

～キリンから学ぶ呼吸の秘密～

東京工業高等専門学校

機械工学科 しみず 清水 あきひろ 昭博

1. はじめに

2011年3月11日以来、東北地方の方々にはまだまだ様々な苦勞が多い中、先日、NHKで全国放映された今年度の高専ロボコン全国大会でも、前年度に引き続き、東北地方の高専が劇的な優勝を達成した。全国優勝の栄光を勝ち取った一関高専生らに対して敬意を表したい。

さて、高専ロボコンに関わっている小生にとってもありがたい高専ロボコン協賛企業である東京エレクトロンFE(株)の人事総務部の滝田浩之様より、今年度も卒研生のポスター発表や展示を、との要請を受け、二つ返事で快諾させて頂いた。過去2回、(株)アドバンテスト様のブース内特設ブースに出展させて頂き、様々な分野の研究者や技術者から貴重な助言、コメント、激励等を頂戴して、とてもうれしかったとともに、お蔭様で、小生にとっては夢のようであるが、今年度から3年間、国から学術研究助成基金(通称：科研費)を頂けるようになったためである。

そこで、今年度は「キリンから学ぶ呼吸の秘密」と銘打った内面形状の異なる管路内の間欠振動流の可視化装置の展示と2名の高専生の卒業研究ポスター発表をさせて頂いたので、彼らの生の感想も含めてここに報告する。

2. 出展内容等

2-1 出展ブース

今年度も過去2回と同様に、半導体製造装置の後工程で欠かせない「半導体テスト・システム」で世界的に有名な(株)アドバンテスト様に図1のような美しいブースをご提供させて頂いた。そこに愛くるしいキリンの模型も配置した。

図2は展示ブース前での記念写真である。

写真中の左端は、本企画の発案者として先頭になって推進して来られた東京エレクトロンFE(株)前会長の石井浩介顧問、右から3人目が(株)アドバンテスト社長室広報・IR課の鶴田サツキ課長、右端は同管理本部人事部採用教育課の杉原大二郎様である。

今年度は、世界数か所で順番に実施されたセミコンにおいて(株)アドバンテスト様のブース担当者がアメリカから来られており、(株)アドバンテスト様がグローバル企業であることを肌で感じさせて頂いた。



図1 キリンが待つ(株)アドバンテスト様ブース内の美しい特設ブース

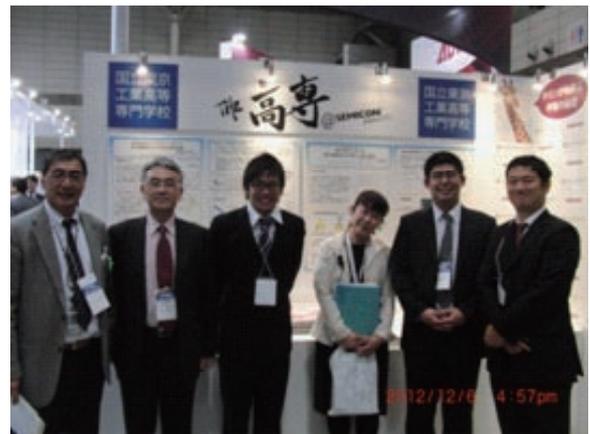


図2 ブース前で：左から石井浩介様（東京エレクトロンFE(株)）、清水、内田、鶴田サツキ様（(株)アドバンテスト）、高島、杉原大二郎様（(株)アドバンテスト）

2-2 出展内容

2-2-1 展示「キリンから学ぶ呼吸の秘密」

展示については過去2回と同様に、「振動流」、「呼吸」、「気管」をキーワードとした。呼吸は気管内を往復運動する振動流によって行われているが、キリンの場合、呼吸の際のデッドスペースとなっている気管が長過ぎるので、なぜ換気ができているのか、疑問である。そこで、気管内面を観察すると、軟骨による凹凸が存在し、これが炭酸ガスの拡



散を増進する効果があるのではないかと考えた。詳細な実験の結果、その効果が大きいことがわかった。また、最近の物質移動実験で正弦波状振動流を間欠振動流に置き換えると有効拡散係数がさらに大きくなるという結果が得られた。

そこで、今回の展示では、管内の間欠振動流中の物質移動について、キリンや人の気管内面のような凹凸の有無による流れの状態の違いを可視化することにした。過去2回のドライアイスによる霧では曇って見えにくかったので、発泡スチロール粒子を使用した図3のような可視化デモ装置とした。

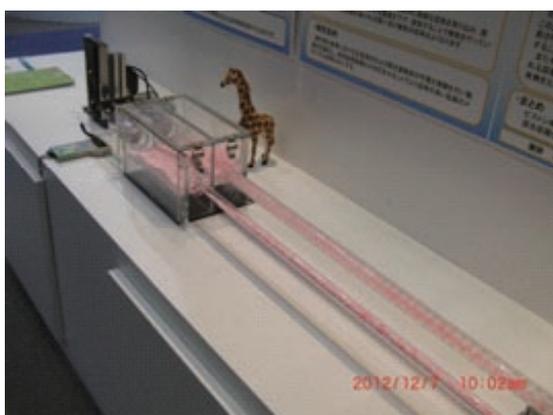


図3 内面形状の異なる2種類の管路内での三角カムによる間欠振動流可視化装置

管路には滑らかな内面を持つ内径18mmの直円管と小径部が同じ内径で、深さ6mmで幅10mmの溝を付けた円周方向溝付管の2種類を用いて、同時に同じ間欠運動する別のピストンを駆動して、図4のように管内の発泡スチロール粒子の運動を観察できるようにした。発泡スチロール粒子はアドバンテストカラーの「ワインレッド」に近づけるために、蛍光赤の塗料で覆って、美しく仕上げた。



図4 可視化デモ中に見える赤色発泡スチロール粒子（上：溝付管、下：直円管）

管路内の凹凸によって、振動流の管路中央の主流が振動流として左右に行ったり来たりしているときに、溝内部に渦輪ができ、ピストンが死点の位置に来た頃に、主流がほぼ停止するのに対して、渦輪が管内に管中央に向かって収縮して管路内はすべての領域で、激しく混合される状態が観察できた。動きが速くてわかりにくかったが、少しでも納得して頂けたようである。

2-2-2 卒業研究ポスター発表1：

「呼吸吸気のツインピストンを用いた間欠振動流による生体外換気実験」
機械工学科第5学年 内田 敦士君

高頻度振動換気法による非侵襲型人工呼吸器を想定した前年度の卒業研究で実施した「リフレッシュ機能付き振動流」では、換気実験を実施すると、リフレッシュエア（圧縮空気）をピストンの下死点で注入して呼吸を排気ポートから排出しようとしたが、肺空間内圧が大きく上昇してしまった。そこで、今年度の卒業研究では、呼吸用と吸気用を別のシリンダにした人工呼吸器として試作して、生体外換気実験をしている。その構造としくみ、そして実験結果を紹介した。我々の手作りによる実験装置でのピストンの最高振動数は6Hzで、すでに実用化されている侵襲型的人工呼吸器の場合は15Hzが普通なので、まだ技術的に改良の余地がある。今後、さらに精密な装置に仕上げ、より高性能な人工呼吸器として実用化の領域に到達することを夢見ている。

2-2-3 卒業研究ポスター発表2：

「間欠振動流の可視化と流れ解析」
機械工学科第5学年 高島 綾太君

管路内間欠振動流中の有効拡散係数の測定の結果、溝付管内で間欠振動流を発生させた場合、有効拡散係数が直管内正弦波状振動流に比べて大きく上昇することが、過去の実験でわかった。そこで、このメカニズム解明のため、物質移動に最も効果的であると考えられる「対流」にスポットを当て、特に半径方向流速の違いで、有効拡散係数の違

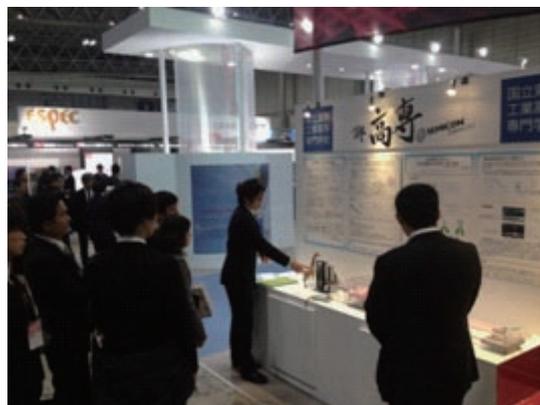


図5 卒研ポスター発表風景

いが生じるのではないかと、その大きさを可視化映像から求めて比較した結果について、報告した。

3. 発表学生の感想

3-1 内田 敦士君

「私は「セミコン・ジャパン」において、取り組んでいる研究発表をさせていただいたことで、自らの研究についての課題が多く見え、視野を広げることができました。

私の研究は人工呼吸器の改良が目的で、肺空間と新しいタイプの人工呼吸器を模した実験装置で生体外換気実験を行っています。人工呼吸器の部分は我々清水研究室の前年度の「リフレッシュ機能付き振動流による換気」を参考に、肺空間の部分はその容積などをできるかぎり近似して製作したつもりでした。しかし人工呼吸器への酸素の取り込み方や輸送の仕方、そして肺空間部分の近似の仕方に関しても関連企業の方々から様々なアドバイスをいただいたことで、研究に対するモチベーションが今までにないほど上がりました。

今回、協賛して下さった(株)アドバンテスト様をはじめとした多くの企業のお蔭様で貴重な発表の機会が与えられ、このような貴重なアドバイスまでいただけたのだと思います。この研究がさらに発展し、人や社会のために活かされる日が来ることを楽しみにしています。関係各所の皆様、本当にありがとうございました。」

3-2 高島 綾太君

「セミコン・ジャパンに参加した3日間はあっという間でした。自分の研究を外部の方々に聞いてもらう初めての機会、楽しみというよりむしろ不安であり、かなりのプレッシャーを受けていました。実際、自分の研究内容を初めての方にわかってもらうのはとても大変でした。予備知識のない方に研究内容をわかりやすく簡潔にまとめる必要があり、そのためにどのような工夫をすればいいのかなど今まで以上に説明の技術が求められ、それはそのまま自分の能力向上につながり、それを実感できました。また、説明した際に予想してなかったご指摘や質問もたくさんあり自分の研究を見直す良い機会になりました。セミコン・ジャパンの各企業ブースで半導体の最先端技術を見て回ることができ、とても貴重な機会になりました。このような機会を設けてくださった関係者の皆様や参加したすべての企業の

方々に感謝します。」

4. お客様からのコメント例

お客様から頂いた貴重な助言、コメントや感想例を次に紹介する。

- CO₂とO₂に相当する色分けした発泡スチロール粒子で可視化できたらもっと混合の状態がわかりやすくなるのでは？
- 人工呼吸器を目指すならば酸素供給も考慮すべきでは？
- 間欠振動流の変位線図を変形したら？
- 口腔部分も適切に再現すべきでは？
- キリンの首、人工呼吸器など身近な疑問点を探求しているところがおもしろい。
- 人工呼吸器のチューブが1本であるがゆえにCO₂とO₂の交換効率が悪くなってしまおうと考えられる問題は、電気信号においても似たような問題が起り、位相を変えて交換したり通り道を分けたりしている。
- 早く特許を取得すべき。
- 産学共同研究はしないのか？
- 臨床医との共同研究が必要になるよ！

5. まとめ

「キリンから学ぶ呼吸の秘密」と銘打ってThe 高専@セミコン・ジャパンにて今年も出展させて頂いた。発泡スチロール粒子をトレーサーとして導入して流れの可視化デモをさせて頂いた。ある程度理解は得られ、多くの有益な助言も頂いた。皆様に心から感謝したい。参加学生らも卒研ポスター発表を通してプレゼン能力が向上するとともに多くの産業界の方々と直接触れ合うことで、半導体製造装置の分野を含めた様々な多くの勉強をさせて頂いたようである。今年も美しいブース等を提供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して頂いている東京エレクトロンFE様やその他の多くの関係の協賛企業の皆様に対して心から感謝を申し上げたい。本企画が今後も継続されることを切望するとともに半導体製造装置産業の企業の益々のご発展とご繁栄を祈念する。

謝辞

本記事で紹介された研究はJSPS 科研費24592758の助成を受けたものです。