

課題名	S - 3 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト 4 . 温暖化対策のための、技術、ライフスタイル、社会システムの統合的対策の研究 - IT社会のエコデザイン -
課題代表者名	藤本 淳 (東京大学先端科学技術研究センター)
<p>研究体制</p> <p>環境調和型IT社会の設計 (東京大学)</p> <p>ITを媒介とした技術とライフスタイルの統合的対策の概念整理と実証的效果検証に関する研究 (日本電気株式会社)</p> <p>低カーボン社会を実現する移動のエコデザインに関する研究 (富士通株式会社)</p> <p>ITによる産業の効率化に関する環境影響調査 (日本電信電話株式会社)</p>	
<p>研究概要</p> <p>1 . 序 (研究背景等)</p> <p>低カーボン社会の実現においては、技術開発だけでなく、社会システムやライフスタイルの変革が不可欠であり、さらに社会全体でこれらの調和を図ることが必要である。このような中、技術進展が著しい情報技術は、社会システムやライフスタイルを低エネルギー消費型に導き、さらに地球温暖化防止に有効な技術の適切な普及・活用に寄与する可能性があると期待されている。しかし、その一方で、情報化の進展は、情報機器数やその使用時間の増加によるエネルギー消費の増加や、消費マインドの刺激により消費活性化をもたらすなど、環境面への負の作用も懸念されている。高度情報化社会を迎えつつある今、情報技術の普及によるマイナス面を抑え、さらに、情報ネットワークの活用によりもたらされる産業や輸送のエネルギー消費効率化などプラスの効果を最大化する方法を見出し社会設計に活用していくことは、地球温暖化対策においてはもちろんのこと、社会経済への影響も含め、我が国において非常に重要な課題であると言える。</p> <p>2 . 研究目的</p> <p>低カーボン社会実現での鍵となる「人の環境意識と行動」、「生活スタイル (移動のエコデザイン) 」、および「産業活動」の領域に関して、実態的な調査によるITの環境影響評価を基に、情報技術の進展を考慮して、低カーボン社会へ移行するためのITの活用方法と期待される効果を明らかにする。さらに、これら知見を総合して、低カーボン社会を支えるIT基盤のあり方を提示し、実現における技術および普及面での課題を明らかにする。</p> <p>このうち、人の環境意識と行動では、生活者の属性や生活行動を反映した生活者のCO2排出量評価の基本手法の検討と、既存ナビゲーションシステムの体系化および実証事例の効果調査により、特にリバウンド効果の抑制を志向した、人の環境意識と行動を変えるシステム (エコ・ライフスタイル・ナビゲーション) を具体化し、2020年の削減量を試算し、2050年を考えたとき大幅削減のための方策について示唆を得る。また、移動のエコデザインでは、温室効果ガスの大幅な排出削減を可能とする移動システムの予測とIT (情報技術) の果たす役割を提言し、その効果を試算する。産業活動については、SCM(Supply Chain Management)に焦点を当て、情報をリアルタイムで共有化することで促される企業連携が、どの程度、物質投入を効率化し、環境負荷削減につながるかを、代表的な業種を対象に試算する。</p>	

3. 研究の内容・成果

環境調和型IT社会の設計

将来技術予測や各企業や省庁で描かれているIT社会像を調査・分析し、2020年のIT社会を予想した。結果、紙と同様な柔軟性をもつディスプレイ、立体映像会議システム等の高度IT技術の普及が進み、生活環境に溶け込み、環境対策、観光、流通管理、ショッピングなど様々な場面で活用されている可能性が高いことが明らかとなった。

これらIT普及のCO2排出量に与える影響を(2020年)、サブサブテーマ～の試算、および電子書籍による紙ベースの書籍代替等の脱物質化の促進によるエネルギー消費削減の試算結果より明らかにした。結果を表1に示す。影響の大きさは、2000年のCO2排出量に対する割合で示してある。今回の検討していない情報システムについては、増減の方向を(+)(-)で示し、数値は入っていない。これらの数値としては、高々1%程度と考えている。この表より明らかのように、2020年でのITのCO2排出量に与える影響は、トータルで-5%程度、今回試算していないIT普及が誘発する産業構造変革(IT分野のわが国GDPに占める割合は、11.5%(2002年)から15~25%(2020年)と予想)による影響を加味しても最大-10%と予測する。

この削減効果は、2020年のIT社会を、ITによる従来社会システムの改善、すなわち「ITが従来社会システムをサポート」する形態を想定した場合の結果であり、「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していない。

表1 2020年IT普及の二酸化炭素排出量への影響

	産業	貨物	交通(人)	オフィス	家庭	新エネルギー	リサイクル	影響の大きさ
情報機器・システムの普及	資源消費増加			電力増加	電力増加		廃棄物の増加	+2 ~ +3%
サプライチェーンマネジメント	資源消費削減	輸送削減						-3 ~ -4%
オンラインショッピング		輸送+/-		店舗削減				(+/-)不明
テレワーク・電子会議			交通量の減少	オフィス削減	電力増加			-1%
高度交通利用システム		輸送+/-	エネルギー削減(公共交通利用)					-1%
脱物質化(電子新聞・雑誌・CD)	資源消費削減	輸送削減		店舗削減			廃棄物の削減	-1%
新しいエネルギー供給へおける情報の活用						システムの普及、供給増加		(-)不明
環境行動誘導システム(HEMS,BEMSを含む)			エネルギー削減	電力削減	電力削減			-1 ~ -2%
プロダクト・製造マネジメント	資源消費削減							(-)不明
リサイクル情報システム							リサイクルの促進	(-)不明
電子政府・自治体			交通量の減少				廃棄物の削減	(-)不明

2050年のIT技術については、人工知能技術を活用した様々な技術が実用化されていると予想されるが、その具体像について、現状、予測は難しい。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。環境対策の鍵となるITを一つあげれば、生活者が地球環境や社会とどのように関わっているのかといった「関わりの実感値」を得られるような情報システムや、携帯電話のような属人的なツールを活用し、日常生活で自分を取り囲む社会環境や地球との関わりを実感できるような情報システムなど、環境関連情報の脱ブラックボックス化があげられる。これらシステムの普及により、市民の環境配慮行動が飛躍的に進む可能性がある。2050年社会の予測においては、人間の願望や欲望を満足する方向でIT活用イメージを想定し、それにより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考える必要がある。

ITを媒介とした技術とライフスタイルの統合的対策の概念整理と実証的効果検証に関する研究生活者の属性や生活行動に関する既存研究の調査結果より、人の環境意識と環境保全行動の関係

については、いくつかの研究が行われていたが、環境意識啓発が環境行動変容を必ず誘引すると結論付けるまでには至っていない。生活者の属性や生活行動を反映した生活者のCO2排出量評価手法の構築には、環境行動変容のメカニズムに関する詳細な調査、研究が必要である。

既存ナビゲーションシステムの体系化および実証事例の効果調査の結果より、現状は消費場面のエネルギー使用等の無駄排除を行うシステムが多く、購入場面やリユース・リサイクル・廃棄の場面を支援するシステム、脱物質化を支援するシステムが必要であることが明らかとなった。現状システムの実証実験結果による導入効果としては、家庭の電気・ガス使用量で約2~7%、自動車燃費で約6%程度の環境負荷削減が得られていることが明らかとなった。また、自動制御を行う「行動代行」システムは、特に環境意識の低い層に有効であること、情報提示による「意識的行動支援」をあわせて行うことで更なる環境負荷削減が図られることが明らかとなった。

ナビゲーションシステムの導入による、2020年のCO2削減効果を試算した。運輸部門での適用で、約300万トン（エコドライブシステム）、家庭への適用で約600万トン（家庭用エネルギー管理システム：HEMS）と試算している。オフィスビルを対象としたBEMSも、家庭での削減と同等以上の効果があると仮定すると、1,500~2,000万トンの削減量が期待できる。

低カーボン社会を実現する移動のエコデザインに関する研究

ICTを利用した通勤時の移動に由来する環境負荷削減に関し、個人・地域社会を基盤とした未来社会における通勤・就労モデルの検討とそのCO2削減効果の試算を進め、これにより低カーボン社会に向けた移動のエコデザインの構築を行った。まず、ITS（高度道路交通システム）、および、分散・共同利用型オフィス（テレワーク）の現在における実施例、計画例、環境負荷削減効果の試算例をまとめ、移動のエコデザインのモデル作成の基礎データとした。次いで、移動のエコデザインのモデル案を提示し、提案システムによる通勤時のCO2排出削減の効果およびテレワーク推進によるCO2削減量を試算した。通勤における移動のエコデザインとして、リアルタイム・セキュリティ交通システムにより、個人情報に基づいた各種交通手段のナビゲーションを行い、分散・共同利用型オフィスにより、テレワークによる個人の特性（性別、年齢、家族構成、スキル）にあった自由な就労形態を可能とする。その結果、移動手段をより環境負荷の少ない手段へとシフトさせる、あるいは通勤における移動距離を減少させることが可能となる。リアルタイム・セキュリティ交通システムにより、路線バスの利用およびカープーリング（相乗り）の促進を行った場合のCO2削減効果について、自動車のハード面での環境対策と比較したところ、乗合バスへの15%の転換は、2010年におけるHV、EVの普及目標（4%、0.2%）が達成された場合よりも効果が大きく、カープーリングの利用促進は、ハード面での各種対策と同等以上の効果があることを示した。具体的に、このシステムにより、自家用自動車から公共交通（バスを想定）やカープーリング（相乗り）へ15%の転換が図られた場合、合わせて約1000万トンの削減が見込まれる。転換率15%の根拠は、明確に示すことはできないが、リアルタイム・セキュリティ交通システムにより、公共交通やカープーリングの利便性は飛躍的に高まるため、2020年までに十分到達可能であると考えた。

また、2000年から2010年にかけて1344.3万人のテレワークへの転換を達成した場合のCO2削減効果について、アンケート結果を元に試算したところ、通勤を含む生活全体の移動において、全国で210万トンの削減が可能であることを明らかにした。2010年と2020年も同様に推移したと仮定すると削減量は、約420万トンとなる。

ITによる産業の効率化に関する環境影響調査

IT進展が環境負荷にもたらす影響の検討において、特に、法人向け電子商取引(BtoB)による影響が大きく、さらにその中でもSCM(Supply Chain Management)等によるものが大きいという結果が、得られている[1]。本研究では、食料品/繊維製品/医薬品・化粧品業界に焦点を当て、不必要生産の抑制と工場建物の削減、中間流通の効率化と小売販売の効率化、倉庫建物の削減、販売・返品物流の削減について具体的なデータを取得し、環境負荷削減量の試算をすすめた。結果を表2に示す。表は、SCMが100%普及した場合の結果であり、不必要生産の抑制による削減が最も大きいことがわかる。二酸化炭素削減量は、約390万トンとなる（業界総排出量の10%以上）。食料品/繊維製品/医薬品・化粧品業界でのSCM普及率を34.3%と想定すると、現状では約134万t-CO2の削減となる。2020年に物流業界では70万人近い労働力不足が予測されていることから、この労働力不足を補うために企業間連携が加速されると予想される。したがって、2020年には、SCM普及率が100%に近いものと

なると思われる。2020年、この削減効果を全産業部門で達成できた場合、約4700万トンのCO2削減となる。

[1]J.Nakamura, K.Honjo, H.Tatemichi, T.Tanaka, Y.Ibata, and S.Nishi, "Evaluation of Environmental Impact of the Spread of the Information Communications Service in Japan", Proceedings of 11th SETAC Symposium, pp.73-74, Lausanne, Switzerland, Dec.2003.

表2 食料品/繊維製品/医薬品・化粧品業界でのSCMの環境影響

項目	増減量 (千t-C)
不必要生産の抑制	632.50削減
工場建物の削減	7.00削減
中間流通の効率化	109.10削減
小売販売の効率化	252.27削減
倉庫建物の削減	24.94削減
販売・返品物流の削減	39.91削減
合計	1,065.73削減

4. 考察

総務省の調査報告(平成17年3月:ユビキタスネットワーク社会の進展と環境に関する調査研究会)では、ユビキタス社会の環境への貢献として、2010年で2000年比、ユビキタスシステムの効果で1480万トン(ITSによる交通渋滞の削減:410万トン、生産・物流・消費の効率化:1070万トン)、産業構造の転換で1770万トンの削減が予想されている。一方、ユビキタス分野の電力消費の増加分は、500万トンであり、トータルで2,650万トンの削減としている(2000年度排出量の2%)。IT分野の2010年予測は、現状のIT技術の進展および普及スピードから言って、他分野での長期予測に相当するため予測が難しいが、他の研究機関でも同様な試算結果(3%前後)が得られていることを考慮すると、2010年時点でのITの二酸化炭素削減効果は、3000万トン前後(2~3%)であろう。2020年には、各ITアプリケーション普及や産業構造の転換が進み削減効果はさらに大きくなると考えるのが妥当であろう。2000年から2010年までの推移から考えて、5%前後の(2000年比)削減ポテンシャルが期待される。この数値は、本研究の試算とも一致する。このITによる削減効果を阻害する要因として、“リバウンド効果”があげられる。リバウンド効果の抑制するためには、様々な行動に伴う環境関連情報を、適切に行動主体へ提供できるシステム、すなわち環境関連分野における情報の「脱ブラックボックス化」が不可欠でとなろう。

2050年におけるITの姿を描くことは、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、2050年IT社会像に関しては、人々がどんな生活を望むのかをまず明らかにし、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。論点としては、以下のものが考えられる。

- ・ 仮想によって現実の代替がどこまで可能か、人間はどこまで仮想代替を求めるか。脱物質化の限界はどこにあるか。衣・食・住は現在と同様のモノとして残るのか。
- ・ 人間行動のアウトソーシングはどこまで可能か。自立や手作り等にどこまでこだわるか。行動の自己目的性(プロセスを楽しむこと)はどうなるのか。
- ・ ITによって、教育環境、職場確保等の居住分散の阻害要因が解消されたとして、居住地選択はどのようになるか。
- ・ 採掘・生産・廃棄現場、環境破壊の実態等の可視化、行動に関連した環境負荷等の提示により、市民の環境配慮行動がどのように変わるのか？

従来社会システムの延長線ではなく、このような「ITによって現在とまったく異なる新しい社会が創造できる」といったダイナミックな変革を想定することで初めて、豊かで魅力的な低カーボン社会を描くことが可能であると考えられる。

5. 研究者略歴

課題代表者：藤本 淳

1955年生まれ、広島大学大学院環境科学研究科修了、工学博士、現在、東京大学先端科学技術研究センター 特任教授

主要参画研究者

：藤本 淳（同上）

：宮本 重幸

1964年生まれ、熊本大学工学部卒業、熊本大学大学院工学研究科修士課程修了、現在、日本電気株式会社 基礎・環境研究所 主任研究員

松本 光崇

1972年生まれ、京都大学工学部卒業、東京工業大学博士課程修了、学術博士、現在、日本電気株式会社 基礎・環境研究所 研究員

：端谷隆文

1961生まれ、金沢大学大学院 修士課程 教育学研究科（理科教育専攻）、現在、富士通株式会社 環境本部 環境技術推進センター エコデザイン推進部 部長付

：西 史郎

1957生まれ、大阪大学理学部卒業、現在、日本電信電話株式会社 NTT情報流通基盤総合研究所 環境経営推進プロジェクト マネージャ

中村 二郎

1964生まれ、大阪大学大学院工学研究科修士課程終了、現在、日本電信電話株式会社 NTT環境エネルギー研究所 環境アセスメントシステムグループ グループリーダー

6. 成果発表状況（本研究課題に係る論文発表状況。査読のあるものに限る。投稿中は除く。）

Jun Fujimoto, Mitsutaka Matsumoto, Design for a Sustainable Society Utilizing Information & Communication Technologies (ICT) -Proposal: a New EcoDesign Method and Its Application-, Proceedings of the Joint International Congress and Exhibition, Electronics Goes Green 2004+, pp.577-581,2004

