



左から下澤さん、深澤さん、鈴木さん、込山さん（昨年8月）。

安友藤博

おだやかに晴れているのに、高層ビル群の谷間に入った途端、全身を巻き上げられるような風にさらされることがある。「ビル風」として知られる迷惑な風だ。この風は、高層の大きな建物の周辺だけで局地的に発生し、建物の形や配置などによって複雑な流れとなるのが特徴である。群馬県立高崎高等学校で編成されているSSHクラスの課題研究グループ（下澤雄太さん、込山和毅さん、鈴木悠平さん、深澤至貴さん）は、ビル風のような渦を巻く風がどのようにして生じるのかという点に着目し、その発生過程を可視化しようと試みた。研究成果は2007年8月に開催された平成19年度スーパーサイエンスハイスクール（SSH）生徒研究発表会で紹介され、「独立行政法人 科学技術振興機構理事長賞」を受賞した。

時には、頑丈な建物や構造物を破壊

## 渦を巻く風を作り出し、目に見えない動きを可視化

群馬県立高崎高等学校（平成17年度SSH指定校）

渦を巻く風といえば、台風、竜巻、ビル風など。いずれも、交通網に支障をきたす、建物などの構造物を破壊する、時に人の命をも奪うといったやっかいな風だ。こうした風はどのようにして発生し、どのような動きをみせるのか？高崎高校の込山和毅さんたちは、独自に開発した風洞装置を用いることで人工的なつむじ風を作り出し、その流れを可視化することに成功した。

したり、航空機を操縦不能にして大きな被害をもたらす風。物理学的には空気の流れ全般を指し、「向き（風向）」と「速さ（風速）」の構成要素から成る。風が生じる要因は高気圧や低気圧などによる気圧の差で、地球規模の風としては偏西風や貿易風が知られている。例えば偏西風は、中緯度の高圧帯から極地に向かって吹き出す風が、「コリオリの力」とよばれる慣性力によって東向きに傾いたものだといえる。

偏西風や貿易風は航空機や船舶の航行に利用できる「ありがたい風」だが、夏から秋にかけて発生する台風（ハリケーン、サイクロンを含む）は、被害をもたらすことの多い「迷惑な風」である。台風は、赤道付近の海上で発生した水蒸気が凝結するときの熱をエネルギー源に成長した大型の熱帯低気圧で、その中心の最大風速は秒速17メートル

以上に達する。気象衛星による写真でおなじみのおり、北半球における台風は反時計回り（コリオリの力による）に巨大な渦を巻く。

より局地的な風としては竜巻が有名である。竜巻は発達した積乱雲や積雲に伴って生じ、渦を巻いた激しい上昇気流と下降気流をもたらす。アメリカの中部では、トルネードとよばれる時速100キロにも及ぶとされる竜巻が、各地に甚大な被害をもたらしている。比較的規模の小さい竜巻でも、下降気流で突然生じる風（ダウンバースト）が航空機の運航に重大な影響を与えることもあり、ドップラーレーダーとシミュレーションモデルを駆使した予測システムの開発が急がれている。

### ハニカム構造を利用して風の渦を作る

「あるテレビ番組で、学校の校庭につむじ風が生じて草木や砂やカバンなどが巻き上げられる映像を目にした下澤君の話から、風がなぜあれほど大きく成長したのか、その理由を知りたくなくてSSH課題研究の研究テーマにすることにしたのです」。込山さんは研究を始めた経緯をそう振り返る。さっそく研究メンバーを募り、渦が生じるような風を人工的に作り出して、その流れを可視化する方法を考え始めた。

実は、高崎高校には以前にも風の流れの実験を行ったグループがあった。込山さんらは、当時の研究記録を分析したうえで、東北大学流体科学研究所

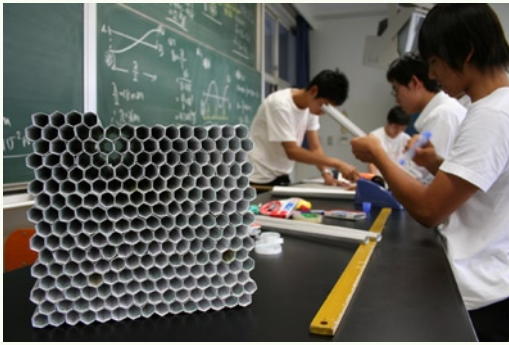
### 高崎高等学校の「科学者のタマゴ」を育成する理科教育

高崎高校では、1年次からSSHクラスを編成し、特別な科学教育を実施している。その目的は、将来、積極的に科学技術にかかわろうとする「科学者のタマゴ」を育成することにある。今年度は、今回の研究を引き継いだ「風洞」に関する研究のほか、「散開星団と球状星団の比較」「モデルロケットの飛行」「プラナリアの再生」といった合計9テーマの研究が進められている。

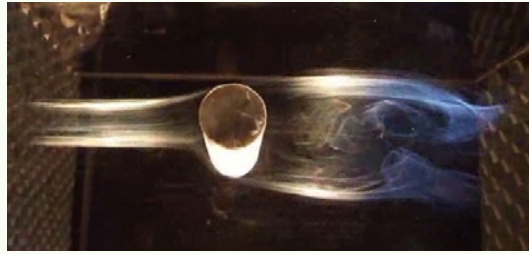
「3年次には、週に1時間の授業で課題研究を実施することになっており、現在は文化祭での課題研究中間発表に向けて意欲的に取り組んでいます」。

同校の理科を担当する小林正好教諭は、そう話す。昨年の受賞は、こうした理科教育の開始6年目にして、初の快挙となった。「受賞で得られた喜びは大きく、高崎高校全体として、科学への興味や関心が高まってくれたらうれしい」と前SSH主任の関根正弘教諭も語る。自分の将来像を自らの意志と責任で描けるように働きかけることが目標だという。

目下の悩みは、計画書や報告書作成などの雑務に多くの時間をとられてしまうこと。「学校全体として、さらなる組織化をはかるなどの対策を講じ、一層充実したSSH活動を行いたい」と意欲をみせる。



試行錯誤しながら風洞装置を作るメンバーたち。  
チームワークが試される。



完成した風洞装置での実験のよう  
す。風が構造物に当たることで渦  
が生じることがわかる。

の小宮敦樹先生にアドバイスを仰ぎ、人工的に作り出した風の流れを整える装置（整流器）を使うことにした。

「初めは、直径 20 センチの塩化ビニールパイプの内側にトイレトペーパーの芯を詰め、それを整流器とする風洞装置を作りました。そこに風を送り、細い糸をなびかせて風のようにすをとらえようとしたのですが、うまくいきませんでした」と込山さん。試行錯誤を重ね、1 辺 2 センチ、長さ 40 センチほどの六角形の筒（ヘキサパイプ）を 80 個作り、それぞれをすき間がないように貼りつけたものを整流器として使うことを考えついた。さらに、1 辺 1 センチの小型のヘキサパイプを 400 本作り、整流器の一部として用いた。

風の流れを可視化するには線香を使うのがよいことも見だし、ようやく「線香を並べる棚、ヘキサパイプ（大）群、透明なアクリル板で囲った観測部位、ヘキサパイプ（小）群、トイレトペーパー整流器、扇風機」からなる風洞装置を完成させることができた。「風を作り出す扇風機は、空気を送り込むために使うのではなく、空気を吸い出すために使いました。その方が風量を調節しやすく、より安定した流れを作り出しやすかったからです」と込山さん。

### ビル風の正体を突き止めた？

こうして、ようやく実験できる環境が整った。込山さんらは、風洞構造内の観測部位に、円柱、直方体、楕円柱と、さまざまな形や大きさの模擬構造物を入れたうえで線香に火をつけ、その煙を扇風機で吸い込ませてみた。その際、部屋は真っ暗にし、観測部位内の「風

の流れをみたいエリア」の煙だけをライトで照らすようにした。

その結果、構造物を単独で置いた場合には、渦を巻いた風が、直方体で最もよく発生することがわかった。次に、その直方体を 2 つ用いて、配置を変えながら同様の実験を行った。「この場合には 3 つのことが明らかになりました。第 1 点は、すべての構造物に上から回り込んで吹き降ろす風が発生し、縦方向の渦を生じること。第 2 点は、構造物の後ろへ回り込んだ風はほかの構造物にぶつかることで流路を曲げられ、単体での実験よりもはっきりとした渦を生じること。第 3 点は、風が遅い時ほど構造物の真後ろに、風が速いときほど構造物から離れた位置に渦が生じることです」と込山さん。ただし、観測されたほとんどの渦が短命で、持続して渦を巻くものはなかったという。

一連の実験を終えたメンバーは、「複数の直方体を置いた場合にはさまざまな方向からの流れが生じ、この現象こそが、日頃、私たちが経験するビル風の正体なのではないか」と考察したが、一方で「今回の風洞装置で得られたデータを、そのまま現実の世界にあてはめることはできない」と結論づけた。物理現象を示す計算式にはさまざまな変数が出てくるが、風を流体として考える場合には、その速度、粘性係数、密度などの変数が必要となる。このとき、構造物の大きさを 10 分の 1 にしたからといって、単純に風速や粘性係数も 10 分の 1 にすればよいということにはならないというのである。

とはいえ、シミュレーションモデルは「規模の小さい単純な系」を積み上げ

ていくことで現実性が増すことも事実である。例えば、竜巻の規模は「F スケール (F0 から F5 までである)」で表されるようになっているが、この指標を考案した竜巻研究の第一人者、シカゴ大学の藤田哲也博士（故人）は、アメリカで実際に発生したトルネードによる建物の破壊の程度を詳しく解析していくことで、その最大風速を推定する方式を考案したとされている。

メンバーは今春に高校を卒業したが、風の研究は在校生に引き継がれているという。そのうち、高崎高校での研究を大学で発展させたいという生徒も出てくることだろう。

### 不思議だと思うことを納得するまで

冒頭で述べたとおり、込山さんらの研究には平成 19 年度の科学技術振興機構理事長賞が授与された。メンバーは「発表会におけるプレゼンテーションで、私たちが研究の過程で感じた面白さや好奇心、探究心をまっすぐに伝えられたことが勝因だったのではないかと声を揃える。込山さんは「苦労したのは風の整流で、ヘキサパイプにたどり着くまではたいへんでした」とコメントし、難題を克服できたのは、自分の意見だけを押し通すのではなく、他人の意見を聞き入れるチームワークを発揮できたからだ」と強調する。

込山さんの夢は医師になることだという。今は希望の大学に入学し、医学の修得に向けて勉学に励む日々。分野は異なっても、高校での研究が「科学者としての糧」になるに違いない。 ■

執筆：西村尚子（サイエンスライター）