



DEN-CHU-KEN

TOPICS

2012 5 MAY

VOL.11

Central Research Institute of Electric Power Industry

☑ エネルギー・環境政策の国民的議論のために

1. 震災時のエネルギー利用および節電の実態調査
2. エネルギー・環境政策の実効性の評価
3. 地球規模での温暖化対策のあり方を探る

エネルギー・環境政策の国民的議論のために

1. 震災時のエネルギー利用および節電

現在、政府ではエネルギー・環境会議をはじめ複数の会議体において、これからの日本のエネルギー・環境政策の策定に向けた審議を進めています。

電力中央研究所は、1956年から約12年にわたる産業計画会議(松永安左衛門理事長が設置)の活動を支え、同会議の先駆的な16に及ぶ提言と諸活動は、日本の高度経済成長を実現する上で一翼を担いました。その後1991年からの約10年間は、「トリレンマ問題の克服」をテーマに有識者会議を設置し、顕在化する資源・環境の制約下において、持続可能な社会の形成を目指す活動を展開してきました。

このような活動を通じて培ってきた経済社会と技術評価に関する重層的な知見を踏まえ、国内外の諸機関と連携を図りながら、学際的な政策分析を行っています。現実に即したものとするため、特に事後評価の研究を重視しています。

本章では、東日本大震災時の被災地のエネルギー利用の実態、その後の夏場の電力需要抑制に向けた節電に関する取り組みの実態をご紹介します、あまり論じられていないエネルギー供給・利用両面の課題を浮き彫りにします。

社会経済研究所
上席研究員
杉山 大志



社会経済研究所
主任研究員
朝野 賢司



社会経済研究所
主任研究員
西尾 健一郎



社会経済研究所
主任研究員
木村 宰



石巻市内での復旧作業
写真提供:東北電力株

の実態調査

1.1 災害に強いエネルギーとは何か

東日本大震災ではさまざまなライフラインが途絶したが、その中で系統電力の復旧は早かった。

被災時に活躍したのは高価なハイテク機器ではなく、安価で昔ながらのローテク機器だった。また、停電時の非常用電源としても期待が高まる太陽光発電ではあるが、十分に活用されたとは言えなかった⁽¹⁾。

東日本大震災後の復興政策では、今回の震災が電力供給不足を引き起こしたことを背景に、「災害に強い分散型エネルギー」の導入が強調されている。しかし、災害に強いエネルギーを検討するためには、震災によるエネルギー途絶がもたらした被害の把握が不可欠だが、まだ十分に行われていない。そこで、アンケート(表1-1)により、震災後1カ月間の被災三県(宮城、岩手、福島)における在宅被災者のエネルギー利用状況を調査した。

その結果、系統電力が他のライフラインと比較して早く復旧したこと、安価で既に定着している昔ながらの機器の組み合わせが活躍したことがわかった。今後の一般家庭での防災のあり方を考えるにあたって、この両者が中心となることを示唆している。

表1-1 アンケート調査の概要

期間:2011年12月17~23日
方法:インターネット調査(民間調査会社マクロミルのモニター)
対象:①震災発生時に岩手県・宮城県・福島県に在住の25歳以上の方
②震災発生時に避難しなかった、または避難生活が震災後1週間以内の在宅被災者を抽出
③国政調査に基づき複数・単数世帯を三県の世帯比率に割り付け
④有効サンプル2,063(太陽光発電の非設置世帯)
*太陽光発電設置世帯については、①②は同じで、同三県の設置世帯423サンプルを抽出し、非設置者と同じ設問に加えて震災による停電期間中の自立運転の運用実態を尋ねた

次の3点が、アンケートの主な結果である。

①被災三県における停電の解消は、他のライフラインに比べて早かった。

被災三県における東日本大震災による各ライフラインの供給途絶・復旧状況を比較すると(図1-1)、復旧が早い順に(途絶率*が10%以下になるのに要する日数が少ない順)、電力、LPガス、水道、都市ガス、灯油、ガソリンである。

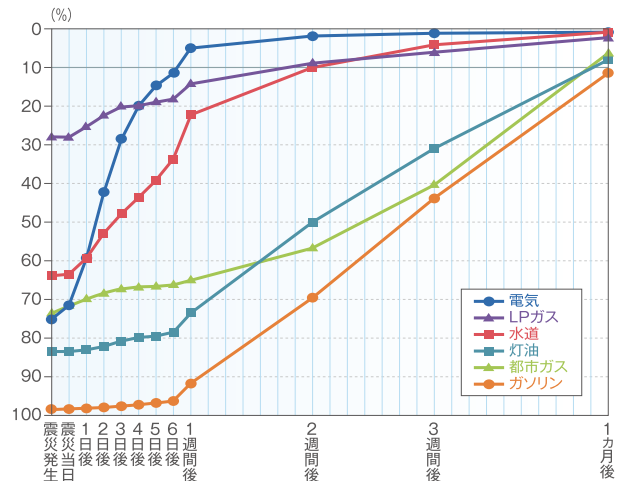


図1-1 被災三県のライフライン途絶率*の推移

*途絶率=(B-A)/B
A:ある時点で当該ライフラインの供給途絶(入手困難)が解消したと答えたサンプル数
B:当該ライフラインを利用する総サンプル数

②家庭へのエネルギー供給量が大幅に低下する場合があったが、その対応には安価で昔ながらの機器が用いられた。

エネルギー供給量が低下した世帯では、安価で既に定着している昔ながらの技術を用いている。図1-2は、停電中の在宅被災者の行動を示している。照明用途では懐中電灯(88%)・ろうそく(60%)・日没後は就寝等で照明を必要としないようにした(40%)、調理用途では、カセットコンロ(39%)・灯油ストーブ(28%)・非常食(21%)、そして暖房用途では、毛布や重ね着等で寒さをしのぐ(72%)、

灯油ストーブ(42%)・自動車の中で暖をとる(13%)といった行動をとっている。

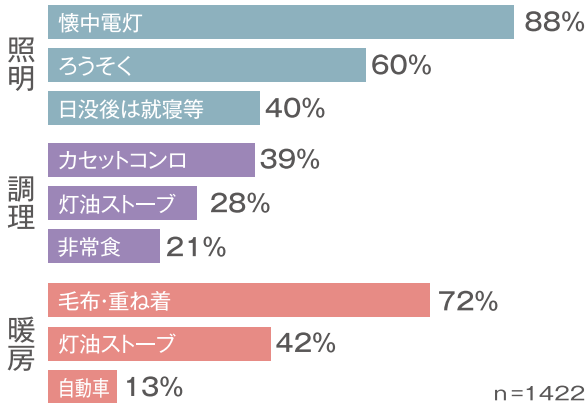


図1-2 震災停電時における在宅被災者の対応行動

以上のように、在宅被災者は停電に対して、いずれも安価な機器を活用していたことがわかる。その理由は、これらの機器でもある程度のエネルギーサービス水準が維持できることが挙げられる。

③非常用電源として太陽光発電が注目されているが、十分に活用されたとは言えない。

太陽光発電は、停電時に手動で自立運転モードに切り替えることで、非常用電源として利用できる。これを自立運転と呼び、専用の非常用コンセントに電気機器を差し込み利用する。制約条件として、(a)出力が1,500Wまで、(b)家電製品によっては利用できない(例:モーターを使用する等)、(c)利用は昼間の天気の良い時間帯に限られるなどが挙げられる。

そこで、震災で1日以上停電した太陽光発電設置世帯に対して、その使用用途等を尋ねた(図1-3)。自立運転を実施した世帯は71%で、利用目的は、携帯電話の充電、テレビ、炊飯器の順に多かった。

次に、自立運転を実施した世帯の中で、これらの目的で実際に利用できた割合を尋ねた。携帯

電話の充電は76%である一方で、テレビと炊飯器を利用できた世帯は30%以下である。つまり、携帯電話の充電といった低出力の機器は利用できたが、その他の機器の利用は30%以下と限られていた。この理由に前述の制約条件が挙げられる。

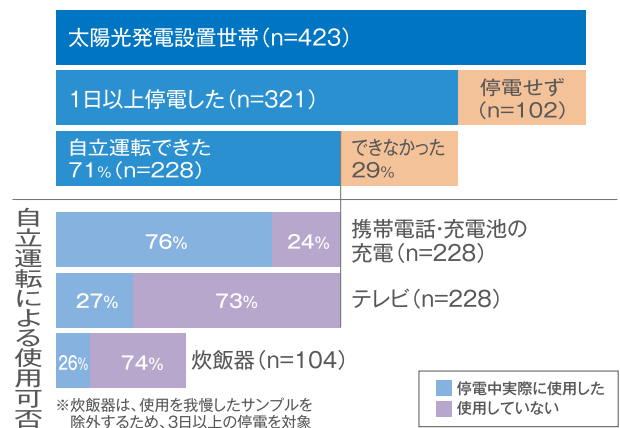


図1-3 震災停電時における太陽光発電設置世帯の自立運転の実施有無とその用途

一方で、太陽光発電の非設置世帯では、30%以上が携帯電話の充電に乾電池や車載充電器などを利用していただとの回答を得ている。これらの充電方法による1回あたりの充電コストは、1,200~1,500円程度である。太陽光発電の自立運転は実施世帯の多くで携帯電話の充電に役立った。他方で、非設置世帯は通常よりも割高ではあるが、比較的安価な方法で充電を行っていた。

また、今回の震災で太陽光発電は非常用電源としては十分に活用されたとは言えない。自立運転は昼間・天気の良い日に利用が限られるため、照明・暖房など生活に不可欠な需要を十分に満たすことはできない。従って、非常用電源として活用するには蓄電池を併設する方法があるが、現時点では大手住宅メーカーの蓄電池は20万円/kWhと高コストである。さらなるコスト低下が期待される。

1.2 節電の実態

節電については、家庭部門・業務部門では照明・空調の電力が大幅にカットされた。他方で、産業部門では多大なコストがかかった。家庭部門・業務部門の経験をもって節電が容易と誤認し、日本全体での電源の確保を怠ってはならない。これは産業部門へのさらなる負担を意味し、企業の投資や営業活動を変えて、日本経済に悪影響を与えるおそれがある⁽²⁾⁽³⁾。

震災後の昨夏、大幅な電力供給不足を受けて、東日本を中心に積極的な節電が推進された。その結果、大規模停電が回避されたのは周知のとおりである。当研究所では、節電推進の実態を把握し今後の課題を整理するため、業務部門・産業部門の事業所と家庭部門に対する実態調査を進めてきた。ここでは、各部門に対するアンケート調査(表1-2)の主な結果を紹介する。

表1-2 アンケート調査の概要

家庭部門
期間:2011年11月12~16日
方法:インターネット調査(民間調査会社マクロミルのモニター)
対象:① 東京電力(株)を利用している成人
② 地域・単身世帯・男女比率を統計に準拠して割り付け
③ 予備調査にて7~9月の電気使用量を把握可能であること等の条件で抽出
④ 有効サンプル2,970
業務部門・産業部門
期間:2011年11月10日~12月7日
方法:質問紙郵送調査
対象:① 被災地域および沖縄を除く全国の従業員数100名以上の事業所(東京・東北については50名以上)
② 回収サンプル6,262

① いずれの部門でも、過去に例を見ない大幅な節電対策が実施された。

家庭部門では、アンケート対象世帯の2011年夏(7~9月)の電気使用量は、前年より平均10%減少し、約30%の世帯で15%以上の節電が実現して

いた(いずれも気象補正後)。減少量の40%程度はエアコン節電による効果と推定され、エアコンの利用時間減の効果が最大であった(図1-4)。その他で効果が大きかった対策は、照明の点灯時間減、エアコンの設定温度調整などであった。

一方、業務部門と産業部門では、アンケート対象事業所の2011年夏の最大電力の削減率は、それぞれ20%と15%であった(いずれも前年比、気象補正なし)。

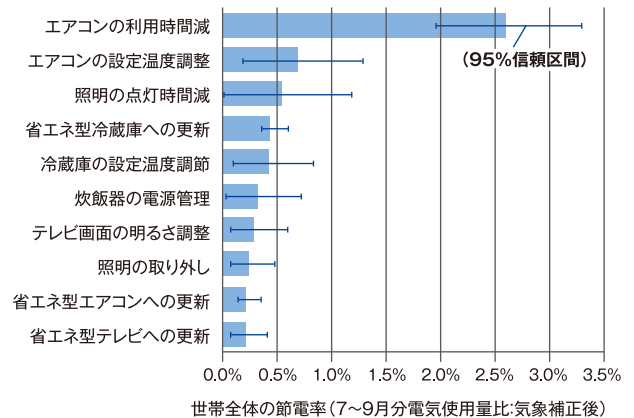


図1-4 家庭での主な節電対策(東京電力管内)

② 家庭では、ピーク時間帯等の理解不足のため、夜間も我慢の節電が続けられた場合があった。

節電が必要とされたのは電力需要がピークとなる9~20時の間であったが、正確にピーク時間帯を把握していた消費者は10%に満たなかった。また、電力需給がひっ迫しない夜間や休日でも節電に取り組んだ人は80%に及び、「夜は電力が足りていることを知っていたら、そこまで節電しなかった」という声も別途実施したグループインタビューでは聞かれた。

一方で、冷蔵庫の設定温度やテレビ画面の明るさを調整すると、いずれも平均で2%程度の節電につながる効果的な対策であり、負担も大きくない対策と思われるが、実際に取り組んだ消費者は必ずしも多くなく、実施率はそれぞれ30%、20%であった。

このように、ピーク時間帯や効果的な節電対策についての情報が不足していた部分がある。継続的な節電推進のためには、これらの理解向上を図り、無理なく節電に取り組むことが重要であろう。

③ 産業部門では自家発電対策や時間シフトが広く実施され、費用や従業員の負担が大きかった。

業務部門の節電量の大半は照明と空調の対策による(図1-5)。これらの業務への影響はさほど認識されておらず、今後も継続したいとする事業所は多かった。一方、工場では夜間シフトや早朝シフト、生産プロセスの稼働減、自家発電による節電対策が広く実施された。これらの節電への寄与は大きかったが、費用負担も大きいという問題があった。大口の工場では平均約1,200万円の費用が発生しており、その50%以上を自家発電対策費用が占めた。また時間シフトによる従業員の負担は大きく、継続したいとする事業所は少なかった。

従って、今後の節電の推進では、業種や事業所の規模によって、費用負担など影響の大きさが異なることに十分な配慮が必要である。

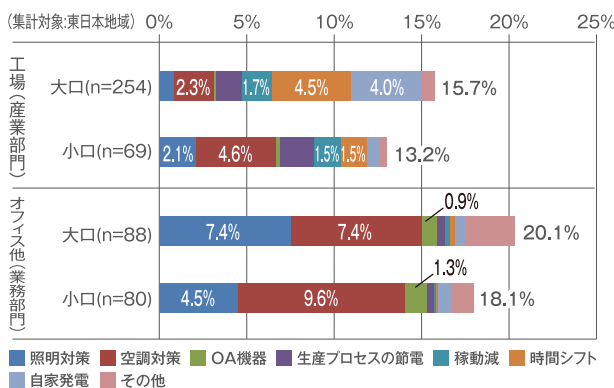


図1-5 東日本地域における事業所の節電率と内訳
注) 節電内訳を把握している事業所の集計値

④ 業務部門・産業部門ともに、緊急節電は進んだものの、基本的な省エネ対策の実施やエネルギー管理体制の構築は不十分であった。

照明の間引きや室内設定温度の変更など緊急節電のための対策は、ほとんどの事業所で実施された(図1-6)。震災前と比べると平均で約20%の照明が間引きされ、室内設定温度は2℃程度上げられた。

しかし、設備運用の改善による高効率化(省エネ)の対策はあまり進展しなかった。例えば外気導入量の制御を実施した事業所は10%に満たず、照明対策のために照度実測をした事業所も20%程度であった。これらはいずれも省エネ対策としては重要かつ基本的なものであり、今後緊急節電とは別に一層の省エネ推進が必要であろう。

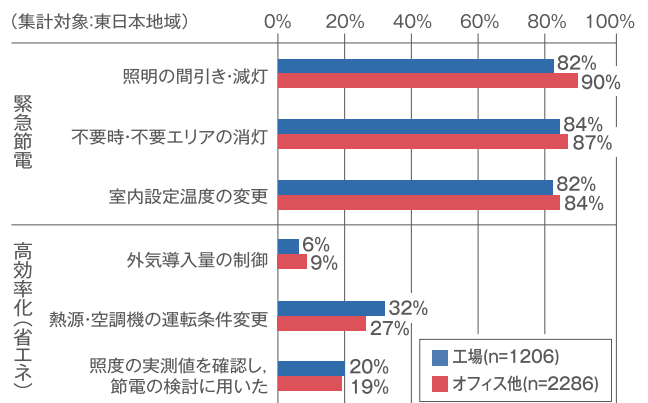


図1-6 照明・空調分野の主な節電対策の実施率 (業務・産業部門)

<参考文献>

- (1) 朝野他:「東日本大震災・被災地におけるエネルギー利用実態調査」
電力中央研究所 研究報告Y11027、2012年3月
- (2) 木村他:「事業所アンケート調査に基づく2011年夏の節電実態」
電力中央研究所 研究報告Y12002、近日公刊予定
- (3) 西尾他:「家庭における2011年夏の節電の実態」
電力中央研究所 研究報告Y11014、2013年3月

コラム 1 電力中央研究所の温暖化防止政策研究の歩み

1. 政策の実効性分析

温暖化対策として、たびたび政策論争になったのは環境税とCO₂排出量取引である。いずれも単純な経済理論の観点からは優れた制度とされ、それを推進する意見も強かった。これに対して、当研究所では海外での事例の分析を行い、理論的には多くのメリットがあると言われていたが、その大半は、実現しなかったことを示した。

CO₂排出量取引は、キャップ&トレードというよりも排出枠をめぐる政治的駆け引きが継続して「キャップの繰り返し」となり排出権市場は安定せず、効率的な排出削減にならなかった。北欧等での環境税は政府の一般財源にはなったが、政策実施過程において税率は産業部門ごとに差異化されて、効率の良いCO₂削減には結び付かなかった。両者とも、技術開発への効果はごく限定的だった。日本では諸税によりエネルギー価格が既に高いこともあり、今後、環境税やCO₂排出量取引を導入する意義は乏しいと考えられる。

さらに、CO₂排出量の予測には不確実性が高いことを過去のエネルギー見通しの分析で示した上で、CO₂排出量削減の数値目標は法的拘束力をもって約束することよりも政策間の整合性を図る調整能力こそが本質であることを、酸性雨に関する長距離越境大気汚染条約 (CLRTAP: Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution) などの過去の環境条約の事例分析をもとに明らかにした。

以上により京都議定書の限界を指摘し、同議定書が衰退することを予想した。これは2011年の日本・カナダ等の京都議定書離脱表明で現実となった。以上の研究成果の詳細については、「これまでの研究成果の紹介～書籍を中心に～(p.18)」をご参照いただきたい。

2. 国際機関における活動

当研究所における温暖化防止政策の研究は国際的にも知られる所となり、気候変動に関する政府間パネル (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) の執筆活動に杉山大志上席研究員が参加している。

2007年に発表された第4次評価報告書においては、排出削減の対策技術を評価する「第3部会報告書」の主執筆者と、科学的知見から対策技術までを総合的にまとめる「統合報告書」のコア・ライティングチームのメンバーを務めた。また2013年から2014年にかけて発表される予定の第5次評価報告書においても、排出削減の対策技術を評価する「第3部会報告書」において、統括執筆責任者を務めている。この活動においては、これまで正確に理解されることのなかった日本の温暖化対策について、とくに省エネルギー法や自主的取り組みの役割を明らかにしていく予定である。

このほか、気候変動枠組条約の締約国会議 (COP: Conference of the Parties) の動向については、上野貴弘主任研究員を中心に継続的にウォッチし分析している。省エネルギー政策の分析においても、木村宰主任研究員らの綿密な事例調査が認められ、国際応用システム解析研究所 (IIASA: International Institute for Applied Systems Analysis) の地球規模エネルギーアセスメントにおいては日本のトップランナー制度についての執筆担当を務め、また国際エネルギー機関 (IEA: International Energy Agency) の実施協定に基づく中小企業の省エネルギー推進の国際共同研究にも参加している。

これら国際機関における活動は、世界最高水準の研究レベルの維持はもとより、日本の温暖化対策の現状や考え方についての正確な情報発信を行うため重視している。

エネルギー・環境政策の国民的議論のために

2. エネルギー・環境政策の実効性の評価

当研究所では、これまで政策として、あるいはそれを補完する形で産業界で実施されてきた様々な温暖化対策の実効性について分析してきました。

本章では、最近の調査結果も踏まえて三つの温暖化対策の評価をご報告します。

まず、業界団体が地球温暖化の防止や廃棄物の削減などの環境保全活動を促進するため、自主的に策定している「環境自主行動計画」について、自主的取り組みの事例を踏まえて、温暖化対策における実効性と成功要因について考察します。

次に、「固定価格買取制度(FIT: Feed in Tariff)」について、先行する欧州の事例を踏まえて、理想と現実の乖離を生み出す構造的な要因について分析した結果を報告します。

最後に、国際貿易の拡大が続く中でCO₂排出量を地球全体で削減していくという観点から、貿易財の生産に伴って発生したCO₂排出量を当該財の消費国の排出量として計算する「貿易に体化したCO₂排出量」について報告します。これは日本のこれからのCO₂排出量削減のあり方を考えるにあたって重要な示唆を与えます。

社会経済研究所
主任研究員
若林 雅代



社会経済研究所
主任研究員
星野 優子



節電中の渋谷の街

2.1 「環境自主行動計画」の政策評価

産業界の「環境自主行動計画」は、省エネルギー法や諸エネルギーへの課税が存在する日本で、事業者にさらなる温暖化対策を促進する枠組みである。自発的な活動を促すための「自主的取り組み」と呼ばれ、これまでも技術的な手段が比較的是っきりしている場合に、その速やかな実施を促す重要な役割を果たしてきた⁽¹⁾⁽²⁾。

自主的取り組みには、事業者に都合よく設定されるため目標が緩い、あるいは未達成でも罰則がないため効果が弱いなどの懐疑的な見方も存在する。しかし、こうした概念的な理解だけから、十分な効果を持たないと判断することは適切ではない。以下の二つの事例は、民間の自主的取り組みが、規制や国レベルの交渉よりも迅速に、より高い目標へと事業者の対応を促す場合があることを示している。

①家電メーカーによる待機電力の削減

待機電力の削減技術は既知だが、価格に敏感な市場の構造や、消費者および企業側の認識不足などによって、世界的に対処が進んでいなかった。日本はこの問題にいち早く対応し、2003年度末までに主要家電製品の待機電力を1W以下とするメーカーの自主宣言を実現した(図2-1)。

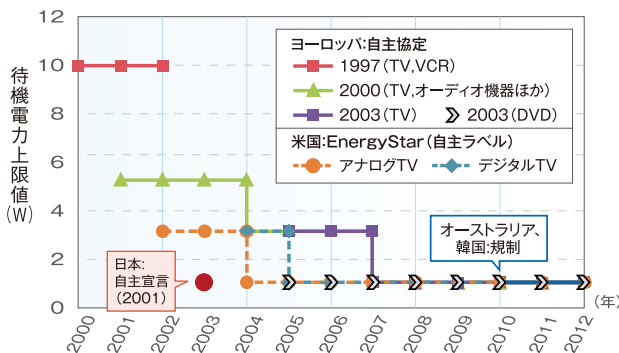


図2-1 待機電力削減目標の各国比較

これは、オーストラリアや韓国が規制によって2010年までに実現するとした水準に相当する、野心的な値である。日本では自主宣言で待機電力が迅速に削減されたため、追加的措置は必要なかった。また、自主的な取り組みだからこそ、様々な製品に柔軟に対応できる共通の目標を掲げられた。

②半導体産業におけるPFCの削減

米国、日本、欧州、韓国、台湾の主要半導体メーカーは、1999年に温室効果のあるPFC(パーフルオロ化合物)削減の共通目標を掲げ、技術情報の交換などの自主的な活動を通して当初の目標(2010年までに10%削減)を大幅に上回る削減を達成した。2010年以降の活動には中国も加わり、世界の半導体生産能力の90%以上をカバーしている。総量ベースの削減目標では、古い生産設備を抱える日本などが技術的限界に近づく中、この活動では新規工場へのベストプラクティスの導入推進という対策ベースの目標がとられている。

これは、先進国、新興国間の取り組みの程度の差を埋め、地域間の限界削減費用の均衡化を図るものといえる。自主的取り組みという制度枠組みにおいて、このようにしてグローバルな効率性・公平性が担保されつつあることは興味深い。

それでは、「環境自主行動計画」についてはどうか。現在、当研究所ではその事後評価を進めており、事業者へのインタビュー調査によって、取り組みを通じて業界団体への情報集約や参加者間の情報共有の体制が整ったことなどを確認した。省エネ活動は企業の競争力強化にもつながり、メリットを示せば意欲的に取り組む事業者は多い。規制はそれを守るための必要最小限の努力しか引き出せないが、自主的取り組みでは事業者の意欲と創意工夫によって最大限の努力が発揮されている。

2.2 固定価格買取制度のあり方

2012年7月から施行される固定価格買取制度(FIT)は、再生可能エネルギーの大規模な需要を創出するので、製品単価を下げると同時に、需要喚起による関連産業の振興や雇用創出につながるという期待がある。しかし、以下で述べるように「二兎を追う者は一兎をも得ず」という結果に終わりがねない。ここでは日本がかつて世界一の生産量を誇った太陽光発電を事例として説明する⁽³⁾。

① 欧州FITの教訓

FITとは、再生可能エネルギーの発電を、10～20年等の長期間にわたり、固定価格で買い取る制度である。買取価格は建設・運転費等に適正な利潤を加えて政府が決定し、その費用は電気料金を通じて需要家が負担する。FITの目的は、再生可能エネルギーの政策的な市場創出によって、製品単価を下げることで、関連産業の振興を促すことにある。

欧州のFITバブルを見込んだ中国メーカーの生産増強により、世界市場にパネルの大量の在庫が溢れて価格が急落した。世界の累積導入量は2008年1,343万kWから2011年6,735万kWと5倍以上に達し、その約80%が欧州である(図2-2)。同期間の生産量は約1,900万kWから9,200万kW以上であり、供給超過(在庫)は2,500万kWを超える。この期間に中国・台湾メーカーは急速に生産量を増やした。両国の年間生産シェアは、2008年約30%から2010年約60%に達しており(図2-2)、特に中国勢は生産量トップ5社のうち4社を占める。

この大量の在庫により製品単価は下がった。ドイツの太陽光発電システムの価格は、2009年約5,400ユーロ/kWから、2012年初めに約2,000

ユーロ/kW以下と3年間で1/3になった。日本の2011年の価格は35～50万円/kWなので、その内外価格差は約2倍以上である。

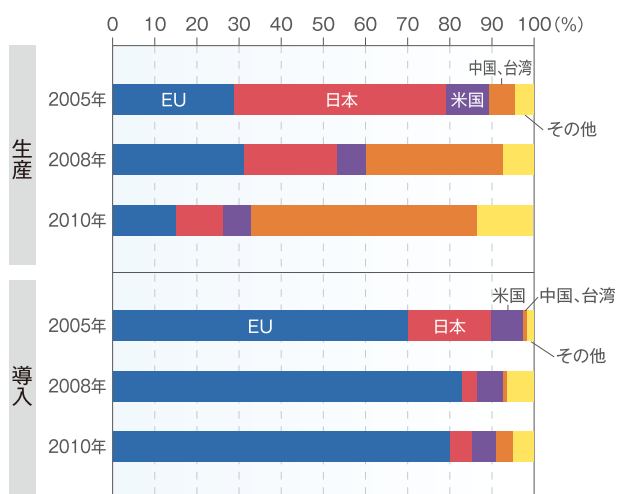


図2-2 太陽光発電の導入・生産シェア(2005年以降)

出所: EPIA(2011)GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAICS UNTIL 2015より作成

FITによる大量導入は、中国・台湾メーカーに参入機会を与え、これが価格を引き下げた。しかし、行き過ぎた政策的な市場創出は副作用をもたらす。欧州では、「適正な利潤」がわからず、高い買取価格が設定された結果、大量導入と引き替えに、需要家の費用負担が増加したことで、FITの撤廃・縮小が相次いでいる。

世界一の導入量を誇るドイツでは、「太陽光発電の導入はドイツ環境政策の歴史で最も高価な誤りになる(独Spiegel誌)」と批判されている。その導入量は、2008年600万kWから2011年2,500万kW弱に達し、2011年だけで約750万kWが設置された。FITへの支払額は、2011年だけで136億ユーロ(約1兆5,000億円)、一世帯あたりの月額負担額は10.3ユーロ(約1,100円)(図2-3)、これは電気料金の10%を超える。近年の太陽光発電の急増により、2013年には年間180億ユーロ(世帯

月額14ユーロ)にのぼると見られる。そこで2012年2月にFIT改正案が提出された。買取価格を大幅に引き下げ、年間導入目標(250~350万kW)を超える場合、議会を経ずに省令で価格改定可能とする予定である。

スペインでは、高い買取価格により、2008年の1年間で280万kW弱も導入された。これは前年60万kW弱から4倍以上の増加である。そこで2009年に年間導入制限(150万kW)と価格の大幅切り下げを実施した結果、同年導入量は10万kWに激減した。その後、費用負担増加等を理由に、2012年2月、新規設備に対するFITの一時中断を決定した。こうしたFITの撤廃や大幅な縮小は、チェコ、フランス、イタリア等でも生じている。つまり、高い買取価格は失敗するということが、欧州での教訓である。

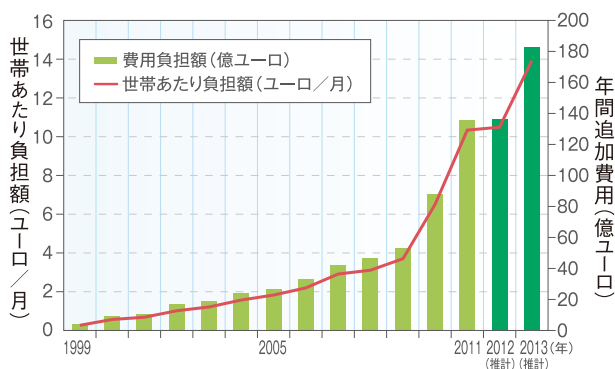


図2-3 デイツFITの費用負担総額と世帯あたり負担額の推移(1999年以降)

出所:ドイツ送電系統運用者のHP(www.eeg-kwk.net)より筆者作成

②国内産業の振興に結びつくか?

FITによる太陽光発電の国内大量導入は需要家の費用負担の増加となり、さらに先進国メーカーは輸出利益を得られていない。日本の太陽電池メーカーは2005年には世界生産シェアの50%を超えていたが、2010年約5%に低下し(図2-2)、輸出

出荷額も減少している。

また、日本メーカーは2008年には生産の80%を輸出し、その出荷額は約3,400億円であった。しかし、前述した中国メーカーの生産増強による製品単価の急速な値下げによって、日本メーカーの国際競争力は大きく低下した。輸出が困難なため、2011年には国内向けと輸出向けの比率がほぼ同じになっており、輸出額は約1,900億円に低下した(図2-4)。これは日本だけでなく、先進国メーカーに共通している。かつて世界一の生産量を誇ったドイツ・Qセルズ社は、中国メーカーとの価格競争に敗れ、2012年4月に破綻に至っている。

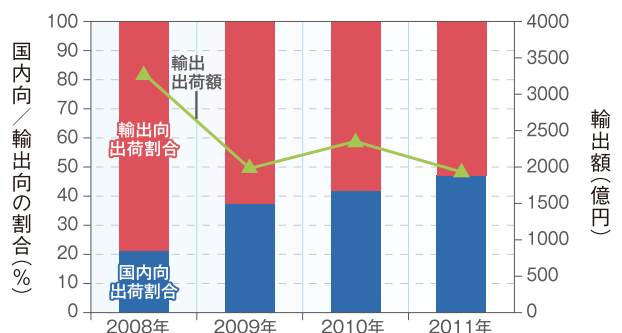


図2-4 日本の太陽光発電メーカーの実質輸出入出荷額と出荷量に占める国内向・輸出向の比率

出所:輸出出荷額は日本関税協会・貿易統計、出荷量は太陽光発電協会(JPEA)

FITによる先進国の大量導入は、確かに製品単価を引き下げたが、他方で、これは輸出利益の低下を意味するので、産業振興という二兎を追うことはできていないことを示している。このような欧州の教訓を踏まえると、日本は非住宅用の買取価格を、例えば13円(中国)~20円(ドイツ)/kWhに低くすべきであろう。これは非住宅用で日本メーカーの目先の保護をあきらめ、海外勢参入によるコストダウンを最優先するためである。それに代わり、化合物系や有機系など新技術に対する中長期的な技術開発が、日本の産業振興に重要である。

2.3 消費ベースで見たCO₂排出量の重要性

現在、エネルギー・環境会議では、2050年の日本の将来像の一つとして、経済のサービス化ないし製造部門の海外進出によってCO₂排出量(以下、排出量)が減少するというシナリオが検討されている。しかし、産業の空洞化は海外からの輸入を誘発するため、地球全体の排出量の削減という観点からみると排出国がつけ換わるだけであり、本質的な違いはない。

これは過去についても同様であり、2000年以降、日本を含め先進国の国内排出量は、ほぼ横ばいで推移してきたが、他方で輸入先の新興国の排出量を増加させ、世界全体の排出量を増やしてきた。従って、エネルギー需給の将来シナリオを検討する場合には、国内排出量だけでなく以下で示す消費ベースで見た排出量、「貿易に体化したCO₂」の視点から、日本の産業空洞化シナリオが世界の排出量に与える影響まで考慮に入れる必要がある⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

① 貿易に体化したCO₂とは？

貿易自由化の進展は、世界経済のグローバル化、国際分業の深化や新興国の経済成長をもたらし、国際貿易量は飛躍的に増大した。他方で、世界経済の拡大によって、エネルギー需要、排出量は急増した。この両者は表裏一体の関係にあるにもかかわらず、これまでの温暖化防止の国際枠組みの議論では、両者の関係が十分に考慮されてきたとは言えない。2000年代以降、新興国の排出量は急増しており、貿易の観点を欠いたままの議論では、先進国での国内排出量の削減が、必ずしもグローバルな削減に結びつかないことが危惧される。

貿易財の生産に伴って発生した排出量を、その財の消費国(輸入国)の排出量として計算したものを、ここでは「貿易に体化したCO₂排出量」と呼ぶ。

図2-5は、この関係を模式的に示したものである。今、自国で1kgの鉄鋼需要があるとき、自国内で生産し、供給した場合に自国内で排出するCO₂は1.5kgである。一方、自国で生産する代わりに外国製品を輸入すれば、自国内の排出量はゼロで済むが、輸入先の国では排出量が増加する。例えば、輸入先のCO₂排出原単位が国内の2倍だとすると、「貿易に体化したCO₂」は、3.0kgとなる。この場合には、貿易によるグローバルな排出量は、自国内で生産する場合に比べて、1.5kg増加してしまうことになる。

排出量を国境単位で補足する従来の方法が「生産ベース」であるのに対し、貿易に体化したCO₂を考慮することは、国内の消費活動に起因して世界のどこかで発生する排出まで含めるという意味から、「消費ベース」の排出量である。

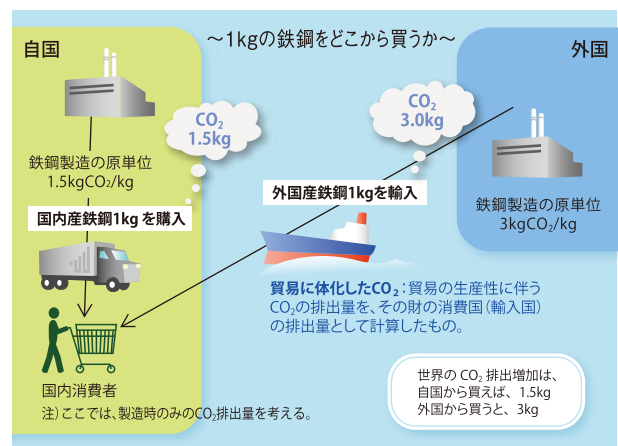


図2-5 貿易に体化したCO₂排出量

② 日、米、英では国内排出量の20～40%に相当

2004年までの日本、米国、英国、中国4カ国について、世界からの輸入に体化したCO₂から、世界への輸出に体化したCO₂を差し引いたネット(正味)の貿易(純輸入)に体化したCO₂を推計した(図2-6)。

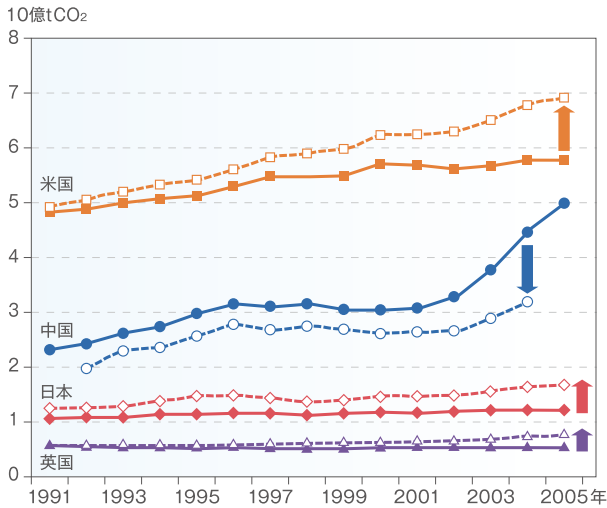


図2-6 消費ベースのCO₂排出量

実線で各国の国内排出量を示し、点線は純輸入に体化した排出量を加えた「消費ベースの排出量」を示す。矢印の部分が発貿易に体化した排出量に相当する。

先進国は輸入を通じて他国での排出を数億トンの規模で誘発しているのに対し、中国は逆に純輸出国である。純輸入に体化した排出量を国内排出量と比較すると、2005年時点で、米国が20%、日本が38%、英国が44%である。中国は、2004年時点で国内排出量の27%が輸出のために誘発されたものである。

③ 今後も「貿易に体化したCO₂」は増加が見込まれる

世界経済のグローバル化が進む中で、国際貿易は今後も拡大が見込まれる。同時に、先進国輸入に占める途上国からの輸入シェアも、1990年代以降上昇しており、この傾向は今後も続いていくと考えられる。こうした状況を踏まえて、仮に世界を先進国と途上国の2カ国と考えた場合の、先進国の対途上国貿易(南北貿易)に体化した排出量の将来推計を行った。

IEAが2011年に発表した「世界エネルギー展望(World Energy Outlook 2011)」の「現行政策シナリオ(Current Policies Scenario)」に基づいた

試算では、先進国が国内の排出量を横ばいに抑制した場合でも、2035年には、先進国の国内排出量の50%を超える排出量が途上国においてはネットで増加するという結果となった(図2-7)。

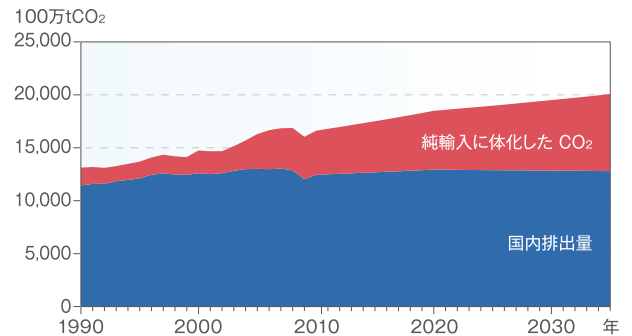


図2-7 先進国の消費ベースのCO₂排出量の将来

グラフ中の赤い部分が、先進国の輸入のために途上国で発生したCO₂排出量になる。

出所:International Trade by Commodity Statistics, OECD:World Energy Outlook 2011, IEA等のデータを用い当研究所推計

CO₂排出削減目標に関する議論では、先進国と途上国との間の意見の隔たりは依然として大きい。しかし、排出量を国境単位ではなく、消費ベースで捉えることで、グローバル化する世界経済の中で、先進国と途上国が、相互に問題を共有している現状を認識することができる。ここに示した「貿易に体化したCO₂」の視点は、現状の温暖化防止のための国別数値目標の議論の限界を認識し、先進国と途上国との間でのより実効性のある政策協力の出発点になると考える。

<参考文献>

- (1)若林:「待機電力削減の取り組み 日本における自主的取り組みの成功事例 その1」SERC Discussion Paper 11035, 2011年11月
- (2)若林:「半導体産業における温暖化対策としてのPFC排出削減自主的取り組みの成功事例その2」SERC Discussion Paper 11041, 2012年3月
- (3)朝野「再生可能エネルギー政策論」(株)エネルギーフォーラム, 2011年9月
- (4)星野他:「貿易に体化したCO₂排出量-日本・中国・米国・英国の国際比較-」電力中央研究所 研究報告Y08028, 2009年5月
- (5)星野他:「先進国の貿易に体化したCO₂排出量の将来推計の試み」SERC Discussion Paper 12002, 12012年5月

エネルギー・環境政策の国民的議論のために

3.地球規模での温暖化対策のあり方を

1997年の京都会議以降、日本のエネルギー政策は国際的な交渉の動向に大きく影響を受けるようになりました。

当研究所ではCOPにおける交渉を継続的に分析し、情報を提供してきました。また、京都議定書の問題点を分析し、それに代わる制度として、ボトムアップ型のプレッジ&レビュー制度について先駆的に研究を実施してきました。これらは今、カンクン合意などで現実のものとなっています。

他方で、地球温暖化問題の解決のためには、長期的な視野で知見を学際的に総合化して大局から理解することも重要です。

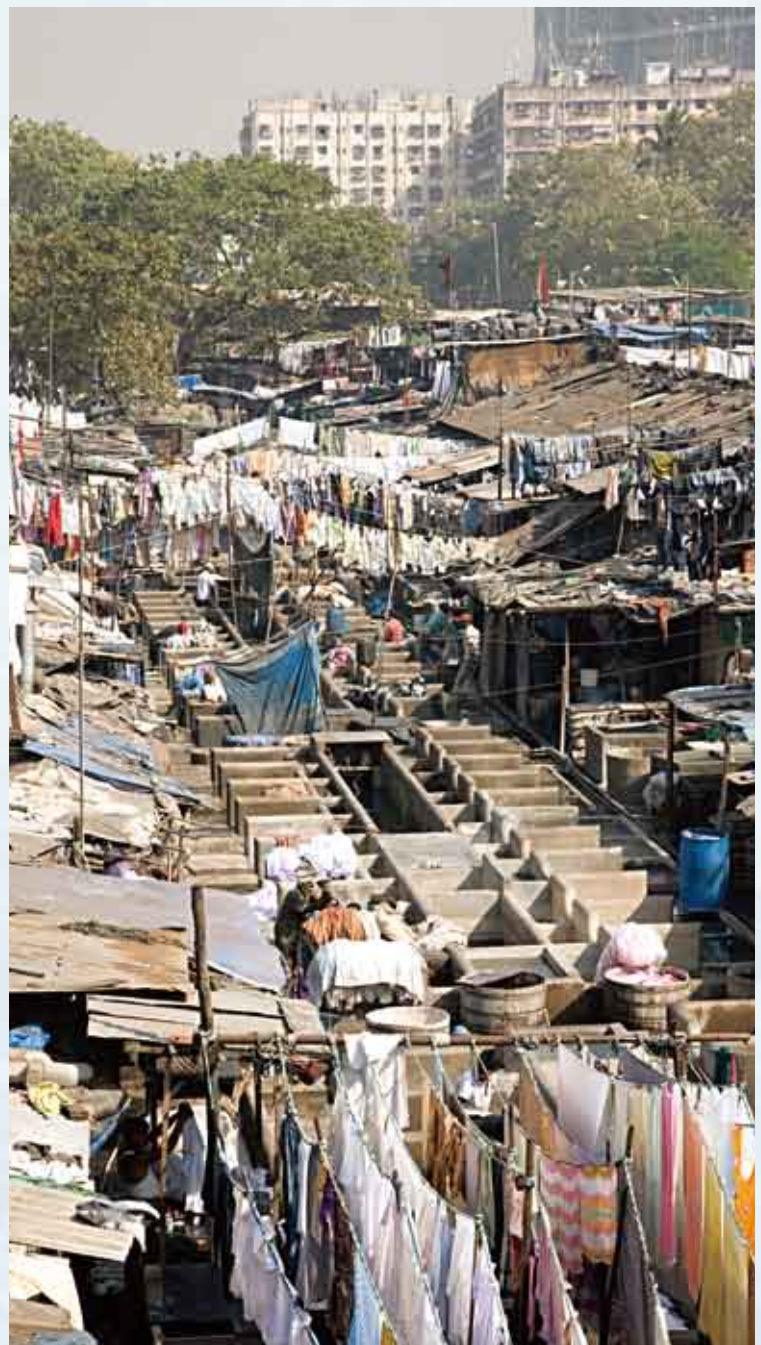
温暖化対策は、CO₂排出量削減だけでは完結しません。科学的不確実性を含め、国際政治の行方、社会経済的な発展など、多様な不確実性があるためです。地球温暖化への適応や、地球温暖化の影響軽減のための気候工学技術にも注目しなければなりません。

本章の知見は、実務者の現実からはやや遠く思えるかもしれませんが、しかし、これらの概念は、企業経営や投資活動に、近い将来に影響してくると思います。

社会経済研究所
主任研究員
上野 貴弘



社会経済研究所
主任研究員
杉山 昌広



探る

3.1 地球温暖化対策の国際枠組みの現状

温暖化防止には、グローバルな温室効果ガスの排出削減が必要であり、国際的な協調が求められる。当研究所では、国際政治の現実的制約を踏まえ、京都議定書に代わるボトムアップ型の枠組みを提唱してきた⁽¹⁾。

京都議定書第1約束期間が終了する2012年以降の「ポスト京都議定書」をめぐる国際交渉は、2011年にダーバン(南アフリカ)で開催された気候変動枠組条約の第17回締約国会議(COP17)で決着した。

その結果、全ての主要国が温室効果ガス排出抑制の自主的な目標・取り組みを掲げて、その実施を国際的に評価するボトムアップ型のプレッジ&レビュー制度が動き出すことになった。削減目標を国際義務としてトップダウン的に課す京都議定書とは、対照的な方式である。京都議定書に加わらなかった米国と、CO₂排出量が急増する中国やインドなどの新興国も参加する。一方、京都議定書については、欧州連合(EU)は2013年以降も義務を負うが、日本やロシアなどは義務を負わない。

また、2020年以降の全ての国が加わる新枠組みについて交渉を開始し、2015年に合意を目指すことになった(図3-1)。

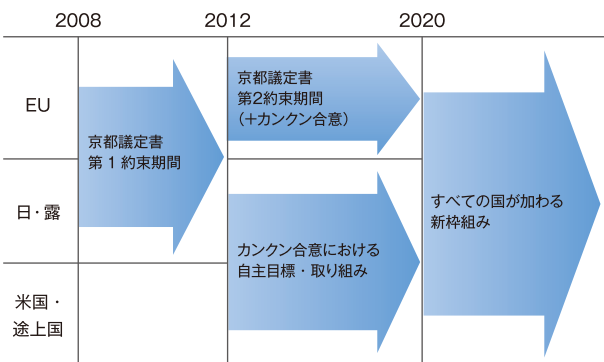


図3-1 COP17で決定した国際枠組み

「カンクン合意」とは、COP16で合意された自主的枠組みの名称。COP17では、同合意の実施規則が合意された。

当研究所では、2003年度より、交渉の進展を先取りして、ポスト京都議定書のあり方について研究を実施してきた。重視したのは、「政治的な実現可能性」と「技術普及の重要性」の2点である。

前者については、現実の国際政治の中での実現可能性に注目した。国際枠組みをめぐる議論では、主要排出国に削減目標を義務として課し、世界全体での排出総量を強制的にコントロールすればよいという議論が根強い。しかし、現実の国際政治では、一部の国は義務を負う準備があっても、米国、中国、インドといった大排出国は多大なコストがかかる削減義務にはなかなか合意できない。政治的に実現可能なものには限界がある。

後者については、日本ですでに導入されている省エネルギー技術などの排出削減技術が地球規模、特に排出量が急増する新興国で普及すれば、世界全体の排出量を抑制することに注目した。国際競争上の不公平を防ぐことにも役立つ。

国際政治の制約と世界での技術普及を両立させる枠組みに関する研究を重ね、各国の国内政策を起点とするボトムアップ型の枠組みや、途上国における省エネルギー制度の構築を支援して、途上国の排出削減と日本の省エネ技術の国際展開を促進する協力構想を提唱した。最近、カンクン合意や、日本政府が推進する二国間クレジットなど、現実の政策として実を結びつつある。

これから2020年以降の新枠組みの交渉が始まるが、EUなどは、急進的な排出削減の国際義務化を働きかけると予想される。一方、世界的な経済不況や新興国の台頭に伴う国際政治の不協和音によって、政治的な制約はより厳しくなっている。大規模削減に向けた努力は重要だが、同時に世界全体の温暖化対策を考え直す契機とすべきである。以下では重要な幾つかの論点を紹介する。

3.2 CO₂排出量の大幅削減と電化

大規模なCO₂排出量削減のためにはエネルギー利用の電化が有効であることは、震災後の日本では声高には言われなくなったが、世界的には電化の重要性とその進展が指摘されている。当研究所ではこのことを2000年から先駆的に分析してきた⁽²⁾。

長期的にCO₂排出量(以下、排出量)の大幅削減を目指すには、供給側・需要側ともに抜本的な対策が必要になる。例えば民生部門において暖房や給湯のために灯油やガスの直接燃焼を続ける限り、いくら効率を上げてても排出量はゼロにはならない。同様にガソリン車やディーゼル車では必ずCO₂が発生する。従って需要端ではクリーンな2次エネルギー、特に電力が重要になる。

当研究所では地球温暖化対策としてわが国やG7諸国、また世界を対象にした分析によって、電化が有効であることを長年にわたって指摘してきた。ヒートポンプや電気自動車、プラグイン・ハイブリッド車を導入することで最終エネルギーに占める電力の割合を増やすことは、機器が高効率であるために省エネにつながる。さらに発電には原子力、CO₂回収型火力、再生可能エネルギーというCO₂をほとんど排出しない技術があり、長期的な排出量の大幅削減を可能にする。

あまり知られていないが、電化の重要性は多くのエネルギー・シナリオ分析に共通する結果でもある。最近公表されたエネルギー・シナリオをレビューしたところ、電化が進むという合意が見られた。WWFやGreenpeaceのTeske氏などの環境NGOが作成するシナリオでも、国際エネルギー機関(IEA)のシナリオでも、研究者によるシナリオでも、排出量削減のためには大幅な電化が必要なが示されている。

図3-2では横軸がCO₂濃度の安定化目標、縦軸が

2050年の世界の最終需要エネルギーに占める電力の割合、つまり電化率を示している。どのシナリオを見ても排出削減量が増えるにつれて電化率が上昇する。電化率は2007年時点で約20%であるが、これが2050年で50%を超えるとするシナリオもある。温暖化対策における電化の役割を解説してきたが、過去を見る限り電化は基本的な趨勢である。電気は熱・光・動力などとなり様々な用途に使用できる高い利便性があり、また、需要端ではCO₂に限らず汚染物質を出さず非常にクリーンなためである。温暖化対策は電化のトレンドをさらに加速すると理解するのが妥当であろう。

震災以降、わが国では電力の役割が疑問視されることがあるが、長期的な地球規模の視点を持つ限り、今後電力の重要性は増えることはあっても減ることはないだろう。CO₂排出量の大幅削減の政治的な難しさは残るが、技術開発・普及の方向性として電化が進むべき道であることは確かであろう。

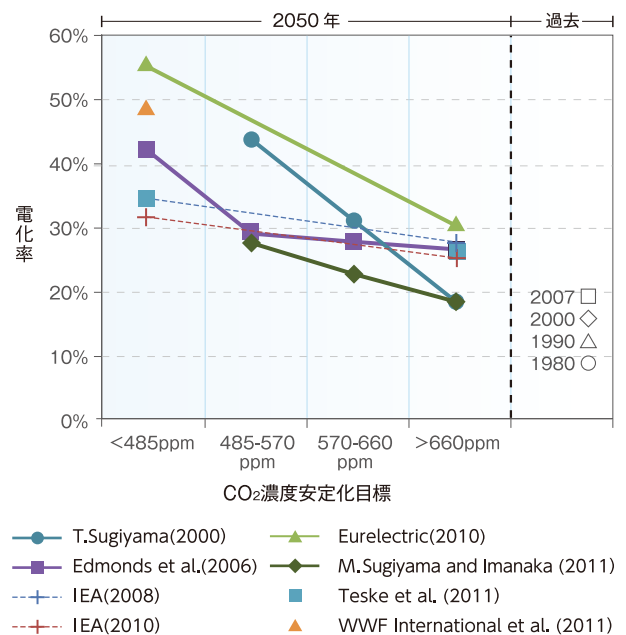


図3-2 電化率(2050年 世界)

3.3 気候工学(ジオエンジニアリング)

新たな温暖化対策として気候工学(ジオエンジニアリング)が、英米の研究者を中心に真剣に議論され始めた。当研究所は先駆的にこの技術に注目し、議論に参加してきた⁽³⁾。

地球温暖化の悪影響を防ぐためには、温室効果ガスの大幅削減が望ましい。しかし、現実には国際交渉は難航している。一方で、最新の地球温暖化の科学的知見は、確率は低くても甚大な影響が起きるリスクがあるとしている。

科学者の中にはこの状況に焦りを感じ、人工的に地球温暖化を相殺する技術が必要と主張する声も聞こえてきた。この技術はジオエンジニアリングと呼ばれ、気候工学と訳される。2009年には世界最古の科学アカデミーである英王立協会が包括的な報告書を発表し、2013年から2014年に発表予定のIPCC第5次評価報告書でもレビューの対象になることが決まっている。

気候工学は様々な技術の総称であり、太陽光を反射して地球を冷却する手法(太陽放射管理)と大気から人工的にCO₂を吸収する手法(CO₂除去)に大別される。太陽放射管理では成層圏に反射性の浮遊状物質を注入する成層圏エアロゾル注入や雲の反射率を高める手法が有名である。CO₂除去では、例えば海洋に微量栄養素である鉄を散布する手法や、CO₂を大気から直接回収する技術が特に関心を集めている。

これらの技術はサイエンス・フィクションではなく、科学的な原理に基づいている。しかし気候工学は未熟な技術であり、科学的に未解明な点も多い。例えば成層圏エアロゾル注入は地球全体を冷却することは今までの研究からわかってきたが(図3-3)、冷却の度合いは地域によって異なったり、雨の降り方が変わったりする副作用がある。まずはコンピュー

ター・シミュレーションなどを中心とした研究が必要となる。

地球温暖化問題を解決するという目的を掲げたとしても地球環境に介入する技術は社会的課題が多数ある。成層圏エアロゾル注入は実施コストが低く、技術的な複雑さがなく、たった一国が地球全体の気候を変えることすら可能である。望ましい国際枠組みについて検討するという試みも始まっている。

気候工学については賛否様々な見方があるが、国際的に研究が始まりつつあり、日本でも国際枠組みなど社会的課題も含めた包括的な検討が必要だろう。



図3-3 フィリピンのパナツボ火山の噴火(1991年)
エアロゾルは多数の微粒子が浮かんだ気体で、噴火によるエアロゾルが太陽光を反射し、北半球の気温が最大で0.5度ほど下がった。成層圏エアロゾル注入は、このような噴火後の温度低下を模擬する。
写真:U.S.Geological Survey/photo by Dave Harlow

3.4 リスク管理としての地球温暖化問題

地球規模で、大規模なCO₂排出量削減を目指して努力することはもちろん重要である。しかし、それだけでは問題は解決できない。温暖化による影響に備えて、変化する気候への適応や気候工学も、重要なリスク管理の手段として検討しておかねばならない⁽⁴⁾。

今日の国際交渉では、地球全体の平均気温の上昇を2℃以下にするという目標を設定して、そこから逆算してCO₂排出量を国々に割り振るという考え方がなされている。しかしこの単純な考え方は、問題を抱えている。第一に、目標が野心的なため、国際交渉がまとまりにくい。第二に、この排出量削減には失敗する可能性が高いが、それへの備えがあまり考慮されていない。これらを解決するためには、温暖化問題の根本認識に立ち返って再検討する必要がある。

今後100年間で2℃程度の温度上昇は、日本にどのような影響を及ぼすだろうか。例えば農業の生産性が高温障害で減少するという先行研究がある。確かに同じ場所で同じ品種を育てれば計算上はそうなる。しかし実際にはどうだろうか。100年間もあれば、さまざまな作付の変更が行われるのが農業経営においては通例であるため、温暖化を特に意識することなく農家は適応してしまうと考えるほうが、実態に近いと思われる。現に、過去100年間ほどで都市熱により2℃程度の温度上昇があった地域は少なくないが、それによって問題が生じたことはなかった模様である。

このようにして、環境史に照らしてあらゆる温暖化影響を再検討した結果、2℃程度であれば、日本については重大な影響が生じるとは考えにくいとの結論に至った。2℃という目標や、それから逆算された排出削減量の数値目標は、それを超えると破局するという閾値ではなく、リスク管理のための指標であると考えた方がよい。従って、他の国益とのバランスで必要に応じて見直すことが適切であろう。

では、2℃を超える温暖化が起きるリスクについてはどう対処すべきか。これまでは、将来の温度上昇は「人類の選択肢」として制御可能なものであると漠然と考えられてきた。だが、これは本当だろうか。

温暖化の影響による損害がどの程度になるかはよくわかっておらず、また、温暖化の科学的知見にも、なお不確実性が存在する。のみならず、将来の国際政治や社会経済状況もCO₂排出量を大きく規定するが、これも不確実性が大きい。これらをまとめた「総合的な不確実性」は極めて大きい。これに対して、温暖化対策として政策的に制御し実現できるCO₂削減の幅はむしろ小さいのかもしれない(図3-4)。そうであれば、政策努力にも関わらず温暖化の悪影響が大きくなる場合に備えて、リスク管理の手段として適応と気候工学についても検討を進めておく必要があるだろう。

なお、以上は最終的な結論というよりは暫定的な見解であり、異なる意見も多いだろう。しかし温暖化問題をめぐっては、それをどう認識するか、地球規模の対策枠組みをどうするかといった根本的な部分においても、今なお流動的であり、絶えずそれを改善する知的営為が必要である。その一翼を担いたいと考えている。

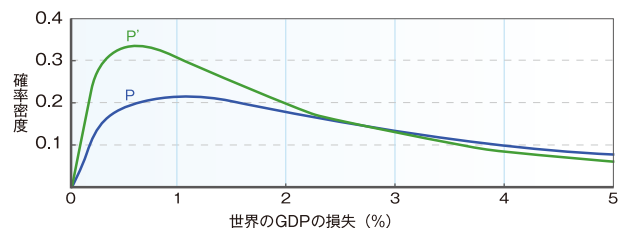


図3-4 温暖化の悪影響の試算例

排出削減の政策努力によって、人類は温暖化の悪影響の確率分布をPからP'へシフトさせることができるかもしれない。しかし、「総合的な不確実性」の幅が大きいので、これによって悪影響の確率分布はそれほど大きく変わるわけではない。

<参考文献>

- (1)上野他:「COP17の結果と今後の温暖化対策の国際枠組み」
電力中央研究所 研究報告Y11028、2012年4月
- (2)Sugiyama Masahiro 2012 Energy Policy
- (3)杉山(昌)他:「気候工学(ジオエンジニアリング)」天気 Vol.58、2011年
- (4)杉山(大):「環境史から学ぶ地球温暖化」(株)エネルギーフォーラム、2012年5月

コラム 2 これまでの研究成果の紹介～書籍を中心に～

1. 技術開発政策・温暖化対策

日本の技術開発国家プロジェクトであるサンシャイン・ムーンライト計画を評価した。23件の技術開発プログラムのうち、実用化に繋がったのは10件に過ぎなかったが、その成功は他の失敗を補って余るもので、計画全体としては費用に十分に見合う省エネとCO₂削減をもたらした。これは日本政府による技術開発プログラムが有効だったことを示した唯一の本格的な研究である⁽¹⁾。

また、環境税・CO₂排出権取引の事例分析により、その理論的なメリットの多くは実現しなかったことをまとめた(p.6参照)。さらに、京都議定書の分析を行い、その限界を明らかにして、代替案を提示した^{(1)~(3)}。以上を一般向けに平易に紹介した⁽⁴⁾。



(1)これが正しい温暖化対策 株エネルギーフォーラム 2007年8月
 (2)縞これが正しい温暖化対策 株エネルギーフォーラム 2008年6月
 (3)新これが正しい温暖化対策 株エネルギーフォーラム 2010年9月
 (4)気分のエコでは救えない! データから考える地球温暖化 株日刊工業新聞社 2011年2月

2. 省エネルギー・再生可能エネルギー政策

省エネルギーについて、日本は実践には優れていたが、その政策については事後評価研究も、理論的体系づけも不十分であった。当研究所では、電力・鉄鋼・セメントといったエネルギー集約産業において、新規設備の導入のみならず、エネルギー管理の徹底によって世界最高水準の省エネが達成された歴史を検証した⁽⁵⁾。さらに、省エネ法に基づく取り組みによって、エネルギー管理のノウハウが日本国内に広く普及していることを事例分析で明らかにした。また、省エネ法に基づく省エネ診断の費用対効果を事例分析し、それが優れたものだったことを示した⁽⁶⁾。

再生可能エネルギー政策については、全量買取制度の諸問題について欧州の事例を踏まえ詳しく

論じ、再生可能エネルギー政策のあり方を示した。未熟な技術の性急な導入ではなく、基礎研究を重視すべきであることを示した⁽⁷⁾。



(5)戦後日本の省エネルギー史 株エネルギーフォーラム 2010年11月



(6)省エネルギー政策論 株エネルギーフォーラム 2010年11月



(7)再生可能エネルギー政策論 株エネルギーフォーラム 2011年9月

3. エネルギー・環境援助など

太陽光発電や小規模水力などの日本による海外援助が失敗したことを示し、今後の環境援助のあり方としては、先進国の流行の価値観の押しつけではなく、産業振興のための発電事業など途上国の経済開発の本当のニーズをより重視すべきことを、日韓のエネルギー開発史研究を踏まえ論じた。経済発展の初期段階では、大規模な水力発電などの経済成長に資する援助こそが必要であり、またそれは森林の無秩序な破壊の防止等の、真の環境改善にも役立つ⁽⁸⁾。

このほか、地球規模での温暖化問題の本質を探る営みとして、気候工学⁽⁹⁾および環境史と温暖化の関係⁽¹⁰⁾についてまとめた(pp.16-17参照)。



(8)失敗した環境援助 株エネルギーフォーラム 2011年8月



(9)気候工学入門 株日刊工業新聞社 2011年5月



(10)環境史から学ぶ地球温暖化 株エネルギーフォーラム 2012年5月

なお、書籍以外の研究成果については、当研究所Webサイト(<http://criepi.denken.or.jp/>)から電力中央研究所 研究報告(PDF版:無料)をご参考いただきたい。

DEN-CHU-KEN
TOPICS

発行：一般財団法人 電力中央研究所 広報グループ

〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1 (大手町ビル7階)

TEL:03-3201-6601 FAX:03-3287-2863

<http://criepi.denken.or.jp/>