

## 第6回 CS3 会議 “Chemistry and Water” に参加して

### 会議の目的と経緯

CS3 (Chemical Sciences and Society Summit) は、人類が直面する重要な課題に化学の立場から世界5ヵ国 (独英中米日) の化学者が自由に討議する会議である。毎年主催国が主題を定め、これに関する研究開発の現況と将来動向の議論を通じて、今後の重要領域の策定と研究費重点支援領域の提言を目指している。このためアカデミアや産業界に加え、研究助成団体 (FA) も参加する。2009年にドイツで開催して以来、2013年の第5回の日本開催をもって第1ラウンドが終了した (表1参照)。第2ラウンドは基本的なミッションを継続して隔年で開催することになり、今般、ドイツ化学会が主催して2015年9月14~18日にライプツィヒで「Chemistry and Water (化学と水)」を主題に開催された。日本からは、田尾博明 (産業技術総合研究所, リーダー), 田中宏明 (京都大学), 柴田康行 (国立環境研究所), 辺見昌弘 (東レ株式会社), 駒井武 (東北大学), 池道彦 (大阪大学), 永野智己 (JST), 川島信之 (日本化学会) の8名が参加した。なお、今回からJSPSに代わりJSTが将来的な化学分野の研究領域・戦略の検討や、国際コミュニティ・ネットワーク形成に資することを目

的に参画することとなった。会議で集約された意見は2016年2月ごろに白書として公表される予定であり、(過去の白書は <http://www.chemistry.or.jp/activity/international/index.html> 参照), 専門家だけでなく、政府関係者や政策決定者に興味を持って理解を求めするため、サイエンスライターが平易明確で魅力的な表現で執筆することになっている。

### 主題と分科会

今回の主題は21世紀の世界が直面する問題の1つが水不足であり、このままでは世界で約10億人が安全な水を確保できなくなることに對して、化学者は何を研究すべきかを提唱するために立てられたもので、1) Water, health and the environment (水・健康・環境), 2) Detection (検出), 3) Treatment (廃水処理), 4) Recovery of materials from water (有価物回収) の4つの分科会から構成された。半日ごとに分科会を順次開催し、各国か



世界5ヵ国のメンバー

ら20分間ずつ計5名が発表し、全員で議論する形で進められた。なお、最初の発表者は時間を30分間として副題に関する総論と各国の共通事項を含めて発表し、続く4名は重複を避け、具体的な研究内容や各国特有の取組を発表することとなった。3日目の午前には2日間の議論を踏まえて各分科会でプレーストリーミングを行った後、全員で白書に掲載する内容の総括を行った。午後は Helmholtz Centre for Environmental Research を見学し全日程を終了した。

### 議論の主な内容

議論を通じた各国の共通認識としては次の4つが挙げられる。

- 1) 水問題を他の重要問題である食糧問題、エネルギー問題とリンクさせて解決するため、廃水処理プラントを新たに栄養分製造プラント、エネルギー製造プラントとしても捉え直す。
- 2) リスクが懸念される物質には、医薬・日用品 (PPCPs), 内分泌かく乱物質 (EDs), 消毒副産物 (DBPs), ナノ粒子

表1 過去5回の開催概要

回	年	開催日	開催地	リーダー	トピックス
1	2009	7/23-25	KlosterSeon/独	井上晴夫 (首都大東京)	Sunlight to Power the World
2	2010	9/8-9	London/英国	橋本和仁 (東大)	Sustainable Materials
3	2011	9/13-15	北京/中国	福山 透 (東大)	Chemistry for Better Health
4	2012	9/17-20	San Francisco/米国	相田卓三 (東大)	Chemistry for Next-Generation Sustainable Electronics
5	2013	9/16-19	成田/日本	北川 宏 (京大)	Efficient Utilization of Elements

などの新規化学物質があり、分析法としては従来の規制物質に的を絞った target analysis に替えて網羅的な non-target analysis とバイオアッセイが重要である。

3) 水処理とエネルギー回収では、革新的な膜開発とバイオフィウリング防止が重要である。メタン生成や有機物回収には嫌気メンブレンバイリアクター (MBR)、エネルギー回収には浸透圧差発電が重視されている。

有機物回収ではリン・窒素の回収と、炭素をコンポストやバイオチャーとして利用することが重視されている。コンポストの利用は含有物質のリスク評価ができていないことが障害となっている。

### CS3 参加を通じた示唆

以下、個人的な見解も含まれるがご容赦願いたい。我が国としても、廃水処理を新たにエネルギー製造、栄養分製造、再生水製造として捉え直し、全体プロセスを最適化するための研究を実施すべきである。また、これに健康を加えた、Food-Energy-Water-Health Nexus へと概念を拡張すべきと考える。研究開発すべき技術としては、

- 1) バイオガス (メタン、水素など) 生産、アンモニア回収が可能な嫌気 MBR。
- 2) エネルギー回収技術：正浸透 (Forward Osmosis: FO) 膜を用いて海水淡水化施設から排出される濃縮海水と河川水との浸透圧差を利用する浸透圧発電 (Pressure Retarded Osmosis: PRO) では、水の透過速度が 10 倍以上高い膜開発が望まれる。
- 3) 膜ファウリングメカニズムの解明と制御：MBR の MF 膜や逆浸透 (RO) 膜

のバイオフィウリングによる透過水量や稼働率の低下は、水処理効率低下の主因であり、ファウリング防止は極めて重要。

4) 栄養塩の回収技術：リン資源の可採量は 40 年、アンモニア合成には膨大なエネルギーが消費されるため下水からの回収が重要であり、生物学的手法やナノ材料・選択分離膜が開発されている。

5) IoT 化と AI 制御：複合微生物系を水処理だけでなくエネルギー生産や資源回収に用いて全体最適化を実現するには、専門家の暗黙知に頼るのではなく、IoT (Internet of Things) と AI (人工知能) による運転の最適化が必要。

6) センサーの長寿命化：リンやアンモニアの化学センサー、細胞毒性や内分泌かく乱作用のバイオセンサーは、現状では長期間連続運転ができない。AI による自動運転にはビッグデータの蓄積が不可欠であり、安価で連続測定が可能なセンサー開発が必要。

7) バイオアッセイ：化学物質の種類が膨大で複合影響も考慮すべきことから、水質の総合的な毒性を評価するバイオアッセイ法が重要。従来のバッチ測定だけでなくオンライン測定の重要性も増している。

また、下記の共通基盤的な分野は国際共同研究として推進するべきと考える。

- 1) バイオアッセイの精度管理方法の国際標準化：in vitro 試験と in vivo 試験との差異や、細胞の種類・使用条件による差異があり、共通の物差しとするためには精度管理方法の国際標準化が必要である。
- 2) 環境挙動のデータベース：新規化学物質や消毒副産物の環境中での変換・分

解等について把握することは容易ではない上、各国で研究が重複しており、共通のデータベースの構築は研究資源の効率的投資にもなる。

3) 生物影響試験方法の国際標準化：化学物質の人体や水生生物への影響の試験には多大な費用を要するため各国で分担することが望ましい。そのためには試験方法の国際標準化が必要。

我が国は水量が比較的豊富なことから水再生事業へのドライビングフォースが弱く、近年になって水ビジネスの海外展開の観点から関心が高まった時期があったが、最近再び関心が薄くなりつつある。この間、欧米は水-食糧-エネルギーを一体的に推進する理念や行動計画を進め、中国も追随しており、この状況を放置すれば我が国だけが大きく取り残される恐れがある。特に、エネルギー回収技術やバイオアッセイ技術は水-食料-エネルギー問題に一体的に取り組む上でのキーテクノロジーとなることから、精力的に取り組むべきである。また、P、N、金属などの資源回収は現状では天然資源に比べてコスト高であるが、将来の資源の逼迫やエネルギーコストの上昇を考慮して長期的な観点から研究を推進する必要があると考える。水問題の解決には多領域に渡る研究が必要であり、膜などの材料科学、分析化学、化学工学、エネルギー関連化学、分離・精製など、化学会に関わる研究分野が多いことから、学際研究に重要な貢献を果たすべきと考える。

〔田尾博明 (産業技術総合研究所)〕

© 2016 The Chemical Society of Japan