

平成 21 年 3 月 26 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006—2008

課題番号：18310026

研究課題名（和文） IT と環境問題—電気・電子機器廃棄物を中心として—

研究課題名（英文） IT and Environmental Problems

研究代表者

吉田 文和（YOSHIDA FUMIKAZU）

北海道大学・大学院公共政策学連携研究部・教授

研究者番号：70113644

研究成果の概要：

IT と環境問題を 3 の側面から検討した。第 1 は、IT 製品・IT 部品の**生産による環境影響**である。いわゆるハイテク汚染問題そして半導体生産に必要な原料やエネルギー需要の問題である。第 2 は、IT 製品の**消費によるエネルギー需要**である。とくにサーバによる電力需要が増加傾向にある。第 3 は、IT 製品の**リサイクルと廃棄による環境問題**である。日本と世界の家電リサイクル制度について比較検討を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2007 年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2008 年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
年度			
年度			
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学，環境影響評価・環境政策

キーワード：IT，電気電子機器廃棄物，バーゼル条約，WEEE

1. 研究開始当初の背景

電気・電子機器廃棄物は銅・金・銀・カドミウム・鉛・有機化合物を含み、環境保全上その適正な処理が必要であるという汚染制御の課題と、貴金属の回収利用という資源政策に関わる課題をどう結合していくかというところに問題の焦点がある。

2. 研究の目的

IT と環境問題について、電気・電子機器廃棄物に焦点を絞り、グローバルな視点から理論的・実証的研究を進展させることにある。

3. 研究の方法

日本・アジア・EU・アメリカの実態調査に基づき、電気・電子機器廃棄物問題についての理論的・実証的研究を行い、政策提言を行う。

4. 研究成果

先進工業国において再利用目的で収集された電気電子廃棄物 (e-waste) の 50-80%が、中国やインド、パキスタン、ベトナム、フィリピンなどの途上国へ輸出されて、最終処理されている現実がある。その際に、不適切な処理が行われ、それによる環境汚染や職業被爆が起きているのである。

問題の背景は、第1に、IT製品などに1000種類以上の多様な部品が使われ、それに臭素系難燃剤や重金属（銅、鉛）や貴金属が含まれていることである。

第2に、これらは、適切に回収して処理しなければならないが、正式には15%程度がリサイクルされているに過ぎず、中古品としてあるいは部品として先進国から途上国への流出が起きていることである。

第3に、IT製品の技術進歩が速く、次々と新製品が生み出され、陳腐化がすすみ、それが中古品化や海外流出に拍車をかけている。アメリカの2009年のTV放送のデジタル化は、史上最大の計画的陳腐化になりかねないとして、延期が検討されている。

第4に、OECDなど先進国では、EPR（拡大生産者責任）を確立して、生産者による財政的・物理的責任で、回収・処理する制度づくりが行われているが、まだ不十分で、アメリカでもこれが確立できていない。

ITと環境問題には、いくつかの側面がある。

第1は、IT製品・IT部品の**生産による環境影響**である。原料の貴金属の生産や、鉛・銅などの生産による環境影響、半導体生産に係る化学物質による汚染いわゆるハイテク汚染問題そして半導体生産に必要な原料やエネルギー需要の問題である。

半導体生産のためのエネルギーと物質強度は、完成製品と比べて大変大きい。例えば、2グラムの32MB, DRAMチップ生産のために、1.2kgの化石燃料と72グラムの化学物質を使う。ローレンス・バークレー研究所によれば、エネルギー使用の35%はプロセス用具、46%はクリーンルーム、7%が液体窒素生産、5%が純水生産のためである。トランジスター（半導体素子）1個当たりの電力使用は、はっきりと減少し、95-05年の10年間に98%減少している。しかし、CPU（中央演算処理装置）当たりの電力使用が変化していないのは、CPU当たりのトランジスターが指数関数的に増加したためである。

国連大学の研究によれば、家庭用デスクトップPCでは、機械そのものを生産するために必要なエネルギーはそれを使用するエネルギーの4倍である。冷蔵庫の生産に必要なエネルギーは使用中のエネルギーの8分の1である。したがって同じコンピュータを長く使用することは、全体の環境負荷を減らすうえで、効果的であることがわかる。PCは、世界で普及した耐久消費財で自動車に次いで高価な製品であるけれども、技術進歩が急速なので、陳腐化が大変速い。そこで、使用済み製品の管理、再販売とアップグレードが重要となる。

世界の半導体生産の過半を担う台湾の新竹と台中の科学工業園区を最近視察したところ、液晶パネル生産のための膨大な水需要が農業用水需要と対立し、かつ工場廃水が環境負荷を高めているという指摘を受けていた。

第2は、IT製品の**消費によるエネルギー需要**である。とくにサーバによる電力需要が増加傾向にある。IT利用によるエネルギー節約を上回るエネルギー消費増加があるかが問題で、単品のエネルギー効率向上があっても、利用台数増加がそれを打ち消してしまう傾向がある（リバウンド効果）。この課題は「グリーンIT」問題として最近、注目を浴びている。

情報流通量の爆発的な増加に伴い、2025年には

現在の 190 倍に情報流通量が膨れ上がり、それに伴い消費電力量が急増すると見込まれる。とくに先進国に加えて、ブラジル・ロシア・インド・中国など BRICs などの発展により、IT 製品による消費電力は急増し、2025 年には現在の 9 倍（世界の全消費電力量の 15%、全エネルギー消費量の約 6%）に達すると予想されている。

日本の現状では、情報通信機器による消費電力は年間 360 億 kWh 程度であり、日本全体の電力使用量の約 4% を占める。内訳は最も大きな割合を占めるのは企業内のサーバ、及びネットワーク機器で約半分となる。そこで、サーバ、ネットワーク機器、ストレージ、ディスプレイなどの IT 機器自身の省エネをすすめるために、サーバの空調方式の改善、省エネが重要である（2025 年までに 1000 億 kWh 省エネ）。さらに、IT 業界では IT 製品を使った省エネキャンペーンを行っており、その大きな柱となるのは、自動車など輸送用機器の省エネとテレワーク、在宅勤務などの社会活動の効率化である（1263 億 kWh/4900 億 kWh）。省エネ家電の普及による省エネは全体のなかでの割合は高くない（457 億 kWh/4900 億 kWh）。したがって、省エネ家電の普及による低炭素社会づくりにはあまり大きな期待を抱かない方がよい。

第 3 は、IT 製品の**リサイクルと廃棄による環境問題**である。現在、日本では、家電リサイクル制度によって、年間約 400 万台の使用済み TV が回収・リサイクルされているが、これとは別に、その半数近くの約 200 万台の使用済み TV がベトナム、フィリピン、マカオなど海外へ輸出されている。輸出先での中古とリサイクルの実態も不明部分が多い。TV の地上デジタル化によって、大量の CRT TV が使用済みとなり、その回収・処理体制も課題である。各国別にリサイクル制度を構築中であるが、海外流出の実態把握と対策が大きな問題である。

日本国内では家電 4 品（TV、空調、洗濯機、冷蔵庫）については、家電リサイクル法の制度の

もとで、使用済み家電 4 品の年間発生量約 2200 万台のうち、約 1100 万台が回収され、リサイクルされている。残りが国内中古、国内リサイクル、海外中古・リサイクルされていると見られるが、正確なところは不明である。このうち、使用済み TV については、年間発生量約 800 万台のうち、約 400 万台が国内で回収・リサイクルされているが、それ以外の約 200 万台以上が、ベトナム、フィリピン、マカオなどに中古品として輸出されている。輸出先で電圧調整して、中古品として利用されているものも多いが、なかには部品・金属が回収され、最終的にはリサイクルされる。しかし、そのリサイクル処理プロセスが正式に確認できるわけではない。一方、IT 機器については、**年間出荷量**は最近 2007—2008 年に約 17 万トン前後で、使用済み IT 機器の**年間発生量**は約 15 万トン程度と推定されている。内訳は、PC と周辺機器（9.7 万トン）、ワークステーション他（約 6 万トン）で、ユーザは事業系ユーザ（リース、レンタル、売り切り）で約 10 万トン、家庭系ユーザは 5 万トンである。流通ルート の推定によれば、国内リユースは約 2 万トン、国内資源再生 6.4 万トン、海外輸出（中古品輸出とスクラップ輸出の双方）3.7 万トン、最終処分 0.8 万トンである。この調査によっても、国内発生使用済み IT 機器の約 4 分の 1 が海外流出していることがわかる。最近では液晶などのパネルも使用済み製品が発生し、その回収と適正処理が課題となっている。液晶は多様な化学物質を含み焼却処理した場合のダイオキシン発生が懸念されている。

各国別のリサイクル制度について簡単に見ておくと、日本では、家電 4 品については家電リサイクル法があり、PC については資源有効利用法で対応し、携帯電話については現在のところ、業界の自主的取り組みが中心である。携帯電話の回収率は下がり続け、約 15% に止まっている。事業者対象の B2B に対して、一般消費者対象の B2C の場合、広く拡散した使用済み PC や携帯電話を末端の消

費者から回収するには、多角的な回収インセンティブ制度が必要で、そのうえで適切な集中処理をする必要がある。中国では、使用済み家電製品の多角的回収と集中処理を目指した国内制度（廃棄電器・電子製品の回収及び処理の管理条例）を公布制定し、2011年から実施予定である。

EUでは、WEEEという包括的な回収・リサイクル制度をつくり、EPRを基礎として家電もIT機器も同一に回収・リサイクルする制度を作っているが、必ずしも回収率は高くない。これは、回収すればするほど、生産者に費用がかかるのと、消費者側に回収システムに排出するインセンティブが十分機能していないためである。海外流出分もかなり上ると推定される。オランダの調査では、使用済みTVの約3分の1が海外流出しているという。IT製品の研究開発と消費の中心であるアメリカでは、連邦レベルでの法律制度がまだなく、州毎に別々に対応している。事前費用支払い制度（AFP）のカリフォルニア州以外は、生産者責任制度が広がっているが、CRTの埋め立て規制がなく、海外流出についても事実上の規制はない。

IT製品は、エネルギー消費と環境負荷を下げる潜在的可能性を持っている一方、いまのままの技術やリサイクルの制度では、かえってIT製品による環境負荷を高めることになりかねない。そこで、ITそのものの技術開発については、まず原料に関して、初使用物質を最小化し、新素材の環境健康評価法を確立することである。デザインに関しては、修理可能性、リユース、耐久性を最大化し、リサイクル性、解体容易性を追求することである。これによって、潜在的な環境健康・社会的影響を評価し最小にすることが求められる。そのうえで、社会制度面では、EPRの世界的な適用によって、国内はもとより、海外流出先における回収・リサイクルに生産者に一定の責任を持たせることである。これにより、製品価格は高くなるが、IT製品が市場に氾濫することを防止し、IT製品による環境負荷を下げることになる。そ

して、最後にIT製品の生産とリサイクルに関する地域と利害関係者の参画制度の確立が必要である。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 22 件）

①鄭城尤, 吉田文和「韓国における使用済み電気・電子機器再活用と輸出の考察」『廃棄物学会論文誌』Vol. 19, No. 4, 235-243 頁, 2008 年, 査読有

②吉田文和, 吉田晴代「中国の循環経済—再生金属産業と家電リサイクルを中心に」『環境経済・政策研究』Vol. 1, No. 2, 14-25 頁, 2008 年, 査読有

〔学会発表〕（計 13 件）

①Yoshida, F., and Yoshida, H., Establishment of Collection and Treatment System of WEEE Key Lessons learned about WEEE Recycling from Japan and the EU, Invited Speech in the Second International Conference on Waste Management and Technology, Beijing China, 5-7, November 2008. 招待講演.

〔図書〕（計 4 件）

①吉田文和・池田元美共編著『持続可能な低炭素社会』（共編著）北海道大学出版会, 244 頁, 2009 年.

②吉田文和『日本的循環経済』中国環境科学出版社, 170 頁 2008 年.

③吉田文和・大崎満他共著『北海道からみる地球温暖化』岩波書店, 68 頁, 2008 年.

④Fumikazu Yoshida, *The Cyclical Economy of Japan*, Second Edition, Hokkaido University, Sapporo, p156, 2007 年.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 文和 (YOSHIDA FUMIKAZU)

北海道大学・大学院公共政策学連携研究部・教授

研究者番号：70113644

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

寺西 俊一(TERANISH SHUNICHI)

一橋大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号：30134878

山下 英俊(YAMASHITA HIDETOSHI)

一橋大学・大学院経済学研究科・准教授

研究者番号：50323449

外川 健一(TOGAWA KENICHI)

熊本大学・法学部・教授

研究者番号：90264118