

# 「The 高専@セミコンジャパン2011」に 「キリンはなぜ首が長いのに呼吸できるの？」を出展して

東京工業高等専門学校 機械工学科 しみず あきひろ  
清水 昭博

## 1. はじめに

今年度の高専ロボコン全国大会では、3月11日の東日本大震災と原発からの放射能汚染によって極めて悲惨な被害を受けた地域に建つ「仙台高専名取キャンパス」と「福島高専」の両校による決勝戦となり、仙台高専名取キャンパスが優勝及びロボコン大賞を受賞し、全国の視聴者に大きな感動を与えてくれた。苦難を乗り越え、栄光に輝いたこれらの高専生らに対し、大いに称賛し、敬意を表したい。さて、高専ロボコンに関わっている小生にとってとてもありがたい高専ロボコン協賛企業の一つである「東京エレクトロンFE株式会社」の人事総務部の常田正英課長より今年度も「The 高専@セミコンジャパン2011」に卒業研究を出展しないかとの要請を受けた。昨年度、井の中の蛙が大海に飛び込み、多くの方々から助言や激励を受け、その多くがとても参考になったので、二つ返事で出展させていただくことにした。今年度は清水研究室の2名の5年生によるポスター発表と「キリンはなぜ首が長いのに呼吸できるの？」と題した展示をした。以下に出展内容や参加学生らの感想等をご紹介します。

## 2. 出展内容等

### 2-1 出展ブース

今年も昨年と同様に、最新鋭の半導体テスターを主力製



図1 株式会社アドバンテスト様をご用意して下さったブースの全景

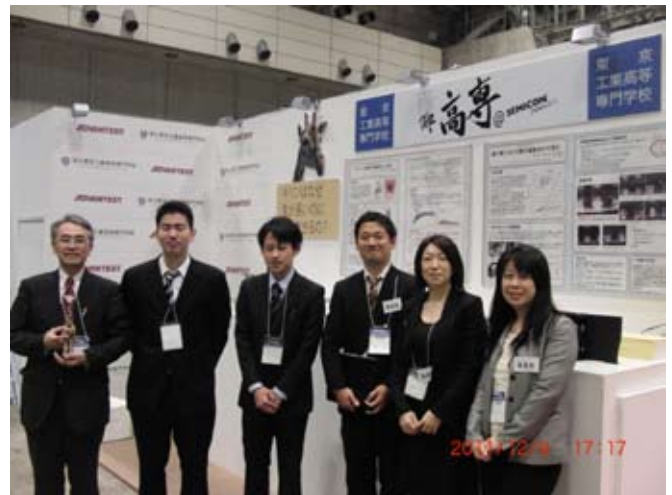


図2 出展ブース前で学生と(株)アドバンテストのお世話になった関係者の方々：(右から) (株)アドバンテスト社長室広報 IR 課の鶴田さつき課長、伊藤由美様、同人事総務部採用教育課の杉原大二郎様、佐藤正樹、田中勇祐、清水昭博

品とする株式会社アドバンテスト様が図1のような立派な出展ブースを提供して下さいました。昨年度は2メートル強の間口であったのが、今年度は約5メートルとかなりゆったりしたスペースを提示され、恐縮したが、ちょうど「キリンの長い気管」をイメージした2メートルに及ぶ展示物を考えていたので、「渡りに船」の状態がとてもありがたかった。

### 2-2 出展内容

#### 2-2-1 展示:「キリンはなぜ首が長いのに呼吸できるの？」

昨年度と同様に「振動流による換気」がキーワードであった。キリンも脊椎動物であるため、呼吸によって肺胞内で炭酸ガスと酸素のガス交換をする必要がある。しかし、首、すなわち、気管が長く、その内容積はデッドスペースとして換気に関与しない。かなり大きな肺活量がないと肺胞まで到達せず、キリンは息が苦しくないのか、との素朴な疑問が生まれる。呼吸は、1周期中の平均流量及び平均流速が0の流れ、すなわち、「振動流 oscillatory flow」を形成している。実は振動流には意外にも物質移動速度がとても大きくなる素晴らしい性質があることがわかり、1980年代以降に多くの研究がなされてきた。筆者は、キリンの気管軟

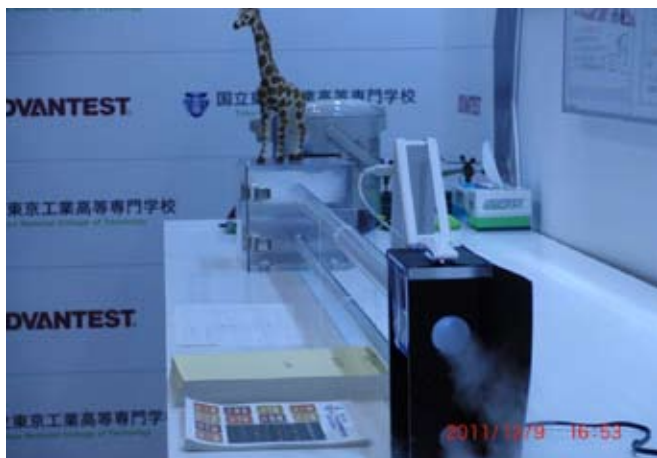


図3 2種類の管路内にドライアイスとお湯によって発生させた霧による流れの可視化風景（手前が管端部）

骨による気管内面の凹凸にも物質移動速度を上昇させる効果があるのでは、との仮説を立てて、定量的に「有効拡散係数」を測定する実験を繰り返してきた。結果として、円周方向に溝を付けた管の方が、滑らかな直管よりも有効拡散係数が大きくなることがわかった。そこで、図3に示すような装置で、溝付き管と直管を使った振動流の違いをドライアイスとお湯によって発生させた霧で可視化の実演をした。図5は実演をしながら、学生2名がお客様に説明している場面の写真である。溝付き管内の溝内部に渦輪ができ、その運動がかすかに観察でき、層流状態の直管内の流れと対比できた。欲を言えば、もう少しはっきり見えたらよかった。

#### 2-2-2 卒業研究ポスター：「リフレッシュ機能付き振動流による換気」 5年機械工学科 佐藤正樹

呼吸弁の開閉で排気している現在の人工呼吸器に、呼吸弁を開くというだけでなく、呼吸の位相に、新鮮な空気のジェットを入れて、炭酸ガスを多く含む空気を排出する機能（以下、「リフレッシュ機能」と呼ぶ）を付加した場合の、管路内の振動流による有効拡散係数を測定して換気の速さを定量的に評価しようとする研究である。新鮮な空気がピストンの上死点を通過した瞬間のわずかな時間（周期の1/10）だけリフレッシュ機能を付加した場合、有効拡散係数が約4倍に上昇したという実験結果を示した。

#### 2-2-3 卒業研究ポスター：「溝付管内における間欠振動流の可視化」 5年機械工学科 田中勇祐

直管内に正弦波状の振動流を流すと物質移動が促進されるので、人工呼吸器に応用されている。さらに気管内面のように凹凸のある溝付管内では、直管よりもさらに大きく



図4 管端部における流れの可視化の様子：上が渠付管で、渦による乱れが激しい。



図5 展示物（三角カムを使用した間欠振動流発生装置による流れの可視化装置）とお客様に説明する学生：右から2人目が佐藤君で、4人目が田中君

なり、さらに正弦波状の振動流の代わりにピストンの上下の死点で60°の位相ずつ休止する間欠振動流を流すとさらに大きな有効拡散係数が得られることが筆者らのこれまでの研究でわかっている。間欠的に停止時間を与えると、なぜ、このような物質移動の促進が起こるかを、流れの可視化によって解明しようとする卒業研究である。停止時間中でも渦を中心にした内部の複雑な流動が継続しており、流体の攪拌が行われていることがわかった。

### 3. 参加学生の感想

5年機械工学科 佐藤正樹

セミコンジャパンで卒業研究の発表の機会を頂けると聞いて、はじめての外部における発表ということで楽しみで

あったと共に、準備への不安もあった。

しかし、実際のところ3日間あっという間に思えるほど、充実した時間を過ごさせていただいた。自分の研究内容を他の人にどのようにしたらわかりやすく伝えることができるか考える過程において、自分の研究内容を改めて見直し、理解を深めることができる良い機会となった。また、「半導体」の展示会ということで機械工学を専攻する自分とは異なった分野の方々にも研究内容を説明する機会があり、その際には自分とは異なった視点からの助言をいただき、とても良い経験となった。

そして、産業界で活躍している高専出身の先輩方にもいらしていただき、普段あまりお話することができない方々とも交流でき、自分も先輩たちに負けないような技術者になりたいと思った。また、今年からはじめられたプレゼン大会を通して他の学校の学生とも交流できたのでよかった。学生のうちに、今回のような機会をいただけたことは、今後大変役に立つ貴重な経験であり、本当にありがたいことだと思う。関係者の皆様や、説明を聞いてくださった方々に感謝したい。

#### 5年機械工学科 田中勇祐

半導体製造装置関連の世界最大級の国際見本市に卒業研究のポスター発表をするというお話を先生から伺った時、人前で話すことが得意でない自分にとってとても不安だった。でも、エンジニアとしてプレゼンは必要であり、多くの第一線の技術者の方々に対してお話できることは少しだけ光栄でもあった。最初はわかりやすくプレゼンすることができず、多くの方々にお聞き苦しい思いをさせてしまい、苦労した。しかし、やさしく聞き返してくれる方も多く、だんだんとスムーズにプレゼンできるようになり、少しだけ自信がついた。質問に答えられない場面もあり、研究内容に対する不勉強が暴露されているようで、とても恥ずか

しくもあった。そして、研究室に帰ったら、もっとしっかり研究をしなければ、と思わせていただいた。

## 4. 展示をご覧になった方々の感想等の例

お客様から頂きたいいくつかの声を以下にご紹介する。

- 地道だがとても面白い研究である。
- キリンの長い首の秘密がわかって良かった。
- 特許を取っておくべきでは？
- 半導体製造装置からの廃棄物の輸送に使えないか？
- 推薦者がいれば、イグノーベル賞に匹敵するかも？
- お金儲けにつながらない研究はやめた方がよい。

このように、励まされたり、批判されたり、と様々であったが、とても参考になった。今後の研究に役立てたい。

## 5. まとめ

「キリンはなぜ首が長いのに呼吸できるの？」と銘打った展示と2名の卒研学生によるポスター発表を実施した。昨年に引き続いて2度目の出展のため、展示物も新たに作り直して2種の管路の比較ができる間欠振動流可視化装置とした。参加学生は一新されたが、その感想より、多くの第一線の技術者や経営者の方々と接し、プレゼンテーション能力の向上とともに様々なことを学び、学生らは大いに成長したように感じる。研究内容についても、多くの方々から様々な励ましや助言等を頂いた。またの機会が与えられたならば、さらに研鑽を積んだ上で再び出展したい。

最後に、美しいブース等の提供をして下さった株式会社アドバンテスト様と高専ロボコンに協賛され、今回4年目になる本企画を強力に推進されている東京エレクトロンFE株式会社様を初め、多くの関係の皆様に対してこの紙面を借りて感謝の意を表す。本企画が今後とも継続されることを切に望むとともに日本の半導体製造装置産業の益々の発展を祈念する。