

機関番号：32678  
 研究種目：若手研究（A）  
 研究期間：2007～2010  
 課題番号：19681003  
 研究課題名（和文）アジア各国の環境条件を反映した製品ライフサイクル環境影響評価手法の開発  
 研究課題名（英文）Development of Product Life Cycle Impact Assessment Method Considering Environmental Background in Asian Countries  
 研究代表者  
 伊坪 徳宏（ITSUBO NORIHIRO）  
 東京都市大学・環境情報学部・准教授  
 研究者番号：90344150

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、我が国で開発された LCIA 手法を基礎としつつ、海外での環境負荷による環境影響を適切に評価できるアジア版の LCIA 手法を開発し、その有用性について事例研究を通じて検証することを目標とした。アジア各国における環境影響を予測するための手法として、都市域大気汚染、酸性化、人間毒性、生態毒性を対象として、被害係数の開発を行った。

アジア各国の環境条件を反映した妥当性の高い計算結果を得ることにより、国産品の LCA の信頼性を向上させるとともに、アジア各国における LCIA 普及と国際的イニシアティブの確保につながるものと期待される。

## 研究成果の概要（英文）：

This study aimed at a development of LCIA method which reflects environmental conditions in Asian countries. Japanese methodology was modified to develop effectively. Regional impact categories such as urban air pollution, acidification, human toxicity and ecotoxicity were taken into account and damage factors for these impact categories were listed as an output of this study.

This study enabled us to improve reliability of LCIA case studies, because many of exported Japanese products can be applied appropriately. It is expected to promote LCIA in Asian countries and obtain the leadership in this research field.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2008年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
2009年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2010年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
総計	19,400,000	5,820,000	25,220,000

## 専門分野：環境評価

科研費の分科・細目：環境学、環境影響評価・環境政策

キーワード：ライフサイクルアセスメント、影響評価、LIME、酸性化、大気汚染、化学物質

## 1. 研究開始当初の背景

LCA は、製品のライフサイクルを評価対象とする性格上、複数の地点で発生した環境負荷を集計することが一般である。一方、環境負荷の発生地点により環境影響は異なるので、LCIA において環境影響の地理的差異を

考慮した分析の必要性が指摘されている。Potting (2006)、Seppala (2004)、Krewitt (2001)らは、大気汚染、酸性化や富栄養化といった大陸規模、局所規模の影響領域を対象として、欧州各国で区別した評価係数を開発したが、これらはアジア諸国を対象としてい

ない。

我が国は大量の資源を輸入に頼るため、資源採掘および調達に海外で環境負荷が発生する。資源採取では大規模な開発がなされ生態系が改変されるとともに、尾鉱、オーバーバーデンなどの大量の廃棄物が発生する。さらに、近年は自動車やペットボトル、家電製品など多くの使用済み製品が海外に流れており、これらの廃棄処分・リサイクルが適切に行われないことが懸念される。

環境問題の南北格差が指摘される一方で、現状の LCA インフラは当該問題の重要性を客観的に認識できる情報を提供できるレベルに至っていない。LCA の概念が国際的に普及した現在において、中国、韓国、台湾において LCA データベースの開発に向けた検討が行われているが、これらはいずれもインベントリ分析のみであり、影響評価は未着手の状況である。現在国産品を対象とした LCA は、海外で発生した環境負荷は便宜上国内で発生した場合と同じ係数を利用するのがほとんどである。

CSR(企業の社会的責任)が環境経営のキーワードとなっている現在、環境影響を国際的な視点から軽減していくことが企業に求められている。国内企業が地球の構成員として環境経営方針を適切に示すには、製品ライフサイクルの中で海外において発生し得る環境影響を日本国内の手法と同等のレベルで評価できる手法を開発することが必須の要件となる。その中でも、急速な経済成長を続けるアジア各国において発生する環境影響を高い精度で評価する手法を構築することが、国内製品の LCA の信頼性を向上させるとともに、LCA を国際的に普及促進させる上で極めて重要な課題であるといえる。

## 2. 研究の目的

本研究では、我が国で開発された LCIA 手法を基礎としつつ、海外での環境負荷による環境影響を適切に評価できるアジア版の LCIA 手法を開発することを目標とした。以下の要領でアジア各国の環境条件を反映した被害算定評価手法の開発を行った。

- (1) アジア各国における LCIA 用評価係数を算定するための評価係数算定プログラムの開発
- (2) 評価係数算定プログラム用の各国パラメータの収集
- (3) 評価係数算定プログラムを利用した計算の実施と評価係数リストの作成

最終的なアウトプットである被害係数は一単位環境負荷が発生した時の潜在的な環境被害量を算定したものである。当該係数を公開することで、企業等の LCA 実務者は自身が算定したインベントリデータに被害係数を乗じることで簡便に製品の環境評価を

地域性を反映しつつ分析することが可能になる。

日本国内で既に普及段階に入っている LIME をアジア各国の環境条件に対応するように修正することができれば、各国が独自に LCIA 手法を開発することを待つことなく、以下の事項が実現されるものと期待される。

- ・国産品の LCA の信頼性向上
- ・アジア各国における LCIA 普及
- ・日本企業がグローバルレベルで CSR を推進
- ・環境問題の南北格差の明確化

## 3. 研究の方法

本研究では、環境条件によって環境影響が異なるリージョナルレベルの影響領域(都市域大気汚染、酸性化、有害化学物質(人間毒性)、生態毒性)を対象にして手法開発を行った。

図1に評価対象国を示した。東アジア、東南アジアを中心とした11か国(日本、韓国、北朝鮮、モンゴル、中国、フィリピン、ベトナム、ラオス、タイ、カンボジア、ミャンマー)を対象にしている。中国はこれに加え7地域(北東、北西、中央、南東、南部、南西、台湾)に分割した。

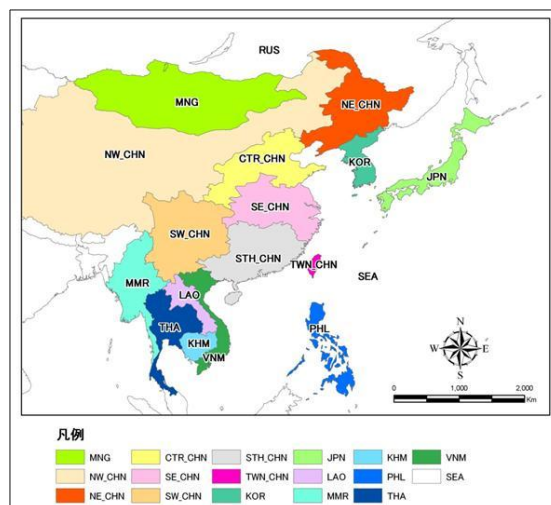


図1 LIME-asia の評価対象国と地域

以降、紙面上の都合から酸性化と大気汚染を例に評価方法と結果について述べる。

### 3. 1. 酸性化

図2に酸性化の被害係数算定フローを示した。陸域生態系への影響評価については、被害算定を行うメッシュの最小単位を  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  とし、東アジアを中心としたアジア広域を予測対象範囲に設定した。

- (1) 酸性化原因物質の拡散沈着に係るパラメータ推計

アジア広域を対象に地域区分（主に国別に区分し、中国はさらに5分割）を行い、海域を含めた計18の地域別にSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>（反応性窒素起因）発生源からの沈着寄与率を設定し、パラメータとして用いた。

SO<sub>2</sub>の地域区分別の発生沈着率のマトリクスを表1に示した。いずれも排出した地域や国と同じ地域等に沈着する割合は高いものの、その値は地域によって異なる。中国南部、南西部は4割程度が同じ地域に沈着するが、日本や韓国、フィリピンなどは排出されたうちの多くの割合が海洋へ運ばれている。



図2 酸性化に関する被害係数の算定フロー

(2) 土壌中への酸の浸透に係るパラメータ推計

沈着による酸は全て土壌pHの低下に寄与すると仮定し、土壌内の浸透水の水素イオン濃度の増加を推計した。メッシュ(1°×1°)ごとに、水素イオン濃度増加量を土壌浸透水量で除することで推計した。

本試算では、各グリッドの浸透水量は年間降水量で代替し、UEA/CRUの降水観測値に基づくUNEP GRIDの年間降水量データを引用した。

(3) 土壌区分、植生区分、NPP値等の分布の推計

土壌pHが低下すると、Alの溶出によって土壌溶液中のAl<sup>3+</sup>濃度が増加し、それによ

って植生の生長が妨げられる。この生長率の減少率に各グリッドのNPPを乗じることで、酸性化によるNPP損失を推計した。

各グリッドのデータについては、土壌区分はZolberの評価結果に基づくUNEP/Gridの世界土壌データを、植生区分は東京大学生産技術研究所の村井・本多の作成した世界植生地図(UNEP/Grid)を、NPP分布は筑後モデルを用いた推計値を引用する。

### 3. 2. 大気汚染

大気汚染における被害係数算定方法のフローを図3に示した。以降、各構成要素の実施内容についてそれぞれ説明する。

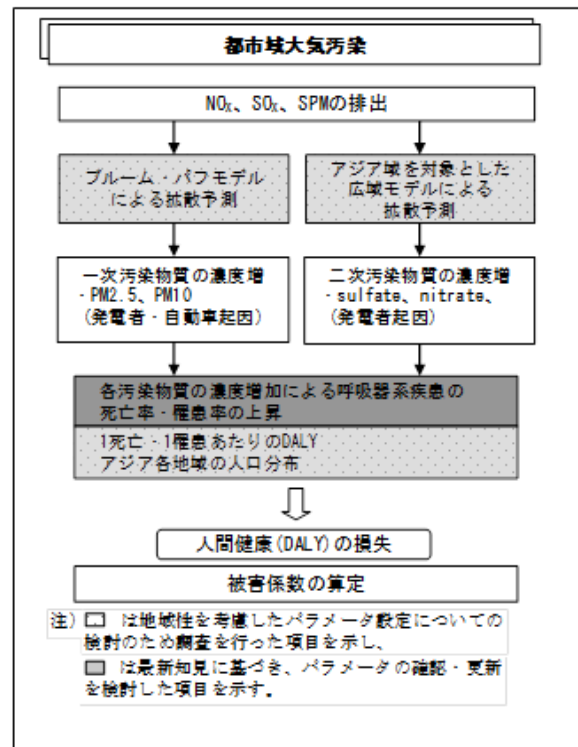


図3 都市域大気汚染領域の被害係数算定フロー

(1) 一次汚染物質の拡散パラメータ

一次汚染物質の排出源の汚染範囲は一般的には排出源近傍(数十km程度)と想定される。

表1 SO<sub>2</sub>における発生源からの沈着寄与率

Source		Receptor																			
地域	SO <sub>2</sub> 排出量 [Gs/年]	NW_CHN	NE_CHN	CTR_CHN	SW_CHN	STH_CHN	SE_CHN	TWN_CHN	MNG	KOR	JPN	PHL	VNM	LAO	KHM	THA	MMR	IND	SEA	others	TOTAL
NW_CHN	891	14.7	1.9	2.0	1.7	1.1	1.3	0.1	0.5	0.3	0.4	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	12.9	62.6	100.0
NE_CHN	764	2.0	12.0	0.7	0.4	0.8	1.1	0.1	0.1	1.6	0.8	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	28.4	51.9	100.0
CTR_CHN	3193	2.9	2.0	13.2	1.9	2.6	5.4	0.1	0.3	0.7	0.5	0.1	0.3	0.2	0.0	0.1	0.2	0.0	19.7	49.8	100.0
SW_CHN	1612	2.7	0.1	1.7	40.0	4.2	2.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.6	0.4	0.0	0.1	0.5	0.3	5.5	41.5	100.0
SE_CHN	2376	0.9	0.6	4.3	3.0	8.5	24.4	0.2	0.1	0.6	0.5	0.1	0.7	0.4	0.1	0.2	0.4	0.1	21.8	33.1	100.0
STH_CHN	1542	0.2	0.0	0.6	4.7	42.8	4.7	0.5	0.0	0.2	0.2	0.1	2.8	1.1	0.1	0.6	0.8	0.1	18.4	22.1	100.0
TWN_CHN	191	0.0	0.0	0.2	0.5	7.3	1.6	14.6	0.0	0.5	0.7	0.3	1.3	0.4	0.2	0.4	0.3	0.0	53.3	18.2	100.0
MNG	45	1.8	1.2	0.8	0.2	0.5	0.8	0.1	10.0	0.3	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	69.5	100.0
KOR	532	0.2	1.0	0.2	0.4	1.1	1.1	0.2	0.0	11.1	1.9	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	45.7	36.5	100.0
JPN	422	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	0.3	0.1	0.0	0.4	12.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	42.9	43.0	100.0
PHL	347	0.0	0.0	0.0	0.2	1.5	0.2	0.4	0.0	0.1	0.2	11.9	1.5	0.5	0.6	1.0	0.5	0.0	50.9	30.5	100.0
VNM	98	0.1	0.0	0.1	3.6	8.0	0.7	0.3	0.0	0.1	0.1	0.6	25.6	3.4	3.2	3.1	2.0	0.3	24.2	24.8	100.0
LAO	24	-0.1	0.0	-0.1	2.8	9.6	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1	7.0	18.1	0.7	10.1	3.3	0.2	14.2	33.4	100.0
KHM	26	-0.1	0.0	0.0	0.2	3.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	7.3	3.3	21.8	10.9	2.1	0.1	21.7	28.8	100.0
THA	482	0.1	0.0	0.0	2.4	5.9	0.5	0.3	0.0	0.1	0.1	0.2	3.6	8.3	1.1	22.5	7.4	0.4	18.7	28.2	100.0
MMR	61	0.6	0.0	0.0	6.1	5.9	0.6	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	2.5	3.0	0.2	5.1	16.4	1.2	10.4	47.5	100.0
IND	1133	3.4	0.0	0.0	1.7	1.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.3	1.7	29.5	9.6	50.9	100.0
SHIP	495	0.1	0.1	0.2	0.2	1.6	0.5	0.4	0.0	0.3	0.8	0.8	1.0	0.3	0.4	0.7	0.3	0.0	44.5	47.9	100.0
VOLCANOS	45937	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	96.6	100.0

一次汚染物質の拡散パラメータについては、国内版 LIME と同様にブルーム・パフモデルによる拡散予測結果の影響範囲内の平均濃度を用いることとした。予測に用いる気象データについては、米国エネルギー省内 EERE より公表されている標準気象データを引用した。気象条件については計算対象範囲内の 78 地点のデータを整理し、各グリッドの最寄りの気象データを採用することとした。

(2) 二次汚染物質の拡散パラメータ

二次汚染物質の排出源の汚染範囲は、物質によって異なるものの数千 km 程度の広域にわたると想定される。

ここでは、アジア版 LIME の酸性化の評価で整理している、排出地域・沈着地域別の単位排出量あたりの沈着量パラメータと、EANET による地点別の大気汚染物質濃度と沈着量の観測結果の関係から、二次汚染物質の拡散パラメータを推計した。

(3) 大気汚染起因の死亡率・罹患率の増加パラメータ

各大気汚染物質の濃度増加量を変数とした、呼吸器系疾患による死亡率・罹患率の検討を行った。算定対象とする疾患については、ExternE1999 のパラメータを整理した国内版 LIME をベースに、ExternE2005 の知見の追加について検討を行った。その結果、本調査では、表 2 に示す呼吸器系疾患の死亡率・罹患率の設定を行った。

表 2 算定対象の可否を検討した呼吸器系疾患の種類

算定対象となる呼吸器系疾患	
Acute mortality	Emergency RHA
Chronic mortality	Emergency cardiac hospital admissions
Bronchodilator usage	Consultation for upper respiratory diseases (URD)
Lower respiratory symptoms, including cough	Emergency room visit (ERV) for Chronic obstructive pulmonary disease (COPD)
Chronic bronchitis	ERV for asthma
Consultation for asthma	ERV for croup in pre school children
Restricted activity days	

(4) 1 死亡・1 罹患当りの DALY

(3) で設定した呼吸器系疾患を対象に、1 死亡・1 罹患当りの DALY の検討を行った。アジア各国では、人口動態や医療体制等により、DALY の違いが想定されることから、ここでは WHO による地域分類(表 3 参照)ごとに、各疾患の 1 死亡又は 1 罹患別の DALY の設定を行った。

表 3 WHO による地域分類

地域分類	対象国
Searo B	タイ
Searo D	北朝鮮、ミャンマー
Wpro A	日本
Wpro B	モンゴル、中国、韓国、ラオス、カンボジア、フィリピン、ベトナム

(5) アジア各地域の人口分布

アジア各地域の人口分布については、IIASA の修正 SRES シナリオの都市・農村人口データを用いて、アジア各地域のグリッド別人口の推計を行った。ここでは、A2 シナリオによる 2000 年の人口パラメータを引用した。

4. 研究成果

以下、酸性化と大気汚染における被害係数の算定結果を示した。

4. 1. 酸性化

表 4 に日本の被害係数（一次生産、社会資産）の算定結果を示した。日本で単位量 NOx を放出したことによる NPP の潜在的な損失量は 0.2kg であり、そのうちの約 8 割は日本で発生することがわかる。残りの 2 割は海外に沈着することによる影響となる。既存の評価では国内への被害のみを計上していたため、2 割程度の過小評価を回避することができた。

表 4 日本の被害係数（一次生産、社会資産）の算定結果

排出国	沈着国	NPP損失 [kg/kg]	木材生産被害 [USD/L/kg]	
中国	中国	0.0267	0.0080	
	中国 北西部	0.0004	0.0001	
	中国 北東部	0.0024	0.0007	
	中国 中央部	0.0020	0.0006	
	中国 南西部	0.0011	0.0003	
	中国 南東部	0.0106	0.0032	
	中国 南部	0.0094	0.0028	
	中国 台湾	0.0008	0.0002	
	日本	モンゴル	1.5E-06	1.1E-07
		韓国	0.0057	0.0045
北朝鮮		0.0069	—	
日本		0.1708	0.0526	
フィリピン		0.0004	2.3E-05	
ベトナム		0.0012	0.0004	
ラオス		0.0006	0.0004	
カンボジア		0.0003	0.0002	
タイ		0.0008	0.0003	
ミャンマー		0.0004	0.0001	
	合計	0.2137	0.0665	

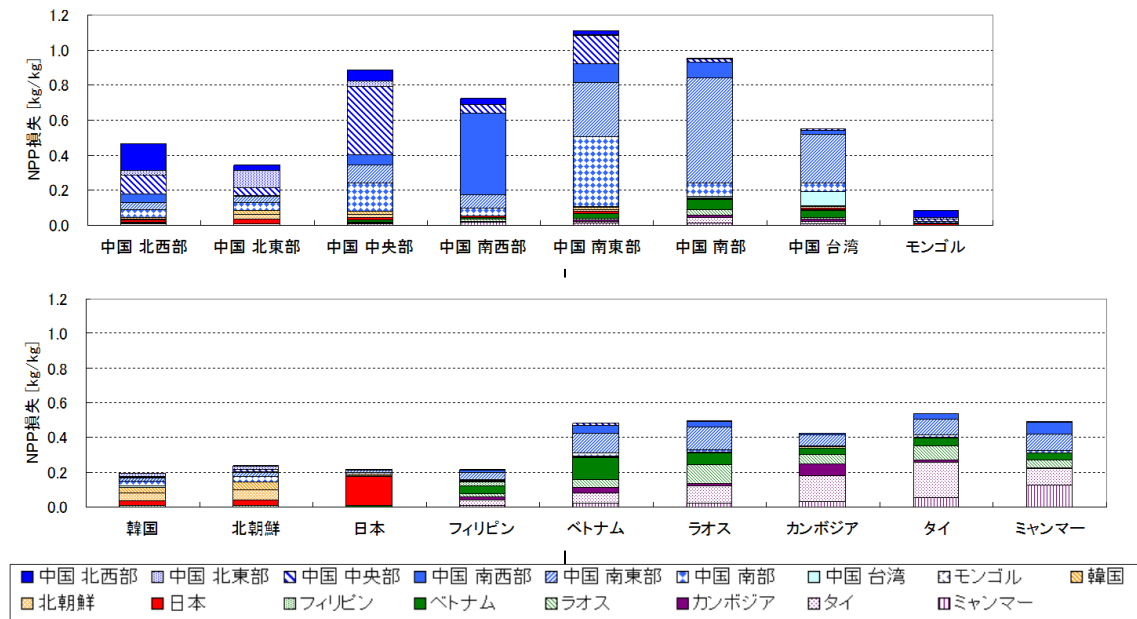


図3 各国における酸性化の被害係数（一次生産）算定結果の比較

図3に各国の被害係数（一次生産）算定結果を示した。11か国、6地域それぞれにおいて、一単位NO<sub>2</sub>が排出されたときに発生し得る潜在的被害量（kgNPP-loss/kg）について示した。

中国の南東部、南部、中央部が大きく、およそ1.0kg（NPP-loss/kgNO<sub>2</sub>）となった。中国南部は潜在的に植物生産量が多いことから、酸性化物質の沈着によるNPPの変化に関する感度が高いこと、大陸側での排出は沿岸部に比べて陸上に沈着する割合が大きいことによる。タイ、ラオスなど東南アジアも日本などの倍程度の影響があるものと予測された。これは、中国内陸部ほど沈着する割合は大きくないが、NPPが大きいため酸性化物質の沈着による感度が高いことが影響した。

一方、日本、韓国、フィリピン、北朝鮮はおよそ0.2kg（NPP-loss/kgNO<sub>2</sub>）で、中国南部に比べて1/5程度であった。これは、排出された酸性化寄与物質の多くが海洋に運ばれるため、陸上に沈着される割合が低かったこ

とによる。

また、日本の場合は排出したもののほとんどが日本に影響を与えるが、他国では越境大気汚染の傾向が強く表れていることがわかる。特に国土の狭い韓国やフィリピンは排出したものの多くが他国への影響に寄与するものと考えられた。

モンゴルや中国北部といった北に位置する国や地域はNPPが小さいことに加えて、多くの割合がロシアなど今回の評価モデルの範囲外に移送されることから被害係数は小さくなった。

#### 4. 2. 大気汚染

表5に浮遊粒子状物質、表6にSO<sub>2</sub>の被害係数について示した。浮遊粒子状物質については、一次粒子による影響のみを考慮したため、排出地域と影響を受ける地域が共通する。

ここでは粒径や発生源の種類、発生地点の高さで分類したうえで被害係数を算定した。粒径が小さいほど疾患のリスクが高いため被害量は大きくなる。発生地点の高さが低い

表5 各国における浮遊粒子状物質の大気汚染被害係数（人間健康）算定結果の比較

Source 地域	PM10			PM2.5			発電所起因PM			運輸PM		
	煙源高さ 1m	煙源高さ 20m	煙源高さ 60m	煙源高さ 1m	煙源高さ 20m	煙源高さ 60m	煙源高さ 1m	煙源高さ 20m	煙源高さ 60m	煙源高さ 1m	煙源高さ 20m	煙源高さ 60m
NW_CHN	3.28E-06	2.47E-06	1.41E-06	5.47E-06	4.13E-06	2.35E-06	3.28E-06	2.47E-06	1.41E-06	7.95E-06	5.99E-06	3.42E-06
NE_CHN	7.87E-04	5.82E-04	3.02E-04	1.31E-03	9.69E-04	5.04E-04	7.87E-04	5.82E-04	3.02E-04	1.91E-03	1.41E-03	7.32E-04
CTR_CHN	1.12E-03	8.50E-04	4.57E-04	1.87E-03	1.42E-03	7.61E-04	1.12E-03	8.50E-04	4.57E-04	2.72E-03	2.06E-03	1.11E-03
SW_CHN	1.68E-04	1.27E-04	7.37E-05	2.81E-04	2.12E-04	1.23E-04	1.68E-04	1.27E-04	7.37E-05	4.08E-04	3.09E-04	1.79E-04
SE_CHN	5.22E-04	4.02E-04	2.19E-04	8.70E-04	6.70E-04	3.65E-04	5.22E-04	4.02E-04	2.19E-04	1.26E-03	9.74E-04	5.30E-04
STH_CHN	2.70E-04	2.06E-04	1.24E-04	4.51E-04	3.44E-04	2.07E-04	2.70E-04	2.06E-04	1.24E-04	6.55E-04	5.00E-04	3.01E-04
TWN_CHN	4.91E-04	4.01E-04	2.51E-04	8.18E-04	6.69E-04	4.18E-04	4.91E-04	4.01E-04	2.51E-04	1.19E-03	9.72E-04	6.07E-04
MNG	1.34E-06	9.78E-07	5.34E-07	2.24E-06	1.63E-06	8.91E-07	1.34E-06	9.78E-07	5.34E-07	3.23E-06	2.35E-06	1.28E-06
S_KOR	4.61E-04	3.44E-04	1.70E-04	7.68E-04	5.74E-04	2.84E-04	4.61E-04	3.44E-04	1.70E-04	1.11E-03	8.33E-04	4.12E-04
N_KOR	1.04E-03	7.74E-04	3.83E-04	1.73E-03	1.29E-03	6.38E-04	1.04E-03	7.74E-04	3.83E-04	2.52E-03	1.89E-03	9.33E-04
JPN	1.26E-04	9.95E-05	5.72E-05	2.10E-04	1.66E-04	9.54E-05	1.26E-04	9.95E-05	5.72E-05	3.09E-04	2.44E-04	1.40E-04
PHL	1.44E-04	1.18E-04	7.36E-05	2.40E-04	1.97E-04	1.23E-04	1.44E-04	1.18E-04	7.36E-05	3.38E-04	2.76E-04	1.73E-04
VNM	4.91E-04	3.41E-04	1.90E-04	8.18E-04	5.68E-04	3.16E-04	4.91E-04	3.41E-04	1.90E-04	1.17E-03	8.11E-04	4.51E-04
LAO	3.10E-05	2.15E-05	1.20E-05	5.17E-05	3.59E-05	2.00E-05	3.10E-05	2.15E-05	1.20E-05	7.37E-05	5.12E-05	2.85E-05
KHM	1.51E-04	1.20E-04	6.69E-05	2.51E-04	2.00E-04	1.11E-04	1.51E-04	1.20E-04	6.69E-05	3.61E-04	2.89E-04	1.60E-04
THA	5.41E-04	4.32E-04	2.40E-04	9.01E-04	7.20E-04	4.00E-04	5.41E-04	4.32E-04	2.40E-04	1.32E-03	1.05E-03	5.85E-04
MMR	5.80E-04	4.35E-04	2.51E-04	9.67E-04	7.25E-04	4.18E-04	5.80E-04	4.35E-04	2.51E-04	1.41E-03	1.06E-03	6.10E-04

表 6 各国における SO<sub>2</sub> の大気汚染被害係数（人間健康）算定結果の比較

Source		Receptor																			
地域	排出量 [GgS/年]	NW. CHN	NE. CHN	CTR. CHN	SW. CHN	STH. CHN	SE. CHN	TWN. CHN	MNG	S.KOR	N.KOR	JPN	PHL	VNM	LAO	KHM	THA	MMR	SEA	others	TOTAL
NW CHN	891	1.6E-07	7.4E-07	2.1E-06	3.0E-07	9.8E-07	2.1E-06	1.6E-06	1.0E-09	1.3E-06	1.6E-06	2.4E-07	6.5E-09	9.0E-08	2.9E-09	1.0E-08	5.6E-09	5.8E-09			1.2E-05
NE CHN	764	2.1E-08	4.6E-06	7.1E-07	1.9E-07	7.1E-07	1.8E-06	1.8E-06	2.2E-10	6.1E-06	7.5E-06	4.7E-07	4.6E-09	7.1E-08	3.2E-09	1.0E-08	4.1E-09	6.6E-09			2.4E-05
CTR CHN	3193	3.1E-08	7.5E-07	1.4E-05	1.0E-06	2.4E-06	9.1E-06	3.5E-06	5.1E-10	2.6E-06	3.2E-06	3.1E-07	1.1E-08	1.6E-07	6.2E-09	1.9E-08	1.1E-08	9.8E-09			3.7E-05
SW CHN	1612	2.9E-08	2.2E-08	1.8E-06	2.1E-05	3.8E-06	3.6E-06	2.5E-08	1.8E-11	2.2E-07	2.7E-07	8.4E-08	5.3E-09	3.3E-07	1.8E-08	1.5E-08	1.3E-08	2.9E-08			3.4E-05
STH CHN	2376	2.3E-09	9.8E-09	6.2E-07	2.5E-06	3.9E-05	8.0E-06	1.3E-05	1.0E-12	6.5E-07	7.9E-07	1.3E-07	8.5E-09	1.5E-06	4.4E-08	6.0E-08	5.5E-08	5.4E-08			6.6E-05
SE CHN	1542	9.6E-09	2.2E-07	4.5E-06	1.6E-06	7.9E-06	4.1E-05	6.3E-06	1.2E-10	2.5E-06	3.0E-06	3.0E-07	1.3E-08	3.8E-07	1.5E-08	3.3E-08	2.2E-08	2.5E-08			6.8E-05
TWN CHN	191	1.9E-10	1.3E-08	1.9E-07	2.6E-07	6.8E-06	2.8E-06	4.0E-04	0.0E+00	1.9E-06	2.4E-06	3.9E-07	4.0E-08	6.9E-07	1.5E-08	1.2E-07	3.5E-08	2.1E-08			4.1E-04
MNG	45	2.0E-08	4.5E-07	8.0E-07	1.1E-07	5.1E-07	1.4E-06	1.4E-06	2.0E-08	1.2E-06	1.4E-06	2.6E-07	7.1E-09	5.1E-08	1.9E-09	9.1E-09	2.7E-09	2.1E-09			7.6E-06
South KOR	532	1.9E-09	3.8E-07	2.5E-07	2.1E-07	1.0E-06	1.9E-06	4.5E-06	2.0E-11	4.3E-05	5.3E-05	1.1E-06	1.1E-08	1.2E-07	5.1E-09	1.3E-08	5.3E-09	9.5E-09			1.0E-04
North KOR		1.9E-09	3.8E-07	2.5E-07	2.1E-07	1.0E-06	1.9E-06	4.5E-06	2.0E-11	4.3E-05	5.3E-05	1.1E-06	1.1E-08	1.2E-07	5.1E-09	1.3E-08	5.3E-09	9.5E-09			1.0E-04
JPN	422	1.5E-10	4.5E-08	3.1E-08	2.4E-08	3.7E-07	5.4E-07	2.2E-06	0.0E+00	1.5E-06	1.8E-06	7.4E-06	1.2E-08	3.9E-08	1.1E-09	7.4E-09	2.7E-09	3.4E-09			1.4E-05
PHL	347	1.4E-10	1.4E-09	2.7E-08	1.2E-07	1.4E-06	3.6E-07	1.1E-05	0.0E+00	4.6E-07	5.6E-07	1.3E-07	1.5E-06	8.0E-07	1.9E-08	3.2E-07	8.7E-08	2.9E-08			1.7E-05
VNM	98	1.5E-09	0.0E+00	1.3E-07	1.9E-06	7.4E-06	1.2E-06	7.4E-06	0.0E+00	2.3E-07	2.8E-07	5.6E-08	7.0E-08	1.3E-05	1.4E-07	1.7E-06	2.9E-07	1.3E-07			3.4E-05
LAO	24	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-06	8.9E-06	8.7E-07	8.5E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.9E-08	1.2E-08	3.6E-06	7.4E-07	3.7E-07	9.2E-07	2.1E-07			2.6E-05
KHM	26	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-07	2.9E-06	1.4E-07	8.9E-06	0.0E+00	1.6E-07	2.0E-07	2.6E-08	5.2E-08	3.8E-06	1.3E-07	1.2E-05	9.9E-07	1.3E-07			2.9E-05
THA	482	1.4E-09	5.4E-10	3.6E-08	1.3E-06	5.5E-06	8.8E-07	7.3E-06	0.0E+00	2.4E-07	3.0E-07	7.0E-08	3.0E-08	1.9E-06	3.4E-07	5.9E-07	2.0E-06	4.6E-07			2.1E-05
MMR	61	6.9E-09	1.8E-09	8.7E-09	3.3E-06	5.5E-06	9.4E-07	8.7E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-08	1.0E-08	1.3E-06	1.2E-07	1.1E-07	4.6E-07	1.1E-06			1.9E-05

ほど暴露効率が高くなるため被害量が大きい傾向があった。環境負荷の発生地域によっても大きく異なった。特に人口密度が低いモンゴルは他国に比べて2桁～3桁ほど小さかった。

一方、SO<sub>2</sub>による影響は一次粒子による影響のほか、大気中で変質してできる二次粒子の影響も加算した。二次粒子の影響は長距離移動し、他国にも影響を及ぼすことから、影響を受ける地域の構成もあわせて示した。日本や韓国、台湾といった比較的人口密度が高く、かつ沿岸部の国や地域の被害係数は、環境負荷の発生地点と同じ地点における影響が大きかった。しかし、モンゴル、ミャンマー、ラオス、タイ、中国北部など相対的に人口密度が低い地域では、越境大気汚染により人口密度の高い他国に対する影響の方がむしろ大きかった。このように、地域が異なると、被害量のみでなく、被害の発生地点の構成も大きく異なることがわかった。

本研究の成果は、家電製品や電力などの事例研究に適用され、その結果の妥当性についても合わせて検証した。今後は、これらの成果を国内企業のほか、アジア各国に広く発信し、LCIA手法の普及に寄与することが求められる。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件、全て査読有)

- ① M. Motoshita, N. Itsubo, A. Inaba: Development of impact factors on damage to health by infectious diseases caused by domestic water scarcity, The International Journal of Life Cycle Assessment, 16(2010) 65-73
- ② 湯龍龍, 伊坪徳宏: ライフサイクル思考に基づく製品の社会影響評価手法の開発, 日本LCA学会誌, 6 (2010) 446-455
- ③ 本下晶晴, 伊坪徳宏, 稲葉敦: 農業用水不足に起因する栄養阻害被害の評価係数の算定, 日本LCA学会誌, 6 (2010) 481-492
- ④ 伊坪徳宏, 堀口健, 湯龍龍, 比留間雅人, 関口憲義: ライフサイクル思考に基づく国際マラソン大会の環境負荷評価, 日本

LCA学会誌, 5 (2009) 510-520

- ⑤ 菊地克行, 伊坪徳宏: 地産地消を担う農作物直売所におけるCO<sub>2</sub>排出量の表示とその効果分析, 日本LCA学会誌, 5 (2009) 446-455
- ⑥ 小林充, 石坂和明, 伊坪徳宏: LIMEを用いたICパッケージのライフサイクル影響評価とフルコスト評価, 日本信頼性学会誌, 31 (2009) 481-492
- ⑦ Anders Andrae, Norihiro Itsubo: Life Cycle Assessment of Japanese High - Temperature Conductive Adhesives, Environmental Science and Technology (2008)

〔学会発表〕(計30件)

- ① 伊坪徳宏: アジア各国の地理的条件を反映した環境影響評価手法の開発, 第六回日本LCA学会, 2011年3月3日, 東北大学川内北キャンパス
- ② 久保利晃, 伊坪徳宏: アジア各国における生態毒性・ヒト毒性の被害係数開発, 第六回日本LCA学会, 2011年3月3日, 東北大学川内北キャンパス
- ③ 濱安武, Lin Meiyun, 伊坪徳宏, 永田裕子, 井伊亮太: アジアを対象とした大気汚染による被害係数の開発, 第六回日本LCA学会, 2011年3月3日, 東北大学川内北キャンパス
- ④ 伊坪徳宏: 生物多様性を対象としたLCIA手法の現状と今後の課題, 第五回日本LCA学会, 2010年3月4日, 東京都市大学横浜キャンパス

〔図書〕(計1件)

伊坪徳宏, 稲葉敦編: LIME2 -意思決定を支援する環境影響評価手法-, 産業環境管理協会 (2010), P3-666

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

伊坪徳宏 (ITSUBO NORIHIRO)  
東京都市大学・環境情報学部・准教授  
研究者番号: 90344150