

平成26年度 環境経済の政策研究

物質利用に伴うライフサイクル環境影響
評価手法の開発及び国際資源循環の推進
に関する研究

地球環境戦略研究機関(IGES)

小嶋 公史 (研究代表者)

審査・評価会

2015年3月3日

経済産業省別館 各省庁会議室

研究全体の概要

● 研究の目的

- ✓ 持続可能な資源利用政策のライフサイクル環境影響評価(テーマ1)
- ✓ 省資源・省エネ対策による国際的な生態系・環境保全効果の定量化(テーマ2)
- ✓ 我が国リサイクルシステムおよび国際資源循環システムの評価(テーマ3)

● 3テーマの相互連関・一体的に扱うことに留意して研究を実施

- ✓ マクロレベルでのライフサイクル環境影響の評価手法の開発にあたっては、資源循環システムによる効果・影響の観点を組み込むとともに、国際循環型社会への具体的取組みの検討にあたっては、物流過程からの環境影響を反映したライフサイクル環境影響評価の活用を試みた。
- ✓ マクロレベルの分析では扱うことが難しいレアアースを対象とした分析や、地域特性により大きく異なる鉱山からの環境影響などについて、特定物質に着目した事例研究を行うことで補完することとした。

テーマ1 持続可能な資源利用政策の環境影響評価：結論

- 世界CGE-IO逐次動学連携モデルの開発により、1国の資源デカップリング政策による国際影響、および先進国政策協調による持続可能な開発への貢献などの政策影響評価が可能となった。
- 日本一国が資源デカップリング政策を導入する事例では、上流側課税では税率が高くなるが、厚生および実質GDPへの負の影響が下流側課税よりも緩和される結果となった。鉄スクラップリサイクル促進策との組み合わせでは厚生水準が改善する結果となった。
- 先進国が同時に資源デカップリング政策を導入するシナリオでは、鉄鉱石の事例では厚生水準が改善、銅鉱石の事例では低下する結果となった。また対策導入が1年遅れることにより、高い資源税率が必要となり実質GDPは世界全体で下がるものの、厚生水準は上がる結果となった。
- 鉱石需要増大による採掘コスト上昇を反映したモデルと反映しないモデルのBAUを比較し資源制約によるコストを推計した結果、世界全体でGDPの2%を越える大幅な資源制約コストとなった。

先進国の資源利用抑制策により、先進国における厚生水準-資源利用の強いデカップリング、および世界的な持続可能な開発を促進する可能性を示唆。

テーマ1 持続可能な資源利用政策の環境影響評価：政策シナリオ

● 日本グリーン経済シナリオ

- ✓ 先進国が単独でグリーン経済モデル(資源消費抑制、環境効率改善)を模索。
- ✓ 2015年から政策(天然資源税、鉄スクラップ利用補助金)導入、以後一定税率で2015年-2020年間の累積鉄鉱石直接投入量5%削減(BAU比)。

● 政策協調グリーン経済シナリオ

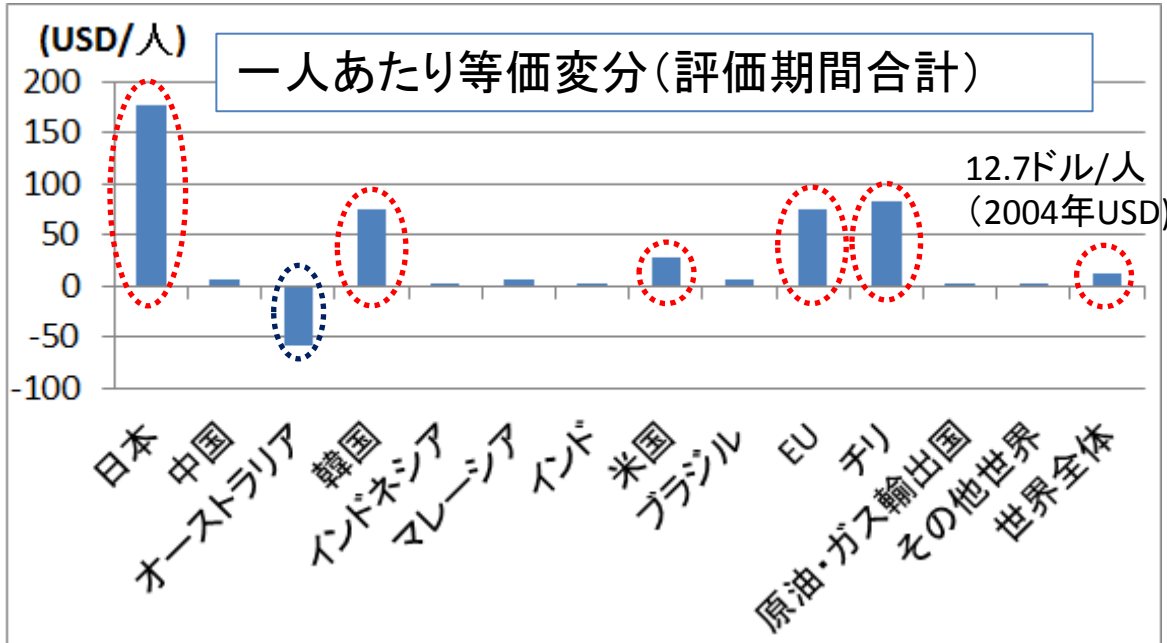
- ✓ 2国間の政策協調が一国グリーン経済モデルより効果があるか検証。
- ✓ 2015年から日豪両国で天然資源税を導入、日豪合計で日本グリーン経済シナリオと同じ2015年-2020年累積削減量(BAU比)達成。

● 持続可能な開発シナリオ

- ✓ 先進国が資源消費を抑制し、途上国の資源制約を緩和しキャッチアップを容易にできるかを検証。
- ✓ 先進国・地域(日、韓、豪、米、欧、チリ)で2015年から同率の天然資源税・鉄スクラップ購入補助金導入、2015年-2020年累積で各国・地域合計で5%削減(BAU比)。

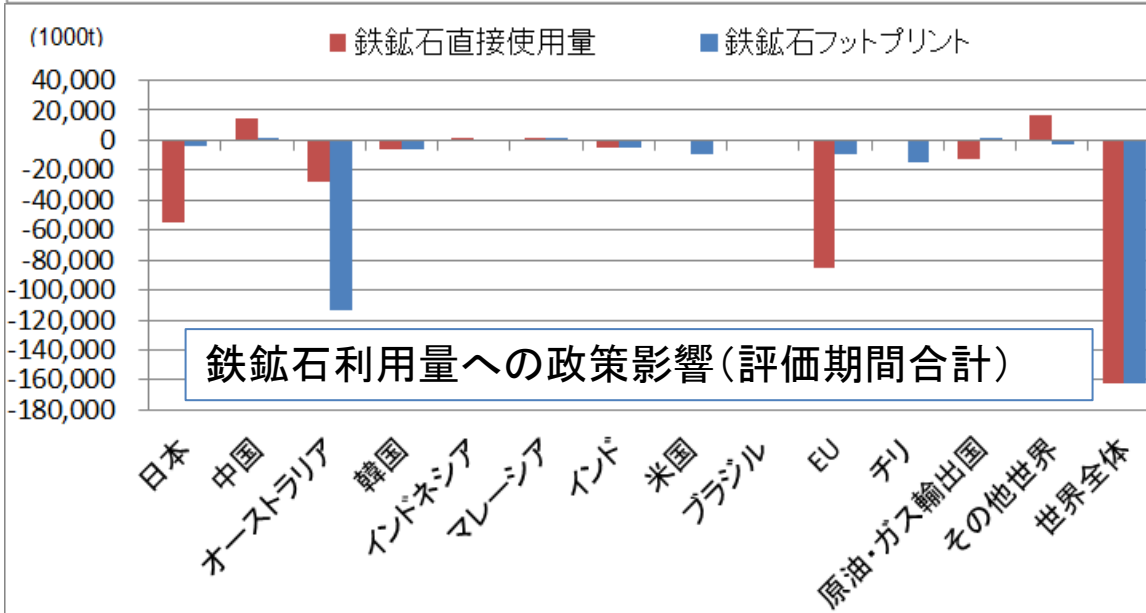
● その他、対策遅れ費用、資源制約の影響などに対応するシナリオ

テーマ1 持続可能な開発シナリオ:厚生水準-資源利用デカップリング



シミュレーション結果(評価期間合計)

- ✓ 先進国・地域合計で鉄鉱石利用削減(175百万トン)
- ✓ それ以外の地域で鉄鉱石利用増加(13百万トン)
- ✓ 豪以外の先進4カ国・地域で厚生水準向上
- ✓ 世界全体として厚生水準向上
- ✓ 日本、EUでは直接使用量に比べフットプリントの削減量は小さい。

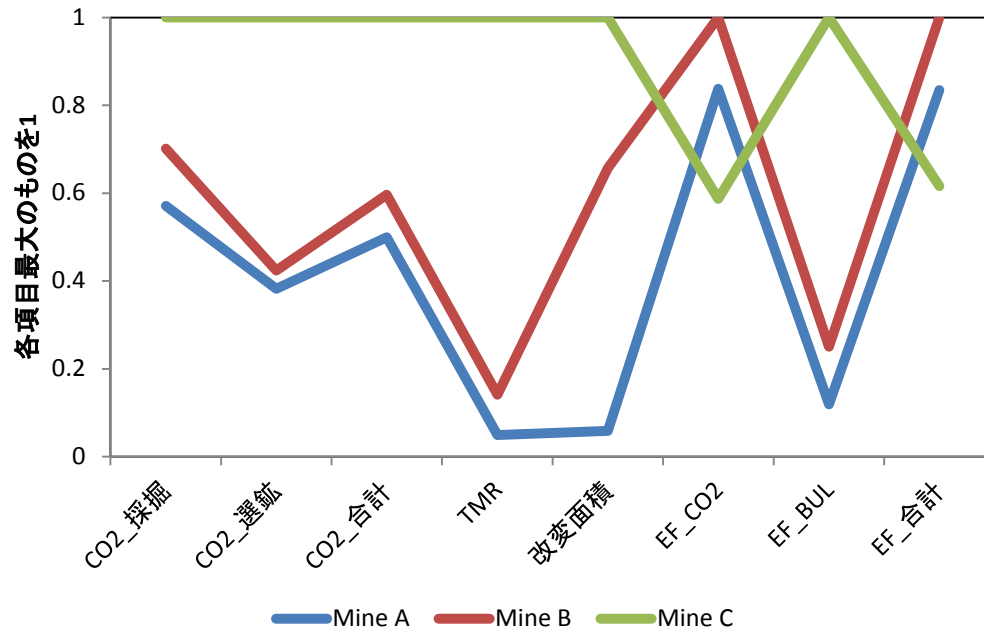


テーマ2 物質利用に伴うライフサイクル環境影響評価: 結論

- ❖ 天然資源採取にかかる環境影響の評価について、現場ごとの質の違いを反映できる指標として、関与物質総量(TMR)改良版、個別鉱山に対するCO₂排出量、エコロジカルフットプリント(EF)の3つのアプローチを採用した。
- ❖ EFについては二酸化炭素吸収地が圧倒的に大きくなるために、CO₂排出量の計算結果と近い値を示す。ただし、地域別の係数を用いることで、ある程度はその国の生産性を反映することになる。
- ❖ 鉱山開発について、生態系へのインパクトを理由に土地改変面積の大きさが懸念材料に上がることは非常に多い。しかし、現時点でのEFの推計手法を用いる限りにおいては相対的には大きなものではない。
- ❖ TMRについてはEFやCO₂排出量とは必ずしも一致するとは限らない。大規模な拡張工事や廃さいダム新設がある場合には大きく異なる。土地改変面積についても同様であり、EFに変換する際に生産能力阻害地の影響は小さめに見えることから、結果に与える影響は大きくない。

テーマ2 物質利用に伴うライフサイクル環境影響評価: 既存のフレームワークでの3指標の比較

	基礎情報				TMR [ton/Cu-ton]	CO ₂			土地改変 面積 [km ² /Cu-ton]	EF[gha/Cu-ton]	
	所在地	年間生産量 [ton-Cu]	採鉱法	所在地周辺の植生		採掘プロセス	選鉱プロセス	合計		二酸化炭素吸収地	生産能力阻害地
A	チリ	約450,000	坑内堀 (Block Caving)	Evergreen broadleaf forest	123	0.825	0.335	1.160	174	1.423	0.007
B	チリ	約450,000	露天掘	Barren	352	1.014	0.371	1.385	1,953	1.699	0.015
C	インドネシア	約120,000	露天掘	Barren	2,491	1.445	0.876	2.321	2,973	0.997	0.060



- ほぼすべての項目で鉱山Cが大きく、CO₂排出量もそうなるが、EFに換算した場合逆転する
- Mine Cは副産物(金)濃度が高いため、費用が高くと採算がとれる。(よって、TMRが大きく(つまり剥土比が悪く)CO₂排出量も大きい(エネルギーコスト大))
- Mine Aはほぼすべての項目でもっとも小さい評価だが、坑内堀が環境影響が小さいと断言できるかはより詳細な検討が必要

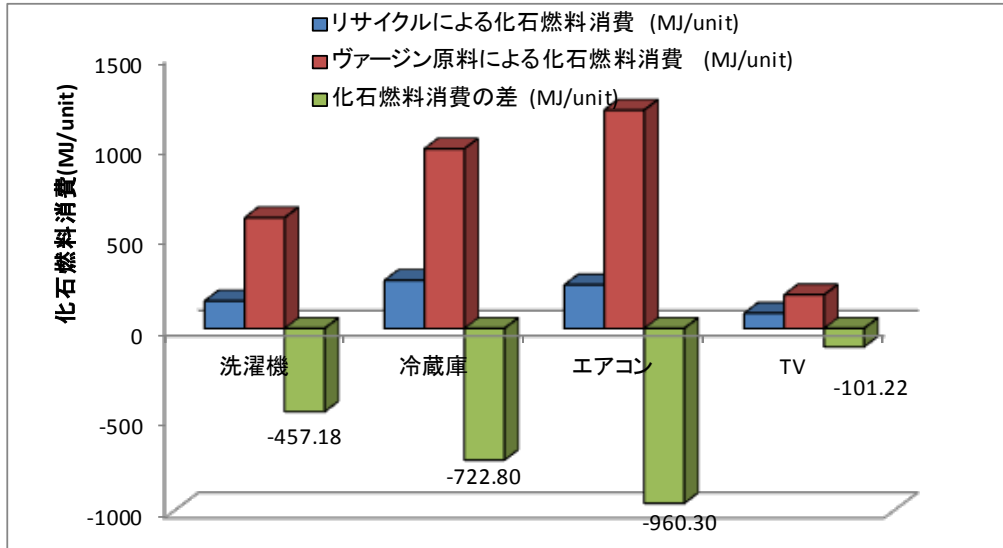
テーマ2 物質利用に伴うライフサイクル環境影響評価： 明らかになった問題点と改善提案

	指標としての問題点	勘定における問題点	改善に向けた提案
TMR (一次近似指標)	<ul style="list-style-type: none"> 一時点のフローデータであることが多い 閉山後の環境影響を考慮できるか？ 質を考えない点は良さでもあるが、金属鉱山には？ 	<ul style="list-style-type: none"> まさに「隠れたフロー」のデータが多く必要であり、 閉山後の考慮には、将来予測が必要 <p>→どちらも専門家以外には入手不能</p>	<ul style="list-style-type: none"> 水質については、中和処理に必要な物質の重量でTMRの一部に換算 必要に応じて鉱山設計ツールなども援用することで開発～閉山に至る過程で起こるマテリアルフロー全てを把握
CO₂排出量 (代表的なインベントリ)	<ul style="list-style-type: none"> 採鉱法によって用いられる機器等はかなり違う。 操業前のデータはかなり無視される 	<ul style="list-style-type: none"> かなり詳細なデータを継続的に入手する必要がある 操業前の開発段階のデータは入手困難 	<ul style="list-style-type: none"> データソースとして、鉱山データベースなどの利用 費用推定データベースなどからエネルギー消費量を推定
EF (統合影響指標)	<ul style="list-style-type: none"> 二酸化炭素吸収地の影響が大きすぎて、土地改変による生産能力阻害地の影響が小さい 時間的な視野が狭い 	<ul style="list-style-type: none"> 改変面積の把握はかなりの労力を要する 追加的に環境影響を考慮する場合、GISデータのような形式が望ましい 	<ul style="list-style-type: none"> 衛星画像の積極的な利用 詳細な現地/文献調査を検討 生産能力阻害地について係数そのものを見直す必要がある場合にはある

テーマ3 国際資源循環の推進に関する研究: 結論

- ❖ リサイクルによる資源節約以外の環境保全効果として、日本の事例では、廃電気・電子機器のリサイクルによって循環資源を回収し利用することで、同量の資源を天然資源から生産した場合に比べて50%以上のGHG排出の発生が抑制できるという結果となった。
- ❖ インドと台湾の事例では、廃電気・電子機器管理に使用される化石燃料は日本よりも少ないとの調査結果となった。
- ❖ 今回調査した事例では、廃電気・電子機器リサイクルプログラムの結果、常勤の雇用が生み出されていることが分かった。そうした雇用の創出は、社会の福祉を改善し、地域経済の成長にも貢献する。
- ❖ 日本、台湾、インドの事例の国際比較を行うことで、途上国のリサイクルが、労働集約型であり、エネルギー非集約型のリサイクルである傾向が示された。しかし、データ入手上の課題から、途上国の労働集約型、エネルギー非集約型のリサイクルが、先進国のリサイクルよりも健康上もしくは環境面で、重金属などの不適切な処理により、負の影響があるという点については、定量的に示すことが出来なかった。

テーマ3: 指標:リサイクルを通じた天然資源保全効果の推計



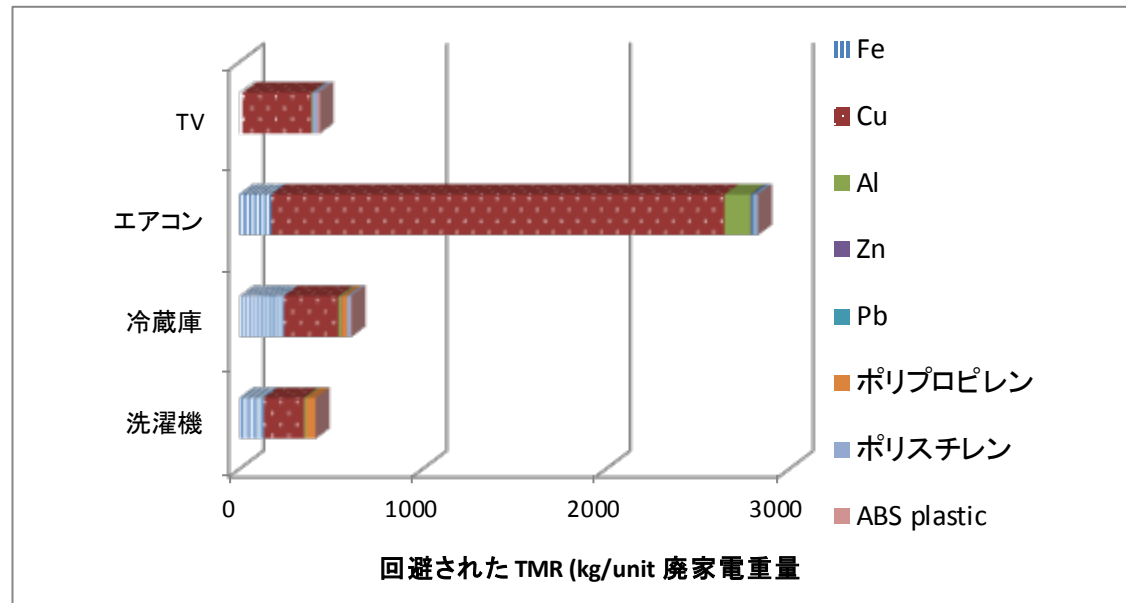
家電リサイクルシステムからの正味化石燃料消費

家電リサイクル全体の中で、エネルギー集約型プロセスである回収された金属資源の製錬が化石燃料使用の70%を占めており、解体段階は、約15-25%を占めるのみ。

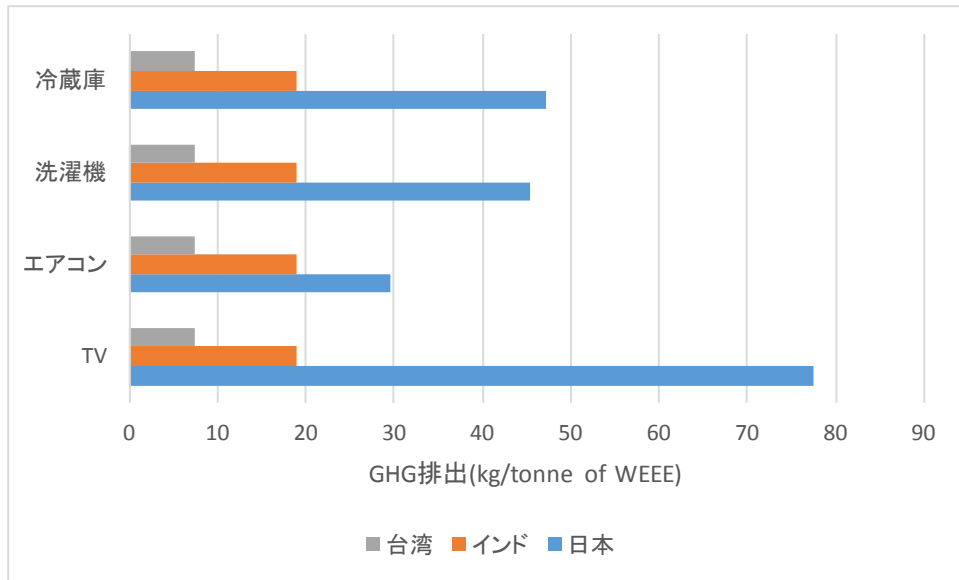
家電リサイクルからの資源回収は、天然資源からの生産に比べて75~80%程度化石燃料消費抑制につながる。

家電リサイクルシステムで回避できるTMR

- 家電リサイクルを行うことで回避できるTMRの量は、エアコンにおいて最も効果が高い。次に、冷蔵庫、洗濯機、テレビと続く。ただし、本推計には、金などの貴金属は反映されてない。

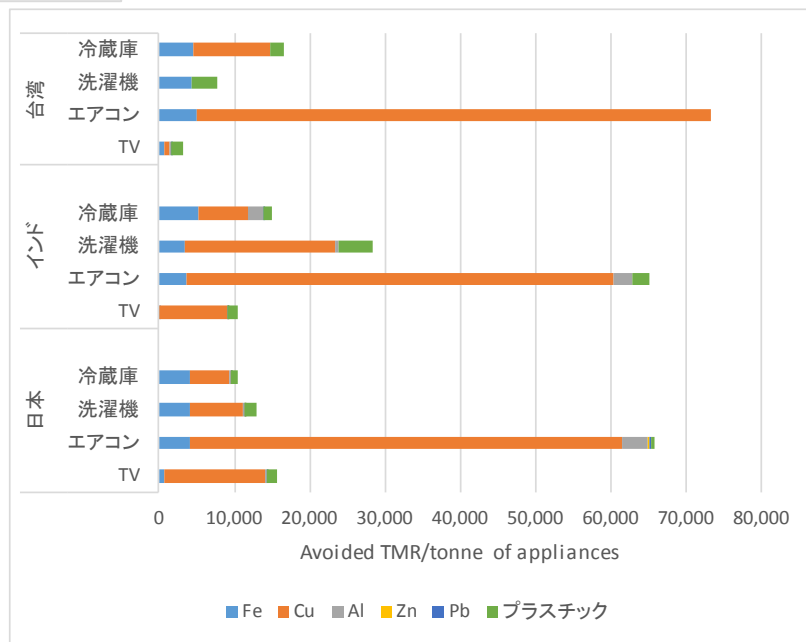


テーマ3: 日本、インド、台湾結果比較



各国の使用済み家電の物流輸送に伴うGHG排出の比較

使用済み電気・電子機器からの物質の回収・再生に伴うTMR回避の推計



環境政策への貢献(1)

- マクロ経済レベルでの資源利用に伴うライフサイクル環境影響評価に関する研究については、すでに欧州で検討が始まっている資源利用抑制あるいは絶対的デカップリングを目指す政策につき定量的な裏付けを提供するツールとして、資源税などの政策影響を評価しうる応用一般均衡モデルと、ライフサイクル全体での資源利用、環境影響を評価しうる産業連関分析を組み合わせた評価ツールを開発した。
- 日本が単独で資源利用抑制を図る場合の政策含意に加え、先進国が資源利用抑制を図ることで世界的な持続可能な開発をめざすシナリオを提示するなど、将来的な国際環境政策を検討する上で重要な知見が得られた。国際資源パネルでの議論などを通じて、我が国の国際政策プロセスへの貢献の支援につながることを期待される。

環境政策への貢献(2)

- ライフサイクル環境影響評価については、CO₂排出量以外のものを含め、鉱山業からの環境影響を定量化する事を試みた。本研究の成果は、どの資源は比較的環境に優しいのか、また同じ資源であってもどのような現場が環境に優しいのかを知る手立てとして活用可能である。また、環境に優しい資源開発技術を持つことは、資源を持たない我が国にとっては大きな強みとなるはずでもある。その証明として、本研究で開発を進めているような手法を用いれば、我が国の資源政策に対しても貢献するものであると考えている。
- 適正な廃電気・電子機器リサイクルはGHG排出抑制、化石燃料の節約に貢献するとともに常勤の雇用創出という社会経済的な便益も生み出すことを明らかにした。OECDにおいて、現在、2001年に策定された拡大生産者責任に関するガイダンスマニュアルのアップデート作業が行われているが、拡大生産者責任政策の多面的な便益を示すための評価手法やデータが不足していると指摘されている。日本の家電リサイクル法の効果として、上記のような効果を日本からの事例分析としてOECDに提供できたことは大きな政策貢献と考える。

従来の学術的知見に対する新規性・発展性

- CGE-IO逐次動学連携によるマクロレベルでのライフサイクル環境影響評価手法については、GTAPデータベースの部門をさらに細分化した上で逐次動学世界CGEモデルを構築し、タイムステップ毎の排出係数推計を含めたCGE-IO連携手法を確立した。これにより評価期間累積での政策による環境影響評価が可能になり、対策の遅れによるコストなどの推計が容易になった。
- ライフサイクル環境影響評価については、データが不足している採掘段階での環境影響に着目した手法の開発を試みた。レアアース鉱山の汚染係数推計など独自性の高い成果があった。また、放射能汚染管理などの長期にわたる環境影響を反映したエコロジカルフットプリントの拡張についても一定の成果があった。
- 我が国のリサイクルシステムの持続可能性評価手法は、家電リサイクルから回収される再生資源利用により天然資源利用を代替することによる環境便益について、CO₂排出量に加え保全される天然資源量についても評価するとともに、雇用への影響も含め、総合的な持続可能性評価を実施した。インドと台湾での事例研究を加え、3か国での比較を行った点も意義が高い。