

# 産総研における 環境・エネルギー技術への取り組み

独立行政法人 産業技術総合研究所 イノベーション推進室 北本 大

## 1. 環境・エネルギー分野を巡る状況

### 1-1 環境・エネルギー技術の背景

産業革命から20世紀にかけて人類が築き上げてきた文明社会は、大量生産・消費・廃棄を繰り返すことで大いなる発展を遂げて来たが、それは同時に、自然環境に大きな負荷を与えるものとなっていた。局地的・限定的に見える形で現れる「公害」という形で出現した環境問題は、個別の対策技術によりある程度の解決を見ることができた。しかし、地球全体規模で徐々に蓄積された様々な形の変化は、自然の有する緩衝力によって緩和され、その発現が微小で且つ緩慢であるために周期的な気候変動との区別が付きにくく、長く一般には注目されることは無かった。1990年代になって、フロンガスによるオゾン層破壊、酸性雨、砂漠の拡大、野生生物の減少等について、地球規模での対応が必要となってきた。特に温暖化物質の蓄積量は自然の包容能力を超え、顕著な気象変動として目に見える形で現れてきている。

世界各地で発生している、かつて無い大規模な異常気象、海面上昇による島国存亡の危機、海水面積の減少による極地生物絶滅の危機など、その例は枚挙にいとまがない。一方、研究者の間では、温暖化物質による環境影響はより早い段階から認識されていた。1979年に気候変動に関する初めての国際会議となる世界気候会議が開かれ、人間の活動に起因する気候変動について科学的な議論がなされた。この一連の活動が1988年11月の国連環境計画（UNEP）と世界気象機関（WMO）による気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の設立につながり、地球規模で気候変動を検証する基盤が形作られた。

IPCCが2007年に公表した第4次評価報告書によれば、産業革命以降の気温変化の観測から、地球が温暖化しているという現象は紛れも無い事実であり、特に20世紀後半にはその変化が加速されていることが確認された。更に、その温暖化は、人間活動に伴い排出される温室効果ガス濃度の上昇に起因する“可能性がかなり高い”と結論された。そして、将来の温暖化物質の濃度レベルとその環境及び人間の経済活動に対する影響の予測も示され、現状のまま何の対策も無く推移した場合、海面水位上昇、洪水、極端な気象現象の増加などの生態系、人間の経済活動に及ぼす影響は極めて大きくなることが确实視され、早急な緩和策・適応策の実施はもはや“待ったなし”の状況にあるというのが、地球規模での共通認識となってきた。

温室効果ガスの排出量は世界全体でCO<sub>2</sub>換算271億トン／年である（2005年、図1）。最大の排出国はアメリカ

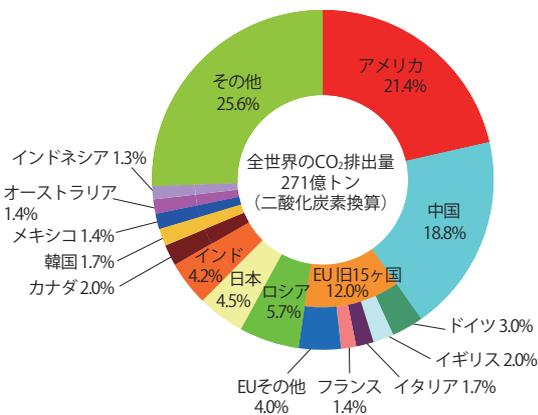


図1 全世界のCO<sub>2</sub>排出量（2005年）（環境省ホームページ）  
※ EU15ヶ国はCOP3（京都会議）開催時点での加盟国数である  
出典：IEA「CO<sub>2</sub> EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION」2007 EDITIONを元に環境省作成

カ合衆国であり、次いで、中国、ロシアと続き、我が国の排出量は4.5%（13.6億トン）を占め世界第4位に位置する。国民一人当たりの排出量で比較すると（図2）日本は世界第8位となる。この世界全体の温室効果ガス濃度は、現在の緩和策の下では数十年間引き続き増加すると推定されており、出来るだけ低い濃度レベルで大気中の温暖化ガス濃度を安定化させるために、追加的緩和策を講じることが求められている。

このような状況下で、各国は様々な政策を採っている。欧州では2001年の「再生可能エネルギーに関する欧州指令」で、2010年までに再生可能エネルギーを最終エネルギー供給量の12%まで導入する目標が掲げられている。米国は豊富な石炭の利用を背景にCO<sub>2</sub>隔離と水素社会の実現を戦略としているが、同時にバイオ燃料の導入も推進し、2017年までに年産1.3億kLの導入を目指しているのに加え、企業や州レベルでの地球温暖化防止への動きも出てきている。中国は自国でのエネルギー確保が最優先課題であるが、2007年の中国共産党大会では環境問題への対策も打ち出されて省エネに取り組む姿勢が表明されるとともに、再生可能エネルギーにも力を入れ始めた。

温暖化対策技術開発は、環境技術とエネルギー技術が相互に関わる課題である。地球温暖化のインパクトを最低限に押さえるためには、温暖化ガスの中でも最も量的な寄与が大きいCO<sub>2</sub>排出を極限まで抑えなければ

ならず、エネルギーの供給側と需要側の両方において、あらゆる手段を講じて化石燃料の使用削減に取り組む必要がある。2005年度の我が国の一次エネルギー国内供給シェアは、石油が49%、これに液化石油ガス（LPG）、石炭、天然ガスを加えると80%を超えている。CO<sub>2</sub>排出量の少ない原子力発電は事故等の影響で新規建設の加速は困難な状況となっており、温暖化防止対策として、需要側における省エネルギーの推進と、環境負荷を考慮しながらの新エネルギー技術開発・導入がより加速される必要がある。

### 1-2 地球気候変動問題に関する近年の状況

我が国は、温暖化防止京都会議（COP3）において、2008年から2012年の第一期約束期間に、1990年比で6%の温暖化ガス排出量削減を義務付けられている。この目標を達成するために、地球温暖化対策推進大綱では、表1のような温暖化ガス排出量削減のガイドラインが定められている。

総合資源エネルギー調査会需給部会の「長期エネルギー需給見通し（案）」（平成20年3月）においても、CO<sub>2</sub>排出を抑制するためには、最大限までの機器・設備効率の改善と最大限の導入が重要であることが示されている（図3）。我が国では他の先進国と同様、産業部門に比べ民生（業務・家庭）部門におけるエネルギー

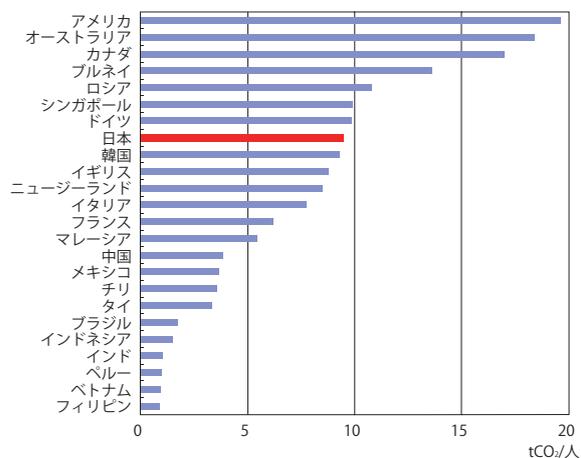


図2 国民一人当たりのCO<sub>2</sub>排出量（2005年）（環境省ホームページ）

出典：IEA「CO<sub>2</sub> EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION」2007 EDITION を元に環境省作成

表1 温室効果ガスの排出抑制・吸収量の目標

		2010年度の排出量の目安 (注) 基準年総排出量比
温室効果ガス 排出量	全体収支	-1.8% ~ -0.8%
	エネルギー起源CO <sub>2</sub>	+1.3% ~ +2.3%
	非エネルギー起源CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O	-1.5%
	代替フロン等3ガス	-1.6%
森林吸収量		-3.8%
京都メカニズム		-1.6%

(注) 排出量の目安としては対策が想定される最大の効果を上げた場合と、想定される最小の場合を設けている。当然ながら対策効果が最大となる場合を目指すものであるが、最小の場合でも京都議定書の目標を達成できるよう目安を設けている（改正京都議定書目標達成計画（閣議決定）を元に作成）。

最終消費の伸びが大きくなることが予想されている(表2)。これはライフスタイルの変化による一人当たりエネルギー消費の増大や、情報通信技術の急速な進展とサービス産業の発展による業務部門でのエネルギー消費拡大によるところが大きい。

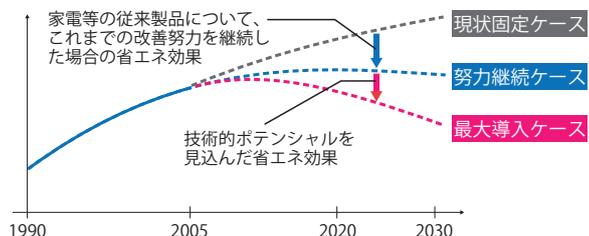


図3 我が国のCO<sub>2</sub>排出量の見通し

出典：総合資源エネルギー調査会需給部会「長期エネルギー需給見通し(案)」、平成20年3月

表2 エネルギー消費量予測

	最終エネルギー消費(原油換算 百万kl)		
	2005年度	2030年度 (現状固定 ケース)	2030年度 (最大導入 ケース)
産業部門	181	179	176
民生部門	134	192	121
運輸部門	98	97	69

参考：総合資源エネルギー調査会需給部会「長期エネルギー需給見通し(案)」平成20年3月

CO<sub>2</sub>排出量の削減は、省エネルギー等のエネルギー利用効率の改善とエネルギー供給における石油依存度の削減に負うところが大きい。エネルギー利用効率の改善には、これまでの改善努力・技術の継続と拡大が第一であるとともに、技術開発の加速が必要である。今後どれだけ早くCO<sub>2</sub>排出量を削減できるかは、従来技術の大幅な普及とともに、エネルギー消費を一段と削減する新技術開発の進展にかかっている。

エネルギー供給側の技術では、経済性が低いことも再生可能エネルギーの普及の遅れの一因であり、欧米では従来から再生可能エネルギー普及のために様々な促進策が講じられてきた。我が国も太陽熱温水器や太陽光発電システム導入助成等を行ってきたが、2003年4月には電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法(RPS法)が施行され、電気事業者は新エネルギー等電気の利用を義務付けられることとなった。このように、大量導入を目指した研究開発と導入・普及策が同時に進行している。

我が国では2005年から2008年にかけては、エネルギーに関わるいくつかの国家戦略が公表された。2100年までの超長期エネルギー技術ビジョン(2005年10月)では、3つの極端なケースを想定し、環境等の制約の下、必要な技術の姿をバックキャストで描き出している(図4)。どのケースでも一次エネルギー源と技術がセットで提示されている。なお、このビジョンならびに省エネルギー技術戦略(2006年9月)ではパワーエレクト

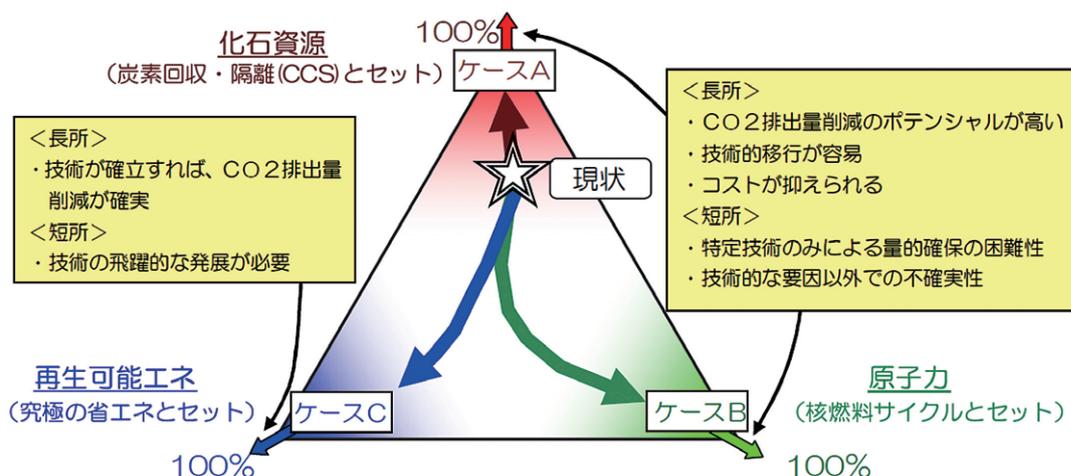


図4 一次エネルギー構成の3つのケースイメージ

出典：資源エネルギー庁「超長期エネルギー技術ビジョン」

ロニクス、エネルギー貯蔵等の横断基盤技術の重要性も改めて指摘されている。さらに2006年5月に定められた新国家エネルギー戦略ではさまざまな数値目標が明記された。例えば運輸エネルギーの石油依存度を、2030年までに80%程度とすることを目指し、バイオ由来燃料等の導入促進、電気自動車、燃料電池車の早期導入に取り組むとされている。

2007年1月の東アジアサミットでは、安倍元首相が省エネルギーやバイオ燃料利用の推進を柱とした日本のエネルギー協力支援策を発表した。また、2007年5月に安倍元首相が発表した「美しい星50 (Cool Earth50)」では、日本がリーダーシップをとり2050年までに世界全体のCO<sub>2</sub>排出量半減を目指すことが提案された。福田前首相も「美しい星50」を継承することを表明し、2008年7月北海道洞爺湖で開かれる主要国首脳会議を「環境サミット」と位置づけ、議長国日本として温室効果ガス排出削減に向けた有効な成果を挙げることを目指している。さらに提案を実現するためには、革新的技術の開発が不可欠として「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」を策定し、21の重点的に取り

組む技術を示している(図5)。

IPCC第4次報告書第3作業部会報告書では、4つのモデルによるCO<sub>2</sub>レベル安定化のための技術開発とその導入の予測を行っている。それによれば、低いCO<sub>2</sub>安定化レベルを達成するためには、再生可能エネルギー等の低炭素エネルギーの活用、二酸化炭素の回収・貯留(Carbon Dioxide Capture and Storage, CCS)の利用の促進が必須であると指摘しているが、世界的なCO<sub>2</sub>レベルの低減は、人口増加が著しく経済発展もめざましいアジア、特に世界有数の排出国である中国やインドの協力なくしては達成し得ない。その他の途上国も含め、先進国と途上国間の国際連携を強化し、CO<sub>2</sub>削減のための最新技術の普及を図ることが重要である。

また、温暖化対策技術として期待される再生可能エネルギーであるバイオ燃料や太陽光発電等について、更なる普及と一般市場への導入を進めるためには、安心して利用するための規格化・標準化が不可欠である。バイオ燃料については、アジア諸国、欧州でそれぞれに規格作りが進められてきたが、それらを統合しISO規格とする動きが始まっている。

— 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術 —

エネルギー源毎に、供給側から需要側に至る流れを俯瞰しつつ、効率の向上と低炭素化の両面から、CO<sub>2</sub>大幅削減を可能とする「21」技術を選定。



図5 重点的に取り組むべき21のエネルギー革新技術

出典：経済産業省、「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」、平成20年3月

### 1-3 環境問題をめぐる状況

安全・安心な社会をめぐることは、テロ活動の増大、災害や事故の多発化、新興感染症の拡大、情報セキュリティ問題の顕在化等の情勢の変化を受け、かつては世界一安全な国といわれた我が国においても、危機管理体制の強化が求められるようになった。2004年6月には「武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律（国民保護法）」が制定され、2005年には、総合科学技術会議の「科学技術に関する基本政策について」に対する答申において、「安全が誇りとなる国」が政策目標として示された。安全・安心に関わる研究開発には多くの技術分野が関連するため、関連する分野を結集して迅速に課題を解決するプロジェクト的な研究開発を実施すると共に、分野横断的な共通基盤技術については、各分野の連携の下で持続的な研究開発の体制を構築することが必要である。

各種の新技术・新材料について一般への普及を進める前には、新技术・新材料によるリスクを適正に評価し、導入の指針を明確化しておくことが必要である。特に化学物質の利用についての安全管理技術を確立するとともに、フィジカルハザードを防止する安全管理技術、経済社会活動における物質循環の評価・管理、温暖化物質の挙動予測、化学物質の環境動態の解析及びリスク評価、総合的な視点からのライフサイクルアセスメント（LCA）等の予測・評価技術の開発を進めると同時に、それらを統合化し、新しい技術や物質の導入を事前に評価し、社会的な意思決定に貢献するリスク管理を支援する情報インフラの整備等が、新たな社会的要請として浮かび上がってきている。

21世紀において実現を目指す環境と調和した循環型経済社会の実現に向けて、世界の技術的潮流を背景に、製品サイクル全体での廃棄物排出・環境負荷物質発生抑制、地球温暖化抑制と廃棄物・有害物質対策との両立、有害物質の無害化を含めた物質管理等が重要な政策となっている。これらの目標を達成するために「環境効率」という評価基準が提案され、定着しつつある状況にある。この環境効率は、便益（A）を環境負荷（B）で除した値（ $A/B$ ）として定義される。ここでBは資源の消費、エネルギー消費、環境リスクを含む値である。

環境効率を向上させる技術として、産業における具体的なプロセス、使用される材料の環境負荷を低減す

る技術及びリサイクル技術が挙げられる。これは廃棄物・有害物質などの環境負荷物質を発生しないようなプロセスへの転換を促す技術開発であり、一部の産業では廃棄物のゼロエミッション化を達成しているものも現れている。特に化学産業は、石油資源を主な原料とする典型的なエネルギー多消費産業であり、環境調和型のグリーン・サステナブル・ケミストリー（GSC）の重要性が指摘されている。環境及び人間に対する負荷の削減と我が国の国際競争力強化のためにも、省エネルギー・低環境負荷型の革新的製造プロセスの速やかな導入が望まれている。

我が国においても2000年には、（財）化学技術戦略機構（JCII）を事務局として現産総研を含む化学関連10団体から構成される「グリーン・サステナブル・ケミストリー・ネットワーク（GSCN）」が設立され、化学品の全ライフサイクルに亘って安全で環境に影響を与えないものへの変換を進め、省エネルギーかつ環境調和型の化学プロセスの実現を目指している。さらに、化石資源の高騰やバイオテクノロジーの進歩を受け、再生可能原料であるバイオマスを利用した化学産業体系の構築への動きも、我が国及び欧米化学メジャーを中心に高まっている。

産総研は、人類共通の目標である、持続的発展可能社会を実現し、世界の人々が将来にわたって豊かな生活を送ることが出来るような社会の構築を目標に、人間活動の地球・地域環境への影響を的確に予測し、それに基づき環境問題の発生を未然に防止あるいは悪影響を最小化する技術を開発すると共に、需要サイドが主体的に利用できる分散エネルギー技術とその階層的なネットワーク化技術を開発することにより、「ライフスタイルに応じ、安心して生活できる快適環境を維持しつつ、持続的なエネルギーの利用が可能な社会」の実現に資する研究を推進して行く。

## 2. 研究戦略目標

### 2-1 環境・エネルギー分野の研究戦略概要

産総研の前身である旧工業技術院傘下の国立試験研究所における研究開発では、古くは原子力発電や高圧送電、MHD発電（電磁流体発電）等の研究をリードするとともに、公害型地域環境問題を対象とした、産業立地に関わ

る環境影響評価や、環境規制をクリアするための計測・対策技術の開発、環境・エネルギー市場を支える3R (Reduce, Reuse and Recycle) 技術開発、代替フロン技術の開発等に注力し、産業界へその成果をフィードバックしてきた。また、将来の省エネルギー・環境調和型の化学プロセス開発のための要素技術開発にも着手してきた。

このような経緯の中、2001年に15の国立研究機関が統合し設立された産総研は、経済産業省の政策と連携し、環境・エネルギー分野における本格研究を実施する国内唯一の研究機関としての役割を果たして来た。温暖化物質や他の化学物質全般による環境リスクを管理しつつ、新技術の開発を進める基礎を作り、産業界によるリスクの自主管理を支援するための評価・対策技術の開発、持続的な発展のために環境負荷が小さな社会を実現するためのライフサイクルアセスメント (LCA) 手法の開発並びに普及を進め、国内の他の研究機関には見られない環境・エネルギー分野における評価研究の推進力となっている。化審法 (化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律)、PRTR (化学物質排出移動量届出制度) 他、企業の自主管理による化学物質管理、地方自治体や国による新技術導入の政策決定の指針を与えるものとして貢献している。また公共の安全及び産業保安のための化学物質の発火・爆発現象を研究しデータベースを構築する唯一の独立行政法人として、社会・行政ニーズにも応えている。産総研ではこれらを踏まえてケミカルリスク・フィジカルリスクの評価・予測技術の融合化をはかり、安全科学分野の本格研究を推進する。

産業の環境調和化を目標とする革新的化学プロセス技術の開発研究は、現在の産業のニーズに注目しつつ、次世代の技術となるようなシーズの発掘・育成を目指し、公的研究機関の行うべき挑戦的課題に取り組むとともに、GSCを指向して要素技術の開発に注力してきた成果を基に、「省エネルギー・環境調和型の革新的製造技術の開発・実用化」を目標として本格研究を推進する。環境計測、診断並びに浄化・修復技術の開発は、環境の産業化を目標とした推進を行っている。

また、産総研は、我が国では最大のエネルギー研究者集団を擁しており、エネルギー技術の将来を担う立場にあると言える。産総研は経済産業省のエネルギー政策を導きつつ、その実現のために、再生可能エネルギーや燃料電池等の高効率分散型エネルギー技術、さらにそれらの最適利用に資する蓄電技術をはじめとす

る関連技術及びシステム化技術等の研究開発に取り組む。産総研の特徴はデマンドサイドに立脚したエネルギー技術であり、カバーする範囲は、米国のNREL (国立再生可能エネルギー研究所) のそれに比較的近い。

分散型エネルギーシステムの主たる目標は、再生可能エネルギーや燃料電池等の分散型エネルギー機器の大量導入と高効率化による省エネ、CO<sub>2</sub>排出削減である。これは同時にテロリストからの攻撃に対し、より安全なシステム構築ともなる。産総研では、革新技術による高性能化と並び、大量導入を支援する技術としてシステム研究等を行ってきた。特に燃料電池技術を核とする水素利用社会構築のための経産省の3つの基礎研究プロジェクトである、水素貯蔵材料先端基盤研究事業、水素先端科学基礎研究事業、燃料電池先端科学研究委託に積極的にに関わり、研究体制の整備も行って取り組んでいる。太陽電池やパワーエレクトロニクス材料・デバイス研究、蓄電デバイス・材料技術、化石燃料のクリーン化等の研究に関して得られた数々の成果を実用化、市場導入するためのシステム研究、規格化・標準化等に関しても、公的研究機関として行うべき研究と位置付けている。今後更に、長期エネルギーシナリオやLCAも含め、これらの研究にこれまで以上に積極的に取り組み、エネルギー安定供給に資する本格研究を推進する。

産総研は産業化を意識した本格研究を旗印に掲げている。融合技術を産み出しやすい組織、エネルギーと環境が一体となった取り組みの可能な組織、他分野との融合研究に取り組むことができる組織という総合研究所ならではの特徴を活かし、本格研究を遂行する。また産総研は、環境・エネルギー分野の政策立案や政策遂行を支援するための提言を積極的に行うために、組織構成を含めて、戦略・企画機能を強化する。また、世界の先進諸国並びに途上国の環境・エネルギー政策の動向を常に視野に入れながら、環境・エネルギーの総合的評価技術を確立し、環境・エネルギー産業の創出可能性を早期に予測することにより、技術開発の方向性を定める。

さらに、産総研は、これまでに築き上げた高い技術力を生かし、他機関との連携を積極的に推進する。外部研究機関の技術力との融合を図ることで、さらに高度な問題解決力とするとともに、地域社会・産業界と連携し技術移転を図ることにより、地域の活性化、日本の産業技術レベルの向上に貢献する。

地域との連携の例としては、界面活性剤を利用した

暖房用熱循環システムを札幌市役所本庁舎に導入し65%のポンプ動力の省エネに成功した事例が挙げられる。この事業は、札幌市と産総研の間で締結された研究協力に係わる基本協定に基づき実施されたものであり、産総研の省エネルギー技術の実証研究であるとともに、地方自治体としての札幌市の省エネルギーへの取り組み実現ともなるものである。このような取り組みの中では、地域のニーズ、経済、特性を十分理解した連携の策定が不可欠である。

大学等の教育・研究機関との連携も数多い。例えば、バイオマス利用を基軸とする循環型エネルギー・循環社会構築を目指して締結された広島大学と産総研中国センターの組織的連携・協力に関する協定では、アジアをターゲットとしたバイオマス利用展開を、バイオマスエネルギーの研究拠点としての産総研中国センターと、醸造工学の伝統に基づく高い研究ポテンシャルと社会科学も含めた幅広い研究領域を持つ人材育成拠点としての広島大学が連携して推進している。この連携では、学術・産業の振興と合わせて地域産業への貢献をも視野に入れている。

また、温暖化の影響評価において不可欠な森林のCO<sub>2</sub>吸収量観測のために、産総研はアジア諸国並びに(独)森林総合研究所、(独)農業環境技術研究所、(独)国立環境研究所及び北海道大学と連携して、アジアフラックスネットワークの構築を進め、アジア諸国の研究者を対象としたトレーニングコースを開催して、技術の普及を図るなど、アジア諸国の研究者に幅広い知識と経験の普及を図っている。地球環境問題に代表される地球スケールでの課題に対しては、各独法研究機関が持つ経験と高い技術を集結することが重要かつ効果的であり、今後とも独法間、産学官の連携をさらに進める。

以上のように、産総研は、独自の革新的技術を開発する研究機関であるとともに、公的機関として担うべき基盤的研究実施の役割を果たし、更に、国内外の機関と連携して、持続的発展が可能な世界の構築のために資する取り組みを推進する。

## 2-2 戦略目標

環境・エネルギー問題を克服し、豊かで快適な生活を将来にわたって維持していくためには、産業活動に

伴い発生する環境負荷を極力低減させつつ、エネルギー供給を安定して確保することにより、社会、経済の持続可能な発展を実現させていくことが求められる。このため、産業活動や社会生活に伴う環境負荷低減を図ると共に、様々なりスクを低減し、管理水準の向上を通じて安全・安心を保証する観点から、環境予測、評価及び保全技術を融合させた技術により、環境・安全対策を最適化する。また、エネルギーと資源の効率的利用によって化学産業の環境負荷低減を促進する。エネルギーの安定供給確保を図るために、燃料電池及び水素等の分散エネルギー源の効率的なネットワークを構築すると共に、再生可能エネルギーであるバイオマスエネルギーを導入してエネルギー自給率を向上させ、CO<sub>2</sub>排出量を削減する。加えて、産業、運輸及び民生部門の省エネルギー技術開発により、CO<sub>2</sub>排出をさらに抑制する。

具体的戦略目標として、以下の4項目を設定した(戦略目標1から4)。「環境・安全対策の最適ソリューションの提供」は、複雑化する環境問題を、産総研が高い潜在能力を有する化学物質リスク、LCA、地球温暖化、爆発安全等の評価技術と対策技術の融合により解決しようとするものである。「低環境負荷型化学産業の創出」は、第1期における環境負荷の低い原料、反応系、及び分離プロセス研究の成果を基に、エネルギー消費の大きな化学産業において省エネルギー・省資源を実現しようとするものである。

「分散型エネルギーネットワークの開発」は、今後大幅な成長が見込まれる分散型エネルギーシステムの研究を通して、再生可能エネルギーの大規模導入と高効率燃料電池やシステムマネジメントによる省エネルギー化を目指すものである。「バイオマスエネルギーの開発」は、CO<sub>2</sub>削減に大きく貢献するバイオマスの利用を拡大し、地球温暖化防止に貢献しようとするものである。

なお、経済産業省においては、今後の研究開発資金配分の指針とするため、「技術戦略マップ」を作成している。その策定に産総研も有識者として参加しており、経済産業省の技術戦略マップとの整合性を確保しつつ、産総研の戦略を策定した。

環境・エネルギー分野においても、技術戦略マップに整理された技術項目と産総研戦略で記述した技術項目は基本的に整合している(図6、図7)。産総研戦略では、各技術項目の開発手法に産総研独自のアプローチを設定し、その開発ロードマップを策定し、それぞれ

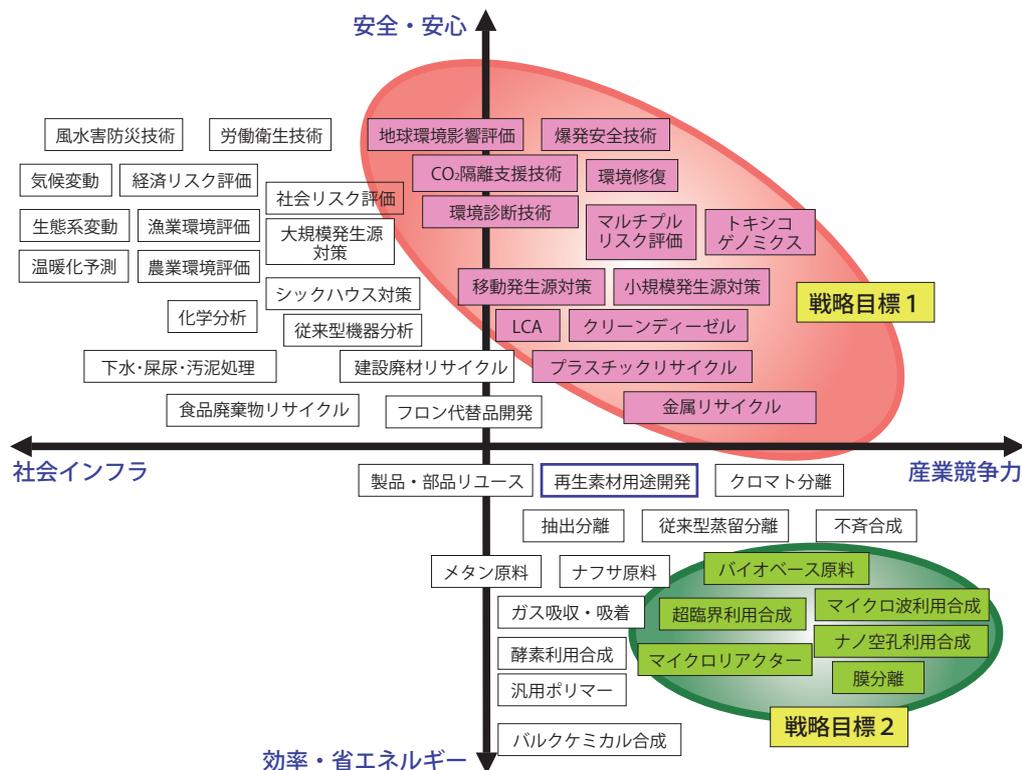


図6 環境分野の戦略課題の位置づけ (戦略目標1及び2)

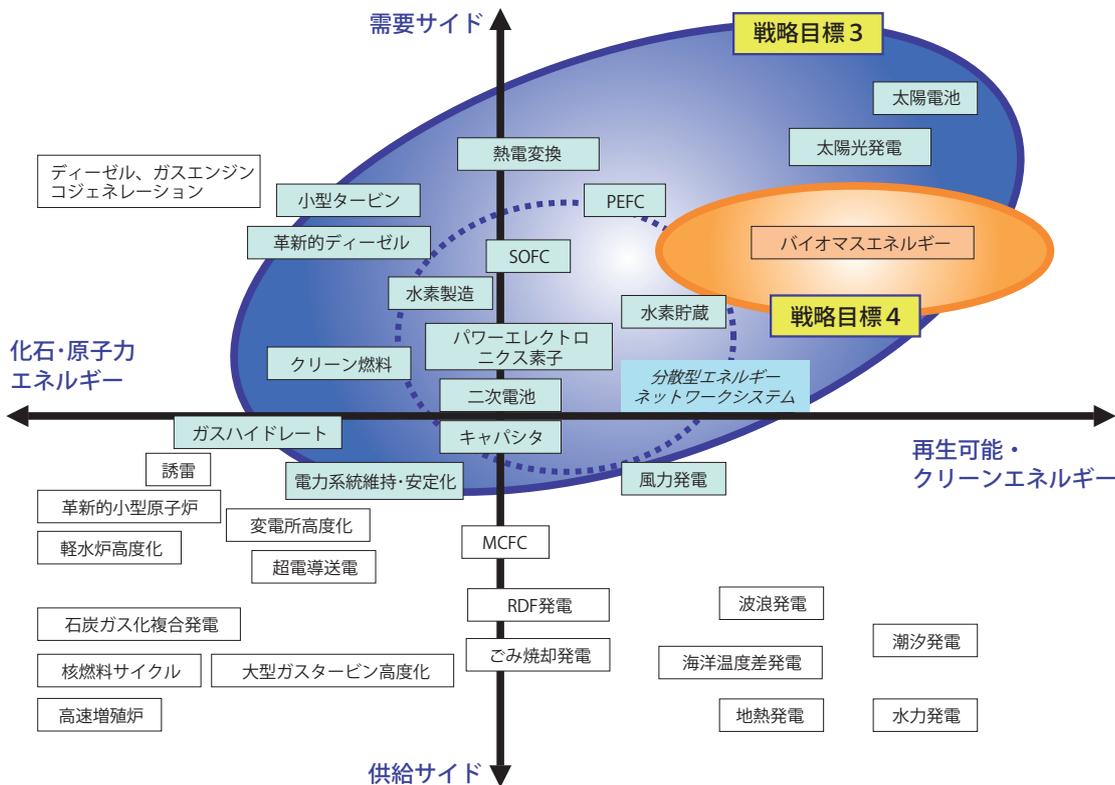


図7 エネルギー分野の戦略課題の位置づけ (戦略目標3及び4)

さらにブレークダウンした研究開発手法についてロードマップを設定した。以下、4つの戦略目標について、「未来シナリオ」を例に、取り組むべき技術内容について概説する。

### 2-2-1 戦略目標1：予測・評価・保全技術の融合により、環境・安全対策の最適ソリューションを提供する

未来シナリオ【リスク評価・管理の日常化により、環境保全から環境創造へ】

リスク評価・管理を考慮した生産・生活設計により、環境保全と日常生活の利便性が両立し、地球的なスケールから地域まで安全かつ快適な環境が提供されるようになった。消費者アンケートによると、日用品では、マルチプルリスク等で表示される環境性能が購入を決める要因になっている。新聞の株式欄でも、ソーシャルLCAを取り入れて業績を上げた企業の株価高が報じられている。テレビでは、明日のサミットに備えて、マイカーの電気モード運転を呼びかけると共に、渋滞予想個所に大気浄化パネルを増設する様子が映されている。

従来、新しい環境問題が発生するたびに、環境規制が検討され、それに対応するための環境対策技術が開発されてきた。しかしながら、環境意識の高まりと共に、従来型の対症療法ではなく、新たな環境問題の予測や未然防止を可能にする技術が求められるようになってきた。同時に、環境負荷物質の高濃度発生源が対象であった従来の対策技術とは異なり、環境中に拡散した極めて低濃度の物質も対象とすることができる技術が求められている。具体的には、自動車等の移動発生源による複合的な有害物質対策、固定発生源からの揮発性有機化合物（VOC）対策、シックハウス症候群の原因と疑われている化学物質、アレルギー原因物質等の対策に加え、ナノテクノロジー等新技術に関わるリスク評価が必要とされている。また、大規模化学プラントや原子力発電所等、ひとたび事故が起きれば大きな被害をもたらす恐れのある事業所に対して、その安全性を評価し、万一の際の被害を最小化する技術が必要である。

産総研は、大気汚染や水質汚濁等、化学物質に起因する環境問題を解決するための対策技術に加え、汚染

物質の拡散予測と影響評価、CO<sub>2</sub>の地球循環モデル構築等の評価技術のポテンシャルを蓄積してきた。上記のような社会的要請から、化学物質リスク評価技術、LCA技術、地球環境影響評価技術、爆発安全評価技術に加え、極微量の環境負荷物質が検出可能な環境計測・モニタリング技術、広く拡散した環境負荷物質にも対処可能な環境浄化・修復技術の開発に努め、そのシーズを確立した。これらの要素技術をさらに発展させ、安全科学として融合して、計測・評価・対策技術が三位一体となった新しい予測・対策技術を開発する。

環境悪化や安全性の喪失が予測される場合、それを未然に防止するための方策を提案する。未然防止が不可能な場合には、環境修復のための手段を提供する。対策技術は一義的なものではなく、それを導入する社会の事情に応じて異なった手段が必要になる。そのため、いくつかの解決法を選択可能なソリューション型パッケージとして提示することを目指す。各々の手法を選択するリスク・ベネフィットも同時に明らかにし、対策をとる側の意思決定を支援する。従来、産総研は上記のような技術のシステム化は必ずしも得意ではなかったが、評価技術研究で蓄積したノウハウを応用して、安全科学として総合的な技術の開発に挑戦する。

### 2-2-2 戦略目標2：環境効率最大の化学技術の開発により、高い国際競争力を持つ低環境負荷型化学産業を創出する

未来シナリオ【化学産業のエネルギー原単位を50%削減】

一世代前の多段の蒸留塔や煙突に象徴された重厚な化学プラントは、もう姿を消してしまった。今や化学プラントは、住宅地に近接した工業団地でもクリーンかつコンパクトに地域環境に調和して稼働している。化学プロセスにおける原料転換、化学反応及び生成物分離を効率的に行う技術が確立されたことにより、あのエネルギー多消費型産業の代表とされた化学産業は省エネルギーのモデル産業と位置付けられている。

我が国の製造技術の優位性を維持し、さらに国際競争力を強化するために、エネルギー消費を最小化し、廃棄物を生じない革新的製造プロセス技術の継続的开发が不可欠である。中でも化学産業においては、石油

資源を主原料とする従来型のエネルギー多消費かつ環境負荷の高い製造プロセスからの早急な脱皮を目指してプロセス改善が進められてきたが、根幹的なプロセス転換を実現し得る未来型技術に関しては、産業サイドでの着手は困難な状況にある。

我が国の化学産業は既に基礎化学品から付加価値の高いファイン製品へのシフトを図ってきているが、ファイン製品の製造では多くの場合廃棄物となる副生成物も大量に出てきてしまう。PRTR法あるいは欧州の化学物質規制（REACH）等の周辺状況に照らしても、旧来の製造方法を革新的な少量・多品種製造技術へ転換することが急務となっている。産総研では、省エネルギー、省資源、及び環境調和の観点から、化学品製造業における原料、反応工程、分離・精製等の後処理工程、システム管理等の各要素において、特に、技術的難易度が高かつ産業サイドでの単独実施が困難な技術開発の中から、優位性をもって実施し得る課題に挑戦する。化学品製造プロセスにおいて、出発原料の選択は重要である。現在の石油化学原料は、今後半世紀から一世紀をかけて、次第にバイオマス原料へと置換されると考えられる。この実現には、バイオマス利用技術への早期着手が必要である。また、化学プロセスの中核を担う反応工程においては、常に選択性が問題となる。これまで化学反応の常識であった副生成物・廃棄物の生成を極力抑えた、原子利用効率の高い革新的な合成プロセスによる環境効率の飛躍的向上を目指す。そのため要素技術として、産総研が高い潜在能力を有している、高選択性酸化触媒等化学反応の選択性を制御する鍵となる触媒技術、省エネルギーかつ環境調和型の反応媒体技術、膜型反応器等の独創的な技術を最大限に活用する。また、化学品製造プロセスにおいて多大なエネルギーを消費する反応生成物の分離・精製工程にも焦点を当てて、従来の蒸留あるいは吸着分離に比べて消費エネルギーを抑制し得る高性能分離膜及びそのシステム化技術の開発を行う。さらに、製造システム全体のエネルギー収支を制御して最適運転条件を提示する管理システムの完成・実用化を目指す。

これらの技術開発においては、何れも飛躍の種を見出し出てきており、今後、これらの要素技術を融合化・集積化して環境優位性を発揮できるプロセス革新を実現し、新規産業創成への貢献を目指す。

## 2-2-3 戦略目標3：分散型エネルギーネットワーク技術の開発により、CO<sub>2</sub>排出量の削減とエネルギー自給率の向上に資する

未来シナリオ【小さなエネルギーを大きく使う】

我が家のエネルギーマネジメントロボット「エネ太郎」の予報によれば、今週は天気がいいので太陽光発電がフル回転し電気代が安く上がるが、来週になると天気が崩れるので燃料電池コジェネの出番が増えるそうである。もちろん足りない部分はエネ太郎が計算して系統電力を買うことになる。余った電力は、昔は電力会社に売るだけだったが、最近では新型電池に貯めてもいいし、エネ太郎の友達に相談してご近所に融通することもできる。向こう三軒両隣、エネルギーでもお付き合いの時代になった。

総合資源エネルギー調査会需給部会がまとめた「2030年のエネルギー需給展望」によれば、日本国内でも、化石エネルギーが今後も供給の大宗を占めるものの、CO<sub>2</sub>排出量削減とエネルギー自給率向上の観点から、再生可能エネルギーの大量導入と更なる省エネルギーの推進が期待されており、中長期的な観点からは技術革新とその成果の普及が重要と認識されている。また、世界的に見れば、今後さらに増大すると予想される発展途上国のエネルギー需要とそれに伴うCO<sub>2</sub>排出を抑制する上で、日本の技術力が大きな役割を果たすことが期待される。

従来のエネルギーシステムは化石燃料や原子力を中心とした、供給側の効率最大化を基本とした集中型システムであった。集中型システムでは、主として産業部門におけるエネルギー需要の増大に対応するためにスケールメリットが追求されてきた。集中型システムに関する研究開発は、(財)電力中央研究所や(独)日本原子力研究開発機構及び民間企業で行われており、産総研の役割は限られている。これに対し、近年急増している運輸・民生部門でのエネルギー消費を削減するには、個々の需要側からのアプローチが必須であり、分散システムが重要な役割を果たす。特に近未来的には、可搬型の需要に対応できるユビキタスエネルギー技術が大きな可能性を持つ。また、大量導入が期待される再生可能エネルギーが本質的に分散型のエネルギー源であること、電力自由化により新たに導入され

る技術の多くが分散型であることから、今後は分散型システムの重要性が増すと予想される。分散型システムを社会全体に広範に導入させるためには、ユーザーが階層性を意識することなく快適に利用でき、既存システムとシームレスに協調するシステムを構築する必要がある。また、長期的かつ巨視的ビジョンからエネルギー経済社会の将来を分析することにより、これら技術のより有効な導入指針を立てねばならない。

産総研では、分散エネルギー源の個別の要素技術の開発を進め、成果と実績を蓄積してきた。今後さらに、材料からシステムまで幅広い研究範囲に亘るという産総研の利点を活かし、要素技術の高度化を図ると共に、これらを有効に利用できる効率的なシステム運用技術を開発することを戦略目標とする。また、これにより新しい総合エネルギー産業の創出と国際市場への展開（エネルギー技術の輸出）に貢献することを目指す。

#### 2-2-4 戦略目標4：バイオマスエネルギーの開発により、地球温暖化防止に貢献する

##### 未来シナリオ【自然との共生による循環型社会】

我が国が技術開発したバイオマスエネルギーは、既に国内総エネルギーの5%を占めるに至り、21世紀に入って急速な経済発展を遂げたアジア地域の旺盛なエネルギー需要をも支えている。バイオマス由来燃料の導入により、化石燃料代替に加え、森林によるエネルギー供給とCO<sub>2</sub>吸収のサイクルが確立されることから、政府も積極的に導入・普及支援策を打ち出している。自動車や航空機においても、バイオマス混合燃料対応型のシェアが増す一方だ。今や木材資源を大規模供給する“林産国”は、産油国と並んで重視されている。

再生可能資源であるバイオマスの有効利用は、地球規模の炭素循環制御を実現する上で、最も重要な課題の一つであり、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）報告やバイオマス・ニッポン総合戦略等でその必要性が指摘されている。バイオマス利用によってCO<sub>2</sub>排出削減に貢献するためには、吸収源としての側面と化石資源代替の側面とを合わせて考慮する必要がある。既に現在の炭素循環系に組み込まれている森林資源は、吸収源として維持しなければならないため、伐採・利用

と植林のサイクルを確立する必要がある。他方更なる利用拡大のため、バイオマス資源を未利用地等への植林あるいは既存バイオマスの成長促進によるフローの増大により確保しなければならない。

こうした観点から産総研としては、バイオマスの増産と再生可能エネルギーとしての利用技術開発を併せて推進することを戦略目標とする。また、導入促進のために、システム全体としての経済性も考慮する。また、温暖化防止等に貢献出来るだけの処理資源量を確保するためには、アジア地域全体での資源循環の視点が必要であり、アジア展開も重要である。

#### 2-3 ポートフォリオ

環境・エネルギー分野の技術課題に対して、産総研の研究水準と将来の市場成長性に基づいてポートフォリオ分析を行い、図8のように整理した。

環境診断・浄化・修復技術、太陽電池や燃料電池などの新エネルギー技術、高効率化学プロセス技術、バイオマス液体燃料製造技術などは、産総研がこれまで研究をリードしてきた技術課題であるが、今後の市場の成長がなお見込まれることから、産総研の優位性を引き続き維持するべく、重点研究課題として位置付けられる。

レアメタルリサイクル、分散型エネルギーのネットワーク化、バイオマテリアル製造等の技術課題は、いずれも将来は重要になる技術であるが、現時点での産総研の研究ポテンシャルは必ずしも高くない。これらについては今後、強化研究課題として研究資源の集中を図り、研究水準の向上に努めていくこととなる。

国民の安全確保のために必要な化学物質や爆発のリスク管理・評価技術、持続可能社会の実現にとって重要な温暖化評価やLCA技術、産業基盤として重要な工業標準等の技術課題は、市場性のみで計ることはできないが、公的・中立的機関として取り組むべき課題である。産総研におけるこれらの課題の研究水準は高く、今後とも研究開発を進め発展させていく。

現状では市場成長性が見込めない課題、産総研のポテンシャルが低い課題は、重点化しない課題として整理される。但し、このうち産総研の研究水準が高いものについては、今後の市場の変化如何では重点的に取り組む課題に転じる可能性はある。

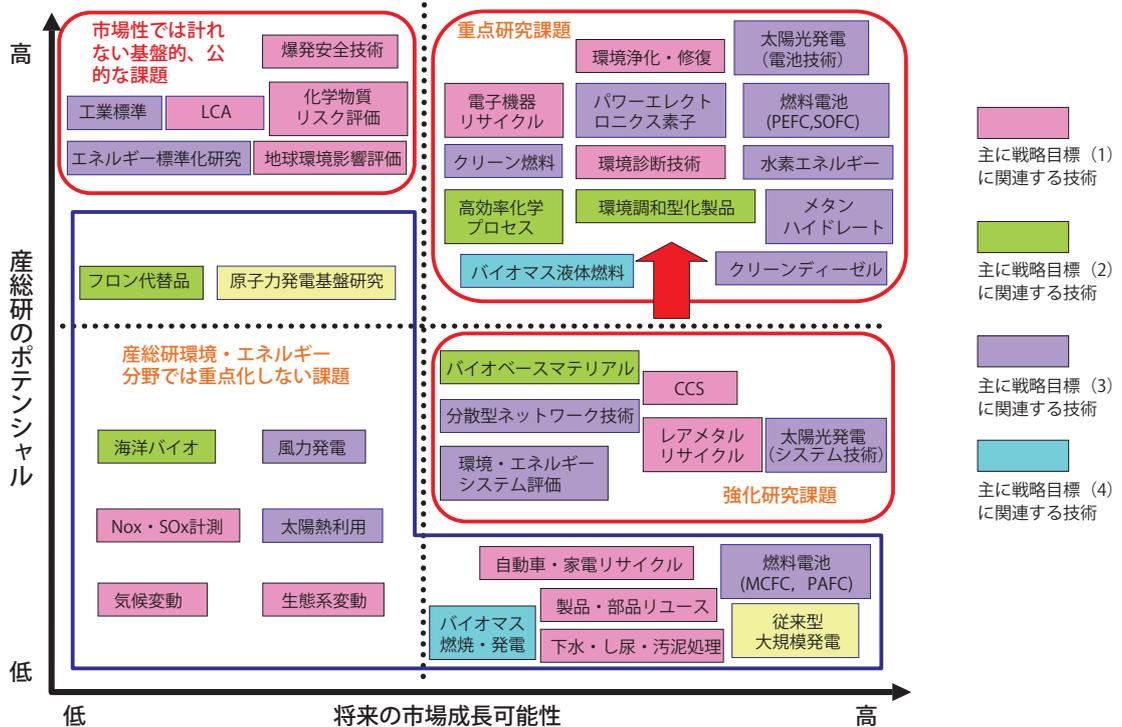


図8 環境・エネルギー分野のポートフォリオ

## 2-4 平成20年度の重点化方針

産総研の各戦略課題に関わる平成20年度の重点化方針は以下の通りである。環境・エネルギー分野においては、人間に対する環境等のリスクの削減と、地球環境における気候変動の緩和をおこないつつ、豊かで安全・快適な生活を維持していくことが大きな課題である。そのため人間活動によって発生する二酸化炭素や環境負荷物質の排出量を低減させつつ、エネルギーの安定供給と両立させる必要がある。

これまで、エネルギーの高効率利用とバイオマス等の再生可能エネルギーにかかわる技術について、大型のプロジェクトを中心に研究開発を実施してきた。さらに一段の技術的進展を求めるためには、基礎研究に立ち返ってブレークスルーを求める必要があり、中長期的に産総研の対外優位性に貢献する特徴ある基礎研究を重点的に進めていく。

また、安全やリスクにかかわる研究、評価研究、システム化研究については、環境・エネルギー分野における公的研究機関として産総研に要請されるものであり、引き続いて重点化を図る。

戦略目標1：ケミカルリスク、フィジカルリスクおよび

持続性の評価に関する研究を推進するため、研究者の融合による新研究部門を設立し、あわせて研究活動を支援、加速する。環境計測では長期的・継続的取り組みや省庁間連携等の融合的課題を推進する。さらに、資源ナショナリズムへの対応の観点から分散型リサイクル技術開発を重点化する。

戦略目標2：石油消費削減と資源確保の観点から、再生可能な原料であるバイオマス由来の物質の有効利用に関する研究を重点化する。化学産業の、またGSC技術の必要性増大とプロセスのコンパクト化に必要な技術開発を進め、その概念と技術の確立へむけ、重点化を行う。戦略目標3：自治体等との連携による実証研究等を産総研の特徴ある研究として引き続き重点化する。また分散エネルギーシステムを支える、エネルギー材料・デバイス研究について、中長期的観点から分野融合と基礎・基盤研究を重視しつつ推進する。

戦略目標4：バイオ燃料の製造では、実証システムを利用したシステム評価手法の確立を目指すとともに、特にバイオエタノール製造については、「産業変革イニシアティブ」(所内制度)により発展させる。また新燃料の導入促進に向け、アジアの国々のリーダーシップをとって標準・規格作りに貢献できるよう、標準化研究を重点化する。

### 3. 戦略目標達成のための方策

環境・エネルギー分野の戦略目標達成のために、2010年以降を見据えて如何に技術の導入・普及を促進するか、本質的に地球規模の視点が不可欠な環境・エネルギー技術を如何に国際展開するか、についてのアクションプランを示す。

#### 3-1 実証に重きを置いた研究開発の推進

環境・エネルギー技術の早期の実用化・産業化を支援するために、実証研究をさらに推進する。現在つくばセンター内では、分散型のエネルギー供給・利用システムを運転しており、同時にこのシステムを利用した分散型エネルギーネットワークの実証研究を実施している。複数のエネルギーシステムを組み入れた本システムの規模は一つの街に相当し、貴重なデータが得られている。また、分散型エネルギーシステムに不可欠な熱の有効利用技術の確立に向け、コジェネレーションの実証研究を、札幌市において行っている。これはエネルギー有効利用を目指して札幌市と締結した基本協定に基づいており、札幌市立大学芸術の森キャンパスの新棟等で実施している。さらに大阪ガス株式会社の保有する実験住宅NEXT21（大阪市）においても、分散型エネルギーネットワークの実証試験を実施してきた。

環境・エネルギー技術分野においては、システム技術の実用化・導入促進を目的に、有効性を示すための実証研究の重要性は明確であり、今後とも産業界や地方自治体との連携強化とによって試みを継続強化していく。

分散型エネルギーネットワークの要素機器については、実用段階でのシステム上の課題抽出と対策技術の開発を行うと共に、適用分野の拡大を目指す。固体酸化燃料電池（SOFC）等の新たに開発されたエネルギー機器については、実証研究を通して評価法の標準化・規格化を図る。環境評価・対策技術やリサイクル技術については、エコタウン等の実フィールドにおける実証例を蓄積することで、開発した技術の有効性をアピールし実用化を加速する。

#### 3-2 規格化・標準化への取り組みの強化

新技術を普及させ、活力ある企業の新規参入を促す

ためには、工業標準化が不可欠である。産総研では第1期に「エネルギー・環境技術標準基盤研究」制度を開始し、ハイブリッド自動車の燃費試験方法や土壌中の有害金属の簡易試験方法等の研究開発を実施するなど、標準化への取り組みを強めてきた。

今後さらに、自動車用新燃料の規格化・標準化－例えば燃料用エタノールやバイオディーゼル燃料（BDF）、ジメチルエーテル、光触媒等の環境材料の性能評価技術や分散型エネルギーネットワーク関連技術－例えば太陽光発電技術や燃料電池技術における国際標準化を目指す等、その取り組みを一層強化する。

例として、BDFについては、東アジア地域における安心かつ安全な普及を目指し、ワーキンググループを日本やタイ等で開催している。ここでは規格を策定する上でのバックグラウンドとなる情報を整理し、日本の（社）自動車工業会や石油連盟とも連携しつつ、利用しやすい規格化・標準化にむけて貢献していくことが重要である。

#### 3-3 国内外における行政・政策推進への貢献

我が国のエネルギー政策において産総研は、各種エネルギー技術戦略や基本計画等の策定に関連するとともに、水素や電池など新エネルギーの国内・国際標準の策定、それらの安全な取り扱い技術の確立に向け、貢献を進める。またリスク評価関連では、行政や事業者の化学物質管理が、リスク／ベネフィット評価に基づいて実施できるよう、データを含む科学技術的根拠を提供して支援するとともに、化審法特定化学物質の技術的・経済的に実施可能な削減可能レベルの決定や、法規制の新設・改廃の事前評価義務付けなどについても貢献していく。

国外においては、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第4次および特別報告書に、産総研の環境・エネルギー分野の研究者が執筆・審議を通して深くかかわっており、大きな貢献を果たした。今後のIPCCにおける検討に対しても、積極的に協力を進めていく。また、CO<sub>2</sub>やフロン類の排出削減を謳った、モントリオール議定書及び京都議定書への対応においても、国際的な貢献を行っている。

#### 3-4 国際戦略

環境・エネルギー技術の普及のためには、各々の分野における国際機構の中で主体的な活動を継続するこ

とが重要である。エネルギー分野においては、水素エネルギーや自動車用新燃料、太陽光発電技術や燃料電池技術などの分散型エネルギーネットワーク関連技術における国際標準化を目指した取り組みを強化する。

特に燃料電池・水素分野においては、米国ロスアラモス国立研究所水素・燃料電池研究所との間で技術情報交流を行う覚書を締結しており、ワークショップ開催等を通じて研究者交流及び共同研究を実施していく。また、バイオマスについては、世界でも豊富な森林資源を有するアジア各国の資源と、日本の保有技術・知的財産を結びつけることで、相補的な共同研究を通してバイオマス利用システムの構築に貢献する。また、(独)国際協力機構(JICA)の連続的受け入れ等を通して、海外の優秀かつリーダー的な第一級の研究者との連携を強化する。

リスク評価については、OECDを通して世界的な発信を行う。特にナノ材料のリスク評価は、米国EPA(環境保護局)との共同研究を進め、世界的な研究をリードする。LCAについては、アセスメント手法をアジアを中心とした普及に努めるとともに、ワークショップ等の開催を通して、APEC並びに世界への情報発信を積極的に推進する。

環境研究においては、環境触媒に関する研究をフランス国立科学研究センター(CNRS)と共同研究、ワークショップ等で連携し、環境触媒技術のイノベーション推進に資する。また、光触媒等の環境材料の性能評価技術や環境計測、修復・浄化技術等の個別技術開発に関し、タイやベトナム等の東南アジア諸国並びに中国との国際協力の推進を通して途上国向けの技術開発に貢献すると共に、国際競争力のある技術・システム輸出産業の展開を図っていく。

### 3-5 戦略の実効性の担保

上記の研究戦略が実際に使われ、それによって産総研のパフォーマンスが向上されるように、特に配慮している。戦略が現状に適合するように、年度ごとに見直しを行う。この作業を、研究ユニットの改編作業や予算配布作業の主要なマネジメント作業と同時期に行う。こうした作業の同期によって、各分野の現状を知り、また戦略に沿ったマネジメントの実施を担保している。

個々の研究者にとっては、「研究戦略」は産総研全体を見渡すかなり大局的で長期的な構想である。それでい

て、網羅的に編成されているから、自分の研究をその中に見つけることができる。それぞれの研究の位置付けを研究員各自が認識し、同時に産総研の全体構想も共有できる。こうして、研究者個々のマネジメントにおいても「研究戦略」が実効性をもって活用されている。

#### 【参考資料】

- 1) Riahi, K., and R. A. Roehrl, 2000: Robust Energy Technology Strategies for the 21st Century - Carbon dioxide mitigation and sustainable development, Environmental Economics and Policy Studies, 3 (2) .
- 2) 地球環境研究センター「地球温暖化ガス排出シナリオに関わるデータベース」[http://www-cger.nies.go.jp/scenario/index\\_j.html](http://www-cger.nies.go.jp/scenario/index_j.html)
- 3) IPCC第4次評価報告書、IPCC編 (2007年)
- 4) World Energy Outlook 2007、OECD/IEA編 (2007年)
- 5) Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002、UNEP編 (2006年)
- 6) エネルギー基本計画、資源エネルギー庁 (2007年3月)
- 7) 長期エネルギー需給見通し(案)、総合資源エネルギー調査会需給部会 (2008年3月)
- 8) 産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会循環ビジネスワーキンググループ中間とりまとめ (2002年6月)
- 9) 三菱総合研究所所報、No.37 (2000年10月)
- 10) 「世界最高水準の省資源社会の実現へ向けて～グリーン化を基軸とする次世代ものづくりの促進～」産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会基本政策ワーキンググループ報告書 (2008年1月)
- 11) 第7回産業競争力戦略会議、経済産業省 (2002年5月)
- 12) ST(サステイナブル・テクノロジー)戦略—持続可能な発展をめざす科学技術— GSCIに関する海外動向調査報告書、JCII (2004年3月)
- 13) 技術戦略マップ、経済産業省 (2007年4月)

## profile

北本 大 (きたもと だい)

- 1988年4月 通産省工業技術院 化学技術研究所入所
- 2001年4月 独立行政法人 産業技術総合研究所 環境調和技術研究部門 主任研究員
- 2005年4月 同所 環境化学技術研究部門 バイオ・ケミカル材料グループ長、東京理科大学大学院 理工学研究科 連携大学院教授
- 2008年9月 同所 イノベーション推進室 総括企画主幹(環境・エネルギー担当)