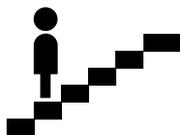


非水溶媒を用いる電気分析化学の50年



伊豆津 公佑

本稿では、私のわずかな経験を振り返りながら、この50年間の電気分析化学、とくに非水溶媒を用いる電気分析化学の変遷の一端を、思い付くままに記してみたい。

学生時代 1950年代の電気分析化学

私は、日本分析化学会が創立された1952年春に京大理学部に入學し、1954年春に化学科に所属、1955年秋から卒論生として分析化学研究室(石橋雅義教授)に所属した。当時の化学教室は大学の本部構内にあり、工学部の工業化学教室と隣接していた。分析化学研究室は、石橋先生(のち金沢大学長)のほか、重松恒信(のち京大化研教授)・藤永太一郎(のち後任教授、奈良教育大学長)・山本勇麗(のち広島大教授、福井工科大学長)・永井外代士(のち立命館大教授)・森井ふじ(のち岡山大教授)の諸先生がおられ、大学院生や研究生の数も多く、活気ある雰囲気であった。同期には小山睦夫氏(のち京大原子炉教授)がいた。石橋先生は我が国の海洋化学の先駆者で、分析化学と海洋化学の研究を並行して進めておられた。そのため研究室では、新しい分析法を開発した場合、それを海水試料に適用するということが習慣的に行われていた。

私はポーラログラフ分析法に関する卒業研究を希望した。当時、(直流)ポーラログラフ法(J. Heyrovský, 1922, 図1)は種々の無機・有機成分を、しかも同時に複数成分を定性・定量できる微量分析法として、また溶液中の反応や平衡に関する物理化学的な研究手段として、大変注目されていた。また我が国では、Heyrovský・志方益三両教授(1924)によって開発されたポーラログラフ装置が早くから製造・市販されたために、第2次大戦前や戦中にも一部でポーラログラフ法の研究が行われたが、とくに戦後は基礎研究と現場分析の両面でポーラログラフ法の利用者が爆発的に増加した。また当時は、我が国のポーラログラフ学者が大躍進した時代でもあった。ポーラログラフ装置が写真式からペン記録式(国産品の出現は1953年)へと急速に転換していた。また交流ポーラログラフ法(Breyer, 1944)、矩形波ポーラログラフ法(高感度法はBarker, Jenkins, 1952; その前身は石橋・藤永, 1950)など新しいポーラログラフ法の研究が行われ、交流法については仁木榮



著者近影

次教授による交流ブリッジ式装置が1954年から市販されて実用段階に入った。理論的研究(田中信行, 玉虫伶太; 舘 勇, 神原富民, 千田 貢; 松田博明教授ら)も非常に活発であった。1953年には電気化学協会にポーラログラフ委員会が発足し、世界最初の専門誌“ポーラログラフの研究(Review of Polarography)”の発行を開始、また1954年からポーラログラフ討論会(本会も共催)が始まった。ポーラログラフ法の優れた著書が国内でも幾つか出版された。

石橋先生から与えられた卒業研究のテーマは“電気分析化学の研究: Pontachrome Violet SWを用いるアルミニウムのポーラログラフ分析”で、直接の指導は藤永先生から受けることになった。Pontachrome Violet SW (PVSW)は o,o -ジヒドロキシアゾ色素で、そのアゾ基はポーラログラフ還元波を生じるが、アルミニウムイオンとキレートを作った色素は遊離の色素よりも少し負電位で還元されて、2段の還元波になる。Willard, Dean (1950)は、この現象を微量アルミニウムの定量に応用した。私に与えられたテーマはPVSWを合成し、この方法を追試した後、海水中のアルミニウムの定量に応用することであった。

本会近畿支部の“機器による化学分析講習会”は1954年から毎夏、京都で開かれていた。私は大学院に進んだ1956年(第3回)から実習(上記のアルミニウム分析など)の指導を手伝ったが、国産の分析機器が年ごとに進歩・充実する様子を体験する貴重な機会であった。

1956年9月から約1年間、藤永先生はミネソタ大学のコルトフ(I. M. Kolthoff, 図1)教授の研究室に留学された。修士課程に進んだ私は、 o,o -ジヒドロキシアゾ色素を用いるポーラログラフ分析が他の金属イオンにも適用できると考え、アゾ色素と金属イオンを種々組み合わせて検討した。幸いにアゾ色素は西川泰治先生(のち近畿大教授)から頂戴できた。その結果、Mordant Blue 2Rというアゾ色素が微量ウラン(UO_2^{2+})とジルコニウム(ZrO_2^{2+})の定量に適していることが分かった。当時、ウランやジルコニウムは資源として注目されていたが、従来のポーラログラフ法ではウランは定量感度が



1940年代末、カレル大学化学教室前。P. Zuman, *Electrochemistry, Past and Present* (J. T. Stock, M. V. Orna, Eds.), ACS, 1989, Chap. 23より。

図1(写真) ヘイロフスキー教授(ポーラログラフの創始者, 右)とコルトフ教授(ボルタンメトリーの開発者, 左)

低く、ジルコニウムは定量困難であった。後年、Joseph Wang 教授はこの測定系を吸着ストリッピングボルタンメトリーに用い、さらに高感度を得た。

博士課程では、主として“電流規正ポーラログラフ”について研究した。この方法は、石橋・藤永両教授により1956年に報告されたもので、滴下水銀電極(DME)に流れる電流を規制し、電流とDMEの滴下直前の電位との関係を求めて電流電位曲線を得る。私は、本法では支持電解質(または後放電物質)の電極反応の可逆性が限界電流値に影響を及ぼすことに気付き、そのことを考慮して、DME 1滴の間の電位時間曲線と限界電流の理論式を導き、実験的に検証した。また、本法の分析化学的な可能性についても詳細に検討した。その間、1959年末に石橋先生が退官され、翌年に藤永先生が教授に就任された。

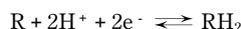
博士課程に進んだ頃、藤永先生が本会の新分析化学講座“微量電気分析法”(共立出版、1960年3月発行)のボルタンメトリーの章を担当され、私も共著者として執筆することができた。その頃には、後年普及するパルスポーラログラフ法(Barker, 1960)を除いて、交流及び矩形波ポーラログラフ法、線形走査及びサイクリックボルタンメトリー、アノーディックストリッピングボルタンメトリー、クロノポテンシオメトリーの諸法が出揃い、また高性能の交流ポーラログラフ装置が島津、柳本、横河の各社から、さらに“高感度ポーラログラフ”と名付けられた矩形波法の大規模装置が柳本から市販されて、高感度分析のための陣容が整いつつあった。1959年10月末にポーラ

ログラフの創始者である Heyrovský 先生のノーベル化学賞受賞が決まった。また1960年には、ポーラログラフ委員会が独立して日本ポーラログラフ学会(館会長)が発足し、ポーラログラフ・データカード(英文)の発行を開始した。

1950年代の電気分析化学は、測定法と測定機器の進歩のほか、測定溶媒についても新局面を迎え、先駆的な研究が行われた。

非水溶媒を用いる電気分析化学 その始まりから隆盛へ

電気分析化学における溶媒の役割の大きさと“面白さ”を我々に強く印象付けたのは、有機化合物の電解還元への非プロトン性溶媒の導入であった。水溶液中の有機化合物(R)の電解還元では、電極からの電子移動に伴ってプロトン供与が起こり、全体として



のように“2電子1段”の過程になることが多い。一方、非プロトン性溶媒中では、プロトン供与が抑制されるために



のように、“1電子2段”の還元が起こり、第1段の生成物 $R^{\cdot-}$ は陰イオンラジカルである。この現象の最初の研究は、Wawzonek, Laitinen (1942)により少量の水を加えたジオキサン中で行われた。しかし1950年代には、DMF, アセトニトリル(MeCN)など極性で非プロトン性の純溶媒が用いられるようになった。Hoiijink (1955)は、第1段の還元電位と有機化合物の最低空軌道(LUMO)エネルギーとの間に直線関係があることを見だし、また Given, Peoverら(1958)は第1段の還元電位で電解生成した陰イオンラジカルのESR測定を行った。これらの成果は、非プロトン性溶媒を用いる電解還元の研究が、有機化合物及び電解生成物の電子状態と反応性を知るための強力な手段になり得ることを示しており、電気分析化学の新しい応用分野を拓くものであった。

また1950年代には、化学の多くの分野で極性非プロトン溶媒の導入が進み、“非水溶液化学”の系統的な研究の気運が高まって、電気分析化学の諸法(ポーラログラフ、ポテンシオメトリー、コンダクトメトリーなど)は種々の基礎データを得るための有力な手段となった。Kolthoff, Coetzee (1957)や Popov, Geske (1957)は MeCN 中で、Gutmannら(1957)は DMSO 中で、無機物質(金属イオン、酸、酸素など)のポーラログラフの挙動を詳細に検討した。また、Strehlowら(1952, 1960)は異種溶媒間の電位比較について研究し、溶媒にほぼ無関係な電位基準としてフェロセニウムイオン-フェロセン系などを提案した。さらに、Kolthoff, Bruckenstein (1956)による酢酸中の酸塩基平衡の理論的研究は、Kolthoff, Chantooniらによる非プロトン性溶媒中の酸塩基平衡の膨大な研究(1961~77)へと繋がった。もちろん、極性非プロトン溶媒中では、水に不溶な物質が溶け、水中で不安定な物質が安定化し、温度・pH・電位などの測定領域が広がる、などの利点もあった。1960年を迎える頃には、非水溶媒を用いる電気分析化学の研究に世界の多くの研究者が参加していた。

博士課程を終わった1961年9月、私はコルトフ教授のもとに留学した。非水溶媒を用いる研究を予定していたので、コルトフ研究室でMeCN中のトリウムのパーラログラフ研究で貴重な成果を挙げられた池田重良先生を東北大学に訪ね、いろいろ御指導いただいた。しかし、ミネソタ大学でコルトフ先生から与えられたテーマは、水溶液中の酸素の電極反応に関するものであった。酸素の電極反応は、宇宙船用燃料電池との関連で、1960年代の重要な研究課題であった。私の留学中にコルトフ先生は70歳を迎えられ、名誉教授になられた。しかし、先生の日常に大きな変化はなく、教授室でシリーズ本の“*Treatise on Analytical Chemistry*”（第2版、Elving教授と共編）の出版準備に多忙の様子であった。また私の留学中、コルトフ先生は本会の招待で訪日され、約4週間滞在して、各地を旅行し、講演された（訪日記録は本会創立十周年記念誌に詳しい）。留学中、私は非水溶媒の研究はできなかったが、Chantooni博士や齋藤篤義博士（のち神戸大教授、Bruckenstein研究室）の非水溶媒を用いる研究を間近で見ることができた。

2年余の留学後、私は帰国して藤永研究室の助手になった。同研究室には交流ポーラログラフ法の創始者であるブライヤー（B. Breyer）先生が客員教授として1年間の滞在中で、学生にテンサメトリー滴定などの研究指導をされるとともに、当時発行されていたポーラログラフ・データカードの作成を支援しておられた。また同研究室では、カラム型フローセルを用いる電解クロマトグラフ法の開発、ポーラログラフ法・電解法・ESRを併用する非プロトン性溶媒中の有機化合物の電極反応機構の研究、などが精力的に行われていた。翌1964年、同研究室は大学の北部構内に建設された化学教室新館へ移転した。

1960年代で特筆すべきは、非水溶媒を用いる電気分析化学の隆盛である。我が国でも、池田、北川豊吉、佐藤昌憲、高橋玲爾、田中(信)、田中元治、藤永、三角省三、武者宗一郎、その他多数の方々が参加して、分析的な応用のほか、非水系に特有な電気化学測定法の研究、有機・無機物質の電極反応機構や電子状態・反応性の研究、電極及び溶液反応に及ぼす溶媒効果の研究、などが行われた。1966年9月に開館直後の京都国際会館で開催されたIUPACポーラログラフ国際会議（本会及び日本ポーラログラフ学会共催、図2）の三つの主題には“非水溶媒ポーラログラフ法の基礎的諸問題”が含まれた（他は“電極反応論の基礎的諸問題”及び“高感度分析法の現状と将来”）。1968年には、日本化学会主催の「非水溶媒中における酸化還



図2（写真）ポーラログラフ国際会議の開会式（京都国際会館、1966）

元」特別討論会（世話人：藤永教授）が開催され、分析化学、電気化学、有機合成化学、高分子化学、放射化学などの各分野で非水溶媒の研究を進めてきた理、工、農、薬にまたがる多くの研究者が参加した。1969年には本会に非水溶媒研究懇談会（発起人：田中(信)・藤永教授）が発足した。1972年には、京都で行われた本会主催のIUPAC国際分析化学会議（ICAC）で非水溶媒の分野が取り上げられ、フランスのシャルロー（G. Charlot）教授による招待講演「非水溶媒中の反応の電気化学的方法による解析」が行われた。また1973年には、日米科学協力セミナー「非水溶媒中の電気化学とその分析化学への応用」（世話人：田中(信)教授）が東京で開かれた。

私も溶媒効果に興味を持ち、水-非プロトン性溶媒混合系の研究や新しい溶媒を用いる研究を行った。桜 幸子博士との研究では、サイズの小さいテトラアルキルアンモニウムイオン（ R_4N^+ ）が負電位における金属イオンの還元を阻害または減速する“電気化学的マスキング”の現象を見いだした。従来、 R_4N 塩は非水溶媒中で“悪影響のない”支持電解質と考えられてきた。しかし今では、 R_4N^+ （のサイズ）の影響を考慮する場合が増えている。

1963年に*Anal. Chem.*誌に掲載された“電気化学測定へのOPアンプの応用”に関する特集は衝撃的であった。OPアンプはアナログコンピュータ用演算子で、これを用いると電極電位や電解電流を迅速かつ正確に制御できるポテンショスタットやガルバノスタットのほか、電量計、電位差計なども（自作できるほど）簡単に製作できる。私はこのことを雑誌「化学」で紹介するとともに、OPアンプを少数購入した。当時はまだ真空管式で高価であった。少し後にOPアンプはIC化し、OPアンプを用いるポテンショスタットや3電極式ポーラログラフが国内でも販売された。これらの装置は、速い電位走査によるサイクリックボルタンメトリー（CV）測定が可能で、溶液抵抗の影響も除去できるため、速い電子授受や不安定化学種の反応を扱う非水系の電極反応の研究に好適であった。また1960年代後期には、我が国で生れたグラシーカーボン（GC）が優れた電極材料であると世界で認められ、非水系のCV測定にも利用され始めた。さらにこの頃から、有機化学や錯体化学の分野で、化合物や錯体の酸化還元電位・電子状態・反応性などに関するデータを得るために、非プロトン性溶媒中でCV測定を行う研究者が急増した。また非水系のCV測定は、リチウム電池の開発など、電気化学や材料化学の応用分野でも普及した。この頃からCV法は、水・非水の両系で電気化学的測定の主流になった。

また、1960年代後半には環境の微量分析が重要になり、高感度電気分析法としてストリップングボルタンメトリーや微分パルスポーラログラフ法（DPP）が利用された。しかし一方、水銀公害の影響などでDMEを用いるポーラログラフ法（DPPを含む）の利用者は徐々に減り始めた。優れた分光分析法やクロマトグラフ法の出現が、この傾向に拍車を掛けた。

信州大学において 非水溶媒電気分析化学とIUPAC

1972年4月の京都でのICACの後、私は信州大学へ移り、微量電気分析の研究とともに、非水溶液に関する幾つかの研究を開始した。その中に、イオン選択性電極（ISE）をイオン溶

媒和のセンサーとして用いる研究と、炭酸プロピレン (PC) 中の酸塩基平衡の研究があった。

ISE はガラス膜型 (Eisenman, 1957), 沈殿膜型 (Pungor, 1961; 前身は Kolthoff, 1937), 液膜型 (Sollner, 1964) の順に始まり, 当時は開発と応用に関する研究が全盛であった。また当時, 非水溶媒ポーラログラフィーの分野では, 金属イオンの半波電位を各種溶媒に共通の電位尺度を用いて測定し, その結果から溶媒和の強弱を論じる研究が行われていた。私は, ISE を溶媒和の研究に用いると, 金属イオン以外のイオン種にも研究対象を広げられると期待した。

最初の研究では, 一価陽イオン用ガラス電極を用い, この電極がナトリウムイオン (Na^+) の溶媒和エネルギーに対して熱力学的に応答することをアマルガム電極との比較で確かめた後, Na^+ を含む MeCN 中にドナー性溶媒 (水, DMF, DMSO など) を少量ずつ加えて, 電位変化から Na^+ とドナー性溶媒との逐次錯生成定数を求めた。その際, ドナー性溶媒の添加は数% 以下に抑えた。多量に加えると液間電位差の変化など種々の影響が現れることを危惧したからである。幸いに, 後年, 英国の Cox らは溶媒和と錯形成の関連性を示す興味ある研究で, PC 中の Na^+ , Li^+ イオンと DMSO との逐次錯生成定数を私達と同じ方法で求め, その値を用いて Na^+ , Li^+ が PC から (PC + DMSO) 及び純 DMSO へ移行する場合の溶媒和エネルギーの変化を算出して, その値が直接に測定した結果と一致することを確かめた。

ISE を用いるイオン溶媒和の研究では, 幾つかの解決すべき問題があった。一つは, 異種溶媒間の電位を比較するための“共通電位尺度”で, 私はこれに関連して, 異種溶媒間の液間電位差についての研究を行った。この研究は予想を越えて最近まで続いたが, 多数の学生諸氏による膨大な実験データのお陰で, 液間電位差を構成する三つの成分の特性を知り, 不完全ながら, 液間電位差の値を見積もる新しい方法を提案することができた。もう一つは, 非水溶液中で使用できる ISE の種類が少ないという問題で, これには中村俊夫教授と非水用の ISE を作って対処した。

一方, PC 中の酸塩基平衡の研究は, コルトフ教授らの方法を参考にして行った。当時, PC はリチウム電池用溶媒として注目されていたが, 酸塩基平衡の研究は見られなかった。PC は酸や塩基の影響を受けやすく, 研究に手間取ったが, 溶媒の精製法やデータの解析法の検討も行って, 結果を得た。私は, コルトフ先生にレポートを送り, 批判を仰いだ。先生はそれを詳細に検討し, ご自身の他溶媒中のデータも合わせて, PC の酸塩基的な特性を明確に示された。幸いに, この研究はコルトフ先生, Chantooni 博士と連名で発表することができた。1976 年のことで, 先生は 80 歳を超えておられた。

1987 年夏に渡米した際, 飛行機乗り継ぎのわずかな時間に, 私は 24 年ぶりにミネソタ大学を訪れた。コルトフ先生は恒例のオランダ旅行中でお留守であったが, 共同研究者の Chantooni 博士に会い, クラウン錯体生成における溶媒効果の最新研究について数時間話することができた。帰国後に先生から遅くならないうちに再度訪問するようにとのお手紙を頂いたが, 残念ながら果たせなかった。コルトフ先生の研究と業績は, エピソードとともに“ぶんせき”1993, 983 (木原ら) や



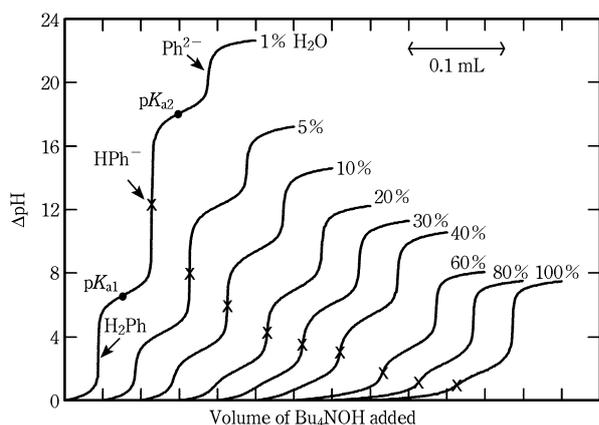
Pungor 教授 (右端) と千田教授 (左から 2 人目) は本会名誉会員。筆者は中央。

図 3 (写真) IUPAC 電気分析化学委員会の off-year meeting (ミラノ大学, 1986) に出席の委員

<http://www.nap.edu/html/biomems/ikolthoff.html> (Coetzee) に紹介されている。

1973~91 年の間, 私は IUPAC の分析化学部会電気分析化学委員会に参加した (図 3)。同委員会 (1963 年の設立以来, 日本からは田中(信), 藤永, 千田, 梅澤喜夫, 木原壯林の各教授が前後して参加された) は, 伝統的に非水溶媒に強い関心をもち, 非水溶媒関連の多数の報告を発表した。その中には, 1 25 種類の溶媒の精製と純度テストに関する推奨法 (Coetzee ほか; 藤永らの報告を含む), 2 高誘電率有機溶媒及び水混合溶媒中の pH 測定法の標準化 (Covington, Mussini ら), 3 水から有機溶媒及び水混合溶媒へのイオン移行の熱力学パラメーター (Marcus), などがあり, いずれもシリーズの報告である。私が集録した“極性非プロトン溶媒中の酸塩基解離定数”のデータは単行本“*IUPAC Chemical Data Series No. 35*”として出版された。また, 物理化学部会電気化学委員会も, “非水溶媒中の電位データを報告する場合にはフェロセンまたはビスピフェニルクロムの標準電位を基準にする”という重要な提案を行った。

ここで, 私が定年前に得た“非水溶液の pH 測定”に関する二つの知見を紹介したい。一つは, 上記 2 の報告の適用限界についてである。IUPAC の推奨法は, pH 基準として測定溶媒中の 0.05 mol/kg フタル酸水素カリウム (KHPH) 溶液を採用した。水溶液との整合性を保つためである。しかし私は, 非プロトン性溶媒と水との混合溶媒で, 水の割合が減って“非プロトン性”が増すと, KHPH 溶液の pH 緩衝能が激減することに気付いた。このことは, 図 4 の MeCN-水混合溶媒中のフタル酸の滴定曲線で, 水の割合が減ると pK_{a2} と pK_{a1} の差が増し, “x”の部分が急勾配になることから分かる。また, 他の一つは, 非水溶媒用の pH センサーのことである。従来, 非水溶液の pH 測定には主にガラス電極が用いられてきた。しかし, 非プロトン性溶媒 とくに DMF, DMSO などの塩基性溶媒 ではガラス電極の応答が非常に遅く, それが酸塩基反応の研究の隘路 (あいろ) になっていた。私は, 水溶液用に開発された pH-ISFET と酸化イリジウム pH センサーを, 電元社及び TOA の協力で耐溶媒性にして, これらが非プロトン性溶媒中で迅速



“x”における接線の勾配が小さいほど HPh⁻-溶液の緩衝能が大きい。
 図4 MeCN-水混合溶媒中での(2 mM CF₃SO₃H 強酸 + 3 mM H₂Ph) 溶液 20 mL の 1 M Bu₄NOH による滴定曲線

に応答すること 特に Si₃N₄ 型 pH-ISFET の応答はほとんど瞬間的であることを確かめた。また、γ-ブチロラクトン(リチウムイオン電池やスーパーキャパシタで利用)中の酸塩基平衡の研究に pH-ISFET を応用した(ガラス電極の使用も試みたが、応答速度が遅く、満足な結果が得られなかった)。

非水溶媒を用いる電気分析化学の現況

1980 年以後にも電気分析化学は大きく発展した。例えば、1 測定装置の(デジタル)コンピュータ化とデジタルシミュレーション法の導入、2 超微小電極や修飾電極の応用、3 液液界面における電気化学測定法の発展、4 電気化学測定に他の測定法を組み合わせる手法の普及、などである。また 4 には、ESR や分光法と組み合わせる分光電気化学、水晶振動子微量天秤(QCM)と組み合わせる電気化学的水晶振動子微量天秤(EQCM)法、走査型トンネル顕微鏡から派生した走査型電気化学顕微鏡(SECM)、などがある。これらの測定法の発展はそれぞれが相乗的な効果を生み、現在の電気分析化学の高度な手法は、超微量物質(分子レベル)、超微小空間、超高速過程等を対象とする最先端の化学研究(非水系を含む)を牽引する役割を果たしている。[QCM の溶液中の応答は 1980 年に野村俊明教授によって見いだされ、翌年に EQCM 測定に利

用された。EQCM 測定の最初の研究にはわずかながら私も関与できた。]

一方、非水溶液の分野では、フェムト秒~ピコ秒の超高速で起こる溶媒の緩和過程が、電極や溶液中で起こる電子移動反応や溶液中のイオン移動の“速さ”を決定する重要因子であることが判明し、溶媒効果の動的側面が解明され始めた。従来はイオンや分子の溶媒和エネルギーと関連付けて“静的”観点から論じられることの多かった溶媒効果に“動的”要素が加わり、溶媒効果についての私達の理解が格段に深まった。

このような基礎分野での進歩とともに、最近では電気分析化学に対する社会的な期待が大きい。ナノテクノロジーなどへの貢献と同時に、環境問題、エネルギー問題に対する貢献が求められている。これらにはリチウムイオン電池、スーパーキャパシタなど、非水溶媒と関連する課題も多い。社会の大きな期待を反映して、1990 年以降に電気化学や電気分析化学に関する著書(非水関連を含む)が多数出版された。私も“非水溶液の電気化学(培風館、1995)”と“*Electrochemistry in Nonaqueous Solutions* (Wiley-VCH, 2002)”の 2 冊を出版し、電気分析化学の立場から、この分野の状況を紹介した。

その反面、有機溶媒には人体や環境に悪影響を及ぼすものがあり、最近では社会的にも有機溶媒の使用を抑制する動きが見られる。そのため合成化学の分野では、人体や地球に優しい“グリーン溶媒” 水、無害な溶媒、イオン性液体、超臨界流体、無溶媒系などを用いる運動が盛んである。電気分析化学の分野でもグリーンな媒体としてイオン性液体や超臨界流体を用いる研究が進んでいる。適切なイオン性液体は“非プロトン性有機溶媒+電解質”と似て測定可能な電位窓が広い。また有機溶媒と異なり不揮発性・不燃性で、水に不溶であるために抽出媒体としても使用でき、使用後は水洗して再使用できる利点がある。電気化学の応用分野では、イオン性液体を用いるリチウムイオン電池、湿式太陽電池、スーパーキャパシタなどの研究が急ピッチで進んでいる。しかし、また一方では、電気化学用の無害な非プロトン性有機溶媒の開発・研究も行われている。私には、イオン性液体と“非プロトン性有機溶媒+電解質”の今後の関係の進展が非常に興味深く感じられる。

最後に、これまで御指導を賜った諸先生、共に研究することができた方々、その他お世話になった皆様に心から感謝し、御礼を申し上げる。

会員の拡充に御協力を !!

本会では、個人(正会員：会費年額 9,000 円 + 入会金 1,000 円、学生会員：年額 4,500 円)及び団体会員(維持会員：年額 1 口 79,800 円、特別会員：年額 30,000 円、公益会員：年額 28,800 円)の拡充を行っております。分析化学を業務としている会社や分析化学関係の仕事に従事している人などがお知り合いにおられましたら、ぜひ本会への入会を御勧誘くださるようお願い致します。

入会の手続きなどの詳細につきましては、下記に御連絡いただければ直ちに御案内致します。

〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2 五反田サンハイツ 304 号 社日本分析化学会会員係

[電話：03-3490-3351]