

## サブテーマ3-2 シーケンシャル・ユースの評価手法の開発

### 1. 滋賀県環境分析用産業連関表の作成

既存産業連関表に従った部門分類（1995年186部門，2000年188部門）を対象に物量での投入産出データ（1995年，2000年）を作成した。生産部門，最終需要部門のみならず，廃棄物（一般，産業）処理部門，下水道処理部門の静脈部門も含むことで，製品マテリアル・フローだけではなく，廃棄物・副産物も含めたフローを包含している。

また，環境負荷として，水質汚濁負荷排出量，廃棄物最終処分（埋立）量（廃棄物フローに含まれる），二酸化炭素排出量の部門別（生産部門，最終需要部門，静脈部門）からの排出量も明示的に扱うことができる。他に類のない詳細な部門分類と対象物質を扱っており，このようなデータベースの整備自体が一つの大きな成果である。一部については，データ整備継続を見越して次の産業連関表作成年次である2005年分についても構築作業を並行して進めている。

構築したデータの概要を以下に示す。

#### ①物質投入・産出データ

- ・ 生産量データベース：物量生産部門約130部門の生産量を，統計値を集め積上げることによって構築。

#### ②静脈部門投入データ

- ・ 廃棄物中間処理部門投入データ：産業廃棄物処理業者，自治体管轄の処理場へのアンケート調査を中止とした作業により，30以上の処理部門（処理方法）の投入物質・エネルギー量のデータを構築。1995年と2000年の処理プロセス構造の変化とその要因も分析。
- ・ 下水処理部門投入データ：自治体管轄の県内処理場のデータを分析，アンケート調査も行い，処理プロセスへの投入物質・エネルギー量のデータを構築。また，1995年と2000年の処理プロセス構造の変化も分析。

#### ②廃棄物フロー

- ・ 産業廃棄物：排出事業者側への調査と中間処理業者の処理量データを統合し廃棄物フロー・データを構築。県外への再資源化物フローなどに不備があるものの産業部門と処理部門のフローを追うことができる詳細なデータである。
- ・ 一般廃棄物：県内処理場への調査を行い家庭系・事業系一般廃棄物のフローを構築。従来ほとんど不明であった，再資源化物のフローおよび最終処分先（県外，県内の区別）も明らかにした。

#### ③環境負荷排出量データ

- ・ 水質汚濁負荷量：県内特定事業所の公共用水域への汚濁負荷データを基礎とし，事業所データの産業への分類を行い，負荷量データを構築した。負荷量は1995年から2000年で大幅に減少していることがわかり，事業所アンケートにより汚濁負荷変化の要因についても調査した。
- ・ 二酸化炭素排出量：製造業については，大気汚染に関する規制対象の事業所を対象とした石油等燃料の消費量調査を基礎データとして，産業別燃料消費量データを構築し，それらに原単位を乗じて二酸化炭素排出量を算定した。製造業以外の産業，

最終需要からの排出量は、産業連関表の投入量からエネルギー種を仮定し、原単位を乗じて算定した。

## 2. 物量データベースを活用したマテリアル・フロー分析

### ①資源生産性の測定

産業活動が作り出した付加価値に対する総投入物質量を資源生産性とし、その変化の要因を産業別に分析した。滋賀県全体としては資源生産性が向上していることがわかった。また、サービス産業の付加価値比率が増加していることがわかった。

### ②波及効果を含む環境効率指標の時系列分析

産業連関分析の逆行列計算を行い、製品生産によって誘発される物質量も考慮した域内での物質フロー誘発率と域外・域内も含めた物質フロー誘発率の比率（歩留り率）により産業ごとの評価を行なった。多くの産業では歩留り率は減少し、県域全体では域外依存度が高まったこと、誘発物質量も含めると必ずしも資源生産性が向上しているとは評価できないことがわかった。また、産業ごとに歩留り変化の要因を投入構造から同定し、滋賀県の基幹産業である電気・電子機械系産業では、部品等調達において県内産業との連携を強化したことがわかった。

### ③線形計画法による環境制約下での産業構造動態の分析

製品生産を行なう産業（1次、2次産業）を対象として付加価値最大化を目的関数として投入産出関係を線形方程式で定式化する線形計画法により、二酸化炭素、廃棄物排出量、廃棄物最終処分（埋立）量を制約条件としてそれぞれの制約条件に対する感度分析を行なった。CO<sub>2</sub>の制約を強くする（CO<sub>2</sub>の削減を行なう）ことをしても、CO<sub>2</sub>削減を7割程度にするまでは付加価値額の総額は2000年以下にはならず、産業の付加価値を維持しつつCO<sub>2</sub>削減が可能であることを示した。

また、重油から天然ガス、石炭から天然ガスといった産業での燃料転換、またコージェネレーション導入によるCO<sub>2</sub>削減効果を算定し、これら対策の有効性を検証した。



# 研究テーマ：3-2 インダストリアル・エコロジーと滋賀のマテリアル・フロー

研究リーダー： 滋賀県立大学環境科学部 仁連孝昭  
 共同研究者： 滋賀県立大学環境科学部 金谷健、井手慎司、高橋卓也  
 大阪産業大学人間環境学部 若井郁次郎  
 しがぎん経済文化センター 志賀文昭  
 滋賀県琵琶湖環境部 明石達郎  
 雇用研究員： 吉田徹、林周

1



## 環境分析用産業連関表の作成

### <研究目的>

環境と経済の関係性の評価

産業の脱物質化dematerializationの評価

### <研究成果の利用>

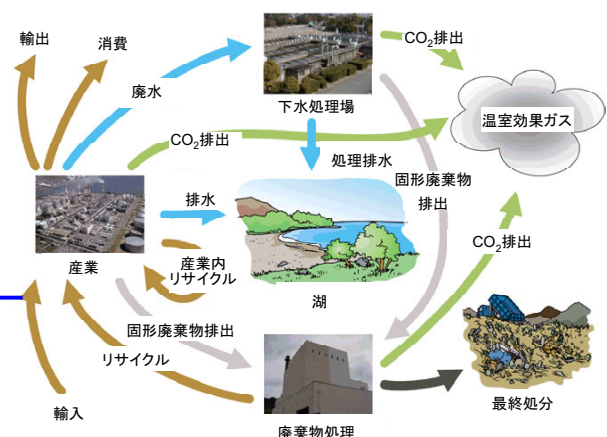
マテリアルとエネルギーのフロー

(環境×経済、経済×経済)

(資源と廃物residual)

動脈部門と静脈

マテリアル・フローとマネー・フロー  
 のリンク



2

# 産業連関表の拡張

## <公害分析用産業連関表>

産業連関表に産業からのSOXCO2などの排出量をリンク

## <環境分析用産業連関表>

経済全体のマテリアル・フローとリンクさせるPIOTの作成

(1) MIOTのフレーム					(2) PIOTのフレーム										
産出 投入		経済			環境	産出計	産出 投入		経済			環境	産出計		
		産業部門	最終需要	廃物	廃物				産業部門	最終需要	廃物	廃物			
経済	産業部門	$x_{11}$	$x_{1n}$	$f_1$		$X_1$	経済	産業部門	$x_{11}$	$x_{1n}$	$f_1$	$w_{11}$	$w_{1k}$	$X_1$	
		$x_{ij}$		$f_i$		$X_i$			$x_{ij}$		$f_i$		$w_{ij}$		$X_i$
		$x_{n1}$	$x_{nn}$	$f_n$		$X_n$			$x_{n1}$	$x_{nn}$	$f_n$	$w_{n1}$	$w_{nk}$		$X_n$
	付加価値	$v_1$	$v_j$	$v_n$			消費部門				$w_{1l}^f$	$w_{j}^f$	$w_{k}^f$	$w^f$	
環境	一次資源						環境	一次資源	$r_{11}$	$r_{1n}$					
									$r_{ij}$						
									$r_{m1}$	$r_{mn}$					
投入計		$X_1$	$X_j$	$X_n$			投入計		$X_1$	$X_j$	$X_n$				

図1.2 MIOTとPIOTのフレーム

# データ構造

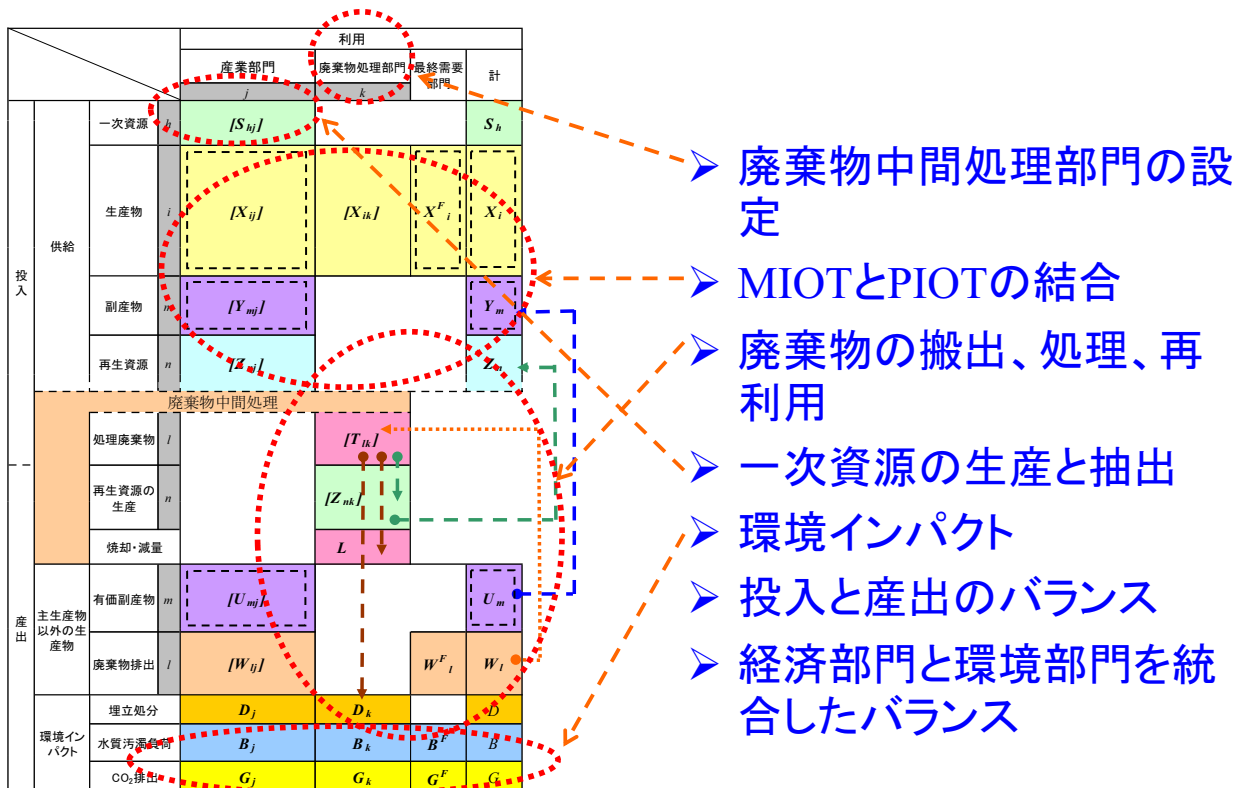
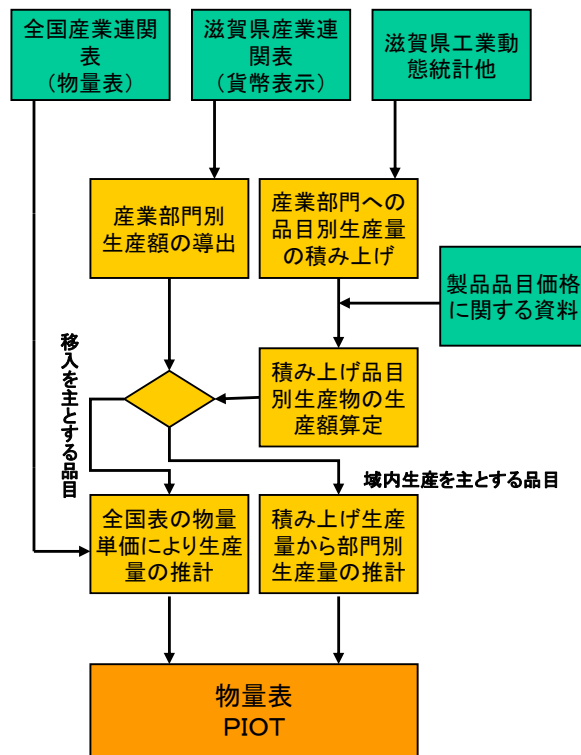


図1.3 環境分析用産業連関表の構成

# 物量データの作成



5

# 滋賀県のマテリアル・フロー

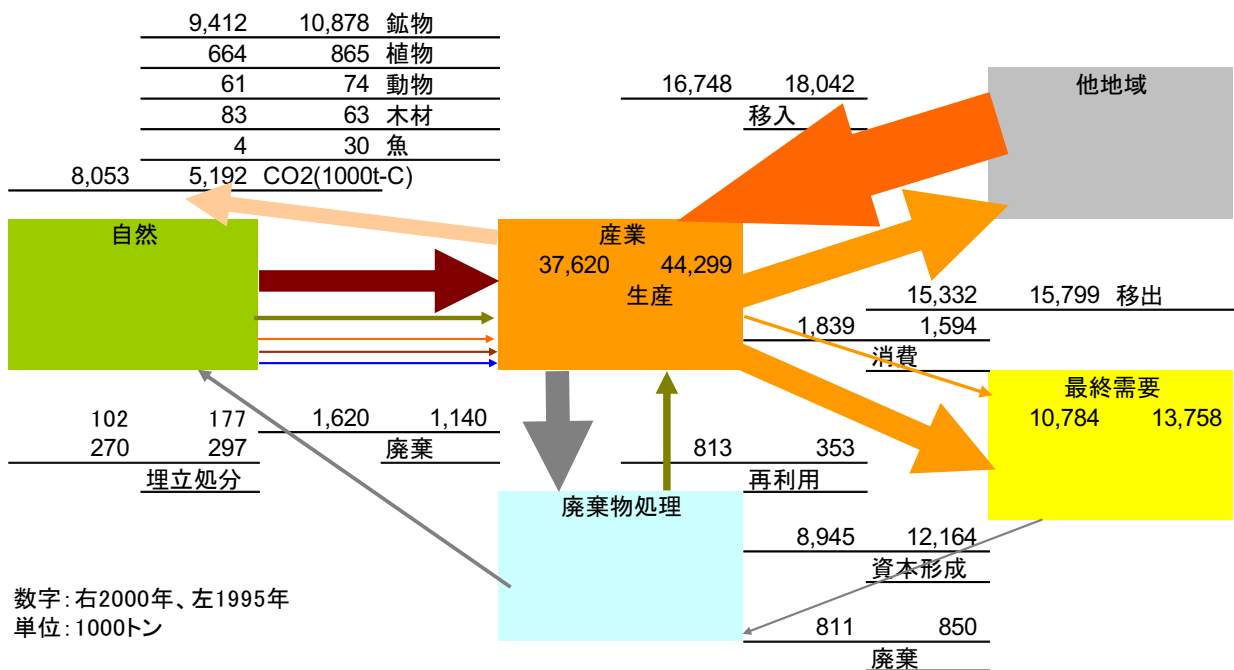


図2.1 滋賀県のマテリアル・フロー

- 脱物質化 (移入量、生産物量、資本形成、資源抽出量、最終処分量、再生利用)
- 非脱物質化 (産業廃棄物の搬出、消費)

6

# 滋賀県産業の脱物質化傾向

- ・ 高価値財生産へのシフト
- ・ 製品重量当り価格上昇
- ・ 生産の脱物質化

$$V = \frac{V}{P_M} \cdot \frac{P_M}{P_P} \cdot P_P$$

V：付加価値額

$P_M$ ：生産額

$P_P$ ：生産物量

表2.2 産業部門別(統合大分類)付加価値生産の変化  
(1995年と2000年の比較)

産業部門	V	その要因		
		V/ $P_M$	$P_M/P_P$	$P_P$
1 農林水産業	0.89	1.13	0.97	0.81
2 鉱業	0.74	0.54	1.68	0.82
3 食料品	0.86	0.92	1.04	0.90
4 繊維製品	0.59	1.05	1.09	0.51
5 パルプ・紙・木製品	1.24	1.35	0.62	1.48
6 化学製品	0.86	0.93	0.99	0.93
7 石油・石炭製品	1.45	1.83	0.91	0.87
8 窯業・土石製品	0.79	0.94	1.02	0.82
9 鉄鋼	1.08	1.08	1.30	0.77
10 非鉄金属	1.25	1.10	1.50	0.76
11 金属製品	0.89	1.02	1.12	0.77
12 一般機械	1.28	0.97	1.17	1.12
13 電気機械	0.93	0.95	0.95	1.02
14 輸送機械	1.35	1.00	1.01	1.33
15 精密機械	1.39	0.99	0.93	1.50
16 その他の製造工業製品	1.00	0.95	1.18	0.89
17 建設	0.85	0.96	1.21	0.73

資料：物量および貨幣産業連関表より作成

# 滋賀県産業の成熟化

産業中分類で見た産業別の地域内波及効果

	逆行列係数(地域内波及効果)				逆行列係数(地域内波及効果)		
	2000	1995	2000/1995		2000	1995	2000/1995
乗用車	1.369	1.150	1.191	非鉄金属製錬・精製	1.292	1.212	1.066
船舶・同修理	1.434	1.226	1.170	飲料	1.144	1.075	1.064
一般産業機械	1.316	1.153	1.142	その他の輸送機械・同修理	1.270	1.195	1.063
電力	1.293	1.135	1.139	その他の窯業・土石製品	1.290	1.215	1.062
自動車・機械修理	1.281	1.143	1.121	陶磁器	1.282	1.210	1.060
電子応用装置・電気計測器	1.288	1.166	1.105	精密機械	1.281	1.212	1.057
繊維工業製品	1.391	1.259	1.104	その他の一般機器	1.249	1.183	1.055
その他の自動車	1.302	1.150	1.093	民生用電子・電気機器	1.250	1.185	1.055
通信機械	1.274	1.166	1.093	半導体素子・集積回路	1.221	1.166	1.047
電子計算機・同付属装置	1.270	1.166	1.089	パルプ・紙・板紙・加工紙	1.222	1.170	1.045
建築	1.294	1.189	1.088	建設補修	1.284	1.233	1.041
衣服・その他の繊維既製品	1.336	1.234	1.083	事務用・サービス用機器	1.275	1.225	1.040
水運	1.368	1.264	1.082	水道	1.310	1.261	1.039
特殊産業機械	1.282	1.188	1.079	鑄鍛造品	1.237	1.191	1.038
化学繊維	1.178	1.093	1.079	ガラス・ガラス製品	1.281	1.238	1.035
電子部品	1.255	1.166	1.076	紙加工品	1.201	1.161	1.034
住宅賃貸料	1.195	1.114	1.073	物品賃貸サービス	1.260	1.220	1.032
家具・装備品	1.265	1.183	1.069	鋼材	1.131	1.096	1.032
通信	1.302	1.220	1.067	娯楽サービス	1.190	1.153	1.032
プラスチック製品	1.281	1.201	1.067	非鉄金属加工製品	1.195	1.159	1.031

- ・ 外来型産業(電気・電子機械)の県内シェアの低下  
(1991年17.8%→2003年8.8%県内生産)
- ・ 外来型産業の地域定着(地域内波及効果の上昇)



# 環境インパクトの小さい産業への転換

表2.3 物量基準による環境負荷率の変化(1995年と2000年の比較)産業統合大分類別

	要因					要因			要因		
	D	D/W	W/M	M/P	P	B	B/P	P	G	G/P	P
農林水産業	4.79	2.86	1.63	1.26	0.81			0.81	0.79	0.98	0.81
鉱業						0.93	1.14		0.84	1.03	
食料品	0.24	0.10	1.63	1.60	0.90	0.42	0.47	0.90	0.93	1.04	0.90
繊維製品	2.10	1.39	2.09	1.41	0.51	0.45	0.87	0.51	0.59	1.15	0.51
パルプ・紙・木製品	0.63	0.56	0.77	0.97	1.48	0.89	0.60	1.48	1.09	0.74	1.48
化学製品	0.97	1.15	0.53	1.71	0.93	0.68	0.73	0.93	1.04	1.12	0.93
石油・石炭製品			2.14	1.02	0.87	2.96	3.42	0.87	0.78	0.90	0.87
窯業・土石製品	8.08	4.89	1.40	1.44	0.82	0.36	0.43	0.82	0.71	0.87	0.82
金属製品	0.67	1.04	0.50	1.67	0.77	0.50	0.64	0.77	1.13	1.46	0.77
一般機械	0.22	0.30	0.45	1.48	1.12	0.41	0.37	1.12	1.52	1.35	1.12
電気機械	0.85	0.86	0.55	1.76	1.02	0.80	0.79	1.02	1.62	1.59	1.02
輸送機械	0.19	0.28	0.36	1.38	1.33	0.49	0.37	1.33	1.64	1.24	1.33
精密機械	0.86	0.97	0.46	1.28	1.50	0.56	0.37	1.50	1.82	1.22	1.50
その他の製造工業製品	1.00	1.25	0.56	1.62	0.89	0.61	0.69	0.89	1.24	1.40	0.89
建設	0.17	0.10	1.55	1.47	0.73			0.73	0.87	1.18	0.73

- 廃棄物直接処分から中間処理へ、最終処分量の削減へ
- 水質汚濁負荷の半減
- 二酸化炭素排出量(電気を除く)  
8,053 × 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>(1995)  
5,192 × 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>(2000)
- 背景 企業の自律的な高い環境意識

$$D = \frac{D}{W} \cdot \frac{W}{M} \cdot \frac{M}{P} \cdot P$$

$$B = \frac{B}{P} \cdot P$$

$$G = \frac{G}{P} \cdot P$$

D: 廃棄物最終処分量

W: 廃棄物搬出量

M: 投入資源量

P: 生産物量

B: COD負荷

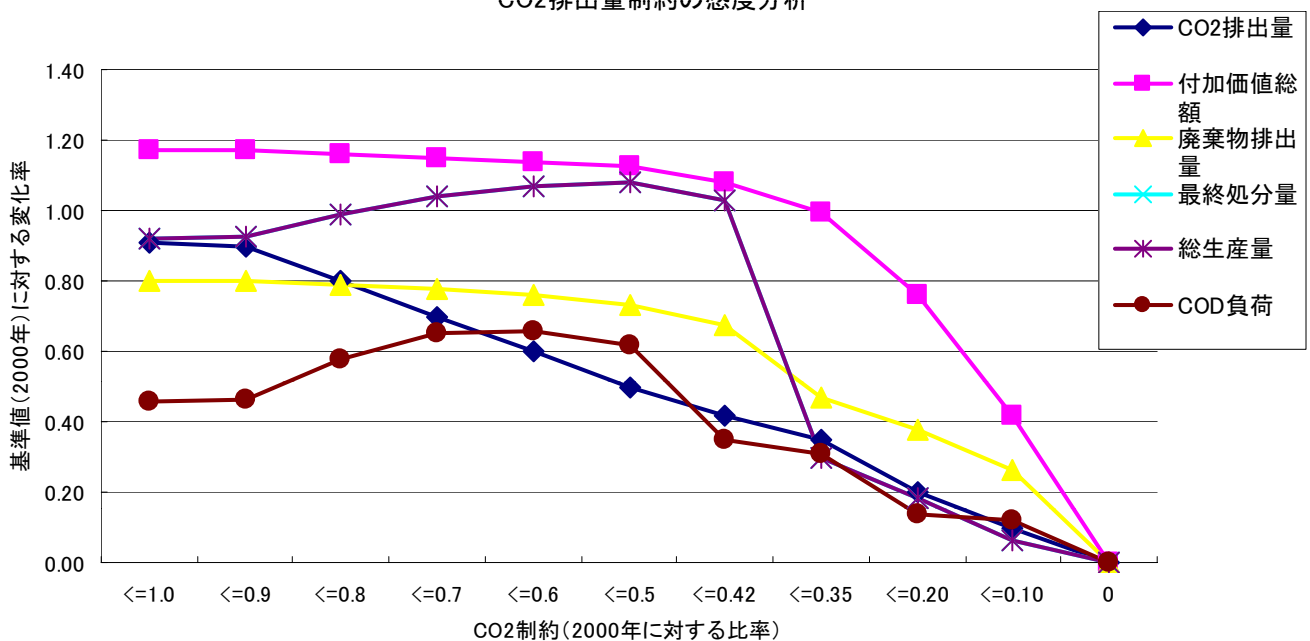
G: 二酸化炭素排出量



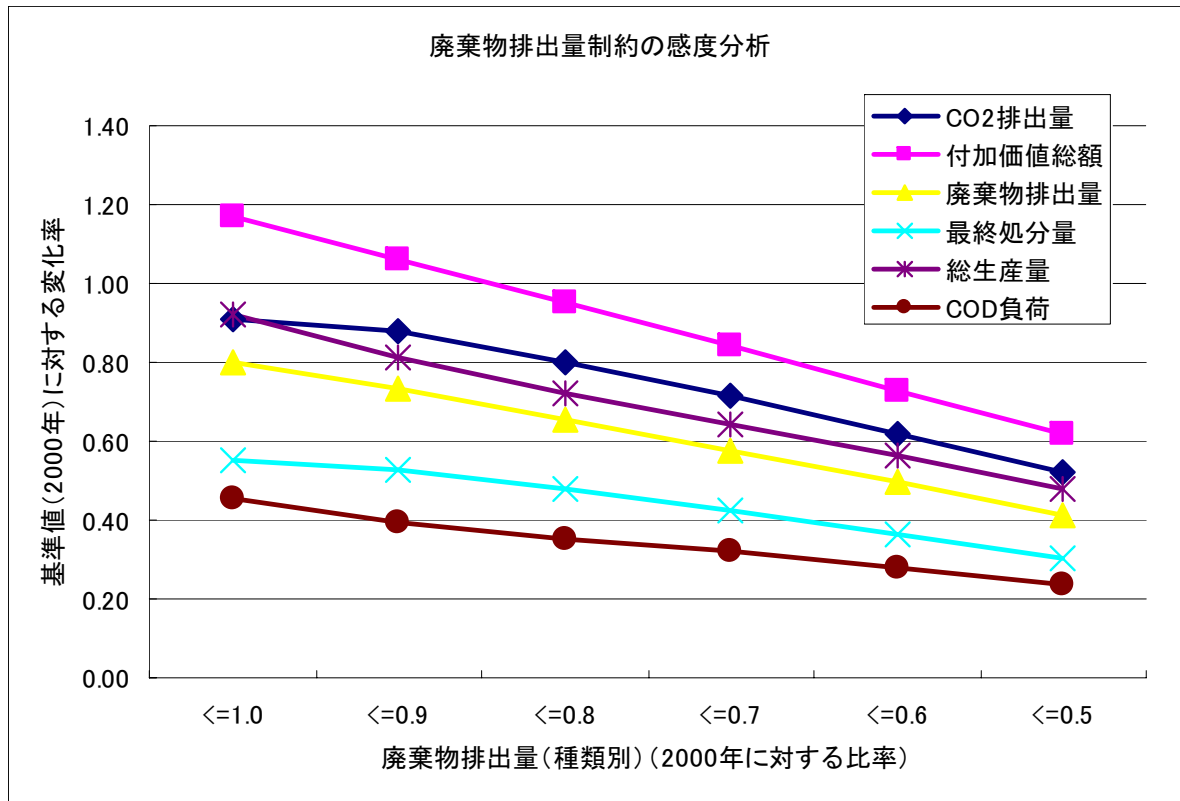
# CO<sub>2</sub>排出量制約下の経済と環境

## <LPによるシミュレーション>

CO<sub>2</sub>排出量制約の感度分析

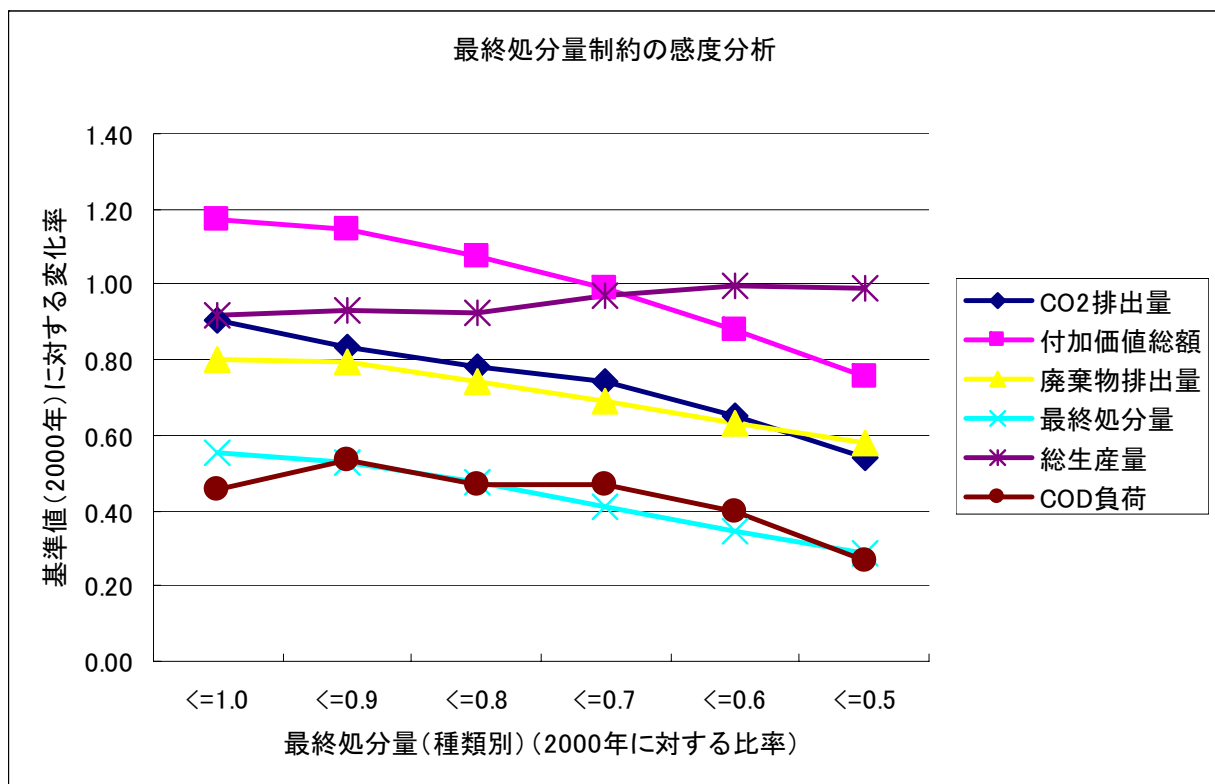


## 廃棄物排出制約下の経済と環境



11

## 廃棄物最終処分量制約下の経済と環境



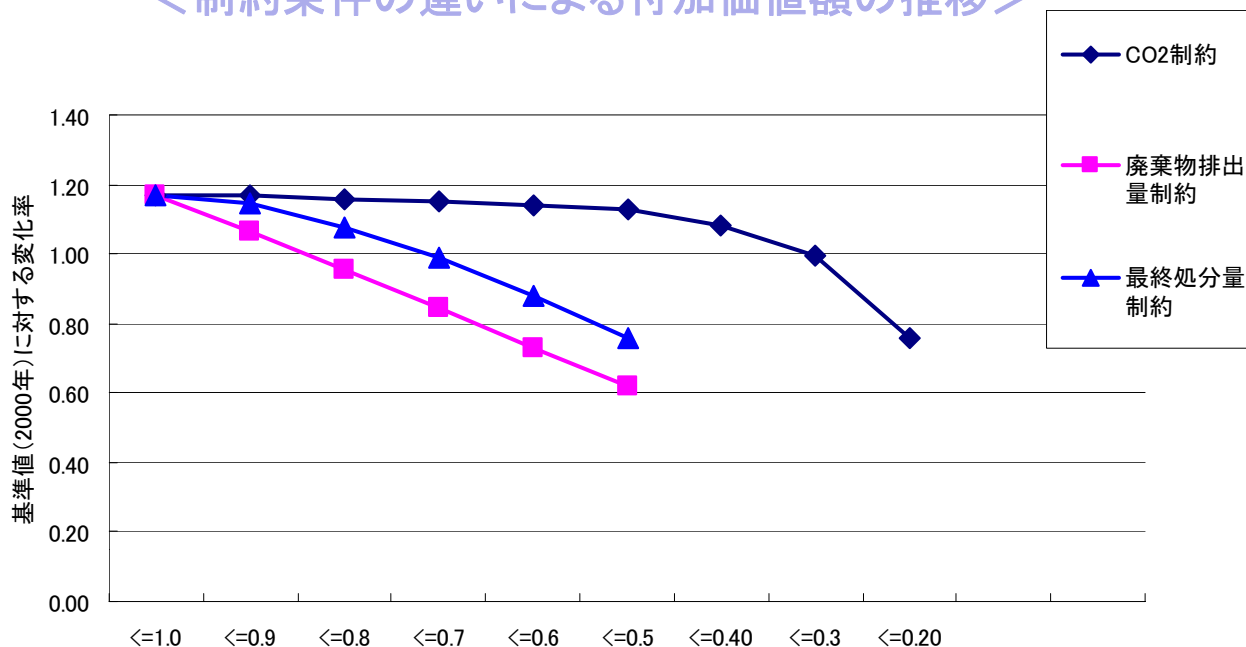
12





# CO<sub>2</sub>制約は必ずしも経済を縮小させない

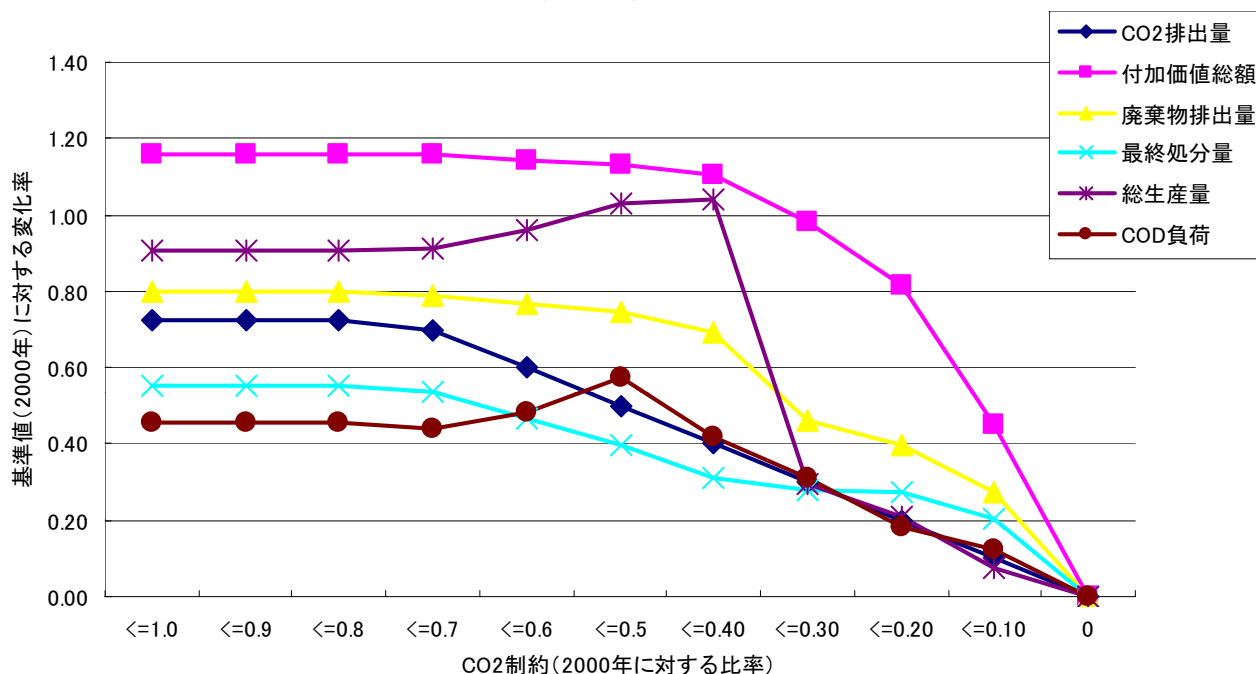
## ＜制約条件の違いによる付加価値額の推移＞

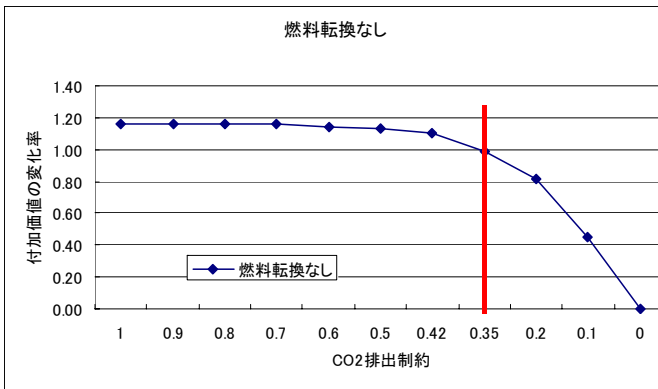


# 燃料転換による経済と環境への影響

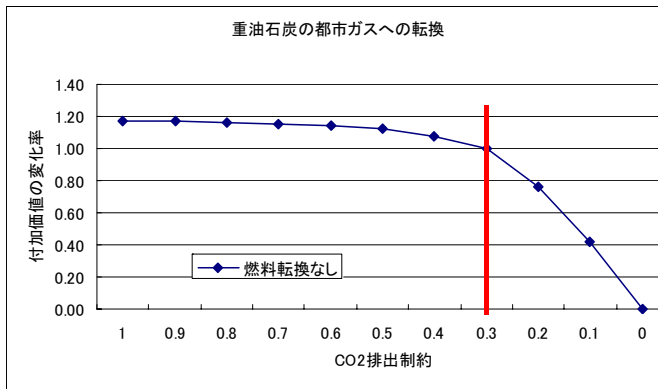
## 燃料転換(石炭・重油を天然ガスへ)

CO<sub>2</sub>排出量制約の感度分析





CO<sub>2</sub>削減率65%で2000年水準の付加価値生産が可能



CO<sub>2</sub>削減率70%で2000年水準の付加価値生産が可能

### 産業政策への応用

- 環境と経済動態の関係性の認識
- 推進させるべき変化と減速させるべき変化の判断
- 制度、政策と変化の関わり方の理解
- 制度、政策の展開

### 産業技術評価

- 産業技術の社会的・環境的側面の評価
- 技術開発を推進させるべき分野の評価

### 企業・事業所の環境管理支援

- 業種別事業所レベルのCO<sub>2</sub>排出量削減水準の把握とその社会的評価の手段
- マテリアル・コスト会計適用支援



## 研究の展開分野

- 特定マテリアルのフロー分析
- エコロジカル・フットプリントの分析
- 空間情報の付加による空間フロー分析
- ライフスタイルの変化を取り込んだ産業シミュレーション

17



## 産業エコロジーの構築に向けて

### 産業エコロジーの目標

- end-of-pipe 政策から脱物質化産業へ
- 物質・エネルギー依存のライフスタイルから脱物質化ライフスタイルへ
- 1, 2の相乗効果による産業エコロジーの構築

### 産業エコロジーの条件

- 主体的条件: 産業エコロジーを推進する意欲＋ファクター4をめざす技術革新能力
- 客観的条件: 人材を吸引する質の高い環境づくり

18

