

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. ITの産業構造に与える影響に関する研究

(2) 産業構造に与えるITの影響に関する研究

独立行政法人産業技術総合研究所

先進製造プロセス研究部門 エコ設計生産研究グループ 松本光崇・増井慶次郎・近藤伸亮

[要旨] (1)ITの国際産業構造への影響とそれに伴うCO<sub>2</sub>量への影響の可能性を検討するために、1990年代の繊維とエレクトロニクス産業の日本、米国、中国における生産額とCO<sub>2</sub>排出量の推移を集計し分析した。産業が発展し、先進国から途上国に移転して、国際分業体制も変化する中で、双方合計の産業のCO<sub>2</sub>効率は向上する傾向が見られるが、移転元ではCO<sub>2</sub>効率向上が頭打ち化し、移転先では元々のCO<sub>2</sub>効率が悪く、双方でCO<sub>2</sub>効率の更なる向上が課題になる。IT化による国際分業の更なる深化を世界全体のCO<sub>2</sub>効率の改善に結びつけるために、移転元、移転先双方でのCO<sub>2</sub>効率改善が課題になる。(2)ITを活用したCO<sub>2</sub>削減の方策として、消費者にCO<sub>2</sub>やその低減法の情報を提供してCO<sub>2</sub>低減行動を促すシステム(LCS(Low-Carbon-Society)ナビゲーションシステム)の普及施策の検討を行った。システム実現のための技術的な障壁は大きくはなく、既存技術とその延長で実現可能と考えられる。一方で、その普及のためには低価格、手軽さ、利便性、娯楽性等が必要である。これらの要件が満たされれば、10年程度の比較的短期間で普及浸透が可能であり、普及は民間主導で実現し、政府の費用負担は最小限で済む可能性がある。

[キーワード] IT、国際分業、環境意識、LCSナビゲーションシステム、施策パッケージ

1. はじめに

18年度のS-3-4の成果として、IT環境調和型社会のイメージを書籍にして発表した<sup>1)</sup>。19年度の活動では、このイメージをさらに発展させることを図った。またITを活用したCO<sub>2</sub>削減の方策として、消費者にCO<sub>2</sub>やその低減法の情報を提供してCO<sub>2</sub>低減行動を促すシステム(LCS(Low Carbon Society)ナビゲーションシステム)の検討を行った。検討内容をS-3内に共有することを通じて、S-3で実施した施策パッケージの作成に協力した。

2. 研究目的

(1) IT化とCO<sub>2</sub>排出の関係のマクロ統計分析

18年度にS-3-4の成果として発表したIT環境調和型社会のイメージ<sup>1)</sup>を発展させることを目指し、19年度の活動ではIT化とCO<sub>2</sub>排出量に関するマクロ経済的な統計データを収集し分析した。IT革命は、冷戦の終結による市場主義経済の拡大と相俟って、今日アウトソーシングやオフショア化という形で国際分業を急速に深化させている<sup>2)</sup>。IT化が今後さらに国際分業の深化をもたらすのであれば、そうした国際経済の構造的な変革を世界のCO<sub>2</sub>削減に活用する方法はないかという問いは重要な意味を持つ。そのために国際分業とCO<sub>2</sub>排出量に関する関係を検討した。

## (2) LCSナビゲーションシステムの施策パッケージの検討

18年度の活動で、CO<sub>2</sub>削減に寄与するITシステムについて整理を行った。そうしたシステムの一つとして、消費者にCO<sub>2</sub>やその低減法の情報を提供してCO<sub>2</sub>低減行動を促すシステムを取り上げ、当システムをLCS(Low-Carbon-Society)ナビゲーションシステムと呼び、このシステムの実現、普及、効果の可能性を検討した。

## 3. 研究方法

### (1) IT化とCO<sub>2</sub>排出の関係のマクロ統計分析

国際分業とCO<sub>2</sub>排出量の関係に関わる先行研究としてMiozzoらの研究が挙げられる<sup>3)</sup>。Miozzoらは米国、西欧、中国の1970年代以降の繊維産業と化学産業の生産額およびCO<sub>2</sub>排出量の推移を集計し、国際分業の変化とCO<sub>2</sub>排出量の間を議論した。本研究では当論文の手法も踏襲して、1990年代の日本、米国、中国、韓国、マレーシアの繊維産業、エレクトロニクス産業の生産額とCO<sub>2</sub>排出量の推移を集計した。

### (2) LCSナビゲーションシステムの施策パッケージの検討

LCSナビゲーションシステムについて、システムのイメージの作成、関連技術の整理、普及の早さの検討、普及の効果の検討、普及施策の検討、を行った。以上の検討によりLCSナビゲーションシステムの施策パッケージの作成につなげた。

## 4. 結果・考察

### (1) IT化とCO<sub>2</sub>排出の関係のマクロ統計分析

IEA(国際エネルギー機関)のCO<sub>2</sub>排出量統計と、アジア経済研究所のアジア国際産業連関表を用いて、CO<sub>2</sub>排出量と生産額を集計した。

#### 1) 繊維産業

日本・アメリカ・中国・韓国・マレーシアの5カ国について、国内生産額とCO<sub>2</sub>排出量の1990年から2000年にかけての推移を集計した。各国の国内生産額、CO<sub>2</sub>排出量、CO<sub>2</sub>排出量/国内生産額を表1、2、3に示す。

表1 国内生産額の推移 (単位: 1000\$)

年	日本	アメリカ	中国	韓国	マレーシア
1990	107,439,724	145,405,000	78,400,088	34,821,297	2,829,164
1995	128,623,432	168,953,900	163,601,373	42,720,448	3,935,858
2000	73,476,048	146,979,000	208,902,146	39,945,263	4,668,501

表2 CO<sub>2</sub>排出量の推移 (単位: Mt-CO<sub>2</sub>)

年	日本	アメリカ	中国	韓国	マレーシア
1990	5.10	15.09	14.66	3.00	0.42
1995	3.49	16.70	22.41	2.96	0.46
2000	2.22	14.35	28.07	3.01	1.10

表3 CO<sub>2</sub>排出量原単位の推移 (単位: 10<sup>-5</sup> t-CO<sub>2</sub>/\\$)

年	日本	アメリカ	中国	韓国	マレーシア
1990	4.75	10.38	18.70	8.62	14.70
1995	2.71	9.89	13.70	6.93	11.59
2000	3.01	9.77	13.44	7.55	23.48

### 2) エレクトロニクス産業

同様に5カ国について、国内生産額とCO<sub>2</sub>排出量の1990年から2000年にかけての推移を集計した。

表4 国内生産額の推移 (単位: 1000\\$)

年	日本	アメリカ	中国	韓国	マレーシア
1990	346,677,596	230,411,000	23,219,389	32,688,847	8,341,297
1995	537,032,050	358,454,800	76,707,954	73,743,978	38,072,746
2000	506,156,740	563,410,509	257,188,606	109,726,242	58,451,779

表5 CO<sub>2</sub>排出量の推移 (単位: Mt-CO<sub>2</sub>)

年	日本	アメリカ	中国	韓国	マレーシア
1990	12.59	16.47	7.04	1.14	1.47
1995	11.87	18.78	16.30	2.62	3.06
2000	16.05	19.72	41.59	3.78	3.44

表6 CO<sub>2</sub>排出原単位の推移 (単位: 10<sup>-5</sup> t-CO<sub>2</sub>/\\$)

年	日本	アメリカ	中国	韓国	マレーシア
1990	3.63	7.15	30.31	3.47	17.56
1995	2.21	5.24	21.25	3.55	8.02
2000	3.17	3.50	16.17	3.45	5.88

### 3) 考察

繊維産業は90年代を通じて日本の生産額は縮小し、中国の生産額は大きく拡大した。日本から中国への移転も寄与したと考えられる。両国共にCO<sub>2</sub>効率向上の傾向が見られたが、日本では効率向上が頭打ちになり、中国では効率向上が見られたものの排出の絶対量が多い。分業体制の変化の中で、両国合計でのさらなるCO<sub>2</sub>効率向上のためには、日本でのさらなる効率の向上と、中国での効率の向上がともに必要である。一方、エレクトロニクス部門はいずれの国でも生産額が増加した。中でも中国では11倍もの増加が見られた。CO<sub>2</sub>効率は全体として向上傾向にあるものの、特に中国のCO<sub>2</sub>排出の絶対量が多い。繊維とエレクトロニクスのいずれでも、産業が発展し成熟する中でCO<sub>2</sub>効率は改善するが、成熟後は効率向上が緩やかになる。また発展過程でのCO<sub>2</sub>の増加量は大きい。分業の深化をCO<sub>2</sub>削減につなげるためには、移転元の効率向上と、移転先での新技術導入による効率向上とが必要である。

#### (2) LCSナビゲーションシステムの施策パッケージの検討

### 1) LCSナビゲーションシステムのイメージ

LCSナビゲーションシステムは、消費者にエネルギー消費の状況を知らせ(「見える化」)、省エネの制御をしたり省エネ施策の情報を提供したりすることで消費者の省エネ行動を促すシステムである。例えば家庭の電力使用を対象としたLCSナビゲーションシステムでは、家庭の空調機・照明にアダプタを設置し自動的に省エネ効果のある**制御**を行うと同時に、電力の使用料を測定し料金換算して**表示**することにより省エネマインドを喚起させる。

個別のLCSナビゲーションシステムとして、①家庭内のエネルギー使用、②家庭内のエネルギー生産、③自動車のエネルギー消費、④住居のエネルギー効率、に関わる情報提示システムが考えられる。次段階ではこれらの個別システムを統合したものとして、⑤移動全般のエネルギー消費、⑥購入物の生産のエネルギー消費、⑦個人・世帯のエネルギー消費、⑧電力消費の自動管理、⑨電力のピーク管理のための家庭の電力消費制御、のシステムが想定される。さらにライフスタイル全般に関わるものとして、⑩省エネ製品の普及促進、⑪CO<sub>2</sub>排出抑制のインセンティブ制度(例えば個人・世帯単位の排出量取引)、⑫安全・安心、セキュリティ・システムとの統合、等の発展形が考えられる。

### 2) 関連技術

関連する既存技術を以下に挙げる。

- 国内の電力会社が情報家電のモデルルームで家全体の電力使用状況が見られるシステムを作っている。
- 省エネナビ機能を内蔵したカラー電力モニタが開発されている。
- 燃費メータは業務用のトラックなどには普及が進んでいる。一般用の燃費メータも対応車種に対しては2~4万円程度で販売されている。
- 駅スパウトで電車のCO<sub>2</sub>排出量が表示される。
- イギリス(テスコ)やオランダ(アダム)などでカーボンラベリングが実施されている。東京都などでも導入に向けた動きがある。
- 欧米における電力マネジメントは自動検針(AMR: Automatic meter reading)自動制御に始まり、電力量の「見える化」による省エネルギー効果が期待されている。すでにイタリアでは、2005年に2,700万世帯にAMRが普及しており、また米国ではニューヨーク州にて2008年度を初年度とするAMI(Automatic Metering Infrastructure)化実施計画が進んでいる(100万世帯規模)。米国電気業界の認識として、この先に分散型発電に対応したSmart Grid(次世代網)の構想がある。
- 東京水道局、東京電力および東京ガスの3事業者による自動検針の共同実施の実証実験が行われた(平成12年4月~平成14年3月:東京都内の約160世帯を対象)
- HEMS(Home energy management system)やBEMSの実証実験がある。既に市販されている自動制御機能を搭載したエアコンも関連技術である。
- イギリスで Personal carbon allowance の実施の試みがある。

### 3) 普及の早さ

LCSナビゲーションシステムの普及の早さを検討する参考材料として、HEMS(家庭エネルギー管

理システム)の普及予測が挙げられる。HEMSが2010年に全世帯の17%に普及するとした推定がある(総合資源エネルギー調査会需給部会 第10回資料)。また地球温暖化対策推進大綱(2002.3)では30%の導入が目標とされた。これらの推定や目標は楽観的過ぎるという見方もあるが、過去の様々な製品の普及推移と照らし合わせると、LCSナビゲーションシステムが比較的早く普及浸透する可能性もある。我々の検討で、LCSナビゲーションシステムが比較的早く普及する条件を検討した。条件の第一は、LCSナビゲーションシステムが大掛かりな設備ではなく、手軽で安価なアプリであることである。給湯器や太陽光発電のような設備は普及に年数を要するが、例えばETCや携帯電話のような手軽なものは比較的早い普及が可能である(ETCの普及推移は図1を参照)。第二は、LCSナビゲーションシステムが何かの買い替え時に普及するのではなく、新規購入で普及することである。例えばハイブリッド車や地デジ対応TVは車、TVの買い替えを待たねばならず普及に年数を要するが(関連でオートマチック車の普及推移を図2に記載)、上記のETCや携帯電話の急速な普及は新規購入であったことが一要因である。第三は、LCSナビゲーションシステムが単に情報提示や制御をするシステムなのではなく、利便性やエンターテインメント性が付加されることである。こうした要件が満たされれば10年程度での急速な普及の可能性があると考える。また政府の補助等を要せずに民間主導での普及が可能であると考え。

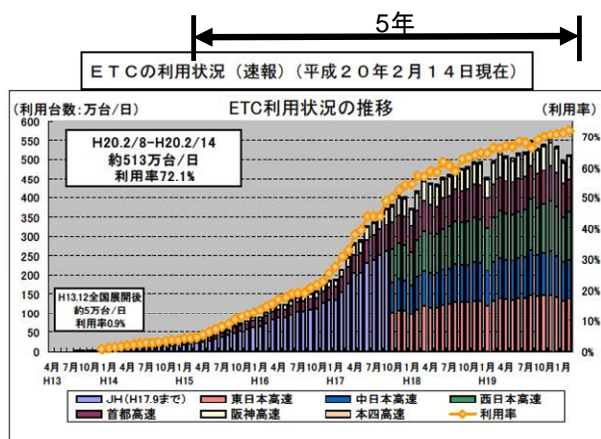


図1. ETC利用率の推移

出典:道路システム高度化推進機構

急速な普及の事例であり、普及推進策の例でもある。

#### 4) 普及の効果

LCSナビゲーションシステムの普及によるCO<sub>2</sub>削減の効果について、地球温暖化対策推進大綱(2002.3)ではHEMSの普及の効果は、2010年で30%の世帯への普及達成により290万t-CO<sub>2</sub>の削減とされている。これに基づけば、電力消費のみを対象とした場合にはその削減効果は数百万t-CO<sub>2</sub>の水準と予想される。一方、乗用車利用や省エネ家電の購入支援などが統合されれば、その効果はさらに大きくなることが期待される。

#### 5) 普及施策

LCSナビゲーションシステムの普及施策を三つの時期に分けて検討した。第一の時期は、個々の

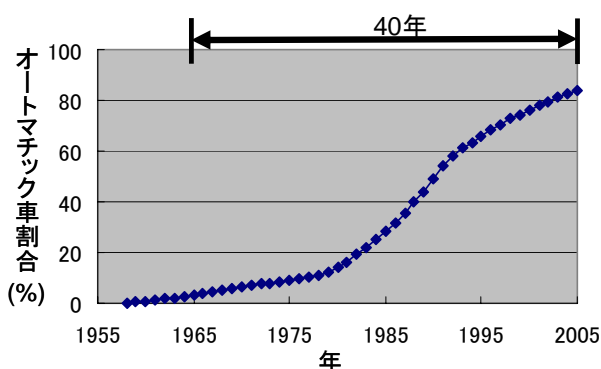


図2. 乗用車(軽を除く)に占めるAT車の割合推移

出典:産総研で推計

価格帯、製品寿命等の影響もあり、普及浸透に年数を要した。

見える化・ナビゲーションシステムの普及浸透期と呼ぶこととし、時期は今後10年程度を想定する。この間の普及施策は、企業の技術開発と販売戦略推進（製品の機能向上、価格低下、エンターテインメント性付加などの製品販売努力等）、政府による普及促進等である。第二期は、システムの統合化期であり、10年から15年後を想定する。この間は、制度的な整備、具体的には、電力計のデジタル化、製品の環境情報の規格化、エネルギー消費情報の認証方法の整備、エネルギー消費情報のプライバシー保護等が必要である。第三期は、統合システムを活用したインセンティブ制度の導入期と呼ぶこととし、時期は15年から25年後を想定する。この間は、統合システムを活用した企業や政府による個人・事業者の環境負荷低減のインセンティブ制度の導入等が期待される。

## 6) 結論

人々に環境情報を提示することで省エネ行動を促すLCSナビゲーションシステムの開発と普及を実現するにあたっては、技術的には障壁は小さいことが予想される。つまり既存技術と技術開発で実現が可能である。一方、普及を実現するには、価格の低下、アプリ程度の手軽さ、利便性・エンターテインメント性の付加等が要件になると考えられる。以上を満たせば、10年程度の期間での比較的早い普及の可能性があると考えられる。その場合には民間主導で、最小限の政府費用負担での普及実現が可能と考えられる。普及促進のためには、環境情報の規格化・認証法確立、電力計のデジタル化、情報セキュリティ確立、等の制度的整備が必要である。また家庭部門でもインセンティブ制度の導入が有効と考えられる。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

国際分業の変化とCO<sub>2</sub>排出の関係に関わる統計データを整備した。LCSナビゲーションシステムの普及の要件を検討した。

### (2) 地球環境政策への貢献

LCSナビゲーションシステムの普及促進の施策パッケージを作成した。

## 6. 引用文献

- (1) 東京大学 RCAST 脱温暖化IT社会チーム、電通 消費者研究センター 編 「2050年脱温暖化社会のライフスタイル—IT社会のエコデザイン—」 電通出版、2007
- (2) トーマス・フリードマン著「フラット化する世界」日本経済新聞社、2006
- (3) M. Miozzo, P. Dewick and K. Green, “Globalisation and the environment: the long-term effects of technology on the international division of labour and energy demand”, *Futures*, Vol. 5, pp. 521-546.

## 7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

なし

(2) 口頭発表(学会)

- 1) M. Matsumoto and J. Fujimoto, "A study on the potential of ICT on realizing environmentally sustainable society", The 4th Asialics International Conference, Kuala Lumpur. Malaysia, 2007

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催(主催のもの)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

なし