

2050年からのバックキャストिंग

GLOBAL ENVIRONMENT RESEARCH FUND

環境省 地球環境研究総合推進費 一般公開シンポジウム  
脱温暖化社会に向けて

11月16日(水) 16:30~20:00  
有楽町朝日ホール 有楽町マリオン11F 東京都千代田区有楽町2-5-1

主催 環境省地球環境局   
お問合せ先 社団法人 国際環境研究協会  
〒105-0011 東京都港区芝公園3-1-13  
TEL:03-3432-1844 FAX:03-3432-1975  
E-mail: airies@airies.or.jp  
http://www.airies.or.jp

主催  環境省

R100  
古紙配合率100%再生紙を利用しています

 みんなで止めよう温暖化  
チーム・マイ+26%

## ごあいさつ



本年2月16日に京都議定書が発効しました。京都議定書は私たち人類共通の問題である地球温暖化問題に対する挑戦の歴史的な第一歩です。我が国でも、4月28日に京都議定書目標達成計画が閣議決定され、京都議定書6%削減約束の達成に向けて、国、地方公共団体、事業者、そして国民一人ひとりが、協力して地球温暖化対策に取り組む行動計画が示されました。

しかしながら、京都議定書の第一約束期間が終了する2012年に気候変動問題が解決するわけではありません。それに続く二歩目、三歩目を、どの方向に踏み出すべきか、どこをゴールにすべきか、国際社会に問われています。「気候変動に関する国際連合枠組条約」に示された究極的な目的としての、「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させる」ためには、温室効果ガスの排出量の大胆な削減が必要です。今から長期の方向を打ち出しておけば、都市、交通、産業などでエネルギーに依存している現状の社会インフラを変更するための制度変革、技術革新、ライフスタイルチェンジなどに関する抜本的な取組を進めることが可能になります。一人ひとりが努力するだけでなく、新しい社会インフラの下で、様々な立場の人々の努力が結び合い、相乗的な大きな削減効果を生むものと期待しています。

このため、環境省の地球環境研究総合推進費により、国内の第一線の研究者の参加を得て、「2050年脱温暖化社会プロジェクト」を2004年度から開始したところです。地球環境研究総合推進費は、関係府省をはじめ大学や民間の研究を支援することにより、地球環境保全に向けた科学的な研究を推進し、地球温暖化問題をはじめとする地球環境問題の解決に向けた科学的な知見の集積を図るとともに、地球環境保全に関する情報の普及啓発に努めて参りました。このような研究の流れの中で、この「2050年脱温暖化社会プロジェクト」は異色なものです。あらまほしき未来から、逆に現在を照射するものです。

本年度のシンポジウムでは、2050年に向けた脱温暖化社会への道筋についての研究の最新知見を御紹介するとともに、脱温暖化社会に向けた取組などについて、広く意見交換を行うことを目的に、パネルディスカッションを実施します。

地球温暖化に関する科学的な知見のご紹介、意見交換を通して、皆様と地球温暖化対策に関する問題意識の共有ができれば幸甚です。

環境省 地球環境局長 小林 光

# PROGRAM

GLOBAL ENVIRONMENT RESEARCH FUND



16:30	開会挨拶	環境省地球環境局長
16:35	<b>第1部 講演 (16:35~18:55)</b>	
16:35~16:55	◆脱温暖化社会:なぜ必要か?どうすれば実現できるのか?	藤野純一(独)国立環境研究所社会環境システム研究領域 主任研究員)
16:55~17:25	◆危険な温暖化を避けるための2050年削減目標は?	蟹江憲史(東京工業大学大学院社会理工学研究科 助教授)
17:25~17:55	◆IT社会のエコデザイン	藤本 淳(東京大学先端科学技術研究センター 特任教授)
17:55~18:25	◆脱温暖化社会をかたちづくる都市	花木啓祐(東京大学大学院工学系研究科 教授)
18:25~18:55	◆脱温暖化に向けた近未来の交通システム	森口祐一(独)国立環境研究所循環型社会形成推進・廃棄物研究センター長)
18:55~19:05	休憩	
19:05	<b>第2部 パネルディスカッション (19:05~20:00)</b>	
	パネリスト	
	◆幸田 シャーミン(ジャーナリスト)	
	◆西岡秀三((独)国立環境研究所 理事)	
	◆第1部講演者 (藤野純一、蟹江憲史、藤本淳、花木啓祐、森口祐一)	
	◆塚本直也(環境省地球環境局研究調査室長)	
20:00	閉会挨拶	

# 脱温暖化社会 なぜ必要か? どうすれば実現できるのか?

(独) 国立環境研究所 社会環境システム研究領域 主任研究員

藤野 純一



- ・1972年生まれ
- ・専門はエネルギー環境システム工学（温暖化の対策評価など）
- ・脱温暖化2050プロジェクトのとりまとめを担当

## 1. なぜ脱温暖化社会が必要か?

数値削減目標を伴った地球温暖化対策は、2005年2月16日の京都議定書発効でその大きな一歩を踏み出した。しかし、地球温暖化対策の究極の目的は、「温室効果ガスの大気中濃度を自然の生態系や人類に悪影響を及ぼさない水準で安定化させる」ことである。それでは、一体、どのレベルに安定化させる必要があるのだろうか?

この安定化レベルに関して、中央環境審議会（環境相の諮問機関）では、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の報告書や最新の研究に基づいて、気温上昇幅を産業革命以前の水準から2度以下に抑えるように提言した。それを実現する温室効果ガスの排出量推移をシミュレーションモデルで計算したところ、2050年に約50%、2100年に約75%削減が必要とされることがわかった。これに基づいて、世界の一人当たり排出量を均等にしようとする、日本は約80%削減することが求められる。

なお、これらの数値目標の算出には、気候メカニズムや温暖化影響などに関する不確実性が依然として存在しているが、地球全体の視点から温室効果ガス排出量と吸収量のバランスを考えると大幅削減が必要なのは確かなため、幅をもった範囲（60%から80%削減）

での検討が求められるだろう。なお、欧州でも2050年を対象とした削減シナリオ作りが進められており。英国では国の政策として2050年までに60%削減する対策を検討している。

## 2. どうすれば脱温暖化社会を実現できるのか?

もし60-80%削減といった大幅な温室効果ガス排出量削減が求められた場合、それはどれくらい大変なことなのだろうか?

CO<sub>2</sub>排出量は、茅恒等式をベースに要因分解すると、式1のように表すことができる。

$$CO_2 = (CO_2/E) \times (E/GDP) \times (GDP/POP) \times POP \quad (1)$$

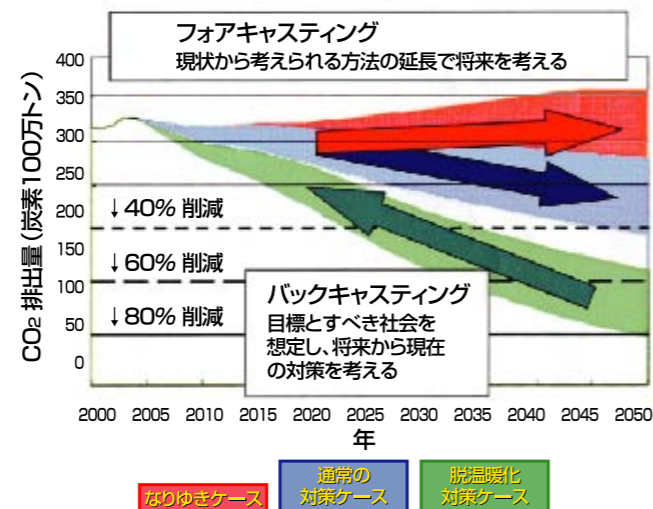


図1 2050年脱温暖化に向けたバックキャストिंग

ここで、CO<sub>2</sub>はCO<sub>2</sub>排出量、Eはエネルギー投入量、GDPは国内総生産、POPは人口である。

なお、第一項(CO<sub>2</sub>/E)は炭素集約度といわれ、再生可能エネルギーや原子力など単位エネルギーあたりのCO<sub>2</sub>排出が少ないエネルギーのシェアを拡大することで改善するもの、第二項(E/GDP)はエネルギー集約度といわれ、同じGDPを生産するのに少ないエネルギー消費量で生産することで改善するものである。日本の炭素集約度は年率1%程度のスピードで改善されてきた。同様にエネルギー集約度は大きくて1から1.5%のスピードで改善されてきた。もしこの傾向が2050年まで続き、経済成長率が1%で推移したとしても、1990年に比べてせいぜい40%程度しか削減できない。60から80%削減を目標とすると、それ以上のスピードで削減を進めていかないとけない。

つまり、基本的に現状から考えられる方法の延長で将来を考える、いわゆる「フォアキャスト」では、約40%削減ぐらいが限界となり、それ以上の大幅削減を考えることはどうしても難しい。そこで、脱温暖化2050プロジェクトでは、2050年のあり得べき将来（脱温暖化対策ケース）をまず想定し、それを実現するためのパスを考える、いわゆる「バックキャスト」に基づいたシナリオアプローチを試行している（図1）。

2050年における脱温暖化を実現する道筋を描くためには、考えられるあらゆる対策オプションを検討して

いく必要がある。対策オプションには様々なものが考えられるが、ここでは、次の3種類に分類した。

- ・技術: 温室効果ガス削減に役立つ技術の開発（同時に温暖化以外の問題も解決することが望ましい）
- ・制度: 技術の導入を促進したり、人々の行動を促すような制度・しくみの設計・実施
- ・行動: 温室効果ガス削減に向けた一人一人の行動（温暖化以外の問題も同時に解決する社会構築に向けた方法の探索とその実行）

交通部門での排出量削減対策を考えると、できるだけ車に乗らずに自転車や公共交通機関を使うことは、一人一人の行動でできる。しかし、自転車が走りやすい道の建設・整備、公共交通機関の利便性を高めることは制度の問題である。そして、公共交通機関の燃費を改善することや新しい移動手段を開発することは技術の役割になろう。

脱温暖化2050プロジェクトでは、達成すべき削減目標を想定し、IT社会のエコデザイン、都市のあり方、交通の姿、産業構造の方向等について、研究者の知恵を寄せ合い、日本のシナリオ構築を進めている（図2）。

参考文献  
脱温暖化プロジェクトホームページ；<http://2050.nies.go.jp>  
中央環境審議会地球環境部会；気候変動に関する国際戦略専門委員会 第二次中間報告（案）（2005）



図2 脱温暖化2050プロジェクトの枠組

第1部 講演

# 危険な温暖化を避けるための2050年削減目標は？

東京工業大学 大学院社会理工学研究科 助教授  
蟹江 憲史



- ・1969年生まれ
- ・専門は政治学・国際関係論（政策・メディア博士）
- ・イギリス・オランダに留学後、国連大学高等研究所博士課程研究員、北九州市立大学法学部助教授等を経て現職
- ・地球環境（特に地球温暖化対策国際制度）についての政策研究を専門とし、国連大学高等研究所客員助教授、政府のワーキング・グループ委員等兼任。国際研究プロジェクトにも数多く参加している。

## 1. 究極の温暖化対策の目指すもの

地球の温暖化を防ぐというが、いったいどこまで二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出を削減すればよいのだろうか？言い換えると、我々の排出削減目標はどこに設定すればよいのだろうか？端的な答えは、人間や生態系にとって「危険なレベルの地球温暖化」を防ぐ、ということになる。実際国連の気候変動枠組条約も、その第2条で温暖化対策の究極目標として同様のことを述べている。

とはいえこれだけではあまりに抽象的である。一体危険なレベルの温暖化とはどのようなレベルなのだろうか？すでに欧州では、1996年に危険なレベルの定義づけをしている。産業革命以前と比べて地球の平均気温上昇を2℃以内に抑えること、これが欧州で設定されている究極の温暖化対策目標である。振り返って日本はというと、未だ「危険なレベル」の定義づけが出来ていない状態である。

## 2. 50年後に60～80%削減！

欧州の2℃という温暖化対策究極目標を達成するためには、何年までにどの程度の温室効果ガスの排出を

削減しなければならないのだろうか？イギリスやドイツといった欧州の環境先進国では、すでにこのような疑問に答えるべく、中間目標を設定している。その主なものを表1に示した。これに目を向けると、2050年には軒並み60%

計画	削減目標1999年比CO <sub>2</sub>	前提とする安定化レベルなど	背景・対策など
王立環境汚染委員会報告(2000) / エネルギー白書(2003, 産業貿易省)	2050年 60%減 (2100年 80%減)	大気中のCO <sub>2</sub> 濃度を550ppm以下に抑制 世界一人当たり等排出量を最終目標(白書では明言せず)	首相の宣言、全省庁合意、専門研究機関の設立
議会諮問機関(2002) 連邦環境省報告(2002)	2050年 80%減	2℃以下 0.2℃ / 10年 450ppm	2002年政党連立時協定がベース
地球環境専門委員会(WBGU 2003)	2050年 45-60%減, 2020年 20%減	2050年までにエネルギー起源CO <sub>2</sub> を45-60%削減(90年比) 一人当たり等排出量	
温暖化対策関係省庁タスクフォース報告(MIES 2004)	2050年 75%減	450ppm以下で安定、一人当たり等排出量0.5t	2003年2月大統領、首相による承認 1/4℃CO <sub>2</sub> 削減報告書(MIES, 2004)
長期気候政策オプション(COOL Project, RIVM他 2001)	2050年 80%減		
スウェーデン気候政策(環境省2000)	2050年 50%減 一人当たり CO <sub>2</sub> 4~4.5t	2050年すべてのガス 550ppm以下、CO <sub>2</sub> のみで500ppm	2001年気候対策ガイドライン、政府法案

表1 主要国における中長期目標

や80%の削減が必要、という数値が並んでいるのに驚かされるであろう。このような数値を見ると目を疑いたくなるかもしれないが、実はこれこそが、我々が直面している現実なのである。すでに各国の研究機関が、2050年には先進国は60～80%、あるいはそれ以上の削減をしない限り、危険な温暖化を避けることが出来ないことを軒並み証明し始めている。

## 3. 削減必要量はどのように決まるか？

このような排出削減必要量はどのように決まってくるのでしょうか？現在の研究は下記のような流れで必要削減量を決めている。

温暖化を引き起こすのは大気中の温室効果ガスの蓄積量なので、まずは排出蓄積量がどの程度になればどのような影響が出るのかを示す必要がある。例えば、温室効果ガスの蓄積量(大気中濃度)を475ppmというレベルで安定化させるとすると、気温上昇は産業革命前と比べて2℃になる、といった具合で計算をする(図1左)。同時に、その安定化レベルを達成するためには、いづれだけ排出することが可能か(あるいは削減しなければならないか)の計算も行うことになる(図1右)。これで、いづれだけ排出すると、どの程度の影響が出てくるかがわかってくる。

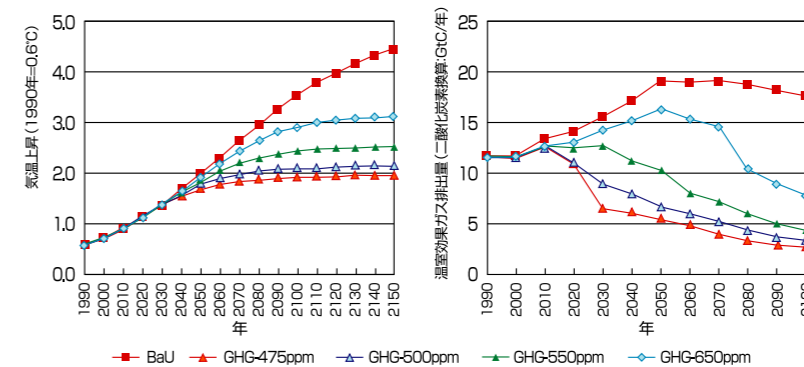


図1 温室効果ガス安定化レベルと気温上昇・排出量との関係

ただし、ここまでの計算はすべて地球規模の話である。地球温暖化問題は地球規模の環境問題であることからわかるように、温暖化のメカニズムは、国という人為的枠組でなく、地球という自然の枠組の中で、地球規模で起こっているのである。その一方で、人類は世界政府を持っているわけではなく、「国家」という枠組を人為的に作り出して活動をしている。したがって、地球規模の現象であっても、国家という枠組で対策を立てるとするのが現代社会における問題解決へ向けた基本的枠組となっている。そこで、ある年における地球全体の排出削減量を国ごとに配分して初めて国家毎の排出許容量(必要削減量)が決まってくることになる。

## 4. 日本の必要削減量は80%以上!?

さて、こうして研究を進めると、日本の削減量は2050年

にどの程度必要になるのだろうか？これまでの研究では、地球全体では50%強の排出削減が必要ながわかってきている。ただし、地球上のすべての国が同様に排出削減できるわけではない。発展途上国の中には1日100円以下の経済レベルの生活を余儀なくされており、日常生活に必要なエネルギーの供給さえ不足している国もある。そのような国に排出「削減」を要請しても物理的に不可能である。このような格差を考慮しながら各国別排出可能量を考えるとどうなるのだろうか？

現在の研究では、例えば、全世界の人々の一人当たり排出量が、2050年といった将来的に同一になっていくのが平等な社会のあり方だと考えて国別の排出量を求めている。すると、日本は2050年にはおよそ82%(1990年比)の排出削減をする必要があることがわかってきている。

ただし、この値は国際的にどのような削減量分担にするかによって変化してくる。また、それは今後の国際社会の動向によっても変わってくる。研究プロジェクトチームでは、現在、どのような国際社会になるとどのような国際的分配が可能になるのか、研究を進めているところである。

## 5. 究極的には価値判断

2050年の排出可能量が極めて限られているとすれば、早期から目標を定め、そこに到達すべく努力する必要がある。すなわち、排出削減必要量を目標として、そのような社会が実現すべく政策を形成していかなければならない。

ただし、目標を設定するということになると、究極的にはそれは価値判断の問題になる。すなわち、そもそも危険なレベルがどこにあると考えるかによって、目標は変わってくる。2℃の気温上昇でもマラリアの増加や台風の強度増大が予測されているが、それでも良いと考えるのであれば、削減目標レベルは70%、60%と下がってくるであろう。目標設定と同時に、価値判断をいかに政策形成過程に組み込めばよいのか、目標検討研究は、ここまで射程に入れて研究を推進している。

# IT社会のエコデザイン

東京大学 先端科学技術研究センター 特任教授  
藤本 淳



- ・1955年生まれ
- ・専門は環境配慮設計(エコデザイン)
- ・世界最大規模の国際会議をEcoDesignシンポジウムの立ち上げと運営に貢献

## 1. 対症療法から原因治療へ

高機能なモノを安く大量に生産し販売する産業、モノやエネルギーの大量消費というライフスタイルを追求する市民・消費者、この構図の上で環境問題の一つ一つの症状に対症療法的治療を施しても、環境・経済の両面で大きな成果を得られない。疾病の原因である産業活動やライフスタイルを、より環境負荷の小さい形態に変革する原因治療的な対応が今まさに必要である。

通信ネットワークと情報処理の技術発展は、社会生活のあらゆる場面で変革をもたらした(IT革命)。産業では、資材調達、物流、およびオフィス業務の効率化、ビジネスのグローバル化等である。日常生活では、趣味や娯楽での情報獲得、人とのコミュニケーション手段、および商品の購入等の方法が大きく変わりつつある。これらの変化は、今後の予想される通信の高速化/大容量化(ブロードバンド化)や、コネクション手段の多様化や容易化(ユビキタス化)に伴い、さらに加速すると考えられる。資源・エネルギーの消費形態は、社会構造に立脚したものであることを考えると、IT革命により、資源・エネルギー消費の形態は大きく変化し、環境へ与える影響は少なくないと予想される。IT革命へ向けて動き出した現在、IT普及の方向を社会の環境負荷低減につながるように設計することで(IT社会のエコデザイン)、産業活動やライフスタイルを環境調和的に変革する“原因治療”に貢献できるのではないかと、というのがこの研究の視点である。

## 2. ITの環境への影響

ITの環境への影響については、プラス・マイナスの両面が考えられる。マイナス面(環境負荷の増大)は、IT機器の生産/運用/廃棄で消費される資源・エネルギーや、廃製品の増加である。また、IT化により生み出された経済的・時間的余裕は、新たな経済活動を生み、資源・エネルギー消費の増加をもたらすことも懸念されている(誘発効果)。

一方、IT化がもたらすプラス効果では、脱物質化と効率化があげられる。脱物質化は、従来、情報伝達で不可欠であったモノや人(移動)を、ITの活用により、必要ないものに変える。例えば、電子書籍や電子新聞、インターネットを使った音楽配信等は、情報媒体としての紙やCDを、テレビ会議やオンラインショッピングは、人の移動を削減する。また、効率化は、システム上関連する組織、人、および構成装置等との間の情報流通を、ITの活用により密にすることで、その運用で投入される無駄な資源・エネルギーの削減を実現する。例えば、製品の生産において、需要と生産との適切な情報流通により、生産・販売段階で、無駄となる素材、部品、完成品を削減するサプライチェーン・マネジメント(SCM)、部屋の状況(人の有無など)をエアコンや照明等の家庭電化製品に伝え、不必要な稼働を抑制する家庭電化製品の管理システム(HEMS)、車の運転状況と燃料消費をドライバーに伝えることで、省エネ運転の促進を図るエコドライブシステムなどが、これに相当する。これらに加え、わが国の産業構造が、エネルギー・資源

多消費型の産業から、情報関連産業等の低消費型産業中心へ変化することも環境面でのプラス効果と言える。

環境対策で、忘れてはならないのが、市民の環境配慮行動である。脱温暖化社会形成の鍵となるという過言ではない。環境配慮行動の促進で重要なのが、環境に係わる情報の「脱ブラックボックス化」である。地球温暖化の深刻さや、日常生活での消費行動が地球環境や社会とどのように関わっているのか等の「関わりの実感値」を得られる情報システムの実現により、市民が環境問題を自分の問題として感じる事が可能となり、これにより環境配慮行動が促進されることが期待される。

## 3. どの程度のCO<sub>2</sub>削減が期待できるのか

IT普及によるCO<sub>2</sub>削減効果を、量的に見積もることは難しい。「風が吹けば桶屋がもうかる」といった間接的な影響が多いことと、その影響が、生産、物流、販売等の他部門にわたるためである。しかし、多くの研究機関で、その効果が見積もられている(図1)2010年でのCO<sub>2</sub>削減効果は、わが国総排出量(約12億トン)を基準の、2~3%となっている。昨年度の本プロジェクト研究では、2020年での削減効果を明らかにした。ITによるCO<sub>2</sub>排出削減量は、HEMSなどの導入により民生部門で1500~2000万トン、公共交通利用の促進システムなどの導入により運輸部門で約1000万トン、SCMシステムの導入促進により産業部門で約4700万トンと見積もった。IT機器の生産・使用の増加によるエネルギー消費の拡大というマイナス面を考慮して、トータルで約5%、今回試算を行っていない産業構造の変革による影響を加味して最大10%との削減効果が期待できる。

以上の議論は、2020年のIT社会を「現状の社会システムの効率化」、すなわち「ITが従来の社会システムをサポート」する形態を想定したものである。「ITによって新たな社会システムが創造される」といったダイナミックな変革を想定すると、さらに大きな削減効果が得られるであろう。

## 4. 2050年脱温暖化社会への貢献

2050年におけるIT社会像を描くことは、ITの技術進展の早さから言って困難を極める。ただ、人間の願望や欲望を実現する方向で、高度なIT技術が開発・活用されることは、容易に想像できる。よって、人々がどのような生

活を望むのか、どんな夢を抱いているのかを明らかにし、その中で高度化したITがどのように利用されるのかを考える。一般生活者約1000名からの、繕う、食す、住まう、働く、遊ぶ、買う等、生活に係わる11項目についてのアイデア募集、SF映画やアニメからの未来ライフスタイルの抽出、10数名の有識者と2つの研究グループを対象にした未来社

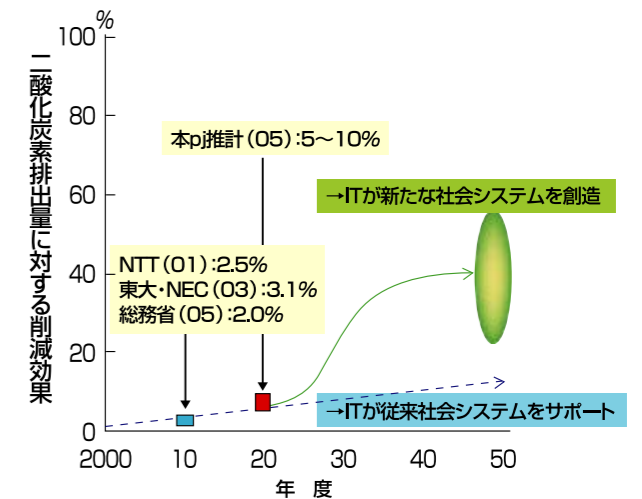


図1 IT普及によるCO<sub>2</sub>排出削減効果

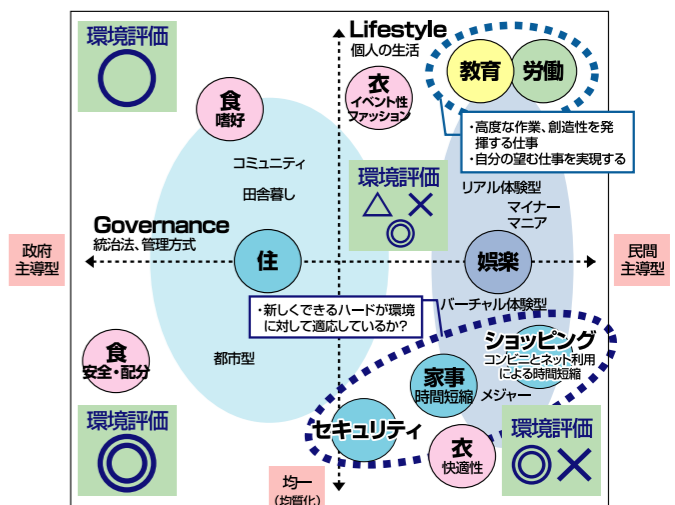


図2 2050年ライフサイクルビジョン(例)

会イメージのヒアリングにより、ブレンストーミングの素材を収集した。現在、それらの素材を基に、ITを活用した“望ましい社会像”を描く作業を実施している(図2参照)。そのような社会を実現することで、どの程度CO<sub>2</sub>を削減できるのか、今後検討を進める。

# 脱温暖化社会をかたちづくる都市

東京大学大学院 工学系研究科 教授  
花木 啓祐



- ・1952年生まれ
- ・現在東京大学教授
- ・専門は都市環境工学（温暖化対策、物質フロー解析など）
- ・地球温暖化問題を基本として都市の物質代謝問題の教育と研究に取り組んでいる。

## 1. 過去の都市人口の動向とCO<sub>2</sub>排出量

20世紀後半に生じた高度経済成長は日本の姿を大きく変えた。これらの社会の動向はCO<sub>2</sub>の排出に大きな影響を与えた。

年間60万人を超える人口が3大都市圏に集中していた1960年代、CO<sub>2</sub>は大きく伸びた<sup>1)2)</sup>。1974年のオイルショックで二酸化炭素の排出量増加は急停止したが、人口の集中はその前に既に沈静していた。再びCO<sub>2</sub>が増加するバブル期、CO<sub>2</sub>もまた増加に転じた。この増加は主として民生部門と運輸部門によるものであり、その傾向は今日も続いている。

## 2. 都市からのCO<sub>2</sub>排出抑制対策

都市からのCO<sub>2</sub>の増加を抑制するためには、民生部門と交通部門の対策が必須である。さまざまな対策を整理してみると、図1のようになり、実に多岐にわたる。しかし、これらの対策の有効性、現実性は都市の構造や人々の居住形態に依存する部分がまた大きい。ここでいくつかの対策について都市側の状態がどのように影響を与えるかという点を中心に見通しを述べてみよう。

### (1) エネルギー部門のCO<sub>2</sub>

都市における電力需要の変化は電気事業者の電源構成を変化させる。その電源構成の変化は、季節、時間帯によって異なるため、家庭部門、業務部門の刻々の電力需要の変化がもたらすCO<sub>2</sub>の増減の評価は単純ではない。

### (2) 建築物由来のCO<sub>2</sub>削減

住宅や業務建築の運用に伴うエネルギー消費と、それ

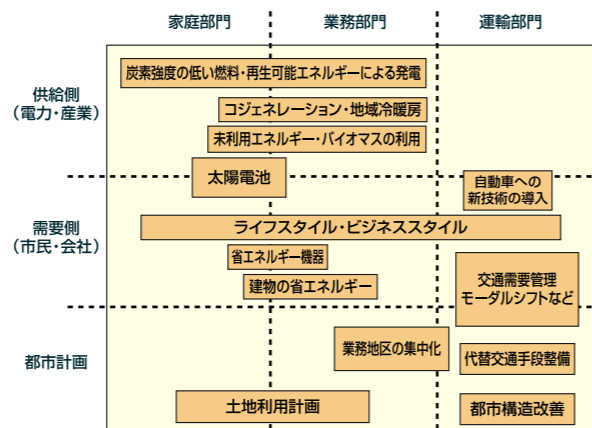


図1 都市におけるCO<sub>2</sub>対策のマッピング

らの建設に伴う誘発環境負荷の両者の対策がある。前者の対策には、断熱性能の向上、省エネ型設備の導入などがあり、後者の対策には、長寿命化やエコマテリアルの採用などがある。建築物は、ライフサイクルが長いために、都市内の全建築が更新されるまでに数十年以上かかること、都市計画的には建物規模の誘導が可能であること、家族構成・住宅面積・就業人口比率・勤務時間などのストーリーラインによって影響を受ける社会的な要因が大きいことなどの特徴を有する。

### (3) 地域冷暖房の導入によるCO<sub>2</sub>削減

地域冷暖房やコジェネレーションは技術としては確立したものである。しかしその導入効果は、導入される地域の建物利用の用途と密度に大きく依存する。基本的にはある程度の高密度の建物利用が必須であり、また昼間に熱

の需要が大きい事務所と夜に大きい住宅の混在、需要量が特に大きいホテルや病院との混在がある方が有利である。その有効性の定量的評価は、実際の建物利用に基づいて評価しなければならない。この地域冷暖房にごみ焼却熱や下水熱を組み合わせて、CO<sub>2</sub>の削減量を大きくすることができる。

### (4) 太陽電池の設置によるCO<sub>2</sub>削減

都市に太陽電池を設置する場合、屋根に設置することが想定される。その場合、高層住宅の地域よりも戸建て住宅の地域の方が一人あたりの屋根面積が大きくなるので有利である。高密度の建物の集積を求める地域冷暖房と対照的に、太陽電池は密度が低い住宅地域に向いている。コストの問題が解決すれば場所を選ばず全国的な導入が可能な対策である。

### (5) 運輸部門

運輸部門では、自動車から鉄道へのモーダルシフト、ハイブリッド車や燃料電池自動車の導入などの対策があるが、それ以外に都市圏における居住地と勤務地の問題も大きい。居住地と勤務地を近接させることによって移動距離が短くなる。たとえば、横浜に居住し東京に勤務する人がいる一方で東京に居住し横浜に勤務する人も存在する。これらの人々の居住地を入れ替えることができればかなりの交通量の削減につながることを示されている。

## 3. 統合解析の必要性

都市に対して様々な対策を導入した場合のCO<sub>2</sub>の削減効果は、都市の規模、密度、活動内容、地理的な分布によって各対策の導入可能性や効果が変わるからであり、また電力部門との相互作用の効果も大きい。このような都市に対する効果を評価するためには統合的な解析が有効である。統合的な解析は図2のような流れに従って行うことができる。今日、地理情報システムによって都市内の建

物の立地や活動の情報が入手できるようになった。このような情報を活用してシミュレーションを行うことによって将来の対策シナリオ実行時の削減効果を評価することも可能になる。

## 4. 人口減少期のわが国の都市

人口減少時代を迎えたわが国において、人々がどのような居住形態をとるべきかは温暖化問題に限らず、生活の質と社会の活力の維持、国土の保全にとっても大きな問題である。一般的には、大都市では人口の減少がさほど大きくないが、中小の都市ではその減少率が高いと予測されている。都市の規模と密度は公共輸送機関の導入可能性を支配する。

住宅については、一人あたりの居住面積が増え、世帯あたりの人員が減少するという傾向が今日続いている<sup>2)</sup>。この傾向は一人あたりの二酸化炭素の排出量を増加させる方向に働く。

都市への対策が有効に働くためには、人口減少社会の中でコンパクトな都市を形成することが有効であろう。すなわち、広大な都市圏を持ち、その中で遠距離を人々が通勤するのではなく、コンパクトな都市群にして、通勤や買い物などの移動を小さくして快適な社会を形成することが求められる。

都市群の構造を変えることに要する年数を考えると、2050年というのは遠い未来ではない。慣性の大きさを考えると、その変革のスタートを早く切ることが望まれる。

### 参考文献

- 1) 花木啓祐 (2004) 「都市環境論」岩波書店。
- 2) 花木啓祐 (2005) 「地球環境問題と都市」 in 「都市のアメニティとエコロジー」、植田、神野、西村、岡宮編、岩波書店、45-68。

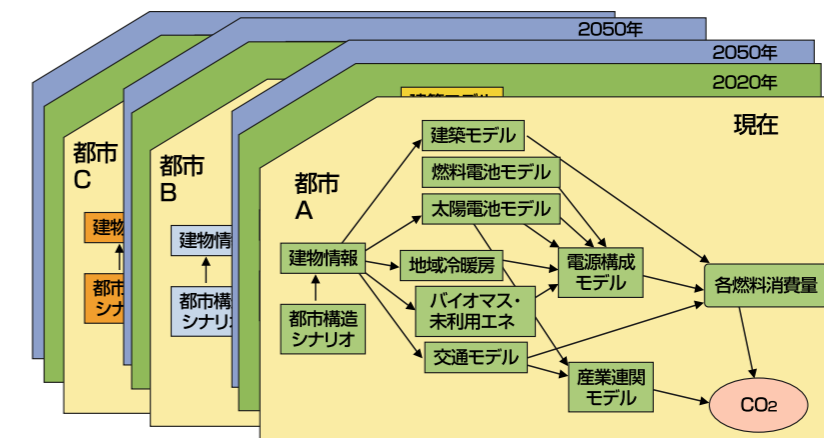


図2 都市を単位とした二酸化炭素排出削減対策評価のフロー

第1部 講演

# 脱温暖化に向けた 近未来の交通システム

(独) 国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター長  
森口 祐一



- ・1959年生まれ。国立環境研究所交通公害防止研究チーム総合研究官等を経て、2005年4月より同研究所・センター長
- ・専門は環境システム工学。交通システムの環境影響評価、ライフサイクルアセスメント、物質フロー分析等の研究に従事
- ・OECD環境情報・アウトLOOK作業部会議長

## 1. はじめに

日本は、世界最高水準の自動車技術を擁し、国民一人あたりの自動車保有台数は欧州諸国を上回る水準にある。その一方で、鉄道が高度に発達し、島国であるがゆえに船運が古くから利用され、今日では世界各地との間で、人を載せて航空機が飛び交い、大型船が貿易を担う。生産・消費活動の基盤として、これらさまざまな交通機関が担う役割は極めて大きい。いつでも、どこへでも、速く、大量に、人や物を運ぶという、交通に求められる機能の各々が、環境への負荷に結びついている。人々のこうした要求を損なうことなく、温暖化の原因となるCO<sub>2</sub>の排出を大幅に減らすことができるのだろうか。

## 2. 交通部門からのCO<sub>2</sub>排出の近年の傾向

近年の日本の温室効果ガス排出量の約9割がCO<sub>2</sub>であり、交通部門の排出はその約2割を占める。交通部門の寄与率は、他の先進国に比べると小さいが、排出量は、一貫して増加傾向にある。その約9割を自動車占め、排出増加の主因も自動車からの排出増である。交通は、人を運ぶ旅客輸送と物を運ぶ貨物輸送に大別されるが、1990年代には、旅客輸送、とくに乗用車からの排出量が急増した。交通部門には、家庭で利用する自動車、いわゆるマイカーも含まれ、その選好が排出の推移に大きく影響している。乗用車からの排出増加の要因をさらに詳しくみると、保有台数の増加が最大の要因である。自動車技術の向上によって、燃費の良い車が開発され、普及してきたが、社会全体でみた「平均燃費」は90年代にはむしろ悪化した。これには、より大型の乗用車が普及したことが影響している。1990年代末からは、小型車も人気を集め、社会全体で

みた燃費も改善に向かっているが、90年代の大型化による排出増加の大きさから比べれば、改善幅は小さい。

## 3. 交通部門のCO<sub>2</sub>はどうすれば減らせるか

飛行機が担う遠距離の旅客輸送や、船舶が担う大量の貨物輸送を別とすれば、交通部門のCO<sub>2</sub>を大幅に削減できるかどうかは、自動車以外の交通手段がどこまで利用できるか、自動車の走行距離あたりのCO<sub>2</sub>排出量をどこまで下げられるか、の二点にかかっている。

前者については、鉄道などの公共交通機関への転換に期待がかかる。現状では、1人を1km運ぶためのCO<sub>2</sub>排出量でみると、電車は自動車の10分の1程度である。電車を利用できる地域で、自動車利用から切り替えれば、即効性のある対策となる。しかし、鉄道を整備すれば、どこでもCO<sub>2</sub>が10分の1になるわけではない。既に鉄道が利用されているところは、人口密度が高く、多くの利用者が見込める場所である。実際、それ以外の地域では、自動車との競争に敗れ、廃止を余儀なくされてきた。鉄道など自動車以外の交通機関への転換が、対策として大きな効果をあげるには、都市や国土利用の形態を公共交通利用に適したものに変える必要がある。これには長い時間を要する。

後者はさらに、自動車の駆動技術の効率をどこまで高められるかと、自動車のエネルギー源として、化石燃料への依存度をどこまで下げることができるか、の二つの方策にわけられる。駆動技術の効率向上の成功例として、エンジンとモーターの両方を使うハイブリッド車がある。脱温暖化2050プロジェクトでの検討によれば、2020年頃に向けては、ハイブリッド車など、現時点で実用化されている燃費の良い車種の大量普及が最も現実的な削減策と考えられ

ている。

## 4. エンジン車に代わる自動車技術の評価

しかし、今後、乗用車や小型トラックにハイブリッド車を大量に導入したとしても、2020年の交通部門の排出量は、1990年レベルに戻る程度であり、より大幅な削減を達成するには、十分ではない。そこで、走行時にはCO<sub>2</sub>を排出しない燃料電池車が注目を集めている。しかし、燃料電池車が温暖化対策として有効かどうかを判断するためには、その燃料である水素をどのように作り、その過程でどれだけのCO<sub>2</sub>が排出されるかを考慮する必要がある。水素は電力と同様、二次エネルギーであり、CO<sub>2</sub>の排出の少ない二次エネルギーを供給できる可能性という点では、電気自動車も同じである。短距離、多頻度の利用の多いセカンドカーなど、普及戦略次第では実用性も十分にあると考えられる。

燃料電池や電気自動車など、さまざまな方式の自動車のCO<sub>2</sub>排出量を評価する際には、Well to wheelという考え方でCO<sub>2</sub>排出量、すなわち燃料をWell (井戸) から採掘してから、Wheel (車輪) を回すまでのすべての過程で排出されるCO<sub>2</sub>排出量をとらえる必要がある。水素も電力も、炭素隔離貯留技術と組み合わせない限り、化石燃料から作っていたのでは、Well to tankの排出量が大きくなってしまふ。燃料電池車や電気自動車の利点は、太陽光、風力、バイオマス(植物)などの再生可能エネルギーを含む多様な一次エネルギーを、自動車の燃料に変えられる点にある(図1)。

## 5. 近未来の日本の交通と社会のビジョン

脱温暖化2050プロジェクトでは、CO<sub>2</sub>の排出の半減、あるいは60~80%削減といった、野心的な目標の達成可能性について検討を進めている。この目標を実現するため

には、近未来の交通や社会の望ましい姿を描き、どのような手段でこれを達成するかシナリオを作ることが求められる。大掛かりな対策は、決定から実際に効果が現れるまでに長い時間を要するため、十分に先を見据えた検討が必要である。

検討の中間段階であるが、大きな方向性としては、①自動車の利用を前提として技術開発・普及に重きをおく考え方、②地域の特性や人々の選好に配慮しながら、さまざまな対策の「いいとこどり」を進める考え方、③公共交通などCO<sub>2</sub>排出の少ない交通システムを利用しやすい形態に、都市や国土のあり方を誘導していく考え方、など複数のシナリオを提案し、その具体化を進める予定である。

## 6. 世界へ向けた日本からの提案

しかし、温暖化が日本一国だけの対策で止められるものではないこと、日本の基幹産業である自動車産業が世界を市場としていることなどを考えれば、日本だけでなく、世界の「近未来の交通システム」に対して、日本の技術や知恵を役立てることも重視すべきであろう。

とりわけ、今後、自動車の大量普及が予想されるアジア諸国において、環境負荷の小さい交通手段が普及しうるかどうかが重要である。そのためには、日本以外への普及も視野に入れながら、利便性が高く環境への負荷の小さい、魅力的な「近未来の交通システム」を提案し、普及していくことが求められる。情報通信技術を駆使し、自動車と公共交通との利点を取り入れた新たな交通システムも提案されつつある。

もちろん、スローなライフスタイルへの転換など、交通需要自身の抑制の可能性も忘れてはならない。「もったいない」に見られるように、この面でも日本からの情報発信が重要であろう。

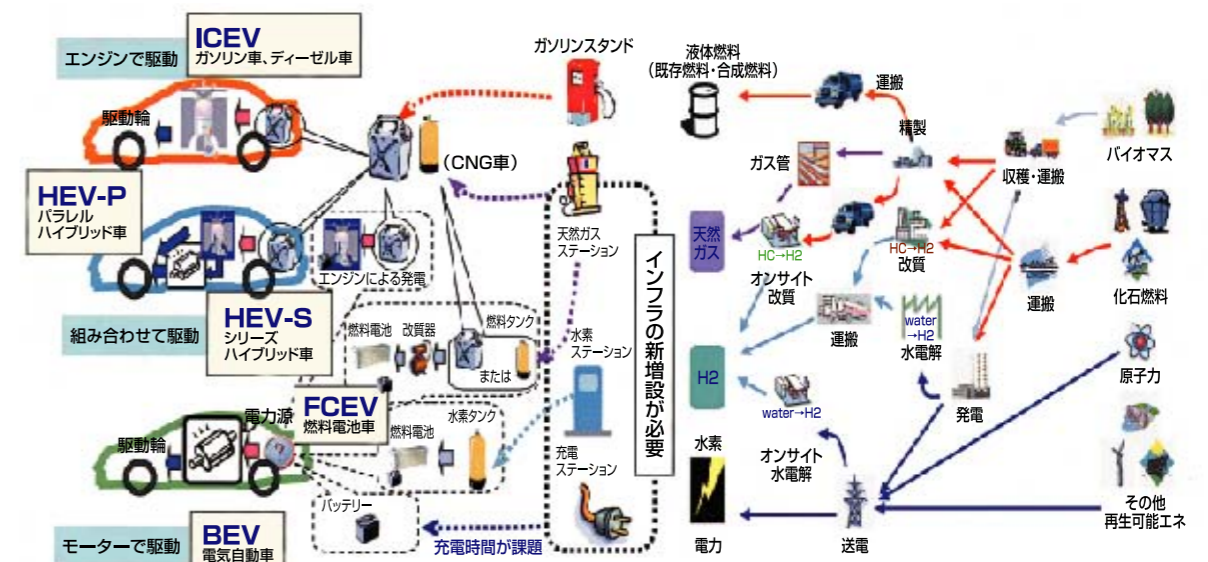


図1 今後の自動車の多様なエネルギー源と駆動方式

