

NEWS LETTER

URL : www.kankyo.tohoku.ac.jp

No.6
2007.3

環境科学研究科ニュースレター

東北大学大学院 環境科学研究科

水素社会へのとりくみ

 Graduate School of
Environmental Studies

GSES



TOHOKU
UNIVERSITY

水素エネルギーへの取り組み

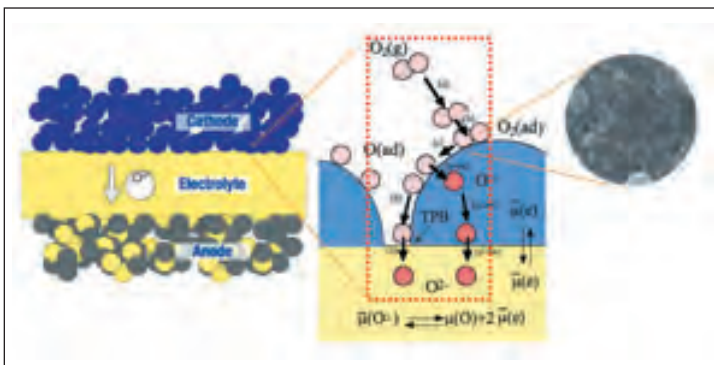
エネルギー利用に伴う環境負荷を軽減するために、水素エネルギーを始めとする新しいエネルギーシステムが提案されています。これらを実現していくためには、移行の過程も考慮しながら、エネルギーの高効率変換に関する技術基盤の整備が不可欠です。

当研究分野では、化石燃料を有効に利用する技術として早期の実用化が期待される固体酸化物燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell: SOFC）と、化石燃料から水素への転換のためのメンブレンリフォーマを取りあげ、実用化のために解決すべき課題について、基礎研究の立場から取り組んでいます。

固体酸化物燃料電池は、イオン導電

性セラミックス膜を電解質として用い高温で動作する燃料電池で、高い発電効率や高品位な排熱が魅力ですが、実用化のためには、さらにエネルギー密度を向上させて出力あたりのコストを下げることが必要であり、電極反応でのエネルギー損失の低減が求められています。そこで、界面領域での電子／イオンの挙動をin-situ測定する手法を開発し、電極での電圧降下の原因を解明・高性能電極材料の設計に生かすことを試んでいます。

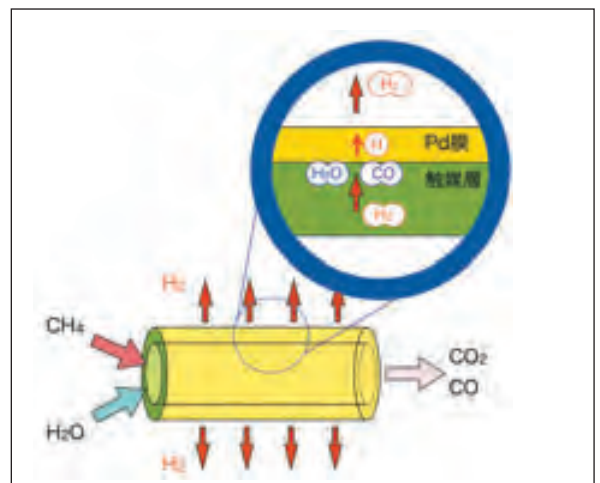
また、天然ガスや石油系燃料から水素を生成・分離するメンブレンリフォーマは、パラジウム金属膜が水素を透過することを利用した技術で、水素ステーションのためのコンパクトな水素製造装置として期待されています。パラジウム表面で水素の取り込み反応がスムーズに進行することが重要ですが、系内には水素以外の一酸化炭素や水蒸気などのガスが共存しており、これらが反応を阻害することがあります。この阻害効果を定量化し、その機構を解明することで、高効率・低コストな水素製造装置の開発に資することを目指しています。



固体酸化物燃料電池の電極反応過程の模式図



放射光施設SPring8を利用した電極反応場の高温電気化学XAFS（X線吸収分光）測定（京都大学・高輝度放射光科学研究センターとの共同研究）

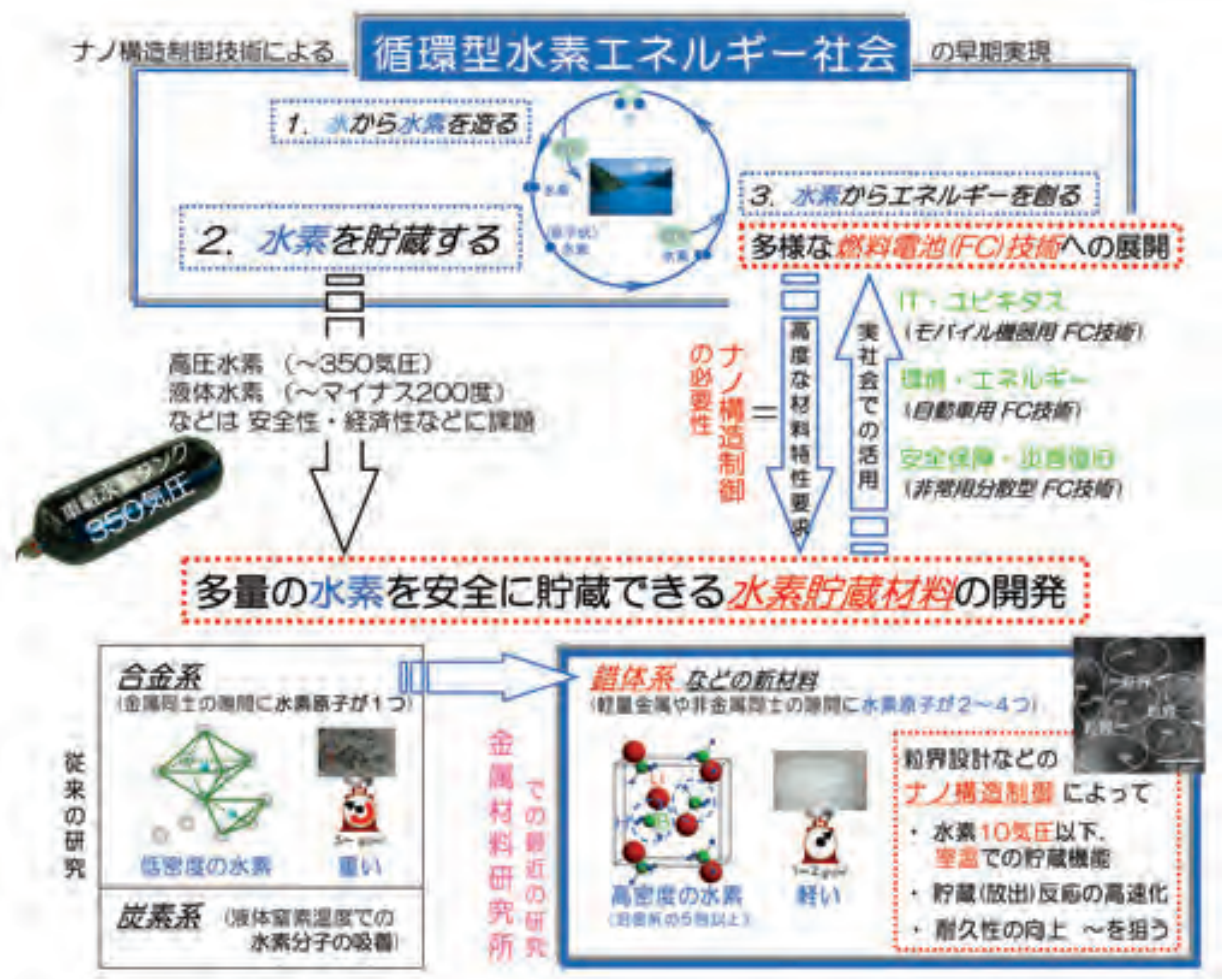


循環型水素エネルギー社会の実現のための 先進機能材料の研究開発



京都議定書が正式発効され循環型水素エネルギー社会の早期実現がいつそう望まれるなか、水素を安全・コンパクトに貯蔵する水素貯蔵材料の開発は引き続き重要事項として位置づけられています。私たちは、軽量金属を含む錯体系水素化物や合金系水素化物の合成と機能化に関する基礎・応用研究を推進しており、価電子制御技術や複合化技術などの構築によって従来材料の3~5倍もの水素を150℃以下でも効率的

に貯蔵できる新材料の開発などに成功しています。次世代水素貯蔵材料に関する私たちの研究は国際エネルギー機関(IEA:International Energy Agency)での水素貯蔵関連研究プログラムとしても正式認定されており、社会的有用性や学術的先駆性は国際的にも高く評価されています。



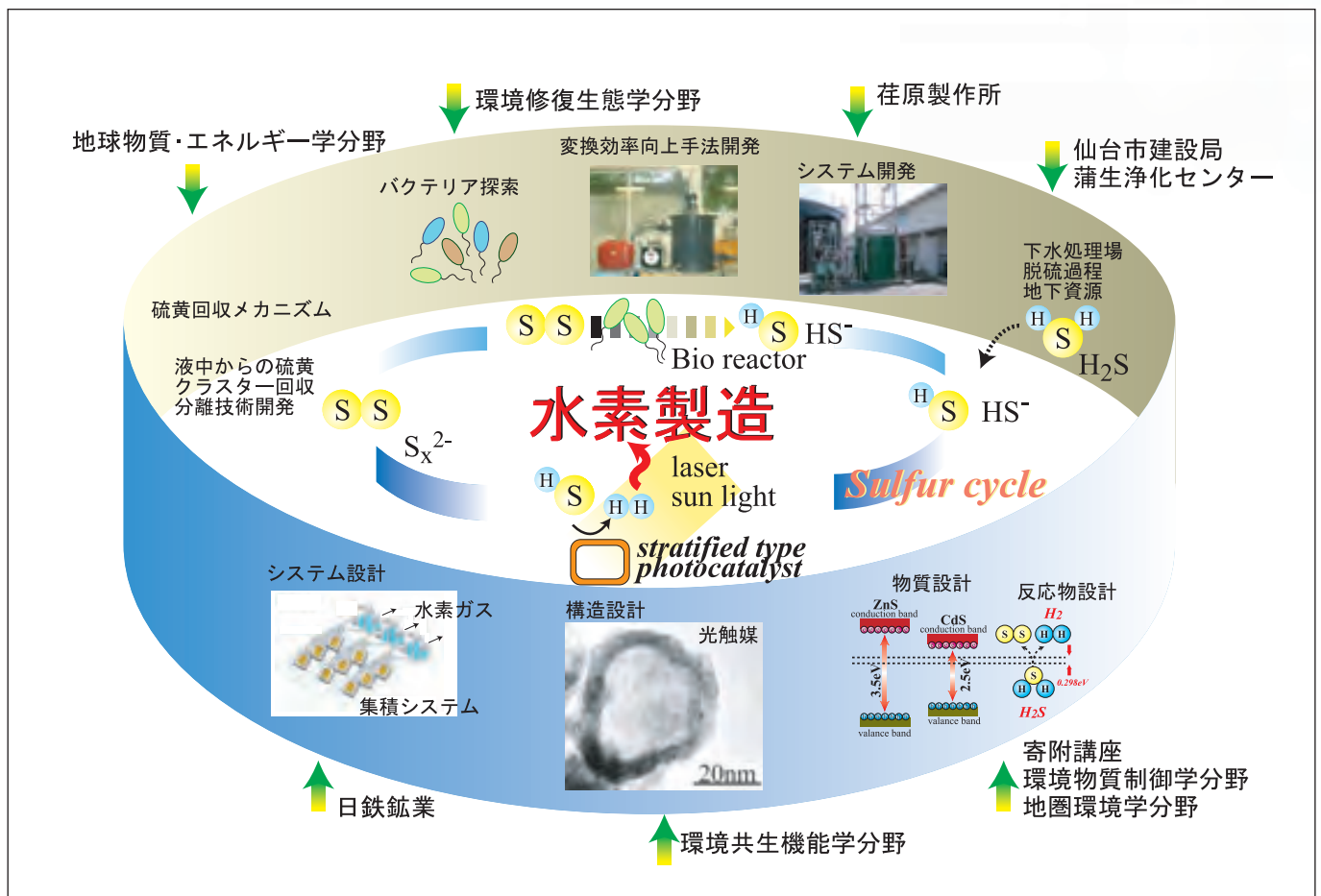
イオウ循環を利用した 水からの水素製造

光触媒を用いて太陽エネルギーを水素エネルギーに変換する研究が盛んに行われています。しかしながら、水の分解ポテンシャルは1.23eVと比較的大きく分解が容易ではないことや、可視光照射下で安定に作動する光触媒材料の合成が困難であることなど、実際にエネルギー供給源として酸化物系光触媒材料-水の組み合わせを用いることは難航しているのが現状です。

一方、硫化水素は、石油精製や化学工業の過程のみではなく、下水処理場や温泉地帯など様々な場所からも大量に発生する有毒ガスであり、いわば“邪魔者”として扱われています。通常は大量のエネルギーを必要とするクラウド法で硫化水素を無害化しています。しかしながら、硫化水素の分解ポテンシャル

が約0.30eVと極めて低いことに着目すると、水素エネルギーを製造する重要な物質であると考えられます。同時に、無害化に要するエネルギーを削減可能となるため、環境負荷物質の抑制や省エネルギー化が可能となります。

そこで環境科学研究科では、田路研究室を中心とした研究グループを構築し、①特異な構造を有する高活性な可視光応答型光触媒材料開発（ストラティブアイド型光触媒材料）、②溶液中に生成するイオウクラスターの回収技術と分離技術開発、③バイオ反応や水熱反応を利用したイオウクラスターの硫化水素への変換技術開発、および④硫化水素精製システム開発、を通じて、イオウ循環サイクルを利用した水からの水素製造技術開発を行っています。



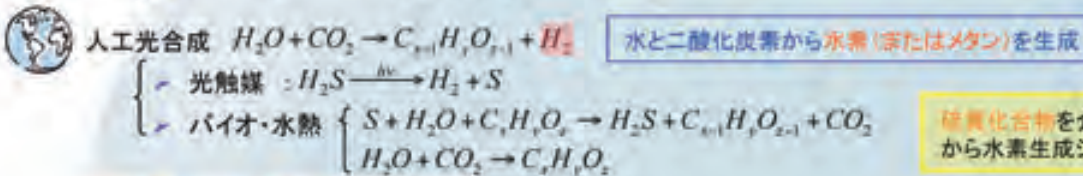
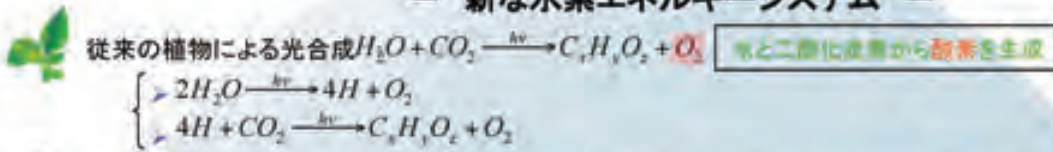
地球の熱を利用した水素 (またはメタン)製造システム

植物は、水と二酸化炭素から光エネルギーを使って酸素にかえる光合成でエネルギーを得ています。一方、水熱反応により、水+二酸化炭素、および水+二酸化炭素+有機物から水素（またはメタン）を得られる反応が生じることを見いだしました。この技術により、二酸化炭素を物質転換し、新たなエネルギー源として活用できる可能性があります。現在は、有機物質として、アルコール、アルデヒドおよび尿素を用いています。これらの有機物はバイオマスから比較的容易に得ることができる有機物です。この新し

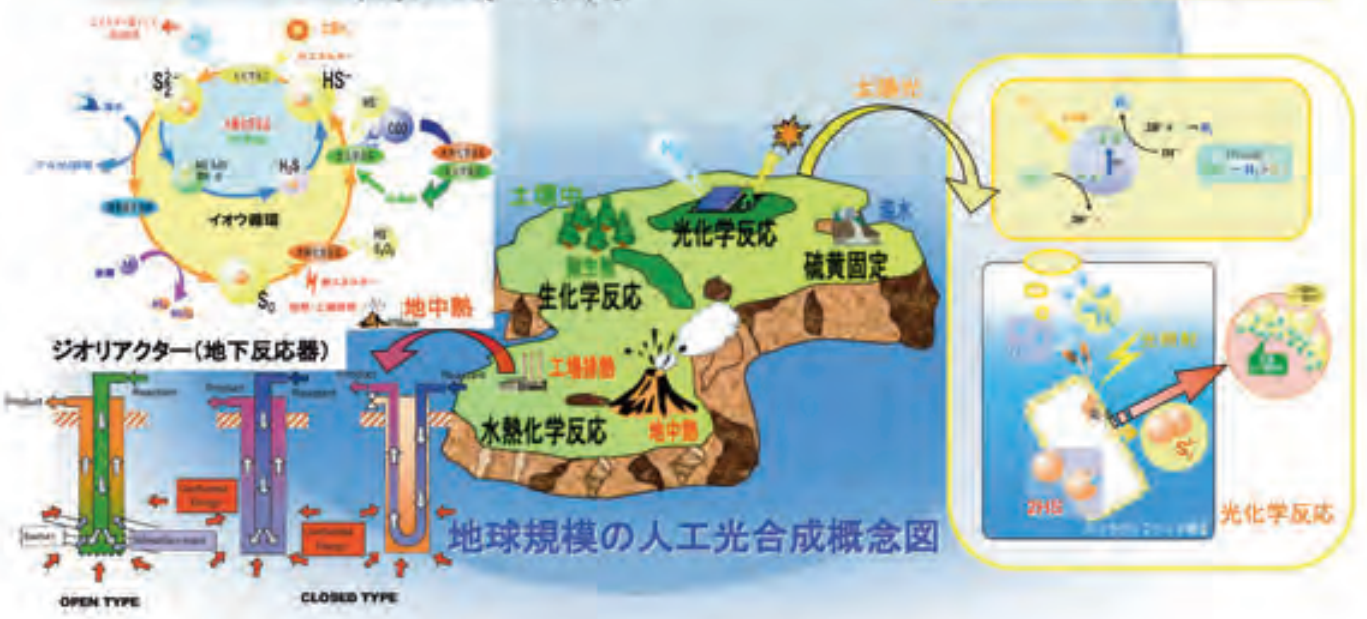
い水熱反応をさらに発展させ、また触媒等の活用することにより、二酸化炭素の物質転換率の向上が望めます。

また地球の熱（すなわち地熱）を利用して物質転換を行う、ジオリアクター（地下反応器）を用いてこれらの水熱反応を行えば、持続可能な水素（またはメタン）の製造システムを構築できると期待されます。

地球規模の人工光合成 — 新たな水素エネルギーシステム —



硫黄化合物を介して太陽エネルギーから水素生成システムを構築



水素エネルギー社会への取り組み

新日鐵では、2001年から5年計画でスタートした、製鉄プロセスで発生する排熱と、水素を発生させる化学反応に必要な触媒を組み合わせ、コークス炉ガス（COG）から水素を製造する国家プロジェクトに取り組みました。

また、経済産業省の「水素・燃料電池実証プロジェクト（JHFC）」の一環として、2004年3月君津製鐵所に「液体水素製造技術開発」設備（図1）を建設し、燃料電池自動車用にコークス炉ガス（COG）から製造した液体水

素を有明水素ステーションへ供給する実証実験を行っています。

さらに、2005年の愛知万博において、約半年間名古屋製鐵所から燃料電池車に水素を提供しました。その後この設備を中部国際空港島内に移設（図2）、2006年7月から中部国際空港およびその周辺地域を走行する燃料電池バスなどへの燃料供給を開始する国の事業（JHFC）「セントレア水素ステーション」（図3）に参画しています。



図1 液体水素製造設備（君津）*1



図2 JHFCセントレア水素ステーション*1

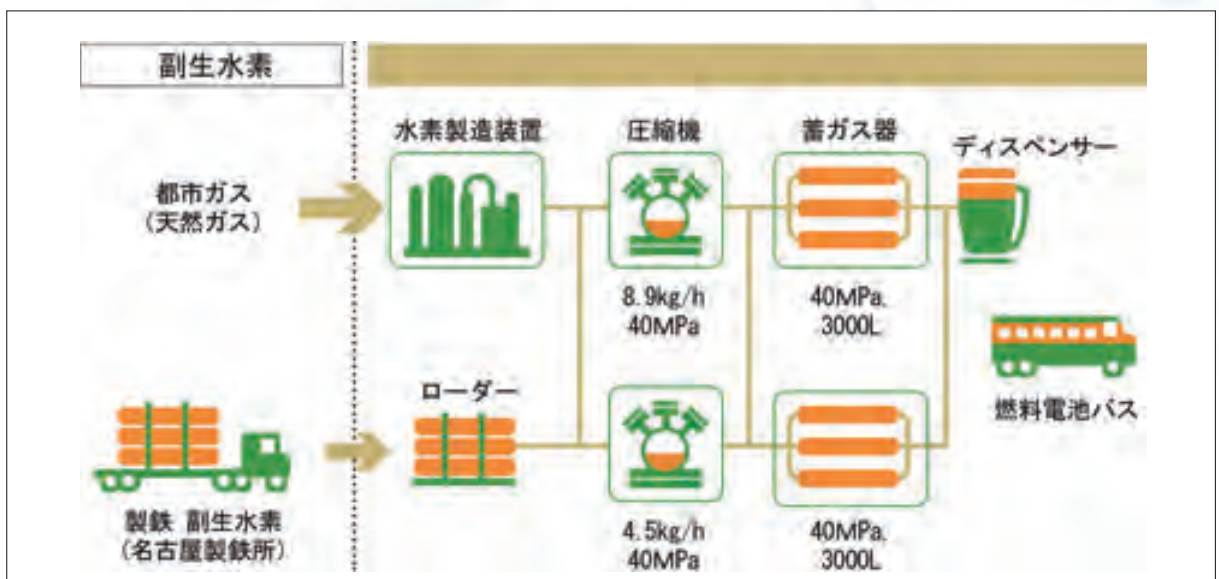


図3 JHFCセントレア水素ステーションのシステムフロー*2

引用文献

*1 新日本製鐵：NIPON STEEL Sustainability Report 2006,(2006),p.5

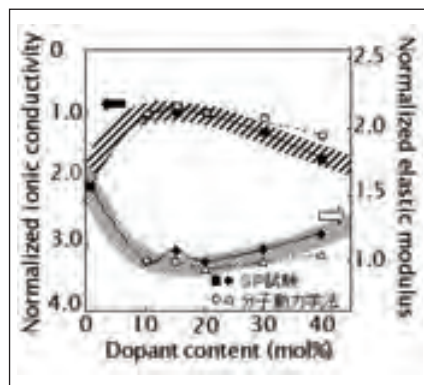
*2 新日本製鐵：NIPON STEEL Sustainability Report 2006,(2006),p.16

長期信頼性確保を目的とした学理「MECH」の構築

固体酸化物燃料電池の

固体酸化物燃料電池（SOFC）は、最も高い効率を有する発電システムとなることが期待され、活発に研究開発が展開されている。SOFCは1000℃程度の高温、燃料などの化学的環境条件にさらされるため、機械、電気ならびに化学的要因により経年劣化が生じることも想定され、長期間の信頼性確保がSOFCの実用化のために最も重要な課題の一つになっている。従来の研究においても、性能劣化は複数の因子が連成して起きている可能性が経験的に指摘されているものの、複雑な現象であるため、未踏研究領域となっている。

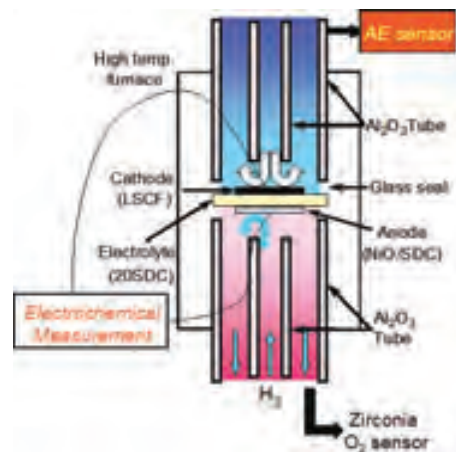
本研究チームでは、SOFCの構成材料における劣化現象を機械・電気・化学的相互作用（Mechanoelectrochemistry: MECh）の観点から解明することにより、SOFCの長期信頼性を確保するための学術的基盤構築を目的とした研究を推進している。これまで、電解質材料の電気および機械的性質を系統的に評価し、両者の相関関係を明らかにすることに



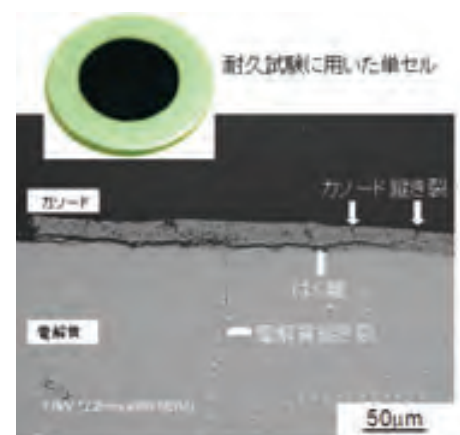
実験および計算によって得られた電解質材料の電気・機械的特性

—橋田研究室の研究活動—

成功している。また、新規な薄膜作製方法の開発などの作成に関する研究に加えて、世界に先駆けて作動環境下における破壊損傷の検出と評価法の開発に成功している。これらの研究は、多元物質科学研究所の水崎研究室、工学研究科の湯上・佐多研究室、環境科学研究科の川田研究室とも連携しながら推進している。



SOFC信頼性評価装置



単セルの機械的損傷例 (SEM断面写真)

龍は雲に登り神は崑崙に棲む

古代中国における文明と自然

連載 **6**

文字言語の特性

浅野 裕一



国際環境・地域環境学講座 東アジア思想論分野 教授

だが文字言語は、前まで述べてきたような特色によって、その方向を一層助長し強化する働きを持つ。私権を排除し、国家・社会の公的君主権力による統一を指向する韓非が、「古え蒼頡の書を作るや、自ら環む者は之を私(ム)と謂い、私に背くは之を公と謂う。公私の相背くや、乃ち蒼頡固より以て之を知れり」(『韓非子』五蠹篇)と、穀物や土地をこれは俺の物だと囲い込む(囿)のが私であり、それはおまえ個人の私有物ではないと、囲いを開放する(宥)のが公だと解釈して、文字の創出による世界の分節化を称賛する所以である。そして秦帝国の丞相・李斯は、官僚事務と帝国統治の効率化を期すべく、大象を簡略化した小篆に字体を統一し、自ら「蒼頡篇」なる字書を編纂して、その普及を図ったのである。

かくして文字言語は、文明発展の旗手、社会秩序確立の憲兵となった。そもそも蒼頡は、「黄帝の世、始めて史官を立つ。蒼頡・沮誦は其の職に居る。(中略)蒼頡文字を作る」(陳其采増訂『世本』作篇)と伝えられるように、文明の創始者・黄帝に任命された歴史官であり、文字は世界を体系的意味として叙述・記録する手段としてこそ、彼の手で発明されたのであった。

それでは文字は、発生時において、すでにそうした性格のものであったのだろうか。それを探る手掛りとして、次に文字を表す文字、すなわち「文」「字」「名」などの原義を考えてみよう。

白川静氏『字統』は、文(𠄎)について、「卜文・金文の字形は、人の正面形の胸部に文身の文様を加えた形。聖化のために、朱などで加える文身をいう」と述べる。そしてさらに、「死葬のとき、朱をもってその絵身を加えて屍体を聖化したのであり、また「たとえは出生のとき、×形の文飾をひたい(冂)に加えて呪禁とするものが産」であり、「成年式に文を加えた字は彦、成人のとき、その文飾を面に加えて廟にお参りする姿を顔という」のであり、「凶札のときにも胸に×形を加えて呪禁とすることがあり、凶・兇・冏・胸などはその系列の字である」と解説する。白川説に従えば、もともと文は、呪術的思考と密接な関係を持っていたことになる。

また字(𠄎)について白川氏は、「冂と子とに従う。冂は家廟。家廟に子の出生を報告する儀礼で、これによって養育・字養のことが定まり、またそのとき字をつける」と解釈する。これによれば、字は族への加入儀礼を表す会意となる。

では最後に、名(𠄎)はどうだろうか。白川氏は名の原義を、「祭肉と、祝禱を取める器の形とに従う。口はその祝禱の器の形。子が生まれて三月になると、家廟に告げる儀礼が行われる。このとき名をつけ、はじめて家族の一員となる」と解する。そして「命名は祖霊の前で行なわれ、加入儀礼としての意味をもつ」とも説くから、名はやはり族への加入儀礼に関わる文字となる。

以上、白川氏『字統』の解釈を紹介してきた。もともと『説文解字』の説明は、これとはまるで異なっている。そこで次に許慎の解釈をみてみよう。

まず文について、『説文』は「錯畫也。象交文」と述べる。これによれば、文とは筆画が交錯する様の象形ということになる。

また字に対しては、「乳也。从子在冂下」とあるが、これだけでは文字を表す文字としての意味は判らない。そこで『説文叙』における許慎の言を参照すれば、「蒼頡の初めて書を作るや、蓋し類に依りて象形す。故に之を文と謂う。其の後形声相益さば、即ち之を字と謂う。字なる者は、孳乳して浸いに多るを言うなり」と説明されている。許慎の考えでは、蒼頡が最初に製作した象形文字を文と称し、会意文字や形声文字など、その後さらに増加した文字を字と称するのだという。つまり、字の原義は室内で母が子に乳を与える意であるが、やがて母親から子が生まれて子孫が繁殖すると引伸義が生じ、ために蒼頡以後に増殖した文字を字と称するということである。

さらに名について『説文』は、「自ら命なり。口に从い夕に従う。夕とは冥なり。冥ければ相見えず。故に口を以て自ら名のる」と解説する。すなわち、日暮れになると互いの顔が見えなくなるため、口から音声を発して、自ら名のる会意文字だということである。こうした『説文解字』の説明に接するとき、我々は許慎が言語をどうとらえた人間の魂から切り離れた上で、文・字・名のいずれに対しても、純粋に言語機能の面からのみ、それらの原義を解釈していることに気づくであろう。筆画が交錯するのが文であり、形や音が時代につれて増殖するから字であり、光による形象視認が不可能だから音声による相互確認に切り換えるのが名だと思われ

るとき、そこに白川氏が説くような呪術や宗教儀礼の要素は、微塵も見出だすことができない。

もとよりその理由としては、許慎が殷代の甲骨文や西周の金文、先秦の古文など、古い字体を見ていないことの影響が挙げられよう。しかし、そのみが唯一の原因とも考えがたい。その根底には、意味の伝達手段としての言語機能に無上の信頼を描き、それを駆使して経典を解読し切ろうと努めた、後漢の訓詁学者としての言語意識が、やはり横たわっていたであろう。あまつさえ文字言語は、春秋・戦国・秦・前漢と、その社会的機能のみを肥大化させながら、呪術性を絶えず切り捨てて許慎の時代に至ったのであるから、なおさらのことである。

鬼神と文字、それぞれの検討を終えたところで、いよいよ、鬼神はなぜ哭いたのかとの謎に戻らねばならない。

いったい鬼神をして号泣せしめたのは、白川氏が解釈するような文字であろうか、それとも許慎が唱えたような意味での文字であろうか。前者は、屍体を聖化するために施された呪禁の文様であったり、祖先の霊前で報告される名称であったりするから、そうした文字は死霊への尊敬や畏怖の情の所産にほかならない。さすれば、現世に帰来した死者である鬼神も、文字の発明を聞いて哭いたりはせぬであろう。

となれば鬼神を泣かせたのは、後者の側の文字でなければならぬ。文字を混沌の闇を切り裂く文明の尖兵と見なし、万人が正確に意味を伝達し合い秩序ある社会を運営するための利器として駆使し、人間の輝ける知性の産物として、その機能に無限の信頼を寄せるとき、文字は鬼神に代表される神秘的存在と、鋭い敵対関係に入ることになる。これまで衆の畏敬・尊崇の念を聚めていた鬼神に対し、「今、無鬼を執る者曰く、鬼神は固より有ること無し」(『墨子』明鬼下篇)とか、「先知なる者は、鬼神に取るべからず」(『孫子』用間篇)「凡そ天道・鬼神は、之を視れども見えず、之を聴くも聞かえず、之を索むれども得ず。以て勝敗を治むべからず、死生を制すること能わす。故に明將は法らず」(『群書治要』巻31引く『六韜』龍韜)といった、容赦なき否定の論理が浴びせられるのである。

かかる風潮に抗して、墨家は鬼神の存在を証明せんとしたが、そのとき墨者が取った手段は、やはり知性に裏付けられた文字と論理であった。明鬼下篇はその最後に至り、「若し鬼神をして請には亡からしむるも」「鬼神をして請には亡からしむと雖も」「若し神にして有らば」との譲歩をくり返し、ほとんど論証を放棄したかの線まで後退を余儀なくされる。そもそも、鬼神が活動する神秘的空間を文字と論理で埋めつくすことにより、それを守り抜こうとした点に、目的と手段との不適合といった、論証破綻の根本原因が潜んでいたと言わざるを得ない。墨家の懸命な弁護も、怒論のごとき文明の魔手から鬼神をかばい続けることは、所詮できなかったのである。

必ずや文字に弾劾されるに違いないとの憂慮は、まさしく的中した。もはや活躍の舞台が訪れぬであろう事態を察知した鬼神は、ただ夜の闇に紛れて哭泣する以外、為す術を持たない。かつて戦車を駆って公衆の眼前を疾走し、白昼堂々と復讐を遂げた、あの雄姿たる鬼神の雄姿は、すでに遠い過去の物語となった。『淮南子』の一節は、文に送られ、二度まで冥界に葬られんとする鬼神への痛切な挽歌であるとともに、聖なるものを片端から放逐しつつ驀進する、人智・文明の前途への深い危機の表明でもあった。

雲に乗り、天空高く飛翔する龍の姿は、まことに勇壮な光景に見える。だが実はそれが、河川や湖沼といった安住の地を追われ、雲間をさすらう姿なのだと思えば、一転してそれは哀愁漂う光景となる。皇帝が中国を支配していた二千年の間、龍の文様を衣服や住居の装飾に用いる行為は、皇帝にのみ許された特権であった。ある意味で龍は、中国そのものである。黄河文明は、その龍をすらすら中国の大地から追放した。鬼神もまるでコウモリのように、暗闇の世界へと追放された。山川の神々も一斉に中国を逃れ、神秘の山、崑崙山に移り棲んだ。

文字を発明し、巨大な都市を建設し、自然を破壊し、聖なるものを抹殺しながら文明を肥大化させる人類。飽くことなく商業利潤を追い求め、限りなく欲望を遂げようとする人類。このまま走り続けられれば、いずれお前たちは餓死すると、天に哀れみの情を抱かせた人類。古代の思想家たちが残した文明発生の記憶には、黄河文明の不吉な翳が刻まれている。