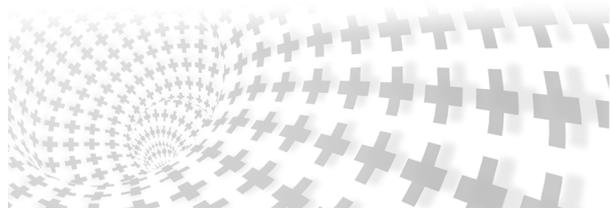


こんにちは



熊本大学自然科学研究科（理学系）戸田・大平研究室を訪ねて

〈はじめに〉

2014年9月24日、旧国道57号線（県道332号線）を熊本市中央部から阿蘇方面に向かう途中、地元の人々には通称「赤門」と呼ばれる赤煉瓦造りの歴史的な趣のある表門が熊本大学（黒髪地区）の目印として見えてくる。緑豊かなキャンパスには近代的な教育・研究棟とともに、国指定重要文化財となっている赤煉瓦造りの歴史的建造物も配され、紅葉の季節にはキャンパス内に植えられた多くの銀杏の黄色と美しいコントラストを魅せ、学内を散策する気にさせる。しかしながらこの日は季節が異なるうえ、フィリピンや台湾で猛威を振るった台風第16号の影響であいにくの雨模様であり、黒髪南キャンパス到着早々に理学部1・2号館内の戸田・大平研究室を訪問した。

戸田・大平研究室の前身は熊本大学の理学部化学科の分析化学講座で、永井英夫先生、出口俊雄先生、實政勲先生に次いで2008年より戸田 敬先生が4代目の教授となり研究室を構えている。また2009年より大平慎一准教授が加わり、タッグを組んでいる。現在、学生は博士後期課程2名、修士課程10名、4年生9名の計21



写真1 理学部建物前で研究室のメンバーと記念撮影。前列左から4番目が筆者、続いて戸田先生、大平先生

名で、内2名はソロモン諸島とスーダンからの留学生である。

〈研究概要〉

戸田・大平研究室では、新しいデバイスの開発をはじめ分析システムの構築にいたる新規な分析手法・分析装置の開発や、独自のシーズを生かした環境化学の解明、特に大気化学について研究が行われている。要素技術から環境への応用、自然界の現象を解き明かす基礎的な研究まで多岐にわたるため、その全てを紹介するのは紙面の関係で困難であり、代表的なものを以下で紹介する。

1. ガス分析デバイスの開発

「これまでできなかったことを可能にする」をキーワードに分析に必要な要素技術やデバイスの開発が行われている。主なものの一つに、マイクロチャンネルをハニカム状に配置した気体のスクラバーがある。この構造により広い吸収面積と浅い吸収液層が得られ、従来のインピンジャーに比べて2万倍もの高い捕集濃縮特性を達成したという。このマイクロデバイスを核にしてマイクロ蛍光検出器やマイクロ送液システムを集積化したものをマイクロガス分析システム（ μ GAS: micro Gas Analysis System）として提唱されている。文字どおりGASを分析するマイクロシステムである。デバイスの設計やMEMSにかかわるマイクロファブリケーションも研究室で行っており、オリジナリティのある研究が進められている感を持った。また、化学発光を利用したガス分析装置も開発されている。この μ GASや化学発光装置によって様々な気体成分や大気成分のフィールド分析やオンサイト分析が可能になり、ロシアからの要請によりバイカル湖の製紙工場周辺の大气測定を陸と湖から行ったり、デンマークの研究者が研究室を長期訪問して装置作りを行って持ち帰ったりしている。戸田教授もデンマークを訪れ養豚場の悪臭ガスの分析をともに行っている。熊本をはじめ九州は畜産が盛んであるが、デンマークは

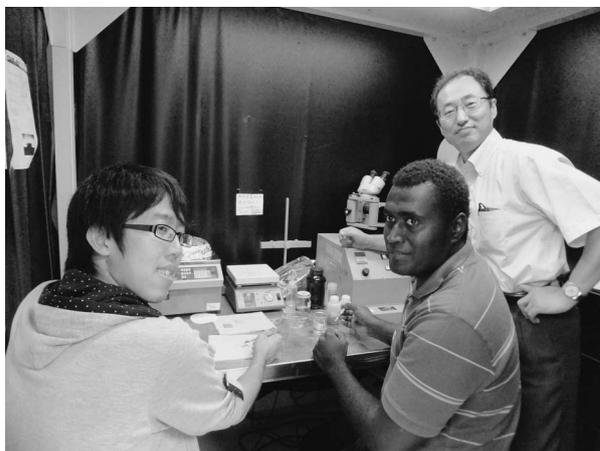


写真2 イエローライトのクリーンブース内でマイクロデバイスを試作する古江君、Edwin君と戸田先生

人口の5倍もの豚を年間に生産している畜産国家で、メチルメルカプタンなどによる悪臭は国全体にわたる課題である。開発した分析装置はこのように海外でも役立つ。μGASなどの装置は「フィールダブル」なもの特徴である。しかも高感度で、sub-ppbvレベルの成分を連続的に測定できるつわものである。阿蘇山の火口をμGASとともに山岳周遊し、H₂SとSO₂の濃度分布や動態を明らかにしたり、有明海干潟から放出される硫黄成分気体の動態を明らかにしたりしている。

2. 大気化学・環境化学の解明

分析化学は測れてなんぼであり、また測ってなんぼである。研究室で開発した分析装置は、他のグループではできない大きな武器となる。特に、微量成分の時間に伴う変動を追跡するのに、開発した各デバイスや装置が大きな役割を果たしている。また、GC-MSやHPLC-MSなど既存の分析装置を組み合わせる体系的な大気分析を進めている。森林の植物など自然起因の物質が、大気中で反応し、どのような物質に変遷していくか、大気にどのような影響を与えるかを探っている。森林では、植物起源の揮発性有機化合物BVOCがたくさん放出されており、日本全体でとらえるとその量は人為的なVOCの放出よりはるかに多いという。BVOCが、オキシダントの増幅やホルムアルデヒドの生成などに寄与している様子を明らかにし、そのメカニズムを探っている。実際、森林内のオゾン濃度は春から夏にかけて郊外よりも高くなり、その増幅は代表的なBVOCであるイソプレンの発生量に依存していたという。また、ホルムアルデヒドは、大気中の粒子に含まれると考えられるが、これまでのフィルター捕集では検出されることがなかった。これについても粒子と気体を分離して捕集するウェットデニューダーと湿式の粒子捕集デバイスを作製し、大気中の微小粒子にホルムアルデヒドが含まれることを証明した。また、硫酸アンモニウムのようなPM2.5の代表的な粒子成分は湿度とともに粒子が成長することが知られているが、PM2.5の粒子の成長に合わせてホルムアルデヒドが気体からPM2.5に移行するデータが得られていてたいへん興味深い。森林内という人為汚染のないところでの測定結果にもかかわらず、粒子中ホルムアルデヒドはPM2.5の約1%も占め、また、同じ発がん性物質であるベンゾピレンなどと比べても1000倍ほど含まれているようで、インパクトの大きな発見である。この内容は、昨夏、中国の新聞やwebでも紹介されたそうである。

3. イオン抽出デバイス

電界と膜透過を利用し、水性試料のマトリックスから溶存イオン成分のみを簡便に取り出すイオン抽出デバイス(IED)に取り組んでいる。飲料物や生体試料などは

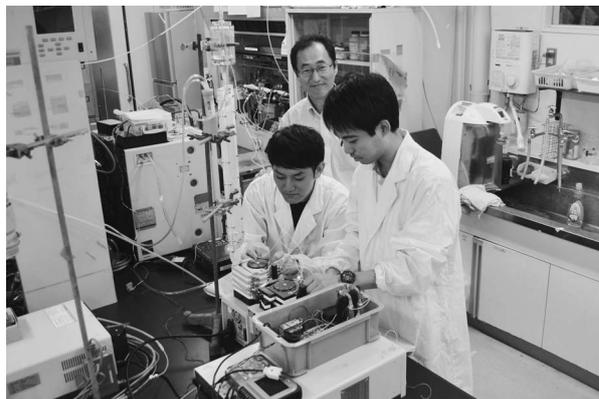


写真3 PM2.5と気体を分別する装置を製作し調整を行っている彌永君、穂積君と戸田先生

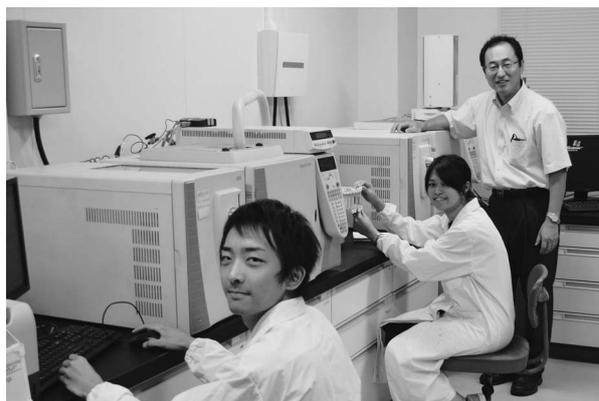


写真4 GC/MSや加熱脱着装置を操作する山崎君、鎮守さん、戸田先生

直接クロマトグラフなどの分析装置への導入が難しいため様々な前処理が行われているが、IEDを分析装置に直結した分析法を提唱している。フロー系で駆動すると、わずか数秒IEDを通過するだけでイオン成分がアクセプター溶液に移動するそうである。この原理を応用して、牛乳やワインなどの成分分析や尿・唾液・血液などの分析法を開発している。特に、血液は通常血清を取り出して分析を行っているが、全血のまま分析ができれば、血液試料1滴から様々な診断ができるとして期待される。そのほか、溶存クロムは3価、6価の酸化数によってイオンの電荷の正負が逆になっているので、ICP-MSのネブライザーの手前にIEDを設置するだけで簡単にクロムの化学形態別分析が行える。IEDはまだまだ発展性のある分析技術である。

4. 水処理

熊本県内の阿蘇地域で産出するリモナイトを利用した新しい水処理法を開発している。元々は、排ガス処理におけるリモナイトの脱硫特性の評価をお手伝いしていたそうだが、硫化水素を吸着して廃材となったりリモナイト表面で不均一系フェントン反応が起こることを当時修士課程の学生さんだった田中君が発見されたそうである。吸光度で1~3もある色素溶液が数秒で透明になるそう

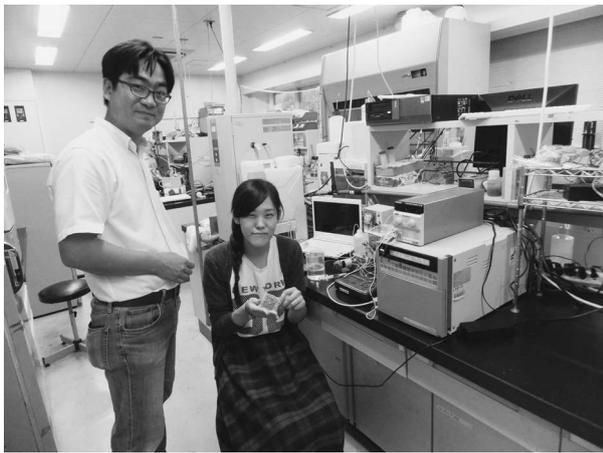


写真5 IEDを手にディスカッション中の森さん，大平先生

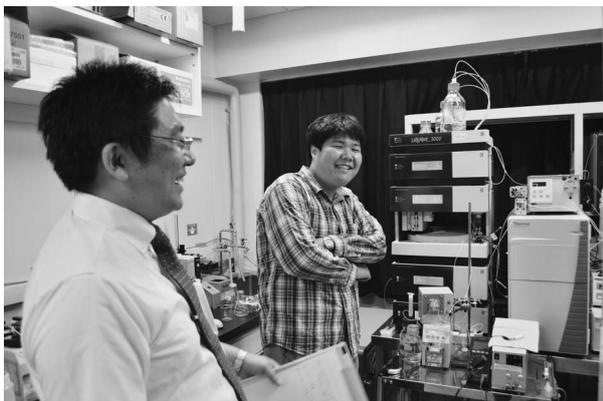


写真6 血液1滴の成分を抽出するイオン抽出デバイスをLC-MSに接続し談笑する中村君と筆者

である。このことを利用して養豚場や工場の排水処理に使えるよう、研究を進めている。また、新しい素材であるグラフェンや酸化グラフェンを使った環境の浄化にも取り組んでいる。

〈おわりに〉

地域的・社会的な変化により環境分析のニーズは様々なに推移していること、また測れるようになったからこそ明らかとなった環境現象も数多くあるのは周知の事実である。今回の研究室訪問において、独自の分析技術・分析装置の開発にとどまらず、これらを生かした実環境の計測と大気化学・環境化学の解明をきわめて多岐にわたって取り組まれているのを伺って、戸田先生・大平先生の研究に対するアクティビティの高さに頭が下がる思いであった。

また、特に印象深かったのは研究室の何人かの学生に研究について話を聞かせてもらった内容である。話を聞いた学生はほぼ一様に、研究では分析システムの重要な部分を、工作することを含め最初から組み上げて行くので、作りあげる楽しさがある。その一方で、モデルケースでうまく分析できたとしても、フィールドや実試料の分析ではなかなか成功しないことが多くて大変である。そこでさらに苦勞と工夫を重ねて分析できる所まで仕上げた時が一番面白くてやりがいを感じると話してくれた。このような苦勞とその克服による成功体験は、研究を通じた教育のなかで最も重要な部分だと思われるし、学生からそのような発言が出たことで、戸田先生と大平先生の研究と教育の姿勢が素晴らしいと感じることができた。

最後になりましたが、お忙しい中、時間を取って説明してくださった戸田先生、大平先生、さらに筆者の研究室訪問を明るく迎えてくださった研究室員の皆様に心より感謝申し上げます。

〔崇城大学工学部 西田正志〕

新刊紹介

金属錯体の色と構造

——電子スペクトルと機能物性の基礎——

海崎純男 著

私たちの身の回りにある宝石や貴石、また、日用品として使うガラス、プラスチック、陶磁器の顔料に見られる美しい色は、金属錯体の遷移金属イオンによるものである。これらの色は中心金属やその回りに結合している配位子や配位立体構造によって変幻自在に変わり、私たちの生活を彩っている。例えば、平面4配位Cu(II)錯体のエジプシャンブルーと呼ばれる顔料は、紀元前3000年頃に人類の歴史上で初めてエジプトで

合成され、ローマ帝国時代から中世にかけて広く使われた。この青色は630 nmの吸収の補色として青色になるが、一方で近赤外域に長寿命の強い発光があり、近年はバイオメディカル発光体、イメージング、テレコミュニケーション用の赤外発光、セキュリティ用インクなどのナノ材料への応用が期待されている。古代顔料が最先端近代技術として再発見されていることに、化学のロマンを感じる。本書では、色の原因を科学的に解明し理解するために、結晶場理論や配位子場理論、角重なりモデルを解説し、電子スペクトルを用いて基底状態-励起状態間のd-d電子遷移における吸収や発光スペクトルが遷移金属イオン、配位子や配位構造により受ける影響を明らかにしていく。また、金属と配位子間の電荷移動遷移にも言及する。これから金属錯体を学ぶ人の指南書としてお勧めしたい一冊である。

(ISBN 978-4-7827-0722-7・A5判・149ページ・2,500円+税・2015年刊・三共出版)