

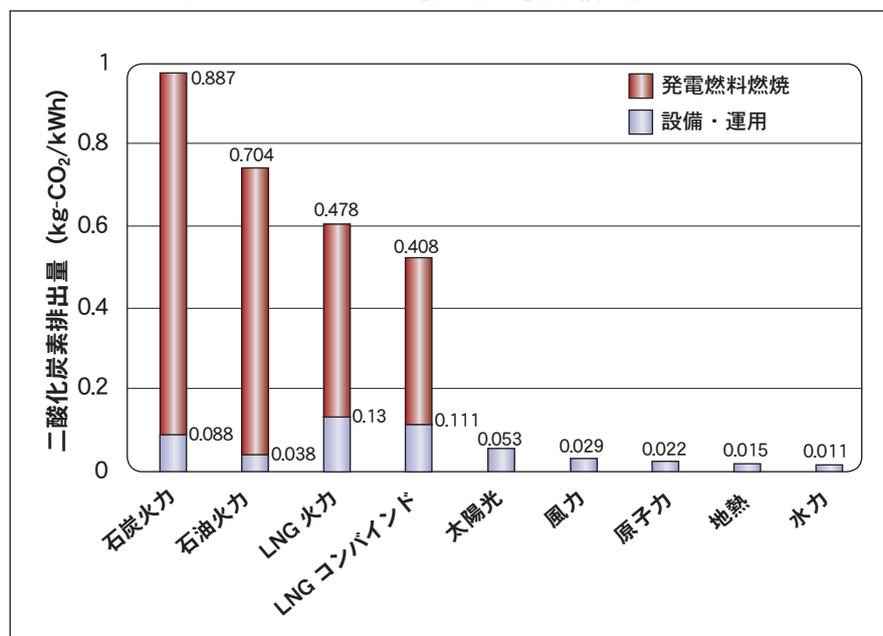
## 温室効果ガス削減に貢献する電力技術

世界では発展途上国を中心とした人口増加やエネルギー需要増加に伴い、大気汚染や水質汚染などの環境問題、そして先進国ではCO<sub>2</sub>排出量増加に伴う、人々の生命・健康・生活環境に影響を与える地球規模での気候変動が問題となっており、それらに対する取り組みを推進していかなければならない。

我が国は、世界最高水準の高効率発電・送電技術、省エネルギー技術、電力貯蔵技術、環境対策技術などの技術を有している。これらの既存技術を国内に着実に普及および定着させ、さらに向上させることが、国内における温室効果ガスの排出量削減のために極めて重要である。その上で、十分な技術を有していない途上国に対し、我が国の優れた電力技術、例えば高効率機器といったハード技術に加え、運転管理・点検保守に関するノウハウなどのソフト面も、人的交流・情報交換・技術支援などを通じて提供していくことが、その地域の環境保全および世界全体の温室効果ガス排出量削減のために求められている。

一方、エネルギーや環境政策の推進に関しては、単に技術開発やインフラの整備だけではなく、産学官民を交えた合意形成が不可欠であり、政府や産業界のみならず、一般市民も一体となって取り組むことが重要である。合意形成の場を充実させ、より多くの市民が積極的に参加できる機会を拡充する施策が必要である。そのためには、社会科学と技術分野が協力して、学術的に研究を進めることが望まれる。

ライフサイクルアセスメントに基づくCO<sub>2</sub>排出量の電源種別比較



参考文献<sup>19)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

# 温室効果ガス削減に貢献する電力技術

浦島 邦子 戸潤 敏孔  
環境・エネルギーユニット

## 1 はじめに

世界では人口増加や経済の発展、生活レベルの向上などの要因から、近年エネルギー消費量が増加している。石油枯渇の懸念や価格高騰問題などへの対応としては、バイオ燃料の導入が各国で検討されている。バイオマス起源の燃料は有機物であるため燃焼させるとCO<sub>2</sub>を排出するが、これに含まれる炭素は、そのバイオマスが成長過程で光合成により大気中から吸収したCO<sub>2</sub>に由来するため、カーボンニュートラルと考えられている。しかし最近の研究結果によると、CO<sub>2</sub>排出量は必ずしもゼロではなく、生産のための土地開墾時に発生するCH<sub>4</sub>などの温室効果ガス(Green House Gas:以下GHG)増加も問題となっている<sup>1)</sup>。しかし、発展途上国など農業が盛んな国では、調理や暖房用燃料として、日常的に薪・炭・農業廃棄物・動物の糞などを利用

している人々が25億人いる。発展途上国の多くの国では、これらのバイオマス資源が家庭の総エネルギー消費量の90%以上を占めている。こうしたバイオマスの利用方法は、非効率的であるのみならず、健康被害や経済開発にまで深刻な結果をもたらしている。世界保健機構WHOの調査では、バイオマスによる室内空気汚染で毎年約130万人もの人々(大半は女性と子供)が死亡しているという<sup>2)</sup>。さらに、とうもろこしやサトウキビなどは燃料と食糧との競合問題が大きくなり、2007年時点においてすでに実際に穀物の値上がりが生じている。食糧問題のみならず、日本では家畜用飼料作物である米国産トウモロコシの値上げに伴う肉類の高騰などが懸念されている。

一方で、石油に代わり石炭の消費量も伸びている。特に開発途上

国では石炭を中心とする化石燃料の利用増加に伴い、CO<sub>2</sub>のみならず、酸性雨の原因となる硫酸化物(SO<sub>x</sub>)や窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)および煤塵の問題が深刻化し、健康被害や越境問題に発展することが懸念されている。我が国では、1970年代にピークだった環境問題に対処すべく、排煙処理技術の開発を進め、煤塵・SO<sub>x</sub>・NO<sub>x</sub>を除去する電気式集塵装置や脱硫・脱硝装置などの排煙処理技術は、いまや世界トップレベルにある。しかしこういった環境浄化装置が付設されていない発電所は途上国ではまだまだ多く、これらが越境して我が国にも被害がもたらされることが懸念されている。

以上のような背景から、本稿では特に、電力分野に関する現状と課題、そして世界全体の環境問題に貢献するための施策について検討する。

## 2 エネルギー需要の見込みと排出ガスの現状

2 - 1

### エネルギー需要の見込み

今後のエネルギー需要の見込みを燃料別、地域別に図表1に示す。

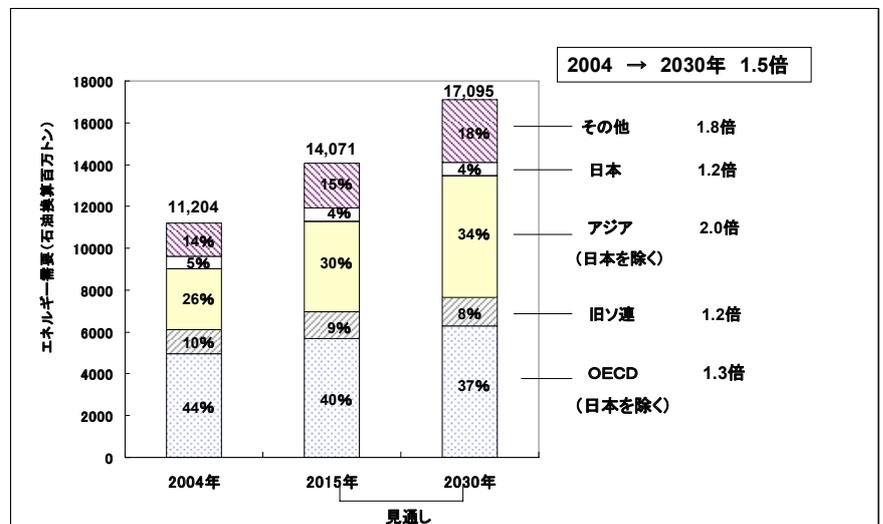
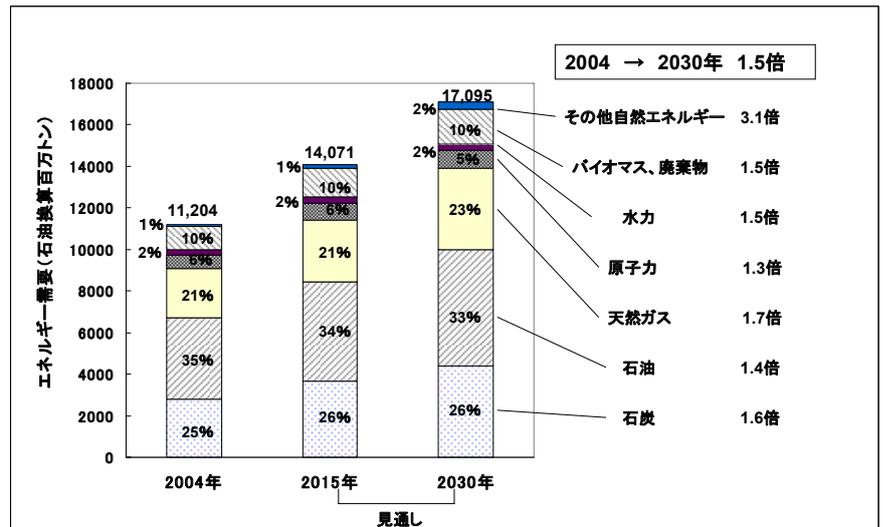
World Energy Outlook 2006<sup>3)</sup>によると、21世紀半ばの世界エネルギー需要は、現在の1.5~2倍増と見込まれている。途上国の人口増加や生活水準向上なども予想されることから、世界のエネルギー消費はアジア地域を中心に増加傾

向にある。石炭・石油・天然ガスなどの化石燃料は2030年までのエネルギー需要増全体の83%を占め、この世界需要に占めるシェアはほとんど変わらない。化石燃料の中で石油のシェアは落ちるが、それでも2030年時点でもトップ

のシェアを維持するとされている。また、水力発電のシェアは微増となるが、原子力はほぼ変わらない。開発途上国は近代的な商業エネルギーが増大し、バイオ燃料生産原料および発電・熱供給燃料としてのバイオマスの利用増を相殺するため、バイオマスのシェアはわずかに低下する。水力以外の再生可能エネルギー（風力、太陽光、地熱など）の伸び率は最も高いが、化石燃料に比べると2030年でも低いシェアである。

エネルギー需要の絶対量が最も増加するのは石炭であり、需要増の約80%が中国とインドに因るものである。石炭を中心とする化石燃料の利用増加に伴いCO<sub>2</sub>のみならず、酸性雨の原因となるSO<sub>x</sub>やNO<sub>x</sub>、煤塵などによる問題が深刻化し、健康被害や越境問題に発展することが危惧される。また、世界の製造工場といわれる中国や今後電力インフラが増設される国では、フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)およびバイオマスによるメタン(CH<sub>4</sub>)発生量の増加も見込まれ、多量のGHGの排出が懸念される。

図表1 世界におけるエネルギー需要の見込み



参考文献<sup>3)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

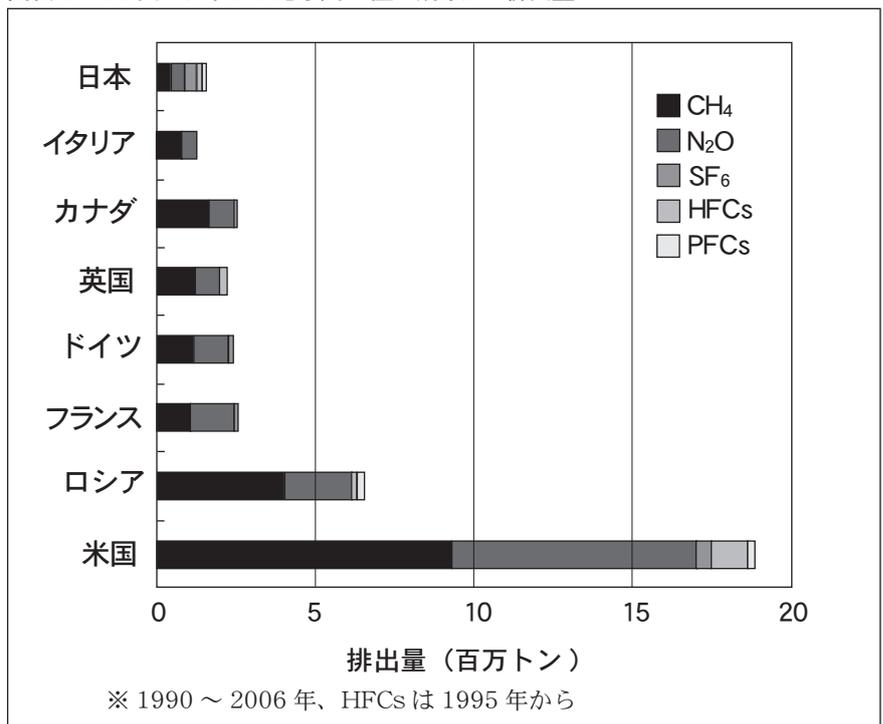
2 - 2

温室効果ガス排出量の現状

発電過程で発生するGHGの大半はCO<sub>2</sub>である。オランダ環境評価機関(MNP)<sup>4)</sup>によると、世界におけるCO<sub>2</sub>の排出量は2007年には中国が第1位で、第2位の米国と合わせて全世界の47%を占めている。どちらの国も京都議定書には参加していない。また、中国、米国、欧州連合(EU)、インド、ロシアの上位5カ国・地域で全体の71%を占める。先進国のみならず、発展途上国にも効果的な削減技術の普及や施策が必要である。

京都議定書ではCO<sub>2</sub>のみならず、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、ハイドロフルオロカー

図表2 G8国におけるCO<sub>2</sub>以外の温室効果ガス排出量



※ 1990 ~ 2006年、HFCsは1995年から

参考文献<sup>5)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表3 我が国の温室効果ガス排出量  
(総量はCO<sub>2</sub>に換算、百万トン)

	排出源	GWP	1990~2006年 総量	総量に対する 割合
CO <sub>2</sub>	化石燃料燃焼、バイオマス燃焼	1	20,881.9	93.7
CH <sub>4</sub>	水田、化石燃料採掘、埋め立て、廃棄物・排水処理、反すう動物の消化活動、窒素肥料など	21	485.4	2.2
N <sub>2</sub> O	燃焼、窒素肥料、農耕牧畜、土地改良、汚泥水など	310	511.7	2.3
HFCs	エアゾール製品の噴射剤、カーエアコンや冷蔵庫の冷媒、断熱発泡剤など	HFC-134a : 1,300 など	181.3	0.8
PFCs	半導体等の製造や電気部品などの洗浄など	PFC-14 : 6,500 など	119.8	0.5
SF <sub>6</sub>	変圧器等の絶縁ガスや半導体の製造工程	23,900	107.8	0.5
		計	22,287.7	100.0

※ PFCs は 1996 年からのデータ

参考文献<sup>5)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

ボン(HFC)、パーフルオロカーボン(PFC)、SF<sub>6</sub>の6種類のGHG削減対象となっている。1990年から2006年までのGHG排出量の推移が、(独)国立環境研究所地球環境研究センター温室効果ガスインベントリオフィス(GIO)から公表されている<sup>5)</sup>。図表2はG8国における2005年度のCO<sub>2</sub>以外のGHG排出量である。CO<sub>2</sub>以外のGHGに関しても排出量最大国は米国である。一般的に農業が盛んな国ではCH<sub>4</sub>の排出が多い。CO<sub>2</sub>以外のガスは、温暖化係数(Global Warming Potential: GWP、CO<sub>2</sub>を1として換算する)がCO<sub>2</sub>の310倍から2万倍以上あることから、我が国でも無視できない量となっている(図表3)。

中国は2006年にはすでに米国を抜いて世界最大のCO<sub>2</sub>排出国となり、またインドも2007年には世界排出量の8%に達している。他のアジア諸国の発展も世界のCO<sub>2</sub>排出量増加の大きな原因となることは容易に想像できる。2004~2030年における世界のCO<sub>2</sub>排出量増加分の4分の3以上は開発途上国が占め、途上国が世界のCO<sub>2</sub>排出量に占めるシェアは2004年の39%から2030年には50%強へと上昇すると考えられて

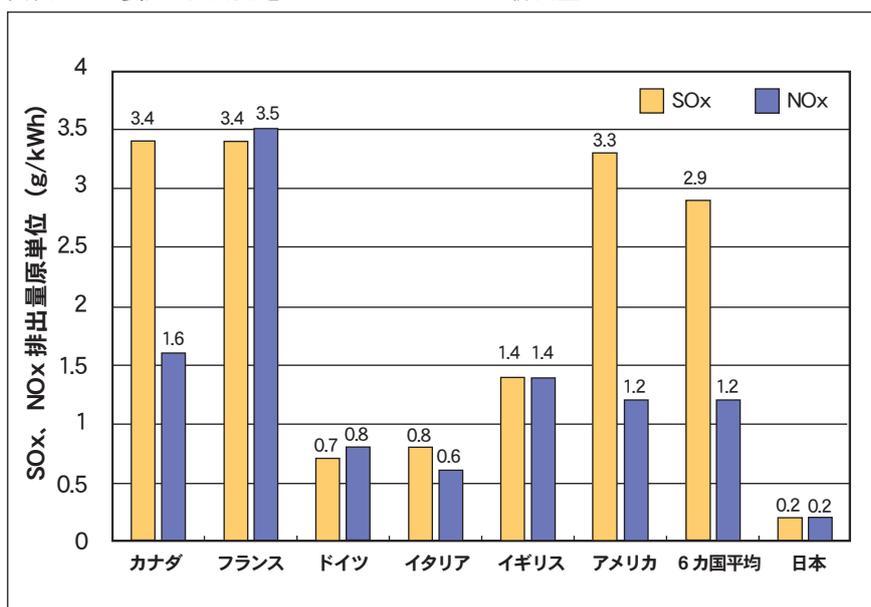
いる。開発途上国では石炭の利用率が高く、原子力や天然ガスの利用率は低いことが要因である。

### 2 - 3 排出ガスの現状と我が国の環境技術

前述したように、途上国などでは火力発電などの石炭利用が増えることによって、CO<sub>2</sub>以外にも、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>や煤塵など大気汚染物質の排出量の増加が危惧さ

れる。我が国では1950年代からの高度成長に伴い、工場からの大気汚染物質が人々の健康に被害を与えた公害を克服するために、発電装置に排煙処理装置を付設し、また燃焼方法も改善し、現在では環境を考慮した発電が通常に行われている。図表4<sup>6, 7)</sup>に示すように、我が国では火力発電所からのSO<sub>x</sub>やNO<sub>x</sub>の排出量は、他の主要国と比較して極めて低い値となっている。これは、我が国は石炭火力発電に関する先端的な技術、すなわちクリーン・コール・

図表4 主要国の火力発電からのSO<sub>x</sub>とNO<sub>x</sub>の排出量



参考文献<sup>6, 7)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

テクノロジーを有し、環境に調和した石炭利用の総合的な推進を実施している結果である<sup>8)</sup>。このように我が国は、過去の環境問題への対応を通じて、排煙処理技術の

開発を進め、煤塵やSOx、NOxを除去する電気式集塵装置や脱硫・脱硝装置などの排煙処理技術はいまや世界トップレベルであり、このような我が国が有する優

れた技術を発展途上国に活用することによって、国際貢献にも寄与できる。

### 3 我が国が世界トップクラスにある電力技術

3 - 1

#### 火力発電所の熱効率

図表5に各国における火力発電所熱効率の比較を示す<sup>5, 9)</sup>。この図からもわかるように、我が国の発電技術は世界最高水準の熱効率を実現している。一般に、火力発電所の熱効率を向上させるためには、ガスタービンや蒸気タービンの入口温度・圧力を高める必要がある。高温の燃焼ガスで駆動するガスタービンでは、タービン翼の材料や遮熱・冷却方法などにより、使用できる温度が制限される。

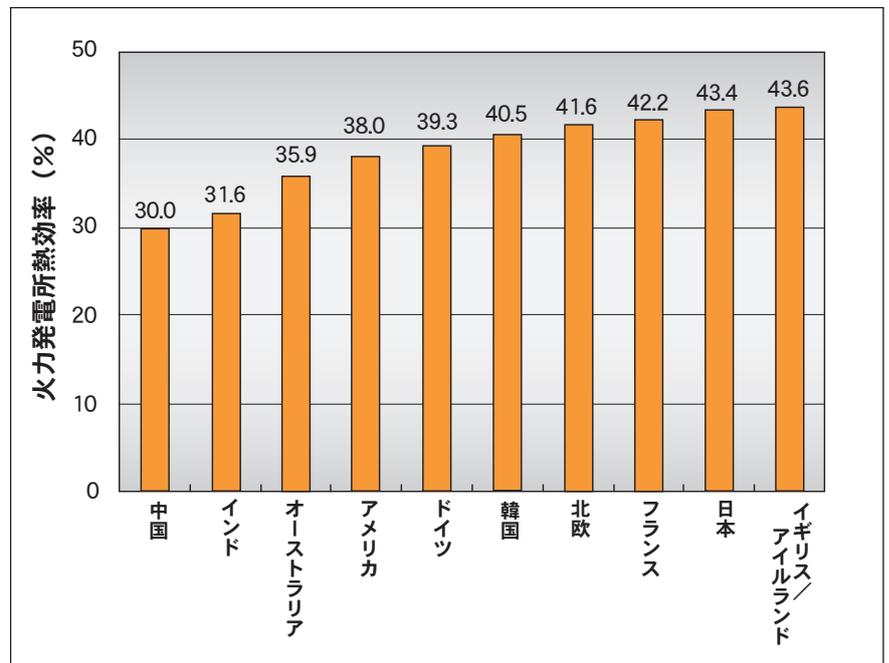
初期のLNG複合発電（ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた発電方式）では、ガスタービン入口温度が1,100℃で熱効率が47.2%であったが、最新のものは新たな材料や冷却方法などが導入され、入口温度が1,500℃に向上し、熱効率59%を達成している。例えば、東京電力株の場合、火力発電所全体の平均熱効率が1%向上するとCO<sub>2</sub>排出量が170万トン削減される試算である<sup>10)</sup>。

一方で石炭火力発電においても、近年蒸気タービン入口の蒸気条件の高温・高圧化が進められ、90年代初期の538℃から現在は600℃を達成している。それに伴い熱効率も42%程度から45%以上に向上している。さらに複合発電技術を適用した石炭ガス化複合発電は、現在実証試験が行われており、1,500℃級ガスタービンを用い、発

電効率48%以上を目標としている。このように火力発電の熱効率を向上させるためには、タービン翼

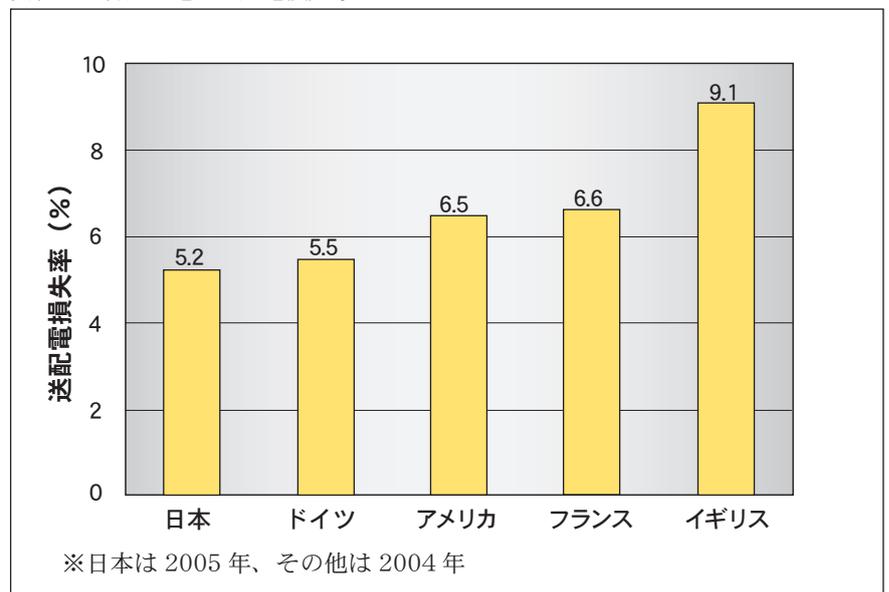
材料、遮熱材料、冷却技術の開発を進めることが必要である。また熱効率の改善は、発電コストの低

図表5 各国における火力発電所熱効率の比較



参考文献<sup>6, 9)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表6 各国の電力送配電損失率



参考文献<sup>11)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

減だけではなく、GHG 排出抑制のためにも重要課題である。

3 - 2

### 電力インフラに 貢献する技術

図表 6 に各国の電力送配電損失率を示す<sup>11)</sup>。我が国では送電線材料・構造の改良、送電電圧の昇圧、送配電機器の高効率化、送電制御技術などの進展により、損失率は世界トップクラスの低い水準となっている。GHG 抑制の観点からも、今後さらに損失率を改善することが求められる。そのためには、例えばアモルファス変圧器、超電導送電など、機器や材料の開発を進める必要がある。

一方、送電系統に設置されている高圧遮断器などに用いられている SF<sub>6</sub> は、温暖化係数が CO<sub>2</sub> の約 24,000 倍あることから、少量の

排出にも細心の注意を払わなければならない。我が国ではこれらの機器の点検や撤去に際し、SF<sub>6</sub> を 98% 以上の回収率で回収し、再利用している。今後は、回収率をさらに向上させる技術の開発や SF<sub>6</sub> に換わる絶縁材料の研究、そして回収技術を国際展開していく必要がある。

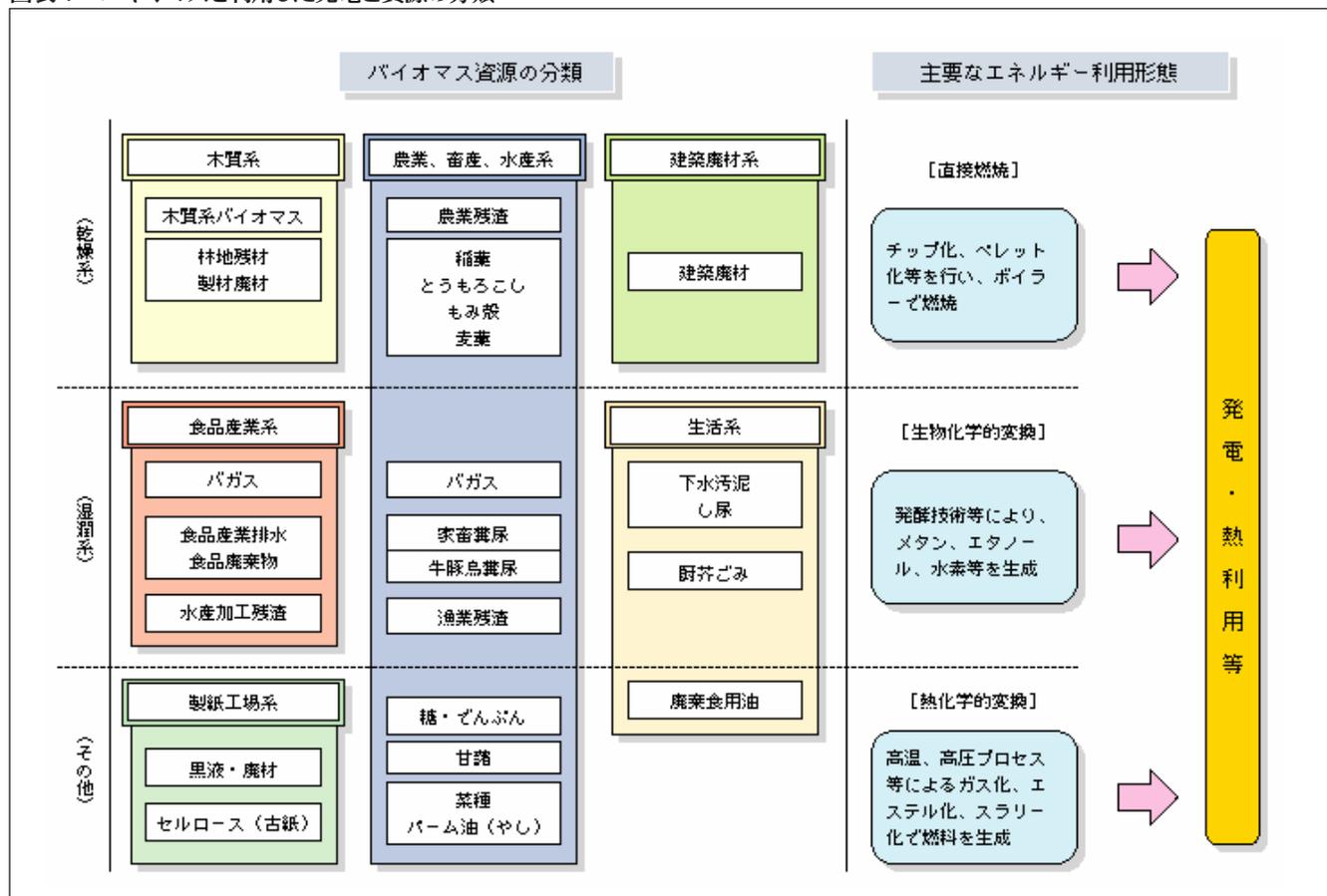
3 - 3

### 廃棄物利用による発電

今後、途上国においても大量消費に伴い廃棄物発生量が著しく増大することが考えられることから、リサイクルや廃棄物の有効利用が望まれる。そのひとつがバイオマスを利用した発電であり、前述したように発展途上国では主流な発電手段である<sup>12)</sup>。バイオマスは燃料として廃棄物系と植物（栽培作物）系

とに分類され、利用方法には、大きく分けて直接燃焼、CH<sub>4</sub> 発酵などの生物化学的変換、ガス化や炭化などの熱化学的変換による燃料化などがある（図表 7）<sup>13)</sup>。我が国においてのバイオマス活用は、現在廃棄物の焼却による発電が主である。製紙業などの過程で排出される黒液やチップ廃材、農林・畜産業の過程で排出される木くずやバガス（さとうきびの絞りかす）、家庭や事務所などから出るゴミなどを燃焼させることによって得られる電力あるいは熱を利用する。家畜排泄物や食品廃棄物から CH<sub>4</sub> ガスを生成する技術も確立されているが、収集・輸送や CH<sub>4</sub> 発酵後の残さ処理などが課題であるため、まだ全国的に普及はしていない。すでに収集・処理システムが確立している下水汚泥については、下水処理場の一部において CH<sub>4</sub> ガスを生成させて、電力あるいは熱に変換する施設の設置が実施されてお

図表 7 バイオマスを利用した発電と資源の分類



出典：参考文献<sup>13)</sup>

り、この技術は N<sub>2</sub>O の削減に貢献している<sup>14)</sup>。

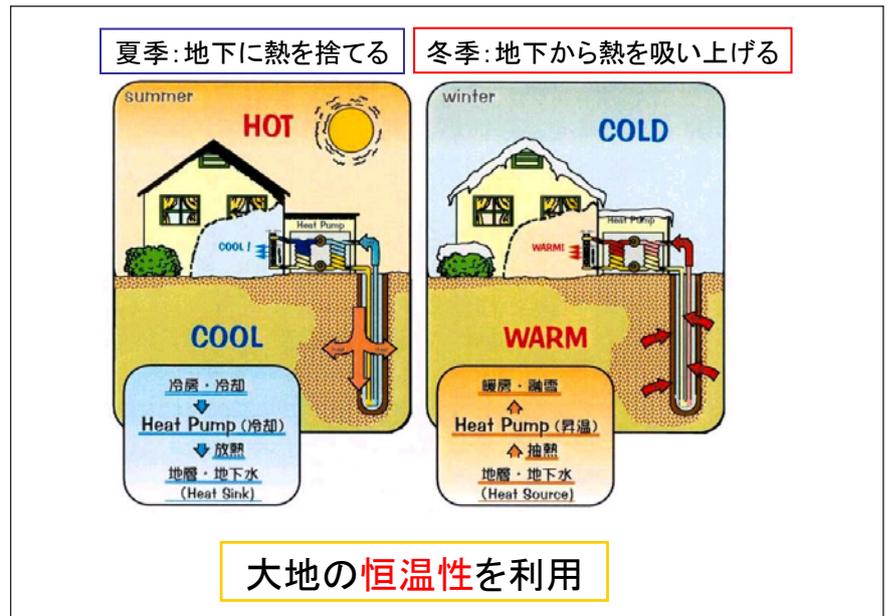
植物（栽培作物）系バイオマスは、サトウキビ・ナタネなどの植物を燃料に転換して利用するもので、我が国では、エネルギー利用目的の作物栽培は、技術的課題とともに、栽培量・土地・経済性の問題があるため、これまであまり進展していない。

3 - 4

### 省エネルギーに貢献する ヒートポンプ技術

GHG 抑制のためには、電気の使用面での対策も重要であり、高効率・省エネルギー機器の開発および普及が必要である。省エネ化や割安な深夜電力消費によるコスト削減と電力負荷平準化（昼夜間の電力需要格差の是正）を成せる機器として、ヒートポンプがある。これは、投入した電気エネルギーの3～6倍の熱エネルギーを大気から取り出すことが可能である。このようなヒートポンプを適用した業務用氷蓄熱エアコン（商品名：エコアイス）や家庭向けに自然冷媒ヒートポンプ給湯機（商品名：エコキュート）が我が国で開発され、省エネやオール電化の一環として、いまや世界で導入が検討されている。特に暖房では、化石燃料を直接燃焼させ熱エネルギーを得るよりも CO<sub>2</sub> 排出量を約5分の1（石油ストーブ比）にできること、寒冷地用のヒートポンプ

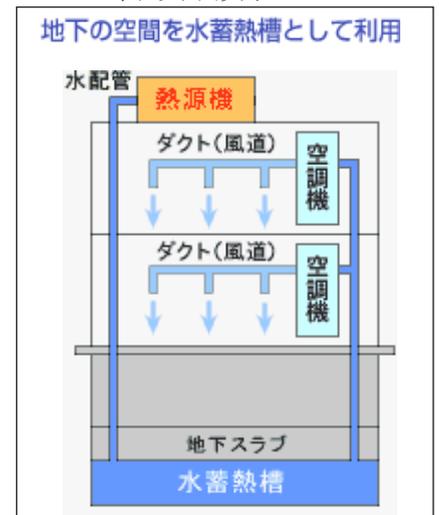
図表 8 地中熱利用ヒートポンプシステム



出典：参考文献<sup>15)</sup>

給湯も成績係数 COP (Coefficient Of Performance: 得られる熱エネルギーと消費電力の比) が4を越えるようになってきていることから、いっそうの普及が望まれる。水蓄熱や氷蓄熱などの蓄熱技術とヒートポンプの組み合わせは、省エネルギーに加え、電力負荷平準化にも有効である。また、図表8に示すような低温（10～20℃）の地熱エネルギーを利用したヒートポンプ冷暖房システム<sup>15)</sup>は、特に夏場の電力需要ピークカット対策として普及が望まれる。さらに、最近のヒートポンプシステムでは、通常では利用されていない地下の空間を水蓄熱槽として利用するものもある（図表9）<sup>16)</sup>。蓄熱槽の水は火災時の消防用水や災害時の生活用水などにも利用可能であり、地震の多い我が国は勿論、

図表 9 地下水蓄熱槽を有するヒートポンプシステム



出典：参考文献<sup>16)</sup>

近年多くの自然災害が発生しているアジア諸国にも価値ある技術と考えられる。

## 4 温室効果ガス抑制からみた電力分野に関する我が国の課題 ●●●●●●●●●●

4 - 1

### 原子力発電所設備利用率の 向上

発電に際し CO<sub>2</sub> を排出しない原子力発電の重要性は高く、今後も我が国の温暖化対策の中心になるものと考えられる。図表10に各国の原子力発電所設備利用率を

示す<sup>17, 18)</sup>。フランスは電力需要に応じて出力を変化させる負荷追従運転を行っているため、相対的に低い設備利用率となっているが、他の主要国は概ね90%程度

の高い利用率である。現在、我が国では、新潟県中越沖地震による長期停止などにより過去最低レベルの60.7%となっている。設備利用率が向上すれば、化石燃料の消費を抑制でき、CO<sub>2</sub>排出抑制につながるだけでなく、発電コストの削減にもなる。我が国において設備利用率が1%向上した場合、約300万トンのCO<sub>2</sub>排出を削減できる。仮に各国並みの90%まで向上できれば、約8,800万トン(2006年度日本の総CO<sub>2</sub>排出量の約6.9%)の排出削減につながる。設備利用率を向上させるためには、まず十分な耐震対策を含めた設備の安全性を確保し、さらに透明性・公開性を高め、社会からの信頼を得ることが重要である。その上で、定格熱出力一定運転(従来の電気出力を一定に保つ運転ではなく、原子炉で発生する熱出力を一定に保つ運転方法)の普及、諸外国ではすでに実施されているオンラインメンテナンス(プラント運転中に予備機の補修を行うこと)や状態監視保全(機器の運転状態を監視して点検時期を決めること)などによる連続運転期間の延伸、定格出力の向上などを図っていくことが必要である。そのためにも、保守管理・点検検査・安全性評価に関する技術を一層向上しなくてはならない。

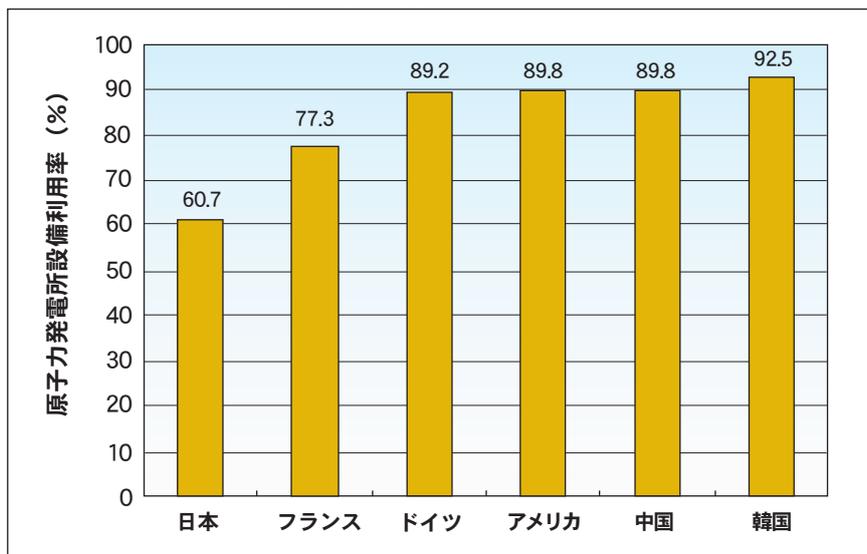
また、原子力エネルギー利用推進のためには、高経年化対策・耐食性材料・高レベル廃棄物処理・ヒューマンエラーなどに関する研究も重要である。今後は廃熱の有効利用による総合効率向上に関する研究も必要である。

4 - 2

自然エネルギーの利用促進

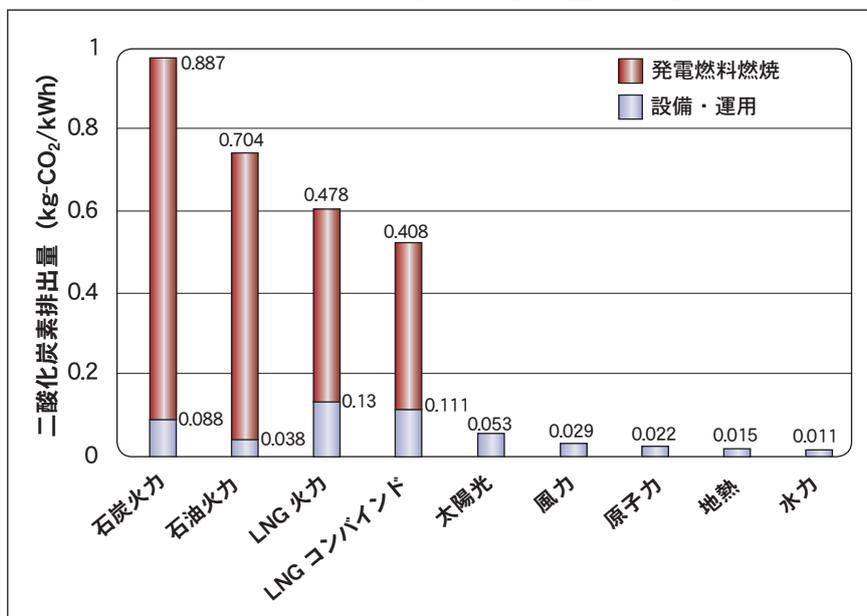
図表11に、ライフサイクルアセスメント(LCA)をベースにし

図表10 各国の原子力発電所設備利用率



参考文献<sup>17, 18)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表11 ライフサイクルアセスメントに基づくCO<sub>2</sub>排出量の電源種別比較



参考文献<sup>19)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

たCO<sub>2</sub>排出量の電源種別比較を示す<sup>19)</sup>。CO<sub>2</sub>排出量の観点からは、水力発電が極めて優れていることが分かる。水力エネルギーは貴重な純国産エネルギーであるが、日本の包蔵水力のうち、出力ベースですでに7割程度が開発済みである。残りの開発対象は、奥地化・小規模化してきており、経済性の確保が難しい状況にある。このような状況の中で、GHG排出量の少ない水力エネルギーを有効に活用するためには、環境を十分考慮し、これまで発電に利用されていなかった既設ダム・農業用水

路・上下水道などを利用した中小水力発電の開発が必要である。今後、都市のコンパクトシティ化の観点からは、小落差・小容量水力源を活用したマイクロ水力発電などの推進も望まれる。また、既存の大規模水力へは、最新の水車や発電機など効率の高い機器を適用することも有効である。水力発電に関わる関連機器の高効率化の研究は今後も進める必要がある。一方、アジア諸国では未開の水力エネルギーが多く存在する。我が国が持つ水車や発電機などの優れた水力発電技術を広く普及させるこ

とが、アジア諸国におけるエネルギーの安定供給およびGHG抑制の観点から必要である。

図表 12 に各国の地熱資源量および発電設備容量を示す<sup>20)</sup>。世界有数の火山国である我が国では、地熱エネルギーのポテンシャルは高いが、国立公園や観光地などの制約から立地が可能な地点は限られている。地熱エネルギーを有効に利用するためには、より高温高压の蒸気が得られる高温岩体発電や、逆に現状では利用していない低温の蒸気・熱水(80～150℃)で発電できるバイナリーサイクル発電などの開発を進めることが望まれる。また、3章で述べた低レベルの地熱(10～20℃)を利用した冷暖房システムなども普及に努める必要がある。

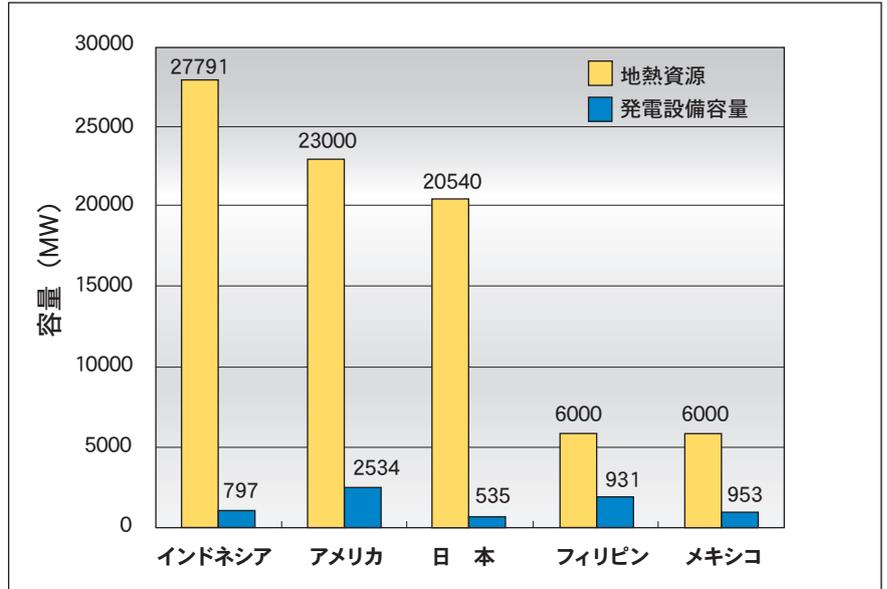
一方、現在脚光を浴びている太陽光や風力は、全国的に導入が進んでいるが、今後もいっそう推進していく必要がある。その設置には、特に風力の場合、周辺環境への十分な配慮や落雷対策が求められる。これらの自然エネルギーは気象条件によって出力が大きく変動しうるため、大規模な導入に際しては、周波数変動や電圧変動など系統への影響が懸念される。それをカバーするために火力発電を待機させることはGHG抑制上好ましくないため、蓄電池などのエネルギー貯蔵技術の開発が不可欠である。また、今後は、太陽熱利用も積極的に導入していくことが望まれる。

4 - 3

電力負荷平準化と電力貯蔵技術

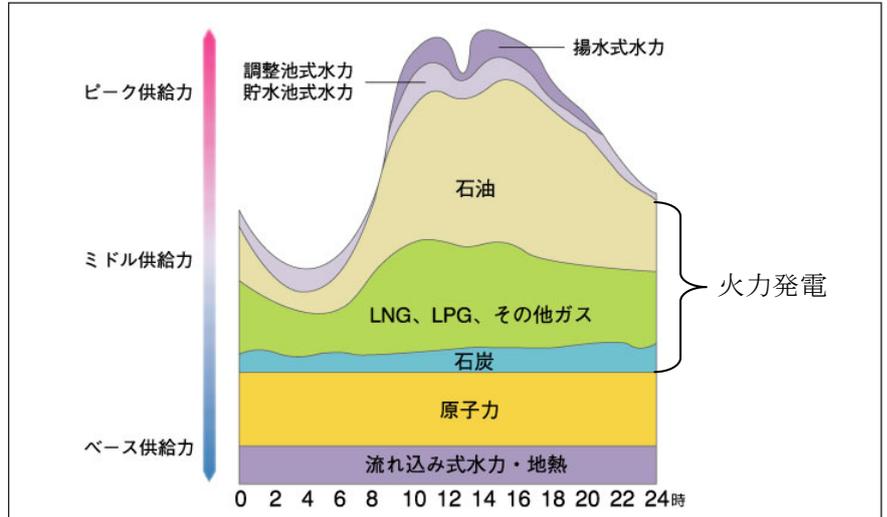
図表 13 に我が国の1日の電力需要の変化に対する電源別発電構成の一例を示す<sup>21)</sup>。出力調整を行わない原子力発電がベースロードを担い、主に火力発電で需給調

図表 12 各国の地熱資源量および発電設備容量



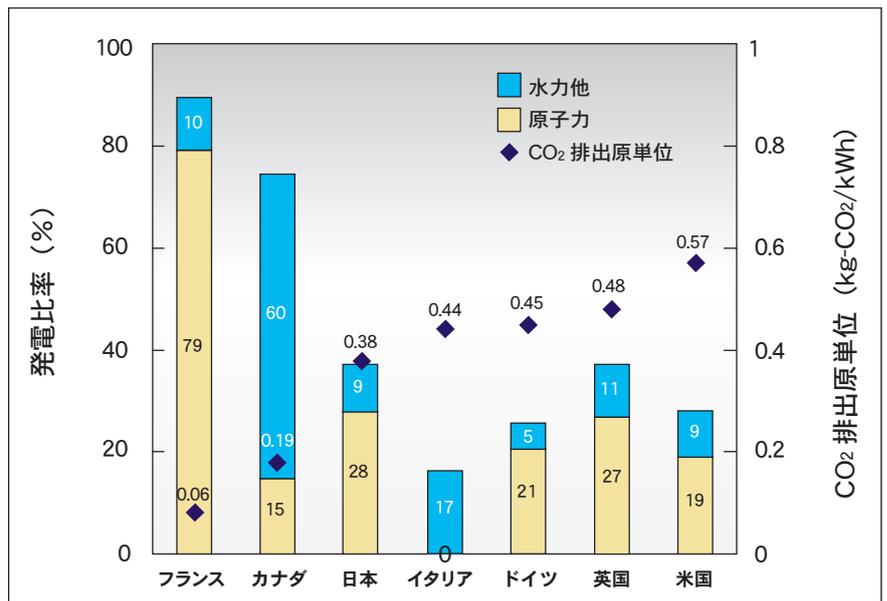
参考文献<sup>20)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表 13 1日の電力需要変化に対する電源別発電構成の一例



参考文献<sup>21)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表 14 総発電電力量に占める原子力・水力発電の割合とCO<sub>2</sub>排出原単位



参考文献<sup>6)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

整を行っている。近年、夏期を中心に昼間と夜間の需要格差が増大している。夜間の最低需要に対応するため、これ以上原子力発電比率を増大させることは難しい。図表 14 に総発電電力量に占める原子力・水力発電の割合を示す。電力の大半を原子力発電に依存するフランスは、他の主要国に比べ、CO<sub>2</sub> 排出原単位が極めて小さい。我が国においても、昼夜間格差を是正する負荷平準化を進め、原子力発電の比率を向上させることが GHG 排出抑制に有効である。さらに負荷平準化を進めることは、火力発電の高い出力での安定運転が可能となるため、火力発電の効

率が向上することによる GHG 排出抑制も期待できる。勿論、安定供給、経済性、燃料調達、立地などを総合的に勘案して電源構成の最適化を図らなければならないが、負荷平準化を積極的に進めることが重要である。

負荷平準化策として、先に述べたヒートポンプなどのように、夜間に蓄熱を行い昼間の冷暖房などに利用することで昼間の電力需要を夜間に移行するピークシフト、電気温水器などのように夜間の電力需要を促進するボトムアップ、さらに地熱利用冷暖房システムなどのように昼間の電力需要を抑えるピークカットがある。その中で、夜間

電力を貯蔵し、昼間に供給するピークシフトとして、現在は揚水式水力発電が用いられている。しかし前述したように、今後は大規模な揚水式水力発電を増加させることは難しい。すでに小規模システムとして実用化されているナトリウム硫黄電池やレドックスフロー電池などの新型蓄電池による電力貯蔵技術が一層コストダウンし、普及していくことが求められる。さらに、実証試験段階にある超電導エネルギー貯蔵技術 (SMES: Superconducting Magnetic Energy Storage) も早期実用化が望まれる。電力貯蔵技術は、太陽光発電や風力発電の大規模導入に必要な不可欠な技術でもある。

## 5 これからの取り組み

以上を踏まえて、我が国における今後の取り組みについて検討する。

世界では人口増加やエネルギー需要増加に伴い環境問題も多くなるが、中でも地球規模で人々の生命・健康・生活環境に影響を与える気候変動への取り組みを推進しなければならない。また、地域的な大気汚染や水質汚染などの環境問題に対しては、我が国の経験を踏まえた、他国への技術の普及や情報の提供が必要である。

EC・フランス・ドイツ・インド・日本・メキシコ・ノルウェー・ロシア・南アフリカ・米国などの多くの重要な国々および国際機関を訪問し、情報や意見を交換してまとめたものである。また、2008年7月の北海道洞爺湖 G8 サミットでは、主要テーマとして環境・気候変動が取り上げられ、「我々は、2050年までに世界全体の排出量の少なくとも 50% の削減を達成す

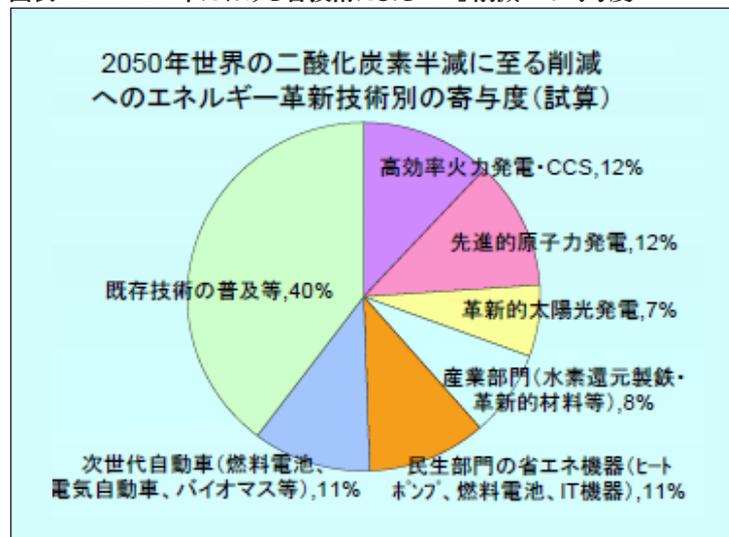
る目標というビジョンを、国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) のすべての締約国と共有し、かつ、この目標を UNFCCC の下での交渉において、これら諸国と共に検討し、採択することを求める」ことで合意した。この中で長期目標を達成するためには、先進国による既存技術の展開の加速と、低炭素技術の開発と展開による世界貢献が必要とされている<sup>23)</sup>。また、同じく

5 - 1

### 既存技術の普及による CO<sub>2</sub> 削減の推進

第3期科学技術基本計画にも明記されているように、「環境と経済の両立」は持続可能な社会構築の基本理念となるものである。2006年、英国政府から発行された「スターンレビュー：気候変動と経済」<sup>22)</sup> は、経済学者・科学者・政策担当者・産業界・NGO の幅広い参加者が、ブラジル・カナダ・中国・

図表 15 2050年における各技術による CO<sub>2</sub> 削減への寄与度



出典：参考文献<sup>25)</sup>

2008年7月に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」では、日本の2050年までの長期目標として、GHG排出量を現状から60～80%の削減を行い、また世界全体では2050年までに半減するという長期目標を実現するために、世界全体の排出量を今後10～20年の間にピークアウトさせるとしている<sup>24)</sup>。

GHG削減に対する我が国の取り組みは、各省庁でいろいろな施策が検討されているが、その一例として図表15に示すような技術計画が経済産業省を中心に検討されている<sup>25)</sup>。この計画によると、高効率発電や次世代自動車などの技術革新を推進することによって、CO<sub>2</sub>をトータルで約60%削減することができることとされている。また、既存技術の普及によって40%削減できると試算されている。

一方、総合科学技術会議の「環境エネルギー技術革新計画」によると、「既存技術の向上は、短期的には温室効果ガス排出削減の大きな手法であるが、今後大幅に排出削減を目指す上では限界があり、中長期的には抜本的な排出削減につながる革新的な技術の開発が重要である。このため、研究開発投資については短期的には既存技術の向上に注力するものの、革新的な技術開発へ重心を移していくことが必要である。」とされている<sup>26)</sup>。そこで、短期的には我が国が持つ世界トップレベル技術である高効率の発電技術や送配電ロス削減技術、省エネ、環境汚染物質除去技術などの既存技術を発展途上国などに普及させる施策が優先される必要がある。それがひいては、アジアの一地域である我が国の環境問題にも貢献する。

5 - 2

### 自然エネルギーの普及・促進

GHG排出抑制のために、今後自然エネルギーの利用は積極的に推進していかねばならない。太陽光・風力に関しては、我が国でも今後加速的に進展していくものと考えられる。しかし、太陽光などに比べて、安定した発電出力の得られる水力や地熱は、一層注目されなければならない。発電に際しCO<sub>2</sub>排出量が最も少ない純国産エネルギーである水力は、未利用エネルギーを有効に活用するために立地・経済性に対する検討が必要である。また既存水力の維持放流については環境状況などの十分な検討・検証を行うとともに、そのエネルギー回収に関する研究開発が必要である。

一方、水力同様にCO<sub>2</sub>排出量が少ない地熱は、我が国の資源ポテンシャルが極めて大きい。地熱エネルギーについても立地の制約が大きいことから、その緩和策が求められる。また、地熱発電には初期投資リスクというハードルがあるため、それらに対する支援も必要である。

5 - 3

### 技術の普及と推進を通じた国際貢献

図表5に示したように、中国の火力発電所熱効率は先進国に比べ低い値となっている。これは火力発電設備の約53%が30万kW以下で、熱効率20数%の10万kW以下の小規模発電設備が多数残っていることによる<sup>27)</sup>。このような小規模低効率設備更新のほか、プラントの運転管理、点検保守に関する技術を我が国から中国などへ移転していくことが大きな国際貢献となる。例えば、2001年に九州電力(株)が行った中国の経年石炭火力発電所の熱効率改善プロジェクトでは、石炭灰の付着による伝熱量低下、灰の堆積による風煙道の

圧力損失上昇、タービン翼の磨耗・スケール付着による効率低下などに対して、運転管理・点検保守を適切に行うことで熱効率が4.4%も改善された。このように、発電技術もさることながら、我が国の優れたプラント管理システム<sup>28)</sup>や保守・検査技術は、国際的に見て価値が高い。

また、途上国では電力需要の増加に伴い、多くの発電所の建設が進められているが、それに伴う電力システムの整備が求められている。インドなどの途上国の送配電損失率は極めて大きい。例えば、2005年に東京電力(株)、(財)電力中央研究所が中国に対して100万V送電の技術協力を締結した。このように、我が国の優れた送配電技術やSF<sub>6</sub>回収技術などで国際協力して、今後発展する国々の送配電損失を低減することは、世界のGHG抑制のためにも大きな意義がある。

本文で述べてきたように、我が国は世界最高水準の高効率発電・送電技術、省エネルギー技術、電力貯蔵技術、環境対策技術などを有している。まずはこれらの既存技術を国内に着実に普及および定着させ、さらに向上させることが、国内におけるGHG排出削減のために極めて重要である。その上で、十分な技術を有していない途上国に対し、我が国の優れた電力技術、例えば高効率機器といったハード技術に加え、運転管理・点検保守に関するノウハウなどのソフト面も、人的交流・情報交換・技術支援などを通じて提供していくことが、その地域の環境保全および世界全体のGHG排出削減のために求められている。

5 - 4

### 合意形成アプローチの充実と場の拡大

エネルギーや環境政策の推進に

関しては、単に技術開発やインフラの整備だけではなく、産学官民を交えた合意形成が不可欠である。我が国では1950年代に高度成長に伴って、工場などの排煙による大気汚染が人々の健康に被害を与えた。その状況を克服するために行政・企業・市民が一丸となって、規制の強化・制度の見直し・技術開発・モニタリングなど、問題克服のための様々な努力を経て今日の状況が生み出された<sup>29)</sup>。このように、環境改善には政府や産業界のみならず、一般市民も一体となって取り組むことが重要である。合意形成の場をこれからも充実させ、そうした場により多くの市民が積極的に参加できる機会を拡充する施策が必要である。それには社会科学と技術分野が協力して、学術的に研究を進めることが寄与すると考えられる。

例えば、気候変動に関する取り組みなど将来理想とする社会像構築に向けては、多くの国々、幅広い専門分野、また様々な立場からの参加が必要である。特に発展途上国においては、行政が中心となり、産学官民が一堂に会する合意形成プロセスの場を設定し、話し合う機会を増やすことがその国の問題解決に繋がると期待できる。これまで合意形成プロセスについて、積極的に取り組んでいるドイツなどの例を参考として、我が国でもこうしたプロセスをこれまでに以上に積極的に政策策定に取り入れていくことが求められる。

## 参考文献

- 1) 環境分野トピックス「バイオ燃料生産時の土地開墾による温室効果ガス排出影響を試算」、科学技術動向、No.85、2008年4月号：[http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt085j/0804\\_02\\_topics/200804\\_topics.html#0804env01](http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt085j/0804_02_topics/200804_topics.html#0804env01)
- 2) 世界保健機構：<http://www.who.int/indoorair/en/index.html>
- 3) INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, World Energy Outlook 2006
- 4) Netherlands Environment Assessment Agency：<http://www.mnp.nl/en/dossiers/Climatechange/moreinfo/Chinanowno1inCO2emissionsUSAinsecondposition.html>
- 5) 温室効果ガスインベントリオフィスホームページ、「温室効果ガス排出量・吸収量データベース」：<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>
- 6) 電気事業連合会、「環境とエネルギー 世界における日本の電気事業 2007-2008」：<http://www6.fepc.or.jp/fepc/publication/panf/env.html>
- 7) ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, OECD ENVIRONMENTAL DATA COMPENDIUM 2006/2007
- 8) 大平竜也、「石炭利用・クリーン化技術の最新動向と今後の展望－クリーンコールテクノロジーに注目して－」、科学技術動向、No.44、2004年11月号：[http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt044j/0411\\_03\\_feature\\_articles/200411\\_fa02/200411\\_fa02.html](http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt044j/0411_03_feature_articles/200411_fa02/200411_fa02.html)
- 9) ECOFYS, Updated Comparison of Power Efficiency on Grid Level 2007
- 10) 東京電力ホームページ：<http://www.tepco.co.jp/eco/report/glb/05-j.html>
- 11) 海外電力調査会、「海外電気事業統計2006年度版」
- 12) 前田征児、「エネルギー資源作物とバイオ燃料変換技術の研究開発動向」、科学技術動向、No.75、2007年6月号：[http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt075j/0706\\_03\\_featurearticles/0706fa01/200706\\_fa01.html](http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt075j/0706_03_featurearticles/0706fa01/200706_fa01.html)
- 13) 経済産業省 資源エネルギー庁、「エネルギー白書2006年版」：<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2006EnergyHTML/html/i2130000.html>
- 14) 環境分野トピックス「下水道事業における温室効果ガス削減の取り組み効果」科学技術動向、No.87、2008年6月号：[http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt087j/0806\\_02\\_topics/200806\\_topics.html#0806env01](http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt087j/0806_02_topics/200806_topics.html#0806env01)
- 15) 地中熱利用促進協会 パンフレット：[http://www.geohpaj.org/information/library/image/punf\\_back.pdf](http://www.geohpaj.org/information/library/image/punf_back.pdf)
- 16) (財)ヒートポンプ・蓄熱センターホームページ、「蓄熱式空調システム」：<http://www.hptcj.or.jp/chikunetu/whatecoice/type.html>
- 17) 経済産業省プレスリリース：<http://www.meti.go.jp/press/20080408004/20080408004.html>
- 18) 内閣府 原子力委員会、「平成19年度版原子力白書」：<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/hakusho/hakusho2007/index.htm>
- 19) 電気事業連合会、「電気事業における環境行動計画」(2007)：<http://www6.fepc.or.jp/env/report/2007.pdf>
- 20) (社)火力原子力発電技術協会、「地熱発電の現状と動向2005年」
- 21) 電気事業連合会ホームページ：<http://www6.fepc.or.jp/now/loadleveling/001.html>
- 22) スターンレビュー、気候変動と経済：<http://www.occ.gov.uk/activities/stern.htm>
- 23) 北海道洞爺湖サミットホームページ：<http://www.g8summit.go.jp/info/theme.html>
- 24) 環境省、「低炭素社会づくり行動計画」(2008)：<http://www.>

- env.go.jp/press/file\_view.php?serial=11912&hou\_id=10025
- 25) 経済産業省、「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」(2008): [http://www.enecho.meti.go.jp/policy/coolearth\\_energy/cool-earth-hontai.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/policy/coolearth_energy/cool-earth-hontai.pdf)
- 26) 内閣府 総合科学技術会議 基本政策推進専門調査会、「環境エネルギー技術革新計画」(2008): <http://www8.cao.go.jp/cstp/project/kankyoene/index.html>
- 27) 倪春春、「中国の石炭火力発電分野におけるCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル」、エネルギー経済、Vol.34, No.4, pp42-58(2008)
- 28) 例えば、UMEZAWA, S & MUTOH, S., 'Advanced thermal efficiency diagnosis system for power plants -TEPCO heat balance analysis method-', The 4th IERE General Meeting, (2004), など
- 29) 北九州市、(独)国際協力機構、(財)地球環境戦略研究機関、「北九州市環境施策ハンドブック」: <http://www.iges.or.jp/en/ue/pdf/handbook/jap/story/story1.htm>

### 執筆者



#### 浦島 邦子

環境・エネルギーユニット  
科学技術動向研究センター  
上席研究官

<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>



工学博士。日本の電機メーカー、カナダ、アメリカ、フランスの大学、国立研究所、企業にてプラズマ技術を用いた環境汚染物質の処理ならびに除去技術の開発に従事後、2003年より現職。世界の環境とエネルギー全般に関する科学技術動向について主に調査中。



#### 戸潤 敏孔

環境・エネルギーユニット  
科学技術動向研究センター  
特別研究員

<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>



工学博士。東京電力にて、主に環境技術、分析技術の開発研究に従事。現在、環境・エネルギー分野で、低炭素社会を実現するための科学技術と政策に興味を持ち、調査研究を行っている。