

平成 28 年度 環境経済の政策研究

資源循環に係る環境効率に関する調査・検討
研究報告書

平成 29 年 3 月

立命館大学

地球環境戦略研究機関

東京大学

東京農工大学

リサイクル適性の表示：印刷用の紙へリサイクルできます。

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを用いて作製しています。

目次

I 研究計画・成果の概要等	1
1. 研究の背景と目的	2
2. 3年間の研究計画及び実施方法	2
3. 3年間の研究実施体制	4
4. 本研究で目指す成果	4
5. 研究成果による環境政策への貢献	5
II 平成28年度の研究計画および進捗状況と成果	7
1. 平成28年度の研究計画	8
2. 平成28年度の進捗状況および成果(概要)	8
3. 対外発表等の実施状況	13
4. 平成28年度の進捗状況および成果(詳細)	15
4.1 既存の環境効率指標の事例収集と分析	15
(1) GHG プロトコル SCOPE 3 の考え方	15
(2) 海外のミクロ(企業レベル・製品レベル)の事例	19
4.2 物質1単位あたりの環境負荷・環境影響の試算	22
(1) システム境界の設定と環境影響の配分方法	22
(2) 対象物質の選定	24
(3) 対象物質1単位あたりの環境影響の試算	35
4.3 日本の物質利用データの整備	47
4.4 日本の物質利用に伴う総環境負荷・環境影響の推計	53
(1) 推計方法	53
(2) 全対象物質の推計結果	53
(3) 生物資源に関わる対象物質の推計結果	56
(4) 化石資源に関わる対象物質の推計結果	61
(5) 金属鉱物資源に関わる対象物質の推計結果	66
(6) 非金属鉱物資源に関わる対象物質の推計結果	69
4.5 関連するマクロな統計との比較・検証	73
4.6 本年度の成果のまとめ	73
III 今後の研究方針	75
IV 添付資料	77
参考文献	78

I 研究計画・成果の概要等

1. 研究の背景と目的

第四次環境基本計画では、「環境と社会経済の関係を端的に表す指標」として「環境効率性を示す指標」や「資源生産性を示す指標」が挙げられている。前者については、当面「二酸化炭素排出量÷GDP」を用いることとしているが、生産量ベースでの指標や他の環境負荷(大気環境、化学物質など)の環境効率性についての検討が課題となっている。また、後者についても、少量だが有害な物質の影響や希少金属の価値が過小評価されるなどの課題が指摘されている。一方、「資源生産性」を重要な指標の1つとして採用している第三次循環型社会形成推進基本計画では、今後の検討課題等の一つとして、環境負荷と財・サービスの付加価値の間の効率性を測る環境効率指標を挙げている。

これに関して欧州では、「資源生産性(resource productivity: €/kg)」と「環境効率(eco-efficiency: €/impact)」の両者を「資源1単位あたりの環境影響(resource specific impact: impact/kg)」で関連づけて検討する方向にあるが、そうした手法の開発は未だ諸に着いたばかりである。数少ない既存研究においても、資源のライフサイクルのどの段階で物質を定義するか(ダブルカウントをどう回避するか)、各物質へ環境負荷をどのように配分するか、製品使用時の環境負荷をどう考えるか等の課題があり、さらなる検討が必要な状況にある。

以上のようなことから、本研究では、「物質1単位あたりの環境影響(resource specific impact: impact/kg)」を試算し、日本の「環境効率(eco-efficiency: yen/impact)」を時系列で推計するとともに、その変化の要因分析を行うことを目的とする。具体的には、

- (1) 既存の環境効率指標の事例収集と分析：既存の環境効率指標についてマクロ(国レベル)からミクロ(企業レベル・製品レベル)に至る事例を収集し、その定義・計算手法に着目した整理・分析を行う。
- (2) 物質1単位あたりの環境負荷・環境影響の試算：対象物質の選定と対象物質ごとのシステム境界の設定を行い、ライフサイクルアセスメント(LCA)を援用して、物質1単位あたりの環境負荷・環境影響を試算する。
- (3) 日本の環境効率の時系列推計：上記(2)を用いて日本の物質利用に伴う総環境負荷・環境影響を推計するとともに、これを関連するマクロな統計と比較・検証し、日本の環境効率を時系列で推計する。
- (4) 日本の環境効率の推移の要因分析：推計した環境効率の時系列変化がどのような要因(財・サービスの環境効率の変化、最終需要構造の変化、輸入性向の変化等とそれらに影響を与えた政策)に基づくものであったかを分析する。

2. 3年間の研究計画及び実施方法

本研究の構成は図I.2(1)に示すとおりであり、これを表I.2(1)に示す工程で実施していく。

(1) 既存の環境効率指標の事例収集と分析

既存の環境効率指標についてマクロ(国レベル)からミクロ(企業レベル・製品レベル)に至る事例を収集し、整理・分析を行う。マクロ(国レベル)については欧州での研究事例を対象に、特にシステム境界の設定に着目した整理・分析、ミクロ(企業レベル・製品レベル)については企業の環境報告書や学術論文を対象に事例を収集し、その定義・計算方法に着目した整理・分析を行う。

(2) 物質1単位あたりの環境負荷・環境影響の試算

①対象物質の選定と対象物質ごとのシステム境界の設定

資源のライフサイクルのできるかぎり上流側で対象とする資源・物質を選定する。また、各資源・物質が他のどのような資源・物質と結びつき、どのような製品になるのかについて把握し、ダブルカウントを回避するようなシステム境

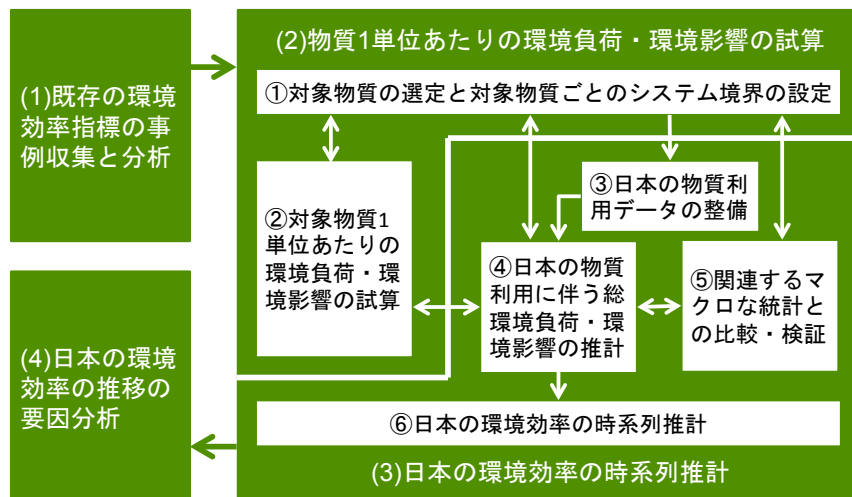


図1.2(1) 本研究の構成

表1.2(1) 本研究の工程表

	2015年度	2016年度	2017年度
(1)	更新	更新	更新
(2) ①	見直し	見直し	見直し
②	見直し	見直し	見直し
(3) ③	見直し・更新	見直し・更新	見直し・更新
④	見直し・更新	見直し・更新	見直し・更新
⑤	見直し・更新	見直し・更新	見直し・更新
⑥	見直し・更新	見直し・更新	見直し・更新
(4)	見直し・更新	見直し・更新	見直し・更新

界・配分方法を設定する。

②対象物質1単位あたりの環境負荷・環境影響の試算

①をもとに、対象物質1単位あたりのライフサイクル環境負荷・環境影響を試算する。各物質からの製品の加工段階・使用段階・廃棄段階については簡易な仮定を設定し、ライフサイクルアセスメント(LCA)のソフトウェアであるMiLCA(産業環境管理協会、2014)を用いた試算を行う。このとき、①で検討したダブルカウントを回避するため、随時調整を行っていく。各種環境負荷・環境影響の重み付けについては、日本版被害算定型影響評価手法(LIME: Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling)を使用する。物質ごとの試算結果について、支配的な環境影響領域の違い等について比較分析を行う。

(3) 日本の環境効率の時系列推計

③日本の物質利用データの整備

①で選定した対象物質について、国内の生産量・消費量等に関わるデータを時系列で整備する。

④日本の物質利用に伴う総環境負荷・環境影響の推計

②および③をもとに、日本の物質利用に伴う総環境負荷・環境影響を推計する。なお、②で算出する係数は、対象物質1単位のライフサイクルでの環境負荷・環境影響であるため、消費された物質が輸入されたものであれば、それ以前に発生すると考えられる環境負荷・環境影響を含み、また、消費された物質が中間製品や最終製品として輸出されるも

のであれば、その先で発生すると考えられる環境負荷・環境影響を含んだ係数となっている点に留意する必要がある。可能な範囲で国内外での発生を区別した推計を行う。

⑤関連するマクロな統計との比較・検証

④において推計された総環境負荷・環境影響が、国全体としての統計とどの程度整合するかを検証する。大きな不整合がある場合、対象資源・物質の抜け落ち、ダブルカウントやカウントの漏れ、また、MiLCA のインベントリデータベースにおける不整合等の原因について探索し、改善策を検討する。①②③④⑤は往復運動であり、全体の整合が取れるように補正を行っていく。

⑥日本の環境効率の時系列推計

④をもとに、日本の環境効率の時系列で推計し、その推移を示す。また、(1)どの物質の環境影響が大きいのか、(2)どの環境影響領域が大きいのか、(3)各物質の環境影響についてどの環境影響領域の比率が大きいのか、(4)各環境影響領域においてどの物質による影響の比率が大きいのか、等について検討し、物質管理の視点から見た環境対策の対象を分析する。また、資源生産性指標から得られる視点との違いについて考察する。

(4) 日本の環境効率の推移の要因分析

⑥の推移の要因を、各財・サービスの環境効率の変化、最終需要構造の変化、輸入性向の変化に分け、これらのどの要因によって環境効率が推移してきたかを分析する。また、財・サービスの環境効率の推移について考察する。

3. 3年間の研究実施体制

以上を、表 I.3(1)に示す体制で実施する。資源を大きく 4 分類(土石系資源、化石系資源、金属系資源、生物系資源)し、各研究分担者がそれぞれの資源分類に含まれる物質を担当して研究を進めていく。上記①②③④⑤は往復運動であり、各資源間の整合が取れるように研究分担者間で随時調整を行っていく。

表 I.3(1) 本研究の実施体制(◎：責任担当者、○：担当者)

	橋本	栗生木	村上	加用
(1) 既存の環境効率指標の事例収集と分析	○	◎		
(2) 物質1単位あたりの環境負荷・環境影響の試算				
①対象物質の選定と対象物質ごとのシステム境界の設定	◎ 土石資源	◎ 化石資源	◎ 金属資源	◎ 生物資源
②対象物質1単位あたりの環境負荷・環境影響の試算				
(3) 日本の環境効率の時系列推計				
③日本の物質利用データの整備	○	◎	○	○
④日本の物質利用に伴う総環境負荷・環境影響の推計	◎ 土石資源	◎ 化石資源	◎ 金属資源	◎ 生物資源
⑤関連するマクロな統計との比較・検証				
⑥日本の環境効率の時系列推計	○	◎		
(4) 日本の環境効率の推移の要因分析	◎	○	○	○

4. 本研究で目指す成果

「1. 研究の背景と目的」で示した研究目的に対応して、以下の成果が見込まれる。

- (1) 既存の環境効率指標の事例集が提供される。国レベルの環境効率の計測だけでなく、企業や製品の環境効率の計測に役立つものである。
- (2) 物質 1 単位あたりの環境影響の係数リストが提供される。本研究では、係数リストを日本の過去の環境効率の推計に利用するが、将来の推計にも用いることができる。同様に、企業や製品の環境効率の推計にも役立てられると考えられる。
- (3) 日本の環境効率の時系列推計値とその資源内訳、および推移の要因分析結果、また、財・サービスの環境効率の推移の推計値が提供される。これに基づき今後の施策の展開について検討することができる。

5. 研究成果による環境政策への貢献

本研究は「1. 研究の背景と目的」に記したような行政ニーズに対応したものであり、次期環境基本計画(2017 年春頃策定)、次期循環型社会形成推進基本計画(2018 年春頃策定)における環境効率の指標検討に貢献するものである。環境効率の試算は 2017 年度に予定しており、次期環境基本計画の策定には間に合わないが、その後のモニタリング指標として活用が可能となるように適時情報提供をしていく。

II 平成 28 年度の研究計画および進捗状況と成果

1. 平成 28 年度の研究計画

表 I.2(1)に示したように、平成 28 年は必要に応じて「(1)既存の環境効率指標の事例収集と分析」の更新を行うとともに、「(3)日本の環境効率の推計」のうち、「③日本の物質利用データの整備」「④日本の物質利用に伴う総環境負荷・環境影響の推計」「⑤関連するマクロな統計との比較・検証」を中心に行い、必要に応じて昨年度行った「(2)物質 1 単位あたりの環境負荷・環境影響の試算」の見直しを行う。

2. 平成 28 年度の進捗状況および成果(概要)

(1)既存の環境効率指標の事例収集と分析

本年度は、環境効率指標算定におけるシステム境界設定の参考とするため、全バリュー(サプライ)チェーンを通じた温室効果ガス排出の推計、いわゆる GHG プロトコルにおける Scope 3 の考え方についてレビューを行った。また、ミクロ(企業レベル・製品レベル)の事例については、昨年度国内企業を中心に分析を行ったため、本年度は海外企業について調査を行った。

①GHG プロトコル Scope 3 の考え方

GHG プロトコル Scope 3 において、本研究の対象物質を生産するような企業の下流側となる最終製品生産プロセスや最終製品の使用プロセス、廃棄物処理プロセスにかかわるカテゴリの考え方や算出手法についてレビューを行った。特に、本研究でのシステム境界の範囲内と考えられる算定カテゴリ 4・5・9・10・11・12 について、今後の分析に関連すると考えられる算定範囲や算定対象などシステム境界および報告対象年(時間境界)に関わる内容を中心にその概要をまとめた。

算定範囲や算定対象、算定方法などを概観した結果、各カテゴリにおける検討範囲や必要となるデータ(例えば、輸送・配送にあたり収集すべきデータ、また、廃棄物処理・排水処理・リサイクル活動の対象範囲および収集すべきデータ、使用における標準シナリオの設定項目など)、加工プロセスにおける按分の必要性等、本研究にも適用可能な内容を整理することができた。

ただし、本研究が一国を対象としているのに対し、Scope 3 は一企業を対象としている。また、本研究では、いわゆる中間製品となる原材料レベルのものを対象物質としている。そのため、企業レベルで把握可能なデータと国レベルで把握可能なデータ(対象物質の関連統計)の種類や内容が異なることが大いに想定される。

例えば、輸送・配送の場合、おそらく、マクロレベルでのデータなどは入手が可能と判断されるが、対象物質ごとのデータなどは把握することが困難であると考えられ、対象物質ごとの環境影響を算出する場合にどのような想定を行うかが非常に重要となる。

また、使用においても、本研究では、対象物質によって製造される全ての最終製品について標準的シナリオを設定し、環境影響を算出する必要がある。対象となる最終製品の使用に伴う環境影響を、それぞれの対象物質にどのように割り付けるのかについても、今後更なる検討が必要となる。

算定範囲や方法のほか、ここでは、時間境界についての概要も整理した。Scope 3 では、あくまで、報告年度における報告企業の活動に関連する排出を必要に応じて過去に遡り、ないしは、将来の排出を推計して報告するとされていた。本研究においても、ある一年のみを対象として評価する場合は、そのアプローチも可能であるが、時系列評価を実施しようとした場合は、あくまでも環境影響が発生する年に算定する必要があると考えられる。

②海外のミクロ(企業レベル・製品レベル)の事例

海外企業の環境報告書や持続可能性報告書における環境効率(Eco-Efficiency)という用語の記載の有無を、インターネット検索を基本に調査した。その結果、本調査においては、環境効率を算出している企業として3社(BASF、Uniliver、Roche)の事例が得られた。ただし、3社にまたがる共通性などは特に確認できず、BASFはISOによる環境効率評価ガイドラインを参考とし、Uniliverでは異なる環境影響について個別に環境効率を算出、また、Rocheについては分母となる環境支出や環境影響ポイントをBAFU (Swiss Agency for the Environment)手法を用いて算出していることが特徴として見られた。また、日本企業の環境報告書等と比較して、厳密な算定手法が掲載されていない場合が多く環境影響の統合化手法は明らかではなかった。

加えて、複数の海外企業の環境報告書や持続可能性報告書を閲覧し、環境効率に近い取り組みの有無を調査した。しかし、環境効率(Eco-Efficiency)と記載があったとしても、環境負荷データの表示にとどまっている企業や、特に環境効率に関する取組みはなく、環境負荷についてのデータは環境報告書や持続可能性報告書内でとりまとめているものの、売上高などを環境負荷で除すことにより環境効率を求めている企業はみられなかった。

なお、環境負荷データとしてあげられているもので共通して見られた項目は、温室効果ガス、エネルギー、廃棄物・リサイクル、水、オゾン層破壊物質などであった。

(2)物質1単位あたりの環境負荷・環境影響の試算

①対象物質の選定とシステム境界の設定

一国の環境効率を推計するにあたっては、Regional systemを用いることが基本であり、これを3ヶ国の例で考えると図II.2(1)に示すシステム境界となる。ただし、本研究では対象物質を選定し、その物質を中心に見ていくことから、上流側では対象物質の原材料となる非対象物の輸出分を考慮せず、下流側では対象物質が原材料となる非対象物の輸入分を考慮しないシステム境界となる(図II.2(2))。こうした分析には十分な投入産出表が必要となる。本年度はIDEAver2を投入産出表の形にして輸出入を考慮し、図II.2(2)に示すシステム境界で試算を行った。ただし、下流側についてはIDEAver2に登載されている財が網羅的ではないことから、過小推計となっている可能性がある。

さらに、本研究では対象物質をそのライフサイクルの中間的な場所で選定することになるが、選定したある物質が、別途選定した物質の原材料となることがある。図II.2(3)では、例えば、対象物質1の原材料として対象物質2及び非対象物3、4が使われ、また、非対象物3の原材料として、対象物質1、2および非対象物4が使われている。このような場合、対象物質のそれぞれの環境影響を計算し合計してしまうと、環境影響が重複計上されてしまう。本研究では、上流側に遡って対象物質が原材料として登場した時点でそれより上流の環境影響は対象物質の環境影響に配分することとした。また、対象物質が原材料となる下流側の環境影響については、投入財間で対象物質に案分することとした。この場合、どのように案分するかが課題であるが、本研究では投入財の価格の比で案分することとした。図II.2(3)では、例えば、非対象物3の原材料として、対象物質1、2および非対象物4が使われているが、この投入価格の比で非対象物3を生産するときの環境影響を配分した。さらに、原材料の非対象物4には対象物質1、2が使われているが、これも同様に案分した。

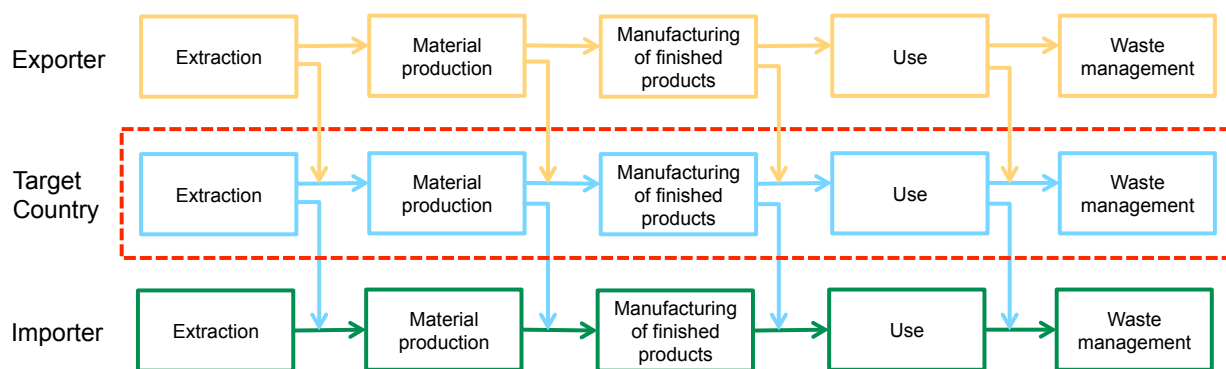


図 II.2(1) 環境影響推計のシステム境界 1

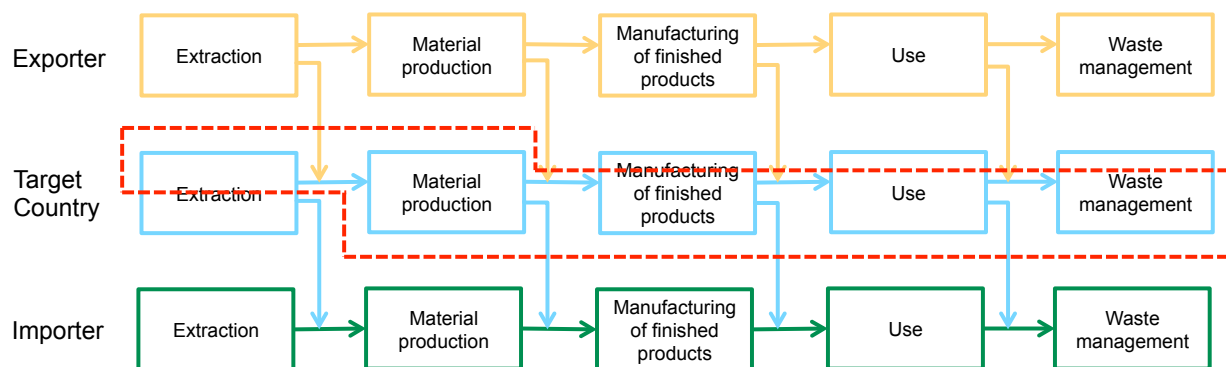


図 II.2(2) 環境影響推計のシステム境界 2

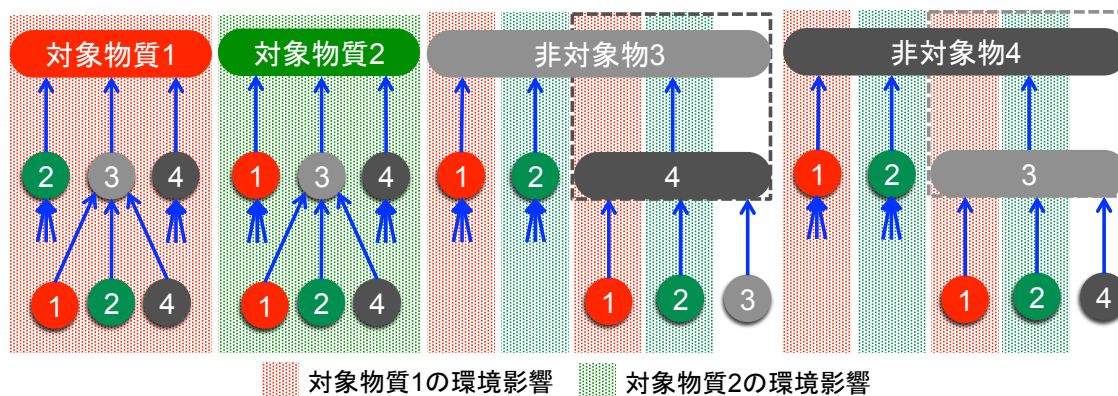


図 II.2(3) 対象物質への環境影響配分の考え方

また、対象物質の選定において、昨年度は論理性・網羅性という観点で課題があった。そこで本年度は対象物質の選定方法を見直し、また、昨年度対象外としていた建設用以外の非金属鉱物を加え、対象物質選定の論理性・網羅性を向上させた。本年度、対象物質選定の手順に産業連関表の部門を導入したのは、来年度環境効率の分母となる付加価値の推計と結びつけるためである。また、いくつかの手順は対象物質数をデータの収集が実施可能な 200 程度にするためのものであり、統計データの整備が進めば対象物質数を拡張することは可能である。結果、212 の物質が選定され、昨年度に比べ対象物質の総数は大幅に増加したが、昨年度対象としていた一部の物質が対象から外れた。既存研究および昨年度との比較を表 II.2(1)に示す。

表 II.2(1) 対象物質の選定結果

	既存研究における対象物質数	本研究における対象物質数 (昨年度)	本研究における対象物質数 (本年度)
生物	5	46	79
化石	9	37	74
金属鉱物	19	15	15
非金属鉱物	58	22	44
合計	91	120	212

②対象物質 1 単位あたりの環境負荷・環境影響の試算

①において選定した物質について、IDEAver2 および LIME 特性化係数を用いて 1 単位あたりの環境影響を試算した。なお、本年度は、輸入された原材料の環境影響を除いて試算を行っている。

(3)日本の環境効率の時系列推計

③日本の物質利用データの整備

①で選定した対象物質について、1990-2010 年の生産量または出荷量のデータを整備した。昨年度は 2010 年のみのデータを整備したが、対象物質、対象年ともに拡大してデータを整備した。

④日本の物質利用に伴う総環境負荷・環境影響の推計

②で試算した対象物質 1 単位あたりの環境影響と③で整備した統計データを用いて、①で検討した考え方にに基づき、日本の物質利用に伴う総環境負荷・環境影響を推計した。対象期間は 1990-2010 年である。

対象物質の利用に伴う環境影響の推計結果を図 II.2(4)、図 II.2(5)に示す。1990-2010 年における日本の物質利用に伴う総環境影響は、2008 年の経済危機の影響を受けて 2009 年に若干減少したが、全体的には、ほぼ横ばいで推移していると推計された。日本の天然資源等消費量はこの間約 4 割減少し、資源生産性も向上したが、環境影響の観点からは必ずしも減少の傾向が見られないことが示唆された。

最も大きな影響を示した資源の種類は化石資源であり、生物資源、金属鉱物資源、非金属鉱物資源の順となった(図 II.2(4))。化石資源の環境影響は、4 割～5 割を占め、その割合はやや増加傾向、生物資源利用の環境影響は減少傾向を示しているが、全体の約 3 割を占める結果となった。金属鉱物資源の環境影響は、1990 年代には全体の 1.5 割程度であったものの、2010 年には 2 割程度まで増加し、非金属鉱物資源は、全体として占める割合も絶対量についても減少傾向がみられた。

環境影響領域別で見ると(図 II.2(5))、全体として、地球温暖化が最も大きく(4 割程度)、次いで土地利用(約 2.5 割)、資源消費(1.5 割程度)となった。対象期間中の内訳については、大きな変化は見られなかった。

⑤関連するマクロな統計との比較・検証

関連するマクロな統計として日本の温室効果ガス排出量(環境省、2012)を用い、本研究で推計された温室効果ガス排出量との比較を行った。本研究で推計された温室効果ガス排出量はいずれも日本の排出量を下回っており、本研究では対象外となる排出もあることを考慮すると妥当な推計結果であると考えられた。

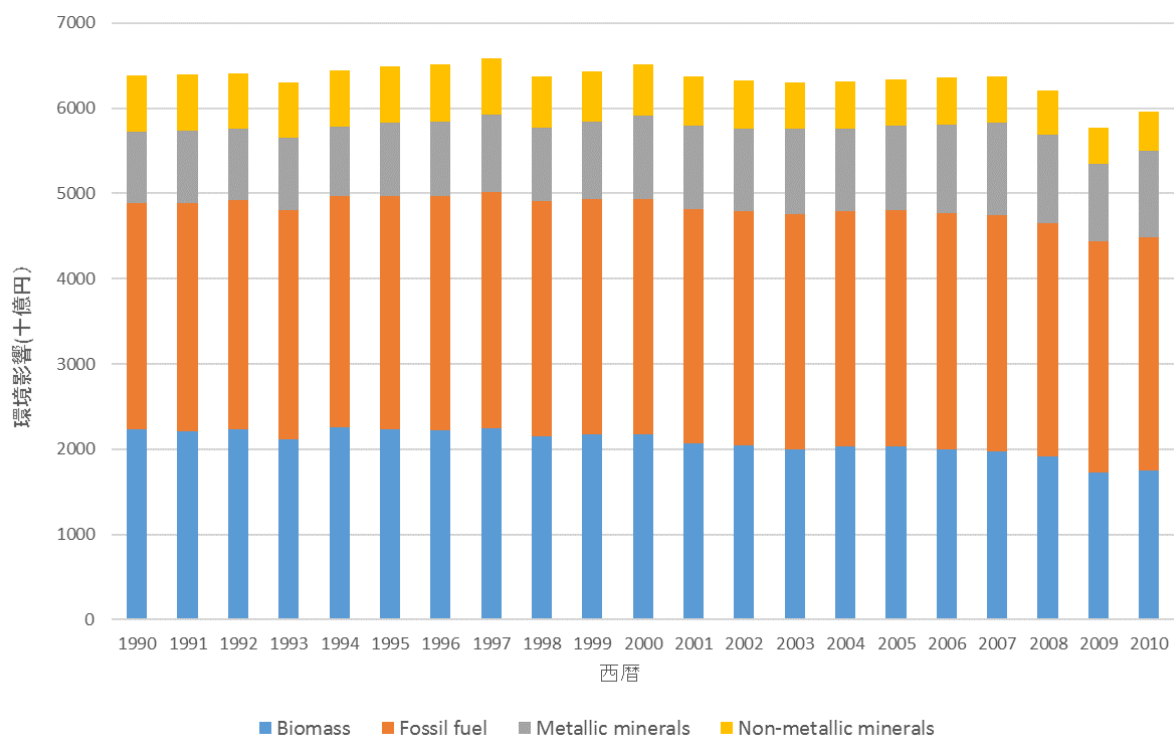


図 II.2(4) 日本の物質利用に伴う総環境影響の推移(資源別)

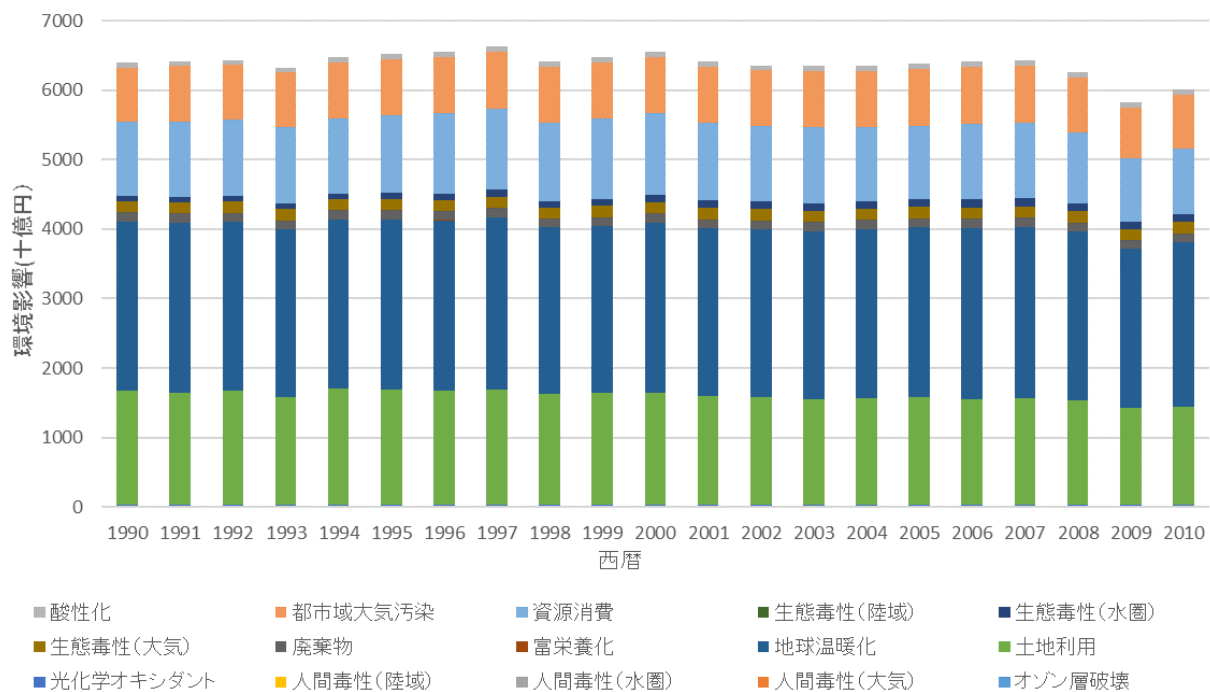


図 II.2(5) 日本の物質利用に伴う総環境影響の推移(影響領域別)

(4)本年度の成果のまとめ

本年度の主な成果は以下の通りである。

- ・ ある対象物質が、別の対象物質の原材料となる場合の環境影響の配分方法、対象物質が使用される下流側で発生する環境影響の配分方法を提示した。
- ・ 昨年度の手順を改めることで、対象物質選定の論理性・網羅性を向上させ、昨年度に比べ約2倍の対象物質について分析を行った。
- ・ 日本の物質利用に伴う総環境影響は、1990-2010年の間、ほぼ横ばいで推移していると推計された。日本の天然資源等消費量はこの間約4割減少し、資源生産性も向上したが、環境影響の観点からは必ずしも減少の傾向が見られないことが示唆された。
- ・ 最も大きな影響を示した資源の種類は化石資源であり、生物資源、金属鉱物資源、非金属鉱物資源の順となった。化石資源利用の環境影響は、およそ全体の半数を占め、微増傾向にあった。

これらの結果はさらなる検証を要するものの、天然資源等消費量の減少が環境影響の減少に寄与していない状況が示唆されたことは、今後の環境政策の対象を再考する必要性を示唆していると言える。

3. 对外発表等の実施状況

(1) 打ち合わせ

<環境省との打ち合わせ>

- ・ 第1回 2016年10月26日(水)10:00~12:00 場所：環境省
- ・ 第2回 2017年2月23日(木)10:00~12:00 場所：環境省

<研究者間の打ち合わせ>

- ・ 第1回 2016年5月11日(水)13:00~15:00 場所：キャンパスプラザ京都 6F 立命館教室
- ・ 第2回 2016年8月24日(水)10:00~12:00 場所：立命館東京キャンパス
- ・ 第3回 2016年10月5日(水)15:00~17:00 場所：キャンパスプラザ京都 6F 立命館教室
- ・ 第4回 2016年12月14日(水)15:30~17:30 場所：立命館東京キャンパス
- ・ 第5回 2016年12月22日(木)10:00~16:00 場所：立命館東京キャンパス
- ・ 第6回 2017年1月18日(水)10:00~15:00 場所：立命館東京キャンパス
- ・ 第7回 2017年2月20日(月)13:00~16:00 場所：立命館東京キャンパス
- ・ 第8回 2017年3月7日(火)13:00~14:00 場所：立命館東京キャンパス
- ・ 第9回 2017年3月16日(木)13:00~16:00 場所：立命館東京キャンパス

(2) 論文発表

<学会発表>

- ・ Aoki-Suzuki, C., D. Tanaka, S.M.R. Dente, and S. Hashimoto: Estimating environmental impacts of resources and materials use in Japan: a case of fossil resources, Proceedings of the Joint Socio-Economic Metabolism Conference and Asia-Pacific Conference of the International Society for Industrial Ecology, pp.37-38, 2016 (2016年9月28-30日、名古屋)
- ・ Dente, S.M.R., C. Kayo, C. Aoki-Suzuki, and S. Hashimoto: Converting weight of resources into environmental impact: A case study of biomass, Proceedings of the Joint Socio-Economic Metabolism Conference and Asia-Pacific Conference of the

International Society for Industrial Ecology, p.45, 2016 (2016 年 9 月 28-30 日、名古屋)

- Tanaka, D., C. Aoki-Suzuki, S.M.R. Dente, and S. Hashimoto: Environmental impact of resources and materials use: A case study of non-metallic minerals, Proceedings of the Joint Socio-Economic Metabolism Conference and Asia-Pacific Conference of the International Society for Industrial Ecology, p.91, 2016 (2016 年 9 月 28-30 日、名古屋)
- Aoki-Suzuki, C., D. Tanaka, S.M.R. Dente, S. Murakami, C. Kayo, and S. Hashimoto: Developing methodology to evaluate decoupling economic growth from environmental impacts of resources and materials use in Japan – preliminary comparison, The 12th International Conference on EcoBalance Abstract Book, p.94, 2016 (2016 年 10 月 3-6 日、京都)
- Dente, S.M.R., C. Kayo, C. Aoki-Suzuki, and S. Hashimoto: Environmental impacts of resources and materials use: A case study of biomass including time-series and decomposition analysis, The 12th International Conference on EcoBalance Abstract Book, p.94, 2016 (2016 年 10 月 3-6 日、京都)
- Murakami, S. and S. Hashimoto: Reviewing LCA database for metallic materials production, The 12th International Conference on EcoBalance Abstract Book, p.95, 2016 (2016 年 10 月 3-6 日、京都)
- 田中大介、粟生木千佳、S.M.R. Dente¹、橋本征二：非金属鉱物を対象とした日本の環境効率の評価、第 12 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集、pp.400-401、2017 (2017 年 3 月 1-3 日、つくば)
- 野木茜、村上進亮、粟生木千佳、橋本征二：リンの施肥による増収効果に着目したリン資源の環境効率評価、第 12 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集、pp.146-147、2017 (2017 年 3 月 1-3 日、つくば)
- Dente, S.M.R., C. Kayo, C. Aoki-Suzuki, K. Tahara, S. Hashimoto: Towards measurement of eco-efficiency of Japan: Assessment of the environmental impacts of biomass products, 第 12 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, pp.288-289, 2017 (2017 年 3 月 1-3 日、つくば)

4. 平成 28 年度の進捗状況および成果(詳細)

4.1 既存の環境効率指標の事例収集と分析

本年度は、環境効率指標算定におけるシステム境界設定の参考とするため、全バリュー(サプライ)チェーンを通じた温室効果ガス排出の推計、いわゆる GHG プロトコルにおける Scope 3 の考え方についてレビューを行った。また、ミクロ(企業レベル・製品レベル)の事例については、昨年度国内企業を中心に分析を行ったため、本年度は海外企業について調査を行った。

(1) GHG プロトコル Scope 3 の考え方

一国における対象物質の環境効率を推計するにあたっては、当該国内で発生する環境影響を対象とし、当該国家外で発生する環境影響は対象外とする Regional system (昨年度報告書図 II.4.1.1(2)参照)、3ヶ国の例で考えると図 II.4.1.1(1)に示すようなシステム境界を用いることが基本となる。つまり、対象物質の生産プロセスまでの環境影響だけでなく、最終製品生産プロセスや最終製品の使用プロセス、廃棄物処理プロセスにおける環境影響を、輸出入を考慮して各物質に割り当てるような作業を行う必要がある。しかし、昨年度においては、対象物質 1 単位当たりの環境影響について、その生産プロセスまでの環境影響のみ計算している状況である(図 II.4.1.1(2))。つまり、対象物質の生産以降のバリューチェーン全体まで評価範囲(システム境界)を拡大させていく必要がある。

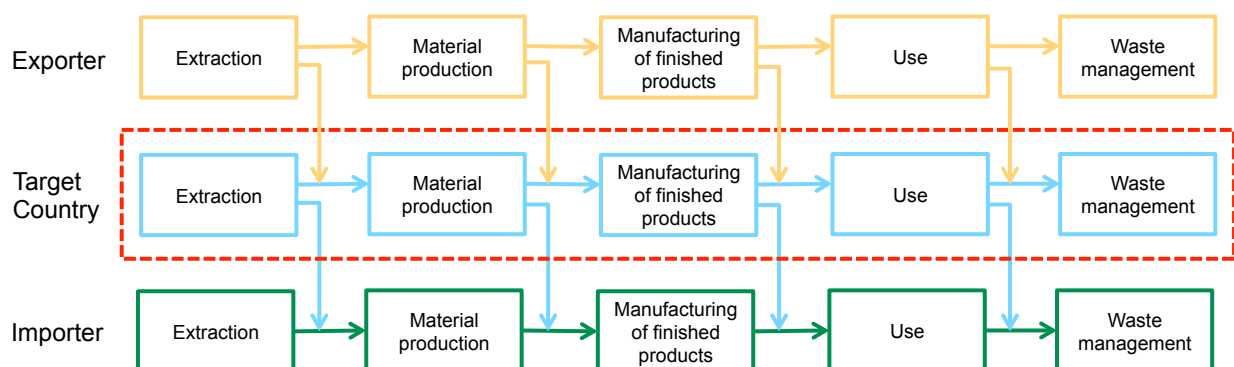


図 II.4.1.1(1) 環境影響推計のシステム境界 1

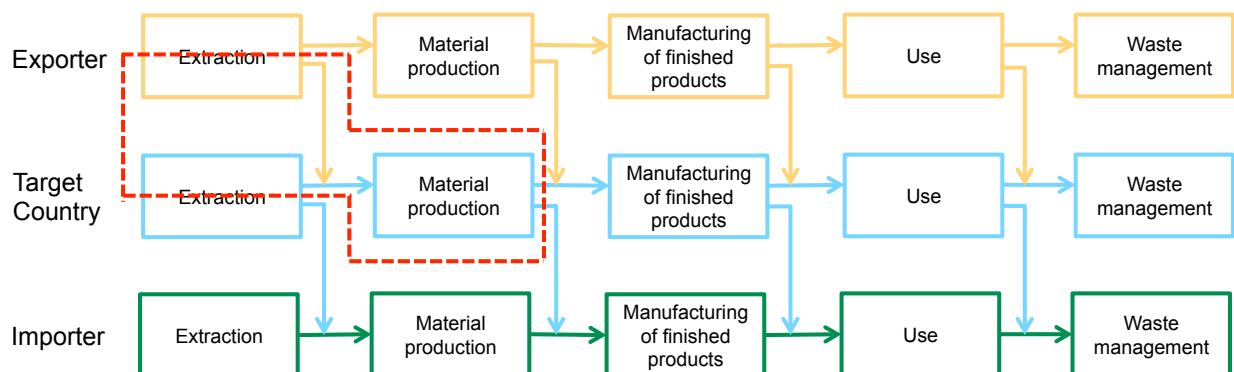


図 II.4.1.1(2) 環境影響推計のシステム境界 2

そこで、GHG プロトコル Scope 3 において、本研究の対象物質を生産するような企業の下流側となる最終製品生産プロセスや最終製品の使用プロセス、廃棄物処理プロセスにかかわるカテゴリの考え方や算出手法についてレビューを行った。なお、Scope 1(直接排出)および Scope 2(エネルギー起源の間接排出)は、すでに本研究の対象となっている。具体的には、WRI(世界資源研究所)および WBCSD(持続可能な開発のための世界経済人会議)による、「Corporate Value Chain (Scope3) Accounting and Reporting Standard」(WRI and WBCSD、2011)を中心にレビューし、一部、環境省・経済産業省「サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン(ver 2.2)」(環境省・経済産業省、2015)も参照した。

分析の対象とする Scope 3 カテゴリ

Scope 3 の算定カテゴリとして、表 II.4.1.1(1)に示す 15 カテゴリが挙げられている。以下、本研究でのシステム境界の範囲内と考えられるカテゴリ 4・5・9・10・11・12 について、今後の分析に関連すると考えられる算定範囲や算定対象などシステム境界および報告対象年(時間境界)に関わる内容を中心にその概要をまとめた。

表 II.4.1.1(1) Scope 3 の算定カテゴリ一覧

カテゴリ	カテゴリ名	内容
カテゴリ 1	購入製品・サービス	原材料・部品、仕入商品・販売に係る資材等が製造されるまでの活動に伴う排出
カテゴリ 2	資本財	自社の資本財の建設・製造に伴う排出
カテゴリ 3	燃料・エネルギー関連活動	他者から調達している燃料の調達、電気や熱等の発電等に必要燃料の調達に伴う排出
カテゴリ 4	上流側の輸送・配送	①報告対象年度に購入した製品・サービスのサプライヤーから自社への物流(輸送、荷役、保管)に伴う排出 ②報告対象年度に購入した①以外の物流サービス(輸送、荷役、保管)に伴う排出(自社が費用負担している物流に伴う排出)
カテゴリ 5	事業による廃棄物	自社で発生した廃棄物の輸送、処理に伴う排出
カテゴリ 6	出張	従業員の出張に伴う排出
カテゴリ 7	雇用者通勤	従業員が事業所に通勤する際の移動に伴う排出
カテゴリ 8	上流側のリース資産	自社が賃借しているリース資産の操業に伴う排出(Scope 1、2 で算定する場合を除く)
カテゴリ 9	下流側の輸送・配送	自社が販売した製品の最終消費者までの物流に伴う排出(自社が費用負担していないものに限る)
カテゴリ 10	販売製品の加工	事業者による中間製品の加工に伴う排出
カテゴリ 11	販売製品の使用	使用者(消費者・事業者)による製品の使用に伴う排出
カテゴリ 12	販売製品の廃棄(寿命後)処理	使用者(消費者・事業者)による製品の廃棄時の処理に伴う排出
カテゴリ 13	下流側のリース資産	賃貸しているリース資産の運用に伴う排出
カテゴリ 14	フランチャイズ	フランチャイズ加盟者における排出
カテゴリ 15	投資	投資の運用に関連する排出

出典：WRI and WBCSD(2011)、環境省・経済産業省(2015)

算定範囲の設定および算定方法概要

① カテゴリ 4：上流側の輸送・配送

製品・サービスのサプライヤーから自社への物流(輸送、荷役、保管)に伴う排出、およびそれ以外の物流サービス(輸送、荷役、保管)に伴う排出(自社が費用負担している物流に伴う排出)を算出の対象としている(WRI and WBCSD、2011)。

算定方法は、燃料使用量、ないしは、輸送距離と燃費、輸送重量に基づく方法などがある(環境省・経済産業省、2015)。

② カテゴリ 5：事業による廃棄物

報告企業の管理下による活動により発生した廃棄物および排水の第3者による輸送、処理に伴う排出を対象としている(WRI and WBCSD、2011)。ここでは、報告年度に発生する廃棄物によって発生するすべての将来排出も含まれる。また、報告企業による輸送・処理は、Scope 1 および 2 に含まれる。なお、処理活動には、最終処分(埋め立て)、埋立地からのガス回収、リサイクルのための回復、焼却、コンポスト、廃棄物からのエネルギー回収、排水処理が含まれ、廃棄物の輸送も算定対象とすることは可能としている(WRI and WBCSD、2011)。

リサイクルによる排出は、以下のように取り扱うとされている。例えば、ある報告企業が、再生資源(リサイクル材)が含まれる物質を購入、または、再生資源となりうる製品を販売する場合、リサイクルプロセスからの排出を上流と下流の双方で勘定することはダブルカウントとなり、避ける必要がある。ダブルカウント回避のために、その企業は、再生資源が含まれる物質を購入した際には、カテゴリ 1 および 2 において上流側でのリサイクルプロセスからの排出を勘定し、また、カテゴリ 5 および 12 において、廃棄後のリサイクルに伴う排出を勘定する。しかし、リサイクルプロセスそのものからの排出は、すでに、カテゴリ 1・2 において再生資源の購入による排出として勘定されるため、勘定しない。なお、カテゴリ 5 や 12 においてマイナス値やリサイクルによって回避された排出も勘定しない(WRI and WBCSD、2011)。

算定方法には、処理・リサイクル量、ないしは、処理・リサイクル費用に基づく方法などがある(環境省・経済産業省、2015)。

③ カテゴリ 9：下流側の輸送・配送

報告企業が販売した製品の最終消費者までの物流に伴う排出(自社が費用負担・所有管理していないもの)を対象としている(WRI and WBCSD、2011)。なお、下流側の輸送・配送には、倉庫・配送センターでの販売製品の保管、小売施設での販売製品の保管、飛行機/鉄道/道路/海洋輸送が含まれる。消費者による小売店までの交通も含みうる。

算定方法には、燃料使用量、ないしは、輸送距離と燃費、輸送重量に基づく方法などがある(環境省・経済産業省、2015)。

④ カテゴリ 10：販売製品の加工

報告企業が販売した中間製品の第3者による加工に伴う排出を対象とする(第3者とされる企業にとって報告企業は Scope 1 や 2 となる)(WRI and WBCSD、2011)。なお、複数の中間製品が加工されている場合は、ここでの算定対象の中間製品の分の排出として、加工に伴う排出を按分する必要がある。ただし Scope 3 基準では、報告企業が販売した中間製品からできる最終製品を十分に把握できない場合は、算定対象から除外することも可能としている。

算定方法には、加工に伴う排出量、ないしは、加工に伴うエネルギー消費量、販売量に基づく方法などがある(環境省・経済産業省、2015)。

⑤ カテゴリ 11：販売製品の使用

使用者による販売製品の使用に伴う排出で、報告する年に販売した製品を対象としている(WRI and WBCSD、2011)。なお、直接使用による排出と間接使用による排出の2つの区分(下記参照)を対象とし、直接使用による排出は算定必須としている。間接使用による排出はその重要度に応じて算定に含めるかどうかを判断することとなっている。

- 直接使用による排出がある製品：使用段階でエネルギーを直接的に使用する製品(例：自動車、飛行機、エンジ

ン、モーター、家電製品、証明、データセンター、ソフトウェアなど)、燃料・原料(例：石油製品、天然ガス、石炭、石油など)、温室効果ガスそのもの・温室効果ガスを使用段階で排出する製品(例：二酸化炭素、メタン、フロン製品、冷蔵庫、エアコン、産業ガス、消火器、肥料など)

- 間接使用による排出がある製品：衣料(洗濯・乾燥にエネルギー使用)、食品(調理にエネルギー使用)、調理器具(調理にエネルギー使用)など

算定方法には、販売数量などをベースに、標準的な使用シナリオ(使用回数、1回当たりの燃料・電力消費量、使用時間、使用条件、使用年数などに基づく)を設定して推計する方法がある(環境省・経済産業省、2015)。

⑥ カテゴリ 12：販売製品の廃棄(寿命後)処理

報告企業が報告年に販売した全ての製品の寿命後・廃棄時の処理に伴う排出を対象としている(WRI and WBCSD、2011)。処理に含まれる活動は、カテゴリ 5 に示した活動と同様である(廃棄物処理企業の Scope 1、2 にあたる)。

算定方法には、処理・リサイクル量、ないしは、処理・リサイクル費用に基づく方法などがある(環境省・経済産業省、2015)。

時間境界の設定

時間境界については、報告年の報告企業の活動に係る排出量を把握することとしている(WRI and WBCSD、2011)。そのため、報告企業の活動からの直接的な排出量については、算定対象とした年の排出量となるが、サプライチェーンの上流や下流の排出量の排出時期は、報告企業の活動からの直接的な排出量で算定対象とした年とは異なる場合がある。

ここで、概要をまとめた上記カテゴリの場合、カテゴリ 4 に関しては報告年以前に算定対象の活動による排出が発生する場合が想定される。カテゴリ 5・9・10・11・12 については、報告年以降に算定対象の活動が発生する場合が想定される。このような場合、カテゴリ 4 など前年以前の活動が算定対象となる場合は、以前に排出した排出量を算定・報告することとなる。また、カテゴリ 5・9・10・11・12 など製品の使用や廃棄に関する排出については、将来の排出量を推計・報告することとなる(WRI and WBCSD、2011)。

算定範囲からの除外

また、以下の条件にあてはまるものは、算定範囲から除外可能とされている(WRI and WBCSD、2011；環境省・経済産業省、2015)。

- ・該当する活動がないもの
- ・排出量が小さくサプライチェーン排出量全体に与える影響が小さいもの
- ・事業者が排出や排出削減に影響力を及ぼすことが難しいもの
- ・排出量の算定に必要なデータの収集等が困難なもの
- ・自ら設定した排出量算定の目的から見て不要なもの

GHG プロトコル Scope 3 と本研究の関連と課題

ここでは、本研究における現状の評価では反映されていない、対象物質の生産以降で発生する環境影響の把握の参考とするため、全バリュー(サプライ)チェーンを通じた温室効果ガス排出の推計、いわゆる GHG プロトコル Scope 3 の算定基準のうち、本研究でのシステム境界の範囲内と考えられるカテゴリ 4・5・9・10・11・12 について、今後の分析に関連すると考えられる算定範囲や算定対象などシステム境界および報告対象年(時間境界)にかかわる内容を中心に整理した。

算定範囲や算定対象、算定方法などを概観した結果、各カテゴリにおける検討範囲や必要となるデータ(例えば、輸

送・配送にあたり収集すべきデータ、また、廃棄物処理・排水処理・リサイクル活動の対象範囲および収集すべきデータ、使用における標準シナリオの設定項目など)、加工プロセスにおける按分の必要性等、本研究にも適用可能な内容を整理することができた。

ただし、本研究が一国を対象としているのに対し、Scope 3は一企業を対象としている。また、本研究では、いわゆる中間製品となる原材料レベルのものを対象物質としている。そのため、企業レベルで把握可能なデータと国レベルで把握可能なデータ(対象物質の関連統計)の種類や内容が異なることが大いに想定される。

例えば、輸送・配送の場合、おそらく、マクロレベルでのデータなどは入手が可能と判断されるが、対象物質ごとのデータなどは把握することが困難であると考えられ、対象物質ごとの環境影響を算出する場合にどのような想定を行うかが非常に重要となる。

また、使用においても、本研究では、対象物質によって製造される全ての最終製品について標準的シナリオを設定し、環境影響を算出する必要がある。対象となる最終製品の使用に伴う環境影響を、それぞれの対象物質にどのように割り付けるのかについても、今後更なる検討が必要となる。

算定範囲や方法のほか、ここでは、時間境界についての概要も整理した。Scope 3では、あくまで、報告年度における報告企業の活動に関連する排出を必要に応じて過去に遡り、ないしは、将来の排出を推計して報告するとされていた。本研究においても、ある一年のみを対象として評価する場合は、そのアプローチも可能であるが、時系列評価を実施しようとした場合は、あくまでも環境影響が発生する年に算定する必要があると考えられる。

(2) 海外のミクロ(企業レベル・製品レベル)の事例

海外企業の環境報告書や持続可能性報告書における環境効率(Eco-Efficiency)という用語の記載の有無を、インターネット検索を基本に調査した。その結果、本調査においては、環境効率を算出している企業として3社(BASF、Unilever、Roche)の事例が得られた。ただし、3社にまたがる共通性などは特に確認できず、BASFはISOによる環境効率評価ガイドラインを参考とし、Unileverでは異なる環境影響について個別に環境効率を算出、また、Rocheについては分母となる環境支出や環境影響ポイントをBAFU (Swiss Agency for the Environment)手法を用いて算出していることが特徴として見られた。また、日本企業の環境報告書等と比較して、厳密な算定手法が掲載されていない場合が多く環境影響の統合化手法は明らかではなかった。表II.4.1.2(1)に環境効率を算出している企業の環境効率指標の概要を示す。

加えて、複数の海外企業の環境報告書や持続可能性報告書を閲覧し、環境効率に近い取り組みの有無を調査した(Kärcher, Vodafone, Shell, VolksWagen, Nokia, British American Tobacco, Intel, GE, SAP, Phillips, Novo Nordisk)。しかし、環境効率(Eco-Efficiency)と記載があったとしても、環境負荷データの表示にとどまっている企業や、特に環境効率に関する取り組みはなく、環境負荷についてのデータは環境報告書や持続可能性報告書内でとりまとめているものの、売上高などを環境負荷で除すことにより環境効率を求めている企業はみられなかった。

なお、環境負荷データとしてあげられているもので共通して見られた項目は、温室効果ガス、エネルギー、廃棄物・リサイクル、水、オゾン層破壊物質などであった。

表 II.4.1.2(1) 各企業の環境効率指標の概要

企業名	名称	算出式	分子	分母	備考
				対象とする環境影響	
BASF	Eco-Efficiency	不明（備考参照）	不明	The environmental impact is assessed with a range of categories: - Raw materials consumption - Water consumption - Land use - Human toxicity potential - Eutrophication - Acidification - Ozone depletion - Photochemical ozone creation - Climate change	統合化手法不明 ISO 14045 Environmental management -- Eco-efficiency assessment of product systems を参考
Unilever	Eco-efficiency	Each parameter required for a ton of production	Each parameter (Energy, CO ₂ from energy, Total water, Total COD, Disposed waste)	Each parameter • Energy [GJ/ton] • CO₂ from energy [kg/ton] • Total water [m³/ton] • Total COD [kg/ton] • Disposed waste [kg/ton]	統合なし 261 の製造工場から収集したデータ
Roche	Eco-efficiency Rate (EER)	the ratio of sales to the product of environmental spending and environmental impact	Sales [million CHF]	Expenditure on environmental protection and environmental impact points according to the BAFU (Swiss Agency for the Environment) method This point covers the following factors: - Use of resources (energy [TJ], raw materials [t], water [t]) - Emission to the air [ton] (VOC, SO₂, NO_x, CO₂, halogenated hydrocarbons, particles) - Emission to the water [ton] (TOC, heavy metals, phosphorus, nitrogen) - Landfilled waste [ton] (inert waste, construction waste, reactor waste)	統合化手法不明

出典：各社 HP 内環境報告書または持続可能性報告書

参照情報：

- BASF: website “Eco-Efficiency Analysis”
<https://www.basf.com/en/company/sustainability/management-and-instruments/quantifying-sustainability/eco-efficiency-analysis.html>
- Unilever: website “Eco-efficiency performance overview”
<https://www.unilever.com/sustainable-living/the-sustainable-living-plan/reducing-environmental-impact/eco-efficiency-in-manufacturing/eco-efficiency-performance-overview/>
- Kärcher: Sustainable Report 2016 https://s3.kaercher-media.com/asset/23125/1470646051/sustainability_report_2016.pdf

Website “eco!efficiency” <https://www.kaercher.com/uk/professional/eco-efficiency.html#ZMHYiXcQXHYgcfbo.97>

- Roche: website “Environmental footprint”
http://roche.nsp-reports.ch/10/ar/corporate_responsibility/safety_security_health_and_environmental_protection/environmental_footprint.htm, Detail http://www.roche.com/dam/jcr:cbba1ea-cf4d-4e65-a415-622f410fb481/en/fact_sheet_eco_efficiency.pdf
- Vodafone: Sustainability Report 2014/15
<http://www.vodafone.com/content/dam/sustainability/2015/pdf/vodafone-full-report-2015.pdf>, Website “Eco-efficiency”
http://www.vodafone.gr/portal/client/cms/viewCmsPage.action?pagelId=11295&request_locale=en
- Shell: Online Sustainability Report 2015 <http://www.shell.com/sustainability/sustainability-reporting-and-performance-data.html>
- VolksWagen: Sustainability Report 2014
http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info_center/en/publications/2015/04/group-sustainability-report-2014.bin.html/binarystorageitem/file/Volkswagen_Sustainability_Report_2014.pdf
- Nokia: Nokia People & Planet Report 2015
http://company.nokia.com/sites/default/files/download/nokia_people_and_planet_report_2015.pdf
- British American Tobacco: Sustainability Summary Report 2015
[http://www.bat.com/group/sites/uk__9d9kcy.nsf/vwPagesWebLive/DO9DCL3P/\\$FILE/medMDA87Q5T.pdf?openelement](http://www.bat.com/group/sites/uk__9d9kcy.nsf/vwPagesWebLive/DO9DCL3P/$FILE/medMDA87Q5T.pdf?openelement),
Corporate Behavior Sustainability Focus Report 2016,
[http://www.bat.com/group/sites/UK__9D9KCY.nsf/vwPagesWebLive/DO964UGU/\\$file/Corporate_Behaviour_Sustainability_Focus_Report_2016.pdf](http://www.bat.com/group/sites/UK__9D9KCY.nsf/vwPagesWebLive/DO964UGU/$file/Corporate_Behaviour_Sustainability_Focus_Report_2016.pdf)
- Intel: website “Intel and Environment” <http://www.intel.com/content/www/us/en/environment/intel-and-the-environment.html>,
2015 Corporate Responsibility Report http://csrreportbuilder.intel.com/PDFfiles/CSR-2015_Full-Report.pdf
- Nestle: website “Environmental sustainability” <http://www.nestle.com/csv/environmental-sustainability>, website “KPI(key Performance Indicators) Summary” <http://www.nestle.com/csv/performance/kpi-summary>
- GE: website “GE sustainability” <http://www.gesustainability.com/>, GE 2015 Annual Report
http://dsg.files.app.content.prod.s3.amazonaws.com/gesustainability/wp-content/uploads/2014/05/12195908/GE_AR15.pdf, GE
2015 Sustainability Highlight ,
http://dsg.files.app.content.prod.s3.amazonaws.com/gesustainability/wp-content/uploads/2014/05/12195908/GE_Sustainability_Highlights_2015.pdf
- SAP: website “Sustainability and Corporate Social Responsibility (CSR)”,
<http://go.sap.com/corporate/en/company/sustainability-csr.html>
- PHILIPS: website “Sustainability” <http://www.philips.com/a-w/about/sustainability.html>, Annual Report 2015
https://www.annualreport.philips.com/downloads/pdf/en/PhilipsFullAnnualReport2015_English.pdf
- Novo Nordisk: Annual Report 2015
<http://www.novonordisk.com/content/dam/Denmark/HQ/Commons/documents/Novo-Nordisk-Annual-Report-2015.PDF>,
Website “Sustainability / Action / Environment & Climate”
<http://www.novonordisk.com/sustainability/actions/Environment-Climate.html>

4.2 物質 1 単位あたりの環境負荷・環境影響の試算

(1) システム境界の設定と環境影響の配分方法

一国の環境効率を推計するにあたっては、上述したように Regional system(昨年度報告書図 II.4.1.1(2)参照)を用いることが基本であり、これを 3 ヶ国の例で考えると図 II.4.2.1(1)に示すシステム境界となる。一国の環境影響のみを考えるのであればそれほど難しいことではないが、本研究では一国の環境影響を各対象物質に割り当てるような作業を行うことから、議論はやや複雑になる。

LCA を用いてある物質の上流側の環境影響を推計すると、図 II.4.2.1(2)に示すシステムが対象となる。すなわち、輸入される原材料の環境影響は対象国の環境影響、輸出される国内資源の環境影響は対象国の環境影響の外となり、概念的には Consumption-based system での環境影響(昨年度報告書図 II.4.1.1(3)参照)となる。既存研究(van del Voet et al., 2003、2004)においても、基本的にこのシステム境界を採用しており、昨年度はこのシステム境界を用いた推計を行った。

この上流側の計算を一国のシステム境界に合わせようとする、輸入分の環境影響は考慮せず、輸出分の環境影響は別途需要として考慮することが必要となり、また、下流側については、輸出分は対象システムから除外し、輸入分を考慮することが必要となる(図 II.4.2.1(1))。ただし、本研究では対象物質を選定し、その物質を中心に見ていくことから、上流側では対象物質の原材料となる非対象物の輸出分を考慮せず、下流側では対象物質が原材料となる非対象物の輸入分を考慮しないシステム境界となる

(図 II.4.2.1(3))。

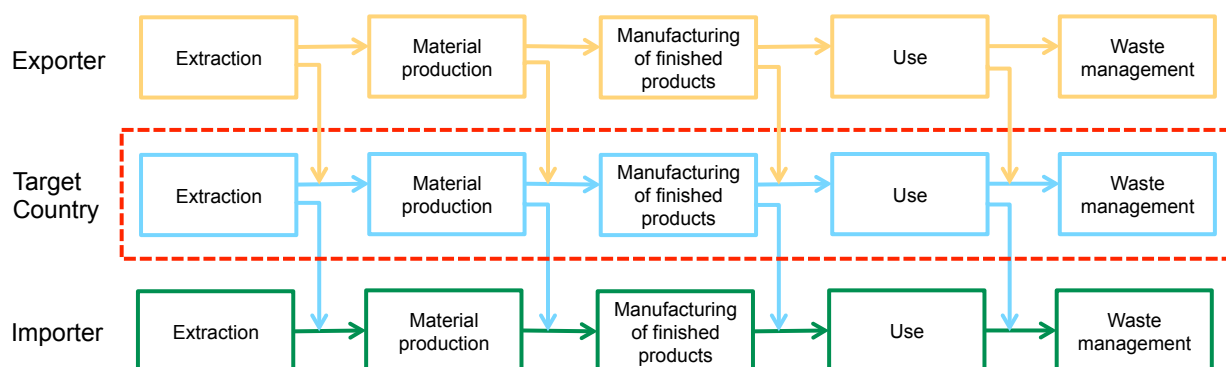


図 II.4.2.1(1) 環境影響推計のシステム境界 1

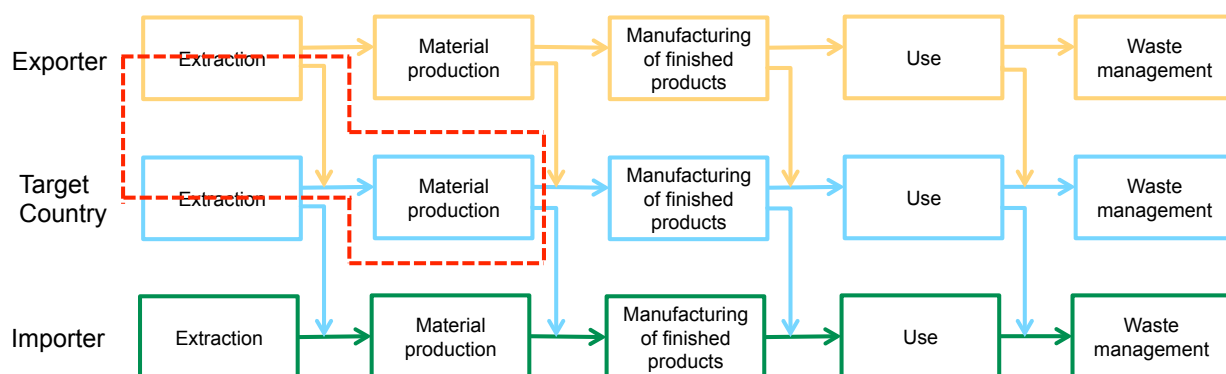


図 II.4.2.1(2) 環境影響推計のシステム境界 2

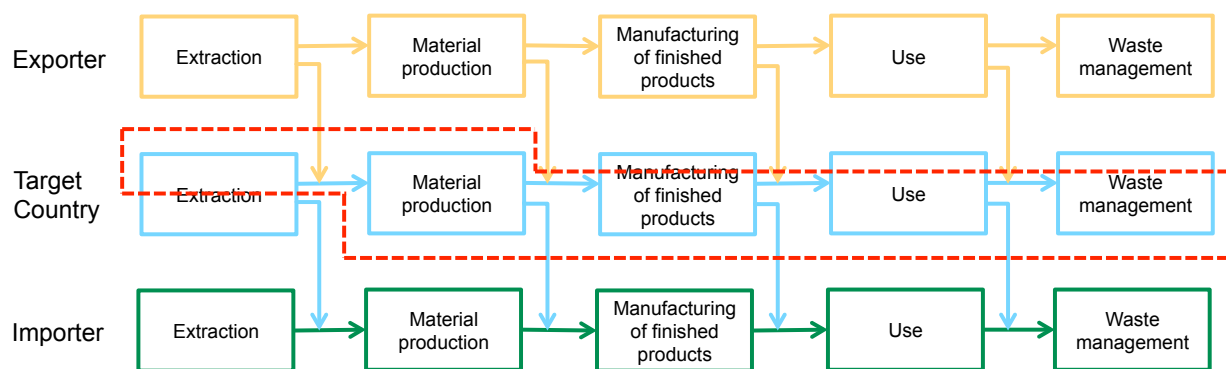


図 II.4.2.1(3) 環境影響推計のシステム境界 3

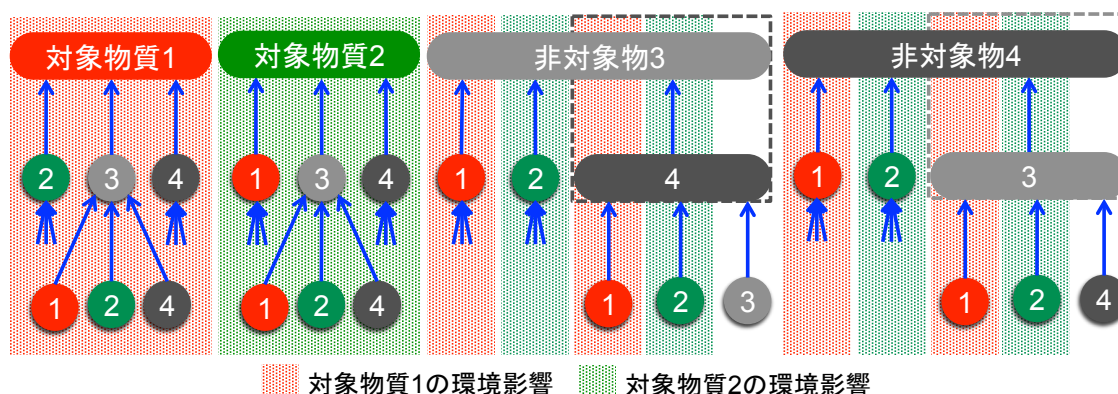


図 II.4.2.1(4) 対象物質への環境影響配分の考え方

いずれにせよ、こうした分析には十分な投入産出表が必要となる。昨年度は、MiLCA(産業環境管理協会、2016)に搭載されている IDEA(Inventory Database for Lifecycle Analysis)を用いて図 II.4.2.1(2)に示すシステム境界で試算を行ったが、本年度はIDEAver2を投入産出表の形にして輸出入を考慮し、図 II.4.2.1(3)に示すシステム境界で試算を行った。ただし、下流側についてはIDEAver2に掲載されている財が網羅的ではないことから、過小推計となっている可能性がある。また、図 II.4.2.1(3)で対象外となっている部分について、来年度引き続き検討を行っていく。

さらに、本研究では対象物質をそのライフサイクルの中間的な場所で選定することになるが、選定したある物質が、別途選定した物質の原材料となることがある。図 II.4.2.1(4)では、例えば、対象物質 1 の原材料として対象物質 2 及び非対象物 3、4 が使われ、また、非対象物 3 の原材料として、対象物質 1、2 および非対象物 4 が使われている。このような場合、対象物質のそれぞれの環境影響を計算し合計してしまうと、環境影響が重複計上されてしまう。本研究では、上流側に遡って対象物質が原材料として登場した時点でそれより上流の環境影響は対象物質の環境影響に配分することとした。また、対象物質が原材料となる下流側の環境影響については、投入財間で対象物質に案分することとした。この場合、どのように案分するかは課題であるが、本研究では投入財の価格の比で案分することとした。図 II.4.2.1(4)では、例えば、非対象物 3 の原材料として、対象物質 1、2 および非対象物 4 が使われているが、この投入価格の比で非対象物 3 を生産するときの環境影響を配分した。さらに、原材料の非対象物 4 には対象物質 1、2 が使われているが、これも同様に案分した。

(2) 対象物質の選定

昨年度は、既存研究(van der Voet et al., 2003)が対象としている物質と MiLCA(産業環境管理協会、2014)で試算が行える物質を照合するとともに、生産量・消費量等のデータの入手可能性について調査し、対象物質を選定した。また、選定したある物質が、別途選定した物質の原材料となることができるだけないよう、資源のライフサイクルのできるかぎり上流側で対象物質を選定することとした。しかしながら、選定の論理性・網羅性という観点では課題があった。

このため、本年度は対象物質の選定方法を見直し、また、昨年度対象外としていた建設用以外の非金属鉱物を加え、対象物質選定の論理性・網羅性を向上させた。具体的には以下の手順で選定を行った。なお、本手順に産業連関表の部門を導入したのは、環境効率の分母となる付加価値の推計と結びつけるためである。手順 d、e は対象物質数をデータの収集が実施可能な 200 程度にするためのものであり、統計データの整備が進めば対象物質数を拡張することは可能である。

- a) 2011 年産業連関表において資源・物質関連部門を同定(84 部門)
- b) 上記の部門のうち、ある部門の財が 50%以上別の部門の投入財(原材料)となっている場合は、その資源・物質のライフサイクルを考慮し、上流側もしくは下流側のいずれかの部門を選定(64 部門)
- c) LCA データベース IDEAv2 における財・サービスのうち、上記の部門に対応する財を同定(412 財)
- d) 上記の財のうちその生産額が上位半分の財(206 財)と、それらの財を含む部門を選定(61 部門)
- e) 上記の選定部門における選定財の生産額の合計がその部門の生産額の半分に満たない場合は、半分以上となるように財を追加し、対象候補財を選定(212 財)
- f) 上記の対象候補財について、生産量等の統計データが利用可能な財を対象物質として決定(212 財)

これらのうち、手順 a～e の結果を表 II.4.2.2(1)～表 II.4.2.2(3)、手順 f の結果を表 II.4.2.2(4)～表 II.4.2.2(10)に示す。手順 f で対象から外れた物質はないが、表では既存研究(van der Voet et al., 2003)との対応関係を合わせて示している。既存研究で対象となっていなかった物質が対象になるとともに、特に非金属鉱物において本研究では対象外となった物質が多くあった。この状況をまとめたものが表 II.4.2.2(11)である。

生物資源に関わる物質について既存研究(van der Voet et al., 2003)と比較すると、agricultural crops & grass, animal products, wood (board)、paper 等が細分化されたことのほか、水産物が対象になること等によって、本研究の対象物質が拡大している。また、昨年度と比較すると、木材製品・紙製品の分類が細分化されたこと等により対象物質が拡大した。なお、手順 b において部門間の濃密な関係が見られたことから、手順 a で同定された部門のうち 9 部門を対象外としている(表 II.4.2.2(3)参照)。

化石資源に関わる物質について既存研究(van der Voet et al., 2003)と比較すると、エネルギーとして利用される石油製品(ガソリン、灯油、軽油、重油等)や様々な石油化学製品が対象になることによって、本研究の対象物質が拡大している。特に、既存研究(van der Voet et al., 2003)では、エネルギーとして利用される石油製品を対象としていないが、日本全体の環境効率を推計する上では重要な物質であり、対象物質に含まれるべきものである。また、昨年度と比較すると、主要なプラスチック樹脂以外の様々な石油化学製品が対象になったこと等により、対象物質が大幅に拡大し 2 倍となった。

金属鉱物資源に関わる物質について既存研究(van der Voet et al., 2003)と比較すると、生産額の小さい金属が対象外となったこと、いくつかの金属について日本の統計等で通常用いられる分類と異なる分類がなされていること、IDEAv2 で計算ができない対象物質が含まれていること等から、対象物質数としては本研究がやや少なくなっている。ただし、金、銀等、本研究で追加した物質もある。また、昨年度と比較すると金属の入れ替えがあるものの対象数としては同数となった。

表 II.4.2.2(1) 対象物質の選定(手順 a~e)

Step (a)				Step (b)		Step (c)	Step (d)		Step (e)
IO sector code	IO sector name	Identified sector	Type of material	Share of inputs to other sectors identified in step (a)	Selected sector	IDEA goods related to sector selected in step (b)	Upper half of IDEA goods in step (c) in terms of production value	Selected sector	Selected IDEA goods
011101	Rice	v	Biomass	5%	v	1	1	v	1
011102	Wheat, barley and the like	v	Biomass	31%	v	5	1	v	1
011201	Potatoes and sweet potatoes	v	Biomass	8%	v	3	2	v	2
011202	Pulses	v	Biomass	23%	v	5	1	v	1
011301	Vegetables	v	Biomass	0%	v	19	15	v	15
011401	Fruits	v	Biomass	0%	v	22	6	v	6
011501	Sugar crops	v	Biomass	2%	v	2	0	v	1
011502	Crops for beverages	v	Biomass	0%	v	1	1	v	1
011603	Flowers and plants	v	Biomass	0%	v	1	1	v	1
011609	Miscellaneous inedible crops	v	Biomass	1%	v	3	1	v	1
012101	Dairy cattle farming	v	Biomass	9%	v	2	2	v	2
012102	Beef cattle	v	Biomass	29%	v	1	1	v	1
012103	Hogs	v	Biomass	1%	v	1	1	v	1
012104	Hen eggs	v	Biomass	4%	v	1	1	v	1
012105	Chickens	v	Biomass	2%	v	1	1	v	1
012109	Miscellaneous livestock	v	Biomass	6%	v	1	1	v	1
015301	Special forest products (including hunting)	v	Biomass	2%	v	7	3	v	3
017101	Marine fishery	v	Biomass	3%	v	24	8	v	8
017102	Marine aquaculture	v	Biomass	5%	v	12	1	v	3
017202	Inland water fishery and aquaculture	v	Biomass	12%	v	2	1	v	1
161101	Timber	v	Biomass	14%	v	5	4	v	4
161102	Plywood, glued laminated timber	v	Biomass	31%	v	5	4	v	4
161909	Miscellaneous wooden products	v	Biomass	4%	v	24	5	v	5
163201	Paper	v	Biomass	6%	v	12	9	v	9
163202	Paperboard	v	Biomass	62%	v	9	5	v	5
062101	Coal mining, crude petroleum and natural gas	v	Fossil fuel	32%	v	5	2	v	2
202902	Compressed gas and liquefied gas	v	Fossil fuel	45%	v	6	5	v	5
204101	Aliphatic intermediates	v	Fossil fuel	58%	v	17	14	v	14
204102	Cyclic intermediates	v	Fossil fuel	50%	v	12	11	v	11
204201	Synthetic rubber	v	Fossil fuel	10%	v	1	1	v	1

表 II.4.2.2(2) 対象物質の選定(手順 a~e)

Step (a)				Step (b)		Step (c)	Step (d)		Step (e)
IO sector code	IO sector name	Identified sector		Share of inputs to other sectors identified in step (a)	Selected sector	IDEA goods related to sector selected in step (b)	Upper half of IDEA goods in step (c) in terms of production value	Selected sector	Selected IDEA goods
		Type of material							
204901	Methane derivatives	v	Fossil fuel	35%	v	3	2	v	2
204902	Plasticizers	v	Fossil fuel	5%	v	2	1	v	1
204909	Miscellaneous industrial organic chemicals	v	Fossil fuel	27%	v	10	3	v	3
205101	Thermo-setting resins	v	Fossil fuel	5%	v	6	3	v	3
205102	Thermoplastics resins	v	Fossil fuel	4%	v	5	4	v	4
205103	High function resins	v	Fossil fuel	3%	v	3	3	v	3
205109	Miscellaneous synthetic resins	v	Fossil fuel	3%	v	5	5	v	5
206101	Rayon and acetate	v	Fossil fuel	2%	v	3	1	v	1
206102	Synthetic fibers	v	Fossil fuel	6%	v	7	5	v	5
211101	Petroleum refinery products (including greases)	v	Fossil fuel	17%	v	16	13	v	13
212102	Paving materials	v	Fossil fuel	0%	v	1	1	v	1
261103	Crude steel (converters)	v	Metallic minerals	1%	v	1	1	v	1
261104	Crude steel (electric furnaces)	v	Metallic minerals	1%	v	1	1	v	1
271101	Copper	v	Metallic minerals	2%	v	2	2	v	2
271102	Lead and zinc (including regenerated lead)	v	Metallic minerals	11%	v	5	4	v	4
271103	Aluminum (including regenerated aluminum)	v	Metallic minerals	13%	v	4	1	v	1
271109	Miscellaneous non-ferrous metals	v	Metallic minerals	6%	v	8	6	v	6
063101	Gravel and quarrying	v	Non-metallic minerals	40%	v	1	1	v	1
063102	Crushed stones	v	Non-metallic minerals	29%	v	1	1	v	1
202101	Industrial soda chemicals	v	Non-metallic minerals	58%	v	8	2	v	2
202901	Inorganic pigment	v	Non-metallic minerals	7%	v	6	3	v	3
251101	Sheet glass and safety glass	v	Non-metallic minerals	8%	v	7	5	v	5
251102	Glass fiber and glass fiber products, n.e.c.	v	Non-metallic minerals	5%	v	3	3	v	3
251109	Miscellaneous glass products	v	Non-metallic minerals	9%	v	16	4	v	4
252101	Cement	v	Non-metallic minerals	71%	v	3	3	v	3
253101	Pottery, china and earthenware	v	Non-metallic minerals	2%	v	16	6	v	7
259101	Clay refractories	v	Non-metallic minerals	10%	v	7	2	v	2
259109	Miscellaneous structural clay products	v	Non-metallic minerals	6%	v	9	2	v	2
259901	Carbon and graphite products	v	Non-metallic minerals	29%	v	7	4	v	4
259902	Abrasive	v	Non-metallic minerals	7%	v	6	1	v	2