

三菱サイクロンクリーナーの “風神サイクロンテクノロジー”の進化

陸 茉莉花*

Evolution of "Fujin Cyclone Technology" for Mitsubishi Cyclone Cleaner

Marika Riku

要 旨

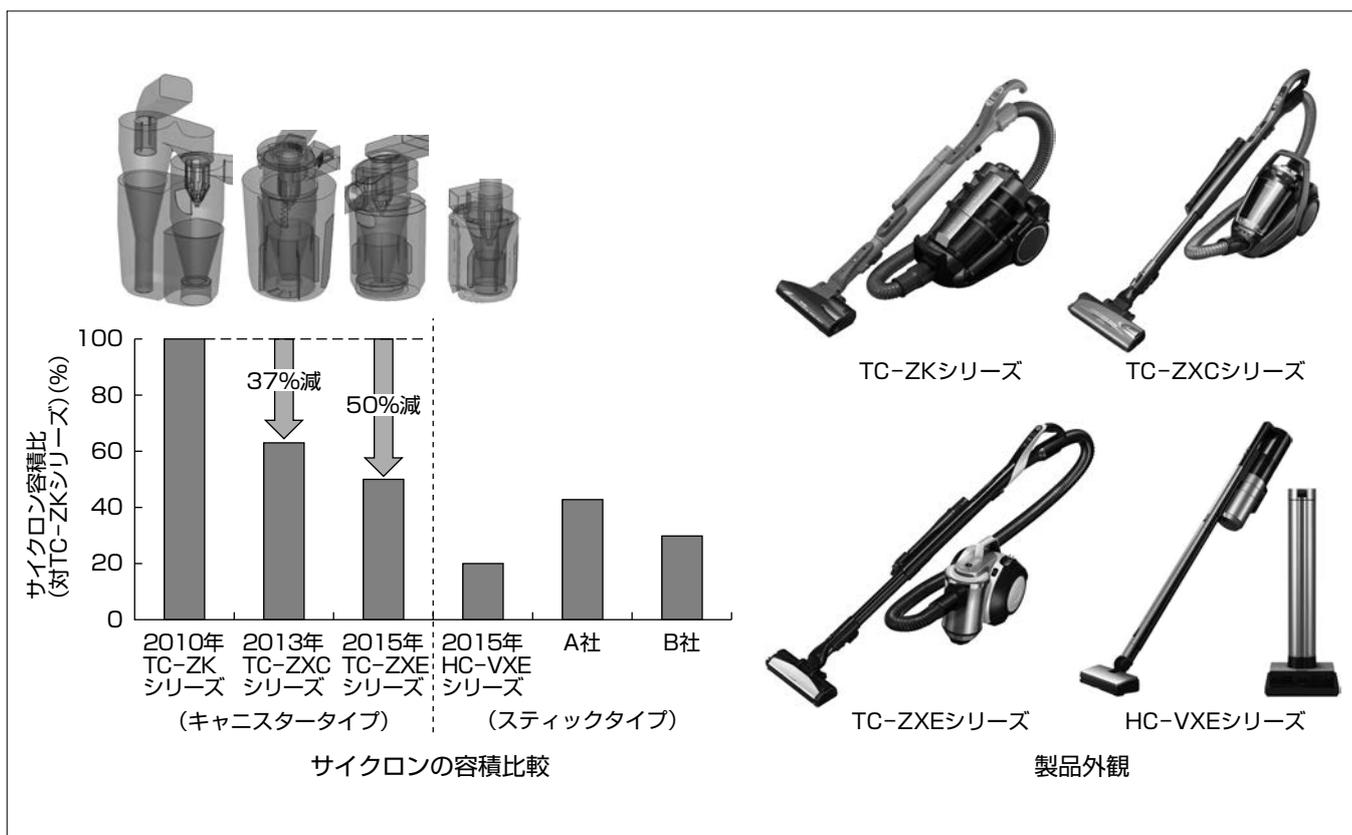
サイクロンクリーナーでは、“吸引力が続く”“排気がキレイ”“メンテナンスがらく”が上位3つのニーズである(三菱電機調べ)。これらのニーズに対応し、2つの旋回室を用いて遠心力を2段階で高めることで、ごみを99.9%分離する独自の本格サイクロン技術“風神サイクロンテクノロジー”を開発し、2010年に三菱サイクロンクリーナー“風神”の“TC-ZKシリーズ”として発売した。

さらに、近年の小世帯化や高齢化等の社会変化に伴う小型・軽量化のニーズに合わせ、2013年発売の“TC-ZXCシリーズ”では、1つの旋回室で強力な遠心力を生み出す“ハイパーエアロアクセル”構造を採用し、小型・軽量化を実現した。この構造では、旋回室の外周から追加気流を与えて旋回気流を高速化することで、TC-ZKシリーズと比較

して回転速度を1.8倍に増大させて同等の分離効率を確保しながら、従来2つあった旋回室を1つにすることによって、集塵(しゅうじん)量を減らすことなく容積を37%低減した。

そして2015年発売の“TC-ZXEシリーズ”では、ごみの溜(た)まり方の偏りを抑制することで集塵室を小型化し、TC-ZXCシリーズと同等の分離効率を確保しながら、容積を更に22%低減した。この技術は、同年発売したコードレススティッククリーナー“HC-VXEシリーズ”にも搭載した。

また、旋回気流の高速化によって気流音が増大する課題に対し、0次入り口(繊維ごみ集塵室の入り口)にシェブロン構造、旋回室の入り口及び出口にセレーション構造を採用することで、気流の剥離を抑制して運転音の低減を実現した。



風神サイクロンテクノロジーを適用したクリーナーのサイクロンの容積比較と製品外観

左は、風神サイクロンテクノロジーを適用したクリーナーのサイクロン部の容積を比較している。スティックタイプについては、高分離効率を訴求するA社、B社との比較も示している。右は製品外観を示しており、左上が2010年9月に発売したTC-ZKシリーズ、右上が2013年3月に発売したTC-ZXCシリーズ、左下が2015年9月に発売したTC-ZXEシリーズ、右下が2015年3月に発売したHC-VXEシリーズである。

1. ま え が き

サイクロンクリーナーでは、“吸引力が続く”“排気がキレイ”“メンテナンスがらく”が上位3つのニーズである(当社調べ)。これらのニーズに対応し、2つの旋回室を用いて遠心力を2段階で高めることで、微細なごみまで高効率に分離し、ごみを99.9%分離できる当社独自の本格サイクロン技術である風神サイクロンテクノロジーを開発した。また、繊維ごみが多い日本の家庭ごみに合わせ、繊維ごみ用の集塵室を設けることによって、繊維ごみが風で巻き上げられてたたき出される臭(におい)成分の発生を抑制し、排気臭を低減した。これらの技術は、2010年発売の風神TC-ZKシリーズに搭載した。

さらに、小型・軽量化のニーズに合わせ、1つの旋回室で強力な遠心力を生み出して高分離効率を確保しながら、小型・軽量化を実現するハイパーエアロアクセル構造を開発し、2013年発売のTC-ZXCシリーズに搭載した。

2015年には、集塵室のごみの溜まり方の偏りを改善することで、更なる小型・軽量化を実現し、TC-ZXEシリーズとして発売した。この技術は、同年発売したコードレススティッククリーナーHC-VXEシリーズにも搭載した。

本稿では、当社独自の高分離効率サイクロンと、分離効率を維持しながら小型・軽量化を実現した技術の進化について述べる。

2. 当社サイクロン構造の特徴

2.1 一般的なサイクロンの基本原理

一般的なサイクロンは、旋回気流を生成することでごみに遠心力を与えて空気から分離する旋回室と、分離されたごみを捕捉する集塵室からなる(図1)。旋回室の上部は円筒部で構成され、その接線方向に含塵空気(ごみを含む空気)を導入するように流入管を接続することで、旋回気流を生成する。旋回室の下部には、径を縮小することで旋回速度を増加させる円錐(えんすい)部を備える。ごみを分離して清浄化した空気(上昇気流)は、旋回室と同軸上に設置される筒状の排出管を通して、サイクロン外部に排出される。

図1に示すような一般的なサイクロンで分離できるごみの最小径(D_{pc})は、次の式で示される⁽¹⁾。

$$D_{pc} = \sqrt{\frac{18\mu v_r}{\rho_p} \cdot \frac{r}{v_t^2}} \dots\dots\dots (1)$$

- ρ_p : 粒子の密度
- μ : 空気の密度
- v_t : 粒子の周速度(旋回速度)
- v_r : 粒子の半径方向速度
- r : 粒子の位置(旋回室の中心軸からの距離)

式(1)から、粒径の小さいごみを分離するには、旋回速度を高める必要があることが分かる。

2.2 一般的なサイクロン構造の課題

クリーナーによって吸引するごみは、繊維から砂まで多種多様である。図2及び図3に示すように、日本の家庭ごみは、土足文化である欧米の家庭ごみと比べて繊維ごみの割合が多いことが判明している。

日本の家庭に多い繊維ごみは、体積が大きく密度が低いため、風の影響を受けやすく、集塵室に流入した気流に巻き上げられて旋回室に再飛散し、旋回室や排出管を詰まらせて吸引力を低下させる課題がある。また、巻き上げられることで繊維内部から臭い成分がたたき出され、排気臭が発生するという課題もある。これらの課題を解決するためには、繊維ごみが溜まる集塵室の底部と、気流が流入する集塵室の入り口との距離を長くとり、集塵室底部に溜まったごみへの気流の影響を抑えて、ごみの巻き上げを抑制する必要がある。しかし、一般的なサイクロン構造では、旋回室の下方に全てのごみを溜める集塵室が設置されているため、集塵室の高さを増大させるとサイクロンの全長が長くなって大型化し、クリーナーとしての使い勝手を大きく低下させてしまう。

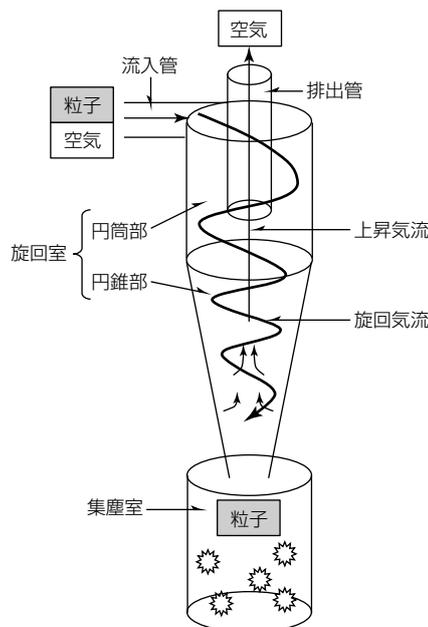
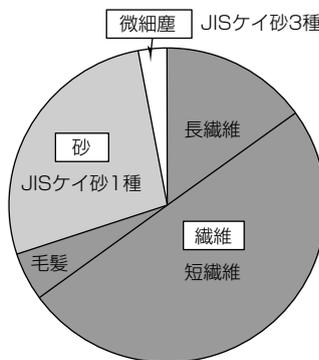
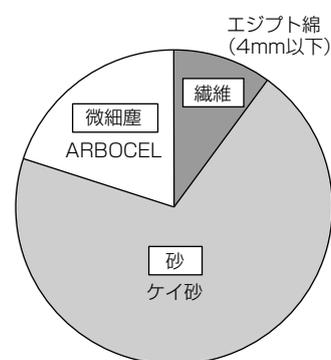


図1. 一般的なサイクロンの構造



JEMA : 一般社団法人 日本電機工業会

図2. 日本の家庭ごみの内訳 (JEMAの基準ごみ)



ARBOCEL : 粉末セルロース
IEC : International Electrotechnical Commission

図3. 欧米の家庭ごみの内訳 (IECの基準ごみ)

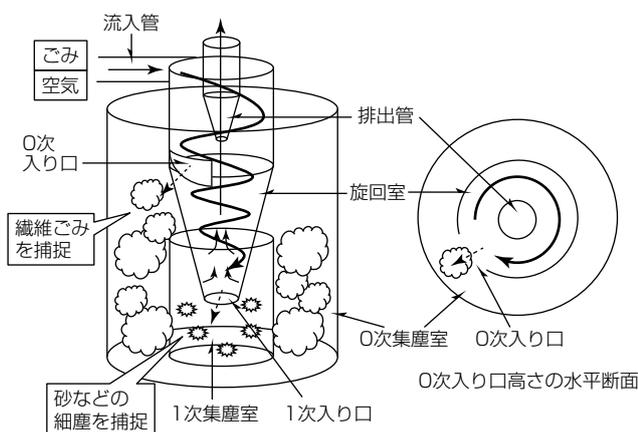


図4. 当社サイクロンの基本構造

2.3 当社サイクロン構造の特徴

当社独自のサイクロン構造は、流入管から流入するごみに遠心力を与えて空気から分離する旋回室と、分離されたごみを大きさや質量で分別して捕捉する複数の集塵室と、ごみを分離して清浄化した空気を排出する排出管で構成される。ごみが旋回室に入ると、はじめに大きな繊維ごみは、旋回室上部の側壁に設けた連通路(0次入り口)を介して、旋回室の側方に設置した0次集塵室に遠心力で飛ばされ捕捉される。その後、砂などの細塵が遠心分離され、旋回室の下部に配置した1次集塵室に捕捉される(図4)。これによって、0次集塵室への旋回気流の流入を抑制し、課題であった旋回室への再飛散、排気臭の発生を抑制することができる。

3. サイクロン技術の進化

3.1 2旋回室構造

2010年発売のTC-ZKシリーズに搭載した初期の風神サイクロン構造を図5に示す。この構造では、砂よりも小さい微細塵を分離するため、1次旋回室の下流側に、1次旋回室より旋回速度の高い2次旋回室を設けることで、高い分離効率を実現した。

また、2次旋回室では、高速の旋回気流による騒音が課題となるため、図5に示すように、2次旋回室を0次集塵室で内包するように設置して2重構造とすることで、2次旋回室の気流音を遮音して騒音を低減した。

3.2 1旋回室構造

2013年発売のTC-ZXCシリーズでは、小型・軽量化のため、1つの旋回室で高い分離効率を実現する構造を開発した。

1つの旋回室で分離効率を高めるには、旋回速度を増大させる必要があるが、流入口を小さくして旋回速度を高める方法では、大きなごみが流入口に詰まる課題がある。流入口の面積を変えずに流入風速を高めるには、ブロワモータの出力風量上げる手段もあるが、ブロワの大型化や騒音が大きくなる課題がある。

そこで、旋回気流に追加気流を与えて旋回速度を増大させるハイパーエアロアクセル構造を開発した。図6に示す

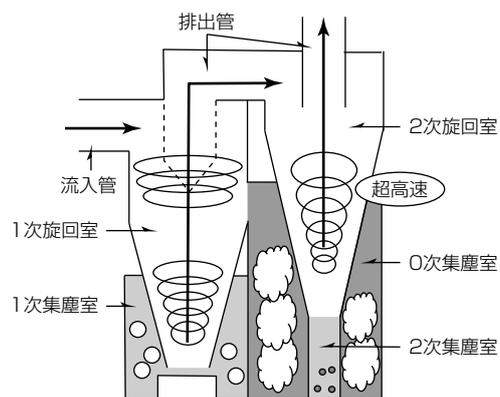


図5. 初期の風神サイクロン構造(2旋回室構造)

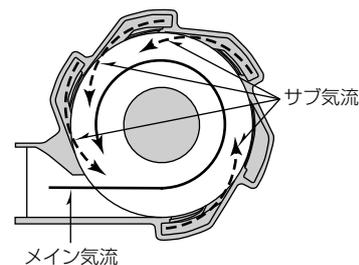


図6. ハイパーエアロアクセル構造(流入管での水平断面)

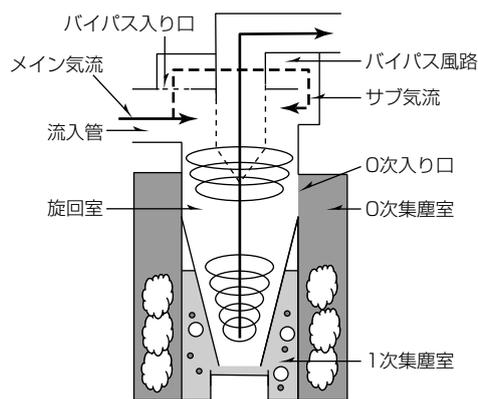


図7. サブ気流の分岐構造

ように、サブ気流を旋回室の外周側に導入し、メイン気流を加速するように合流させる。サブ気流は、図7に示すように、メイン気流から分岐したバイパス風路を通して、旋回室の外周側に導入される。これによって、流入口を小さくすることなく、旋回速度を増大させることが可能となり、図8に示すように、従来のTC-ZKシリーズの2つの旋回室の旋回速度がそれぞれ48m/s(右：1次旋回室)と68m/s(左：2次旋回室)であったのに対し、TC-ZXCシリーズでは90m/sに向上した。これによって、TC-ZKシリーズと比較して、同等の分離効率を維持しつつ、従来2つあった旋回室を1つにすることで、容積を37%低減した。

旋回気流の高速化に伴う騒音の課題に対しては、図9に示すように、0次入り口にシェブロン構造、旋回室の入り口と出口にセレーション構造を採用することで、気流の剥離によって生じる渦を分散させて騒音を低減した。

3.3 集塵室の偏心構造と旋回室の上面傾斜構造

2015年発売のTC-ZXEシリーズでは、TC-ZXCシ

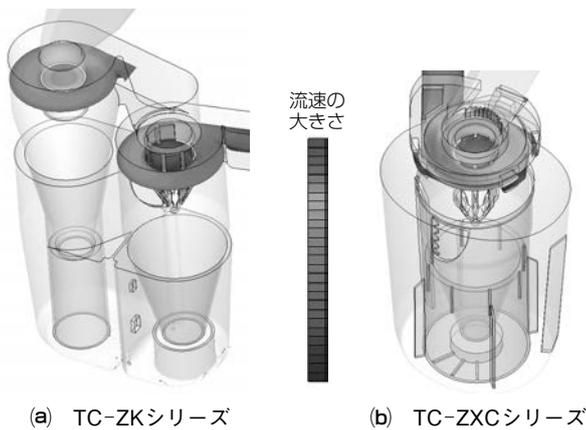


図8. 旋回速度の比較

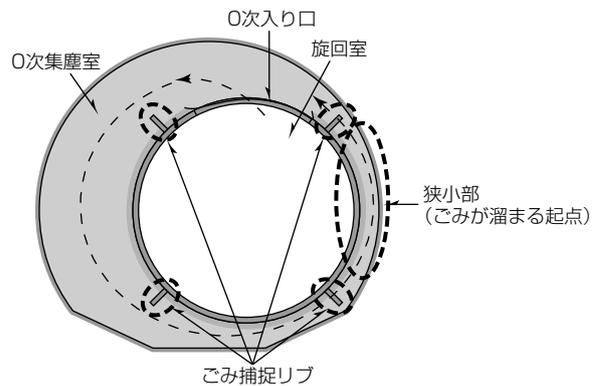


図10. 0次集塵室の偏心構造(0次入り口での水平断面)

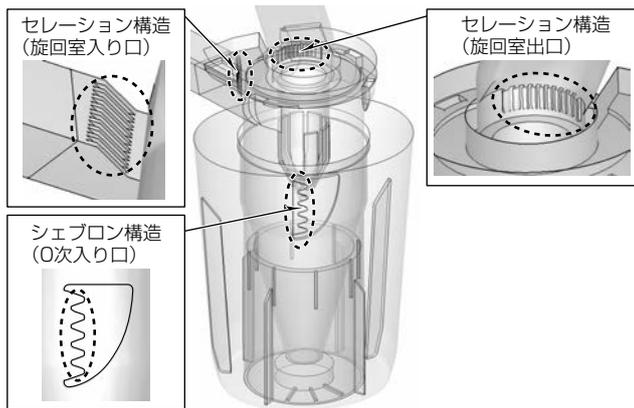


図9. サイクロン気流音の対策

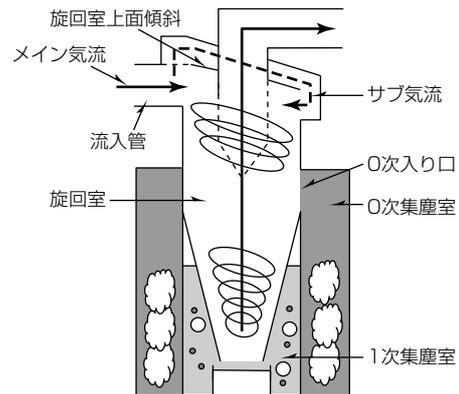


図11. 旋回室の上面傾斜構造

リーズより更に小型・軽量化するため、0次集塵室と旋回室の容積を縮小した。

0次集塵室を縮小する場合、捕捉できるごみ量の減少と、0次集塵室内の風速が増大することによるごみの再飛散が課題となる。図10に示すように、旋回室と0次集塵室の中心をずらして配置し、0次入り口から風が流れる方向の離れた位置に狭小部を設け、この部分をごみが溜まる起点とすることで、0次集塵室内に隙間なく圧縮してごみを溜め、TC-ZXCシリーズと同等のごみ捕捉量を確保した。また、気流によるごみの動きを抑えるごみ捕捉リップを設置することで、溜まったごみが気流によって巻き上げられて旋回室に再飛散することを抑制した。

旋回室の高さを抑えて容積を縮小する場合、旋回室内の気流は排出管からの吸い込み風の影響を受けやすくなり、旋回気流が徐々に中央に寄って遠心力が低下し、分離効率が低下する。図11に示すように、旋回室の上面を傾斜構造にすることで、旋回気流の下向きの流れを強めて、排出管の近くで気流が旋回する時間を短縮した。これによって、排出管からの吸い込み風の影響を抑え、分離効率を改善できた。

これらによって、TC-ZXCシリーズと比較して、分離効率を維持しながら、0次集塵室の容積を30%低減、旋回室の高さを5%低減することで容積を22%低減した。

3.4 スティッククリーナー用高効率分離技術

先に述べた小型・軽量化技術は、ごみを99.9%分離でき

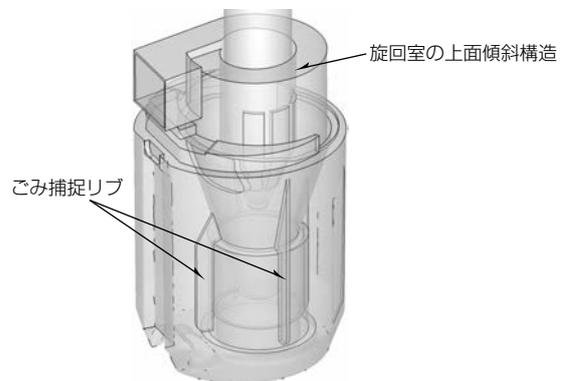


図12. 分離効率向上対策

る本格性能のスティッククリーナーの製品化を実現した。2015年発売のHC-VXEシリーズでは、図12に示すように、3.3節で述べた旋回室の上面傾斜構造と、ごみの再飛散を抑制するごみ捕捉リップを採用した。

4. むすび

日本の家庭ごみに適した当社独自の高分離効率サイクロン技術と、高分離効率を維持しながら小型・軽量化を実現した技術について述べた。

参考文献

- (1) 三輪茂雄：粉体工学通論，日刊工業新聞社，185～212 (1981)