特性を調べた。印加電圧が 1 ボルト程度の低い領域では、電子加熱による非平衡電離の効果は陽にあらわれないため、非平衡の起こりやすいプラズマでも、プラズマの熱平衡的性質に関する知識を直接得ることが可能となる。この電圧領域での放電電流の電圧依存性は、電子移動速度の電圧依存性によって説明できることが、M. Sakuntala⁽²⁶⁾によって示唆されている。

図 3. 9 に測定結果の 1 例を示す。窒素を投入した場合のほうが、Ar と K のみの場合に比較してかなり電流値が大きくなる。印加電圧の低い極限では、窒素を投入したときのほうが 1.5~2 倍大きい。いずれの場合も、シード率、ガス温度は同じになるように調節した。また、電極表面での温度境界層の影響をできるだけ小さくするため、電極は加熱した。

では準安定窒素による電子密度の増加を評価してみよう。放電電流は、ほとんど電子電流によると考えられるから、

$$j \approx en_e \eta E \quad (3.1)$$

それゆえ、電流が増大するためには、同じ E の場合、 n_e が μ が大きくなる必要がある。

プラズマ中の電子の易動度は、電子の平均自由行程に近似的に比例する。すなわち、

$$\mu \propto \left\{ \sum_j n_j Q_{ej} \right\}^{-1} \quad (3.2)$$

図 3. 9 に示した条件のプラズマに対して、窒素を投入した場合の μ の値 μ_{N_2} と、Ar と K のみの場合の値 μ_0 との比を計算すると、

$$\mu_{N_2}/\mu_0 \approx 1.5^{-1} \quad (3.3)$$

となり、窒素を投入した場合のほうが減少する。

したがって、電子密度は、式 (3. 1) と上式より、2.5~3 倍窒素を投入した場合のほうが高いことがわかる。

窒素投入に伴う電子密度の増大の原因は、ここで取扱っている温度領域のプラズマでは、準安定窒素と K との第 2 種の衝突による電離以外に考えられない。窒素分子の振動的温度が高いときは、振動準位と K の電子的準位との間のエネルギー交換の確率が高いため⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾、実効的に K の電離ポテンシャルを低下させ、電離度を増すことが考えられるが、振動的運動と並進運動との間の緩和時間は非常に短いので、圧力の高い気体中では振動温度のみ高い状態を実現することは不可能である。したがってエネルギー的に可能なプロセスは準安定窒素によるものだけと考えられる。

2. 2節で得た連立微分方程式 (2. 4), (2. 5) を解いた結果を図 3. 10 に示す。プラズマ圧力 1 atm, $T_g=1,600^\circ\text{K}$, シード率 0.1%, 窒素投入量 10% である。 $t=0$ のときの初期値として、 10^{13}cm^{-3} ~ $5 \times 10^{13}\text{cm}^{-3}$ をとったものである。壁との衝突による準安定窒素の損失は無視する。

式 (2. 4) において $S=1.1 \times 10^{-8} T_e^{-0.2}$, $I=5.3 \times 10^7 T_e^{-3} e^{-V_i/kT_e}$ を用いた。 S は気体運動論的に求めたものと一致するものであるが、表式が簡単であるのでこの E. Hinnoy の表式⁽²⁹⁾を用いることにす

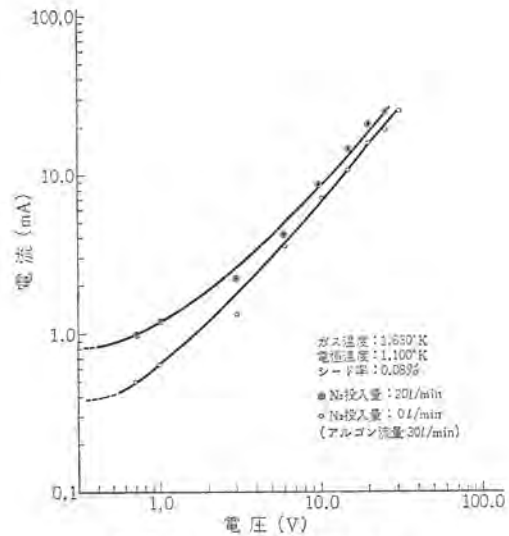


図 3. 9 電流-電圧特性
Current vs. voltage characteristics.

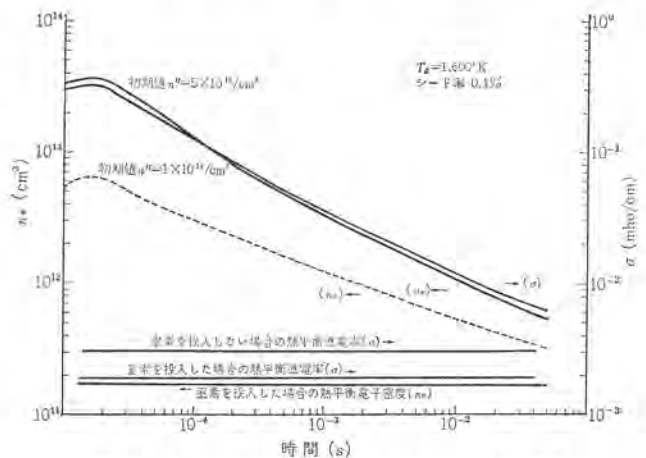


図 3. 10 準安定窒素による電子密度増大の様子
Theoretical enhancement of n_e and σ due to metastable nitrogen.

る。 S と I は式 (2. 4) の第 3 項がゼロで、しかし定常状態にあるときには、Saha の式が成りたつようにきめられている。

プラズマがプラズマジェットを出て図 3. 9 のデータを得た測定位置に達するに要する時間は、 10^{-2} 秒である。図 3. 10 より 10^{-2} 秒あとでも、初期値が 10^{13}cm^{-3} のとき、熱平衡時の 3 倍の電子密度がある。初期値が $5 \times 10^{13}\text{cm}^{-3}$ のときは 6 倍もある。したがって初期値を 10^{13}cm^{-3} とすると、実験値をかなりよく説明することが示された。実際には、壁での損失などを考慮すると初期値はもっと高くとる必要があるであろう。

以上の考察で、準安定窒素が電子密度の増大に有効であることがわかったが、さらに一けたあるいはそれ以上増大させるためには、準安定窒素の生成を効果的に行なう必要がある。さらに技術的にはプラズマの流速をあげて、増大した電子密度の緩和があまり進まないうちに測定する必要がある。

準安定窒素の効果を確認した報告は、衝撃波管を用いた Y. Mori らの実験がある⁽³⁰⁾。それによると、熱平衡の 1,000 倍以上導電率を得ている。しかし、衝撃波管内で加熱された窒素は電子的のみならず、振動的にも励起される。振動的準位とアルカリ原子の電子的準位との間のエネルギー移行の確率は非常に大きいので、必ずしも、準安定窒素のみの効果とは断定しがたい。

最後に、式 (2.4), (2.5) による理論的取扱いの結果を、現実の発電器に適用してみると次のような数値例が得られる。 $T_0=1,800^\circ\text{K}$, 流速 $2,000\text{ m/s}$ のとき、上流で定常的に $5\times 10^{13}\text{ cm}^{-3}$ の準安定窒素をつくってやると、その下流 1 m 以上にわたって 10 mho/m 以上の導電率を得ることが期待できる。

4. む す び

非平衡電離現象の機構について解説し、その実験的研究について論じた。その結果、静電界を印加すれば、アルカリ原子をシードした希ガスプラズマでは、大気圧でも非平衡電離が安定に発生でき、その特性は二温度理論でよく説明できること、またプラズマジェットから窒素をシードすれば、準安定窒素の効果と思われる電子密度の上昇が観測でき、これを発電器に応用できる可能性があること等が明らかにされた。

今後は、準安定窒素の効果のMHD発電への利用という点に重点を置いて研究を進めていく予定である。

参 考 文 献

- (1) J. L. Kerrebrock : Engineering Aspects of MHD, 327~346 (1962) Colombia Univ. Press.
- (2) D. J. Ben Daniel, C. M. Bishop, et al : Phys. Fluids 4, 786 (1961)
- (3) F. Robben : Phys. Fluids 6, 1,308 (1962)
- (4) E. E. Zukowski, T. A. Cool, et al : AIAA J. 2, 1,410 (1964)
- (5) J. L. Kerrebrock, M. A. Hoffman : AIAA J. 2, 1,080 (1964)
- (6) J. J. Karkosak, M. A. Hoffman : AIAA J. 3, 1,198 (1965)
- (7) J. W. Sheldon : J. Appl. Phys. 37, 2,928 (1966)
- (8) J. Powell, M. Zucker : Inter. Sympo. Magnetohydrodynamics El. Power Gen. SM-74/192 (1966)
- (9) L. P. Harris : J. Appl. Phys. 34, 2,958 (1963)
- (10) V. H. Blackman, M. J. Jones, et al. : 2nd Sympo. Engineering Aspects of MHD (1961)
- (11) F. M. Dewan : Phys. Fluids 4, 759 (1961)
- (12) T. Hiramoto : J. Phys. Soc. Japan 20, 1,061 (1965)
- (13) J. L. Kerrebrock : AIAA J. 3, 591 (1965)
- (14) H. Massey : Handbuch der Physik 37/II (1959)
- (15) B. P. Curry : AIAA Paper No. 66-193.
- (16) T. Suita, Y. Fujie : Inter. Sympo. Magnetohydrodynamics El. Power Gen. SM-74/129
- (17) Herzberg : Spectra of Diatomic Molecule.
- (18) E. C. Zipf : J. Chem. Phys. 38, 2,034 (1963)
- (19) E. E. Ferguson : Phys. Rev. 128, 210 (1962)
- (20) S. Chapman, T. G. Cowling : Mathematical Theory of Non-Uniform Gases.
- (21) S. Schweitzer, M. Mitchen : AIAA J. 4, 1,012 (1966)
- (22) S. Schweitzer : AIAA J. 5, 844 (1967)
- (23) A. B. Cambel : Plasma Physics and Magnetofluid-Mechanics.
- (24) L. Spitzn : Physics of Fully Ionized Gases.
- (25) J. Bernard, E. Labois : 7th Inter. Conference of Ionized Gases (1967)
- (26) A. Sherman : GE Space Science Lab. Report R 64 SD 36 (1964)
- (27) M. Sakuntala : Brit. J. Appl. Phys. 17, No. 2 (1966)
- (28) J. G. Clouston, A. G. Gaydon, et al. : Proc. Roy. Soc. (London) A 252, 143 (1959)
- (29) I. R. Hurler : J. Chem. Phys. 41, 3,911 (1964)
- (30) E. Hinnov : Phys. Rev. 125, 795 (1962)
- (31) Y. Mori, H. Kawada, et al. : Inter. Sympo. Magnetohydrodynamics El. Power Gen. SM-74/134.

上下水道の計装設備

渡辺 宏*・松本直巳*・古木 寿人*

Instrumentation for Filtration Plants and Sewage Treatment Plants

Head Office Hiroshi WATANABE・Naomi MATSUMOTO・Hisato KOGI

Recently, in cities, towns and villages the population has increased and industries have developed so much that new installation or extension of filtration, pumping and sewage treatment plants has become necessary and construction work has been going on extensively. In this connection, Mitsubishi has much experience in providing instrumentation for them with success. Among a good number of work completed by the Company, descriptions are made on instrumentation for Kōno filtration plant of Saga city, and for Kozōji terminal sewage treatment plant of Kasugai city, and further on instrumentation of water quality measurement for Murano filtration plant of Osaka prefecture.

1. ま え が き

近年人口の増加、工業の発展にともない全国の都市町村では、上水および工業用水の不足をきたし、浄水設備・ポンプ設備の新設・拡張工事が次々に計画され、施行されている。また都市およびその周辺では下水処理設備の新設もさかんに行なわれている。

これらの設備では処理能力の増大、人手不足とともに自動化・計装化が進み、とくに大きな設備では電子計算機を導入し、その設備のみならず水系全体の総括自動制御を行なうところも出てきている。また小さな設備でも計装化される中央における監視・制御方式がとり入れられている。

当社は、これら浄水設備、下水処理設備の計装設備についても数多くの納入実績をもつものであるが、最近納入したもののうち、上水設備として佐賀市神野浄水場、下水処理設備として春日井市高蔵寺終末処理場、また特殊な水質関係の設備として大阪府村野浄水場の計装設備についてその概要を述べることにする。

2. 浄水場の計装

各都市の浄水需要の急激な増大にともなって設備規模は膨張し、その制御系も複雑になる一方で各設備も近代化されてきている。このような近代的浄水場においては、工業計測器の導入による集中管理システムはもはや必要不可欠となってきた。当社は浄水設備の計装に関して数多くの実績を重ねてきているが、本章では佐賀市神野浄水場（以下、当浄水場と略す。）を主体として、浄水場の計装設備についてのべる。

2.1 設備概要

当浄水場の設備概要は次のとおりである。

取水	多布施川表流水
処理能力	最大 30,000 m ³ /day（最終設備能力）
処理設備	
沈砂池	1池
原水ポンプ井	1池
着水井	1池
高速凝集沈殿池	1池（将来1池増設）
急速ろ過池	4池（将来4池増設）
配水池	1池（将来1池増設）
配水ポンプ井	1池

取水ポンプ	2台（将来1台増設）
配水ポンプ	2台（将来2台増設）

以下、当浄水場の設備を下記の4項目に分類し、それぞれの計装設備について述べる。

- (1) 導水設備
- (2) 前処理薬品および沈殿設備
- (3) ろ過設備
- (4) 後処理薬品および配水設備

図2.1に当浄水場の計装系統図を、表2.1に計測項目の一覧を示す。

2.2 導水設備の計装

導水設備は、多布施川取水点から沈砂池、原水ポンプ井、着水池までの範囲をいい、本設備における計装は、浄水場内に導入される

表 2.1 計測項目一覧
List of measuring items.

設備名	計 測 項 目	数量	計 測 方 式
導 水 設 備	原水ポンプ井水位	指示・警報	1 フロート式
	原 水 PH	指示・記録	1 ガラス電極式
	原 水 濁 度	記録	1 散乱光-透過光比較方式
	原 水 流 量	指示・記録・積算	1 差圧式
	既設沈殿池流入流量	指示・記録・積算	1 差圧式
	着水池水位	警報	1 電極式
前処理薬品および沈殿設備	硫酸バンドそう液位	警報	2 電極式
	消石灰溶液そう液位	警報	2 電極式
	硫酸バンド注入量制御	比率設定	1 原水流量比例方式
	消石灰注入量制御	比率設定	1 原水流量比例方式
	沈 殿 処 理 水 PH	指示・記録	1 ガラス電極式
	集水池水位	警報	1 電極式
	前塩素注入制御	比率設定	1 原水流量比例方式
	ろ 過 池 水 位	警報	4 電極式
ろ 過 設 備	同 失 水 頭	指示・記録	4 差圧式
	ろ 過 流 量	指示・記録・調節	4 差圧式
あと(後)処理薬品および配水設備	配水池水位	指示・警報	1 フロート式
	あと塩素注入量制御	比率設定	1 全ろ過流量比例方式
	配水ポンプ井水位	指示・警報	1 フロート式
	残 留 塩 素	指示・記録	1 電極間電流測定方式
	配 水 流 量	指示・記録・積算	1 差圧式
	配 水 圧 力	指示・調節	1 プルドン管式配水ポンプ回転数制御

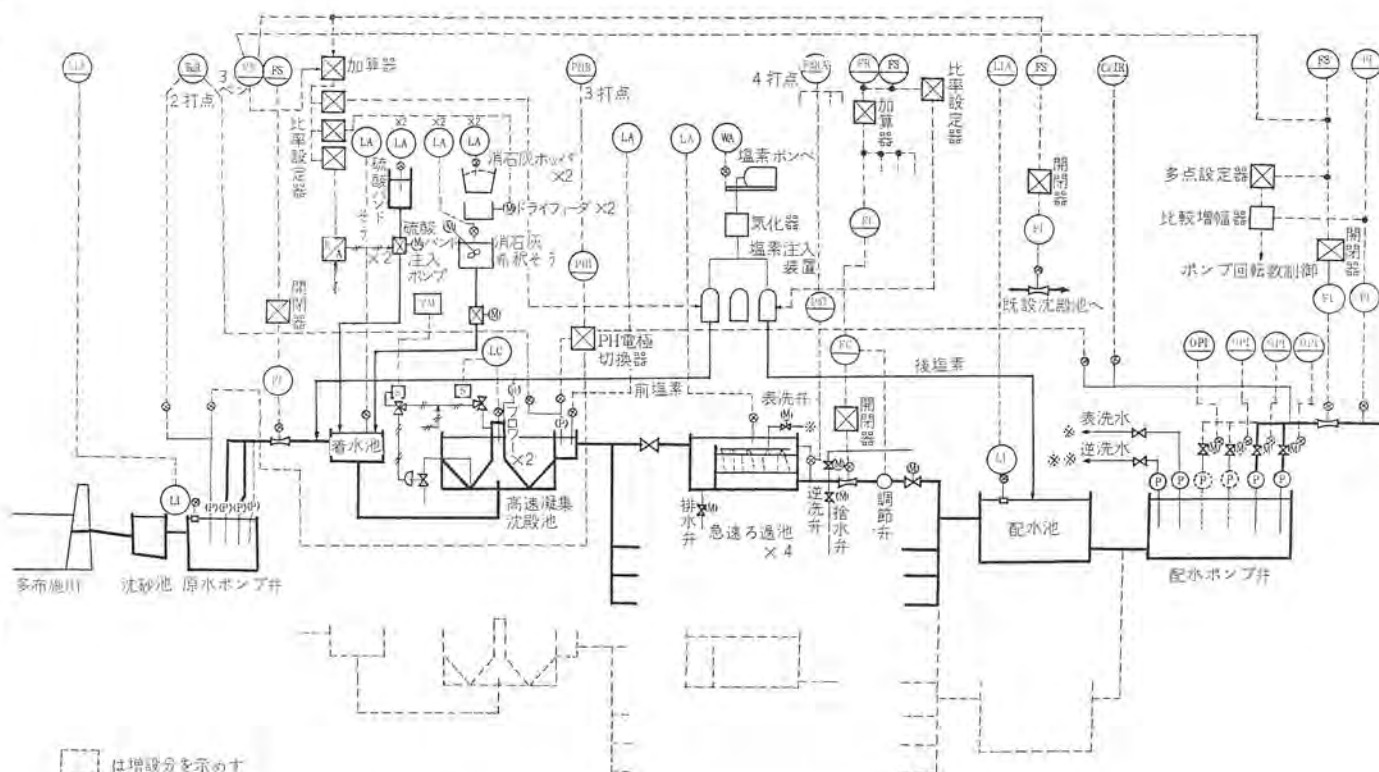


図 2.1 計装系統図

Instrumentation system diagram.



図 2.2 フロート式水位計
Float type level meter.

原水についての情報を得ることを目的としている。

まず、取水ポンプの運転を安全ならしめるためと、取水量のめやすをうるために原水ポンプ井の水位が計測される。この水位計には図 2.2 に示すフロート式水位計を使用した。現在水位計にはこのほかに圧力式、静電容量式等、種々の形式のものが使用されるが、フロート式水位計は原理的にも最も簡単で、保守も容易なため浄水場では最も多く使用されている。

原理はいうまでもなく、水面に浮かせたフロートの上下の動きをワイヤーによって滑車の回転に変換し、直接指示させるとともに、ポテンシオメータ、シンクロ電機、符号板等を回転させて信号を伝送するものである。当浄水場の場合は、伝送距離も短かく受信計器は指示計のみであったため、比較的安価で精度も良いシンクロ電機を用いた。取水ポンプ停止下限警報は、滑車の軸につけられたカムによって作動するマイクロスイッチより送出される。水位信号を制御信号として使う場合には、ポテンシオメータによって直流電圧または電流で発信するのがよい。

原水の水質は濁度と PH とを監視している。原水濁度は、当浄水

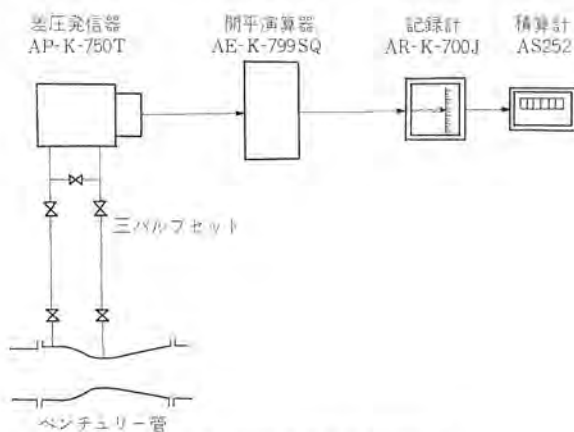


図 2.3 差圧式流量計機器構成

Instrumentation diagram of differential pressure type flow meter.

場のように河川の表流水から取水する場合は、平常時と降雨時の濁度に相当差があり非常に広レンジを要求される場合が多い。原水の水質は、処理を行なうための基本データとして欠かせないものであり、詳細は 4 章に述べる。いま一つ、基本計測項目としては取水流量の測定があげられる。当浄水場では取水ポンプから、着水池に送水される管路において、ベンチュリー管による差圧方式で計測した。

管路流量の計測法としては差圧方式のほか、電磁流量計、超音波流量計等種々のものがあるが、比較的清潔な水を扱う浄水場においては、価格の面から差圧式流量計を用いる場合が多い。しかし近年、管路に絞りを設ける必要がなく、その有効測定レンジが広くとれる電磁流量計も用いられ、また大口径において価格的に電磁流量計より有利であり、据付も容易な超音波流量計が注目されはじめてきている。差圧式流量計の一般的な計器構成は図 2.3 に示すとおりである。

差圧式流量計の原理式は、ベルヌーイの定理より導びかれる式(2.1)によって示される。

$$Q = 0.01252 \alpha \beta^2 \varepsilon D_t \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\gamma}} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Q : 体積流量 (m³/h) $P_1 - P_2$: 差圧 (m)

α : 流量係数

β^2 : 絞り面積比

D_t : 測定温度における管の実内径 (mm)

γ : 絞り上流側における単位体積あたりの重さ (kg/m³)

水道のように非圧縮性流体である常温付近の水の流量を計測する場合は、 $\varepsilon=1$ 、 γ は測定基準温度における値を用いる。温度による水の密度変化は 10°C の変化に対し 0.5% 以下であるので、温度に対する補正は考えないのが普通である。絞り機構としてオリフィスを用いるか、ベンチュリー管を用いるかは、許容損失水頭と価格の両面から検討することになるが、浄水場においては、損失水頭を比較的問題とし、ベンチュリー短管が最も多く使用されている。オリフィスとベンチュリー短管の価格は形式によっても異なるので一概にはいえないが、オリフィスが S US 32、縮流タップで、ベンチュリー短管が本体 FC、要部 SUS ライナーのものであると、口径 100~500 φ 程度で 1 : 5、口径 800 φ 程度で 1 : 4 くらいである。

損失水頭はオリフィスの場合、近似的に式(2.2)で求められ、ベンチュリー管の場合は、ほぼその漸拡部における損失とみなしてよく、最大差圧の 8~20% 程度である。

$$P_L = (1 - \beta^2) (P_1 - P_2) \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

式(2.1)における係数 α は流体のレイノルズ数に關係し、レイノルズ数がある値以上であれば定数とみなせるが、その値以下では変数となる。したがって測定可能なレンジ幅が限定されることになる。差圧式流量計における有効レンジ幅は、絞り以外の計器特性もあわせてたいたい 1 : 3 程度 (測定可能な最小流量と最大流量の比) と考えてよい。当浄水場に納入した原水流量計測用計器は、電子式力平衡方式差圧発信器 AP-K-750 T、折線近似式開平演算器 AE-K-799 SQ、電子式自動平衡形 3 ペン記録計 AR-K-700 J、電子式連続積算計 AS-252 である。

2.3 前処理薬品および沈殿設備の計装

この設備は原水に適当な凝集剤、凝集補助剤を加えて原水に含まれている不純物を凝集させ、沈殿除去するためのものである。当浄水場では薬品混和と凝集沈殿とを一つの池で行なうパルセータ形の高速接触沈殿池を採用している。本設備に対する計装は、凝集剤である硫酸バンド、凝集補助剤である消石灰、原水中に含まれる各種の生物除去のための前塩素等の注入制御があり、またパルセータの真空塔の水位制御設備が設けられている。

消石灰、硫酸バンド、前塩素はそれぞれ原水流入量に比例して注入する比例注入制御を行なっている。新設および既設沈殿池にはいる流量を加算し、比率設定器によって注入率をセツトする。操作端は消石灰がドライファイナ、硫酸バンドが塩素滅菌器の注入バルブの開度制御となり、単相誘導電動機で操作を行なうため、比率設定器の出力を出力アダプターで 3 位置接点出力に変換している。硫酸バンドは操作端が空気圧操作となるため、電空変換器によって空気圧信号に変換している。

比率設定器は一種の変換率率形リニア増幅器であり、その設定比率は、入力に対する操作端のストロークの比率によって決定される。濁度、PH、アルカリ度等の水質データを演算して注入率を決定する注

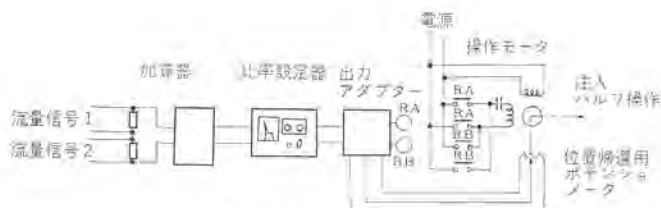


図 2.4 比例注入制御装置
Instrumentation diagram of proportional feeding of chemicals (to amount of water).

入方式もあるが、一般的には比較的設備費が安価で自動化効率のよい流量比例注入方式が最も多く採用されている。図 2.4 に比率注入制御の構成を示す。

パルセータは、その中央にある真空塔内の空気を真空ポンプで排出し、その水位レベルを引き上げ、そしてそのレベルが一定の値に達したとき、急に真空を破壊して水位を低下させ、池の底部のスラッジ層に一定の脈動を与えることにより、薬品のかくはん(攪拌)およびフロックの形成を促進せしめるものである。したがって真空ポンプの起動信号、真空破壊バルブの作動信号を得るため、真空塔内の水位レベルを検出するために、動作が確実な電極式水位リレーを使用した。その他硫酸バンドそう(槽)、消石灰希釈そう、沈殿池集水そうにおいて電極式水位リレーによるレベル検出を行なっている。また沈殿処理効果を確認するために集水そうの水の濁度と PH を計測している。

2.4 ろ過設備の計装

本設備は、浄水場における最終浄化設備であり、沈殿処理された水を砂層を通過させることによりろ過するものである。本設備の計装にはろ過流量の定値制御、損失水頭の計測、砂層の洗浄制御がある。ろ過速度が変化すると、ろそうに不必要なじょう乱をおこさせることになり、ろ過水の水質に悪影響をおよぼすため、ろ過池は常に一定の流速 (120~150 m/day) で運転される。このためろ過流量調節装置が設備される。

当浄水場では本装置をベンチュリー管による差圧式流量発信器、PI 動作の 3 位置パルス式調節計、電動式調節弁によって構成した。近年浄水場においては電動操作の弁が用いられることが非常に多いため、最終操作出力は開、閉、停の 3 位置接点出力として送出する必要がある。

当浄水場において使用した調節計はこのような目的のために作っているもので、その出力は 3 位置のパルス状接点信号であり、パルス幅は入力偏差量によって変化する。それ故電動機の慣性による行き過ぎ操作を防ぎ、等価的に比例、積分動作を行なうものである。各池のろ過流量の総和は浄水場の最終処理量として重要なものである。そのため各ろ過流量を加算して記録、積算を行なっている。

ろ過池を長時間運転していると、砂層がよごれ、損失水頭が増し、それが一定レベルを越えると砂層が固くつき、洗浄が困難となり、ひいては砂層に割れめを生じてろ過水の濁度を増すことになる。そのために損失水頭を監視して、適当な時期に洗浄を開始する必要がある。損失水頭の計測は図 2.5 のように、差圧発信器によって砂層の下の水の静水圧の減少度を測定することによって行なう。この場合、砂層上部から差圧発信器高圧側にいたる導圧管には洗浄の際、砂が混入するおそれがあるので途中で沈砂層を設ける必要がある。

また当然のことながら差圧発信器は砂そうより低位置に設置しなければならない。受信計器には将来の増設分も見込んで 12 打点記

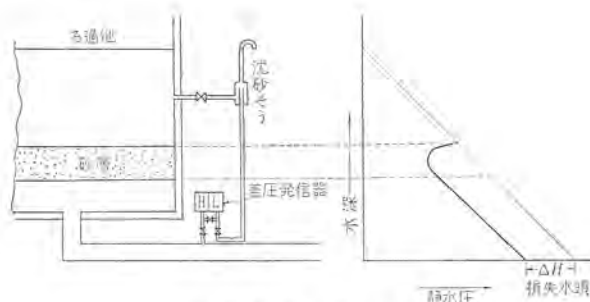


図 2.5 損失水頭計測
Loss head measurement.

弁名称	状態	ろ過	水抜き	表洗	逆洗	洗浄	休止
入口弁	開閉						
出口弁	開閉						
逆洗弁	開閉						
表洗弁	開閉						
持水弁	開閉						
逆洗ポンプ	運転停止						
表洗ポンプ	運転停止						

図 2.6 ろ過池の洗浄工程
Washing process of filter bed.

録計を採用し、各点一括設定個別警報ができるようにしている。

ろ過池は損失水頭が規定値に達したことにより図 2.6 のような工程に従って、タイマーコントロールにより洗浄を行なう。この自動洗浄工程におけるろ過池の水位信号を得るためには電極式水位リレーを使用した。当浄水場においては逆洗水および表洗水は、それぞれポンプによって供給されるが、別に設けられた高架水そうからこれらの水を供給する所もある。そのような場合は高架水そう水位変動による逆洗水、表洗水の流量変動がないよう定値制御が行なわれることが多い。

2.5 後処理薬品および配水設備の計装

この設備はろ過によって得られた浄水を最終的に消毒して、需要家に供給する設備である。本設備における計装は、後塩素注入制御と配水ポンプの運転制御がそのおもなものとしてあげられる。

水道法における施行規則に「給水せんににおける水が遊離残留塩素 0.1 ppm (結合残留塩素の場合は 0.4 ppm) 以上保持するよう塩素消毒をすること。」と規定されており、前塩素とは別に最終的な消毒の意味で配水池にはいる手前で塩素が注入される。後塩素の注入制御方式には残留塩素定値制御方式と全ろ過流量比例注入方式があるが、当浄水場では後者を採用している。その計器構成は前塩素注入制御におけるそれとまったく同様である。

配水ポンプは、できるだけ運転経費は安く、適量の水を常に一定の圧力で需要家に供給するよう運転されなければならない。

配水ポンプの運転制御は表 2.2 に示したようにさまざまな方式があるが、このいずれを選ぶかは、人件費、設備費、運転維持費、および給水系統におけるそのポンプ所の重要性に応じて決定されなければならない。当浄水場では 2 次抵抗制御により、ポンプをスピードコントロールする、末端圧一定制御方式を採用している。図 2.7 はこの

表 2.2 配水ポンプの制御
Control systems of pump (for distribution of water).

制御目的	制御形式	制御手段
吐出圧一定制御	時間プログラム制御	ポンプ運転停止制御
末端圧一定制御	閉ループ自動制御	ポンプ運転台数選択制御
配水池水位一定制御		制水弁開度制御
		ポンプ回転数制御
		(a) 2 次抵抗法
		(b) セルビウス法
		(c) 電磁または液体つぎ(接)手

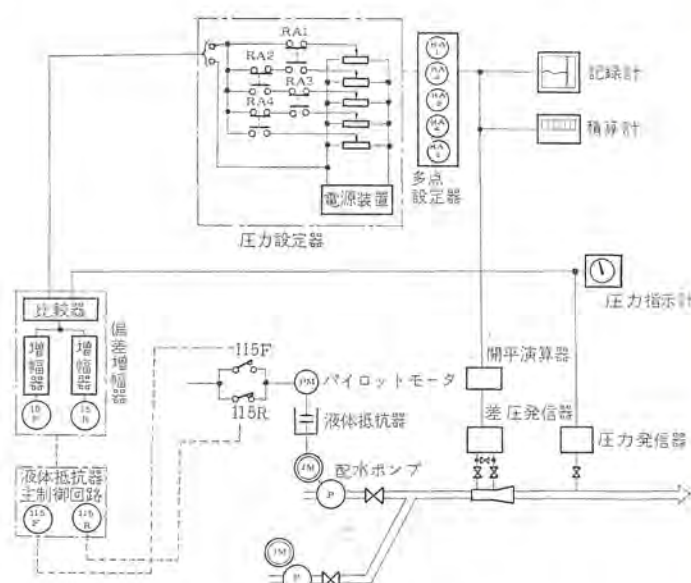


図 2.7 配水ポンプの制御系統図
Control diagram of pumps for distribution of water.

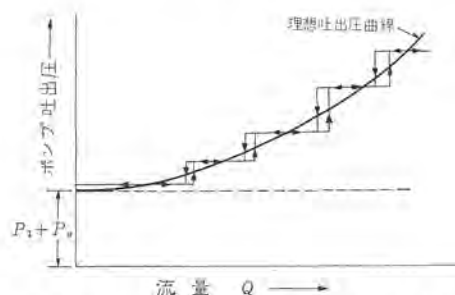


図 2.8 配水ポンプに要求される吐出圧曲線
Required head curve in pumping distribution of water.

制御系の機器構成を示す。制御対象となるポンプは吐出量 780 m³/h、揚程 45 kg/cm²、駆動モータは 3,300 V、60 c/s、6 P、180 kW の三相巻線形誘導電動機である。

需要家末端に P_0 なる一定の圧力の水を供給するには、ポンプの吐出圧は式 (2.3) に示されるように、管路における損失水頭だけ補償した値をとらなければならない。

$$P = KQ^n + P_1 + P_0 \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

P : ポンプ吐出圧

K : 管路の損失係数

n : 定数 (一般には 1.8~2.2)

P_1 : 送水地点から需要家までの揚程

P_0 : 保証圧力

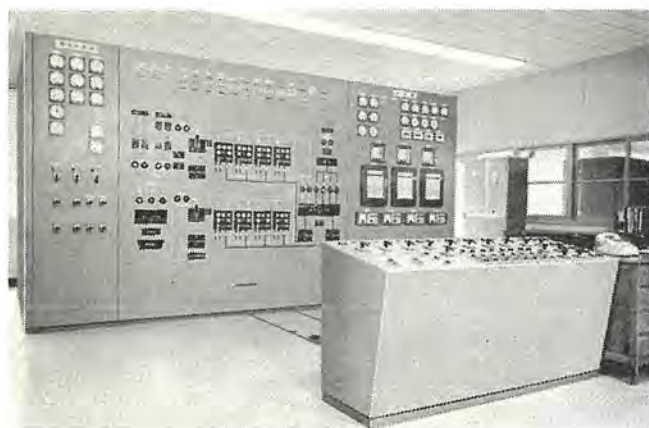


図 2.9 中央監視制御盤
Control and instrument panel.

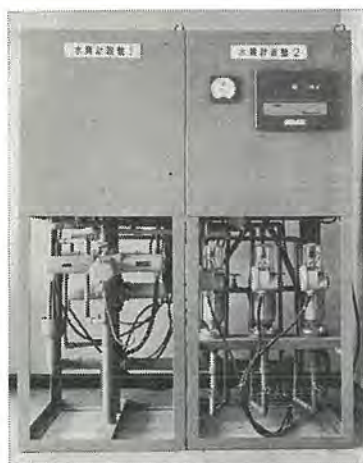


図 2.10 水質計器盤
Instrument panel for quality of water.

式(2.3)は図2.8の理想吐出圧曲線によって示される。当浄水場では、この曲線を流量レベルにより5段階に分けて模擬している。送水流量はベンチュリー短管による差圧式流量計、圧力はAP-K-741T形磁力平衡式変換器を使用した。また、吐出圧曲線模擬のための流量レベル検出器には、信頼性が高く、オン、オフの幅が自由に調整できるマグアンプリレーを内蔵した多点設定器を使用した。

その他、本設備においてはフロート式水位計による配水池レベルの計測、および最終的な処理結果を確認するため、送水の残留塩素とPHの計測が行なわれている。図2.9は当浄水場の中央監視制御盤、図2.10は水質計器盤を示す。

3. 下水処理場の計装

大都市への人口集中にともない、最近都市およびその周辺都市の住宅増加とともに下水処理問題が大きくクローズアップされるようになった。これは、都市の環境衛生的見地から不可欠な重要事項であり、今後さらに下水処理の重要度が増すものと考えられる。以下、本章において、春日井市高蔵寺終末下水処理場（以下、当処理場と略す）を主体とした下水処理場の計装設備について述べる。

3.1 設備概要

当処理場の建設計画における設計諸条件は下記のとおりである。

- (1) 処理区域面積 812 ha
- (2) 計画処理人口 111,000 人
- (3) 下水排除方式 完全分流式

- (4) 下水処理方式 ステップエアレーション方式による活性汚泥法
 - (5) 計画汚水量 汚水処理プロセス………330 l/min
汚泥処理プロセス………250 l/min
時間最大汚水量………630 l/min
 - (6) 予想水質と除去率 表3.2による
 - (7) 流入管きよ(渠) 900 mm 遠心力鉄筋コンクリート管
- 当処理場は、第1期、第2期、第3期の3回に分けて建設される予定であり、現在第1期事業が完了したので、以下本文ではとくにことわりのないかぎり第1期事業について述べるものとする。なお、

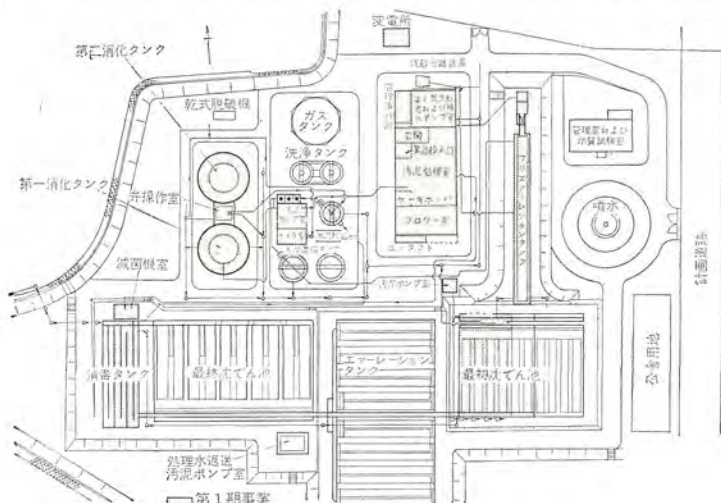


図 3.1 処理設備平面図
Plane of treatment plant.



図 3.2 春日井市高蔵寺終末下水処理場
Kozoji sewage treatment plant in Kasugai city.



図 3.3 監視制御盤および計器盤
Control desk and instrument panel.

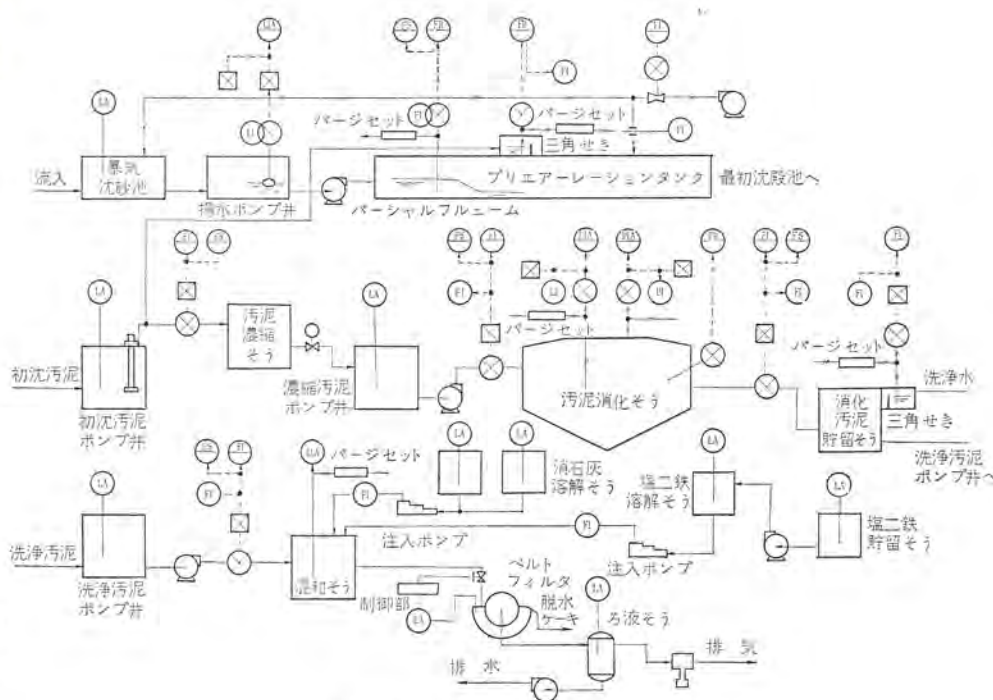


図 3.4 計装系統図
Instrumentation diagram.

表 3.1 計測項目一覧
List of measuring items.

設備名	計 測 項 目	数 量	計 測 方 式
汚水導入設備	沈砂受そう水位	警報	1 電 極 式
	揚水ポンプ井水位	指示・警報(制御)	1 フ ロ ー ト 式
	生 下 水 流 量	指示・記録・積算	1 パーシャルフリューム式(エアージャージ)
沈砂およびエアレーション設備	前ばく気送風量	指示	1 差 圧 式
	総 送 風 量	指示	1 差 圧 式
	初沈汚泥ポンプ井水位	警報(制御)	1 電 極 式
	返 送 汚 泥 流 量	指示・記録	1 せき式(エアージャージ)
汚泥消化処理設備	初 沈 汚 泥 流 量	指示・積算	1 電 磁 式
	濃縮汚泥ポンプ井水位	警報(制御)	1 電 極 式
	濃 縮 汚 泥 流 量	指示・積算	1 電 磁 式
	消 化 所 水 位	指示・警報	1 エ ア ー バ ー ジ 式
	消 化 所 圧 力	指示・警報	1 圧 力 式
	消 化 所 温 度	記録・警報	1 熱 電 対 式
	消 化 汚 泥 流 量	指示・積算	1 電 磁 式
	洗 浄 汚 泥 流 量	指示・積算	1 電 磁 式
	洗 浄 水 流 量	指示	1 せき式(エアージャージ)
薬品混和およびろ過設備	洗 浄 汚 泥 ポン 井 水 位	警報(制御)	1 電 極 式
	混 和 所 水 位	指示・警報	1 エ ア ー バ ー ジ 式
	消 石 灰 溶 液 流 量	指示	1 面 積 式
	塩 化 第 二 鉄 溶 液 流 量	指示	1 面 積 式
	消 石 灰 溶 解 所 水 位	警報	1 電 極 式
	塩 化 第 二 鉄 貯 留 所 水 位	警報	2 電 極 式
	塩 化 第 二 鉄 溶 解 所 水 位	警報	1 電 極 式
	ベ ル ト フ ィ ル タ 水 位	警報(制御)	1 電 極 式
	ろ 液 所 水 位	警報(制御)	1 電 極 式

表 3.2 予想水質および除去率
Estimated quality of water and removal ratio.

	水 質	除 去 率	流 出 水
BOD	200 ppm	90%	20 ppm
SS	300 ppm	85%	45 ppm
PH 値	6~8		中 性
大腸菌群数	10,000 個/cc		3,000 個/cc

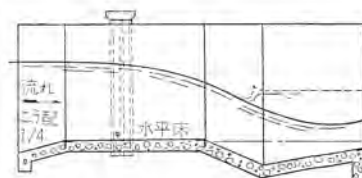
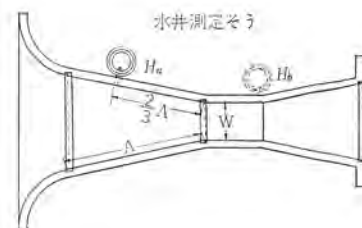


図 3.5 パーシャルフリューム構造図
Construction of parshall flume.

上記設計条件のもとに計画された処理施設の平面図を第2期、第3期を含め図3.1に示す。図3.2は当処理場の景観の一部図3.3は中央管理室の監視制御盤および計器盤である。また、図3.4に当処理場の計装系統図を、表3.1に計測項目の一覧を示す。

以下、処理施設を下記4項目に分類し、それぞれの計装設備について述べる。

- (1) 汚水導入設備
- (2) 沈砂およびエアレーション設備
- (3) 汚泥消化処理設備
- (4) 薬品混和およびろ過設備

3.2 汚水導入設備の計装

処理場に流入する汚水は、スクリーン、パルミュータを経てちり、固形物等がとり除かれべく(曝)気沈砂地にはいる。ここで砂を沈降させ、揚水ポンプ井からポンプで着水井にくみあげられて、さらに流量測定装置を通りバリエーションタンクに流れこむ。ここまでは処理場の玄関口に相当し、計装設備は交通整理的な役割を果している。

揚水ポンプ井水位はフロート式水位計により計測した。この方式は比較的信頼性に富み、原理的にもかんたんである等の理由から一般に水位計測として広く用いられている。原理については2.2節で述べたので省略する。ポンプ井には容量の異なる3台の揚水ポンプを設け、水位による台数組合せ制御を行なっているが、水位信号は本水位計より送出する。すなわち、水位計は指示機構とともに抵抗発信機構を備え、変換器で統一電流信号に変換後多点設定器を働かせてポンプ制御回路に運転、停止の指令信号を与えている。

下水処理場の計装で最も注意を要するのは、液中または排気中に含まれる腐食性物質およびガスに対する計器の保護対策であり、とくに検出端において大きなウェートを占める。したがって、状況に応じて適切な材質の選択を要求されるが、一般に多く用いられるのはSUS 27, SUS 32 および硬質塩ビ(機械的に大きな強度を要求されない場合にかぎる)等である。以上の点を考慮して水位計のフロートワイヤ、テープ等はすべてSUS 27を採用した。

着水井からバリエーションタンクに流入する生下水流量の計測には、

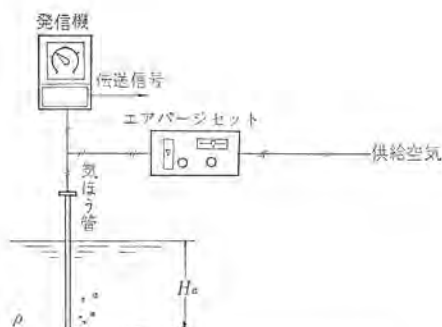


図 3.6 エアパージ式水位計原理図
Principle of air purge type level meter.

パーシャルフリュームを設け測定器はエアパージ式とした。パーシャルフリュームとは図 3.5 に示されるような構造であり、流量 Q は次式によって実用上さしつかえない程度に求められる。

$$Q = CWH_a^{\frac{3}{2}} \quad (\text{m}^3/\text{sec}) \quad (3.1)$$

ここに C : 越流係数 (2.2 程度)

W : 最細部幅 m

H_a : 越流水深 m

式 (3.1) において C, W はそれぞれ一定値であり、 Q は H_a を測定することにより求められる。図 3.5 で流水位が破線のような変化をし H_b/H_a が $2/3$ 以上になるとこれをもぐりと称し、補正係数を乗じて流量を求めるが、省略する場合もある。水位計測には種々の方式が考えられるが、据付および腐食対策が比較的容易なエアパージ式で用いた。すなわち、腐食に対しては気泡管単独で考慮すればよく、万一の場合でも交換が容易で保守上の利点も多く下水処理場での使用率は増加の傾向にある。

図 3.6 はエアパージ式の原理図である。発信器は大気圧の変動による誤差を除くため通常差圧発信器を用いるが、測定水位幅が大きい場合は圧力発信器によることもある。ここで、エアパージセットから一定量の空気をプーするものとすれば、発信器の受圧 P は次式から求められる。

$$P = \rho H_a \times 10^{-1} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (3.2)$$

ここに ρ : 測定液の比重

式 (3.1) および (3.2) から

$$Q = CW \left(\frac{P}{0.1\rho} \right)^{\frac{3}{2}} = KP^{\frac{3}{2}} \quad (\text{m}^3/\text{sec}) \quad (3.3)$$

ここに $K = CW/(0.1\rho)^{\frac{3}{2}}$

式 (3.3) に示されるように、流量は圧力信号の $3/2$ 乗に比例する。

当社ではこのような計測に今回は AR-K-E 790 J 形記録計の入力回路に特性変換回路を内蔵し、さらに電流再発信機能を付して、受信計器はすべて直線目盛にした。また、受信計器の構成はその装置の重要性、使用者側の要求、費用……等で左右され状況に応じて考慮することが望ましい。

沈砂池の水位計測は連続指示を必要としないため電磁式とした。この方式は、動作が確実で保守が容易であることから設定点の変更を要しない場合のレベル検出に多く用いられている。

3.3 沈殿およびエアレーション設備の計装

ブリアレーションタンクから初沈汚泥ポンプ井までを本節で述べるが、エアレーションタンク、最終沈殿池等はすべて第 2 期事業以降になるので省略する。

総送風量計測は差圧式とし、しぼりはベンチュリー管を採用した。ベンチュリー管はオリフィスより損失圧力を軽減でき、管内圧力の低い場

合に有利である。

下水処理場計装の主体をなし、また、最も信頼性を要求されるのは管内汚泥流量計測であろう。これには、しぼり機構を管路に設ける差圧式をはじめ、電磁式、超音波式、面積式、容積式と多種多様の方式があるが、下水の場合は上水と異なり浮遊固形物の混入が多いため、管路にしぼりその他複雑な機構を設けることは、管内閉塞を誘発して望ましくない。したがって、これには検出部が直管で構成されている電磁流量計が有効でこれを採用した。

電磁流量計はファラデーの電磁誘導の法則を応用したものであり、一定境界内を流体が流れる場合、流れをよび磁界と直角な方向に

$$e = BDV \quad (\text{V}) \quad (3.4)$$

ここに B : 磁界の強さ (磁束密度) Wb/m^2

D : 管内径 m

V : 平均流速 m/s

の起電力が発生する。流量は流速に比例するので起電力 e より流量を求めることができる。したがって信号は流量に比例したものとなる。また、当社では、ラインングおよび電磁には種々の材質を用意しており流体の性質に合せて選択できるようになっている。

次に、初沈汚泥ポンプ井からの返送汚泥量計測は直角三角形ぜきを設けたせき式流量計とした。図 3.7 において流量 Q は次式より求められる。

$$Q = \left(1.334 + \frac{0.0205}{\sqrt{H}} \right) H^{\frac{5}{2}} \quad (\text{m}^3/\text{sec}) \quad (3.5)$$

ただし $H > 50 \text{ mm}$, $W > 7H$, $d > 3H$ でなければならない。

ここに H, W, d の単位はすべてメートルとする。

式 (3.5) で () 内は定数とみなし、流量は越流水位 H の $5/2$ 乗に比例するものとして実用上さしつかえないとされている。水位計測は生下水量計測同様、エアパージ式とし特性変換器も記録計内蔵形

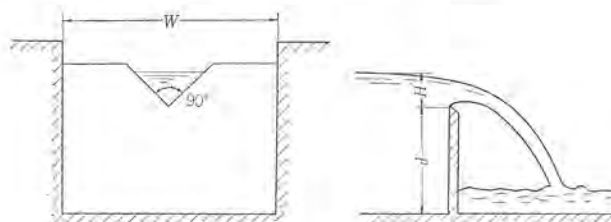


図 3.7 三角せき
Triangular weir.



図 3.8 現場計器盤 (その 1)
Local instrument panel.

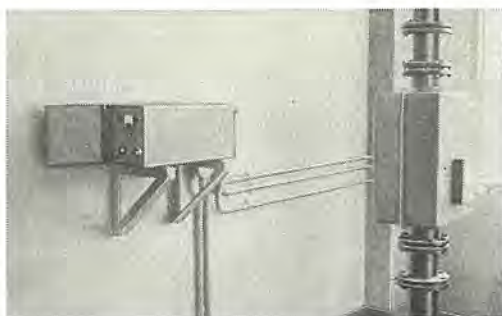


図 3.9 電磁流量計
Electromagnetic flowmeter.

にした。

初沈汚泥ポンプ井水位は電磁式で検出し、ポンプの運転・停止と警報信号をとりだした。

図 3.8 に生水水流量および返送汚泥流量計測用現場計器盤、図 3.9 に電磁流量計の設置状態を示す。

3.4 汚泥消化設備の計装

濃縮汚泥、消化汚泥、洗浄汚泥等の流量計測が本節の主体となるが、いずれも電磁流量計を用いた。原理、特長は 3.3 節で述べたので省略する。受信側は指示、積算とし、ここに使用した AR-S-790 R 形積算計は、精密直流電動機とカウンタを組合せたかんたんな構造であり、信頼性、精度、保守の容易性等で在来の電子式に比べすぐれている。

汚泥消化そうは処理設備中で最も重要な設備であり、水位、圧力、温度の計測を行なった。水位計測はエアージ式、圧力計測は測定圧を直接圧力発信器に導入して計測した。圧力、差圧の計測に用いる当社製 AP-K-740 T、AP-K-750 T 形発信器は、広い測定範囲と、測定対称に対する種々の材質を用意しており、信号はすべて直流電流信号になっている。これにかぎらず当処理場の計装計画において、伝送信号は特殊なものを除き直流電流信号に統一した。直流電流伝送方式は各社とも多く採用しており、次のような利点をもっている。

- (1) 外部磁界等による誘導障害を受けにくい
- (2) 負荷抵抗の変化による影響がほとんどない
- (3) 長距離伝送が容易である

温度計測には測温抵抗体と熱電対が一般に用いられるが、低温領域においては測温抵抗体が直線性にすぐれ、当処理場においてもこれを採用した。測温抵抗体の信号は、ブリッジ式自動平衡形記録計で記録する。

次に、洗浄水流量の計測は返送汚泥量計測と同様直角三角形ぜきによるせき式流量計とし、越流水位計測もエアージ式とした。

その他、濃縮汚泥および洗浄汚泥の各ポンプ井水位は電磁式水位計で検出しポンプの運転、停止および警報動作を行なわせている。

図 3.10 に消化そう(槽)水位、圧力計測用現場計器盤、図 3.11 に洗浄水流量計測用現場計器盤を示す。

3.5 薬品混和およびろ過設備の計装

洗浄汚泥ポンプ井から送られた汚泥は、汚泥混和そうで消石灰および塩化第二鉄を注入してかくはんされる。このタンクの水位計測はエアージ式とした。受信側は指示、警報のみとして警報接点付圧力計で直接指示を行なわせた。ここでは、塩化第二鉄が混入していることから下水処理場での検出端材料の大半を占めるステンレス鋼も腐食対策の面では不十分である。塩化第二鉄に対しては、チタン、硬



図 3.10 現場計器盤 (その 2)
Local instrument panel.



図 3.11 現場計器盤 (その 3)
Local instrument panel.

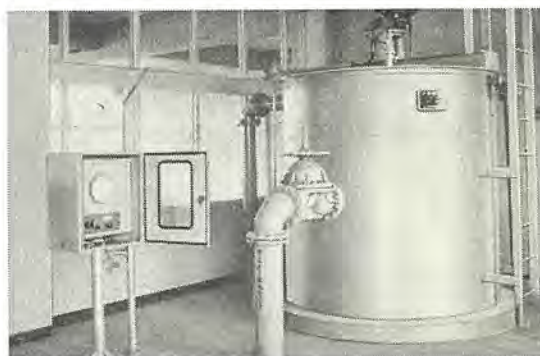


図 3.12 現場計器盤 (その 4)
Local instrument panel.

質塩等が用いられるがチタンは価格の面で難点があり気泡管は硬質塩ビ製とした。

消石灰および塩化第二鉄溶液の注入量計測には面積式流量計を用いた。面積式流量計とは一種の差圧式流量計で、テーパ管の中に浮子を浮かせ、流体を下から上に流すと浮子は自重および浮力とその上下に生ずる差圧とがバランスした所とまり、浮子の位置によって流量を得ることができる。塩化第二鉄の計測に用いる流量計はテーパ管にグラスイニングを施し、浮子はチタンを用いて腐食を防止した。

また、付属装置として脈動による指示不安定を防ぐためのダンパーをつけ、さらに、注入停止時に溶液が固化して流量計の機能を害することのないようウォーターパージ口を設けている。消石灰溶液用流量計も構造的には同じであるが、接液部材質はすべて SUS 27 を使用した。

その他、消石灰溶解そう、塩化第二鉄貯留そうおよび溶解そう、ベルトフィルタおよび汜液そう等の水位検出による警報または制御があり、これらは電磁式を用いた。この場合も塩化第二鉄が混入している所に対しては、チタン製電極棒を使用している。

図 3. 12 に汚泥混和そうおよび水位計測用現場計器盤を示す。

以上のように、下水処理場の計装では、接液部における検出端材質の選定をはじめとする計器の腐食対策に注意をはらわねばならない。また、流量計測では固形物による管内閉塞を防止するため、しぼり機構をさけて直管のものを使用し、パイプの口径等もある程度の大きさ以上に選定するのが望ましい。このような点が上水場の計装と異なる点である。

4. 水質計器

大阪府村野浄水場は年々膨張の一途をたどる大阪府下各市町村の浄水需要を満たすために設置され、すでに第 4 次事業を終えて日量 330,000 m³/day の配水量を誇る基幹浄水場である。当浄水場には当社の電子計算機 MELDAP-6000 H が設置され、この計算機により運転制御が行なえるよう計画されている。それゆえ、諸情報の検出要素として工業計測器も大々的に導入され、当社も水質計器の設置

計画および工事に参画したのでここにその概要を述べる。

4. 1 設備概要

当浄水場の設備概要は次のとおりである。

取水	淀川表流水(枚方市磯島地区)
着水井	1 池
混和沈殿池	4 池
急速ろ過池	22 池
塩素混和池	1 池
浄水池	2 池
処理能力	330,000 m ³ /day

以上は第 4 次事業完了時点におけるものであるが、現在第 5 次事業が進行中で最終施設能力は 947,000 m³/day となる。

図 4. 1 は本浄水場の平面図であり、表 4. 1 に水質計器による計測項目一覧を示す。

以下各水質計器の計装について述べるが、各単体についてはその動作原理を紹介するにとどめる。

4. 2 検水ポンプと配管系統

水質計器は管理、保守に便利のように管理室(水質計器室)内にまとめて設置される。そのため測定せんとする水を試料水として計器の設置場所まで運ばなければならない。このために設けられるのが検水ポンプである。

検水ポンプには基本的次の事項が要求される。

- (1) 検水ポンプは各取水地点に散在して設置されるから、保守が容易で、起動も呼び水なしで行なえる自給式のものであること。
- (2) 常に新しい試料水を計器に送る必要があるため、家庭用ポンプのように圧力コントロールによる間欠自動運転は許されず、連続運転に耐えるものであること。
- (3) 屋外に設置されるものについては、冬期における凍結防止を考慮すること。

以上のような要求からポンプが選定されるが、一般に市販されている自給式ポンプは寿命が短い欠点があるため、当浄水場では普通のうず巻ポンプを使用し、図 4. 2 に示すとき配管方式としている。すなわち起動のたびごとに呼び水をしなくてもよいように、ポンプの吐出側にタンクを設け、水質計器への給水管にはポンプ停止と同時に閉鎖する電磁弁を、またポンプの吸水管にはテフロンパッキンを有する逆止弁を設置した。したがってポンプ停止時にも常にケーシングは水が満たされている状態にある。冬期の凍結によるケーシング破損防止には、アルミカバーでポンプおよびタンクを保護し、スペースヒータを設けている。

水質計器自身の要求する水量は微々たるもの(3~5 l/min)であるが、検水ポンプから計器設置点への送水に時間を要するので、必要水量の 5~6 倍の水量を流してその一部を計器に供給する。した

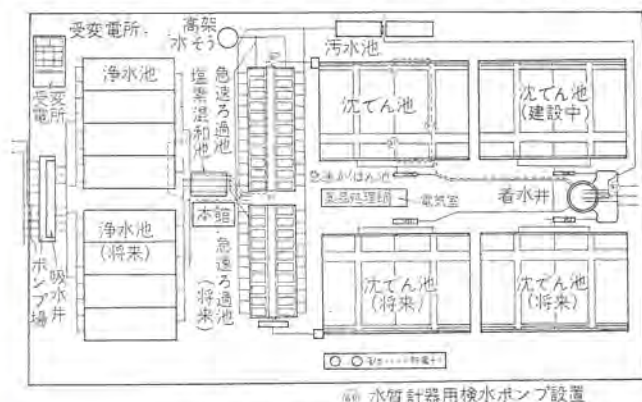


図 4. 1 村野浄水場平面図
Plane figure of filtration plant.

表 4. 1 計測項目一覧
List of measuring items.

計測点	計測項目	計測範囲	数量	計測方式
原 水	電気伝導度	0~500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1	電 極 法
	PH	2~12 PH	1	ガラス電極法
	アルカリ度	0~50 ppmCaCO ₃	1	電 量 滴 定 法
	濁 度	0~1,000 度 0~10,000 度	1	ダブルビーム振動法
	水 温	0~50°C	1	測温抵抗体
沈殿池入口	濁 度	0~50 度	1	ダブルビーム振動法
	PH	2~12 PH	1	ガラス電極法
	残留塩素	0~9 ppm	1	銅-白金電極法
	アルカリ度	0~50 ppm	1	電 量 滴 定 法
沈殿池出口	濁 度	0~5 度	1	ダブルビーム振動法
ろ過池入口	濁 度	0~5 度	1	ダブルビーム振動法
ろ過池出口	濁 度	0~2 度	1	ダブルビーム振動法
	残留塩素	0~2 ppm	1	銅-白金電極法
浄水池	残留塩素	0~5 ppm	1	銅-白金電極法
送 水	PH	2~12 pH	1	ガラス電極法
	残留塩素	0~3 ppm	1	銅-白金電極法
	水 温	0~50°C	1	測温抵抗体
	濁 度	0~2 度	1	ダブルビーム振動法

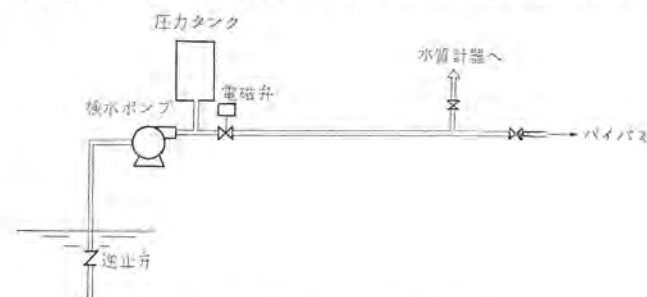


図 4. 2 検水ポンプ配管図
Piping diagram of sampling pump.

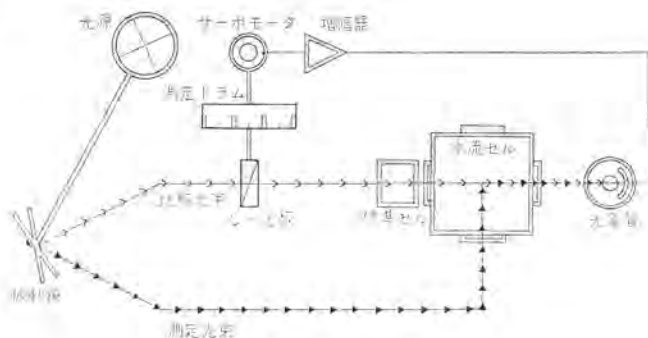


図 4.3 濁度計原理図
Diagram showing principle of turbidimeter.

がって水質計器への配管系は、次の順序で計画されなければならない。

- (1) 水質計器と検水ポンプの設置位置の決定。
- (2) 配管経路を決定し、配管長を算出する。
- (3) 計器に要求される応答速度から必要な流速を算出する。
- (4) 配管径を決定する。
- (5) 配管路の損失水頭および流量を算出する。
- (6) ポンプの吐出流量、吐出圧力を決定する。

吐出圧力=計器に要求される圧力+ポンプと計器間の揚程
+配管路の損失水頭

水質計器の配管は、その材質によって水質が変化するものであってはならない。それゆえ当浄水場では、検水ポンプ回りの配管は機械的強度を要求されるため SUS 27 のパイプを、計器までの導水管路には硬質塩化ビニルパイプを使用した。なお沈殿池入口の試料水は多量のフロックを含むため、純けい(珪)砂による自動ストレーンを設けた。

4.3 濁度計

濁度は浄水処理効果を物理的に最も容易に表わすものであるから、原水、沈殿池入口、沈殿池出口、ろ過池入口、ろ過池出口、送水の各所で計測している。当浄水場に納入した濁度計は、ダブルビーム振動法と呼ばれる光学的測定法によるものを使用した。本計器の測定原理図を図 4.3 に示す。

すなわち光源から送出される光束を振動鏡によって測定光束と比較光束に交互に振り分け、測定光束が試料液に導入され、試料液中の微粒子によって生ずる散乱光の強さと、シャ光板、標準セル、試料液を通過した比較光束の強さとを比較し、その差がゼロとなるようシャ光板を調節して、そのシャ光板のバランス位置によって濁度を指示する光学的零位法を採用したものである。それゆえ光源の老化、光電管の感度変化、電源電圧変動、色度の影響を受けない。

濁度計に試料水を供給する場合は、試料水中に気泡が存在すると誤差の原因となるため、計器の直前に脱泡そうと呼ばれる開放タンクを設けて、これより計器に自然流下によって試料水を供給する。そうすることによって試料水中の気泡が除かれると同時に、ポンプからの脈動流の影響を受けず、常に一定の水量を供給することができる。原水濁度は常時数 10 または数 100 度であるが、降雨時には数千度に達することがある。それ故濁度が 1,000 度を越えた場合は、自動的に定量ポンプを起動し、試料水と純水を 1:9 の割合で混合し、濁度を 1/10 に希釈することによって同じ 0~1,000 度のレンジで 0~10,000 度の測定を可能にしている。

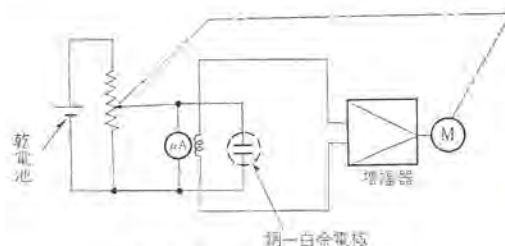


図 4.4 残留塩素計原理図
Diagram showing principle of chlorinator.

4.4 PH 計

PH を計測する必要性は、沈殿処理や塩素滅菌のように薬品処理を行なう場合の処理効果が値に左右されるのと、水の化学的純度の目安となる点にある。浄水場においても PH 計測にはガラス電極法が使用される。浄水場の場合、PH 7 付近の計測となるため特殊な要求はないが、前置増幅器は非常に高入力インピーダンスとなるため、据付にあたっては湿度による絶縁劣化、誘導電圧の影響を十分考慮する必要がある。

4.5 残留塩素計

当浄水場に納入した残留塩素計は試料液中に浸した銅チューブ電極と、その中心に置かれた白金線状電極間に流れる電流値が試料水中に含まれる残留塩素量に比例する原理を用いたものである。図 4.4 にその原理図を示す。

水道において滅菌作用に有効な塩素は HOCl 、 OCl^- 等とアンモニアと反応して得られる NH_2Cl 、 NHCl_2 、 NCl_3 と種々あるが、前者を遊離残留塩素、後者を結合残留塩素という。この残留塩素計は、普通は遊離残留塩素のみを感知するが、結合残留塩素を含めた総合残留塩素を計測するには、試料水によう(沃)化カリを添加して結合残留塩素を遊離ように素に置換することによって測定できる。また、PH の変動は測定値に影響をおよぼすので、適量の緩衝液を添加しながら測定するよう検出器が構成されている。検水は塩素の注入点より下流で十分混和された位置から採取しなければならない。

4.6 アルカリ度計

薬品沈殿池における凝集剤による凝集作用は、主として水中のアルカリ分と凝集剤との化学反応によって生ずる金属性水酸化物によるものであるから、水中のアルカリ分が不足する場合は凝集作用が有効におこなえない。ゆえにアルカリ度の測定が必要となる。

アルカリ度 (M アルカリ度) とは、その試料水の PH 値をメチルレッド混合指示薬の反応点 (PH 4.8) にもってゆくの要する CaCO_3 の量で表わすものである。

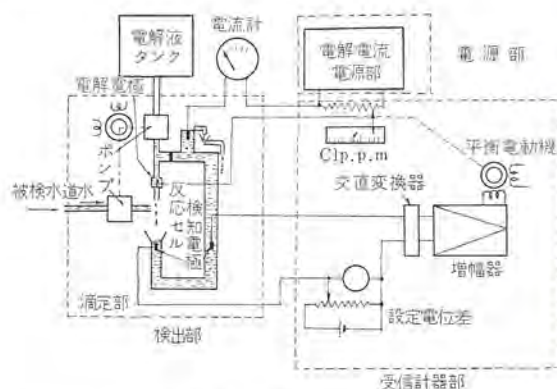


図 4.5 アルカリ度計原理図
Diagram showing principle of instrument for alkalinity.



図 4.6 原水水質計器盤
Instrument panel for quality of source water.



図 4.8 ろ過池水質計器盤
Instrument panel for quality of water sampled from filter bed.



図 4.7 沈殿池水質計器盤
Instrument panel for quality of water sampled from sedimentation tank.



図 4.9 送水水質計器盤
Instrument panel for quality of clean water.

図 4.5 に本計器の測定原理図を示す。すなわち無水硫酸を電解電極間に流す電流により、電流効率 100% で電気分解して、滴定試薬である硫酸を生成させ、これを一定の割合で試料水に加え、その滴定終点 (PH 4.8 になった点) を検知電極であるガラス電極 PH 計検で知る。滴定終点にいたる要した電気量よりファラデーの法則によってアルカリ度を算出するものである。

4.7 電気伝導度計

電気伝導度は水の不純物含有度を表わすものであり、一定のセルコンスタントを有する検知電極を試料液中に入れ、この電極間に流れる電流値を自動平衡形指示計で指示するものである。

4.8 水温計

水温は 0~30°C くらいの低温狭域測定となるので検出部には Pt 50 Ω の測温抵抗体を使用した。水温はも(藻)の発生または、水中に含まれる微生物の繁殖状態のめやすとして計測されるものである。

以上水質計器について述べたが、これらの分析計器は試薬の注入、検出電極の清掃、交換等人手を要する所があり、校正の困難さも加えてまだまだ一般工業計器と比較すると実験室計器の域を脱しない

ものも多く、ON LINE 計器として使用するには問題を残し今後の開発に待つ所が多い。

図 4.6 に原水水質計器盤、図 4.7 に沈殿池水質計器盤、図 4.8 にろ過池水質計器盤、図 4.9 に送水水質計器盤を示す。

5. む す び

以上、最近納入した浄水設備・下水処理設備の計装についてその概要を述べた。これらの設備はその規模の増大・保守の人手不足等により自動化が進み、それとともに計装の果たす役割はますます重要になってきている。

上下水道の計装としては、水質関係の計器以外にはとくに変わった厄介な計測はなく、下水では管のつまりや腐食に対する材質の選定等に注意すればよい。水質関係の計器については、オンライン計器として用いるにはまだ解決すべき問題が多く残されている現状である。

終わりに関係各官庁および設計・製作・施行に当たられた関係者各位に深く感謝するものである。

技術講座

車両用電動発電装置

猪崎 国男*・酒井 正昭*

1. ま え が き

直流式に始まり、複流式を経て交流式に発展した車両用電動発電機は、その間に著しく進歩し、装置全体が小形軽量化し、信頼度および精度が比較的大きく向上したが、最近はこれらに加えさらに保守の簡易化および使用部品の耐久性に重点がおかれた要望がなされている。衆知のように車両用電動発電機は非常に特殊な条件のもとで運転されるため、その具備すべき条件を十分は握し、最先端の技術を応用してこれらに適合した構造および制御方式を採用しなければならない。

当社製電動発電装置は、半導体素子を応用した和動・差動・プッシュの3調整方式をそれぞれ適合した条件に採用して装置全体を有効に使用しているほか、構造的には保守の簡易化および耐久性の向上を計ったものとしている。

以下、最近の当社製電動発電機の調整方式と構造的の特長について紹介する。

2. 電動発電機の制御方式

電動発電機の調整装置には主として電圧制御・周波数制御があり、当社ではおもに、可飽和リアクトルを中心としたものを使用目的に応じて多数製作してきたが、近年になってトランジスタ・サイリスタ等半導体の急速な進歩と相まって、車内サービス向上のため電動発電機負荷の種類も増加して高い精度の出力特性が要求され始めたのを機会にすぐれた制御方式を採用してきた。

一般に車両用電動発電機の調整装置として具備すべき条件は、

- (1) 信頼性が高いこと
- (2) 小形、軽量であること
- (3) 回路が簡素で調整が容易なこと
- (4) 精度が高く、しかも起動、再起動、負荷急変などに対する過渡特性が安定なこと

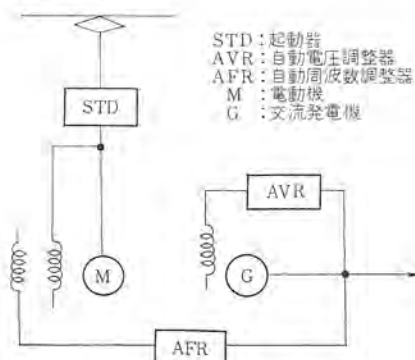


図 2.1 交流電動発電機基本回路説明図

さらに、

(5) 電動発電機の整流改善等に寄与するよう、また調整装置が万一故障しても電動発電機や負荷に損傷を与えない制御方式であること

などである。直流電動直交流発電機では電圧制御のみで周波数制御は不要であるが、最近ではほとんど直交流電動直交流発電機であるから周波数制御も必要とする。本文ではおもに直交流電動直交流発電機について述べる。

図 2.1 は電動発電機の調整装置のスケルトンダイアグラムを示す。

なお小容量の電動発電機には起動装置は不要である。以下周波数制御（AFR）、電圧制御（AVR）、起動器（STD）について当社が採用している種々の方式を紹介する。

2.1 自動周波数調整器（AFR）

自動周波数調整器は周波数検出回路にリアクタコンデンサの直列共振回路を、増幅器には使用条件によってサイリスタおよび信頼性の点で捨てがたい磁気増幅器を使用している。

発電機周波数（すなわち回転数）を架線電圧の大幅な変動（通常定格電圧の+10%～-40%）、負荷の変動（0～100%）にかかわらず常に一定とするためには、電動機界磁アンペアターンを図 2.2 の a、b 曲線のように、分巻界磁と調整（他励）界磁の両者で変化させる必要がある。われわれはこの分巻界磁と調整（他励）界磁の結合方式を、電動発電機の容量、架線電圧の実情等によって和動・差動・およびプッシュの3方式を採用しているが、以下おのおのの特長や問題点について述べる。いずれの方式も架線電圧変動、負荷変動に対して±3%以内の精度を有している。

2.1.1 和動方式

電動機には分巻界磁に対して和動に働く調整界磁と、負荷に比例して働く負荷補償巻線との二つの他励界磁を有している。

図 2.3 はこれら界磁の分担を表わす図で分巻界磁は最低架線電圧における無負荷に必要な界磁アンペアターンを直線 a のように与え、最低架線電圧における全負荷時の余分な界磁アンペアターンは、負荷補

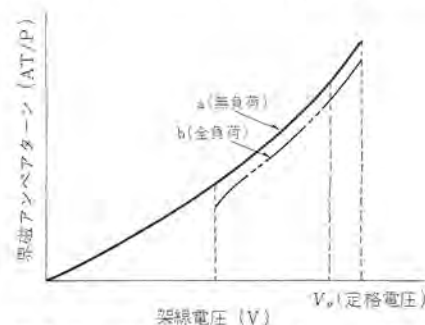


図 2.2 架線電圧と界磁アンペアターンの関係

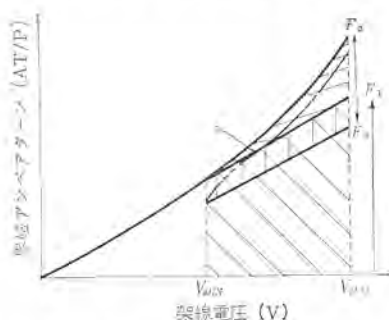


図 2.3 和動方式の各界磁分担図

償界磁 F_3 で差し引き、最高架線電圧における無負荷時の不足分は、調整界磁最大 F_2 の量で加える。

自動調整は調整界磁のみで、負荷補償界磁は負荷変化に反応するマイナーループを構成している。

差動に働く負荷補償界磁を設けた理由は、最高架線電圧における無負荷時に万一調整界磁回路が故障で、調整界磁に電流が流れない場合、電動機が過速度（定格の約 125 % 以上）にならないよう分巻界磁の負担を大きくするためである。また同時に自動周波数調整器の容量低減のためでもある。

この方式の特長として

- (1) 電動機全体の界磁スペースが少なくよい
- (2) 負荷変化に対して速応性がある
- (3) 無電圧区間通過時、電動機逆起電圧の極性反転の機会が少なく再起動時の整流が良好である

ことである。これに対し、

- (1) 起動時弱め界磁であるので起動時の整流がやや悪い
- (2) 調整界磁回路が万一故障した場合、約 125 % の過速度になるということがある

この対策として調整界磁回路には高信頼性の磁気増幅器、整流器には高耐圧でしかもアバランシェコントロールド形を使用し万全を期している。

したがって本方式は比較的小容量の電動発電機に適しており、1 例として図 2.4 に阪神電鉄納め MG-207-S 形 505 kVA のつなぎを示す。

2.1.2 差動方式

電動機には分巻界磁に対して差動に働く調整界磁だけの他励界磁を持っている。図 2.5 は両者の界磁分担当を表す図で、分巻界磁は最高架線電圧における無負荷時に必要な界磁アンペアターンを直線 a のように与える。調整界磁は電動機回転数（周波数）が高くなると調整界磁の電流を減じて、回転数を抑えるように働き、逆に回転数が低くなると調整界磁の電流が増加して、回転数を上昇させる。調整界磁の最大値は F_2 で、和動式とは逆に最低架線電圧における全負荷のときである。

本方式の利点は、

- (1) 起動時トルクが大きく起動時の整流が良好
- (2) 調整界磁回路が万一故障の場合でも電動機速度の上昇はなく安全である

これに対し

- (1) 無電圧区間通過時に電動機逆起電圧の極性が負荷に関係な

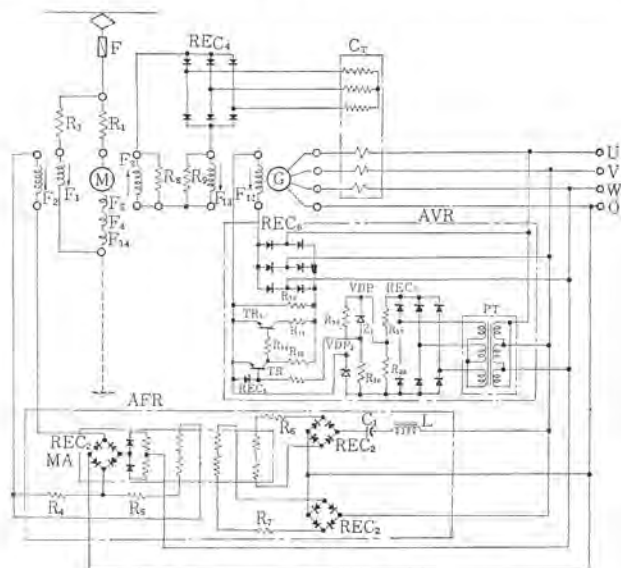


図 2.4 MG-207-S 形電動発電機つなぎ

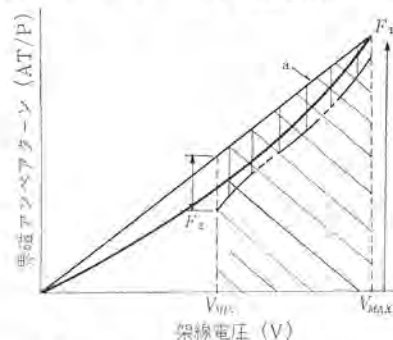


図 2.5 差動方式の各界磁分担図

く逆転する機会が多い

- (2) 電動機全体の界磁スペースは強め界磁の分巻界磁+調整界磁の分が必要である

ということがいえる。(2) 項は容量の大きい電動発電機ではあまり問題にならないが(1) 項はそのまま使用すれば再起動時の整流に著しい悪影響をおよぼす。

ここで電動発電機の制御で重要なポイントの一つである無電圧区間通過後の電動機逆起電圧の推移を考察してみる。

電動発電機が無電圧区間に突入すると、電動機は逆に発電機となり、架線電圧とは逆極性の電圧を発生することになるが、再起動の際はこの電圧値が再起動電流に関係し整流に影響をおよぼす。

差動の場合、無電圧区間に突入した際の電動機逆起電圧と界磁アンペアターンの関係は、図 2.6 のようになる。すなわち最高架線電圧における無負荷（このときの逆起電圧 E_{i0} ）はで運転中の電動機が無電圧を区間に突入と同時に、抵抗線が AB の位置にある分巻発電機となるわけで、入力がないため回転数は漸次落ち始める。定格の 5 % も下がれば調整（他励）界磁の出力は速度を上げようとして最大となり、抵抗線は A'B' になる。よって負荷に関係なく電動機逆起電圧値は界磁の時定数によってきまる時間後、架線電圧と同極性でそれ以上の大きさの値 E_{i1} となり再起動の際、「架線電圧+ E_{i1} 」の電圧が電動機に印加されることになり、無保護の場合完全にフラッシュオーバーまたは焼損事故が発生する。この状態をオシログラムに表わ

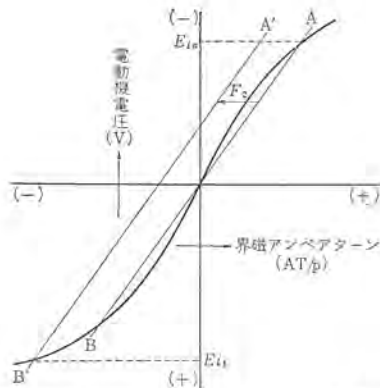


図 2.6 電動機逆起電圧と界磁 アンペータターンの関係 (差動方式)

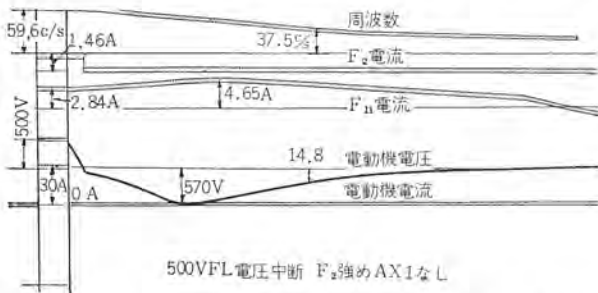


図 2.7 無電圧区間における電動機逆起電圧の減衰 (保護なし)

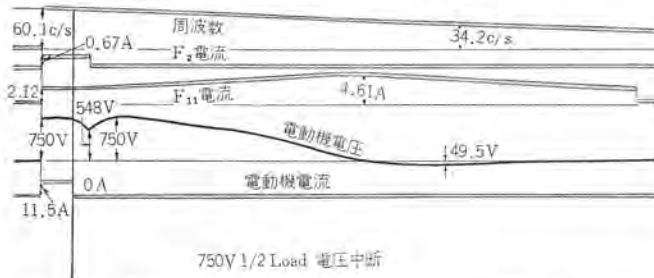


図 2.8 無電圧区間における電動機逆起電圧の減衰 (保護有り)

したのが図 2.7 で、電動機逆起電圧の極性が逆転しその値が大きいくことに注目されたい。

したがって差動式の場合の対策として、無電圧区間通過後電動機逆起電圧の極性が逆転する前に、調整 (他励) 界磁電流をしぼると同時に強制的に調整界磁へ分巻界磁に対して和動に電流を流し、絶対に電動機逆起電圧の極性が逆転しないようにしている。(特許申請中) 図 2.8 のオシログラムは図 2.7 に対してこの保護を施したものである。

図 2.9 に差動方式の 1 例として大阪市交通局納め MG-121-S 形 12kVA のつなぎを示す。本方式には起動時整流等を考慮する必要のある GD² の大きい、すなわち容量の大きな電動発電機に適している。容量の大きな電動発電機には必ず起動装置が付属するから、前述の無電圧区間通過時に調整界磁巻線をしぼる信号も簡単にとれる。

2.1.3 プッシュプル方式

電動機は、分巻界磁に対して和動および差動に働く一つの調整 (他励) 界磁を有している。通常このプッシュプル方式では、和動に働くものと差動に働くものとの二つの調整界磁を設けているが、われ

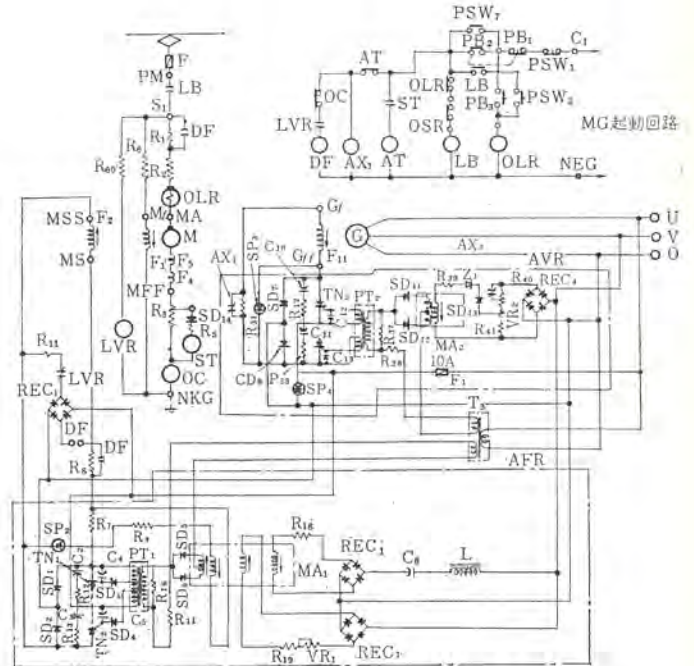


図 2.9 MG-121-S 形電動発電機つなぎ

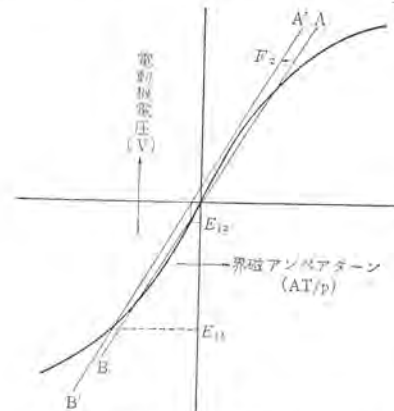


図 2.10 電動機逆起電圧と界磁 アンペータターンの関係 (プッシュプル方式)

われは部品の簡素化、ぎ (轆) 装電線の減少などをはかるために、たくみな回路設計で一つの調整界磁に両方向の電流を流し、しかも半波整流で制御しているため、使用サイリスタの個数もわずか 2 個でよいという特長がある。

分巻界磁の負担分は当然のことながら和動方式と差動方式の中間になり、定格架線電圧における全負荷時に相当する分が与えられる。したがって分巻界磁のみでも架線電圧変化に対する誤差分が少ないため、架線電圧急変などの過渡特性がある。また調整界磁の最大出力が和、差とも少ないため万一調整界磁回路が故障しても速度変動は約 +10% ~ -15% で、とくに定格架線電圧付近ではほとんど変動がなく実用できる。

本方式の特長としては

- (1) 架線電圧急変等の過渡特性がすぐれている
 - (2) 万一調整界磁回路が故障の場合でも速度変動率が少ない
 - (3) そのほか和、差両方式の利点を少しながら持っている
- これに対して、

差動方式と同じく調整要素に差動分があるから、やはり無電圧区間通過時電動機逆起電圧の極性が負荷に関係なく逆転する。

フラッシュブルの場合、無電圧区間に突入すると同時に図 2.10 のように抵抗線 AB の位置にある分巻発電機となるわけで、この直線は差動よりも傾きが立っている。回転数がわずかでも低下すれば調整界磁の出力は分巻に対して差動に最大（この値は差動の場合より少ない）となり、抵抗線は A'B' になる。よって負荷に関係なく電動機逆起電圧は界磁の時定数に関係する時間後、架線電圧と同極性で E_{i1} となり再起動の際、「架線電圧 + E_{i1} 」の電圧が電動機に印加され、無保護の場合はフラッシュオーバーのおそれがある。

したがってフラッシュブル方式の対策としては、分巻界磁に直列に逆流阻止用ダイオードを接続して、電動機逆起電圧の極性が逆転した場合は分巻界磁の電流を阻止し、電動機界磁アンペアターンは調整界磁のみの他励として逆起電圧値を抑える。（実用新案申請中）この値が図 2.10 の E_{i2} である。なおダイオードは分巻界磁に接続されるため小容量のものでまかなえる。

本方式には起動時の過渡状態をあまり問題としない中容量の電動発電機にまた架線電圧の変動範囲が広く、比較的その変動がはげしいところの電動発電機に通しているといえる。

図 2.11 にフラッシュブル方式の一例として近畿日本鉄道納め MG-102-S 形 9kVA のつながりを示す。

2.2 自動電圧調整器 (AVR)

電動発電機の場合は前記自動周波数調整器によってほぼ一定に保持されているから電圧制御は負荷の変化および負荷力率の変化に応じた働きをすればよい。

当社では電動発電機の容量、負荷の種類などで以下に述べる二つの方式を標準としておりいずれも発電機出力を整流して励磁する自動（分巻）方式でサイリスタ・トランジスタ・ゼナーダイオードを使用し周波数の影響を受けない特長を有している。

2.2.1 負荷補償方式

発電機界磁は分巻界磁と負荷補償（他励）界磁の二つの界磁からなりそのスケルトンと界磁分担を図 2.12 に示す。

本方式は無負荷定格電圧に必要な界磁アンペアターンを分巻界磁に F_{11} の値で、負荷に比例した界磁アンペアターンを変流器より負荷補償界磁に F_{13} の値で与えて負荷時の電圧降下を補償しており、精度は $\pm 7\%$ 以内を保証している。

したがって本方式は比較的負荷力率の変化が少ない小容量の電動発電機に通しており回路が簡単で故障の少ない回路方式である。

2.2.2 トランジスタ制御方式

界磁の構成は前述の負荷補償方式と同じく、分巻（調整）界磁と負荷補償界磁とからなり、そのブロックダイアグラムと界磁アンペアターンの動作を図 2.13 に示し、そのつながりの一例は前述の図 2.4 に示している。

ゼナーダイオード Z_3 , Z_4 抵抗 R_{15} , R_{16} より成るゼナーブリッジで発電機電圧のわずかな変動を検出し、トランジスタ TR_2 にその信号を送る。この信号 (TR_2 のベース電流) でトランジスタ TR_2 の内部抵抗を制御し、そのコレクタ電流で出力トランジスタ TR_1 を制御して抵抗 R_{10} の並列抵抗値（抵抗 R_{10} のバイパス電流）を加減し、分巻界磁の出力電流を自動的に調整する。

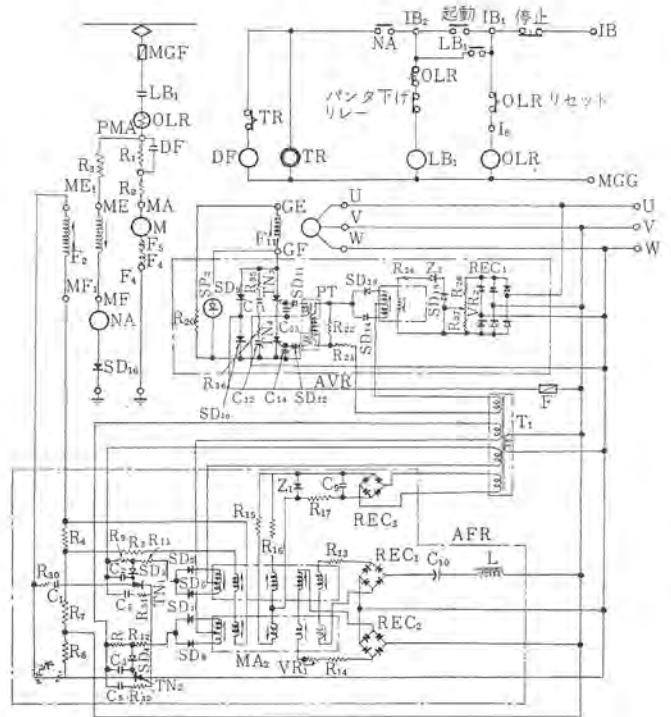


図 2.11 MG-102-S 形電動発電機つなぎ

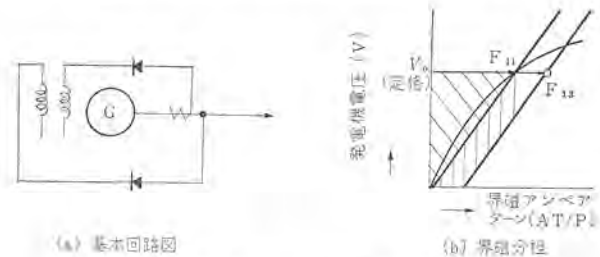


図 2.12 負荷補償式の基本回路 (b)

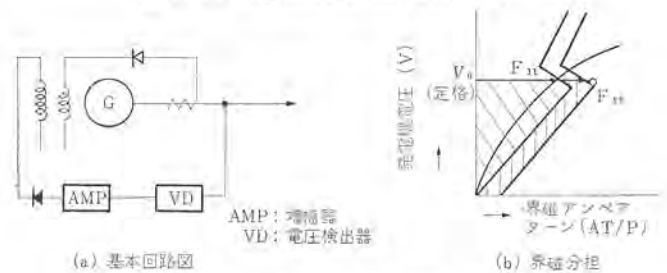


図 2.13 トランジスタ制御式の基本回路 (b)

いま発電機電圧が低い場合を考えると、ゼナーブリッジからの信号（トランジスタ TR_2 のベース電流）はゼロであるから、トランジスタ TR_2 は非導通となり、整流器 REC_6 から抵抗 R_{12} に流れる電流はほとんどトランジスタ TR_2 には流れず、抵抗 R_{13} を通ってトランジスタ TR_1 のベース電流となってトランジスタ TR_1 が導通する。よって抵抗 R_{10} の並列抵抗値は最小となり、分巻界磁 F_{11} に流れる電流が増加して発電機電圧を上昇させる。

一方発電機電圧が高い場合は、逆の動作をしてトランジスタ TR_1 のベース電流はゼロ近くなり、トランジスタ TR_1 は非導通となって抵抗 R_{10} のバイパス電流は流れなく分巻界磁 F_{11} に流れる電流は減少して発電機電圧を抑える。

理論上、負荷補償界磁 F_{13} は不要であるが、AVR の調整範囲を狭くしてその負担を軽く（とくに AVR の出力にトランジスタを使用している）するように設けてある。また負荷電流に比例した電流を直接負荷補償界磁 F_{13} に供給することは、発電機に複巻特性をもたせることであり、負荷の急変時発電機電圧を速やかに電圧を回復させる効果がある。また万一 AVR が故障の場合でも前述の負荷補償方式の回路にスイッチ 1 個で切換え応用が可能である特長もある。（実用新案申請中）本方式の AVR の出力トランジスタは負荷補償界磁とともに、抵抗 R_{10} と並列に動作させるために比較的小容量のトランジスタで制御ができる。

本方式は負荷補償式に比べて負荷力率の変化が大きい中小容量の電動発電機に適している。この方式の特性図として MG-131-S 形 7.5 kVA のものを図 2.14 に示す。

2.2.3 サイリスタ制御方式

発電機界磁は分巻（調整）界磁のみで負荷の変化、力率の変化等に対する必要界磁アンペアターンを補償している。したがって増幅器には容量・逆耐圧の大きくとれるサイリスタを使用し、サージアラダーも完全にして故障の絶無に努めており、点弧装置も信頼性の高い磁気増幅器を使っている。

本方式のブロックダイアグラムを図 2.15 に示し、つなぎの一例として前述の図 2.9、2.11 に示している。図 2.9 にてわかるとおりに電圧検出回路、点弧回路とも極力部品を少なくし装置の信頼性を高め、かつ調整の容易なようにしている。

図 2.9 の分巻界磁抵抗 R_{31} と検出回路の抵抗 R_{40} の 2 個所にリレー接点 AX を設けているが、これは地下鉄などで発電機電圧にフライホール効果を持たせるために、電動機無電圧後に、AVR の設定電圧をけい光灯の消えない電圧まで強制的に下げて発電機の負荷を減らし、同時に分巻界磁を強めたものである。（特許申請中）

本方式はサイリスタの容量を変えることにより、AVR の容量を簡単に上げることができるので電動発電機の容量が大きく変わっても、8~15 kVA、12~25 kVA、20~50 kVA と 3 種類の AVR を用意しておけばよい。したがって大容量でしかも発電機電圧の高い電動発電機に適しており、適当な定数によって負荷シャ断、負荷投入などの諸条件に対し、常に安定した過渡特性と速応性を有している。ま

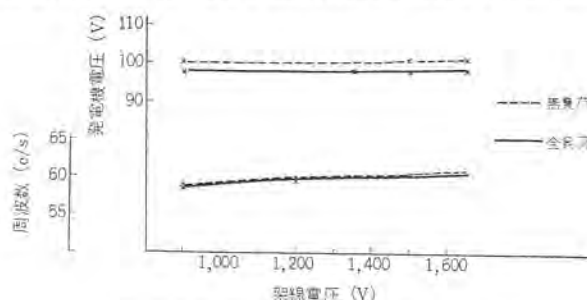


図 2.14 MG-131 C-S 形 AVR 特性

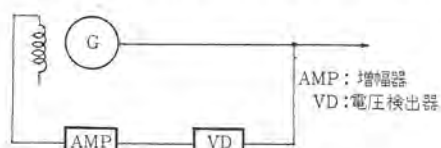


図 2.15 サイリスタ制御式の基本回路図



図 2.16 MG-207-S 形調整器

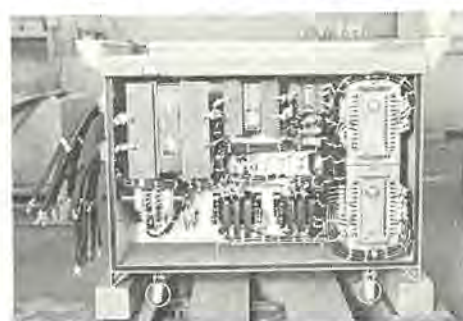


図 2.17 MG-121-S 形調整器

た従来の磁気増幅器や L-CT の自動複巻方式に比べて、小形軽量の AVR が提供できる。

本方式の精度は速度変化 $\pm 3\%$ 、負荷変化無負荷~全負荷および力率変化 0.8~0.99 の条件で定格電圧の $\pm 2\%$ と良好な試験結果を得ている。

以上 AFR、AVR とそれぞれの種類を述べたがこれらの組合わせで調整器となるわけで通常次のような組合わせで使用する。

- (1) 和動方式+負荷補償またはトランジスタ制御方式
- (2) プッシュプル方式+トランジスタ制御方式またはサイリスタ制御方式
- (3) 差動方式+サイリスタ制御方式

なお和動方式+トランジスタ制御方式の一例として MG-207-S 形調整器の外観図を図 2.16、差動方式+サイリスタ制御方式の一例として MG-121-S 形調整器の外観図を図 2.17 に示す。

2.3 起動器 (STD)

起動時等における突入電流を少なくして整流悪化による整流子荒損、せん絡などを防止するために、電動機電機子と直列に抵抗を設ける必要がある。この値は極力大きくしておくことが起動、架線電圧の急変等の過渡状態における整流改善に役立つ。しかしながらあまり大きくとると、電動機の効率を低下させ、架線電圧が下がったときの電動機電流を増大させる結果、トルク不足となって速度が低下し、架線電圧の調整範囲が狭くなる。また低い架線電圧でも一定出力を出すようにすると電動機電流が著しく増加し、熱的に相当苦しくなるため電動機が大形となる。

以上のことは電動発電機容量が増大すればするほどいえることで、ここに起動時の突入電流を押えるために起動の際抵抗をそう入し、運転中はこれを短絡する起動器が必要となってくる。起動器の必要な電動機容量は、いろいろな条件があつてきめられないが、大体 7.5 kVA 以上のものから設けている。

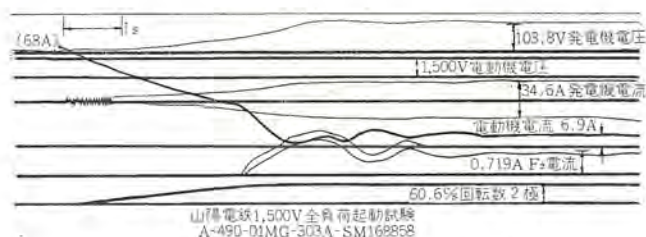


図 2.18 起動 オシログラム (起動器なし)

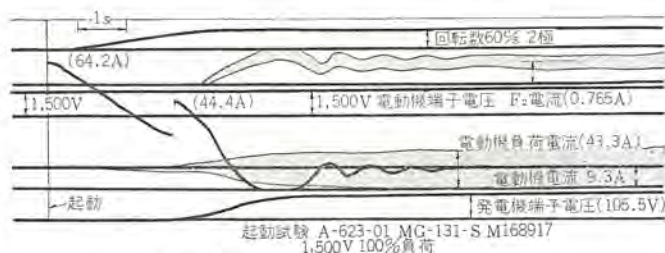


図 2.19 起動 オシログラム (起動器付き)

当社ではこの起動抵抗を切り切りする方法を、速度制御方式・架線の状況等で次の2方式を採用している。この起動器は電動機の整流に直接影響するから、実情にあった設計をすることが重要である。

2.3.1 無電圧検出方式

無電圧区間通過等で電動機が無電圧になったことを検出し、ある一定時間後起動抵抗を確実にそう入し、再起動に備える方式である(特許 255280)。ここに時限をもたせたのは、パンタのおどりなどの瞬時無電圧の際は電動機逆起電圧は十分確立しているから、不必要に起動抵抗をそう入しないため、本方式は比較的電動機逆起電圧の減衰がおそく、架線電圧変化範囲が広い電動発電機に適している。

2.3.2 電動機電圧検出方式

電動機の無電圧後、電動機逆起電圧の減衰を検出し、ある一定の値以下になった後起動抵抗をそう入する方式である。

この場合の電圧検出継電器は熱的には架線電圧の110%に耐え、動作的には付勢電圧は50%以下で確実に、また落下(動作)電圧はそれよりも低くて、できるだけ高くというきびしい特性を要求される。この条件を少しでも和らげ、かつ逆起電圧値の低い区域においては動作を早く確実にこなうために、電圧継電器と直列にサーミスタ等の非直線抵抗を設けてある(実用新案申請中)。

したがって本方式は無電圧区間が多くしかも最低架線電圧が高い架線に適している。

図 2.18 にじか入れ起動の MG-302 A-S 形 6 kVA の起動 オシログラム、図 2.19 に起動器付き MG-131-S 形の起動 オシログラムを表わしているが、いずれも発電機電圧、周波数(速度)ともオーバーシュートが全然ないことに注目されたい。

3. 電動発電機の付属装置

前述の調整器(AVR, AFRを含む)、起動器のほかに電動発電機には次のような付属装置がある。

3.1 起動直列抵抗器

高圧回路に属する電動機の起動、直列および分巻界磁抵抗をまとめたもので車体には絶縁がいしを介して取付ける。

3.2 整流装置

制御装置などの直列負荷に直流電源を供給し、かつ浮動充電されるバッテリーに充電電流を供給するために、発電機の交流出力を整流して適当な直流電源に変換するものである。

3.3 異電圧選択装置

複架線電圧区間を走行する車両の電動発電機が無電圧区間に突入すれば、2 分別された電動機を自動的に直列接続に切換え、その後乗入れた高電圧または低電圧に応じて電動機を直列または並列に切替える装置で、本装置は近鉄大阪線にて順調に運転中である。

4. 電動発電機の構造

車両用電動発電機は一般に図 4.1 の外観を示し、車両の床下に取付けられるので非常に過酷なふんい気中にさらされる。また架線から直接入力を得るため電気的にもきびしいものとなるが、これらの条件のもとで信頼性・耐久性・小形軽量化・保守の簡易化などにすぐれた構造とするためには、常に斬新的な技術を取入れなければならない。

以下最近の当社製電動発電機の構造について、その特長のみ紹介する。

4.1 回転子

近年の絶縁方式の進歩は非常にめざましく、とくに主電動機用として注目を浴び始めた無溶剤エポキシ樹脂の電機子への適用は機械的、熱的および電気的にすぐれたものであることはあらためてここに述べるまでもない。当社では地下鉄用の 12 kVA 電動発電機にこの方式を採用し好評に運転中である。

また、従来より整流および整流子片間電圧の不安のため 1,500 V 架線用として電動機側に複整流子式を採用していたが、最近の技術および京浜急行納め 70.5 kVA、スペイン 国鉄納入出力 75 kW、入力 3,000 V 電動発電機の実績、工場における種々の現車等価試験などにより、単整流式で十分満足の得る結論を得たので、新たに阪神電鉄向け 5.5 kVA、近鉄納め 9 kVA など単整流子式を製作納入した。

これによりブラシ数が半減するので、保守が非常に簡易化されたほか、整流子面削正の際も複整流子式に比べ有利なものとなった。



図 4.1 MG-131-S 形電動発電機



図 4.2 回転子 出力 7.5 kVA、入力 1,500 V

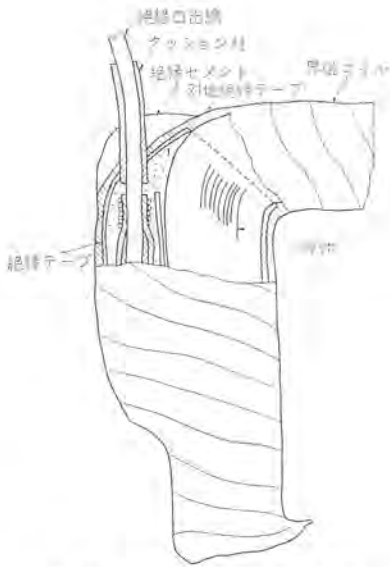


図 4.3 界磁コイル口出線処理

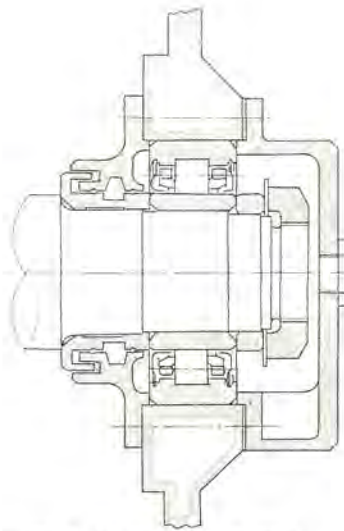


図 4.4 密封軸受組立

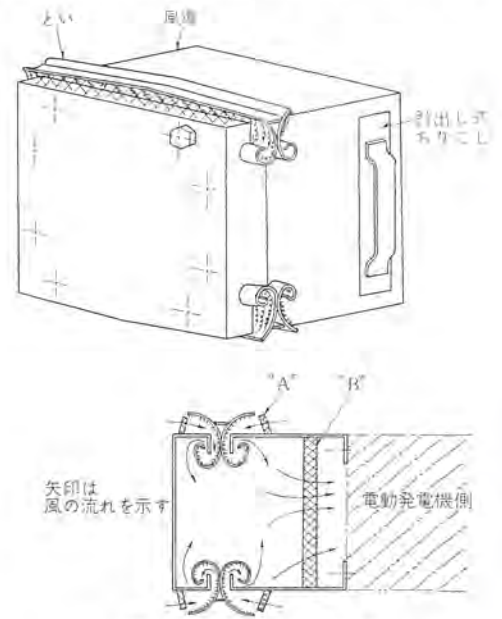


図 4.5 ちりこし装置

また寸法、重量的にも軽減されたものとなった。しかし特別な架線変動を持つ車両とか無電圧区間の多いものに対しては、従来どおり複整流式を採用している。交流発電機側 スリップリング口出し部は短絡事故の発生しやすい個所であるので、平角導体を使用し、角形絶縁管を通して接続する方式に改め好評である。

このほか、中大容量機には万一の事故に備えて遠心開閉器を軸端に取付け万全を期している。図 4.2 は回転子の一例である。

4.2 固定子

直流式または複流式当時は電機子絶縁 B 種、界磁絶縁 A 種のよう界磁はクラス低い絶縁をほどこしていたが、最近のものはまったく同クラスの絶縁を採用して信頼性を向上させている。とくに最近製作したものは、コイルと鉄心をエポキシ樹脂により一体化して、機械的にも強固なものとしている。

車両用電動発電機で最も事故の発生しやすい個所は界磁口出部であるが、この部分はとくに慎重な絶縁をほどこしている。とくにふんい気が悪く、雨水の侵入するおそれのあるものに対しては、図 4.3 に示す高信頼性のある絶縁をほどこしている（特許申請中）。

電動機側 ブラシホルダ ささえ絶縁には、一般にダボ樹脂を採用しているが、3,000 V 級の高压用としてはがいし（碍子）使用の特殊スピンダルを使用しており、この場合さらに後ブラケットにはアーキングホーンを取付けるなど万一の事故に対処している。

そとわく（外枠）であるヨーク部は溶接構造とし、機械的に堅ろうとしているほか使用条件に応じて部分積層し、整流の改善を計っている。

このほか数多い電動発電機のリード部を多重プラグ方式に改め装置の取扱いを簡単にした例もある。

4.3 軸受部

従来の小容量機は両側に球軸受を使用してオイルシールのみでグリス漏れを防止し、比較的容量の大きい機械には、片側にコロ軸受、他方にカートリッジ構造の球軸受をそれぞれラビリンス方式で構成して

いた。この小容量機に適用していたオイルシールではグリスの漏ればかりでなく、ダストや雨水の侵入を完全に防ぎきれないため軸受の寿命に若干の問題が残っていた。これを改善するため、小容量機に対してもラビリンス方式の適用を検討し、軸受の耐久性の向上を計っている。また中容量機に対しては従来の方式に加えグリスバルブを採用するなど保守の簡易化を計っている。

現在一つの試みとして、密封形軸受の車両用電動発電機への適用を現車で試験中であり、これが成功すれば軸受部に対する保守はさらに簡単なものとなる。図 4.4 はコロ軸受部の構造である。

4.4 フィルタ

車両用電動発電機の冷却風には雨・雪・砂・泥・ちりなどが混入しているため、これらをフィルタ部で十分清浄する必要がある。またフィルタ部にたまったこれらのダスト類の清掃が簡便でなければならない。これらのことから図 4.5 に示す新形フィルタを製作し好成績で試験を完了した（特許申請中）。この方法によれば雨滴またはダストなどのうち比較的大きな粒子は A 部で、細かいものは B 部で除くことができる。原理は円筒形旋風式フィルタと類似しているが、円筒形に比し小さな空間で効果を発揮できるので電動発電機用としては最適である。なお B 部は引出し式としているので清掃は比較的簡単に行なえる。

5. む す び

当社電動発電機はとくに問題となるパンタのおどりや無電圧区間の特性および適正な架線電圧変動範囲などを十分に握し、特性と協調を計った制御方式を採用しているため、各条件で出力特性ばかりでなく整流・異常電圧防止などに非常に良好で広く好評を得ている。

また調整器に使用の半導体は適正なディレーティングとアラジーバルにより、トランジスタは昭和 39 年以来 3 年間、サイリスタは昭和 40 年以来 2 年間故障はほとんどない。

最近登録された当社の実用新案

名 称	登 録 日	登 録 番 号	考 案 者	関 係 場 所
扇風機の羽根車取付装置	42- 7-13	830906	市 岡 洋	中津川製作所
扇風機羽根車着脱装置	42- 7-13	830906	糸魚川佐富	中津川製作所
冷蔵庫扉の反発防止用補助 ラッチ	42- 7-31	831455	海 野 賢	静岡製作所
サーキュレータ	42- 7-31	831456	中原昭次郎・川端俊一郎	鎌倉製作所
磁心記憶マトリックススタック	42- 7-31	831457	水 上 益 良・長谷川洋三	相模製作所
円形けい光灯具用保持板	42- 7-31	831458	野上正男・林 勲	大船製作所
タイムスイッチ	42- 7-31	831459	奥田文一・鶴谷嘉正	群馬製作所
バイメタルスイッチ	42- 7-31	831461	中村富家・大竹 操	群馬製作所
けい光放電管	42- 8- 5	831659	甲斐義章・栗 原 稔	大船製作所
風量調節装置付 ヘアードライヤ	42- 8- 5	831660	武井久夫	群馬製作所
抵抗溶接機の電極装置	42- 8- 5	831656	中村良一・田尻浩巳	伊丹製作所
スポット 溶接用電極	42- 8- 5	831657	田尻浩巳	伊丹製作所
内蔵形 タッチ 切換器	42- 8- 5	831658	西 川 燦	伊丹製作所
折りたたみ式握り	42- 8- 5	831661	馬場幸夫・大間知伸洋	名古屋製作所
同期発振器	42- 8- 5	831662	小林信三	通信機製作所
回転界磁型交流発電機の回転子	42- 8- 8	831785	藤野健次	姫路製作所
電動機の回転軸引き抜き装置	42- 8- 8	831786	光島辰巳	名古屋製作所
冷凍装置	42- 8- 8	831787	西本嘉尹	和歌山製作所
照明切換装置	42- 8-16	832160	武田克己・神本明輝	福山製作所
電気 ルータ	42- 8-16	832161	入江 厚・大年倉像 中山卓義	福岡製作所
開閉器	42- 8-16	832162	左近一郎	伊丹製作所
除鉄装置	42- 8-21	832263	諏訪 寧・柳下儀兵衛	大船製作所
高周波電力の測定装置	42- 8-31	833186	岡田武夫・松山 清	中央研究所
釣上電磁石の停電保護装置	42- 8-31	833187	渡辺克己・後藤 学 大石憲昭	長崎製作所
3相積算電力計の電圧 コイル 断線表示装置	42- 8-31	833188	妹尾統正・武田克己	福山製作所
しゃ断器	42- 8-31	833190	宮本紀男・田辺俊雄	中央研究所
断路器	42- 8-31	833191	佐近一郎・大下忠雄	伊丹製作所
断路器	42- 8-31	833192	佐近一郎・大下忠雄	伊丹製作所
耐圧防爆形 モーターブーリー	42- 8-31	833193	吉村正士・永淵一美	福岡製作所
車両の積荷高さ識別装置	42- 8-31	833194	神本明輝・武田克己	福山製作所
熱 バイパス 用素子	42- 8-31	833196	古東啓吾	通信機製信所
母線保護継電装置	42- 8-31	839197	久松章三	神戸製作所
機器の収納箱	42- 8-31	833199	梶田保雄・大矢敏靖 山田忠好	名古屋製作所
扉の インターロック 装置	42- 8-31	833200	高江国雄	長崎製作所
冷水器付 ショーケース	42- 8-31	833201	三津沢武夫	和歌山製作所
冷水器付 ショーケース	42- 8-31	833202	三津沢武夫	和歌山製作所
多回路制御用 タイムスイッチ	42- 8-31	833204	武田克己・新川成美	福山製作所
波状 ダクト	42- 8-31	833206	松原彰雄	名古屋製作所
押し ボタンスイッチ	42- 8-31	833208	鷺津 勝	稲沢製作所
電磁継電器の制御装置	42- 8-31	833209	井上信義	長崎製作所
空気しゃ断器	42- 8-31	833210	田辺俊雄・佐藤邦彦	伊丹製作所
電源開閉装置	42- 8-31	833211	斎藤義輝・守安俊雄	通信機製作所
ミシンのはずみ車	42- 8-31	833212	石田武徳	和歌山製作所
機関点火時期調整装置	42- 8-31	833213	浅山嘉明	姫路製作所
誘導性負荷の負荷電流制御装置	42- 8-31	833214	浅野哲正	姫路製作所
配線用 ゴムブッシュ	42- 8-31	833216	竹中敏夫・横谷 研	伊丹製作所
複合増幅器	42- 8-31	833218	川島克彦	中央研究所
超電導 コイルエレメント	42- 8-31	833219	河合 正・岩本雅民	中央研究所
リード線の接続端子	42- 9-13	833481	岡田昌治・永井信夫	伊丹製作所
負荷時電圧調整装置	42- 9-13	833482	嶋 裕 史	伊丹製作所
機器収納函	42- 9-25	833953	竹中岑生	福山製作所

新製品紹介

自動車のリヤウインドの曇り止め装置“三菱 VD-101 形デホッガ”発売

当社は、AMA（米国自動車工業会）の自動車排気ガス浄化装置特許相互交換協定への加入を初めとして、トランジスタイグニタ、リードスイッチ形配電器の開発など、かねてより自動車の安全、公害対策面において積極的に取り組んでいるが、このたびその一環として画期的なリヤウインドの曇り止め装置“三菱 VD-101 形デホッガ”を発売した。

この“三菱デホッガ”は、冬季や降雨時に生じるリヤウインドの曇りを完全に取り除くことにより、後続車の確認を容易にし、追越し時の安全確認、制動・停止の際の追突その他の危険を防止することができる画期的な製品である。そのうえ夏季には風の吹出し方向を変えることにより扇風機として使用することもできる。

形名 三菱 VD-101 形デホッガ（併用スイッチ VS-108）

価格 定価 5,700

■ 原理および効果

三菱デホッガは、車室内の空気をラインフローファン（クロスフローファン）によってリヤウインドに直接吹きつけることにより、ガラスの表面温度を上げて、曇りを取り除くもので、ガラスが多少凍結していても曇りを完全に取り除くことができる。

■ 特長

（a）英国ファースクリーブランド社との技術提携によるラインフローファン（英名クロスフローファン）を使用しているため、幅の広い偏平な風が多量に吹出され、曇りを広範囲に取り除くことができる。しかも音はまったく静かで、柔かい風が得られる。

（b）取り付けは、リヤシェルフの上に置くだけでよく非常に簡単である。

（c）セラミックモーターの使用により、堅固でしかも消費電力が 10 W とわずかであり、バッテリーに負担をかけない。

（d）取扱いが便利で、そのうえ故障が少ない構造に設計されている。

（e）風の吹出し角度を調節できるので、ほとんど全部の車に装着できる。

（f）スイッチは 2 段引出し式を採用しているため、必要に応じて風量を加減できる。

（g）風の吹出し方向を変えれば扇風機としても使用できる。

（h）デザインが優美

■ 仕様

電圧	12 V
消費電力	10 W
風量	50 m ³ /h
回転数	2,500 rpm/min
重量	1.3 kg



VD-101 形デホッガ

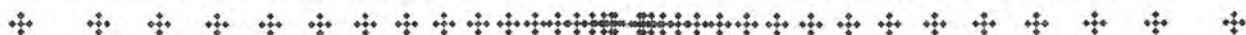
〔姫路製作所〕

持ち運びに便利なハンドバッグタイプでしかも吸引力の強い

“HC-400 形三菱掃除機（愛称—神風スパック）”発売

当社は、昭和 41 年 6 月にわが国初のコンパクトタイプの掃除機として HC-300 形三菱掃除機（愛称—スパック）を発表したところ、手軽

に使えて格納に場所をとらなく、しかもかなりの吸塵力をもっているということで大好評を博した（昭和 43 年 1 月末までの売上台数



新製品紹介

このたび当社では、そのスパックのメリットを生かしつつさらに吸引力・収塵容量・ちり処理などの点を改善し、性能アップと使いやすさを強調した“HC-400 形三菱掃除機（愛称—風神スパック）”を発売した。

月賦正価 ¥ 12,800 (アタッチメント 付)

(d) ハンドバッグタイプでしかも重量は 2.3 kg と従来の掃除機の約

(f) 肩にかけやすい設計で、現代感覚にマッチした最新のデザインである。



型式認可番号：ワ91-189

[群馬製作所]

月賦正価 ￥171,000 (12回)

重量: 55 kg



RR-600 形三菱電子レンジ

〔静岡製作所〕

NEWS FLASH

■ 関西電力納め記録的離相母線 あいついで完成

かねてより鋭意製作中であった関西電力姫路第2発電所納め強制空冷式大電流離相母線と、関西電力木曾水力発電所納め記録的長さの離相母線が完成、現地試験も無事完了し営業運転にはいった。

(1) 姫路第2発電所4号機納め強制空冷式離相母線は、Westinghouse 社製の450 MW 発電機と当社製の主変圧器との間を結ぶもので、定格電流 17,000 A は当社が現在まで納めているものの内最高であり、外被・導体共にわが国初のオールアルミ全溶接式としている(図1)。

(2) 木曾水力発電所納めの離相母線は定格電流 5,000 A であるが、地下発電所であるため離相母線の全こう(亘)長は約350 m にもおよぶ記録的なものである。

導体は、アルミニウムで全長にわたってすべて溶接接続とし、保守点検を容易にするとともに信頼度の向上を計っている(図2)。



図1 WB形離相母線 19 kV 17,000 A BIL 150 kV



図2 KB形離相母線 16.5 kV 5,000 A BIL 125 kV

[伊丹製作所]

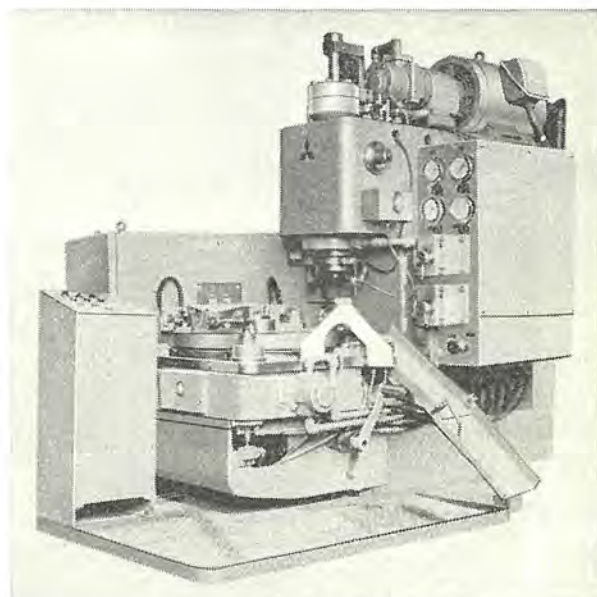
■ ピットマンアーム誘導加熱成形機

当社では、かねて東洋工業(株)向けとして受注製作中であった、“ピットマンアーム 誘導加熱成形機一式”の現地据付を行ない無事試運転を終了した。

ピットマンアームは、自動車の操行系統内のドラックリンクとセクタシャフトを接続する部品である。従来、テーパー成形加工には、バーナーで成形部を加熱し、後プレスで成形するという方式をとっていた。

この成形機は、新しく開発した平行導体を使用したコイルをプレス本体に組込んだ自動誘導加熱成形機となっている。ピットマンアーム誘導加熱成形機のおもな特長は次のとおりである。

- (1) 全自動式である。
- (2) 加熱・成形を1マシンで行なえる。
- (3) 10 kc 50 kW で成形部分を900°C に均熱できる。
- (4) プレスは15 ton×10 ton のダブルプレス方式である。
- (5) 加熱方式は、平行導体三次元形コイルを使用したコンベクションポストヒーティング方式である。
- (6) 加熱機と成形機が一体となっているため、熱損失が少ないので処理量が大である。
- (7) 製品の仕上がり寸法精度は均一である。
- (8) インデックス数に余裕があるため、多種類のものに応用できる。
- (9) スケール除去装置がついている。
- (10) クランプにピットマンアームの寸法のばらつき補償が行なえる構造である。



ピットマンアーム 誘導加熱成形機

[伊丹製作所]

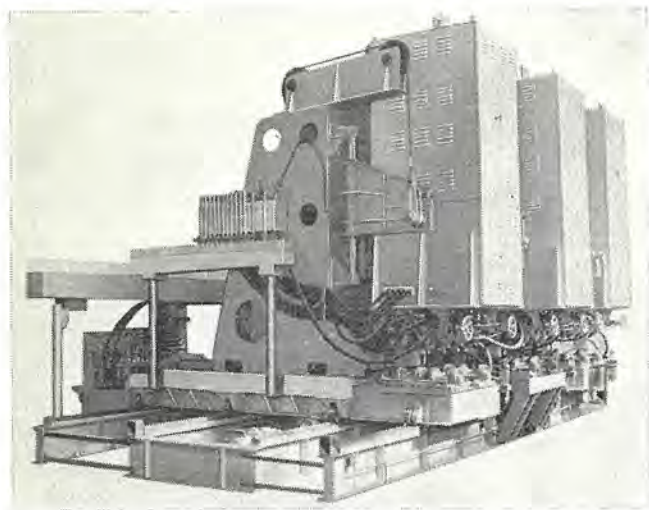
■ シームアニーラ完成 (電縫管溶接シーム連続焼鈍装置)

当社では、かねて川崎製鉄(株)から同社西宮工場向けとして受注製作中であった、わが国最大の処理能力を持つ“電縫管シーム部連続焼鈍用シームアニーラ一式”を完成し現地据付を完了した。誘導加熱によりシーム局部を加熱するコイルの形状は、1ターンの表面加熱用コイルでコア入りになっている。

高周波電源は、1,000 c/s 1,050 kW を使用し、装置は三つのステーションから構成されている。

シームアニーラのおもな特長は次のとおりである。

- (1) わが国最大の焼鈍速度を有する。
- (2) スケール、突起等からの機器の保護は完全である。
- (3) クイックヘッド、スローヘッドの2重構造になっている。
- (4) 用途により油圧式、電動式の二つの駆動源を有している。
- (5) クイックヘッドは保護のために急速動作する。
- (6) スローヘッドは位置ぎめを確実にするため微速動作する。
- (7) 温度計測は確実である。
- (8) 速度変動に対応して電力を変化させる関数発生器内蔵式制御装置がついている。
- (9) コイルとパイプの距離は一定となるよう上部ローラの構造は堅固である。
- (10) 電機品をアニーラのコラム内に内蔵したため高效率となっている。



シームアニーラ 1kc 10, 50 kW

[伊丹製作所]

タを納入して最近営業運転にはいった。

このエレベータは最新鋭のシンクログライド DMR 制御システムを採用し、従来よりさらに改善したブレーキを使用しているため、起動・停止がいっそう円滑となり、また、当社独自の機構をもつローガイドの効果およびすでに定評のある KI 形戸閉装置のすぐれた性能などといまわって、きわめて快適な乗ごちで運行している。

意匠面では、三方わく、戸およびフロントパネルにステンレス鋼を使用した。ことにグラウンドフロアのフロントパネルのコーザートは、一般のスパンデルにみられない立体感を出した。かど室では、つり天井に着色アルミニウムを使用し、間接照明と一部ルーバ照明を併用し、正面壁の照射をこころみた。壁はステンレスパネルを並べ、パネル間のバックプレートにも着色アルミニウムを使用し、建築との調和を図り格調高い感覚を十分出し得た。

以上のとおり、当社技術の粋をあつめたもので、名実ともに香港随一の高級・高性能エレベータとして好評を博している。

仕 様

定格速度：240 m/min

定格容量：1,150 kg

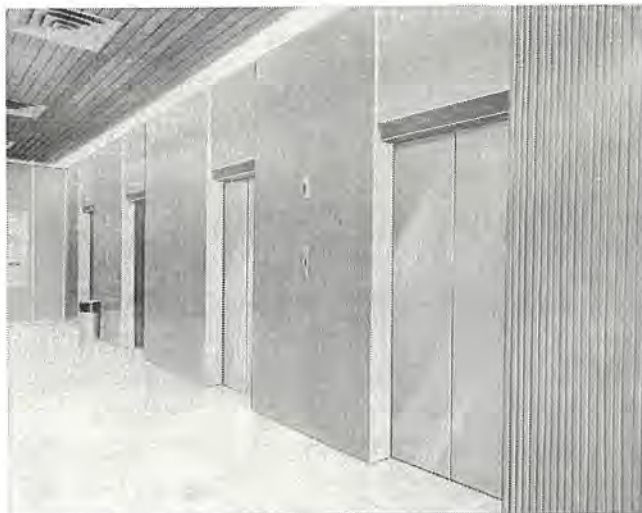
制御方式：シンクログライド DMRL-1 方式

操作方式：4カー オートセレクトパターン オート 7パターン 方式

停止箇所および台数：

G, M, 1~12, 14~21 階, 22 箇所 1 台

G, 3~12, 14~21 階, 19 箇所 3 台



広 東 バ ン ク

[稲沢製作所]

■ 電子線形加速器わが国初の輸出第 1 号

— フランス原子力庁へ納入 —

当社では、昨年 4 月 フランス 原子力庁 (Republique Francaise Premier Ministre Commissariat L'energie Atomique) から 5 MeV の電子線形加速器 (ML-5 形) を受注し、このほど輸出第 1 号機を

■ 広東 バンク納め分速 240 m エレベータ

名鉄 バスターミナル の分速 240 m のエレベータをはじめとし、国内向けの多数の当社高速度・高性能エレベータの納入実績について、43 年 1 月には香港の中心街 セントラル 地区の広東 バンクに、同種のエレベータ



図1 本体



図2 クライストロンパルス部



図3 制御部

完成、3月上旬より約1週間にわたり同庁係官の立会試験も終わり、3月下旬羽田空港より空輸された。

この加速器は、さきに当社をはじめ三菱グループの技術を結集して、完成させた東北大学納めの世界最大級の 300 MeV 電子線形加速器 (ML-300 形) の技術が、高く評価されて受注したもので、昨年4月から製作を開始し、1年足らずの短期間で製作し所期の性能実現に成功したものである。この装置は主として非破壊検査用として使用されるもので、小形であるが強力なX線を発生できるよう構成されており、つぎの多くの特長を有している。

(1) 特長

小形ながら性質の良い大出力のX線をうるよう当社の電子線形加速器の最新技術をとおり、つぎのような特長をもっている。

(a) 3 MeV という比較的低エネルギーで、1,000 R/min という大出力をうるため、マイクロ波電力源としてはせん頭出力5 MW のクライストロンを用い、加速管では平均電流 800 μ A の電子ビームが加速される。

(b) 性質の良いX線源とするため、X線発生用ターゲットを電子ビームは約2 mm という小さな径で衝撃する。

(c) X線発生と電子ビームそのままのとりだしが容易に変えられる。

(d) ビーム方向は水平面から垂直に $\pm 15^\circ$ 回転可能である。

(e) X線出力が大きいため、従来のX線装置・アイトーラ・ベータトロンなどに比べてはるかに短時間で(従来数時間かかっていたものが数分で)非破壊検査を行なうことができる。

(2) 主要性能

電子加速エネルギー：最高 6 MeV 最低 2 MeV

出力電子電流：最大 800 mA (せん頭値)
最大 800 μ A (平均値)

パルス時間幅：1~4 μ s

パルス繰返し：25~400 pps

ビーム径：2 mm

電子エネルギー幅： $\pm 5\%$ 以下

X線出力：1,000 R/min

(電子エネルギー 3 MeV のときターゲットから前方方向1 m の点で)

(3) 主要部の構成

加速器：長さ 0.7 m で空どう(洞)形カップラを採用している。

入射系：電子銃、グリッド、パンチャより構成されている。ビームの集束のため磁場レンズとソレノイドコイルがある。

マイクロ波系：フランス トムソンバリエン社のクライストロン TV-2012-B6 を1本用い、せん頭出力は最大 6 MW まで得られる。周波数は約 2,857 MHz である。

発振器は板極管 3 CX 100 A 5 を用いたものである。

立体回路系：加速管部を回転するためロータリジョイントが用いられている。導波管内はマイクロ波の放電をふせぐために SF_6 ガスが加圧されている。

排気系：バルブガスケットなどはすべて金属製で、主要排気ポンプはイオンポンプが用いられている。

冷却系：主要部には純水を用い、加速管とパンチャとは $40^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ に温度が自動制御されている。

電源：クライストロンと電子銃には、それぞれ 150 kV 120 A, 100 kV 20 A のパルス電源がついており、これらはスイッチャーブのサイクロトロンをのぞきすべて半導体化されている。またコイルの電源はSCRを用いた定電流源となっている。

ビーム取出し系：電子ビームは、パンチャと加速管の回りに設置されている。ソレノイドコイルによって軸上の磁場分布を最適に調整され、細い径で透過率よく加速管からとりだされる。四極電磁で集束され、チタンの窓を経て空気中にとりだされ、白金ターゲットにあたりX線を発生する。

制御系：冷却系などの一部を除き、すべて制御室からリモートコントロールできる。

[中央研究所]

次号予定

三菱電機技報 Vol. 42, No. 5.

食生活関連機器特集

《巻頭言》

○食生活と人生談義 一不老長寿を願う人々にささぐー

《特集論文》

- “冷”による食品貯蔵
- 食品の温蔵と食器の乾燥
- 家庭用 ジュースミキサー および ジューサ
- 家庭用電熱調理器具
- 家庭用 タイムスイッチ
- 電子レンジによる食品加熱調理
- 深夜電力利用温水器
- 台所用換気扇
- 台所・食堂の照明
- 飲料の殺菌ろ過装置
- 電気調理器具の商品テスト

《普通論文》

- 加圧水形原子炉の核計装機器
- ミズリー 大学納め複式中性子回折装置
- ニュージーランド 国鉄向け ディーゼル 電気機関車
- 二段圧縮冷凍機
- 三菱自動 ムアリングウインチ
- 自動車走行速度測定用 レーダスピードメータ
- 西阪神ビルの監視制御装置

三菱電機技報編集委員会

委員長	小倉弘毅
副委員長	片岡高示
常任委員	明石精一
〃	石川理一
〃	上田重夫
〃	宇佐見重夫
〃	大野寛孝
〃	神崎遼
〃	北川和人
〃	小堀富次雄
〃	鈴木正村
〃	祖父江晴秋
〃	山田栄一
〃	横山茂行
委員	尾畑喜行
〃	黒田忠光
〃	南日達郎
〃	林昇寿
〃	松元雄蔵
〃	和田義勝

(50音順)

昭和43年4月22日印刷 昭和43年4月25日発行
「禁無断転載」定価1部 金100円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内2丁目12番地 小倉弘毅

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町1丁目 大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町1丁目 高橋武夫

発行所

三菱電機株式会社内 「三菱電機技報社」
東京都千代田区丸の内2丁目12番地(三菱電機ビル内)
(電話) 03-212-6111 (内線 3818)

発売元

東京都千代田区神田錦町3の1 株式会社オーム社書店
(電話) 03-291-0912 発着東京 20018

本社・営業所・研究所・製作所・工場所在地

本 社 東京都千代田区丸の内2丁目12番地
(三菱電機ビル) (電話) 03-212-6111

大阪営業所	大阪市北区梅田町8・西阪神ビル (電話) 06-321-1231
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3-88・大名古屋ビル (電話) 052-561-5311
福岡営業所	福岡市天神2丁目12番地1号・天神ビル (電話) 092-75-6231
札幌営業所	札幌市北二条西4の1・北海道ビル (電話) 0122-26-9111
仙台営業所	仙台市大町4の175・新仙台ビル (電話) 0222-21-1211
富山営業所	富山市桜木町1番29号・明治生命館 (電話) 0764-31-8211
広島営業所	広島市中町7番32号・日本生命ビル (電話) 0822-47-5111
高松営業所	高松市鶴屋町5番地の1 (電話) 0878-51-0001
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2丁目12番地・三菱電機ビル (電話) 03-212-6111
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8の1 (電話) 06-344-1231
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3-88・大名古屋ビル (電話) 052-561-5311
福岡商品営業所	福岡市天神2丁目12番地1号・天神ビル (電話) 092-75-6231
札幌商品営業所	札幌市北二条西4の1・北海道ビル (電話) 0122-26-9111
仙台商品営業所	仙台市大町4の175・新仙台ビル (電話) 0222-21-1211
富山商品営業所	富山市桜木町1番29号・明治生命館 (電話) 0764-31-8211
広島商品営業所	広島市中町7番32号・日本生命ビル (電話) 0822-47-5111
高松商品営業所	高松市鶴屋町5番地の1 (電話) 0878-51-0001
新潟営業所	新潟市東大通1丁目12番地・北陸ビル (電話) 0252-45-2151
中央家電営業所	東京都千代田区丸の内2丁目12番地・三菱電機ビル (電話) 03-212-6111
城北家電営業所	東京都文京区大塚3丁目3番1号・新茗溪ビル (電話) 03-944-6311
城南家電営業所	東京都世田谷区池尻3丁目10番3号 三菱電機世田谷ビル (電話) 03-411-8181
城西家電営業所	東京都杉並区清水1丁目10番1号 (電話) 03-392-6823
横浜家電営業所	横浜市中区富士見町3番地4 (電話) 045-251-2223
大宮家電営業所	大宮市寿能町1丁目37番地・大宮公園ビル (電話) 0486-41-5324 43-411・0156
千葉家電営業所	千葉市新宿町2丁目49番地・三菱電機千葉ビル (電話) 0472-27-5486~6
静岡出張所	静岡市七間町9番地の10・池田ビル (電話) 0542-53-9186
長崎出張所	長崎市大黒町3番1号・長崎産業交通ビル (電話) 0958-23-6101
岡山出張所	岡山市西長瀬字村北122番地の1 三菱電機岡山ビル (電話) 0862-24-0331
中央研究所	尼崎市南清水字中野80番地 (電話) 06-491-8021
商品研究所	鎌倉市大船2丁目14番40号 (電話) 0467-6-6111
神戸製作所	神戸市和田崎町3丁目10番地の1 (電話) 078-67-5041
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電話) 06-491-8021
三田工場	三田市三輪町字父々部85 (電話) 07956-4371
長崎製作所	長崎市丸尾町6番14号 (電話) 0958-23-6211
稲沢製作所	稲沢市井之口1100番地 (電話) 0587-32-4121
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地 (電話) 0734-23-7231
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋325番地 (電話) 0467-6-1111
通信機製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電話) 06-491-8021
北伊丹製作所	伊丹市大鹿字主ヶ池1番地 (電話) 0727-72-5131
熊本工場	熊本市竜田町弓削720番地 (電話) 0963-62-7211~3
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町18丁目1番地 (電話) 052-721-2111
福岡製作所	福岡市今宿青木690番地 (電話) 092-88-0431
福山製作所	福山市緑町1番8号 (電話) 0849-21-3211
姫路製作所	姫路市千代田町840番地 (電話) 0762-23-1251
相模製作所	相模原市小山字久保224 (電話) 0427-72-5131
世田谷工場	東京都世田谷区池尻3丁目1番15号 (電話) 03-414-8111
静岡製作所	静岡市小島110番地 (電話) 0542-85-1111
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号 (電話) 05736-5-2121
大船製作所	鎌倉市大船5丁目1番1号 (電話) 0467-6-6111
郡山製作所	郡山市栄町2番25号 (電話) 02492-2-1220
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地 (電話) 0276-22-4311
藤岡工場	藤岡市本郷字別町117番地 (電話) 02742-2-1285
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字図所1 (電話) 075-921-4111
札幌工場	札幌市南清水字中野80番地 (電話) 06-491-8021
札幌工場	札幌市北二条東12丁目98番地 (電話) 0122-22-3976