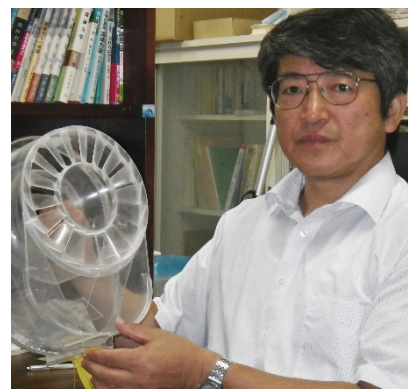


## 松村准教授からのメッセージ

皆様にとって快適な住宅とは、どんな住宅でしょうか。趣味が実現できる部屋があったり、料理しやすいキッチンがあったり、家族が自然と集まって対話や笑い声の絶えない居間があったり、静かにくつろげる部屋があったり、……と、人それぞれだと思います。でもどんな部屋を用意しても、そこに居る人々は、空気にさらされ、その空気を吸っています。したがってその部屋が寒くていやな臭いがすれば、それだけで不快になってしまいます。すなわち、住宅の快適性の根本は、住宅内の空気の状態によって決まるといえます。そこで冷暖房設備による快適な温度管理や、外気から新鮮空気を取り込む計画換気が重要になります。



松村 昌典 准教授  
北見工業大学  
応用流体力学研究室

人間は温度に対して敏感であり、また快適と感じる温度範囲が狭いため、現在の住宅は高気密・高断熱化され、夏冬問わず一定温度に保たれるように工夫されています。ところがこの高気密化は、建材や家具などから長期的に少しずつ放出される有害物質を住宅内に残存させるため、いわゆるシックハウス症候群と呼ばれる頭痛や倦怠感などを引き起こす原因となることが分かっています。そこで現在の建築基準法では、24時間の機械式換気装置の設置が義務付けられており、この換気装置が機能すれば、このような問題は解消されます。

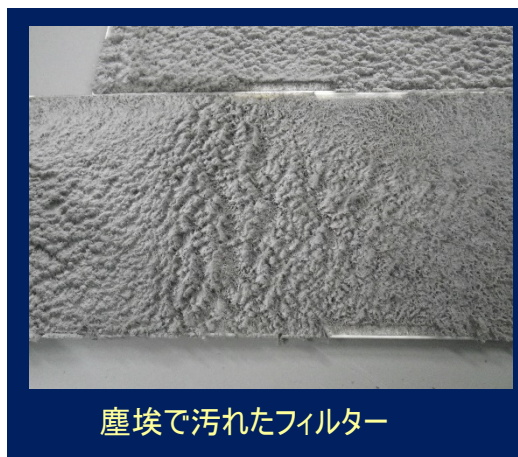
住宅に使われる換気装置は、各部屋に換気扇のようなものを取り付け、排気のみ機械式で行い、給気は自然にまかせる方式が主流です。これは施工が簡便で、装置の価格が安いことが最大の理由です。しかしこの方式は、冬であればせっかく暖めた室内の空気を外に排出し、寒い外の空気を屋内に取り込むことになり、また夏であれば涼しい室内空気を暑い外気と交換することになり、暖房・冷房の効率が悪くなります。すなわちこれは現在推奨されている省エネ住宅とは真逆になってしまいます。そこで冬であれば屋内からの排気の熱で外気からの給気を暖め、夏であればその逆を行う、熱交換器を備えた換気装置が、省エネ住宅用として普及しつつあります。この換気装置は給気と排気の間で熱交換を行うため、給気も排気も機械式で行います。この装置の欠点は、施工に手間がかかり、装置の価格も高価であることです。しかし省エネ性が高く、冷暖房効率が向上するため、長期間のランニングコストを考えると、高価格分の元は十分取れるという試算もあります。

このような背景から、熱交換器を備えた換気装置の導入が、特に冬季間の室内外の温度差の大きい寒冷地の住宅に普及しつつあります。また近年は猛暑日が増加傾向にあるため、比較的温暖な地方でも、この換気装置を導入する例が増えてきました。すなわち熱交換器を備えた換気装置は、省エネ住宅には欠かせない設備になりつつあるといえます。

一般に新しい装置が普及していくと、新しい問題点が見つかるものです。これまで述べたように、熱交換器を備えた換気装置は、省エネの観点から普及が進んでいますが、ユーザの

増加とともに、クレームも増えているようです。そのクレームの大半は、フィルターの問題です。この換気装置は、外気からの給気を機械式で行うため、外気に含まれる塵埃や小昆虫などが屋内に入り込まないように、給気をフィルターによって濾過するのが一般的です。このフィルターは、紙パック式の掃除機と同様に、塵埃がたまると空気が流れにくくなり、風量が減少してしまうため、定期的に交換する必要があります。フィルターに塵埃がいっぱいたまると、掃除機であれば、吸い込みが悪くなることをすぐ実感するため、フィルター交換の必要性をすぐ認識します。しかし24時間動いている換気装置では、換気風量が少しずつ減少してもほとんど気づくことはありません。そこでいつの間にか換気風量が当初の風量に比べて大幅に減少し、シックハウス症候群のような症状が現れるようになり、「高価な換気装置を設置したのに、なぜこんなことになるの?」と、換気装置の性能を疑うようになってしまう事例も報告されています。どんなに高価な装置でも、その性能を維持するメンテナンスを怠ると、宝の持ち腐れになってしまいます。したがって熱交換器を備えた換気装置では、一般に1~2年ごとのフィルター交換が推奨されています。しかし実際のところ、この頻度でフィルターを交換しているユーザは非常に少なく、その結果、換気風量の低下した状態で長期間換気し続けている住宅の多いことが問題になっています。まさに宝の持ち腐れ状態の住宅が多いということですね。

ユーザのフィルター交換頻度の少なさは、いろいろな原因が考えられます。例えば、めんどくさい、お金がかかる、汚れたフィルターを見るのが気持ち悪いや、フィルター交換の必要性を知らなかったという例もあります。いずれにしてもユーザ側に原因があるのですが、メーカーとしては、その責任を100%ユーザに押し付けてもよいものでしょうか。



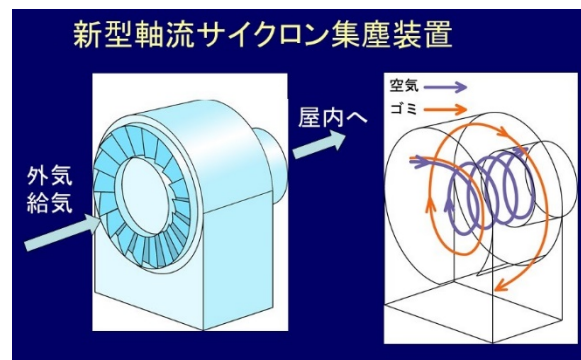
塵埃で汚れたフィルター

このような問題意識から、2004年頃に、某住宅設備メーカーから、フィルターを使わなくても外気が浄化できる機能を備えた住宅換気用給気フードの開発依頼が舞い込んできました。このような給気フードができれば、ユーザがメンテナンスしなくても、換気風量が減少することなく、集塵量に関係なく当初の換気性能を長期間維持することができます。

「集塵量にかかわらず吸引力が衰えない」集塵装置といえば、サイクロン式掃除機が真っ先に思い浮かぶと思います。そこで本開発も、サイクロン式を採用することになりました。サイクロン式集塵装置の基本的技術はすでに確立されており、多くの分野で実用化されています。これは集塵装置ですので、その性能の第一は集塵率（ゴミを取る能力）です。すなわち、その駆動に多少パワー（消費電力）が必要であっても、集塵率がよければ高い評価が得られます。例えば一般的な家庭用サイクロン掃除機の集塵能力は高いのですが、1.2~1.5kWの高い消費電力を要求しています。サイクロン式の集塵原理は、渦の遠心力で塵埃を遠心分離するものであるため、集塵能力を高めるためには強い渦が必要であり、その強い渦を作るために、消費電力が高くなってしまいます。さらに大きな騒音も伴います。家庭の掃除であれば、掃除機を数十分使う程度だと思いますが、住宅換気は24時間駆動します。すなわちサイクロン式掃除機のような現在確立されているサイクロン技術を住宅換気を使用する場合、1kW以上の消費電力を要求する騒音の大きな装置を、24時間駆動し続けることとなります。1kWといえば、結構高出力な電気ストーブ並みですが、これを1年中点けっ放しにするのと同様です。また夜中も掃除機と同様な騒音を発生します。これはとても現実的ではないことが分かります。

現在、熱交換器を備えた住宅換気装置の消費電力は、およそ40~80W程度で、非常に静かです。従来のサイクロン技術を用いた場合、この消費電力では、遠心分離に必要な強い渦を作ることはできません。そこでこのような低消費電力でも、十分な集塵性能が得られる住宅換気用の新しいサイクロンを開発することになりました。

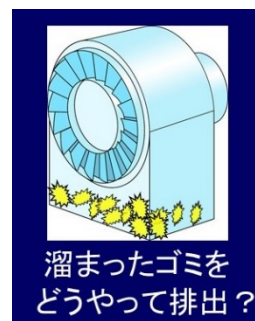
その後2年間、試行錯誤を繰り返しながら多数のモデルを製作し、様々な紆余曲折を経て、最終的には扇形フィンを放射状に並べた軸流型サイクロン集塵装置の開発に成功しました。またこのサイクロン技術は、特許を取得することもできました。そこで早速製品化へ、と行きたいところですが、製品化するためには、もう一つの問題をクリアする必要があります。それ





は集塵された塵埃の排出法です。

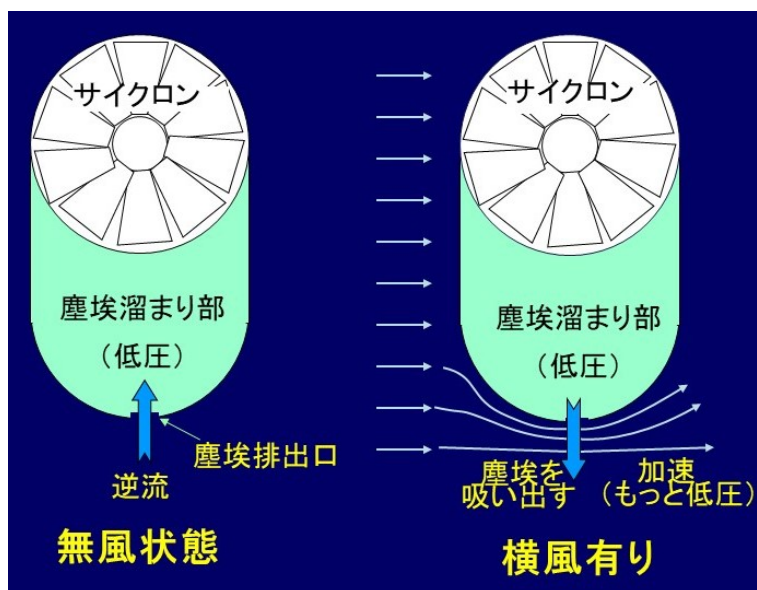
渦によって遠心分離された塵埃は、塵埃溜まり部に蓄積していきます。この蓄積した塵埃を外部に排出するために、塵埃溜まり部の下部には、塵埃排出口が設けられています。しかしサイクロン駆動中にこの塵埃排出口を外気に開放すると、サイクロン内部は外気よりも低圧になっているため、外気が塵埃溜まり部に逆流してきて、蓄積された塵埃は外部に排出されません。そこで通常の塵埃排出口は外気に対して閉じておき、ある程度塵埃が溜まったら、サイクロンを停止させて塵埃排出口を開放し、塵埃を排出する作業が必要です。しかし給気口は一般に屋外の高所に設けられるため、この開閉を素人が行うことには危険が伴いますし、そもそもユーザに作業させるのでは、これを開発した意味がありません。



最も簡単な塵埃排出法は、電磁シャッターなどを用いて塵埃排出口を開閉する方法です。人手でこのスイッチを ON/OFF してもよいのですが、完全にユーザに頼らなくするのであれば、タイマーなどによって自動的に ON/OFF させればよいわけです。しかしこの方法は見送りました。その理由は、機械的な動きのある機構は、故障の原因になりやすいことや、給気口までの電気配線が必要となるため、施工の手間とコストがかかることもあります、何よりも私自身の専門が流体力学であったことです。

流体力学とは、水や空気などの流れの力学的性質を理解し、応用する学問です。サイクロンはまさに渦という流れを応用した技術であるので、塵埃の排出も流体力学を応用してできないか、考えました。その結果、ベルヌーイの定理と呼ばれる流れの力学的エネルギー保存則を応用することを思い付きました。

ベルヌーイの定理とは、簡単に言うと、流れが速くなると圧力は低下し、遅くなると圧力が高くなる原理です。また流れの中に置かれた物体の表面の流れは、物体形状や場所によって速い所と遅い所が生じるので、このベルヌーイの定理によって速い所は低圧に、遅い所は高圧になります。先ほど述べたように、塵埃排出口を外気に開放しただけでは塵埃は排出されません。それはサイクロン内部が外気より低圧になっているためです。しかしこの給気フードは住宅の外壁に設置されるため、常に風を受けています。すなわち、給気フードの形状を工夫し、風が吹くと塵埃排出口の表面の



流れが加速し、その圧力がサイクロン内部の圧力よりも低下すれば、逆流は起こらず、塵埃は自然と吸い出され、外部に排出されるはずですが、そこで様々な形状を試した結果、縦長の楕円状の形状にすると、住宅外壁に沿った風に対して最も塵埃排出口の圧力が低下することがわかりました。各種設定条件で異なりますが、これまでの研究では、およそ5m/s～10m/s程度の風が吹くと、塵埃が排出されます。集塵された塵埃は、一時的に塵埃溜まり部に蓄積されるので、常時排出される必要はなく、1週間に1回、あるいは1ヶ月に1回程度の排出頻度でも全く問題ありません。ほとんどの地域では、このぐらいの頻度で5m/s～10m/s程度の風が吹くことは十分あり得ることだと思いますので、機械的機構やユーザの手を借りることなく、塵埃の自動排出を実現することができました。

住宅では冷暖房に比べて軽視されがちな換気ですが、健康的で快適な住環境を得るためには、換気性能が重要です。住宅の快適性と省エネ性を兼ね備えた熱交換式換気システムは、今後ますます普及するものと思われます。この換気システムの欠点の一つであったフィルターのメンテナンス問題も、サイクロン式給気フードを用いれば、ほぼ解決できます。私たちの研究が、皆様の住環境の向上と省エネ住宅の普及に寄与できれば幸いです。