

好奇心から芽生えた課題を育んで



高村 喜代子

私が東北大学の学生として研究への第一歩を踏み入れて以来、いつしか半世紀が過ぎた。今回本欄への寄稿を依頼されたのを機に、その間に学び得たことなどを綴ってみたいと思う。

太平洋戦争さなかの1944年9月、私は東京から仙台の旧制高等女学校に転校した。そして翌年、空襲や物資不足の混乱の中で終戦を迎えた。しかし事態はすぐには好転せず、しばらくは食糧難のどん底と国家体制の崩壊を体験した。1948年に学制改革により新制高等学校が発足したのに伴い、私は高校第2学年に編入学した。大学進学チャンスが女子にも平等に開かれたとはいえ、それは今のごく当たり前のことではなく、当時はまだほんの少数に限られていた。今ではどうい想像もつかないだろうが、戦時中の教科書はきちんとした装丁のものではなく、薄っぺらなガリ版刷りの分冊を何回かに分けて配布された。しかもその内容には男子用と女子用の差別があり、特に女子用の英語と理数系科目には男子用に比して大差があった。それで東北大学への進学を志した私は、その遅れを一気に取り戻すために高校の2年間を必死に過ごした。それを親身になって猛烈に応援、指導してくださった何人かの先生に恵まれたのは非常にありがたかった。幸いにも合格したのが1950年の春。こうした体験を通して、目標を遂げるために努力し耐えることが人間向上のために大切であり、人間みに与えられたすばらしい特権であることを体得した。これがその後の人生の大きな糧となり、今日まで曲がりなりにも研究を続けてこられたと感じている。

東北大学での9年間

東北大学理学部に入学して3年目に化学科に進学し、4年目は卒論生として無機化学講座に所属した。ここは長年にわたり、故石川総雄教授が広範な無機化学反応を



著者近影

化学熱力学に基盤を置いて体系付けをされてきた由緒ある教室であった。ちょうどその年に石川教授が定年退官されたので、当時助教授の樋口 泉先生に師事して界面吸着の研究に取り組んだのが、私の研究生生活のスタートであった。次いで大学院理学研究科に進学して2年目、米国ミネソタ大学の故Kolthoff教授の研究室から帰国早々の故田中信行先生が無機化学講座教授に着任された。Kolthoff教授は分析化学を現在のように体系化され、“Quantitative Inorganic Analysis”, “Polarography”など多くの著書を通して世界的に著名な方であった。ここで私は研究テーマを変更し、ポーラログラフィーを主な反応計測手段として金属-EDTA錯体の反応を平衡論と速度論の両面から解析することになった。ボルタンメトリーの一部分であるポーラログラフィーは、今でこそ時代遅れの感がするが、当時は最新のハイテク技術であった。これが私の電気分析化学との出会いであった。この研究成果により、1959年春に理学博士の学位を取得した。

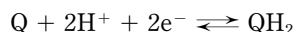
さて、電気化学、錯体化学、界面吸着、というと、一見関連の薄い事柄と思われるかもしれない。しかし、電気化学反応の舞台は、電位を印加した電極と電解質溶液とが相接する異相界面である。溶液内部から界面に到達した反応物質は電極から電子を授受して酸化・還元反応をなす。さらに、電位変化に伴って物質の吸着・脱着も起こる。これらの挙動は溶液内での物質の溶存状態（たとえば共存化学種や溶媒分子との錯体形成など）により異なることが多い。東北大学での研究を通して焼きついたこのイメージは、以後半世紀私の脳裏に動画となって生き続け、新しいテーマへのモチベーションとなった。

東京薬科大学におけるおもな研究の流れ

1. キノンのボルタンメトリーから酸度センサーまで
1959年に東京薬科大学に着任したのが、私にとって

薬学との初めての出会いであった。当初、研究テーマに何を手がけたらよいか苦慮したが、まずキノンのポーラログラフィーからスタートすることにした。キノンに着目した理由は、それが生理活性物質の基本骨格の一つであること、その酸化還元反応を扱うことから私自身が薬学へのアプローチを図ろうとしたからである。

通常、キノン類はプロトン性溶媒（水、エタノールなど）中で次式のように電気化学的に還元されて、ポーラログラムには1段の還元波が生じる（Qはキノンを表す）。



あるとき、共存物質の影響を調べるため試料液に少量の酸を加えたところ、キノン自体の還元波よりも正電位側に新しい還元波（還元前置波）が生じることを見いだした。キノンを含まない、酸だけの試料液ではこの現象は見られないので、この還元前置波の正体がとても気になった。そこでその発生原因を突き止めるため、定電位電解などを試みると、生成物は上式と同じQH₂（ヒドロキノン）であることがわかった。その波高は添加した酸濃度に比例すること、また前置波の電位は酸の強度が大きいほど正電位側にシフトすること、などの事実を見いだした。こうした所見を総合して、次のような結論に至った。酸が共存しない場合、溶媒がキノンに対してプロトンを提供する。ここに溶媒よりも強い酸を加えると、酸のプロトン供与能力が溶媒より大きいので、キノンの還元が容易になり、キノンの還元電位を正電位側にシフトさせる。これが還元前置波の生因である。したがって、この現象は試料液が非緩衝状態のときにしか見られない。

この現象は酸の共存によって引き起こされたのであるから、分析化学への応用といえはすぐに酸の定量ということになる。当時は市販試薬中の不純酸の定量などを試みたが、私がアメリカに留学したり、帰国後は別の研究課題に没頭したために、分析化学的応用はそれ以上には進まなかった。しかし1990年代になって、楠文代氏（現東京薬科大学教授）から「キノン-酸系の研究をあのままに終わらせるのはもったいない」との提言もあって、その応用展開に積極的に乗り出した。測定手法もカーボン電極を作用電極とするボルタンメトリーに切り替えた。その結果、検出法も従来のバッチ式にとどまらず、以下に述べるように流れ分析の電気化学検出器から酸度センサーへとデバイス化され、広範な応用に繋がったのである。

油脂の酸価測定 まず目を付けたのが油脂の酸価測定への応用であった。脂肪酸とグリセリンのエステルである油脂は、いったん精製しても時間経過とともに加水分解して遊離脂肪酸を生じる。その遊離脂肪酸の総量を表示したのが「油脂の酸価」であり、精製や保存の状態

が不良であれば酸価値は大になる。したがってその価は、油脂の品質評価の指標として重要な意味を持つ。油脂類は食品ばかりでなく、医薬品・工業製品・化粧品などで重要な物質であるから、その原料および製品の品質管理には「油脂の酸価」の測定法は重要である。公定分析法として最も汎用されているのがアルカリ滴定（通常メタノール溶液中）であるが、終点決定が常に適確とは言えず、分析時間が長い、感度が低い、多量の試料を必要とする、などの難点が指摘されていた。

そこで現場での実用性を高めることを意図して、従来法よりも感度・精度ともに優れ、しかも迅速で自動化も可能という分析法の開発を目指して、カーボン電極内蔵のフロー型酸測定装置を作製し、これを検出器とするフローインジェクション分析（FIA）系を構築した。キャリア液にはキノンと過塩素酸リチウムを含むエタノール溶液を用いる、単純な一流路系であった。これによれば、実試料中に混在する高級脂肪酸類の総濃度に対応するフローシグナルが得られたので、酸の総量である酸価測定が可能であった。本法は従来の滴定法よりはるかに高感度で精度も優れ、簡易な操作で1試料につき1分という迅速分析を可能ならしめた。また、この検出器は高速液体クロマトグラフィー（HPLC）の検出部としても有用であり、個々の脂肪酸の分離定量にも成功した。

飲料の酸度測定 果実ジュース、ワイン、コーヒーなどには種々の有機酸が含まれ、風味を支配する重要な成分であることが知られている。その含量は、原料の品種、産地、生育状態、加工処理などにより変動しやすい。したがって総酸含量は、飲料製品の品質を示す指標の一つとして重要である。飲料製造現場では総酸含量を表す「滴定酸度」の値を中和滴定により求めているので、前述と同様の問題が^{まさ}起こり得る。したがって、ここでも従来法に優る新規酸度計測法の開発が望まれる。

そこでワインやジュースの酸成分である酒石酸、クエン酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸などの混合溶液中でキノンのボルタモグラムを測定したところ、1段の還元前置波が現れ、その波高から混合酸の総当量濃度が得ることがわかった。実際にワインやジュースの500 μLを検液に添加して、酸度測定が可能であった。

さらに前述の電気化学検出 FIA 法は、コーヒーの酸度測定に有効であった。これにより、ロースト時間に伴う数種のコーヒー豆の酸度変化を追跡したところ、それぞれのコーヒー（抽出液）の味がベストとされるロースト時間で酸度も最大値を示した。実際に電気化学検出 FIA のシグナルとヒトの舌が感じる酸味の強さとの相関性が見られたのは、味覚センサーへの糸口を示唆するものとして興味深い。また電気化学検出 HPLC 法は食品の発酵過程の追跡にも有効であり、ワインあるいはヨーグルトの発酵経過中に種々の酸類が増減する実態が追跡できた。

果汁・ワイン用酸度センサー キノンのボルタンメトリーを利用して、電池駆動型の小型酸度センサーを開発した。このセンサーを使えば、わずかに数百 μL の試料量でワインまたは果汁の酸度が1分以内に測定できた。特に本品は軽量であり、携帯型酸度センサーとしてワイナリーなどの醸造工程のみならず、果実栽培農場での現場計測が容易に行えるので、実用性が高いと思われる。

酵素活性測定 リパーゼ、エステラーゼなどの酵素活性は、その酵素反応により生成した酸を定量することにより決定される。前述の電気化学検出 FIA 装置に酵素反応溶液を注入すれば、生成した酸の濃度を直接に計測できる。この方法を市販製剤中のリパーゼの活性測定に適用し、好結果を得た。

さて、これらの成果を学会発表するとき、質問内容から微量酸計測に対する更なるニーズを知らされることが多い。ある食品関係者から、穀粉中のリパーゼ活性測定が可能かと問われた。穀粉を長期保存すると、穀物中のリパーゼの作用で微量遊離脂肪酸が生じ、味が劣化するらしい。そのリパーゼ活性はごく微弱なので、感度が低い従来法では測定限界以上の遊離酸量を蓄積させるために、非常に長時間酵素反応を継続しなければならないそうである。高感度の電気化学検出 FIA 法を適用すれば、相当な反応時間の短縮が期待できるはずである。同様な例として、化粧品に直接手指を触れて長期使用していると、皮脂中のリパーゼのために化粧品の品質劣化を招くこともあり得ると、化粧品関係者から聴いたことがある。

2008年9月、スペインのセビリアで開かれた第59回国際電気化学学会で、私は本研究の発端から酸計測の原理と分析への応用に至る経緯を前置きにして、小型酸度センサーの性能評価について講演した。その最後に、「果汁、ワインの味を支配する主な要因に糖度と酸度がある。前者については、旋光度測定に基づく簡易な自動計測が栽培・製造の現場で行われている。しかし後者については、酸度測定の原理が中和滴定に基づく限り、簡易迅速な自動計測はこれまで困難であった。キノンをメディエーターとする我々の電気化学計測法は従来法とまったく発想を異にすればこそ、それを可能ならしめたのである。」と結んだ。

質疑応答となったとき、Complutense de Madrid大学のPingarron教授が真っ先に挙手された。彼の第一声が“Congratulations”であったのに、非常に驚かされた。これまでの研究成果が結実して製品化されるに至ったことに、祝意を表してくださったのであった。とっさに“Thank you”というべきであったが、思いもよらない言葉だったので、私がそれに気が付いたのは帰国の機内であった。続く3人の質問者からも“Congratulations”という前置きを頂戴した。質問終了後、会場係の女性にマイクを返したとき、彼女も“Congratula-



写真1 第59回国際電気化学学会で講演後、Pingarron教授(後ろ向き右側)との質疑応答(2008年9月10日。Seville, Spain)

tions”と言ってくれた。まさに研究者冥利に尽きる醍醐味を味わった一日であった。

現在、この微量酸計測の主旨は東京薬科大学の楠文代教授らに引き継がれ、その適用は生体酸物質の推移と病態との関連解明、あるいは薬物代謝の動態計測などに鋭意展開されている。50年前、私がキノンのポーラログラムに現れた小さな還元波に抱いた素朴な好奇心(curiosity)が、本研究の端緒になった。時を経て、こんなに多方面に応用が展開されようとは当初思いもよらなかった。まことに感無量である。

2. 電極界面に「もっと光を」—電極界面状態のその場測定へ

前述のように電極界面では電位の変化に伴って多彩な現象が繰り広げられる。1960年台の中頃から、電解質溶液に接する電極の界面状態が、電解経過に伴って如何に変化するかを、「あるがままの姿」でなんとかして覗いて見られないだろうか、という思いに駆られるようになった。今で言う「その場(in situ)測定」である。しかし電気化学的測定法だけでは、得られる情報に限界があるので、光をモニタリングプローブとして併用するのが有効ではないか、と考えた。つまり、夜道で小さな落とし物を探すのに、手探りではなく懐中電灯で照らして見ると同じ発想である。

その手始めとして、夫の高村勉が東芝総合研究所にてGeおよびSiのプリズム電極に赤外線を投入するATR測定を試み、初めて電気二重層の存在を実証した。その結果を、1965年に国際電気化学会議(東京)で講演した。その会議にアメリカから参加されていた故Ernest Yeager教授(Case Western Reserve大学)が非常に関心を持たれ、それがご縁で私ども夫婦はYeager教授のラボで共同研究する機会を得た(1968-1969年)。そこで行ったのが可視光による金電極界面の



写真2 Yeager 教授を訪問した筆者夫妻(1992年8月24日。Cleveland, Ohio, USA)

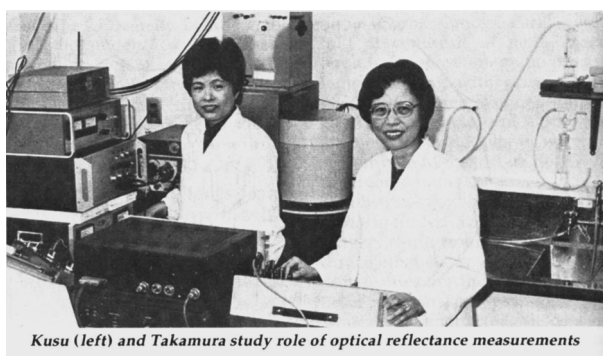


写真3 電極界面の鏡面反射率測定中の楠文代氏(左)と筆者(Chem. & Eng. News, 1985年1月14日号33ページ掲載)

in situ 鏡面反射率測定であった。何もかも初めてのことで、散々試行錯誤の末、印加電位を走査しつつ反射率を測定すると、金電極表面の酸化層形成(酸化)とその消失(還元)を示すサイクリックボルタモグラム(電流-電位曲線)とピッタリ一致する反射率-電位曲線が得られた。これをご覧になった Yeager 教授はまさに欣喜雀躍され、すぐに我々を伴い、測定ほやほやのチャートを掴んで恩師である Hovolka 名誉教授の部屋に駆け込んだ。新発見の喜びを恩師と分かち合う Yeager 教授の姿に心底感動させられた。これが電解経過中の電極-電解質溶液界面に初めて光を投じた報文 {*J. Electrochem. Soc.*, **117**, 626 (1970)} となったのである。

そして帰国後、鏡面反射率測定法による電極界面の状態分析は、東京薬科大学の研究室で無機・有機化合物の吸着を対象に20年ほど継続された。この間、1978年には先述の楠氏が「鏡面反射率測定法による固体金属電極上への異種金属イオンの吸着に関する研究」により東北大学から理学博士の学位を取得した。また、1982年には篠原厚子氏(現清泉女子大学教授)が「電極界面における酸化還元補酵素類の吸着挙動と電子授受反応に関する研究」により東京薬科大学から薬学博士の学位を取得した。1984年、日米化学会議(PAC CHEM)がハワ

イで開催されたのを機に、私はこれまでの結果を纏めて講演した。これが思いがけず *Chem. & Eng. News* (1985年1月14日号)に科学トピックスとして取り上げられ、私が楠氏と一緒に測定中の写真つきで紹介された。電極界面を見たいばかりに「もっと光を」と続けたことが、本法の適用をこんな複雑系にまで展開させたのである。Yeager 教授との初報発表当時は思いもよらなかったことである。ゲーテの最期の言葉である“Mehr Licht (もっと光を)”のようだ、と誰かにいわれたことがあった。

今日、固体電極界面の *in situ* 計測は、STM, AFM などの高度な光学的手法が次々に導入されて多彩に展開している。この世界的な流れを思うとき、その端緒に私どもがこのような形でかかわることができたことに感慨を覚える。

3. 微量過酸化水素定量用高感度試薬の開発から計算化学の導入まで

東京薬科大学に就任以来、周囲から過酸化水素の定量法についての質問を何度か受けた。はじめのうちは何であんなものが、と内心思っていたが、しだいにその重要性を認識するようになった。過酸化水素はその酸化力ゆえに、食品の防腐剤、殺菌・消毒剤、漂白剤として使用されるが、発がん性が疑われるため製品中の残留量がゼロであることが求められている。自然・環境問題としては酸性雨の生成過程に過酸化水素がかかわることが指摘され、大気、雨水中の過酸化水素量は大気汚染の指標として重要視されている。一方、種々の生体成分はそれぞれ特定の酸化酵素で酸化されて過酸化水素を生じる。したがって臨床化学分野では、この過酸化水素を定量して生体成分の量的変化を把握し、疾病診断に有用な情報を得ている。このように過酸化水素の定量は、多くの分野で極めて重要な課題であり、感度・精度ともに高い定量法が求められている。

過酸化水素定量法としては、従来から吸光光度法、蛍光光度法、化学発光法、電気化学法など、様々な方法が考案され、それに伴って数多くの分析試薬も開発されてきた。しかし、そのほとんどが酸化還元反応に基づいているので、その分析値は試料中に共存する還元性、もしくは酸化性物質の影響を受けやすいという難点がある。そのため、共存物質の妨害に対する対策がしばしば必要となる。こうしたニーズに応じて、松原チヨ氏(現東京薬科大学名誉教授)の多大な協力を得て、感度・精度の高い新規定量法の開発に挑戦したのが1980年代のことであった。

新規定量法の開発といっても、検出原理が酸化還元反応にとどまる限り、上述の問題点は解決されない。そこで我々は発想の転換に挑んだ。すなわち、過酸化水素とチタン Ti(IV) との金属錯体生成反応に目を付け、従来

法とは全く異なる発色機構による過酸化水素の吸光分析法の開発に着手した。Ti(IV)は過酸化水素との親和性が高く、黄色のペルオクソチタン(IV)錯体を生成する。しかしその吸光係数は、微量過酸化水素の定量に利用するにはあまりにも小さい。そこでこれに吸光性の大きい有機試薬(Y)を配位子として導入すれば、もっと吸光係数の大きい錯体Ti(IV)-Y-H₂O₂の生成が期待できる。そうすれば、Ti(IV)-Yなる錯体は過酸化水素の有用な吸光分析試薬になるはずである。というわけで、配位子(Y)として有効な有機試薬をあれこれ探索しているうち、ピリジルアゾ化合物のPARとPAPSに着目し、Ti-PAR, Ti-PAPS試薬の誕生に至った。両試薬とも過酸化水素と安定な赤紫色のTi(IV)-Y-H₂O₂型錯体を生成し、過酸化水素1Mあたりの吸光係数は10⁴M⁻¹cm⁻¹台で非常に高感度であった。その上、共存物質の影響を受けにくい利点があり、実際に環境・生体試料分析への応用を図ることができた。

1990年代になって、さらなる極微量過酸化水素検出のニーズが高まるようになってきた。そこでもっと強い光吸収能(モル吸光係数が10⁵M⁻¹cm⁻¹台)を持つポルフィリン化合物を配位子(Y)とする、超高感度の試薬創製を企てた。ポルフィリン環のソーレ帯による強い光吸収能は従前からよく知られるところであったが、水溶性が低いことが、ポルフィリン化合物が分析試薬として実用されることの障害となっていた。しかし、幸いにもその当時水溶性ポルフィリン類の合成が進み、製品の入手が容易になってきた。試行錯誤の末、5,10,15,20-tetra(4-pyridyl)porphyrin(TPyPと略)をベストの配位子としてとりあげ、Ti-TPyP試薬を開発した。この試薬は過酸化水素と安定な橙黄色錯体Ti(IV)-TPyP-H₂O₂を生成し、そのモル吸光係数は1.1×10⁵M⁻¹cm⁻¹と極めて大きい。こうして前述のTi-PAR, Ti-PAPS試薬をさらに上回る超高感度試薬が得られた。この試薬についても環境・食品・生体分析分野の実試料に応用を広げた。

さて実用分析の観点からは、高感度・高精度に加えて操作が簡易迅速で試料が少量であることが望まれる。そこで、Ti-TPyP試薬を用いる過酸化水素の検出法を組み込んだFIA法を構築した。たとえば雨水・河川水中の過酸化水素定量では、注入した検液をミキシングコイル中で試薬と混合してTi(IV)-TPyP-H₂O₂錯体を生成させ、フローセルを通過する錯体の吸光度を計測するのである。こうして煩雑な試料の前処理なしに、1時間に40検体の分析が可能となった。過酸化水素の検出限界は0.5 pmol/assay (S/N=3)であった。さらにこのFIA系に固定化酸化酵素カラムを設置することにより、種々の食品・生体成分分析にも応用が広がった。本法は共存物質の影響を受けにくいので、血清中グルコースの定量では、除タンパクのような試料の前処理を必要

とせず高い検出感度が得られた。

2001年に東京で開催された分析化学国際会議(ICAS)の“Porphyrins in Analytical Chemistry” Symposiumで、私はこれまでの成果を纏めて「Ti-TPyP試薬を用いる過酸化水素のFIA」と題して発表した。講演終了後テキサス大学のDasgupta教授から、実験の条件から試薬の入手法にまでわたる詳細な質問を受けた。その後も何度かメールでの質疑応答が続いた。その内容は、共存物質の影響、とくに有機過酸化物の影響など、であった。すでに我々は、かなり多数の共存物質の影響をチェック済みであった。しかし有機過酸化物に関しては、食品・生体試料分析の範囲ではさほど問題にする必要がないと思い、ほとんどチェックしていなかった。当時彼は気相中過酸化水素のFIAに我々のTi-TPyP試薬を取り入れ、pptレベルまでの過酸化水素の定量に成功した。その報文中には、本試薬は過酸化水素にのみ特異的に反応し、methyl hydroperoxideにはまったく反応しないことが強調されている。methyl hydroperoxideは最も一般的な大気中有機過酸化物である。これまで彼は大気中過酸化水素の定量をペルオキシダーゼ(POD)・蛍光検出法で行っていたため、methyl hydroperoxideによる妨害を除去できず、苦慮していた。PODは過酸化水素とmethyl hydroperoxideを区別できないからである。だからICASで私の講演を聞いたとき、彼の脳裏には「この試薬ならうまくいくのでないか」とひらめいたようだ。それで、過酸化水素にのみ特異的に作用するということはTi-TPyP試薬の優れた特徴であると、高く評価していただいたのであった。

さて、2003年のFIA講演会(岡山)でこれまでの実験事実を纏めて講演したとき、「Ti-TPyP試薬が過酸化水素のみに特異性が高いのはなぜか」との質問を受け、正直のところ戸惑った。明解な説明が難しいことに気づいたからである。しかし試薬の反応特異性の解明は、その試薬を用いる分析の信頼性を確証する上で非常に大切なはずである。それならばどうすれば解決できるだろうか。その後ずっと思索するうちに、根本的な解決は量子化学に基づく計算しかないのではないかと考えに至った。試薬分子と分析対象分子が特異的に結合するか否かは、両分子の分子軌道特性と、両分子接近に伴うエネルギー変化が主な要因であると考えたからである。そこで、東北大学多元物質科学研究所の松本高利氏が卓越した計算化学の技能を持つと聞いていたので、共同研究の意向を伺ったところ、幸いにも快諾が得られた。私にしてみれば計算化学の導入は、これまで思っても見なかった新分野への挑戦であった。

Ti(IV)-TPyP錯体と過酸化水素の分子軌道特性を検討した結果、錯体のTi原子部分と過酸化水素のO原子の軌道は同一相にあるので、両者が接近したとき軌道の重なりは最大になり結合形成が容易に進行すること、ま



写真4 Dasgupta 教授（左端）と一緒に（第15回国際 FIA 学会の晩餐会にて。2008 年 10 月 2 日，名古屋）

た両者の接近時に立体障害はなく、2.13 Å まで接近したときに最安定状態になること、が明らかになった。これに反して methyl hydroperoxide が接近するときは、軌道の相が互いに相違し、その上配位子のポルフィリン部分による立体障害も大きく、結合形成にきわめて不利であった。配位子による立体障害は、アミノ酸やタンパク質などの接近も妨げると考えられる。パソコンの画面に繰り広げられる分子軌道像やポテンシャルエネルギー図を検証しているうちに、何度もわくわくする思いに駆

られた。

これらの計算結果をとりあえずノートとして *Analytical Sciences* 誌に投稿したところ、2008 年 3 月号にいち早く掲載された {*Anal. Sci.*, **24**, 401 (2008)}。また、学会での口頭発表がきっかけになって、*Analytical & Bioanalytical Chemistry* 誌から寄稿の依頼を受け、実験部分と計算部分を総合した Critical Review が 2008 年 6 月号に掲載されるに至った {*Anal. Bioanal. Chem.*, **391**, 951 (2008)}。また、第 15 回国際 FIA 学会（2008 年，名古屋）で先述の Dasgupta 教授にお会いしたとき、本試薬の反応特異性が理論的にも証明されたことを伝えると、教授は非常に喜んでくださった。

分析試薬の反応特異性を計算化学の手法で解明することは、現在薬学分野で汎用されている「ドラッグデザイン」と軌を一にするものではなかろうか。分析化学の分野でも Ti-TPyP 試薬だけにとどまらず、「試薬デザイン」とか「試薬の性能評価」という観点で、今後このような手法の活用が広がることを期待している。

高村喜代子 (Kiyoko TAKAMURA)

東京薬科大学名誉教授。東北大学大学院理学研究科化学専攻修了。理学博士。分析試薬の特性評価。《主な著書》“Computational Optimization: New Research Developments” (分担執筆) (Nova Science Publishers, Inc.)。《趣味》世界見て歩きとその体験を伝えること、クラシック音楽鑑賞、ピアノ。

E-mail: takamura@toyaku.ac.jp

新刊紹介

環境中の腐植物質

—その特徴と研究法—

日本腐植物質学会 監修
石渡良志・米林甲陽・宮島 徹 編著

本書は、腐植物質とは何か？ 腐植物質は環境中でどのような役割をはたしているか？ 土壌、堆積物、海水、湖水、河川水、地下水から腐植物質を取り出すには、どのような方法が使われているか？ 腐植物質を研究するにはどのような方法が用いられるか？ について詳しく解説している。また、腐植物質が関係する化学、生物学、生態学、土木工学、地質学の分野や周辺領域の研究者、技術者に対する情報提供も目的としてい

る。本書の特徴は、複雑で分子的に特定できない有機物の総称である腐植物質が、地球上の様々な現象にかかわっていると捉えてまとめられていることである。最初に基礎知識として、腐植物質の定義、土壌中、水中、堆積物中の腐植物質の生成過程や特性を述べた後、分離・精製法について紹介している。分析法では、各種分光分析や NMR, ESR のほかに、平均分子量測定、炭素・窒素同位体比測定、界面活性測定などが解説されているが、化学分解分析法、熱分解・熱化学分解分析法をも含み充実している。さらに、腐植物質の金属イオンとの錯生成能や酸化還元能、有機汚染物質との相互作用に関する記述は、スペシエーションや自然界での挙動に深くかかわっており、環境化学的にも興味深い。腐植物質に携わる方々には、以前に紹介した「腐植物質分析ハンドブック—標準試料を例にして—」（三恵社，2007 年刊）と併せて一読いただきたい。

(ISBN 978-4-7827-0577-3・A 5 判・291 ページ・4,700 円+税・
2008 年刊・三共出版)