

技術報告

# 産業連関表を用いた長野県産業における環境影響物質 (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, SPM排出量) の推計

Estimation of Environmental Impact Substances (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, SPM Emissions) in Nagano Prefecture Industry with an Input-Output Table

石坂和明\*・藤井恒男\*\*  
Kazuaki Ishizaka Tsuneo Fujii

(原稿受付日2005年8月8日, 受理日2005年10月17日)

## 1. はじめに

経済活動の進展に伴い、社会におけるエネルギー消費量が増加し、地球温暖化の主な原因とされるCO<sub>2</sub>をはじめとする環境影響物質の排出が増加してきた。2005年2月16日には「京都議定書」が発効し、CO<sub>2</sub>などの温室効果ガスの削減に向けた取り組みが先進国において積極的に行われ始めた。日本は2008年から2012年の5年間に1990年比で6%の温室効果ガス削減を目指すこととなった。

長野県内では、県機関が自らの温室効果ガス排出量の削減に取り組むとともに、県民、事業者及び行政が一体となって地球温暖化防止への取り組みを推進することとなり、長野県地球温暖化防止条例の検討を始めるなど、地球温暖化防止に向けた取り組みを進めている。

こうした地域における取り組みが地球環境を守る上で極めて大きな役割を持つと考えられることから、県機関が自らの温室効果ガスの排出を抑制することに加え、県民及び事業者の自主的な活動の促進のための情報を提供することによって、長野県の自然的・社会的条件に応じた地球温暖化防止対策を講じていくことが求められている。このような状況から、地域における産業活動が環境に対してどのような影響を与えているのかを細かく分析し、その結果を公表することによって地域社会に働きかけていくことが重要だと考えられる。

本研究では、長野県における産業活動と環境問題との関わりを考察するため、「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よって排出されるCO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>及びSPM(浮遊粒子状物質)の排出量を実態に即して推計した。また、全国の排出量と比較することで、長野県

産業における環境影響の特徴を明らかにした。

## 2. 環境影響物質排出量の推計

### 2.1 推計条件

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、長野県産業連関表<sup>1)</sup>を用いて「長野県環境分析用産業連関表」を作成し推計した。長野県産業連関表は最新データとして公表されている1995年表をベースに推計した。1995年表の部門分類は、大分類32部門、中分類93部門及び小分類186部門で構成されており、環境影響物質排出量は各分類の産業部門別に推計した。

排出量の推計は、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)”<sup>2)</sup>を参考に図1に示す方法により行った。まず、原燃料種別の消費量を推計し、産業連関表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

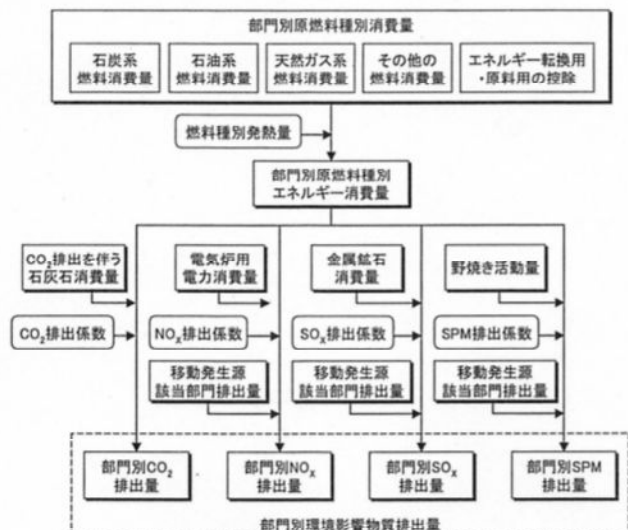


図1 環境影響物質排出量の推計方法

\*長野県工業技術総合センター 製品科学チーム研究員  
〒380-0928 長野市若里1-18-1

E-mail: ishizaka-kazuaki@pref.nagano.jp

\*\*信州大学大学院工学系研究科材料工学専攻教授

〒380-8553 長野市若里4-17-1

消費に伴う各環境影響物質の排出量を推計した。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についても推計し積算した。

推計する環境影響物質は、地球温暖化や大気汚染などへの影響度が大きいCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPMを対象とした。SPMは大気中に浮遊する粒子状物質で、粒径10μm以下を対象とした。各排出物質の排出係数は、日本国内における石炭や石油等の燃料や原料の性状には地域による違いがほとんどないと考えられるため、3EIDと同じ係数を使用した。

2.2 部門別環境影響物質排出量の推計方法

(1) 部門別原燃料種別消費量

部門別原燃料種別消費量は、表1に示す統計指標を用いて、石炭系、石油系、天然ガス系及びその他燃料用について推計した<sup>3-8)</sup>。その他燃料用における産業廃棄物は、中間処理の段階で減量化を目的として焼却される、紙くず、廃油、木くず、廃プラスチック類及び汚泥を対象とし<sup>9)</sup>、これらの減量化量を焼却処理量として計上した。

また、各環境影響物質の排出に影響を与える物質として、CO<sub>2</sub>排出では石灰石、NO<sub>x</sub>排出では電気炉用電力消費量、SO<sub>x</sub>排出では金属鉍石消費量、SPM排出では野焼きの活動量を計上した。

(2) 部門別原燃料種別エネルギー消費量

部門別原燃料種別エネルギー消費量は、式(1)のように各部門における各原燃料の消費量に各々の単位あたりの発熱量を乗じて求めた。

$$h_{ik} = q_k m_{ik} \dots\dots\dots (1)$$

$h_{ik}$ は部門*i*における燃料*k*によるエネルギー消費量、 $q_k$ は原燃料*k*の単位あたりの発熱量(高位発熱量)、 $m_{ik}$ は部門*i*における原燃料*k*の消費量である。

(3) CO<sub>2</sub>排出量

CO<sub>2</sub>排出量の推計は、式(2)のように各部門の原燃料種別エネルギー消費量に各々のCO<sub>2</sub>排出係数を乗じて行った。また、非化石燃料による排出として、セメント製造などの石灰石利用に伴うCO<sub>2</sub>排出量を計上した。

$$D_i = \sum_k f_k h_{ik} \dots\dots\dots (2)$$

$D_i$ は部門*i*のCO<sub>2</sub>排出量、 $f_k$ は燃料*k*に関するCO<sub>2</sub>排出係数、 $h_{ik}$ は部門*i*における燃料*k*のエネルギー消費量(石灰石の場合は物量での消費量)である。ただし、バイオマス系の燃料である回収黒液及び廃材については各部門のCO<sub>2</sub>排出量として計上しなかった。

石灰石からのCO<sub>2</sub>排出は、鉄鋼、セメント、ガラス製造部門で使用される石灰石や、消石灰及び生石灰の生成に要する石灰石に起因することから、これらの部門の石灰石消費量をCO<sub>2</sub>排出起源として計上した。

また、窯業原料鉍物部門に投入された石灰石は粉碎されるだけなので、この部門では石灰石起源のCO<sub>2</sub>排出量は計上しなかった。

(4) NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、SPM排出量

固定発生源における燃料消費等に伴うNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出量は、式(3)のように燃料種別のエネルギー消費量に固定発生源に関する排出係数を乗じて求めた。

$$p_{ik} = f'_{ik} h_{ik} \dots\dots\dots (3)$$

$p_{ik}$ は部門*i*における燃料*k*による大気汚染物質排出量、 $f'_{ik}$ は部門*i*における燃料種*k*に関する大気汚染物質排出係数、 $h_{ik}$ は部門*i*における燃料*k*のエネルギー消費量である。

小規模の製鉄所やスクラップなどの溶解に利用する電気炉はサーマルNO<sub>x</sub>を発生することから、通常の電力消費とは別に鉄鋼・非鉄金属部門における電力消費量をNO<sub>x</sub>の排出起源となる電気炉用電力消費量として計上した。

鉄鉍石及び非鉄金属鉍石には硫黄分が含まれており、金属精錬時にSO<sub>2</sub>が排出される。鉄鉍石起源のSO<sub>2</sub>は高炉内で発生し高炉ガスに含まれることから、鉄鉍石の消費によるSO<sub>2</sub>排出は計上しなかった。非鉄金属鉍石の硫黄分は回収・利用されているが、SO<sub>2</sub>として大気中にも排出されることから、金属鉍石消費量は、銅、鉛及び亜鉛を計上した。

SPMの非化石燃料起源の排出は、農業における野焼き活動量として、稲わら及びもみがらの焼却量を計上した。

移動発生源からのNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出量については、

表1 利用統計指標一覧

原燃料種名	利用統計	
石炭系	原料炭	石油等消費構造統計表
	一般炭・亜炭・無煙炭	石油等消費構造統計表
	コークス	石油等消費構造統計表
	コークス炉ガス(COG)	石油等消費構造統計表
	高炉ガス(BFG)	石油等消費構造統計表
	転炉ガス(LDG)	石油等消費構造統計表
石油系	原油	石油等消費構造統計表
	A重油	長野県年別主要指標 エネルギー生産・需給統計年報
	B重油・C重油	長野県年別主要指標 エネルギー生産・需給統計年報
	灯油	長野県年別主要指標
	軽油	長野県年別主要指標
	揮発油	長野県年別主要指標
	ジェット燃料	ながの県勢要覧
	ナフサ	ながの県勢要覧
	石油系炭化水素ガス	石油等消費構造統計表
	炭化水素油	石油等消費構造統計表
	石油コークス	石油等消費構造統計表
液化石油ガス(LPG)	ながの県勢要覧	
天然ガス系	天然ガス・LNG	石油等消費構造統計表
	都市ガス	長野県統計書
その他燃料用	回収黒液	紙・パルプ統計年報
	廃材	紙・パルプ統計年報
	廃タイヤ	日本のタイヤ産業
	一般廃棄物	長野県年別主要指標
	産業廃棄物	長野県年別主要指標
その他	石灰石	日本統計年鑑
	電気炉消費電力	ながの県勢要覧
	金属鉍石	日本統計年鑑
	野焼き	長野県年別主要指標

自動車、船舶、鉄道、航空機、農業機械及び建設機械を発生源の対象とした。

### 3. 部門別環境影響物質排出量の推計結果

長野県の大分類における部門別CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出量の推計結果を表2に示す。また、各排出の内訳を比較した結果を図2に示す。

これらの結果から、長野県におけるCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出は、いずれも民間消費支出を除いた産業部門で見ると、「運輸」からの排出が最も大きく、さらに詳細な内訳では自動車輸送に起因する割合が大きかった。このことから主な発生原因は自動車の燃料消費であると考えられる。長野県におけるCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出について効果的な削減対策を図るためには、各環境影響物質に共通して最も排出割合の大きい自動車の燃料消費に伴う環境負荷を低減していくことが重要であると考えられる。

表2 長野県大分類部門別排出量

排出物質名	CO <sub>2</sub> (t)	NO <sub>x</sub> (kg)	SO <sub>x</sub> (kg)	SPM(kg)
農林水産業	237,827	1,415,635	291,304	376,143
鉱業	271,720	81,065	14,314	6,304
食品	128,356	265,332	116,290	34,675
繊維製品	8,136	34,917	7,808	3,228
パルプ・紙・木製品	28,776	121,739	53,933	23,699
化学製品	8,901	79,542	14,066	10,176
石油・石炭製品	59,052	185,157	48,060	31,244
窯業・土石製品	527,032	366,926	80,303	32,374
鉄鋼	14,350	29,542	12,613	3,503
非鉄金属	37,771	66,947	18,067	6,813
金属製品	28,147	106,828	18,695	9,933
一般機械	49,302	204,175	41,634	20,741
電気機械	116,613	454,346	99,599	39,006
輸送機械	23,381	131,375	14,318	9,182
精密機械	15,720	50,633	13,038	4,268
その他の製造工業製品	33,432	102,235	36,038	12,073
建設	694,742	2,659,297	378,618	391,353
電力・ガス・熱供給	396,585	763,111	297,690	46,147
水道・廃棄物処理	1,351,253	559,955	53,777	622,566
商業	90,063	306,011	99,384	27,658
金融・保険	9,601	29,960	9,346	2,604
不動産	20,049	38,056	21,290	4,376
運輸	3,361,883	7,356,739	1,164,297	863,365
通信・放送	10,809	24,098	6,201	2,058
公務	82,868	293,632	95,373	26,556
教育・研究	102,453	286,056	67,432	26,329
医療・保健・社会保障	121,293	399,992	96,148	36,388
その他の公共サービス	16,087	30,013	16,781	3,449
対事業所サービス	47,775	135,754	37,875	13,872
対個人サービス	182,039	445,727	135,929	42,627
分類不明	101,048	160,940	54,414	14,724
民間消費支出	4,082,891	2,868,882	1,283,083	424,183

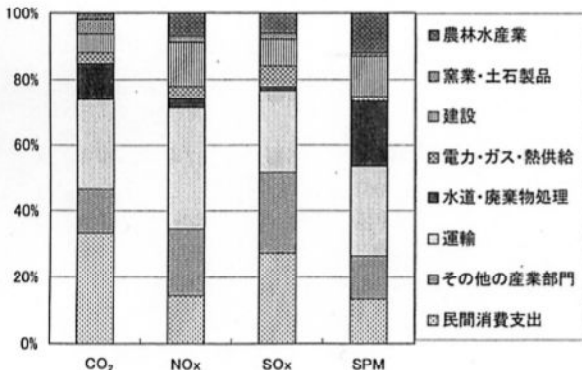


図2 長野県大分類4排出物質内訳比較

また、CO<sub>2</sub>及びSPM排出では、「運輸」に続いて「水道・廃棄物処理」による排出が大きかった。その内訳では廃棄物処理がほとんどで、主に廃棄物を減量化するための焼却による排出と考えられる。このことから、CO<sub>2</sub>及びSPM排出の低減には、産業廃棄物の減量化のための処理方法を改善していくことが有効であると考えられる。

次に、長野県産業における環境影響物質排出の特徴を明確化するため、長野県と全国の部門別環境影響物質排出量の内訳について比較した。なお、全国の排出量は3EIDの結果を利用した。

### 4. 長野県と全国の部門別環境影響物質排出量の特徴比較

長野県と全国の大分類における部門別CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出量の内訳を比較した結果を図3に示す。

CO<sub>2</sub>排出は、長野県では「運輸」、「水道・廃棄物処理」及び「民間消費支出」の割合が全国に比べて大きく、「民間消費支出」は全国の約2倍の排出割合であった。「電力・ガス・熱供給」及び「鉄鋼」は全国より割合が小さかった。

NO<sub>x</sub>排出は、長野県では「建設」及び「民間消費支出」の割合が全国に比べて大きかった。「運輸」は全国より割合が小さかった。

SO<sub>x</sub>排出は、長野県では「建設」及び「民間消費支出」の割合が全国に比べて大きかった。「運輸」及び「電力・ガス・熱供給」は全国より割合が小さかった。

SPM排出は、長野県では「水道・廃棄物処理」、「建設」及び「民間消費支出」の割合が全国に比べて大きかった。「運輸」及び「農林水産業」は全国より割合が小さかった。

「運輸」は、CO<sub>2</sub>排出においてその内訳をさらに詳細な分類で見ると、「家用旅客自動車輸送」及び「家用貨物自動車輸送」による割合が大きかった。これは長野県には公共交通機関が未整備のところが多く、全国に比べて自動車を移動手段として多く利用しているためと考えられる。

NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出においては全国に比べて割合が小

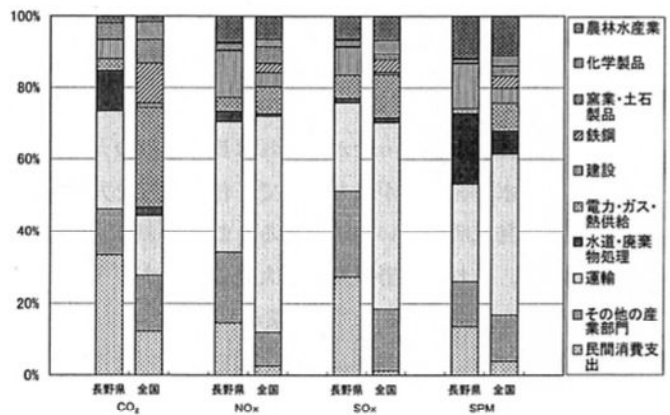


図3 大分類部門別CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、SPM排出内訳比較

さかった。この理由としては、「運輸」の全国の内訳ではNO<sub>x</sub>排出で約5割、SO<sub>x</sub>排出で約8割、SPM排出で約3割が「外洋輸送」によっているが、長野県は「外洋輸送」がないため「運輸」の排出割合が全国に比べて小さかったと考えられる。しかし、長野県全体の排出割合でみると、NO<sub>x</sub>排出で約3割、SO<sub>x</sub>排出で約2割を占めており、さらに詳細な内訳でみると、NO<sub>x</sub>及びSPM排出では“自家用貨物自動車輸送”、“道路貨物輸送”の順に多く、SO<sub>x</sub>排出では“道路貨物輸送”、“自家用旅客自動車輸送”、“自家用貨物自動車輸送”の順に多かった。これらのことから、長野県におけるNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出は、一般的に自動車貨物輸送による影響が大きいことがわかった。

「水道・廃棄物処理」は、CO<sub>2</sub>及びSPM排出で全国に比べて割合が大きかったが、これらの内訳を原燃料種別でみると、“水道”より“産業廃棄物”による影響が大きかった。また、産業廃棄物の約半分は“汚泥”が占めていることから、“汚泥”の減量化のための焼却は長野県におけるCO<sub>2</sub>及びSPM排出の主な原因の一つであるとわかる。

「建設」は、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出において全国に比べて割合が大きかったが、その内訳では土木関連の公共事業によるものが最も多く、建築関連はごくわずかであった。この要因として、本データは1995年を対象としたものであるため、1998年開催の長野オリンピックに関連する道路交通網整備などの公共事業が大幅に増加したことが考えられる。また、「建設」の内訳を原燃料種別でみると、“軽油”、“揮発油”の順に多く、これらを燃料とする建設機械などから発生したと推測できる。

「民間消費支出」は、4排出物質の全てにおいて全国に比べて割合が大きく、これらの内訳を原燃料種別でみると、CO<sub>2</sub>排出では“揮発油”、“軽油”、“灯油”の順に多く、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出では“軽油”、“揮発油”の順に多かった。“揮発油”、“軽油”は主に自動車用燃料と考えられ、長野県は自家用自動車の普及率が全国8位と高く、通勤や買物・レジャーなどの日常の移動手段として自動車を多く利用するため、これら自動車の排ガスによる影響が大きいと考えられる。また、“灯油”は主に寒冷地の長野県における冬季の暖房用燃料としての消費が多いためと考えられる。

「電力・ガス・熱供給」は、4排出物質の全てにおいて全国に比べて割合が小さかったが、これは長野県内の大規模な発電施設は水力発電所がほとんどで、化石燃料を大量に消費する火力発電所がないためである。また、「鉄鋼」の割合も小さいが、これは長野県内には大量の熱エネルギーが生産に使われる製鉄所などの素材産業が少ないためである。長野県におけるCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPM排出の特徴とし

て、全国に比べて「運輸」での自動車貨物輸送の割合が大きいこと、「民間消費支出」における自動車からの排出が大きいことなどから、自動車の燃料消費に伴い発生する排気ガスの影響が大きいことが明らかになった。このことから、長野県においてこれらの排出を削減するためには、自動車の燃料消費量の低減や排気ガス対策に、全国以上に積極的に取り組んでいくことが重要である。また、廃棄物の焼却による影響も大きいことから、廃棄物の減量化プロセスを改善し、排出量の低減を図ることも重要である。

## 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に基づき、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を推計した。また、推計結果を全国の結果と比較することで、長野県産業の特徴と環境影響の要因を示した。

環境影響物質としてCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>及びSPMを対象に部門別の排出量を推計したが、これらの結果から部門別の環境負荷原単位を算出し、地域の実態に即したライフサイクルアセスメント(LCA)のインベントリデータとして活用することも期待できる。

また本研究により、各都道府県の産業連関表を基に各種統計指標を活用することで、県地域レベルにおいても環境影響物質排出量の推計が可能であることが確認できた。

今後は長野県の産業における環境影響物質排出量の経時的推移についても調査・研究を進める予定である。

謝辞 本研究の遂行にあたって、ご指導・助言を頂きました信州大学 田中伸明助教授、小林充助教授、錦織広昌助手に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 長野県企画局情報政策課、平成7年長野県産業連関表、(2000)。
- 2) 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-、(2002)、国立環境研究所地球環境研究センター。
- 3) 長野県企画局情報政策課、平成15年版長野県年別主要指標、(2004)。
- 4) 長野県総務部情報統計課、平成8年長野県統計書、(1998)。
- 5) 長野県総務部情報統計課、平成8年版ながの県勢要覧、(1998)。
- 6) 通商産業大臣官房調査統計部編、平成7年石油等消費構造統計表、(1996)。
- 7) 通商産業大臣官房調査統計部編、平成7年エネルギー生産・需給統計年報、(1996)。
- 8) (社)日本自動車タイヤ協会、2003年版日本のタイヤ産業、(2003)。
- 9) 朝倉啓一郎、早見均、溝下雅子、中村政男、中野論、篠崎美貴、鷲津明由、吉岡完治；環境分析用産業連関表、(2001)、慶應義塾大学出版会。