

【 論 文 】

複数企業における紙類に着目した
環境パフォーマンス評価とその環境監査に関する研究

鄭 桓 禱*・赤 井 裕*・井 山 慶 信*・早 瀬 光 司*

【要 旨】 本研究では、広島市に本・支店を設置している8社の企業を現場の実験系として設定し、「系」と「環境」との理念に基づいた環境パフォーマンス評価とその環境監査を実施した。測定項目としては、導入部では、直接導入資料、配送物、コピー用紙について、系内では、うら紙の発生量と使用量、FAXの受信量・送信量について、送出部では、直接送出資料、間接送出資料、可燃ごみ、資源ごみについて、その重量を項目別に調査票に記入した。実態調査は1995年の6月から9月にかけて、各社一週間でいった。測定結果をもとに、各企業における物質とエネルギーの出入りをまとめ、環境監査の基礎的データとなる環境収支簿記を作成した。また、それをもとに物質の流れ図も作成した。環境収支簿記をもとに、8社の企業における環境影響評価および改善評価を行った。これにはCO₂発生量を指標として、LCAによるシミュレーションを行った。8社のうち、4社はCO₂総発生量の約3割を既に削減していたが、2社は1割弱であり、残り2社はほとんど削減していなかった。このように現状での取り組み達成度は各社異なっていたが、今後の取り組みによる将来削減可能量としては8社ともCO₂では約6割となることがわかった。

キーワード：環境パフォーマンス評価、環境監査、系と環境、環境収支簿記、CO₂発生削減

1. はじめに

1.1 これまでの背景

今日の地球環境問題は、現在の社会システム、特に企業が生産過程で導入する資源および排出する廃棄物にその大きな原因がある。そこで、企業活動が環境に与える影響について、それを管理・コントロールしていく仕組みを企業が整備することが必要となり¹⁾、環境監査が登場する。この環境監査とは、組織体の行為が与える環境負荷実態を評価するために、その組織体の経営主体が自ら行う一連の諸活動のことであり²⁾、企業自身が環境へ与える負荷を総合的に評価・管理できる新たなツールとして注目を集めている。

ISO (国際標準化機構) では、環境マネジメントシス

テムと環境監査について、既に1996年9月にISO 14001, ISO 14004, ISO 14010, ISO 14011, ISO 14012を国際規格として発効させている³⁾。また、これらISO 14000シリーズは、環境マネジメントシステムと環境監査に対する一般原則、監査手順、監査人の資格基準の規制を文書化することにより、適用できる原則を明文化し、より高い質を求めている。日本国内では、通産省がJIS (日本工業規格) として1996年10月にJIS Q 14001 (環境マネジメントシステムの仕様および利用)、JIS Q 14004 (環境マネジメントシステムの原則と一般指針)、JIS Q 14010 (環境監査の一般原則)、JIS Q 14011 (監査手順)、JIS Q 14012 (監査人の資格基準) が発効されている⁴⁾。

1.2 「系」と「環境」の理念

「社会システム (人間が活動している系)」とその周りの「環境」との関係を一般的に表したのがFig. 1である⁵⁾。図で「人間が活動している系」=「社会システム」という語は、適宜、企業、国家、自治体、学校、家庭、個人などの語で置き換えることができ、本研究では

原稿受付 1996. 12. 27

・ 広島大学大学院 生物圏科学研究科

連絡先：〒739 広島市鏡山1-7-1

広島大学大学院 生物圏科学研究科 早瀬 光司

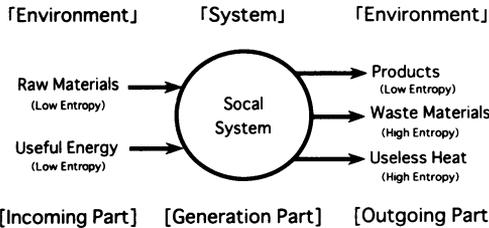


Fig. 1 Basic Concept of "system and environment" for the Environmental Performance Evaluation

企業を指している。ここで「社会システム」の中に「個人」を含めたのは、個人は「社会システム」の最小単位と考えられ、個人を単位元として「社会システム」は入れ子構造になっているからである⁵⁾。「社会システム」＝「系」は、何らかの目的を持っており、その目的を果たすために資源を取り入れ、生産行為を行い、廃物・廃熱を排出する。すなわち、「系」は周りの「環境」から低エントロピーなエネルギー資源と物質資源を取り入れ、「系」内で加工・生産を行い、低エントロピーな生産物と高エントロピーな廃物・廃熱を送出している。また、「系」から送み出された低エントロピーな生産物は、別の「系」において導入部の物質資源・エネルギー資源としても利用される。注目すべき点は、「系」が活動しているとき、送出部のみならず、導入部においても「環境」に負荷を与えていることであり、導入部における環境負荷も送出部と同様に重要な環境パフォーマンス評価の指標として認識しなければならない⁶⁾。

1.3 研究の目的

現在環境パフォーマンス評価の具体的な事例を報告したものは少ないので、本研究では「系」と「環境」の理念に立った実態調査を行い、多くのデータの蓄積を行う。また、複数企業を対象とする時、測定手法の容易性が重要であるので、その具体的な方法論を確立する。また、各企業における物質とエネルギーの出入りをまとめた環境収支簿記とこれを図で表した流れ図を作成し、環境パフォーマンス評価のための基本データとする。企業が環境に与えている負荷実態を評価するために、紙の原料の導入から廃棄までの LCA を行い、負荷実態評価の指標として、地球温暖化の最大の原因である CO₂ 発生量を算出する。この CO₂ 発生量を用いて各社の環境負荷低減のためのシミュレーションを行い、今後の各社の取り組み方について言及する。

1.4 研究の対象

本研究では、広島市内に本・支店を設置している様々な業種の企業 8 社を対象として実態調査を実施する。測定項目は、業務との関わりが強い紙類を中心とした。具体的には、直接導入資料、配送物、コピー用紙、うら紙の発生量と使用量、FAX の受信量・送信量、直接送出資料、間接送出資料、可燃ごみ、資源ごみである。特に、うら紙の利用は、系内のエントロピー発生を緩和させることができ、紙類の系への導入と系外への排出を抑制できるのでその発生量・使用量の実測は本研究において重要である。

2. 実験

2.1 環境パフォーマンス評価の全体的な流れ

Fig. 2 に、8 社に対する環境パフォーマンス評価の全体的な流れを示す。今回の実験は、1995 年に広島市内に本・支店を設置している 200 社⁷⁾の企業に対して、環境負荷実態調査依頼書を郵送し、回答をもらった 74 社の中から最終的に環境パフォーマンス評価とその環境監査実施の承諾を得た 8 社において実験を行った。図のように、1) 環境パフォーマンス評価を実施する 8 社の企業を訪問し、2) 企業トップとの話し合いで環境負荷実態調査依頼書で足りなかった具体的な説明を行い、3) 環境負荷実態調査の手法を決定した。4) 大学の研

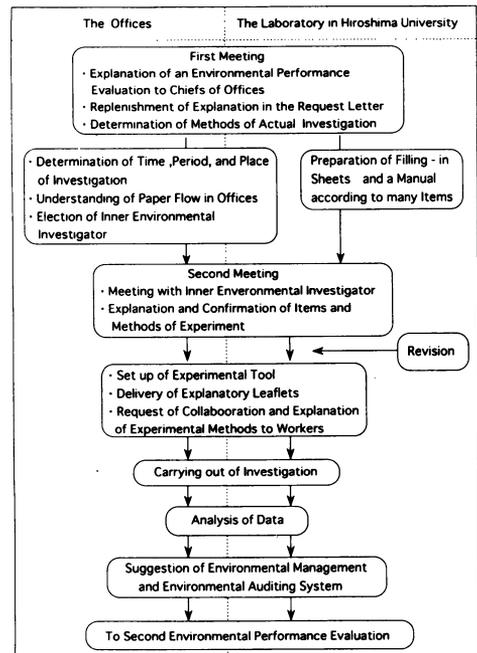


Fig. 2 Overall Flowchart of the Environmental Performance Evaluation

研究室では対象企業に見合った調査票の作成を行った。調査票は、紙類を中心に15種類の調査票を用意し、5)その後、測定項目・手法に対する確認段階を経た。6)環境負荷実態調査の実施前に、実験用のはかりと調査票を用意し、社員にはマニュアルを配布、調査の手法を説明して協力を求めた。7)測定後、収集されたデータを環境収支簿記としてまとめ、分析・解析を行った。8)収集されたデータの解析により、各企業へ環境マネジメント・監査システムの構想・提案を行った。9)そして、再び持続的な環境パフォーマンス評価とその環境監査を行うこととした。

2.2 測定方法

測定は、導入部（直接導入資料、配送物、コピー用紙）、系内（うら紙の発生量・使用量、FAXの受信量・送信量）、送出部（直接送出資料、間接送出資料、可燃ごみ、資源ごみ）において重量を測定し、各項目別に調査票に記入した。

導入部では、直接導入資料は持ち込む度に社員が必要事項を調査票に記入した。配送物は外部から社内へ届けられる度に内部環境調査人が配送形態別に必要事項を調査票に記入した。コピー用紙は内部環境調査人が毎朝コピー機内部およびその周辺の紙量をサイズごとに測定し、前日からの減少量から前日の使用量を求めた。

系内では、系内の紙類の流れを知るため、うら紙の発生量と使用量を求めた。コピー機近くにうら紙を入れる箱と取り出す箱の2種類の箱をサイズ別および質別（上質紙・再生紙）に設置した。測定は内部環境調査人が毎朝、それぞれの箱の増減量をサイズごとに測定し、前日の発生量と使用量を算出した。FAXの受信・送信は、通信管理レポートにより受信量と送信量を算出、または社員各人がサイズ別に枚数を記入して算出した。

送出部では、役所や企業への報告書、見積り書などの送出資料は持ち出す度に社員が必要事項を調査票に記入した。また、紙類のごみは筆者らが分類して測定した。分類は、「可燃ごみ」については、裁断されたりのりがついたり資源化に不向きな「紙屑」、郵便物の封筒や包装紙などの「包装紙」、資源化にまわすことができるとされるものうちシュレッダー処理を除いた「資源化可能ごみ」、資源化可能ごみではあるがシュレッダー処理された「シュレッダー処理」の4つに分類して測定した。「資源ごみ」については、資源ごみとして回収されたものを筆者らが「新聞紙」「雑誌類」「コピー用紙」「フォーム紙」「図面」の5つに再分類して測定した。

3. 結果と考察

3.1 対象企業について

Table 1に本研究の対象企業である8社の業種、従業員数、延べ床面積を示した。これまで環境負荷実態調査を報告した事例は少なく^{5,6,8,9)}、また、複数企業に対して調査を行った具体的な報告もないため、企業間の比較もできていなかった。本研究では、業種の異なる系（企業）において環境負荷実態調査を行い、紙類を評価項目としたことにより、環境負荷に対する複数企業の取り組みを比較することが可能となった。

一方、環境負荷実態調査前のアンケートをもとに調査協力の承諾と非承諾との相違について分析した。従業員数では31人から50人の規模、延べ床面積では301~400㎡の規模で実態調査を承諾する企業が多いという傾向が見られた。しかし、業種別による承諾と非承諾の違いはあまりなかった。

また、今回200社の企業に対して環境負荷実態調査実施の依頼を行い、そのうち8社で実施することができた。環境監査に対する理解があまり浸透していない状況で、しかも企業側にはメリットが少なく情報が知られることや仕事の増加などデメリットが多いにもかかわらず8社もの企業が快く承諾したことはうれしい意味で驚くべきことであった。

3.2 環境収支簿記と物質の流れ

企業体は、外部から物質資源とエネルギー資源を導入し、内部で生産活動を行い、外部へ生産物を送りだしている。それと同時に、生産活動を通じて廃棄物も作り出している。これらの出入りを収支計算して簿記としてまとめたものを、ここでは「環境収支簿記」と名付けることにする⁶⁾。この環境収支簿記は、企業における物質とエネルギーの出入りを読みとることのできる重要な基礎データとなり、これによって企業体による物質・エネルギーの具体的な収支実態が明確に把握でき、改善・是正措置の前提となる。

Table 2に、8社の代表例として、A社における

Table 1 Industry, Workers number, and Total floor area in the eight Offices

| The Offices | Industry | Workers (Man) | Total Floor Area (m ²) |
|-------------|----------------------|---------------|------------------------------------|
| A | Electrical Machinery | 68 | 1,637 |
| B | Firm | 32 | 460 |
| C | Production | 10 | 176 |
| D | Equipment | 20 | 331 |
| E | Construction | 43 | 500 |
| F | Production | 7 | 160 |
| G | Food | 6 | 90 |
| H | Electrical Machinery | 40 | 360 |

Table 2 Environmental Balance Accounting of the Paper in Office "A"

(June 5-9, 1995)

| Incoming Part | | Weight (g) | Inner Part | | Weight (g) | Outgoing Part | | Weight (g) | |
|-----------------------------|---------------------|------------|------------------------------|----------|-------------------|-----------------------|----------------------------|----------------|---|
| Incoming Materials | Double Sided Prints | 432 | Single Sided Papers Produced | A 3 | 0 | Informative Products | Double Sided Prints | 0 | |
| | Single Sided Prints | 0 | | A 4 | 183 | | Single Sided Prints | 180 | |
| | Subtotal | 432 | | B 4 | 5 | | Subtotal | 180 | |
| Delivery Matters | Envelopes | 7,930 | Single Sided Papers Consumed | B 5 | 33 | Delivery Matters | Envelopes | 0 | |
| | Packages | 611,240 | | Others | 0 | | Packages | 38,750 | |
| | Postcards | 10 | | Subtotal | 221 | | Postcards | 0 | |
| | Newspapers | 2,465 | Single Sided Papers Consumed | A 3 | 0 | Papers to be Burned | Subtotal | 38,750 | |
| | Leaflets | 90 | | A 4 | 0 | | Waste Papers | 3,595 | |
| | Direct Mail | 0 | | B 4 | 0 | | Packing Papers | 2,645 | |
| Subtotal | 621,735 | FAX | B 5 | 0 | Recyclable Papers | 4,210 | | | |
| Copy Paper (Virgin Paper) | A 3 | | 1,660 | FAX | Others | 0 | Papers Treated by Shredder | 8,405 | |
| | A 4 | | 16,650 | | Subtotal | 0 | Subtotal | 18,855 | |
| | B 4 | 1,090 | Sending | | 716 | Papers to be Recycled | Newspapers | 0 | |
| | B 5 | 1,170 | Receiving | 387 | Magazines | | 0 | | |
| | Others | 0 | Papers to be Recycled | Subtotal | 0 | | Printer Papers | 0 | |
| | Subtotal | 20,570 | | | | | Copy Papers | 0 | |
| Copy Paper (Recycled Paper) | A 3 | 0 | | | | Subtotal | 0 | Drawing Papers | 0 |
| | A 4 | 0 | | | | | | Subtotal | 0 |
| | B 4 | 0 | Papers to be Recycled | Subtotal | 0 | | | | |
| | B 5 | 0 | | | | | | | |
| | Others | 0 | | | | | | | |
| | Subtotal | 0 | | | | | | | |
| Total | 642,737 | Total | | 57,785 | | | | | |

1995年6月5日から9日までの導入・系内・送出に關する業務上の紙類についてその実測値を記入した環境収支簿記を示した。

今回の環境負荷実態調査では測定項目を紙類に限って行ったので、導入部では直接・間接導入資料、上質紙と再生紙、送出部では直接・間接送出資料、可燃・資源ごみで大別することができ、各項目ごとに細分化することが可能となった。

環境収支簿記では、コピー用紙が20,570g導入され、系内で生産・加工されて送出された紙の総量が16,390g(直接送出資料:180g,紙屑:3,595g,資源化可能ごみ:4,210g,シュレッダー:8,405g)であった。導入されたコピー用紙の量と送出された紙の総量が一致していなかったが、これは、送出されなかったコピー用紙が系内で何らかの形態で蓄積されていたからと考えられる。

上記の環境収支簿記をもとにして、A社における5日間の紙類の流れ図を作成し、Fig.3に示した。このように、導入された各項目が系内で生産・加工され、送出される過程を図として表すことにより、紙類の移動方向・使用形態など紙類に関するすべてのものを一目で把握することが可能となった。直接導入資料の場合、系内の仕事場へ入って情報物としてその役割を果してから系内で蓄積されたり、ごみとして排出されていた。また、コピー用紙は、FAX用紙として使用されたり、仕事場へ入って生産物を作りだすために使用されてから生産物・ごみとして排出されていた。このように、環境収支

簿記と比較すれば物質(紙類)の流れを明確に見出すことができ、次に、うら紙の出入りを図として表すことにより、環境負荷削減のための対策を取り組んでいるかどうかを把握することができた。また、環境負荷低減のための環境マネジメントシステムの構成がしやすくなった。

3.3 8社における導入・送出量の内訳と比較

Table3に、8社において導入された項目(直接導入資料・間接導入資料・上質紙・再生紙)および送出された項目(直接送出資料・間接送出資料・可燃ごみ・資源ごみ)の内訳を示した。

導入部については、すべての企業で、間接導入資料が直接導入資料より多い傾向が見られ、間接導入資料は直接導入資料の2倍(H社)から1500倍(A社)までの開きがあった。また、ほとんどの企業では、上質紙のみを使用していたが、C社では上質紙と再生紙を並行して使用しており、F社では上質紙を使用せずに再生紙だけを使用していることがわかった。C社とF社では、再生紙の使用分だけ、環境負荷を減らしていたことがわかった。また、C社とF社を除いたすべての企業は上質紙から再生紙への転換率は0%であるが、もし、社として転換する姿勢をとり、転換に取り組めば、その分だけ環境負荷を減らすことが可能となる。企業において上質紙から再生紙への転換は、環境経営意識を変えるだけで比較的容易に行うことができると思われる。

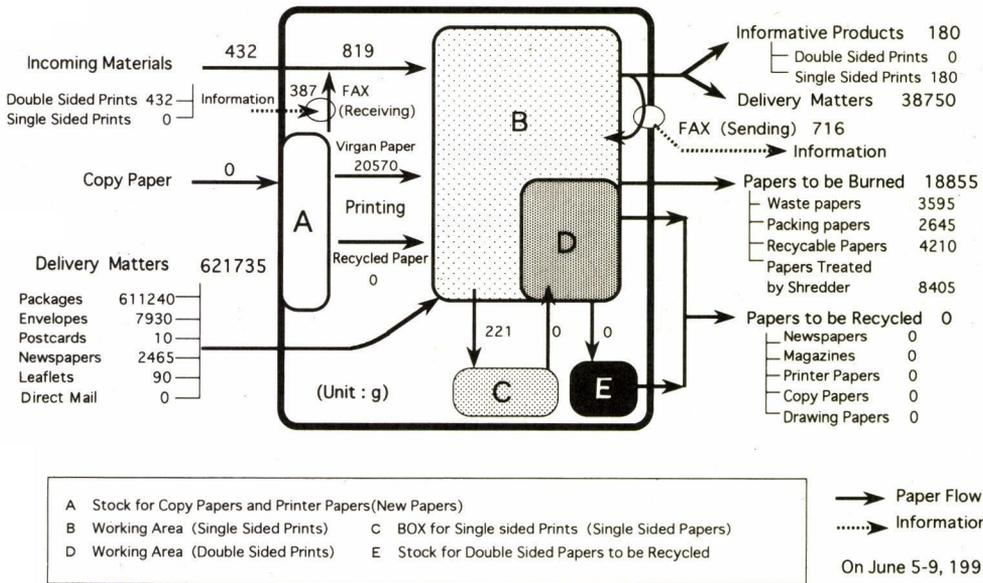


Fig. 3 Flowchart of the Paper in Office "A"

Table 3 Measured Weights of the Incoming Part and Outgoing Part in the eight Offices

(Unit: g)

| The Offices | | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---------------|-----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Incoming Part | Incoming Materials | 432 | 0 | 1,901 | 8,966 | 1,311 | 890 | 218 | 1,500 |
| | Delivery Matters | 621,735 | 11,200 | 15,510 | 28,645 | 16,700 | 10,160 | 6,930 | 3,020 |
| | Virgin Papers | 20,570 | 11,647 | 3,380 | 10,610 | 22,036 | 0 | 6,600 | 5,540 |
| | Recycled Papers | 0 | 0 | 5,526 | 0 | 0 | 9,430 | 0 | 0 |
| | Total | 642,737 | 22,847 | 26,317 | 48,221 | 40,047 | 20,480 | 13,748 | 10,060 |
| Outgoing Part | Informative Products | 180 | 0 | 562 | 8,805 | 2,501 | 3,020 | 5,437 | 0 |
| | Delivery Matters | 38,750 | 7,060 | 3,505 | 11,790 | 46,560 | 2,980 | 9,485 | 70 |
| | Papers to be Burned | 18,855 | 44,018 | 8,654 | 21,659 | 11,795 | 10,135 | 6,808 | 2,839 |
| | Papers to be Recycled | 0 | 4,260 | 3,150 | 10,740 | 9,825 | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 57,785 | 55,338 | 15,871 | 52,994 | 70,681 | 16,135 | 21,730 | 2,909 |

(For a period of one week in 1995 in the each office)

送出国については、ごみの排出形態に注目すると、資源ごみを排出している企業は、B・C・D・E社であることがわかった。ここで、資源ごみの排出割合をみると、最も高かったD社とE社は約50%であり、C社は約30%、B社は約10%で、他の企業は0%であった。このように、資源ごみの排出割合が全体的に低かったのは、企業の情報が書かれている資料などは外部に漏れないようにするため、可燃ごみとして排出し焼却されるためと思われる。

3.4 8社におけるうら紙の発生・使用量の比較

Table 4に、環境収支簿記作成期間中に測定したうら紙の発生・使用量とそれに関連した物質収支を示した。従業員一人あたりのコピー用紙導入量は、H社の139

g/人からF社の1,347g/人まで10倍の開きがあった。また、うら紙の発生量とコピー用紙導入量との関係も、うら紙発生率(うら紙発生量/コピー用紙導入量)はH社の0%からE社の23.1%まで開きがあった。一方、うら紙発生率の高いC・E・F社ではうら紙使用率(うら紙使用量/コピー用紙導入量)も高く、逆にうら紙発生率の低いA・D・H社ではうら紙使用率も低かった(残るG社は発生率も使用率も中間であった)、発生率と使用率との間には、B社を除いて正の相関関係のあることがわかった。

可燃ごみとして処理されるシュレッダーごみは、その割合別にG・A・B社が最も多く処理する企業であり、C社とD社が極く少量の処理を行い、E・F・H社はシュレッダー装置がなかった。Table 4からシュレッ

Table 4 Measured Weights of Copy Papers and Single sided Papers and Related Items in the eight Offices

| The Offices | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Copy Papers Introduced (g) | 20,570 | 11,647 | 8,906 | 10,610 | 22,036 | 9,430 | 6,600 | 5,540 |
| Copy Papers Introduced/ Workers (g/Man) | 303 | 364 | 891 | 531 | 512 | 1,347 | 1,100 | 139 |
| Single Sided Papers Produced (g) | 221 | 1,034 | 765 | 110 | 5,085 | 1,170 | 190 | 0 |
| Single Sided Papers Produced/ Copy Papers Introduced | 1.1% | 8.9% | 8.6% | 1.0% | 23.1% | 12.4% | 2.9% | 0.0% |
| Single Sided Papers Consumed (g) | 0 | 106 | 1,016 | 63 | 2,195 | 1,000 | 460 | 0 |
| Single Sided Papers Consumed/ Copy Papers Introduced | 0.0% | 0.9% | 11.4% | 0.6% | 10.0% | 10.6% | 7.0% | 0.0% |
| Papers Treated by Shredder (g) | 8,405 | 14,910 | 581 | 1,190 | 0 | 0 | 4,600 | 0 |
| Outgoing Papers to be Burned (g) | 18,855 | 44,018 | 8,654 | 20,469 | 11,795 | 10,135 | 6,808 | 2,839 |

(For a period of one week in 1995 in the each office)

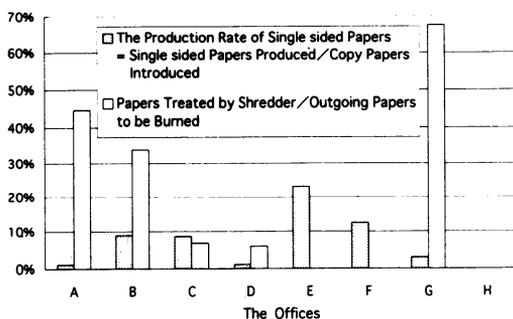


Fig. 4 The Production Rate of Single sided Paper and Shredder Treatments in the eight Offices

ダーごみの処理量とうら紙の発生量との間に何らかの関係があると考えられたので、8社におけるうら紙発生率と可燃ごみ中のシュレッダーごみの割合関係を Fig. 4 に示した。G・A・B社では、可燃ごみ中のシュレッダーごみの割合が高く、一方、うら紙発生率は低い値を示した。これらの企業では、片面使用済みのコピー用紙はシュレッダー処理することが、その企業の方針になっているため、うら紙として再使用する態勢が整っていないのである。これらの企業ではできるだけ片面未使用のコピー用紙を企業内でうら紙として再使用することが望ましい。一方、E社とF社では、シュレッダー処理を全く行っておらず、うら紙発生率は8社の中で最も高い値を示した。これらの企業では、シュレッダー処理を行わないのが、その企業の方針になっているため、発生した片面使用済みのコピー用紙をうら紙として再使用することにより、有効に利用する態勢が整っているようであった。シュレッダー処理をしなければそれだけうら紙を再使用するチャンスが増え、環境負荷削減に寄与するので、E・F両社には高い環境経営意識が見られるといえるかもしれない。このように、どちらかの値が高かった5社（A・B・E・F・G）においては、うら紙発生率

と可燃ごみ中のシュレッダーごみの割合には、概ね負の相関関係のあることが、初めて具体的な数値を伴って確認できた。

3.5 環境負荷量評価のための LCA 計算

企業が製品（紙）を使用・廃棄することにより、どれだけ環境に負荷を与えているのかを評価・検討するためには、環境への負荷を評価できる指標を提示しなければならない。本研究では、LCAを行い、環境負荷を具体的な数値として表すことを試みた。通常 LCA では、各段階を結ぶ運送過程での環境負荷も、シナリオを設定するなどして評価するが、本研究の LCA では運送過程は省き、各々の段階での環境負荷を評価した。

各段階は、紙の原料である木材を伐採し、調達する段階から、パルプを生産する原料加工段階、パルプから紙を生産する製造段階、完成品である紙を企業が使用する段階および廃棄する段階があり、物質資源やエネルギー資源を消費して廃物を発生させている。さらに再生紙の場合は、再資源化段階が存在している。環境への負荷を評価するための指標として、各段階で発生する CO₂ の量を採用した。CO₂ 発生量は、各段階で消費される電力、LPG、廃材、石炭、薬品類などの資源・エネルギーの消費量などから CO₂ 換算を行った¹⁰⁻¹⁶⁾。

Fig. 5 には、上質紙と古紙混入率 80% の再生紙を 1t 消費する時に各段階別に発生する CO₂ を示した。原料調達段階では、木々を伐採する段階で、伐採された成木が伐採されなかったと仮定した場合にその分の成木が 1 年間で固定する炭素を CO₂ 換算したものを当該段階の CO₂ 発生量とした。この段階では、上質紙は 0.08 t-CO₂、再生紙の場合 0.02 t-CO₂ である。

原料加工段階（パルプ化）では、木材などの原料を細くほぐし、セルロースなどの繊維の集まりの状態にする（パルプ化）過程を原料加工段階とした。この段階では、上質紙は 0.98 t-CO₂、再生紙の場合、0.20 t-CO₂ が発

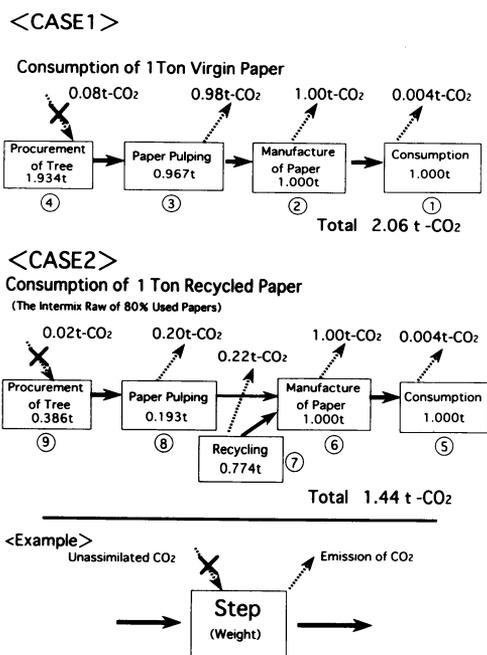


Fig. 5 Indispensable Raw Materials and Emission of CO₂ from the Production of 1 ton Paper

生している。

製造段階では、パルプから紙を生産する過程を製造段階とした。上質紙・再生紙とも1t-CO₂が発生している。製造段階が全段階の中で最も多いCO₂を発生させていることがわかった。

消費段階は、紙に印刷・記入する段階とした。上質紙・再生紙とも0.004t-CO₂が発生している。

再資源化段階は、古紙から製紙用パルプを加工する段階とした。この段階は、古紙を再生紙の原料として再利用する段階であるため、再生紙から発生するCO₂は0.22tであった。再資源化に付随する古紙調達段階は運送段階にあたるので、この計算では省かれている。これにより、上質紙1t消費する時に発生するCO₂は2.06t-CO₂であり、再生紙(古紙混入率80%)1t消費する時に発生するCO₂は1.44t-CO₂であることが示された。

一方、廃棄段階では、燃焼処理において紙1.0tあたり1.7tのCO₂が発生することが報告されている¹⁷⁾。本研究ではこの値を廃棄段階におけるCO₂発生量として用いた。

3.6 CO₂発生量と削減量の8社間の比較

Fig. 5の計算をもとにして、8社におけるCO₂発生・削減量を分別した結果をTable 5に示した。Table 5中の(a)から(n)までの説明と考察を以下に記した。

(a) 取り組み無しの場合の予想発生量とは、環境負荷削減に対する取り組みを全く行わなかった場合のCO₂の予想発生量のことである。環境パフォーマンス評価の実態調査を実施する以前から既に各社ごとで環境負荷削減の取り組みが行われていたので、現在の取り組み度合いを知るためにこの計算を行った。

(b) 再生紙の使用によって既に削減を行っていた企業は、C社とF社のみであった。両社とも使用していた再生紙は古紙混入率50%のものであり、ここでの削減量も古紙混入率50%として計算した。ほとんどの企業が再生紙を使用していなかった理由は、順に「値段が高い」「見た目が汚い」「紙詰まりを起こしやすい」そして「取引先が上質紙を希望」であることがアンケート結果からわかった。

(c) うら紙の使用によって既に削減を行っていた企業は、H社を除いた7社であった。発生したうら紙は社内報告書、FAX用紙、メモ用紙などに転換使用されていた。今後より一層のうら紙利用が求められる。

(d) ごみの分別資源化によって既に削減を行っていた企業は、8社中4社であった。この取り組みは、(b)(c)を合わせた削減量より大きく、現状では削減への最大の寄与をしていることがわかった。

(e) 現状の発生量とは、各社が環境負荷の削減のため(b)(c)(d)の取り組みによって既に削減した量を(a)から差し引いたCO₂発生量のことである。(b)(c)(d)によって削減された割合は、H社が最小で0%、E社が最大で33.8%、8社平均では16.5%であった。

さらに、環境負荷削減対策として、(f)古紙混入率80%の再生紙の使用、(g)うら紙発生率20%・うら紙使用率100%、(h)ごみの分別資源化率100%の達成を具体的な取り組みの条件としてシミュレーションした。

(f)古紙混入率80%の再生紙の使用による削減可能量は、上記の(b)の取り組みによる平均削減量の約8倍の値であった。C社とF社では、古紙混入率50%の再生紙から古紙混入率80%の再生紙に転換した場合の削減量をその値とした。

(g)うら紙使用の徹底(うら紙発生率20%・うら紙使用率100%)による削減可能量は、負荷削減対策の取り組み(f)(g)(h)の中で最も削減量が少なかった。これは既にH社を除いた7社でうら紙を使用しているため既に削減が行われ、他の対策に比べて値が小さくなったのである。

(h)ごみの分別資源化の徹底(分別資源化率100%)による削減可能量は、ほとんどの企業で、環境負荷削減対策の取り組み(f)(g)(h)の中で最も削減量が多かった。この(h)は、削減対策として最も効果的であ

Table 5 Detailed Comparison of Curtailment of CO₂ Emission in The eight Offices(Kg-CO₂/Year)

| The Offices | A | B | C | D | E | F | G | H | Average |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Estimated Maximum Quantity of Emission without Effort (a) | 3,477 | 5,268 | 2,092 | 3,675 | 4,550 | 2,037 | 1,306 | 747 | 2,894 |
| Already Reduced Quantity by Using Recycled Papers (b) | 0 | 0 | 114 | 0 | 0 | 231 | 0 | 0 | 43 |
| Already Reduced Quantity by Using Single Sided Papers (c) | 17 | 91 | 156 | 15 | 771 | 186 | 58 | 0 | 162 |
| Already Reduced Quantity by Recycling Used Papers (d) | 0 | 333 | 246 | 840 | 768 | 0 | 0 | 0 | 273 |
| The Present Quantity of Emission (e=a-(b+c+d)) | 3,460 | 4,844 | 1,575 | 2,820 | 3,011 | 1,620 | 1,248 | 747 | 2,416 |
| Future Reducible Quantity by Using Only Recycled Papers (f) | 598 | 422 | 190 | 339 | 628 | 87 | 215 | 158 | 330 |
| Future Reducible Quantity by Using More Single Sided Papers (g) | 278 | 196 | 142 | 158 | 292 | 148 | 100 | 73 | 173 |
| Future Reducible Quantity by Recycling All Used Papers (h) | 986 | 2,131 | 485 | 854 | 147 | 617 | 361 | 87 | 709 |
| Minimum Quantity of Emission with Thorough Effort (i=e-(f+g+h)) | 1,598 | 2,096 | 758 | 1,470 | 1,943 | 767 | 572 | 428 | 1,204 |
| Already Reduced Quantity of Emission (j=a-e=b+c+d) | 17 | 424 | 517 | 855 | 1,539 | 417 | 58 | 0 | 478 |
| Future Reducible Quantity of Emission (k=e-i=f+g+h) | 1,862 | 2,748 | 817 | 1,350 | 1,068 | 853 | 676 | 319 | 1,212 |
| Maximum Reducible Quantity of Emission (l=a-i=b+c+d+f+g+h) | 1,879 | 3,172 | 1,334 | 2,205 | 2,607 | 1,270 | 734 | 319 | 1,690 |
| Maximum Reducible Rate of Emission (m=1-(i/a)) | 54.0% | 60.2% | 63.8% | 60.0% | 57.3% | 62.3% | 56.2% | 42.7% | 57.1% |
| Already Attained Rate to Maximum Reduction by Effort (n=j/l) | 0.9% | 13.4% | 38.8% | 38.8% | 59.0% | 32.8% | 7.9% | 0.0% | 23.9% |

るが、逆に考えると、焼却によるCO₂排出量が大きく、再資源化されずに焼却される紙が多い現状を反映しているのであろう。

(i) 取り組みの徹底による最小発生量は、(e) 現状の発生量から (f) (g) (h) の値を引き算したものであり、B社の2,096からH社の428Kg-CO₂/年の範囲まであり、各社の平均は1,204Kg-CO₂/年となった。これは(e)の平均2,416Kg-CO₂/年の50%にあたり、それだけのCO₂を削減できることがわかった。これを各社平均の内訳に見れば、最もCO₂削減に寄与する取り組みは(h)であり、続いて(f)、(g)の順であることがわかった。

さらにシミュレーション結果をもとに、既削減総量、将来削減可能量、最大削減可能量、最大に削減できる割合、取り組み達成率を求めた。

(j) 既削減総量は、(b) (c) (d) の取り組みによる削減量の和である。

(k) 将来削減可能量は、(f) (g) (h) の取り組みによる削減量の和である。

(l) 最大削減可能量は、(j) 既削減総量と(k) 将来削減可能量の和である。

(m) 最大に削減できる割合とは、(l) 最大削減可能量の(a) 取り組み無しの場合の予想発生量に対する割合で、各社のCO₂排出量のうち削減することができる

最大の割合である。範囲は最低H社の42.7%から最高C社の63.8%の間であり、平均57.1%であった。これは、各社が環境負荷を小さくする取り組みを全く実施しなかった場合と比べて、排出されるCO₂量の42.7%から63.8%が削減できるということである。

(n) 取り組み達成率とは、各取り組み毎により実際に最大削減可能量に対して既にどこまでCO₂削減を達成していたかを示した値であり、各社の平均は23.9%であった。8社のうちE社は約60%の達成率を示しており、全体的な取り組みが最も進んでいることがわかった。その理由として、うら紙の使用による既削減量とごみの分別資源化による既削減量が他社より大きかったことが考えられる。また、8社のうち10%以下の取り組み達成率の企業は、A社、G社およびH社でそれぞれ0.9%、7.9%および0%であった。その理由は、(b) (d) の取り組みを全く行っていないからである。

Table 5において、8社における既削減総量(b+c+d)、将来削減可能総量(f+g+h)、および最小発生量を各社毎の百分率で棒グラフにしてFig. 6に示した。その割合は平均では既削減総量：将来削減可能総量：最小発生量=2：4：4の関係であった。このうち既削減総量においては、C社、D社、E社、そしてF社はCO₂総発生量の約30%を既に削減していたことがわかった。これは、これらの企業が環境に対する高い経営意識を

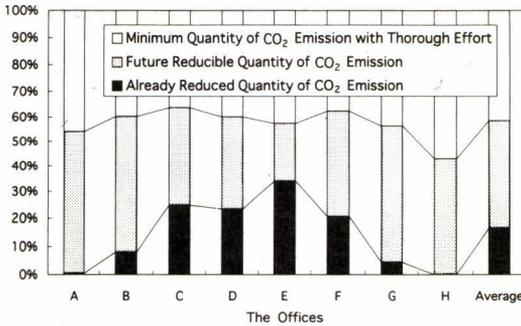


Fig. 6 Comparison of the Ratio of Reduced and Reducible CO₂ Emission in the eight Offices

持っており、少なくとも (b) (c) (d) の取り組みのうち 2 つ以上を既に行っていたためである。また、B 社と G 社は 10% 前後を既に削減していたことがわかった。そして、A 社と H 社はほとんど削減を行っていなかったことがわかった。

4. ま と め

環境パフォーマンス評価の結果から改善評価を行って、今後の各企業に適した取り組みについて環境負荷削減の有効性の度合を Table 6 に示した。

1) 2 社を除く 6 社で上質紙だけを使用していたが、上質紙をより低負荷である古紙混入率 80% の再生紙に転換することにより、将来削減可能量の 27% の CO₂ 発生量を抑制できることがわかった。

2) うら紙を使用することにより、その分だけ紙類の導入・排出を抑制できるため、今回の「うら紙発生率 20%・うら紙使用率 100%」という設定での取り組みにより、将来削減可能量の 14% の CO₂ 発生量を抑制できることがわかった。

3) 企業から発生するごみの排出形態を見ると、各社平均として可燃ごみの 56% にあたる資源化可能ごみやシュレッダーごみが可燃ごみとして排出されていることがわかった。これらを分別資源化ごみとして 100% 排出することにより、将来削減可能量の 58% の CO₂ 発生量を抑制できることがわかった。

ほとんどの企業では環境対策が進んでいない現状として、資源化ごみの分別徹底による取り組みが今後最も効果的であることがわかった。しかし、既にごみの分別資源化を行っていた E 社では、今後さらに環境負荷を削減するためには、再生紙の使用をさらに進めることが次に有効であることがわかった。このように、企業における継続的改善の進展の度合い (既に実施している環境パ

Table 6 The Analysis for Efficiency of the Future reduction of CO₂ Emission by Three Kinds of Improvements

| Future Reducible Quantity of CO ₂ Emission | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| By Using Only Recycled Papers* | △ | ● | ● | ● | ○ | ● | △ | △ |
| By Using More Single Sided Papers** | ● | ● | ● | ● | △ | ● | ● | ● |
| By Recycling A 11 Used Papers*** | ○ | ◎ | ○ | ○ | ● | ○ | ○ | △ |

●: 0% ~ 25% △: 25% ~ 50% ○: 50% ~ 75%
◎: 75% ~ 100%
(Efficient Rate of Future Reducible Quantity of CO₂ Emission by Effort of Each Office)

* Papers are Converted to Recycling Papers (Intermix Raw of 80% Used Papers)
** The Production Rate of Single Sided Paper is 20%, the Consumption Rate of Single Sided Paper is 100%
*** Both Used Papers to be Burned and Papers Treated by Shredder are Discharged as Papers to be Recycled

フォーマンスの内容) によって次にとるべき対策の内容が異なってくるのがわかった。それぞれの系に適した改善を行い、継続していくことにより、対策内容が従前の対策に加えてさらにレベルアップしていくことになる。

最後に、本研究では、複数企業に対して環境パフォーマンス評価を実施し、多くのデータを蓄積し、企業間の比較も行うことができた。環境パフォーマンス評価の実施例があまりにも少ないので、本研究のような具体的な報告がこれから増加していくことが望まれる。また、8 社に対して環境パフォーマンス評価の報告を行ったところ、有益であった旨の返事を得て、継続調査として本年度中に第 2 回目の環境パフォーマンス評価を行うことが決定している。

【謝 辞】

本研究では、環境パフォーマンス評価とその環境監査を行うにあたり、様々なご協力をいただきました企業 8 社のすべての方々に感謝と御礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Michael Renger (佐藤 博, 中田智夫): 環境監査手続きの実際—EC 規則・英国規格に決められたその仕組みの全容—, パンリサーチ出版局 (1993)
- 2) International Chamber of Commerce: An ICC Guide to Effective Environmental Auditing, ICC Publishing S.A., PARIS (1993)
- 3) International Standard Organization: ISO 14001, ISO 14004, ISO 14010, ISO 14011, ISO 14012, International Organization for Standardization (1996)
- 4) 日本規格協会: JIS Q 14001, JIS Q 14004, JIS Q 14010, JIS Q 14011, JIS Q 14012, 日本規格協会 (1996)
- 5) 早瀬光司, 赤井裕, 八太昭道, 和田英樹: 事務系オフィス (一つの「社会システム」) における紙類の流れに着目した環境監査の実施とその方法論に関する研究,

- 廃棄物学会誌, Vol. 6, No. 6, pp.215-224 (1995)
- 6) 早瀬光司:「具体的な」環境監査—わかりやすく,「系」と「環境」の理念から—, 廃棄物学会誌, Vol. 5, No. 5, pp.427-435 (1994)
- 7) 広島会社名鑑: 地元企業・出先企業総合版, 新潮社 (1994)
- 8) 赤井裕, 早瀬光司: 社会システムとしての組織体における紙類の環境実態監査—その経時変化について—, 広島大学総合科学部紀要IV理系編, 第20巻, pp.113-130 (1994)
- 9) 山西敏道, 赤井裕, 早瀬光司: 社会システムとしての企業体における環境監査の実施と経年的効果の考察, 広島大学総合科学部紀要IV理系編, 第21巻, pp.145-160 (1995)
- 10) 本州製紙再生紙開発チーム: 紙のリサイクル100の知識, 東京書籍 (1991)
- 11) 日本製紙連合会: 紙・パルプハンドブック 1994年版, 日本製紙連合会 (1994)
- 12) 王子製紙: 紙・パルプの実際知識, 東洋経済新報社 (1993)
- 13) 通商産業大臣神房調査統計部: 平成6年紙・パルプ統計年報, 社団法人通産統計協会 (1995)
- 14) 日本製紙連合会紙部・板紙部: 平成4年紙・板紙統計年報, 日本製紙連合会紙部・板紙部 (1994)
- 15) J. W. Moore, E. A. Moore: 環境理解のための基礎化学, 東京化学同人 (1980)
- 16) 富士ゼロックス(株)ドキュメントエンジニアリング部: Vivace 450 / 550 取扱説明書, 富士ゼロックス(株) (1995)
- 17) 環境庁: 温暖化する地球・日本の取り組み, 大蔵省印刷局 (1994)

Study of an Environmental Performance Evaluation and its Environmental Audit for Paper Flow in Eight Offices

Hoan Do Jong*, Hiroshi Akai*, Yoshinobu Iyama* and Kohji Hayase*

* Graduate School of Biosphere Sciences, Hiroshima University

*Correspondence should be addressed to Kohji Hayase:
(1-7-1, Kagamiyama, Higashi Hiroshima-city, 739 Japan)

Abstract

In this study, an environmental performance evaluation and its environmental audit was carried out for eight main or branch offices in Hiroshima City. Each location was studied selected as an experimental system, based on the theory that the 「system」 and the 「environment」 are distinct from one another. Incoming parts (incoming materials, deliveries and incoming copy paper), circulation (one sided paper both produced and consumed, FAX), and outgoing parts (outgoing materials, trash to be burned and to be recycled) were considered as subjects and measured in the investigation.

The measurement for each office was performed for a period of one week between June and September 1995. Based on the measurement results, the incoming and outgoing materials were systematically arranged, and an environmental balance accounting, which is the basic data for environmental audit, was presented. Moreover, taking the environmental balance accounting as a basis, a flow diagram of the materials was drawn, and evaluations of various environmental effects and related improvements were carried out in the eight offices. In these evaluations, the level of CO₂ emission was used as an index, and was simulated using the LCA technique. The results for the CO₂ emission level in the eight offices were: four of them had an approximate 30% reduction; two less than a 10% reduction; while the remaining two showed almost no change at all.

Although there were different results for each office in these evaluations, overall approximately a 60% of reduction for CO₂ was possible for each of the eight offices.

Key words: environmental performance evaluation, environmental audit, system and environment, environmental balance accounting, reduction of CO₂ emission