

## ライフサイクルアセスメント・産業連関分析法による 環境汚染物質インベントリデータの構築

Embodied Emission Intensities of Toxic Substances based on an Input-Output table

小林由典 春木和仁

In this paper, a procedure of estimating embodied emission intensities of toxic substances regulated by the PRTR law is presented. The procedure based on PRTR data and an Input-Output(I-O) table consists of the following 3 steps. (1) Direct emissions of toxic substances based on I-O categories are estimated by allocating PRTR data to the I-O categories. (2) The I-O table is modified according to the results of investigating the industries responsible for the emissions of toxic substances. (3) Total emissions of the toxic substances are estimated by using a Leontief inverse matrix. This procedure has been applied to calculating the embodied intensities of lead emissions to water, air and soil systems and to landfill.

キーワード：LCA, 産業連関分析法, 排出原単位, 環境汚染物質排出移動登録, 鉛排出量

Keywords : LCA, Input-Output Analysis, Embodied Emission Intensity, Pollutant Release and Transfer Resister (PRTR), Lead Emission

### 1. はじめに

資源循環型社会の構築に向けて、3R（リデュース、リユース、リサイクル）を考慮した環境調和型製品の企画・設計が重要となっており、製品のライフサイクルにわたる環境負荷を評価するライフサイクルアセスメント（LCA；Life Cycle Assessment）手法の適用が製品設計段階において検討されている。LCAのインベントリデータ作成方法には、積み上げ法と産業連関分析法（Input-Output Analysis, 以下I-O法）の2つが知られている<sup>(1)</sup>。積み上げ法は、評価対象システムの全ライフサイクルプロセスを網羅するインベントリデータを収集し、環境負荷を算出する。しかし、全プロセスにわたるインベントリデータを収集することは非常に困難であり、現実的に把握可能な範囲をシステム境界とすることになるが、それでもLCA手法の専門家ではない製品設計者にとっては、LCA実施に莫大な労力と費用を費やすことになる。このような背景から、LCA実施が比較的容易であるI-O法の適用が提案されている<sup>(2,3)</sup>。

I-O法を適用した数多くのLCA評価事例では、インベントリ項目としてエネルギー消費量および二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量に焦点を当てている。これら2つのインベントリは、地球環境負荷を示した代表的な指標であるが、環境負荷の一側面を捉えているにすぎない。「製品等ライフサイクル環境影響評価手法技術開発」(通称; LCAプロジェクト)において、日本版被害算定型影響評価手法が開発されたが、環境劣化に伴って被害を受ける対象(エンドポイント)として人間健康や生態系を設定している<sup>(4)</sup>。人間や生態系への影響を評価するインパクト評価の実施には、重金属等の有害化学物質のインベントリデータが望まれるが、そのためのインベントリデータは整備されているとはいえない状況にある。製品設計者が効率よく製品LCAを実施するためには、各種インベントリのバックグラウンドデータの整備が必要であることがわかってきた。

本稿では、人間の健康と生態系に被害を及ぼす代表的な化学物質として鉛を取り上げ、産業連関表(I-O表)を活用したバックグラウンドデータ整備について述べる。鉛は、製造業において多分野にわたり使用されており、多くの製品に含有されるため、その取扱量は大きい。また、その毒性が高いため、環境中への放出が規制されており、各事業所では排出基準以下となるように排出状況を把握しなくてはならない。平成11年、化学物質排出把握管理促進法が公布され、わが国にもPRTR(Pollutant Release and Transfer Register; 環境汚染物質排出移動登録)制度が導入され、指定された化学物質を製造または使用している事業者に対して、それらを環境中に排出した量と、廃棄物として処理するために事業所の外へ移動させた量とを自ら把握し、年一回行政機関に対して届け出を義務付けている。このように、各事業所から公表された化学物質の排出量および移動量は、フォアグラウンドデータとして活用することが可能であるが、バックグラウンドデータとしての活用も期待できる。

以下、第二章において、PRTRデータをI-O表に適用する際の整合性を確認し、第三章において排出原単位を算出する手順を提示する。各産業の直接排出量のみならず、産業間で移動する取扱量とI-O表を活用した間接的な排出量までも考慮したインベントリデータを構築する手順である。最後に、第四章では鉛の排出原単位を算出する。

## 2. PRTRデータとI-O表

### (1) PRTRデータ

PRTR制度においては、354種類の化学物質が第一種指定物質となっており、これらの移動量及び排出量の把握・届出を行う。日本においては、平成9年から一部の地域を対象としてPRTRパイロット事業が始まり、各地域の代表的な事業所を対象としたデータ収集が行われてきた。この経験を踏まえて、平成11年に「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」が制度化された。平成14年4月から第1回目の届出が始まっており、その集計結果は国に

より平成15年3月に公表・開示されている。その後、毎年度、実施されており、今後、PRTRデータのデータベース化が進むことが考えられる。

このような各事業所における環境汚染物質の排出量データは、各事業所で製造・生産している製品・部品・材料・サービスに関するLCAのフォアグラウンドデータを作成するために利用することが考えられる。一般に、PRTRデータは、事業所単位・施設単位で集計される。各プロセスについてデータ収集が行われていれば、事業所単位・施設単位に集計する前の個別プロセスのデータが利用可能である。事業所内において製造されている製品が複数存在する場合には、環境汚染物質排出量の割り当てを行う必要がある。これは、LCAにおける配分（アロケーション）の問題である。アロケーション手法としては、製品の価格により排出量を割り当てる経済価値配分や、製品質量によって排出量を割り当てる物量配分などが知られている。事業所内の製造プロセスごとに各環境汚染物質の排出量が把握可能な場合を除き、このようなアロケーション手法を用いて、各製品の製造プロセスにおける環境汚染物質排出量を把握することになる。この結果求められる排出量データは、LCAにおける製造段階のインベントリデータとして利用可能である。

さらに、PRTRデータをI-O表と整合させることにより、産業間の環境汚染物質の流れを考慮することが可能であり、バックグラウンドデータとして活用可能となる。これにより、各プロセスからの直接排出される環境汚染物質排出量だけでなく、排出量の把握が困難な他事業所・他産業における間接的な排出量まで把握することができる。

## (2) I-O表との整合性

PRTRデータをI-O表分類と整合させるためには、幾つか注意すべき点がある。これは、以下に示すようなI-O表の特性に起因している。

第一に、I-O表は国内産業を全て網羅したマトリクスであり、輸入財の海外における生産工程は対象外である。そのため、輸入財の取り扱いに注意を要する。筆者らは、海外生産工程における環境負荷を取り込む手法を提案し、幾つかの輸入原材料を対象としたインベントリデータを作成している<sup>(5)</sup>。また、産業構造の違いや輸出入の状況を反映させるために、日米I-O表やアジア地域I-O表といった各国のI-O表を組み合わせた国際I-O表の作成が行われているが、現在このようなI-O表はLCAツールで利用できる形にはなっていない。

第二に、I-O表は、国内産業を財の種類によって分類した独自分類で構成されている。そのため、他統計表との整合性に注意を要する。これまで、エネルギーに関しては数多くの推定がなされているが、各種工業統計データをI-O表分類に変換している<sup>(6)</sup>。

第三に、I-O表は国内産業を約400部門にまとめており、一部門多財で構成されている。そのため、各部門への投入量や生産額は、各部門に含まれる財の平均的な値である。ある部門に含まれる特殊な財を明示的に扱うためには、その部門の詳細化が必要となる。筆者らは、温室効果ガスの扱

いに関して、関連部門を詳細化した例を報告している<sup>(7)</sup>。

第四に、I-O表は投入先ごとに単価が異なる一財多価の財を金額表示したマトリクスである。事業用電力はその典型的な財であり、大口需要と小口需要とでは単価に差があるため、平均的な単価を用いた場合には、現実の環境負荷と大きな開きが生じる<sup>(8)</sup>。

第一の特性は、LCAにおけるバウンダリの問題として解釈される。また、第二から第四までの特性は、各部門において直接排出される環境負荷の推計方法を精緻化するという点に集約され、LCAにおけるアロケーション問題として解釈される。なかでも、PRTRデータとの整合性に大きく関連するのは、第二および第三の特性である。事業所単位、施設単位、製品単位での排出量データを、I-O表独自分類に対応させる必要がある。また、I-O表は「一部門多財」であるために、一部門の中に複数の用途が含まれていることが多く、対象物質の用途に合わせた部門詳細化が必要となる。I-O表の部門詳細化を行う場合には、I-O表は金額ベースのマトリクスであるために、経済価値による配分が一般的であるが、物量配分を併用することも可能である。

### 3. I-O法による排出原単位の算出

図1に、I-O表を利用した環境汚染物質排出原単位の算出手順を示す。

排出原単位の算出は、大きく分けて3つのステップから構成される。まず、アロケーション手法を用いて、各事業所からのPRTRデータをI-O表分類に変換する(STEP1)。これにより、各I-O表分類における環境汚染物質の直接排出量が推計できる。次に、環境汚染物質に関連するI-O表分類に関して部門詳細化を行う(STEP2)。これにより、環境汚染物質を排出するプロセスにおける直接排出量を詳細に割り当てることが可能となり、より現実に即した排出量を推計できる。

最後に、I-O表による国内産業全体への波及効果を加味した排出原単位を算出する(STEP3)。一般に、I-O法では式1により環境負荷排出原単位 $\varepsilon$ を算出する。式1は、各部門において直接排出される環境負荷 $E$ に加えて、国内産業全体への波及効果による間接的な排出までを含めた環境負荷排出原単位を算出するものである。

$$\varepsilon = E \times (I - A)^{-1} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $E$ ：直接排出係数マトリクス、 $I$ ：単位マトリクス、 $A$ ：I-O表投入係数マトリクスである。

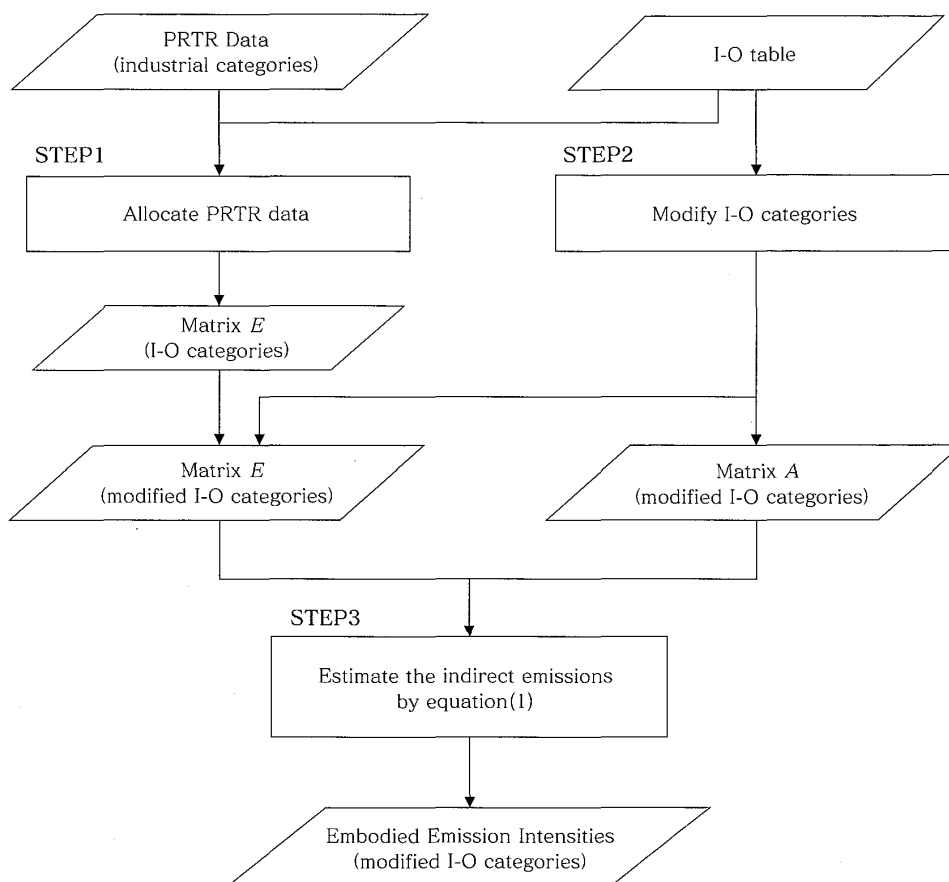


図1 PRTRデータとI-O表を用いた環境汚染物質の排出原単位算出手順

Fig.1 Procedure of computing the embodied emission intensities of toxic substances using PRTR data and an I-O table

#### 4. 鉛の排出原単位の算出

以下では、図1に示す手順に従って鉛の排出原単位を推計する。

##### (1) 排出量の配分 (STEP1)

PRTRデータから直接排出係数マトリクスEを推計するため、PRTRデータをI-O表分類に割り当てる。本稿においては、PRTRデータとして、(独)製品評価技術基盤機構がWWWホームページで公開している「化学物質排出把握管理促進法－平成15年度集計結果」の「PRTRデータの概要(平成15年度)－データ編」<sup>(9)</sup>を用いる。対象化学物質は、化学物質排出把握管理促進法施行令で第一種指定化学物質として指定されている354物質である。対象事業者は、対象化学物質を取り扱う事業者や、環境へ排出することが見込まれる事業者のうち、従業員数が21人以上であって、製造業など23業種に属する事業を営み、かつ、年間取扱量が1トン以上などの要件に該当するものである。

表1 鉛およびその化合物の排出状況（平成15年度集計結果）

Table 1 Lead emissions in 2003

Industrial Category (mediumlevel)	Lead released to the environment [kg/FY]				Lead transferred [kg/FY]		The number of sites
	Air	Water	Soil	Landfill	Waste	Sewage	
Metallic ore	0	202		85,2027	0	0	17
Textile	0	0		0	76	0	226
Chemical	113	113		0	282,905	31	2231
Oil/Coal product	0	0		0	317	0	178
Plastic	145	9		0	132,838	3	944
Rubber	7	0		0	19,449	0	286
Ceramic, stone & clay	7054	1,283		96	487,320	18	512
Iron & steel	1,996	1630		6,800	4,020,043	0	342
Non-ferrous metal	22,595	9,758		9,025,643	795,409	55	546
Metal product	7,191	35		0	275,528	24	1652
General machine	2,386	5		0	70,368	1	696
Electrical device	994	280		0	134,3786	80	1552
Transport equipment	7,920	55		0	219,518	7	1151
Precision machine	56	2		0	32,846	1	238

本稿では、平成15年度の値を代表値として採用する。「化学物質排出把握管理促進法平成15年度集計結果」は、全国の対象事業者から都道府県へ届けられた41,079事業所の排出量・移動量を集計したものである。

表1は、平成15年度集計結果「全国の業種別の届出排出量・移動量」に記載されている「鉛およびその化合物」の排出量および移動量を示している。本稿においては、移動量は、処理施設に運ばれた後に適切な処置が施されると仮定し、表1における排出量のみを対象として、図2に示す方法により、I-O表分類別の鉛排出量を推計する。

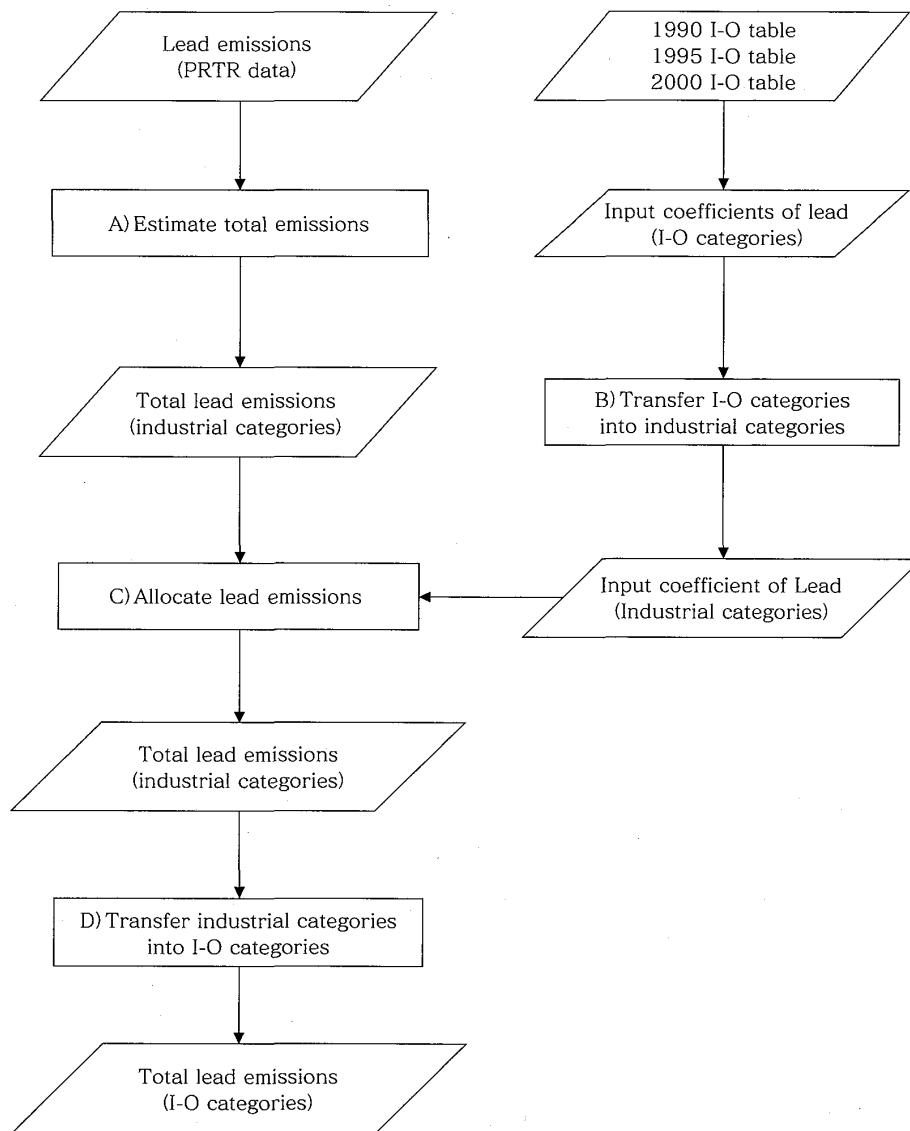


図2 鉛排出量データのI-O表分類への適用

Fig.2 Process of modeling an I-O table for lead emissions

A) 日本全体の排出量の推計

表1に示した排出量は、届出事業者のみを対象としているため、日本全体の排出を網羅していない。しかし、全国の届出外排出量は、1%程度とされており、本稿では、対象届出事業者の排出量を日本全体の排出量と見なした。

B) 鉛の産業別投入金額の推計

表1の排出量を利用して直接排出マトリクスを作成するためには、工業統計分類からI-O表分類に変換する必要がある。表1のデータは、工業統計分類の中分類ごとに集計されているが、細分類レベルまで詳細化することができれば、I-O表に付帯されているコード対応表<sup>(9)</sup>により、I-O表分類

に変換可能である。中分類に含まれている全ての細分類から一様に鉛が排出されているとは限らないため、細分類レベルの鉛排出状況を特定することが望ましい。そこで、細分類レベルの鉛排出状況を、I-O表における鉛の投入状況から推定する<sup>(10,11,12)</sup>。すなわち、I-O表における鉛部門の投入先部門では、鉛の使用および排出があると考えられるため、I-O表における鉛投入先部門を、I-O表付帯のコード対応表により工業統計細分類へと変換し、工業統計細分類別の鉛投入金額を算出する。

#### C) PRTRデータの細分化

経済価値に基づくアロケーションにより、PRTRデータを工業統計中分類から細分類へ詳細化する。すなわち、A)で推定した排出量を、B)で算出した細分類の鉛投入金額に応じて、各細分類に配分する。この方法は、同じ中分類に含まれる細分類は全て同じ排出状況にあることを仮定していることになるが、B)において鉛投入部門を特定しているため、鉛を使用していない部門には排出量が配分されない。これにより、工業統計細分類ごとの鉛排出データが推計される。

#### D) I-O表分類への変換

工業統計細分類ごとの鉛排出量をコード対応表によりI-O表分類へ変換する。これにより、I-O表分類別の鉛排出量を算出することが可能となる。

#### (2) 鉛のI-O表分類詳細化 (STEP2)

次に、I-O表分類の詳細化を行う。表2に示すように鉛の用途は多種多様であり、I-O表分類は鉛の各用途に一对一で対応していない。これらの用途を正確に表現するためには、各用途に対応可能なレベルにまでI-O表分類を詳細化する必要がある。本稿においては、以下の変更によりI-O表分類を詳細化する。

- ・「その他無機顔料」部門から、リサーチ、黄鉛を取り出して、鉛関連の無機顔料部門を独立させる。
- ・「その他ガラス製品」部門から「鉛ガラス」部門を取り出して独立させる。
- ・「陶磁器」部門の中から、「セラミックス」部門を独立させる。
- ・「鉛・亜鉛」部門を、「鉛」、「はんだ」、および「亜鉛」に分割する。
- ・「その他非鉄金属素形材」部門から、「銅製品」を独立させる。
- ・「その他非鉄金属製品」部門を、「鉛管・鉛板」、「合金」、「その他非鉄金属製品」に分割する。
- ・「電子管」部門から、「ブラウン管」部門を独立させる。
- ・「電池」部門から、「鉛蓄電池（自動車用）」、「鉛蓄電池（二輪自動車用）」、「鉛蓄電池（小型シール）」、「鉛蓄電池（その他）」をそれぞれ独立させる。

以上のようにI-O表分類の部門詳細化を行い、鉛に関連のある部門だけに排出を割り当てた。各種鉛蓄電池のように、利用量が明確な場合には、物量按分を採用して排出量を割り当てた。このように詳細化した412×412のマトリクスから、式1におけるマトリクスAを作成する。



表2 鉛の用途分類とその内訳

Table 2 Categories of products contained lead

Category	Industrial Product Items
Battery	Automobile, Motorcycle, etc
Inorganic Chemical	TV & computer, Vinyl chloride resin, Paint, Electrical wire cable, Optical glass, etc.
Solder	Household appliance, Communication equipment, Automobile, Electronics Packaging, etc.
Tube & Plate	Lead tube, Lead plate
The Others	Non-ferrous metal products, Metal container and fabricated plate and sheet metal, Glass products, Internal combustion engines for automobile and part, Electron tube, Rolled and drawn copper and copper alloy, Cement product, Newspaper, Ordnance, Gas/oil appliance and heating/cooking apparatus, Non-ferrous metal casting and forging, Electric wire and cable, Bearing, Rope and net, Printing, etc.

## (3) 鉛の排出原単位の算出 (STEP3)

投入係数マトリクスAをもとに、逆行列係数マトリクスを求める。詳細化した投入係数マトリクスを用いることにより、鉛関連部門の投入先についても実際に投入されている部門に限定することが可能であり、より現実に近い国内産業間の波及効果が算出可能となる。式1に基づき、各種マトリクスを用いて鉛の排出原単位を算出する。

表3は、鉛排出原単位の算出結果であり、詳細化したI-O表412分類から、大気、水域、埋立への少なくとも一つの鉛排出原単位が大きい部門を示している。これらの値は、各財・サービスが一単位生産されるまでに排出される鉛の総排出量である。排出区分は、大気、水域、土壌、埋立となるが、土壌への排出原単位は他と比べて小さいため、表3では省略した。

表3 鉛排出原単位 [g/百万円]

Table 3 Embodied intensities of lead emissions [g/million yen]

I-O code	Name of Sector	Air	Water	Landfill
611010	Metallic ores	0.03	13.71	57699.57
20290102	Inorganic pigments (inc. lead)	0.39	0.77	2179.37
2029099	Other industrial inorganic chemicals	0.82	0.85	2168.22
25190901	Other glass products (inc. lead)	6.42	1.23	155.91
2611011	Pig iron	0.07	3.15	13127.42
2611021	Ferro alloys	0.99	2.69	8100.32
2611031	Crude steel (converters)	0.09	1.90	7778.23
2621010	Hot rolled steel	0.20	1.08	3964.57
2623011	Cold-finished steel	0.43	0.87	2358.61
2711011	Copper	2.58	8.12	30509.70
27110201	Lead (inc. regenerated lead)	0.11	2.50	10335.58
27110202	Solder	45.73	22.20	28559.21
27110203	Zinc	0.11	2.50	10335.58
2711099	Other non-ferrous metals	3.94	6.97	23676.92
2721021	Optical fiber cables	7.95	3.41	3134.55
2722011	Rolled and drawn copper and copper alloys	1.45	0.62	576.63
27220301	Copper castings and forgings	1.49	1.27	3203.41
2722041	Nuclear fuels	2.29	4.04	13709.36
27220991	Lead tube and plate	8.99	5.83	11751.14
27220992	Other non-ferrous metal castings	1.43	2.57	8739.19
2899030	Plumber's supplies	2.41	0.46	1447.03
34210201	Batteries	0.88	0.87	2319.80

34210202	Lead batteries (automobile)	1.41	1.01	2319.80
3421099	Other Electrical devices and parts	0.73	0.97	3056.92
3622011	Aircrafts	2.04	0.12	303.07
3622101	Repair of aircrafts	1.72	0.08	192.08
3629011	Bicycles	3.85	0.13	271.33
3919041	Jewelry and adornments	0.63	0.69	2251.12
5211031	Sewage disposal	0.04	11.47	83.10

表3によると、鉛の排出は埋立が最も大きな比率を占めている。非鉄金属製造業に分類される部門の排出原単位は、埋立だけでなく、大気、水域においても大きいことが分かる。これは、直接排出の推計に用いている表1のPRTRデータにおいて、非鉄金属製造業からの排出量が他業種と比較して大きいためである。鉛蓄電池、鉛玉、快削鋼、合金などの加工による排出の影響であると考えられる。また、直接排出がない部門や、鉛の使用がはんだに限定されている産業用機械、民生用機器の部門は、総じて排出原単位は小さい。

## 5. おわりに

鉛を一例として排出原単位を算出することで、いくつかの課題と本手法の可能性がより明確になった。提案する手法の特徴は、PRTRデータを利用するために、I-O表分類を独自に詳細化している点にある。これにより、化学物質と関係のないI-O表部門への非現実的な波及効果を補正することができるようになり、LCAのバックグラウンドデータとしての有用性も高まると考えられる。ただし、以下のような課題も残されている。

第一に、データ精度の問題である。鉛排出量の推計に用いた集計結果は、全事業所は網羅していない。また、工業統計中分類レベルの粗い分類でまとめられている。そのために、幾つかの仮定下で鉛排出量を推定しており、他の環境汚染物質に関しても同様に精度向上が問題になる。第二に、環境影響評価の問題である。環境汚染物質の影響評価には排出経路や地域性などの考慮が必要不可欠である。事業所別のPRTRデータを用いて、インパクト評価手法により環境影響評価を行い、その結果を提案手法によって統合することにより地域別の環境影響ポテンシャルを加味することが可能である。

本稿においては、I-O法の波及効果を適用することにより上流工程の鉛排出量を推計している。上流工程の産業が大きな規模で排出していることから、製品LCAを検討する際、その製品の組立工程を精査するよりも、製品中に含まれる購入部品の鉛含有量を正確に把握するべきであることが分かる。製品中の環境汚染物質の使用量に関するデータ収集が重要となる。今後は、企業におけるグリーン調達によって、製品組立工程よりも上流の材料・部品の製造工程における排出状況の把握および排出削減が進めていく必要がある。

本稿においては、移動量に関しては扱わなかったが、廃棄物に関して詳細に検討する必要がある。それは、廃棄物処理業は、小規模な業者が多く、環境汚染物質の排出量が届けられていないことも考えられるからである。さらに、廃棄物処理段階の排出量を正確に把握し、波及効果による間接的な排出量も検討したい。なお、廃棄物処理による波及効果は、従来のI-O表では表現できない。CO<sub>2</sub>などをインベントリとした廃棄物産業連関表<sup>(3)</sup>の構築が行われており、環境汚染物質についても同様に検討できるものとする。

今後、鉛以外の環境汚染物質にも本手法を適用し、I-O法をベースとしたインベントリデータの構築方法を発展させていきたい。

## 文 献

- (1) 社団法人産業環境管理協会：「LCA日本フォーラム報告書」, LCA日本フォーラム報告書, p43 (1997)
- (2) Y. Kobayashi, K. Haruki, M. Oguchi, H. Kagami, H. Suzuki: "A New LCI Database Developed for LCA Support Tool "Easy-LCA for Web" ", Proc. of the Fifth Int. Conf. on EcoBalance. pp.345-348 (2002)  
小林由典・春木和仁・小口正弘・加賀見英世・鈴木春生：「産業連関表をベースとした環境負荷データベースの構築とLCA支援システムEasy-LCA」, 第5回エコバランス国際会議講演集, pp.345-348 (2002)
- (3) Y. Kobayashi, H. Suzuki, H. Kobayashi: "An LCA software tool "Easy-LCA" based on an environmental IO table", Journal of Life Cycle Assessment, Japan, vol.1, No.2, pp.129-133 (2005)  
小林由典・鈴木春生・小林英樹：「環境IO応用LCAソフトウェアEasy-LCA」, 日本LCA学会誌, Vol.1, No.2, pp.129-133 (2005)
- (4) 社団法人産業環境管理協会：「平成13年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発成果報告書」(2002),
- (5) Y. Kobayashi, K. Amemiya, H. Kagami, and K. Haruki: "Performance evaluation analysis for a Life Cycle Assessment Method based on Economic Input-Output

- Tables” , T. IEE Japan, Vol.121-C, No.12, pp.1957-1962(2001) (in Japanese)  
小林由典・雨宮久美子・加賀見英世・春木和仁：「産業連関データベースに基づくLCA手法の性能評価分析」, 電気学会論文誌, Vol.121-C, No.12, pp.1957-1962 (2001)
- (6) K. Nansai, Y. Moriguchi, and S. Tohno: “Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan Using Input-Output tables (3EID)” , CGER-REPORT-D031-2002 (2002)  
南齋規介・森口祐一・東野達：「産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID) - LCAのインベントリデータとして-」, CGER-D031-2002 (2002)
- (7) Y. Kobayashi, M. Oguchi, K. Amemiya, H. Kagami, and K. Haruki: “Greenhouse Gas Emission Intensities Based on Economic Input-Output Tables and Case Studies of Product LCA” , T. IEE Japan, Vol.123-C, No.3, pp.617-622 (2003) (in Japanese)  
小林由典・小口正弘・雨宮久美子・加賀見英世・春木和仁：「産業連関分析法による温室効果ガス排出原単位の推計と製品LCAへの適用」, 電気学会論文誌Vol.123-C, No.3, pp.617-622 (2003)
- (8) H. Hondo and Y. Uchiyama: “Development of Practical Inventory Analysis Using an Input-Output Table—Allocation Problem by Multi-Prices of a Commodity and Procedure for Combining Process with Input-Output Analysis” , Journal of the Japan Institute of Energy, Vol.78, No.10, pp.861-868 (1999) (in Japanese)  
本藤祐樹・内山洋司：「産業連関表を用いた実用的なインベントリ分析手法の確立——財多価による配分問題および積み上げ法との融合方法——」, 日本エネルギー学会誌, 第78巻第10号, pp.861-868 (1999)
- (9) 独立行政法人製品評価技術基盤機構：「化学物質排出把握管理促進法—平成15年度集計結果」 (2005) ([http://www.prtr.nite.go.jp/prtr/total\\_indexh15.html](http://www.prtr.nite.go.jp/prtr/total_indexh15.html))
- (10) Management and Coordination Agency Government of Japan: “1990 Input-Output Tables Data Report (1)” (1994) (in Japanese)  
総務庁：「1990年産業連関表 計数編 (1)」(1994)
- (11) Management and Coordination Agency Government of Japan: “1995 Input-Output Tables Data Report (1)” (1999) (in Japanese)  
総務庁：「1995年産業連関表 計数編 (1)」(1999)
- (12) Ministry of Public Management Home Affairs, Posts and Telecommunications Japan: “2000 Input-Output Tables Data Report (1)” (2004) (in Japanese)  
総務省：「2000年産業連関表 計数編 (1)」(2004)
- (13) S. Nakamura: “Input-Output Analysis of Waste Treatment and Recycle” , Vol.11, No.2, pp.84-93 (2000) (in Japanese)

中村慎一郎：「廃棄物処理と再資源化の産業連関分析」, 廃棄物学会論文誌, 11巻, 第2号,  
pp.84-93 (2000)