日本のエコマテリアルの現状^{*1}

原田 幸明¹ 山田 勝利¹ 井島 清¹ 添野 良彦^{2,*2}

¹物質・材料研究機構

²法政大学工学部

J. Japan Inst. Metals, Vol. 68, No. 11 (2004), pp. 939-945

© 2004 The Japan Institute of Metals

Analysis of the Current Status of Ecomaterials in Japan

Kohmei Halada¹, Katsutoshi Yamada¹, Kiyoshi Ijima¹ and Yoshihiko Soeno^{2,*2}

¹Ecomaterials Center, National Institute for Materials Science, Tsukuba 305-0047

²College of Engineering, Hosei University, Koganei 184-8584

Ecomaterials were categorized based on their life cycle and eco-efficiency. Ecomaterials in their broadest sense are classified into “Functional materials of the environment”, “Materials for the advanced energy” and “Materials of life cycle design”. The materials in the first two categories improve such services as the maintenance of living environment and the efficiency in energy supply. “Materials of life cycle design” can be referred to as ecomaterials in the strict sense and are further divided into four categories according to the focus on stage in life-cycle, namely, “Materials with green environmental profile”, “Materials of higher material efficiency”, “Materials of higher recyclability” and “Materials of hazardous substance free”. Based upon this classification, current Website home pages and environmental report books of enterprises were investigated in search of commercialized ecomaterials. There are many “Materials of higher material efficiency” and “Materials of hazardous substance free” reaching the high 39% and 31% of the total respectively. “Materials with green environmental profile” gains 21%, and “Materials of higher recyclability” shows only 5%. The “Materials of life-cycle design” are obviously well represented in the market reflecting manufacturers’ determined response to the increasing appeal to consumers.

(Received July 16, 2004; Accepted September 24, 2004)

Keywords: ecomaterials, life-cycle analysis, eco-efficiency, recyclable, home-pages

1. はじめに

エコマテリアルは、地球環境問題への解決に貢献する材料である。21世紀は、「環境の世紀」と呼ばれており、炭酸ガス削減のための京都議定書の推進や2002年9月のヨハネスブルグ環境サミットなど、環境と調和した持続可能な社会に向けた種々の取り組みが進められている。

材料関係の研究者や技術者は、持続可能な社会に向けて、エコマテリアルを発展させるという重要な役割を担っている。エコマテリアルという概念は、1992年に開催されたりオサミットに先立ち、その前年に提案された。地球環境問題を解決するための材料として定義された。

そこでは、エコマテリアルの発展の方向として、次の3つが打ち出された¹⁾。

- (1) フロンティア性：材料の性能を伸ばして人間の活動を広げる方向
- (2) 環境調和性：環境への配慮
- (3) アメニティ性：人への優しさ

このように、エコマテリアルは、何か特定の目的や特徴を

持つ材料ではなく、むしろ全ての材料が、発展してエコマテリアルになって行くべきである、という理念を示している。

これまでに、5回のエコマテリアルに関する国際会議が開催された。エコマテリアルは、継続的に実際の改善・改良を行いながら、常に発展し続けており、また、常に発展して実際に有用であるように改善・改良されなければならない。原田と山本²⁾は、エコマテリアルに関するレビューを行い、ライフサイクルデザイン型のエコマテリアルとして、重要な4種を指摘した。すなわち、「有害物質フリー材料」、「低環境負荷履歴材料」、「高リサイクル性材料」、「高資源生産性材料」である。

さらに、広義のエコマテリアルとして、「環境保全に有効な機能対応型材料」、および「エネルギーシステムに用いられるシステム要素型材料」を示した。

本報では、これらの分類に基づき、ライフサイクル全体でのエコ効率について論ずる。さらに、企業のWeb-siteホームページから調査した結果に基づき日本の企業のエコマテリアルの実際の発展状況を、調査、解析した。

2. 環境対応材料

エコマテリアルに関して論ずる前に、まず材料に関連する環境問題を概観する。材料に関連する環境問題としては、重

^{*1} Mater. Trans. 44, 7(2003) 1237-1243 に掲載

^{*2} 法政大学大学院生、現在：千代田化工建設㈱ (Graduate Student, Hosei University, Present address: Chiyoda Corp.)

要な二点が指摘されなければならない。第一点は、「ギガトン問題」である。すなわち、材料が極めて大量に使用されている、点である。例えば、日本国全体では、毎年約 2.0 Gt (20 億トン) を超える資源が消費されており、これは、一人当たり、月間約 2 トンに相当している。燃料、食糧や水を除いても、毎年約 1.6 Gt (16 億 t) の物質が狭い日本にひしめいていることになる。

さらに加えて、輸入素材の背後には、隠れた物質フロー量が輸入されているのである。World Resource Institute の国際共同調査では、ほぼ同量の隠れた物質フローが日本国内にも存在している。しかしこれらの調査精度は余り高くないため、おそらくこれらは低めの見積もりであろう。原田⁴⁾は、2001 年の金属の鉱石分の関与物質総量 (TMR: Total Materials Requirement) の概算を行った。一例を挙げれば鉄鋼の消費によって、全世界で毎年、3 Gt (30 億トン) の ore-TMR (鉱石分の関与物質総量) が移動している。

金が、たった 3 kt の生産にも関わらず、最大の ore-TMR を移動させている。一般に、レアメタルと貴金属が、大きな ore-TMR のフローを持っている。これらは、触媒やデバイス用材料として、産業の様々な分野で使用されており、これらのリサイクルは資源問題の観点から、非常に重要な課題である。パラジウム 1 kg のリサイクルは、2000 t の天然資源の消費を削減することになる。

物質・材料の環境問題に関する第二点は、「ピコグラム問題」である。すなわち、言い換えれば種々の有毒物質問題である。人類は、次々と新しい物質を作り出し、その生産量を増加させている。環境や人体に有害で、その毒性を制御できない例がいくつも報告されている。さらに、IT 技術の発展に伴い、はんだ中の鉛のように拡散が進んで制御することが困難な場合もある。

自動車用鋼板へのクロミウムめっきは、通常では安全であるが、シュレッター工程の後にはわずかではあるが、毒物 (六価クロム) が生成される可能性がある。このように、材料の使用に際しての毒性の判断は、直接的な毒性から、使用後の変化の可能性や、不完全なリサイクルプロセスなどによる危険性まで考慮した厳しいものとなってきている。現在世界中に広く使用されている半導体デバイスの廃棄やリサイクルを考慮すれば、それらの設計と使用する材料について厳しい検討が早急に必要である。

これらの諸課題に関して、材料技術はこれまでも種々の検討と貢献を果たしてきた。

「エコマテリアル」の概念以前にも環境負荷を低減するための種々の材料が開発されてきた。これまで、環境負荷を低減し、環境問題解決に役立つ材料は、環境対応材料と呼ばれている。環境対応材料に関しては、原田および山本²⁾によって、その特徴に基づき、「機能対応型」、「システム要素型」、「ライフサイクルデザイン型」に分類された。

「機能対応型材料」は、環境保全に直接効く、草分け的に最初に開発された材料である。1970 年代以前にはしばしば、材料技術は、有害物質を含む大量の素材の取り扱いに伴い、深刻な環境汚染に直面していた。これらの環境汚染対応やグリーンエネルギー開発のために、材料は極めて重要な役

Fig. 1 Groups of materials for the environment.

割を果たしている。例えば自動車排ガスから C_xH_y や NO_x を除去する触媒、太陽電池素子、排熱の有効利用のための熱電素子など、種々のタイプの材料がある。

これらの材料は、「機能対応型」および「システム要素型」の 2 つのタイプに分類⁵⁾される。20 世紀末の最後の 10 年間に、「ゆりかごから墓場まで」という材料の全生涯において信頼される環境対応管理を行う、という新しい環境管理概念が発展した。こうして、材料技術はその全生涯において環境対応を果たすライフサイクルデザイン型材料という新しい領域に焦点が合わされた。狭義のエコマテリアルという、環境に配慮し (environmentally conscious)、適合した (and benign) 材料の定義がこれである。環境対応材料の役割は、エンド・オブ・パイプ型の取り組みから、ライフサイクル配慮型の取り組みに変化している。

これらの「ライフサイクルデザイン型材料」は、原田と山本²⁾によりその特徴に基づき、「有害物質フリー」、「低環境負荷履歴」、「高リサイクル性」、「高資源生産性」に分類された。これらの関連を、Fig. 1 に示した。

3. エコマテリアルと環境効率

ここで、ライフサイクルと環境効率について考察する。環境効率 (EE: Eco-Efficiency) は、次式で表される。すなわち、

$$\text{環境効率 (EE)} = \frac{(\text{得られるサービス・機能})}{(\text{ライフサイクル環境負荷})} \quad (1)$$

である。ここで、ライフサイクル環境負荷は、その製品のライフサイクル全体を通じた累積環境負荷である。Fig. 2 に累積環境負荷の概念を示す。製造時の環境負荷 B_p 、使用時の環境負荷 B_U 、エンド・オブ・ライフでの廃棄物処理等による環境負荷 B_E 、リサイクルによる負荷の控除 ($-B_R$) により、ライフサイクルの環境負荷 B_L は、次式で表される。

$$B_L = B_p + B_U + B_E - B_R \quad (2)$$

ここで、使用時の環境負荷 B_U は、使用時のエネルギー投

入の流れ f に基づき決定されるが、 B_P , B_E , B_R は、当該製品の材料の種類と量に依存するものである。

従って、Fig. 3 に示すように、これらの環境負荷 B_U , B_P , B_E , B_R は、それぞれ $\Sigma f \cdot b_U$, $\Sigma m \cdot b_P$, $\Sigma m \cdot b_E$, $\Sigma m \cdot b_R$ で与えられる。ここで、 b は単位材料量あたりの負荷を意味している。このようにして、ライフサイクルデザイン型エコマテリアルは、どの環境負荷項目を低減したかで特徴付けされる。このライフサイクルデザイン型に加えて、機能対応型とシステム要素型のエコ効率についても検討を行った。これらの材料は、環境保全やエネルギー状況改善に関連するサービスを改善するもので、Fig. 4 にまとめて概念を示した。

3.1 低環境負荷履歴材料

低環境負荷履歴 (Green Environmental Profile) 材料は、資源採掘から素材製造までの製造段階での環境負荷の小さい材料である。再生力に優れた資源を使用した木質材料やバイオ

プラスチックは、枯渇性の資源である鉱石や化石燃料を元とした材料と比較して、環境負荷の低いエコマテリアルである。自然界で容易に再生される土をベースにしたソイルセラミックは、産業素材への再生資源活用への新しい取り組みである。これらは、式(1)の(得られるサービス・機能)を向上させ、人と環境に優しい社会を形成するために非常に有用であろう。産業での副生物や廃棄物を原料とした材料も環境負荷を低減する。これらは、地球環境圏からの資源消費を低減し、また地球環境圏に戻す物質も低減する。

典型的な例として、都市の汚泥や焼却灰から製造されるエコセメントがある。これは、セメント原料としての石灰石を削減でき、焼却灰の埋立量を削減できる。新しいプロセス開発によって環境負荷を低減した例は、TULC 缶と呼ばれるポリマー被覆スチール缶である。潤滑油の使用を無くしたドライな製造プロセスによって水の汚染を防止し、製造エネルギーを削減している。

3.2 有害物質フリー材料

Fig. 3 の物質の流れ m に関するエコマテリアルは、材料のエンド・オブ・ライフでの処理に必要なエネルギー負荷を低減するために、当然に有害物質フリーでなければならない。有害物質フリーは製品を製造する際の材料選択で、第一優先事項でなければならない。

鉛フリーはんだ、鉛フリー快削鋼や合金、クロムフリー表面処理鋼、無害な難燃材によるプラスチックなどは、このタイプの取り組みによって発展している典型的な例である。

鉛フリーはんだに関しては、米国、日本と EU でロードマップ作成のためのプロジェクトが結成され、種々のタイプの鉛フリーはんだが市場に提供されている。ギヤーや機械部品も、精密な切削加工を行うために切削時の潤滑材として鉛を含んでいるが、鉛フリー機械構造用鋼も開発され、鉛に代

Fig. 2 Accumulation of the environmental burden during the life of material.

Fig. 3 Simplified relation of the life-time environmental burden.

わる代替物質の使用やメカニズムの変更がなされている。電気亜鉛めっき鋼板表面のクロメート層は、極めて優れた耐食性を有しているが、自動車などのシュレッター工程や焼却時に極くわずかではあるが、酸化クロムの一部が六価クロムに変化する危険性を有していることが知られ、この対策として、鉄鋼メーカーは、Cr フリーのプリコート電気亜鉛めっき鋼板を開発した。また、耐熱性プラスチックは、有機ハロゲン系難燃剤を含むものであったが、ハロゲン系に代わって、シリコンベースの難燃剤が開発されている。

3.3 高リサイクル性材料

高リサイクル性は、産業用材料の分野で、もう一つ重要なキーワードである。高リサイクル性は、エンド・オブ・ライフでの処理の環境負荷を低減し、新しい材料の生産段階の負荷を低減する。回収システムおよびリサイクルのプロセス技術が、リサイクルに関する最大の問題点であると言える。

近年、リサイクル性を高めるように製品をデザインする環境設計への取り組みが重要視されている。この問題は、材料自体の設計にも同様な状況である。すなわち、ほとんど全ての材料は、表面処理や、合金元素の存在、塗装や接合など、何らかのマクロ的な複合材料であるからである。このような次第で、リサイクル容易設計は、材料技術分野でも極めて重要である。伝統的な合金設計手法は、多種類の添加元素を加えて品質を改善するものである。これらの添加元素はリサイクルの障害になり易い。このため、リサイクル性改善のための新しい取り組みは、添加元素にたよらず、微細組織制御を行うことで品質改善を行うものである。複合材料は、構成材料を分離しなければならず、一般的にリサイクルが困難であり、この改善が全く同一の化学組成で、異なる材質を有する複合材料の製造やリサイクル上問題のない化学組成を持った傾斜機能材料の製造が試みられている。なお、リサイクルを

容易とするための、例えば形状記憶材料を用いた「易分解性」を狙いとした材料などのアプローチも有り得るが、未だ製品技術としての開発途上にある。

3.4 高資源生産性材料

高資源生産性材料は、式(2)の B_U を低減する材料である。環境負荷 B_U は、その他の環境負荷と少し異なる意味がある。 B_U は、製品の使用段階でのエネルギーや燃料消費 f と強い関連を有するため、この環境負荷項目の低減は、製品の機械的あるいは熱的設計に密接に関連している。これは言い換えれば、高資源生産性材料とは、環境に貢献する設計を手助けする材料である。 f をエネルギーや燃料の投入量、 b_U を単位エネルギー消費あたりの環境負荷として、 B_U は $\sum f \cdot b_U$ で現されるから、 B_U の削減は、次の二つの方法で達成される。すなわち、単位サービス当たりの b_U を下げる方法と、 $(f/\text{service})$ を下げる方法である。

移動物質の軽量化は、 $(f/\text{service})$ を下げる典型的な例である。住宅の断熱も、快適な居住を得ながらエネルギー投入 f を低減するものである。単位サービス当たりの b_U を下げる材料としては、パワートレインシステムの改善に貢献する材料や期待の大きい燃料電池のような新しい静的なエネルギーシステムを実現する材料である。

4. 日本産業界のエコマテリアル

4.1 調査方法

従業員 5000 人以上の日本企業について、インターネットで Web-site を調査する方法により日本企業のエコマテリアルの現状調査を行った。各産業分野について、従業員数の多い企業から順次調査を進め、各企業のホームページおよび環境報告書から、エコマテリアルを選び出し、6 つの環境カテ

Fig. 4 Relation of the keywords of ecomaterials and the environmental burden in each life stage. “>” means the reduction of environmental burden in the life stage, and “<” means the improvement of the deduction of the recycling and increase of the service.

ゴリーに分類した。ホームページは、2001年にアップロードした内容であり、環境報告書は、2001年版に基づいている。ここでは上市されているエコマテリアルを対象として、開発中で市場に出ていないものは除いた。

本報では、これまでに調査を終了した70社について中間的な取りまとめを行い、16の産業分野に区分けして検討した。但し、ゴム系2社と製紙系1社および薬品系2社は、調査企業数が少ないため、とりあえず1グループにまとめた。各産業分野について、おのおのの環境カテゴリー毎にエコマテリアルの総数をその産業分野の企業数で割り、一社あたりの平均エコマテリアル数を求めた。

4.2 調査結果と検討

調査した70社の企業のうち、42社が英文環境報告書⁶⁻⁴⁷⁾を公表しており、材料に関する記述が見られた。10社は、和文の環境報告書⁴⁸⁻⁵⁷⁾だけが公表されていたが、エコマテリアルに関して記述が見られた。また別の10社は、環境報告書(和文)にエコマテリアルの記述がなく、各企業のホームページを調査して、エコマテリアルを調査した。残りの企業においては、環境報告書が作成されていないため、その企業のホームページから調査を行った。

これらの調査結果を Fig. 5 に示す。素材産業の5分野は、一企業あたりのエコマテリアル数(平均)で上位の10番以内に含まれている。これらの素材産業とは、鉄鋼、非鉄金属、化学、ICとコンピュータ、およびセメント業界である。素材産業は、エコマテリアルを論ずる上で非常に重要である。素材産業のエコマテリアルの特徴は、素材の種類によって決定され、その特徴は以下のようなものである。

鉄鋼産業

Pbフリー材料、クロメートフリー材料、塩素フリープラスチック系などの13種の有害物質フリー材料が、7社の企業によって生産されている。また、高資源生産性材料や低環境負荷履歴材料も多くの企業の研究開発によって生み出されている。高リサイクル性材料に関しては、7社の中でたった1社が、ステンレス製の機械を示しているだけであり、鉄鋼企業が鉄鋼材料それ自体をリサイクル性が優れていると認識して特別の配慮をしていないことを反映している。

非鉄金属産業

主に、ノンハロゲン材料、Pbフリー材料および塩素フリー材料の3種の有害物質フリー材料がこの業界で生産されている。

化学産業

多くの機能対応型材料が、この業界から市場に出されており、直接環境保護に役立っている。これらの典型的な例は、水や空気の浄化に役立つフィルター材料や触媒材料、吸着用活性炭素や水質浄化のための中空糸膜などである。省エネルギーに有用な材料も同様に多数見られる。

IC、コンピュータ部品業界

この業界では、有害物質フリー型材料に最も力を入れている。高リサイクル性材料および低環境負荷履歴材料は、主に製品の輸送用(梱包用など)に用いられている。高資源生産性材料は、まだ重要な製品に主要な部材として特記されるべき段階には至っていないようである。

セメント業界

種々の高品質で長寿命の高資源生産性型セメントが開発されている。高炉セメントのような廃棄物再利用型のエコマテリアルもいくつか上市されている。しかし、その他の型のエ

Fig. 5 Number of ecomaterials reported from each companies.

コマテリアルは認められない。

電気・電子業界、精密機械業界

パソコンやプリンターなどの場合に認められるように、この業界では、有害物質フリー型製品に最大の力点がおかれている。また、製品性能向上を目的として、高資源生産性材料も多数開発されている。日本の「家電リサイクル法」に対応するためには、部材の組み合わせと接合方法を改善する方向での設計の変更に力点がおかれているように見受けられる。このためか、高リサイクル型エコマテリアルがかなり少ない。

建設業界

建築構造物の長寿命化を図るための高資源生産性材料が多数見られる。低環境負荷履歴材料は、古くなったり使用されなくなった建築物などの建設廃材の再利用を促進する意味で使用されている。しかし、この建設廃材問題は未だ問題点が多く、今後一層の研究開発が必要で、早急な解決が望まれる。

その他

ゴム、製紙、製薬業界のエコマテリアルのパターンは、素材製造メーカーのパターンと類似している。住宅、自動車、機械製造企業などでは、エコマテリアルはあまり多くなく、これらの企業の地球環境問題への影響の大きさを考えると、一層の研究開発が必要である。

業界関係のまとめ

Fig. 6 に業界全体のエコマテリアルをまとめて示す。「有害物質フリー材料」と「高資源生産性材料」がそれぞれ約 30% を占め、多数である。次に、「低環境負荷履歴材料」が約 20% ある。「高リサイクル性材料」は、約 10% である。これは、これから日本がリサイクル型社会に移行して行こうとしている情勢を考慮すれば、期待に反した低さである。

「機能対応型材料」と「システム要素型材料」は、かなり低いレベルである。これらの材料に関しては、多種多様なプラントや産業プロセスの部材として組み込まれている多くの部材を Web-site ホームページに公開することが困難であることを考慮すると、本調査方法には、調査の限界があるかも知れない。

しかしその一方で、「機能対応型材料」が、Web-site ホームページに(企業の)宣伝材料として一定の割合を占めている事実も注目すべき点である。

これは、環境問題がもはや特定のプラントや装置に限定されるものではなく、消費者が日常的に使用する製品に密接に結びついていることを意味するものと考えて良い。また、期待に反して「高リサイクル性材料」が少ないことは、現在の物質循環形態が完全に変化する過程にあって、設計における材料の選択方法それ自体が変化の過程(まさに変化中)であることを意味しているのかも知れない。

Fig. 7 に、自動車、家電および建築物に関するエコマテリアルの適用状態を示す。自動車に関しては、燃費向上に関連する高資源生産性材料が、半分以上を占めている。一方、家電製品では、有害物質フリー材料が、ほぼ半分である。これは、消費者による家電製品の廃棄時の問題に対応していると見られる。建築物に関しては、(自動車と同様に)高資源生産性材料が見られ、その内容は、断熱や冷房などの熱的制御におけるエネルギー消費を低減するためのものである。また「低環境負荷履歴材料」がこの分野で約 30% と大きいことは、この分野での材料使用量が大きいことを示している。

Fig. 6 Share of each type of ecomaterials published in environmental reports and homepages in Japanese Companies.

Fig. 7 Comparison of the share of ecomaterials among several application.

このように、エコマテリアルの特徴は、その対象とする業界によってかなり異なる様相を示す。総合的に見ると、「ライフサイクルデザイン型」、「機能対応型」および「システム要素型」の大部分で整理して、「ライフサイクルデザイン型材料」が全体の96%を占めている。これは、「機能対応型」および「システム要素型」の材料が開発されていない、という意味では無い。そうではなく、ホームページ調査から、「機能対応型」および「システム要素型」の材料を整理して引き出すことの困難さを示すものである。これらの項目は、一般消費者向けというより、むしろ製品設計者に向けるべき技術情報であるから、Webには公開されないものであろう。

一方、「ライフサイクルデザイン型材料」は、環境問題対応材料として、一般消費者にしっかりと根を下ろし普及した、と言える。「機能対応型」および「システム要素型」の材料は、将来は一般消費者に理解され普及して、Web-site ホームページに公開されるような状態となることが望まれる。環境浄化に有用と期待され Web に公開されている例は、燃料電池の寿命延長などである。環境に優しいエネルギー装置が進歩して徐々に普及して行くことが、「機能対応型」および「システム要素型」の材料の役割が、一般消費者にとって理解されるようになるものと期待する。

これらは、エコ効率を考慮した際の「サービス」向上に役立つグループに入るので、将来、「機能対応型」および「システム要素型」の材料が製品の中で一般消費者にアピールする状態になった時には、これらの発展と普及が新しい段階に到達したと判断できるであろう。

5. 結 論

日本の市場において、エコマテリアルがどのように使われているか、を調査する目的で、企業の Web-site ホームページと環境報告書を調査し、エコマテリアルを選出し、「ライフサイクル」と「エコ効率」を考慮して分類した。「ライフサイクルデザイン型材料」がかなり普及して、これまで使用されてきた材料に代わって使用され、製品使用中の環境負荷を低下させている。

特に、「高資源生産性材料」と「有害物質フリー材料」が、高い比率を占めている。期待に反して、「高リサイクル性材料」は、一般消費者までの普及はなされていない。現状では、高リサイクル性は、材料技術ではなく、製品設計を通じて達成しようとしているように見受けられる。「機能対応型」および「システム要素型」の材料は、いまだ一般消費者に広く普及した状態ではなく、将来の発展が望まれる。

文 献

- 1) K. Halada and R. Yamamoto: Bull. Japan Inst. Metals **31**(1992) 505-511 [in Japanese].
- 2) K. Halada and R. Yamamoto: MRS Bulletin **26**(2001) 871-879.
- 3) World Resource Institute: *Resource Flows*, Washington D.C. (1977).
- 4) K. Halada, K. Ijima, N. Katagiri and M. Ohkura: J. Japan Inst. Metals **65**(2001) 564-570 [in Japanese].
- 5) K. Halada: Energy and Resources **23**(2002) 21-26 [in

- Japanese].
- 6) Nippon Steel: *Nippon Steel Environmental report 2001* (2001).
- 7) NKK: *2001 Environmental Report* (2001).
- 8) Kawasaki Steel Corp.: *Environmental report 2001* (2001).
- 9) Sumitomo Metals: *Environmental report 2001* (2001).
- 10) Kobe Steel: *Environmental Report 2001* (2001).
- 11) Nisshin Steel: *Environmental report 2000* (2001).
- 12) Hitachi Metals, Ltd.: *Environmental Report 2001* (2001).
- 13) Furukawa Electric: *Environmental Report 2001* (2001).
- 14) Mitsubishi Materials: *2000 Environmental Report* (2001).
- 15) Taiheiyō Cement: *Environmental Report 2001* (2001).
- 16) Mitsubishi Chemical Corp.: *Responsible Care Activities Report-RC Report FY2001* (2001).
- 17) Asahi KASEI Co. Ltd.: *Responsible Care Report: Environmental Preservation, Product Safety, Operational Safety and Health 2001 Edition* (2001).
- 18) Teijin Co., Ltd.: *Environment, Safety and Health: 2001 TEIJIN GROUP Report on the Environment, Safety and Health (Record for Fiscal 2000)* (2001).
- 19) Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.: *2001 Environmental Report* (2001).
- 20) Komatsu, Ltd.: *KOMATSU Environmental Activities 2001* (2001).
- 21) Kubota Corp.: *Environmental Report 2001* (2001).
- 22) Koyo Seiko Co.: *Environmental Report 2001* (2001).
- 23) NSK Ltd.: *Environmental Report 2001* (2001).
- 24) Canon Ltd.: *Canon Environmental Report 2001* (2001).
- 25) Olympus Optical Co., Ltd.: *Environmental Report 2001* (2001).
- 26) Seiko Epson Ltd.: *Seiko Epson 2001 Environmental Report* (2001).
- 27) Toyota Motor Corp.: *2001 Environmental Report* (2001).
- 28) Nissan Motors Ltd.: *NISSAN Environmental and Social Report 2001* (2001).
- 29) Honda Motors Ltd.: *Honda Environmental Annual Report 2001* (2001).
- 30) AISIN SEIKI Co., Ltd.: *Environmental report 2001* (2001).
- 31) Fuji Heavy Industries Ltd.: *2001 Environmental Report* (2001).
- 32) Kyocera Corp.: *2001 Environmental Report* (2001).
- 33) Toppan Printing Co., Ltd.: *Toppan Environmental Report 2001* (2001).
- 34) TDK Corp.: *TDK's Environmental Report 2001* (2001).
- 35) Hitachi Group: *Hitachi Group Environment report 2001* (2001).
- 36) Toshiba Corp.: *Toshiba Environmental Report 2001* (2001).
- 37) Mitsubishi Electric Co., Ltd.: *Environmental Sustainability Report 2001* (2001).
- 38) Ricoh Co., Ltd.: *Ricoh Group Sustainability Report 2001* (2001).
- 39) Omron Corp.: *Environmental Report 2001* (2001).
- 40) Yokogawa Electric Corp.: *Yokogawa Group Environmental Report 2001* (2001).
- 41) Fuji Xerox Co., Ltd.: *Environmental Report 2001* (2001).
- 42) Matsushita Electric Group: *Environmental Sustainability Report 2001* (2001).
- 43) Sharp Corp.: *SHARPS Environmental Report 2001* (2001).
- 44) Pioneer Corp.: *Environmental Report 2001* (2001).
- 45) Fujitsu Ltd.: *2001 Environmental Report* (2001).
- 46) NEC Corp.: *Annual Environmental Report 2001* (2001).
- 47) TERUMO Corp.: *TERUMO Environmental Report 2001* (2001).
- 48) Victor Company of Japan, Ltd.: *Environmental Report 2001* [in Japanese], (2001).
- 49) Yamaha Corp.: *Environmental data sheet 2001* [in Japanese], (2001).
- 50) Hitachi Cable Ltd.: *Environmental Report 2001* [in Japanese], (2001).
- 51) Sumitomo Osaka Cement: *Environmental Report 2001* [in Japanese], (2001).
- 52) Ube Group: *Responsible Care Report 2001, The UBE Group Working for the Environment, Safety and Health* (2001) [in Japanese].
- 53) Mitsubishi Rayon: *Environmental and Safety Report 2001* [in Japanese] (2001).
- 54) Bridgestone Co., Ltd.: *Environmental Report 2001* [in Japanese], (2001).
- 55) Yokohama Rubber: *Environmental Report 2001* [in Japanese], (2001).
- 56) Oji Paper Co., Ltd.: *Environmental Report 2001* [in Japanese], (2001).
- 57) Sankyo Co., Ltd.: *Environmental Report 2001* [in Japanese], (2001).