研究資料

産業連関表を利用した長野県産業の環境影響評価

石坂 和明・藤井 恒男

Environmental Impact Assessment of Nagano Prefecture Industry
Using an Input-Output Table

Kazuaki ISHIZAKA and Tsuneo FUJII

Synopsis: In order to evaluate the environmental impact of Nagano prefecture industry, we estimated environmental impact substances in Nagano prefecture industry with an input-output table. The four items of environmental impact substances, CO₂, NO_x, SO_x and SPM, were considered. Then we executed environmental impact assessment by using LIME to evaluate total environmental impact of Nagano prefecture industry. As a result of these analyses, the characteristic of environmental impact of Nagano prefecture industry was clarified. Environmental impact of Nagano prefecture industry was greatly influenced by CO₂ emission.

Key Words: Nagano Prefecture Industry, Environmental Impact Assessment, Input-Output Table, Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling (LIME)

1. はじめに

近年、経済活動に伴うエネルギー消費量は増加傾向にある。これに伴って地球温暖化などの地球環境に対する影響が問題となっている。ここ数年間でも、猛暑や豪雨、豪雪、大型台風の増加などの異常気象による自然災害の発生が増加するなど、様々な問題が顕在化してきている。さらに問題が深刻化すると、生態系だけでなく人間健康に対する影響も懸念される。これらの問題はCO₂などの温室効果ガスが増加したことが主な原因と推測される。

こうした状況から、2005年2月に「京都議定書」が発効し、先進国が率先してCO₂などの温室効果ガスの削減に向けた取り組みが行われ始めた。これにより日本国内においては、「地球温暖化対策推進大綱」が決定し、環境と経済の両立を目指すための基本方針が決まった。こうした国の全国的な取り組みに加えて、地方公共団体においては、各地域の自然的・社会的条件などの実情に応じた対策を講じることが求められている。

長野県は産業振興のキーワードに「信州」ブランドを掲げた経営戦略を講じてきた。このことが長野県の観光や農産物における信州としてのイメージを向上させ、全国的にみて長野県は観光県や農業県といった印象が強まった。しかしながら、実際には長野県の県内生産額の約40%は製造業が占めており、農業は2%程度に過ぎない。このことから、

長野県の産業活動に伴って発生する環境負荷は、基幹産業である製造業からの排出が大きいと考えられるが、長野県の産業に伴って発生する環境影響物質の排出量は、正確に把握されていないのが現状である。長野県産業に伴う環境負荷を減らしながら、長野県の特徴である観光産業を大切にしつつ、製造業などの産業振興を図っていくことが今後求められている。そのためには、長野県の産業構造を反映した環境影響の特徴を正確に把握することが必要と考えられる。また、長野県では、1998年の長野オリンピック開催に向けた競技施設の建設、高速道路や新幹線などの交通基盤整備が1994年頃から1998年にかけて急ピッチで進められ、1995年には実質経済成長率が4.6%と大きな成長となったが、一時的であった。このような一時的な経済成長による特殊な状況を考慮し、単年の分析だけでなく経時的に分析することによって、産業構造による環境影響の特徴を総合的に判断することが必要であると考えられる。さらに、産業活動によって発生する環境影響の特徴を経時的に分析することで、これからの持続可能な社会の構築と地域経済の発展に寄与できると考えられる。

本研究では1980年から2000年までの長野県産業連関表^{1,5)}を用いて、「長野県環境分析用産業連関表」を作成し、長野県の産業活動に伴って発生するCO₂、NO_x、SO_x及びSPM(浮遊粒子状物質)排出量を推計し、経時的分析を

石坂 和明/長野県工業技術総合センター 材料技術部門 製品科学部/〒380-0928 長野県長野市若里1-18-1

藤井 恒男/信州大学大学院 工学系研究科 材料工学専攻/〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1

Kazuaki ISHIZAKA / Nagano Prefecture General Industrial Technology Center / 1-18-1 Wakasato Nagano-shi Nagano 380-0928

Tsuneo FUJII / Shinshu University / 4-17-1 Wakasato Nagano-shi Nagano 380-8553

行った。また、長野県産業に伴う環境負荷がどの排出物質による影響が大きいのかを把握し、さらに環境負荷を低減するためにはどの産業に対して環境負荷低減策を講じることが最も効果的であるのかを捉えるため、推計した環境影響物質排出量を基に、日本版被害算定型影響評価手法(LIME: Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling)⁶⁾を用いて環境影響評価を行い、長野県の産業活動による環境影響の特徴を経時的に明らかにした。

2. 分析方法

各種の産業は、原材料等の取引関係を通じ、お互いが網の目のように結び付き合いながら生産活動を営み、他の産業や需要者に財・サービスを提供している。このような産業相互や産業と最終的な需要者間の取引を一覧表にしたものが産業連関表である。こうした地域経済の実態把握に有用な数値情報を含む産業連関表を基に、産業部門区分に基づく環境負荷量を算定し、それを経時的に整備することは、地域の経済活動と発生する環境負荷とを関連付けて理解し、地域経済の特色を踏まえた環境政策を検討する上で、有益な基盤的環境データとなる。このことから、本研究では環境分析用産業連関表^{7,8)}を用いた分析・評価を行った。ただし、本研究は産業連関表の各部門から直接発生する環境負荷量に着目した分析・評価を実施するものであり、産業

連関分析特有のいわゆるLeontief逆行列を用いた環境負荷量の部門別帰属分析は行っていない。

長野県の産業活動に伴って発生する環境影響物質の排出量の推計は、1980、1985、1990、1995及び2000年の長野県産業連関表を用いて、それぞれの年次における「長野県環境分析用産業連関表」を作成し、産業分類における産業部門別に行った。

長野県産業連関表は、対象年の1年間に長野県内で行われた財・サービスの生産活動及び取引を対象とし、原則として生産及び取引が実際に発生した時点で記録している。また、取引活動の大きさは「金額」で表し、その価格は「実際価格」により評価したものである。表形式は各取引額に運賃及び商業マージンを含まない「生産者価格評価表」で、消費税の評価方法は各取引額に消費税を含む「グロス表示」である。なお、消費税の納税額は、粗付加価値部門の間接税(除関税・輸入品商品税)に含めて計上している。移輸入の取り扱い、県産品と移輸入品との区別を行わず、全く同じ取り扱いをする「競争移輸入型」である。部門分類は、列部門、行部門を「生産活動単位」(アクティビティベース)により分類した表である。

環境影響物質排出量の推計方法は、独立行政法人国立環境研究所の“Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan Using Input-Output Tables (3EID)”⁹⁾の手法を参考とし、Figure 1に示す方法¹⁰⁾で行った。推

Figure 1. Estimation process of environmental impact substance emissions

計する環境影響物質は、地球温暖化や大気汚染などに対する影響が大きいCO₂、NO_x、SO_x及びSPMを対象とした。各対象年の環境影響物質排出量の推計に用いた産業部門数は、1980年が60部門、1985年が35部門、1990年が88部門、1995年が186部門、2000年が188部門である。

推計方法の手順として、はじめに原燃料種別の消費量を推計し、これを産業連関表の統合小分類の各部門に割り当て部門別原燃料種別消費量を推計した。そこへ原燃料種別の単位物量あたりの発熱量を乗じることで部門別原燃料種別エネルギー消費量を算出し、これに各環境影響物質の原燃料種別排出係数を乗じて原燃料消費に伴う各環境影響物質の排出量を推計した。原燃料種別排出係数は、長野県独自の排出係数データが無いことから、3EIDで用いられた1995年の全国値を全ての推計年次に適用した。また、燃料の消費とは別に各環境影響物質の排出に直接影響を与える原燃料として、CO₂排出では石灰石、NO_x排出では電気炉用電力消費量、SO_x排出では金属鉱石消費量、SPM排出では野焼きの活動量を推計し積算した。

3. 部門別環境影響物質排出量の推計結果及び考察

大分類における部門別CO₂、NO_x、SO_x及びSPM排出量推計の年次推移結果をFigure 2～Figure 5に示す。各排出物質において明示した産業部門項目は排出量の多い上位部門とし、それ以外の部門は「その他の産業部門」として纏めて明記した。

CO₂、NO_x、SO_x及びSPM排出の分析の結果、いずれの排出物質においても総量では1980年から1995年までは、ほぼ一定の割合での増加傾向で、2000年はほぼ横ばいであった。その内訳をみると、1990年から1995年にかけて各部門の構成割合に大きな変化があった。これは、1990年以前は各産業の生産額に含まれていた自家輸送分が、1995年以降は「運輸」に自家輸送部門（＝仮設部門）を設けて、この部門に集約されたことが要因と考えられる。1990年から1995年の構成割合の変化から推定すると、いずれの排出物質においても1995年以降の「運輸」のうち、その約8割が自家輸送分であると推察できる。また、1990年から1995年にかけて、いずれの排出物質においても「商業」及び「建設」の割合が大幅に減少していることから「商業」及び「建設」関連の自家輸送分からの排出が大きいことがわかった。

次に、1995年の自家輸送部門の「運輸」への移行による変化を考慮した上で、主な産業部門について考察する。

「運輸」については、いずれの排出物質においても1990年から1995年にかけて増加しており、これは自家輸送部門の移行によるものと考えられるが、1995年から2000年にかけてはいずれの排出物質においても総量がほぼ横ばい

Figure 2. CO₂ emissions by Nagano Prefecture industry

Figure 3. NO_x emissions by Nagano Prefecture industry

Figure 4. SO_x emissions by Nagano Prefecture industry

Figure 5. SPM emissions by Nagano Prefecture industry

の状況の中で、「運輸」は増加傾向であった。これは、1998年の長野オリンピック開催のために高速交通網や主要幹線道路が整備されたことによって、道路貨物輸送などに伴う自動車の交通量が増加したことが要因と考えられる。また、2000年における「運輸」の全体に対する割合はCO₂排出では約32%、NO_x排出では約42%、SO_x排出では約29%、SPM排出では約32%であり、全ての排出物質において全体に占める割合が最大であった。

「水道・廃棄物処理」については、CO₂排出では1980年から2000年まで微増傾向であった。NO_x排出及びSO_x排出についてはほぼ横ばいで、全体に占める割合は小さかった。SPM排出は1990年から大幅な増加傾向であった。また、いずれの排出物質においても、その排出のほとんどが「廃棄物処理」からの排出であった。この理由として、近年、廃棄物の発生量が年々増加傾向にある中で、1990年頃から埋立処分場の減少に伴い埋立処理量が年々減少し、替わって廃棄物を減量化するための焼却処理量が増加してきたことが、主な原因であると考えられる。CO₂排出及びSPM排出の発生量増加の主な原因は、このように廃棄物の減量化のための焼却に伴った排出であると考えられる。

「建設」については、いずれの排出物質においても1980年から増加傾向にあったが、1995年から2000年にかけては減少した。これは1998年の長野オリンピック開催以降は、長野県の建設事業費の減少に伴って公共事業が減少したことが主な要因と考えられる。

「農林水産業」については、いずれの排出物質においても1980年以降増加傾向にあったが、1990年以降は僅かな減少傾向となった。これは農業の機械化やビニールハウス栽培における暖房使用などの増加に伴い、農業機械や暖房設備に使われる燃料の消費量が増加してきたが、近年は農地の縮小や農作物の移輸入量の増加などによって長野県内の農家数が5年間に約1万戸の割合で減少しており、これに伴って燃料消費量が減少してきたためと考えられる。

「民間消費支出」については、いずれの排出物質においても1980年から1995年までは増加傾向であったが、2000年はわずかに減少した。1995年までの増加の理由としては、自動車保有台数の増加とともに、自動車燃料として使われる「軽油」や「揮発油」の消費量が増加し、それに伴って自動車の排気ガスが増加したことや、SPM排出ではタイヤ磨耗に伴う発生量が増加したことが要因であると考えられる。また、2000年の減少については、近年の自動車のエンジン性能やタイヤ性能の向上などによって、自動車の燃費が向上し燃料消費量が減少したことが要因と考えられる。

4. LIME手法による環境影響分析・評価

推計したCO₂、NO_x、SO_x及びSPMの4種類の排出物質を対象とした排出量の分析結果では、それぞれの排出物質の影響を個別に評価することはできるが、産業全体の環境負荷を全般的に評価することは困難である。そこで、環境影響を総合的に捉えた分析を行い、長野県の産業活動が環境に与える影響の特徴を明らかにし、どの産業部門に対して対策を講じることが効果的であるのかを捉えるため、推計した部門別環境影響物質排出量のデータを基に、日本版被害算定型影響評価（LIME）手法を用いて環境影響分析を行った。

環境影響分析は、LIME手法で保護対象となっている「人間健康」、「社会資産」、「一次生産」及び「生物多様性」の4項目間に重み付けを行い単一指標化した「統合化」について行った。統合化の結果は経済価値額で表わされ、単位は「円（Yen）」である。統合化のための係数は、LIME手法の開発において調査した保護対象4項目の国内年間被害相当額に対する重み付け係数（人間健康0.31、社会資産0.17、一次生産0.25、生物多様性0.27）を基に算出した結果を用いた。統合化に用いた各排出物質の統合化係数をTable 1に示す。

各年次のLIME分析における排出物質ごとの結果をFigure 6に示す。統合化の結果を総量でみた場合、1980年から1995年までは増加傾向であるが、1995年以降はほぼ横ばいであった。これらの内訳をみた場合、全ての排出物質において1980年から1995年まで増加傾向で、CO₂は

Table 1. Factors of Weighting

Emission substance	Weighting factor (Yen/kg)
CO ₂	1.62
NO _x	1.84×10^2
SO _x	1.07×10^3
SPM	2.45×10^3

Figure 6. Result of Single index by Nagano Prefecture industry

増加の割合が他の排出物質に比べて大きかった。1995年以降は全ての排出物質においてほぼ横ばいであった。また、CO₂はどの年次においても全量の約半分を占めていることから、CO₂、NO_x、SO_x及びSPMによる統合化の結果では、長野県の産業活動に伴う環境影響は、CO₂による影響が最も大きいことがわかった。このことから、長野県の環境影響を低減するためには、環境負荷に対する影響が大きい排出物質であるCO₂の排出を低減することがより効果的であり、さらにCO₂排出量の大きい産業部門の改善を図っていくことが重要であると考えられる。今回の結果では、「運輸」、「水道・廃棄物処理」及び「民間消費支出」からのCO₂排出を低減することが効果的であるといえる。最も影響が大きい産業部門は「運輸」であることから、今後は、物流の合理化、原材料や食料品などの近隣からの調達、自動車の燃費向上、ハイブリッド車や燃料電池車などのエコカーの普及などによる改善対策が早急な課題であると考えられる。さらに、自動車の改良技術は「民間消費支出」における自家用自動車の改良にもつながり波及的な効果もある。また、「民間消費支出」では、一世帯当たりの自動車保有台数が全国2位である長野県においては、自動車から公共交通機関等への利用転換や、マイカー通勤の削減を図ることも効果的であると考えられる。「水道・廃棄物処理」については、そのほとんどが廃棄物の減量化のための焼却などによる廃棄物処理の影響であるため、今後は廃棄物の発生を抑制することはもとより、化石燃料を使った廃棄物の減量化のための焼却を削減していく必要があると考えられる。そのためには、森林資源の豊富な長野県においては、化石燃料から間伐材を有効利用した木質バイオマス燃料への利用転換を図ることも有効であると考えられる。また、山間地が多く水資源の豊富な長野県の特性を生かした小型水力発電などを使った自然エネルギーの利用促進を図っていくことも重要な課題であると考えられる。

今回の環境影響の総合的な分析では、LIME手法を用いて、CO₂、NO_x、SO_x及びSPMの4種類の排出物質に基づく分析・評価を行った。分析に用いた基データの排出物質数は4物質と少ないが、対象としたCO₂、NO_x、SO_x及びSPMの各物質は、現在問題となっている「地球温暖化」や、「都市域大気汚染」、「酸性化」などの環境問題に大きく影響を与える物質であるため、今回の分析・評価で得られた結果は、長野県の産業活動における環境影響の特徴を十分反映しているものと推察できる。

5. おわりに

本研究では、長野県の産業連関表及び各種統計指標を基に、長野県環境分析用産業連関表を作成し、長野県の産業活動に伴って発生する環境影響物質の排出量について、

1980年から2000年までの経時変化を推計した。そして、環境影響物質の排出の特徴と産業全体における環境影響の特徴を経時的に分析することで、長野県の産業構造と環境影響の特徴を明らかにした。これにより、今後の長野県において環境影響を低減するために重点的に取り組む必要がある産業部門が把握でき、その結果、環境負荷低減対策を効果的に実施していくためには、環境影響が大きく削減効果が高い「運輸」や「廃棄物処理」の分野を重視した対策を行う必要があることがわかった。

このように各地域において独自のデータを基に環境影響排出物質を推計して分析・評価することは、各地域の環境影響の特徴を把握できることから、それぞれの地域の実情にあった個別の対策を講じることが可能となるため、環境対策を実施する上で有効であると考えられる。

引用文献

- 1) 長野県総務部情報統計課：“昭和55年長野県産業連関表”，(1985)
- 2) 長野県総務部情報統計課：“昭和60年長野県産業連関表”，(1990)
- 3) 長野県総務部情報統計課：“平成2年長野県産業連関表”，(1995)
- 4) 長野県企画局情報政策課：“平成7年長野県産業連関表”，(2000)
- 5) 長野県企画局情報政策課：“平成12年長野県産業連関表”，(2005)
- 6) 伊坪徳宏，稲葉敦，“ライフサイクル環境影響評価手法”，社団法人産業環境管理協会，東京，(2005)
- 7) 朝倉啓一郎，早見均，溝下雅子，中村政男，中野諭，篠崎美貴，鷺津明由，吉岡完治，“環境分析用産業連関表”，慶應義塾大学出版会，東京，(2001)，pp.9-47
- 8) 吉岡完治，大平純彦，早見均，鷺津明由，松林隆治，“環境の産業連関分析”，日本評論社，東京，(2003)，pp.37-71
- 9) 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)”，独立行政法人国立環境研究所 地球環境研究センター，茨城，(2002)
- 10) Ishizaka K., Fujii T.: Energy and Resources, 27 (2), (2006), pp.67-70 (石坂和明，藤井恒男：エネルギー・資源, 27 (2), (2006), pp.67-70 [in Japanese])