

# 中国都市の工業化と汚染物質排出構造 に関する経済区別特性評価

中山裕文<sup>1</sup>・井村秀文<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 工修 九州大学大学院工学研究科 博士後期課程

<sup>2</sup>正会員 工博 九州大学教授 工学部附属環境システム科学研究センター  
(〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

中国では、改革開放政策以来、急激な工業化と都市化が進行し、これに伴い大気汚染物質や水質汚濁物質の発生量は増加の一途にある。こうした環境問題の特性は、地域ごとの工業発展パターンを反映した多様な特性を持つ。このため、本論文では、中国の都市環境に関する統計データに基づき、工業化とそれに伴う汚染物質排出構造の地域的特性について分析する。環境問題の分析フレームとしては、DPSE (Driving Force - Pressure - State - Effect - Response)モデルを用いる。これによって、都市の工業化と汚染物質排出構造特性についての地域別比較分析を試みる。

**Key Words :** Chinese cities, industrial pollution, DPSE model

## 1. はじめに

現在、中国の都市では様々な環境問題が起きているが、とりわけSO<sub>2</sub>や煤塵による大気汚染は深刻な問題であり、北部の一部都市を除けば、その大部分は工業部門からの排出に起因している。ちなみにGDPについて、上位100都市の産業別構成比をみると、7割以上の都市で第二次産業比率が50%を超えている。中国の大気汚染濃度に関する基準は、各汚染物質について1級～3級までの国家基準濃度が設定されている。このうち、最も基準の緩い3級基準でも、SO<sub>2</sub>の基準(0.1mg/m<sup>3</sup>)を上回る都市が23都市、TSPの基準(0.3mg/m<sup>3</sup>)を上回る都市が41都市ある(1996年)<sup>1)</sup>。大気汚染物質濃度が3級基準を超える都市についてその人口を合計すると、SO<sub>2</sub>では3,651万人、TSPでは6,695万人となる。SO<sub>2</sub>や煤塵などの大気汚染は、発生源の分布や地形、気象による局所性があるため、ここで勘定したすべての人口が汚染にさらされているわけではないが、多数の都市人口が汚染された環境のもとで生活していることは確かである。

他方、河川や湖沼の水質悪化も深刻な問題である。中国では地表水について、その使用目的と保護目標に応じてランク第I類～第V類までの5種類の水質

基準を設けている。そして、第V類基準を満たせない汚染の激しい水域は存在してはならないことになっている<sup>2)</sup>。しかしながら、1996年において、全国の都市近郊を流れる河川に設置された138箇所のモニタリングポイントのうち、53箇所で第V類水質基準を超える汚染が観測されている<sup>3)</sup>。

中国の工業部門における汚染対策を考えるには、汚染の深刻な場所、原因や程度、対策状況などに関する信頼できる情報を収集整理することがまず必要である。中国の環境モニタリングデータは、その信頼性について議論を残すところではあるが、都市や河川の大気汚染や水質汚濁に関する統計データはかなり整備されており、政府公表の数字として一般にも公開されている。

各地で発生している環境問題を戦略的に解決していくためには、これらの環境データに基づき、全体的な状況把握を行うとともに、地域ごとに深刻化している問題の特性を考慮し、それに応じた対策を検討することが必要である。著者らは、中国の各都市における環境汚染指標によって都市の類型化を行い、分類されたグループごとの環境特性について比較考察した<sup>4)</sup>。しかし、この分析に用いた指標は、都市における汚染物質の排出量や回収量などに限られ

表-1 DPSE フレームワークに基づく分析の枠組みと項目

DPSE フレーム 指標		Driving Force (駆動力)			Pressure (圧力)	State (状態)	Effect (影響)	Response (対応)			
大気汚染	SO <sub>2</sub>	経済 区別 産業 発展 戦略 (D1)	工業 部門 業種 構造 (D2)	最終 エネルギー 単 位 (D3)	SO <sub>2</sub> 排出 量 (P1)	年 平 均 TSP 濃 度 (S)	年 平 均 SO <sub>2</sub> 濃 度 (S)	N/A	廃ガス処 理設備竣 工件数 (R1)	廃ガス処 理投資額 (R3)	工業企 業の 所有 形態 レベル (R5)
	煤塵			煤塵排出 量 (P2)							
	粉塵			粉塵排出 量 (P3)							
水質汚染	工業廃水中第1類 汚染物質 <sup>(注)</sup>	(D1)	(D2)	第1類汚染物質 発生原単位 (D4)	第1類汚染物 質排出量 (P4)	N/A	N/A	N/A	廃水処理 設備竣 工件数 (R2)	廃水処理 投資額 (R4)	(R5)
	工業廃水中第2類 汚染物質 <sup>(注)</sup>			第2類汚染物質 発生原単位 (D5)	第2類汚染物 質排出量 (P5)						

(注) 第1類汚染物質には重金属や砒素などが分類されている。第2類には、BOD、COD、浮遊物などが分類されている。  
N/Aはデータ不足のため取り扱わない。

ており、汚染発生を促した原因や、汚染排出の結果としての大気や水質の状況、汚染対策の内容、それらの相互関係などは分析していない。また、全国を対象とした分析のため、地域によって異なる産業政策の特徴やその影響なども分析していない。そこで、本論文では、問題の原因、対策、結果を分析するために、DPSE フレームワーク<sup>5)</sup>に基づいた環境指標の整理及び地域別の比較分析を行う。具体的には、工業化に起因する環境汚染の原因、発生、対策に至る一連の過程を表す指標に着目し、排出量や濃度などの環境指標だけでなく、国家の産業政策なども取り入れた分析を行う。ここで、DPSE フレームワークとは、OECD が提案した PSR (Pressure → State → Response) フレームワークを発展させた考え方で、環境問題の発生から問題の認知、対策の実行に移る過程を Driving Force (駆動力) → Pressure (負荷) → State (状況) → Effect (影響) → Response (対応) という因果関係の流れによって記述するものである。DPSE それぞれの因子に適切な指標を対応させることで、問題を体系的に整理することができる。

なお、本研究では、1996年における中国の都市データを用いて分析を行う。

## 2. 分析の枠組み

### (1) DPSE フレームワークに基づく環境指標の整理と分析

表-1は、研究全体の枠組みを DPSE フレームワークに基づいて整理したものである。環境負荷項目としては、工業部門から排出される大気汚染物質 (SO<sub>2</sub>, 煤塵, 粉塵)、及び工業廃水に含まれる汚染物質 (第

1類, 第2類) を対象とする。それぞれの負荷項目について、DPSE の各局面ごとに行った分析内容について説明する。

#### a) Driving Force

工業汚染物質の発生に対する駆動力 (Driving Force) としてまず注目されるのは、国家の経済発展戦略である。第9次5ヵ年計画では、2000年までは年率10%のGDP成長率を目標とし、2000年から2010年までは8%の成長率を目指している。それを実現するための経済区別の発展戦略も設定されている。例えば、環渤海経済区では豊富な石炭を利用したエネルギー産業や重化学工業を基盤にした工業生産の増大を目指すなど、地域の特性や優位性に応じた産業を成長させることが計画されている。本分析では、第9次5ヵ年計画の中で設定されている経済区別の産業発展戦略について比較考察する (表-1のD1にあたる)。

経済区ごとの産業発展戦略を反映して、各経済区の都市では計画内容をかなり反映した業種構造が形成されていくことになる。そこで、各経済区に属する都市がどのような業種構造をとっているかを分析するため、業種別構成比を用いて都市の類型化を行い、経済区ごとに集計する (表-1のD2)。

大量の化石燃料を必要とする産業が発達した都市では、単位工業生産額当たりが発生する大気汚染物質の量は大きくなる。製紙や非鉄などの業種が発達した都市では、水質汚濁物質が発生しやすい業種構成となる。そこで、単位工業生産額当たりのエネルギー消費原単位 (単位生産当たりの最終エネルギー消費量) 及び汚染物質発生原単位 (単位生産当たりの汚染発生量) を用いて都市の業種構造と汚染発生構造について考察する (表-1のD3, D4, D5)。

## b) Pressure

上記のようなDriving Forceを背景に、地域ごとに工業生産が行われ、汚染物質が発生する。この時、汚染対策レベルが高ければ排出される汚染物質量は少ないが、対策レベルが低ければ、発生した汚染物質の大部分は処理されずに環境中に排出されることになる。ここでは、各都市における業種別の工業生産額に汚染排出原単位（単位生産額当たりの汚染排出量）を乗じることによって計算した汚染排出ポテンシャルと、統計によって得られた実際の汚染排出量とを比較し、各都市の汚染排出量と対策レベルを定量的に評価する（表-1のP1~5）。

ここで対象とした汚染物質は、大気汚染物質及び水質汚濁物質である。大気汚染物質としては、中国の大気汚染の主要因である固定発生源からのSO<sub>2</sub>、粉塵、煤塵を選択した。なお、北京、上海などの大都市では、自動車交通に起因するNO<sub>x</sub>やHC等についても最近関心が高まっている。しかし、これらについては固定発生源と移動発生源それぞれからの排出量や寄与割合を定量的に分析できる形での十分なデータは整備がなされていない。このため、本論では検討対象としないが、今後の重要な課題である。

水質汚濁物質は、水銀、カドミウム、6価クロム、砒素、総鉛（これらは水質汚濁物質第1類と定義されている）、及び、浮遊物、COD、石油類、揮発性フェノール、シアン化合物、硫化物（これらは水質汚濁物質第2類と定義されている）を選択した。他にも、アルキル水銀、pH値、BODなど水質汚濁に関して排出量や濃度が規制されているものはあるが、データが得られなかったため、本論では取り扱っていない。

## c) State

汚染物質排出量が増大すれば、大気や水系における汚染物質の濃度、あるいは蓄積量が増大し、環境状況（State）は悪化する。都市の環境状況に関する指標としては、大気汚染物質濃度（SO<sub>2</sub>及びTSP濃度）のデータは比較的整備されているが、河川や湖沼の水質に関するデータはほとんど公表されていない。そのため、ここでは大気汚染状況のみ対象とする。

## d) Effect

Effectとは環境負荷物質の排出や蓄積による人間や生態系への影響であり、汚染物質による健康被害や農作物への被害などがこれに該当する。例えば、中国の都市部では、1994年以来、少なくとも300万人が大気汚染による呼吸器系疾患で死亡しているという報告がある<sup>9)</sup>。しかしながら、今のところ、定量的な分析ができるほどデータは整備されていない。そのため、本論ではEffectについては分析していない。

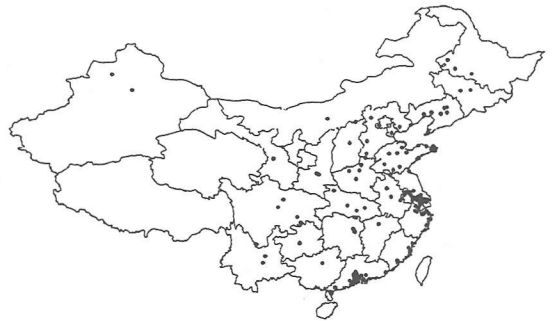


図-1 工業生産額100億元以上の都市

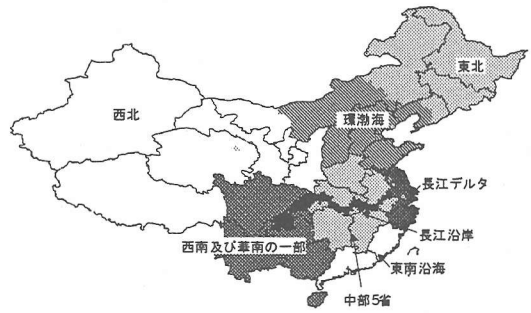


図-2 7大経済区

## e) Response

最後に、環境悪化に対する対応状況を、汚染処理設備の竣工件数及び汚染処理設備投資額を用いて比較評価する（表-1のR1~4）。ここで、企業の所有形態や規模も汚染の対策レベルに影響を与えていると考えられる。例えば、先進的な技術を持つ外資系企業の工場は、旧式の国有工場と比べると、汚染対策設備は格段に進んでいる。また、企業規模の小さい郷鎮企業は、汚染対策に資金がまわらないことが多い。このように、企業の所有形態と汚染対策レベルとは密接な関係があると考えられる。そのため、企業の所有形態と対策レベルの関係について分析する（表-1のR5）。

以上であげた指標以外にも、分析に取り入れるべき環境指標は多い。しかし、現在のところ、都市レベルのデータに関しては、定量的な分析ができるだけの精度と信頼度で整備されている指標はそれほど多くはない。このため、本研究では、現時点で利用可能なデータの枠内で分析を行う。

## (2)分析対象都市

本論文では、工業生産に起因する大気汚染と水質汚染を対象とする。したがって、分析対象となる都市は工業生産活動が活発で潜在的に汚染排出量が多いと考えられる都市に限定される。具体的には、工

表-2 7大経済区の発展戦略

環渤海	優位性 戦略 産業	豊富な地下資源（石炭） 支柱産業を育成。エネルギー基地・輸送幹線を建設し、エネルギーを他地域にも提供する 重化学工業、エネルギー産業
長江デルタ及び 長江沿岸	優位性 戦略 産業	長江で海へアクセス。重厚な工業基盤。高い技術水準 東西南北をつなぐ総合的な経済地帯とする。長江中上流地域では工業基盤と資源を活用。投資開発区の建設 エネルギー多消費型産業、ハイテク産業、伝統工業の高度化
東南沿海	優位性 戦略 産業	進んだ対外開放、遠海航路集中、農業資源（熱帯、亜熱帯） 対外経済関係をさらに発展させ、高付加価値加工産業と農業を新興 軽工業、ハイテク産業
西南および華南 の一部	優位性 戦略 産業	水力発電、鉱物資源、農林水産資源、「三沿」の地理的優位 外向型経済、熱帯、亜熱帯作物生産 発電、高エネルギー消費型産業、「三線」企業改造、設備産業
東北	優位性 戦略 産業	比較的整った交通と重化学工業基盤。土地とエネルギー資源 重化学工業と農業の基地。旧工業基地の改造、農業資源の総合開発 重化学工業
中部5省	優位性 戦略 産業	交通の利（長江、幹線）、農業、工業基盤 三峡水利センター、水力・火力発電 水・エネルギー多消費型産業、大量輸送型産業、自動車、機械、電子、農産物加工
西北	優位性 戦略 産業	東アジアと中央アジアを結ぶ。エネルギー資源、鉱物資源、土地資源 基礎が薄弱、自力発展能力に格差、自然の障害 地場資源を利用した重化学工業、ユーラシア・ランド・ブリッジと国境貿易

出典：大原盛樹：地域発展戦略と外資・外国援助の役割（石原享一編：中国経済の国際化と東アジア、アジア経済研究所、1997年）<sup>8)</sup>をもとに作成

業生産額が100億元以上の都市を分析対象とする（図-1参照）。中国の全666都市の中でこれに該当する都市は121ある。これは、都市数でみると全都市の18%であるが、工業生産額でみると全都市の68%を占めている（1996年）。

### (3)経済区の分割

中国は国土が広大なため全国一律の分析では地域別の特徴が分析できない。一方、個別の都市ごとに分析するのではたとえ工業生産額100億元以上の都市に限定したとしても都市の数が多すぎる。このため、経済区ごとに分割して分析することによって、国あるいは地域の産業政策が地域の特徴ある産業構造に及ぼした影響を定量的に検出することにする。経済区の分け方としてはいくつかの方法があるが<sup>7),8)</sup>、ここでは、第9次5ヵ年計画で提唱されている7大経済区を採用する（図-2）。ただし、上記計画では一つの経済区にまとめられている「長江デルタ及び長江沿岸経済区」を、沿海部の「長江デルタ」と内陸部の「長江沿岸」に分割して、その違いを見る。

## 3. 中国の都市における工業汚染排出構造の経済区別特性評価

### (1)Driving Force：工業汚染増大への駆動力

#### a)産業発展戦略の経済区別特性

表-2に示す7大経済区の発展戦略を順にみていく

と、まず、「環渤海経済区」では山西省の石炭をはじめとする豊富な地下資源を利用して、中国の総合エネルギー基地としての機能を高めていく戦略がたてられており、産業政策としてはエネルギー多消費型の重工業に重点がおかれている。また、「長江デルタ地域」や「東南沿海地域」を中心とした沿海地域では、進んだ対外開放を利用して、ハイテク産業の導入、金融などのサービス産業を発展させることが謳われている。内陸部では、「西北地域」、「東北地域」、「西南地域」及び「中部地域」で、エネルギーなどの鉱物資源開発や、資源・エネルギー多消費型産業を発展させることをめざしている<sup>9)</sup>。全体的に見ると、東南沿海地域を除いた全ての経済区において、エネルギー多消費型産業の育成が計画されていると言える。中国は経済発展・国土建設の途上にあり、そのためには、鉄、セメントなどの基礎素材がさらに大量に必要である。したがって、基礎素材型重工業の生産拡大も当分の間必要であり、これらの地域では産業公害対策が都市環境改善の大きな課題であり続けるであろう。逆に東南沿海地域では、高付加価値加工産業の振興に熱心であり、資源・エネルギー消費が比較的少ない産業が中心となる。

#### b)工業部門業種構造の経済区別特性

図-3は、各経済区における都市の工業生産額の合計値とその業種別構成比を示したグラフである。中国の工業部門の業種分類は、表-3の分類1のように39業種に分かれているが、ここでは簡単化のために、表-3に示す分類の対応によって5業種にまとめた。

表-3 工業部門の業種分類

分類1 (中国統計年度の分類)	分類2 (中国環境年度の分類)	分類3 (本論文による統合)
石炭採掘業		採掘業
石油天然ガス採掘業		
黒色金属採掘業		
有色金属採掘業		
非金属採掘業		
その他鉱物採掘業		
木材及び竹材採掘業		
食品加工業		
食品製造業	食品・飲料・煙草製造業	
飲料製造業		
煙草加工業		
紡績業		紡績業
服装及びその繊維製品製造業	服装・皮革・毛皮製品業	
皮革・毛皮製造業		
印刷業	印刷業	
木材加工、竹、麻、草製品製造業		
家具製造業	その他製造業	
文教、体育用品製造業		
その他製造業		基礎素材型重工業
製紙及び紙製品業	製紙及び紙製品業	
石油加工及びコークス製造業	石油加工及びコークス製造	
化学工業	化学工業	
医薬工業	医薬工業	
化学繊維工業	化学繊維工業	
ゴム製品業	ゴム製品業	
プラスチック製品業	プラスチック製品業	
非金属鉱物製品業	非金属鉱物製品業	
黒色金属精錬圧延加工業	黒色金属精錬圧延加工業	
有色金属精錬圧延加工業	有色金属精錬圧延加工業	
金属製品業	金属製品業	機械工業
普通機械工業		
専用機械製造業		
交通運輸設備製造業		
電気機械及び器材製造業		
電子及び通信設備製造業		
計測、計量器具製造業		
電力・蒸気・熱水生産と供給業		
ガス生産と供給業	発電・ガス・水道業	
水道業		

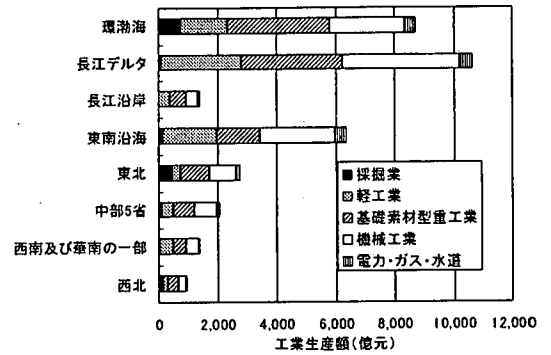


図-3 経済区別みた工業生産額と業種別構成比

表-4 類型別みた都市の業種構造 (単位: %)

業種構造からみた都市の類型	業種構造	採掘業	軽工業	基礎素材型重工業	機械工業
採掘業特化	(5)	76.3	3.7	15.9	4.0
軽工業特化	(4)	0.0	65.4	17.9	16.7
基礎素材特化	(24)	4.5	13.0	68.8	13.7
機械特化	(14)	0.2	17.9	16.2	65.7
採掘業・基礎素材	(2)	45.7	12.6	32.6	9.0
基礎素材・軽工業	(8)	2.1	40.5	39.8	17.5
基礎素材・機械	(19)	1.4	17.8	37.7	43.1
機械・軽工業	(8)	1.5	36.8	18.9	42.9
三業種均等	(33)	0.8	36.0	30.7	32.6
四業種均等	(4)	20.5	27.9	29.6	22.1
平均	(121)	5.5	23.8	34.8	36.0

(注) カッコ内は都市数

図-3に示すように、最も工業生産規模が大きいのは長江デルタ経済区で、次いで環渤海、東南沿海の順になっている。長江デルタ、長江沿岸、環渤海、東南沿海の4経済区の都市だけで、分析対象都市全体の工業生産額の実に7割以上を占めている。

各経済区の工業部門の業種構造をみている。まず、工業生産が最大規模の長江デルタ経済区をみると、採掘業を除いた3業種がほぼ均等のウェイトをもつ構造をとっており、その中では機械工業の比率が高い。長江流域経済区では、基礎素材型重工業の比率が約50%を占めている。環渤海経済区では基礎素材型重工業の比率が高く、東南沿海経済区では軽工業と機械工業の比率が高い。

上記の方法は、業種別の工業生産額について各都市の合計値を求め、経済区ごとの業種構造を分析したものである。その値は各都市の生産額の合計値であるため、工業生産が極めて大きい都市がある場合、その経済区の業種構造は大都市の業種構造に反映されたものとなる。そのため、この方法では、各経済区にどのような業種構造をもつ都市がどれだけ存在するのかをみる事ができない。そこで、業種構造タイプ別に都市を類型化し、類型別の都市数を数えることによって各経済区がどのような業種構造をもつ都市によって構成されているかを分析する。

類型化の指標としては、工業部門の業種別構成比

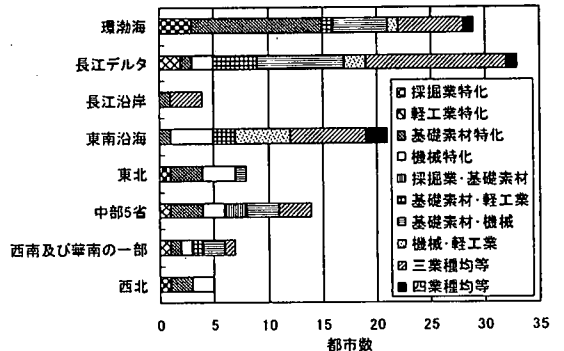


図-4 経済区別による業種構造タイプ別の都市数

(採掘業、軽工業、基礎素材型重工業、機械工業の構成比)を用いる。また、類型化手法としてはクラスター分析を用いる。ただし、ここでのクラスター分析はWard法による階層的な手法であり、クラスター間の距離は平方ユークリッド距離である。

表-4は、上記の方法により類型化された各タイプの業種別構成比である。この結果をもとに、各経済区の業種構造別都市数を示したのが図-4である。これによると、まず、長江デルタ経済区では、3業種(基礎素材、軽工業、機械)均等型、基礎素材・軽工業型、基礎素材・機械型の3つのタイプの都市が多い。この地域では、電子機器などのハイテク産業の導入

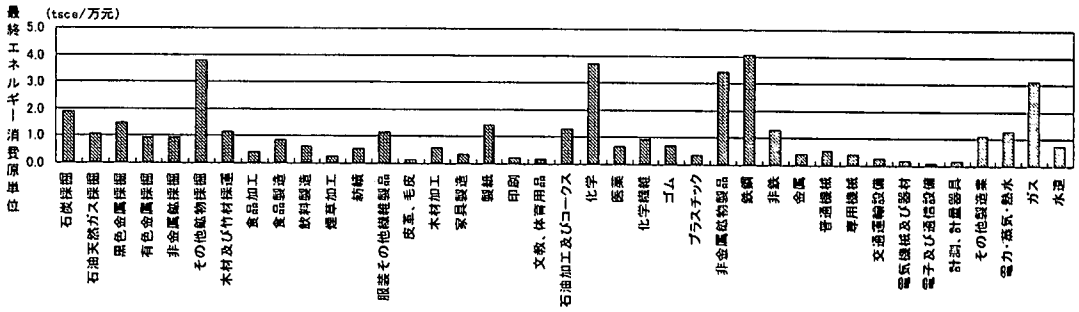


図-5 業種別にみた最終エネルギー消費原単位 (39分類)

を進めているが、都市の工業基盤となっているのは基礎素材型重工業であることが読み取れる。長江沿岸では、三業種均等型が3都市、基礎素材型が1都市であった。環渤海経済区をみると、半数の都市は基礎素材特化型の産業構造をとっている。また、基礎素材・機械型、三業種均等型の都市も多い。つまり、環渤海経済区の都市の工業基盤は基礎素材型重工業であり、その性格は長江デルタよりさらに強いといえる。東南沿海経済区では、機械特化型、機械・軽工業型、3業種均等型などの都市が多く、都市の工業基盤は機械工業である。

c)最終エネルギー消費原単位及び水質汚濁物質発生原単位を用いた都市の工業部門業種構造の経済区別評価

都市の工業部門業種構造を、最終エネルギー消費原単位の特徴によって評価する：

$$e^{(n)} = \left( \sum_i e_i \cdot y_i^{(n)} \right) / Y^{(n)} \quad (1)$$

ただし、 $e^{(n)}$ ：都市  $n$  における最終エネルギー消費原単位、 $e_i$ ：業種  $i$  の最終エネルギー消費原単位 (業種別最終エネルギー消費量<sup>9)</sup> を生産額<sup>10)</sup> で除することによって算出した全国平均の原単位)、 $y_i^{(n)}$ ：都市  $n$  における  $i$  業種の工業生産額、 $Y^{(n)}$ ：都市  $n$  における全業種の工業生産額、 $i$ ：業種 (表-3 の分類)。

最終エネルギー消費原単位とは、その都市が1単位の工業製品を生産するのに必要な最終エネルギーの量であり、これによりその都市がエネルギー的にみてどのような業種構造であるかを把握することができる。鉄鋼や化学など、エネルギー多消費型産業の比率が高い都市では、最終エネルギー消費原単位は大きくなる。なお、ここで用いた最終エネルギーの単位はtsce(tons of standard coal equivalent: 標準石炭換算トン)であり、中国の統計で公式に使用されている単位である。

同様に、工業廃水中の汚染物質発生原単位は、

表-5 工業廃水の最高許容排出濃度 (第1類) 単位: mg/l

汚染物質	最高許容排出濃度
総水銀	0.05
総カドミウム	0.10
6価クロム	0.50
砒素	0.50
総鉛	1.00
アルキル水銀	不検出
総クロム	1.50
総ニッケル	1.00
ベンゾピレン	0.00003

出典：楠田哲也：中国の水環境問題 (井村秀文, 勝原健編著：中国の環境問題, 東洋経済新報社, 1995年)<sup>11)</sup>

表-6 工業廃水の最高許容排出濃度 (第2類) 単位: mg/l

汚染物質	1級標準		2級標準		3級標準
	新規企業	現有企業	新規企業	現有企業	
浮遊物	70	100	200	250	400
COD	100	150	150	200	500
石油類	10	15	10	20	30
揮発性フェノール	0.5	1.0	0.5	1.0	2.0
シアン化合物	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0
硫化物	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
pH値	6~9	6~9	6~9	6~9	6~9
色度 (希釈倍率)	50	80	80	100	-
ROD (5日間)	30	60	60	80	300
動植物油	20	30	20	40	100
アンモニア性窒素	15	25	25	40	-
フッ化物	10	15	10	15	20
リン酸塩 (P換算)	0.5	1.0	1.0	2.0	-
ホルマリン	1.0	2.0	2.0	3.0	-
アニリン類	1.0	2.0	2.0	3.0	5.0
ヒドロベンゼン類	2.0	3.0	3.0	5.0	5.0
陰イオン界面活性剤 (LAS)	5	10	10	15	20
銅	0.5	0.5	1.0	1.0	2.0
亜鉛	2.0	2.0	4.0	5.0	5.0
マンガン	2.0	5.0	2.0	5.0	5.0

出典：表5と同じ。

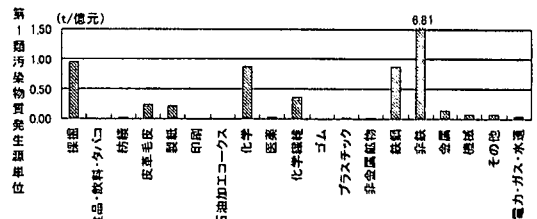


図-6 業種別にみた第1類汚染物質発生原単位 (19分類)

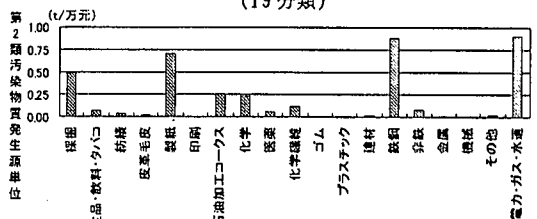


図-7 業種別にみた第2類汚染物質発生原単位 (19分類)

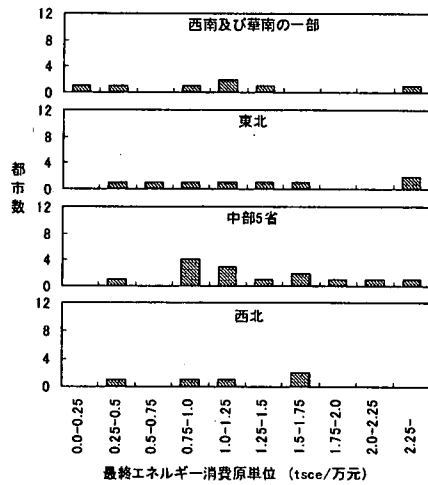
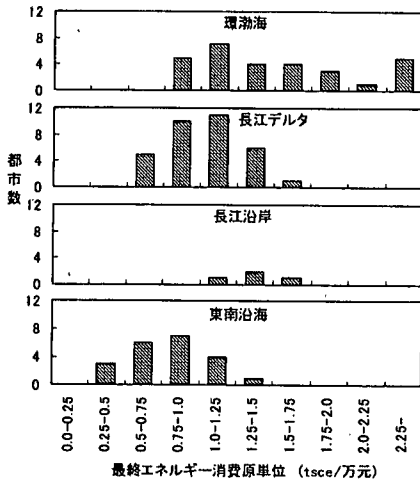


図-8 各経済区における都市の最終エネルギー消費原単位ヒストグラム

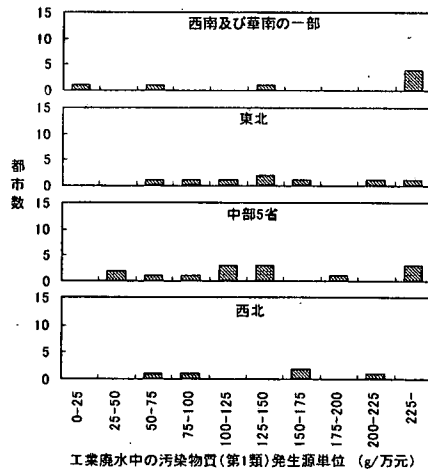
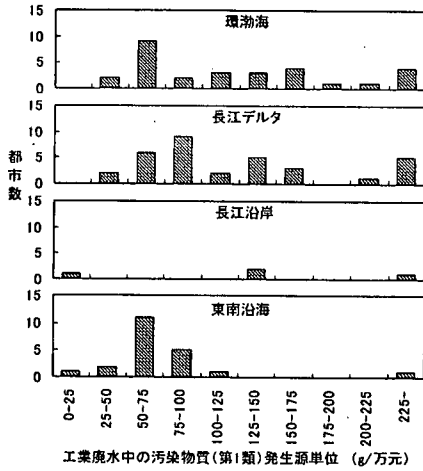


図-9 各経済区における都市の工業廃水中汚染物質(第1類)発生源単位ヒストグラム

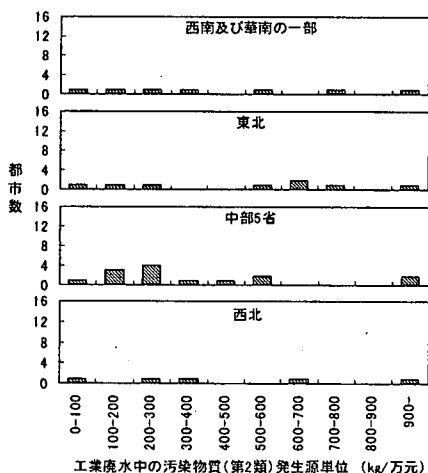
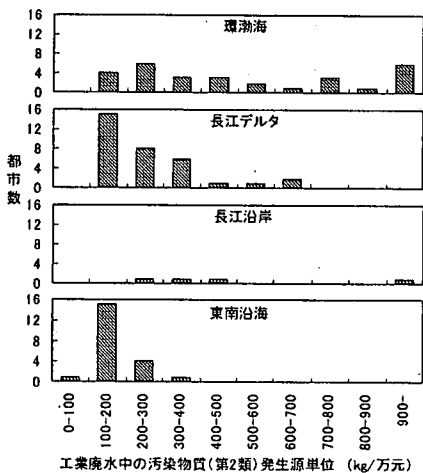


図-10 各経済区における都市の工業廃水中汚染物質(第2類)発生源単位ヒストグラム

$$w_i^{(n)} = \left( \sum_j w_j \cdot y_i^{(n)} \right) / Y^{(n)} \quad (2)$$

である。ただし、 $w_i^{(n)}$ ：都市 $n$ における汚染物質発生原単位、 $w_i$ ：業種 $i$ の汚染物質発生原単位（業種別汚染物質排出量<sup>1)</sup>を生産額<sup>10)</sup>で除することによって算出した全国平均の原単位）、 $y_i^{(n)}$ ：都市 $n$ における業種 $i$ の工業生産額、 $Y^{(n)}$ ：都市 $n$ における全業種の工業生産額、 $i$ ：業種（表-3の分類2）。

上式(2)で対象とする汚染物質は、第1類（水銀、カドミウム、6価クロム、砒素、鉛）及び第2類（浮遊物、COD、石油類、揮発性フェノール、シアン化合物、硫化物）である。ここで、次式(3)を用いて汚染指標を統合化する。統合化にあたり、表-5、6に示す工業廃水の最高許容排出濃度に基づいて重み付けをする。

$$w_i = \left( \sum_g W_{i,g} \cdot \frac{L_g}{L_i} \right) / Y_i \quad (3)$$

ただし、 $W_{i,g}$ ：業種 $i$ における汚染物質 $g$ の排出量、 $L$ ：基準として選んだ汚染物質の最高許容排出濃度（第1類では総鉛、第2類ではCODを選択した）、 $L_g$ ：汚染物質 $g$ の最高許容排出濃度、 $g$ ：汚染物質（表-5、6）。

以上の方法で各都市について最終エネルギー消費原単位及び工業廃水中の汚染物質発生原単位を計算し、その結果をヒストグラムとして経済区別にまとめたものが図-8～10である。

最終エネルギー消費原単位のヒストグラム（図-8）をみると、環渤海経済区では、最終エネルギー消費原単位の大きい都市が多い。分析対象都市の平均値が1.1tce/万元であるから、この経済区の都市の8割以上が平均値を超えている。最終エネルギー消費原単位の大きい業種は、化学、非金属鉱物製品、鉄鋼などの基礎素材産業であり、3-(1)-b)でも述べたように、環渤海経済区にはこれら基礎素材型産業が集中している。図-8によってこれを定量的にとらえることができる。長江デルタ経済区の都市は平均値周辺にまとまっており、エネルギー原単位でみると中位の都市が多い。長江沿岸の都市は、ややエネルギー多消費型の傾向にある。一方、東南沿海経済区の都市の最終エネルギー消費原単位は低位に集中しており、9割以上の都市が平均以下の値となっている。この経済区の都市は、全般的に軽工業や機械工業などのエネルギー原単位の小さい業種が多いためである。その他の経済区は、エネルギー的にみると多様な都市があるといえる。

次に、工業廃水中の第1類汚染物質についてみて

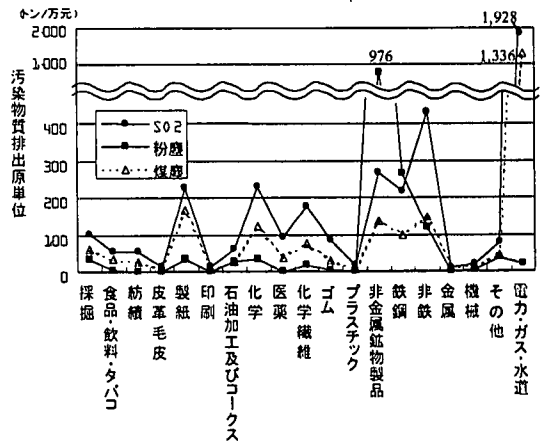


図-11 大気汚染物質排出原単位

みる（図-9）。第1類汚染物質には、重金属や砒素など毒性の強い物質が分類されている。第1類汚染物質発生原単位が大きい業種は、探掘業、化学工業、非鉄金属などの業種である。これらの業種は環渤海や長江デルタ経済区の都市に多いが、図-9はそれを示している。一方、東南沿海経済区のほとんどの都市が低い原単位である。

第2類汚染物質についてみると、長江デルタや東南沿海経済区では、発生原単位の小さい都市が多い。

## (2) Pressure：汚染物質の排出量と対策レベル

業種構造が同じ都市同士で汚染物質排出量を比較しても、実際に排出している汚染物質の量は異なる値を示す。これは、工業の生産技術レベルや汚染除去装置の設置状況が都市によって異なるためである。このため、各都市の汚染物質排出量及び汚染対策レベルを定量的に表すことを試みる。まず、各都市において業種別工業生産額（都市データ）と業種別汚染排出原単位（全国平均値）とを乗じて、 $SO_2$ 排出ポテンシャルを計算する。計算手法を次式(4)に示す。

$$p_i^{(n)} = \sum_j p_j \cdot y_i^{(n)} \quad (4)$$

ただし、 $p_i^{(n)}$ ：都市 $n$ の汚染物質排出ポテンシャル、 $p_i$ ：業種 $i$ の単位生産額あたり汚染物質排出量（業種別汚染物質排出量<sup>1)</sup>を生産額<sup>10)</sup>で除することにより算出した全国平均の原単位。図-11に示す）、 $y_i^{(n)}$ ：都市 $n$ における業種 $i$ の工業生産額、 $i$ ：業種（表-3分類2）。

この手法で計算した汚染物質排出ポテンシャルと、実際の汚染排出量とを比較することによって、その都市の汚染対策レベルを評価する。これは、例えば $SO_2$ についていえば、エネルギー消費効率、燃料中S分、 $SO_2$ 除去率などを総合的に表す指標と解釈され







遅れが目立ち、煤塵については西南及び華南の一部、西北の都市で対策レベルが低い。

**b)水質汚濁物質（工業廃水中の第1類，第2類汚染物質）**

水質汚濁物質に関しては、重点都市のみデータが得られたので、それについての分析結果を示す。

第1類汚染物質についてみると、長江デルタ経済区、西南及び華南の一部経済区において、汚染物質排出量が多い都市がいくつかある。特に長江デルタ経済区の南京は他の都市に比べて排出量が顕著に大きく、対策レベルも低い。第1類汚染物質は重金属や砒素など毒性の強い物質であるため、緊急の対策が必要といえる。

第2類汚染物質については、全体的にみてグラフの対角線付近にまとまっており、他の汚染物質の分析結果と比べるとバラツキが小さい。つまり、対策レベルに関する都市間の差が小さいといえる。ただし、東南沿海経済区に関しては、対策レベルが高い都市が多い。

**(3)State：都市の大気汚染物質濃度**

ここでは、統計によって得られた都市の大気汚染物質濃度データ（SO<sub>2</sub>、TSP）を用いて、都市の大気汚染状況を経済区別に比較する。

前項までの分析は、工業生産に伴って排出される汚染物質に関するものである。大気汚染濃度は、工業部門から排出される汚染物質の他に、運輸部門や民生部門から排出されるものによっても影響される。特に、北部の都市では冬季の暖房用石炭の燃焼による汚染排出が大きい。本来は運輸や民生部門もあわせて分析すべきであるが、これらの部門から排出される汚染物質に関する都市データが得られなかったため、工業部門についてのみ分析を行っている。なお、TSPについては、化石燃料の燃焼によるもの以外にも季節風による砂塵などが影響する。

図-17は、各経済区における都市のTSP濃度とSO<sub>2</sub>濃度を示したものである。図中に引かれた縦線及び横線は、それぞれTSP、SO<sub>2</sub>に関する年日平均基準濃度（いかなる年においても、測定値の日平均濃度が超えてはならない限界値）である。

各経済区における都市の大気汚染状況について順にみる。環渤海経済区では、大連を除く全ての都市でSO<sub>2</sub>濃度、TSP濃度のいずれかまたは両方が国家の3級基準濃度（最も緩い基準）を上回っている。長江デルタ経済区の都市は、いずれの指標についても3級基準内にあるものの、TSP濃度がやや高い。長江沿岸経済区では、重慶のSO<sub>2</sub>濃度が極めて高い（対

表-7 SO<sub>2</sub>とTSPの国家基準濃度

		1級	2級	3級	日本での基準
SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	年日平均	0.02	0.06	0.10	1時間値の1日平均が0.04ppm以下かつ1時間値が0.1ppm以下
	日平均	0.05	0.15	0.25	
	任何一次	0.15	0.50	0.70	
TSP (mg/m <sup>3</sup> )	年日平均	0.08	0.20	0.30	1時間値の1日平均が0.1mg/m <sup>3</sup> 以下かつ1時間値が0.2mg/m <sup>3</sup> 以下
	日平均	0.15	0.30	0.50	
	任何一次	0.30	1.00	1.50	

年日平均：いかなる年においても、測定値の日平均濃度が超えてはならない限界値  
 日平均：いかなる日においても、測定値の日平均濃度が超えてはならない限界値  
 任何一次：いかなる1回の測定値も超えてはならない限界値

出典：安田祐司：中国の大気環境問題（井村秀文，勝原健編著：中国の環境問題，東洋経済新報社，1995年）<sup>13)</sup>

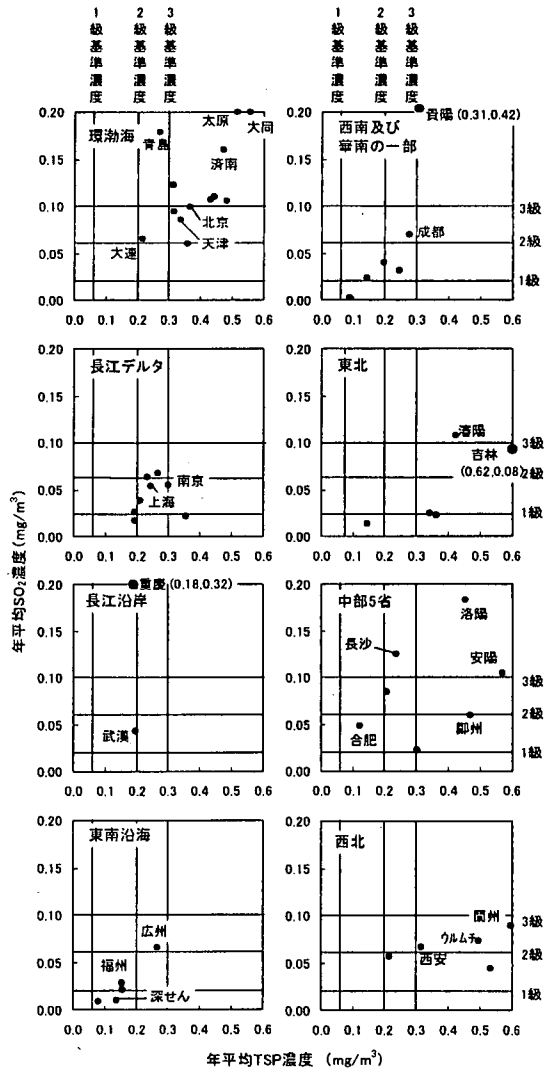


図-17 TSP濃度とSO<sub>2</sub>濃度

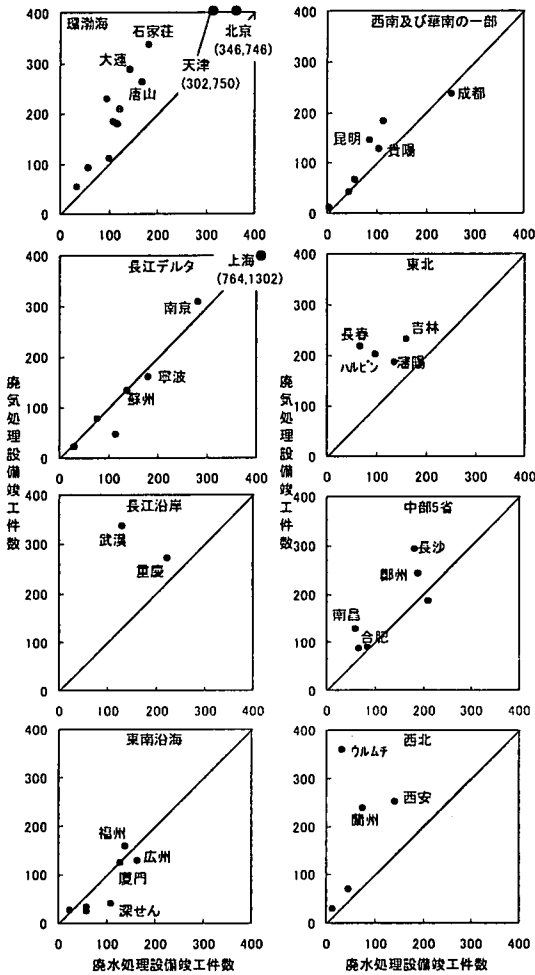


図-18 廃ガス・廃水処理設備の竣工件数  
(1993～1996年の累計)

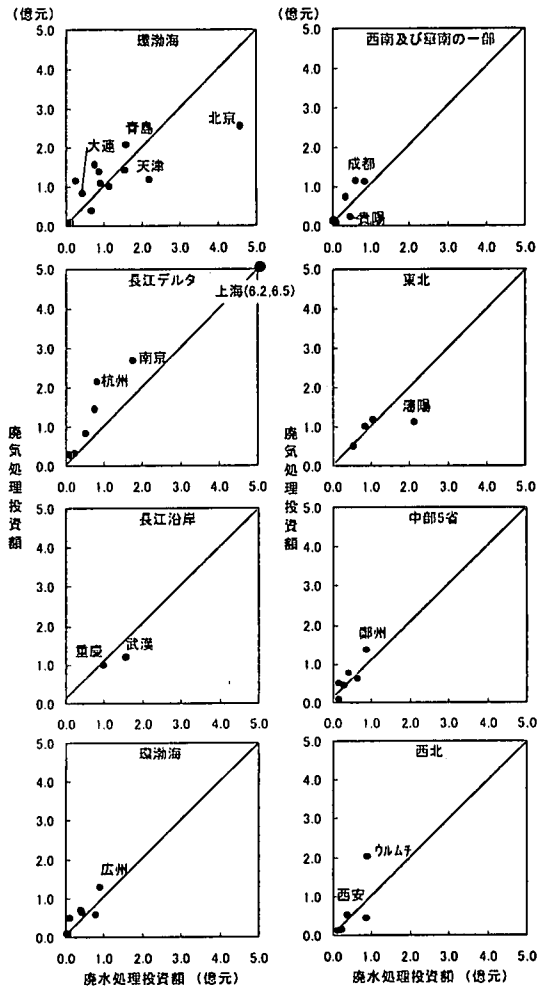


図-19 廃ガス・廃水処理設備への投資額  
(1993～1996年の累計)

象都市中第2位)。東南沿海経済区では、ほとんどの都市が2級基準内にあり、比較的良好な大気環境であるといえるが、広州は2級基準を上回っている。その他では、東北経済区、西北経済区においてTSP濃度が3級基準を大きく上回っている都市が多い。また、西南及び華南の一部では、貴陽のSO<sub>2</sub>濃度が大きく(対象都市中第1位)、中部5省の洛陽についてもSO<sub>2</sub>、TSPの両方が3級基準をうわまわっている。

全体的にみて、東南沿海と長江デルタ以外の経済区では、多くの都市が深刻な大気汚染状況の下にあるといえる。また、分析対象とした都市の中で、SO<sub>2</sub>、TSPの両方とも1級基準をクリアした都市はない。

#### (4) Response : 汚染対策の実施状況

##### a) 廃ガス・廃水処理設備の竣工件数と投資額

ここでは、工業企業の廃ガス・廃水処理設備の竣工件数及びその投資額をもとに、各都市の汚染対策

実施状況を経済区別に評価する。

図-18は1993～1996年の累計での廃水処理設備竣工件数、廃ガス処理設備竣工件数をそれぞれグラフの横軸と縦軸にとったものである。同様に図-19はその投資額の累計値をグラフにしたものである。

まず、廃ガス・廃水処理設備の竣工件数(図-18)をみると、環渤海、長江沿岸、東北、中部5省、西北においては、廃ガス処理設備の方が廃水処理設備の竣工件数よりも多い。前述したように、これらの経済区に属する都市は、大気汚染物質発生量が多い業種に偏っているためである。一方、投資額(図-19)で見ると、廃ガスと廃水がほぼバランスしているのがわかる。したがって、廃ガス処理設備の竣工件数が大きい都市でも、一件あたりの投資額は小さいことになる。集塵装置などの比較的安価な設備を大量に導入していることが考えられる。今後、排煙脱硫装置などのコストの高い装置の導入を進めることに

表-8 工業企業の所有形態別工業生産額と1企業当たり工業生産額

	工業生産額		1企業当たり工業生産額	
	億円	構成比：%	万元	国有企業=1
国有企業	28,361	(28.5)	2,492	(1.00)
集体企業	39,232	(39.4)	246	(0.10)
私営企業	15,420	(15.5)	25	(0.01)
その他経済類型企業	16,582	(16.6)	2,362	(0.95)

表-9 煤塵排出量に関する重回帰分析の結果

相関行列	化石燃料消費量 (万tce)	一人当たりGDP (元)	外資系企業比率 (%)	1企業当たり生産額 (万元)	煤塵排出量 (万トン)
化石燃料消費量 (万tce)	1.00				
一人当たりGDP (元)	-0.01	1.00			
外資系企業比率 (%)	0.02	0.72	1.00		
1企業当たり生産額 (万元)	0.31	0.61	0.38	1.00	
煤塵排出量 (万トン)	0.81	-0.18	-0.23	0.16	1.00

R<sup>2</sup>=0.70, F=54.75(\*\*)

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T値	判定	偏相関	単相関
化石燃料消費量 (万tce)	43.92	0.81	10.06	**	0.83	0.81
外資系企業比率 (%)	-425.73	-0.25	3.09	**	-0.42	-0.23
1企業当たり生産額 (万元)	-	-	-	-	-	-
一人当たりGDP (元)	-	-	-	-	-	-
定数項	22,639		3.89	**		

\*\*：1%有意、\*：5%有意

表-10 SO<sub>2</sub>排出量に関する重回帰分析の結果

相関行列	化石燃料消費量 (万tce)	一人当たりGDP (元)	外資系企業比率 (%)	1企業当たり生産額 (万元)	SO <sub>2</sub> 排出量 (万トン)
化石燃料消費量 (万tce)	1.00				
一人当たりGDP (元)	-0.01	1.00			
外資系企業比率 (%)	0.02	0.72	1.00		
1企業当たり生産額 (万元)	0.31	0.61	0.38	1.00	
SO <sub>2</sub> 排出量 (万トン)	0.82	-0.10	-0.09	0.09	1.00

R<sup>2</sup>=0.68, F=50.89(\*\*)

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	T値	判定	偏相関	単相関
化石燃料消費量 (万tce)	120.91	0.87	10.04	**	0.83	0.82
1企業当たり生産額 (万元)	-16.97	-0.18	2.08	*	-0.30	0.09
外資系企業比率 (%)	-	-	-	-	-	-
一人当たりGDP (元)	-	-	-	-	-	-
定数項	31,452		2.94	**		

\*\*：1%有意、\*：5%有意

なれば、廃ガス処理投資額が大きくなると予想される。

### b) 企業形態と対策レベル

中国の工業企業の所有形態は、大別して国有企業、集体企業（地方にあるものは郷鎮企業と呼ばれる）、私営企業、その他経済類型企業（主に先進諸外国や香港、マカオ、台湾などの投資による外資系企業）の4つに分けられる。

ここでまず、各所有形態別にみた環境対策の特徴について整理してみる。国有企業における環境対策で問題となることは、企業の所有者が国であることである。国有企業に汚染排出超過の罰則を与えても、企業の所有者が国であるために罰則の効果が薄く、環境対策へのインセンティブが働きにくいといわれ

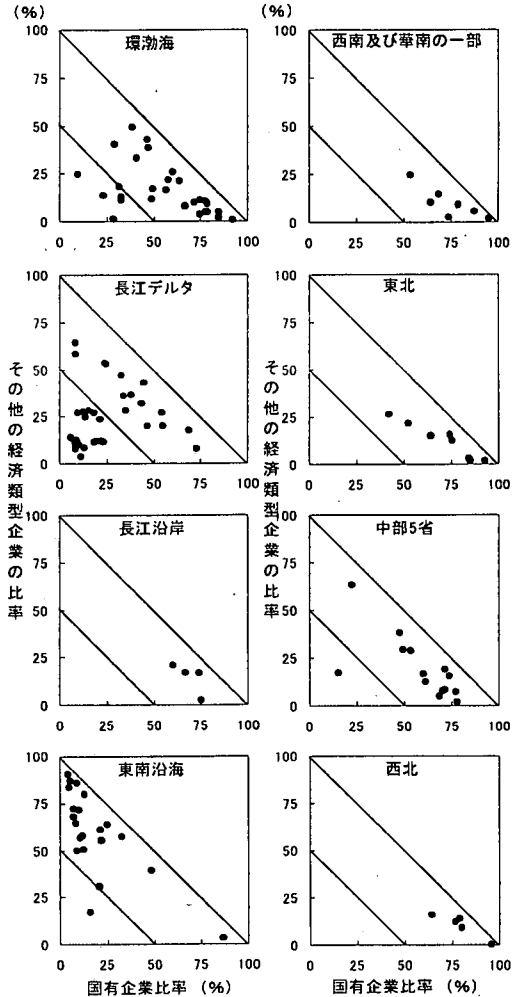
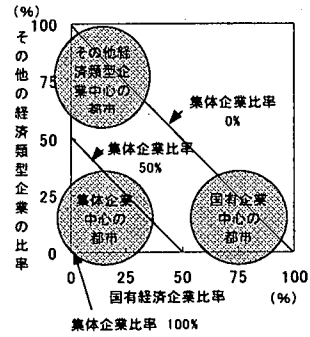


図-20 工業企業の所有形態

ている。集体企業については、表-8に示すように、その生産規模は国有企業やその他経済類型企業と比較して小さく、平均で約10倍の差がある。このような小規模企業では、生産性向上を追及するのがやっとという状況であり、汚染対策にまで資金がまわらない場合が多い。一方、外資系企業については、その工場を建設する際、自国の排出基準に適合する汚

染対策装置と同等の設備の設置を要求されることが多い。そのため、外資系企業の進出は、先進的な生産技術、汚染対策設備を獲得するチャンスでもある。松本ら(1998)<sup>14)</sup>は、外資系企業の進出が中国のエネルギー消費原単位の改善に寄与していることを定量的に考察しているが、汚染対策についてもこれと同様のことが考えられる。

以上の点を考えると、汚染対策を進める上で、工業の業種のみでなく、企業の所有形態についても検討する必要があるといえる。ここでは、重回帰分析(ステップワイズ法)を用いて、都市の汚染排出量に企業の所有形態や企業規模がどれだけ影響しているのかを定量的に分析する。次に、各経済区における企業の所有形態別シェアを図に表し、経済区別の特徴を考察する。

重回帰分析は、SO<sub>2</sub>排出量及び煤塵排出量を被説明変数とし、化石燃料消費量、外資系企業比率、1企業当たり工業生産額、一人当たりGDPを説明変数とする(式(5))。

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + C \quad (5)$$

ただし、Y:汚染物質排出量、X<sub>1</sub>:化石燃料消費量、X<sub>2</sub>:一人当たりGDP、X<sub>3</sub>:外資系企業比率、X<sub>4</sub>:1企業当たり平均工業生産額、C:定数項、a<sub>1</sub>~a<sub>4</sub>:偏回帰係数。

分析の結果、煤塵排出量については、化石燃料消費量の他に、外資系企業比率が5%有意と判定されている(表-9)。外資系企業比率の偏回帰係数は負の値であり、外資系企業比率が大きいほどSO<sub>2</sub>排出量が小さくなることを示している。SO<sub>2</sub>排出量についても同様の分析を行った結果、1企業当たり生産額が1%有意と判定されている(表-10)。平均企業規模の偏回帰係数は負の値であり、企業当たりの生産額が大きいほど煤塵排出量は小さくなっている。これらの結果から、企業の所有形態や生産規模は、汚染物質の排出量に影響を及ぼしていると言える。一人当たりGDPについては、外資系企業比率や1企業当たりの生産額などの他の因子との相関が高く、ステップワイズによる変数選択の際、多重共線性をさけるために棄却されている(表-9, 10の相関行列)。

図-20は、都市の工業生産額を国有企業、集体企業及び私営企業、その他類型経済企業の3つに分けてそれぞれのシェアを計算し、その結果を散布図にしたものである。この図は、横軸が国有企業比率、縦軸はその他類型経済企業比率である。したがって、原点に近いほど集体企業・私営企業の比率が高くなる。

以下、それぞれの経済区ごとに企業の所有形態の特徴について述べる。

図-20をみると、環渤海、長江沿岸、西南及び華南の一部、東北、中部5省、西北の6経済区では、共通して国有企業のシェアが高い。長江デルタ経済区に属する都市の企業形態は多様であるが、他の経済区に比べて集体企業・私営企業のシェアが高い。このような都市では、規模の小さい集体企業の対策を如何にとるかが問題解決のカギとなろう。一方、外資系企業に特化した都市が多い東南沿海経済区では、先進国の進んだ設備を期待できるため、対策は比較的容易であると考えられる。積極的に外資導入を進めているこの地域の都市の政策的特徴が表れている。

#### 4. まとめ

本研究では、中国都市の工業化に起因した大気汚染及び水質汚濁問題について、DPSERのフレームワークに基づき、経済区ごとに比較分析を行った。その結果をまとめたものが表-11である。また、今回分析したD・P・S・Rそれぞれの連関構造について、以下に考察した。

環渤海経済区においては、業種構造が基礎素材中心となっている都市が多く、これが資源、エネルギー消費へのDriving Forceとなっている。そのため、SO<sub>2</sub>、粉塵、煤塵などの大気汚染物質の排出量が大きくなり、これと低い汚染対策レベルとがあいまって、発生した汚染物質の多くがPressureとして環境中に排出されている。その結果、SO<sub>2</sub>濃度、TSP濃度などの大気環境の状況(State)をみると、国家の大気汚染に関する3級基準をも上回る都市が多い。この地域の汚染対策レベルが低い理由として、汚染対策へのインセンティブが働きにくい国有企業の比率が高いことが考えられる。

長江デルタ経済区の都市における汚染排出構造は多様であり、環境汚染へのDriving Forceもさまざまである。それぞれに応じた対策が必要となるが、特に重視すべき問題は集体企業の対策といえる。

上記の2つの経済区と比べて、東南沿海経済区には、対策レベルが高い都市が多い。これは、汚染発生量の小さい業種構造をもつ都市が多く、もともと環境汚染を起こすDriving Forceが小さいこと、先進の技術を有する外資系企業の比率が高ことなどが影響していると考えられる。その結果、この地域の環境状況は他地域と比べて良好である。

表-11 経済区別にみたDPSE各局面の特性

	Driving Force	Pressure	State(大気のみ)	Effect	Response
環渤海	重工業化政策を反映したエネルギー多消費型産業が中心。特に大気汚染物質発生量の大きい業種が集積した都市が多い。	SO <sub>2</sub> 、粉塵、煤塵ともに排出量が大きく、また、対策レベルの低い都市が多い。	大連を除いたほとんどの都市でSO <sub>2</sub> 濃度、TSP濃度ともに高く、3級国家基準を上回る都市が多い。全体的に大気環境状況は悪いといえる。	林各水産物に影お費いが深る刻と考えらる環が境汚染に分よ折りは今人後開の課題健康や農	廃水と比べて、廃ガス処理設備の竣工件数が多い。また、企業形態としては国有企業が中心であるため、その対策が課題である。
長江デルタ	エネルギー消費では、中位の都市によって構成されている。重金属など毒性の強い物質を多く発生する業種のシェアが高い都市がある。	工業廃水中の第1類汚染物質(重金属など)の排出量が他に比べて顕著に大きい都市がいくつかある。	比較的SO <sub>2</sub> 濃度は低い、TSP濃度がやや高い。		集体企業が多い、小規模企業の対策をどうとるか問題解決のカギとなろう。
長江沿岸	ややエネルギー多消費型の業種構造である。	重慶のSO <sub>2</sub> 排出量が顕著に大きい。	重慶のSO <sub>2</sub> 濃度は、分析対象とした都市の中で2番目に高い。		国有企業の対策が課題である。
東南沿岸	汚染物質発生量が比較的小さい機械工業や軽工業を中心とする業種構造をもつ都市が多い。	大気汚染物質、水質汚濁物質ともに排出量が小さく、対策が進んでいる。	良好な大気環境であるといえる。ほとんどの都市がSO <sub>2</sub> 、TSPともに2級基準濃度以下である。		その他経済類型企業(主に外資系企業)のシェアが高い都市が多いことから、先進的な設備を有する都市が多いと考えられる。
西南及び華南の一部	業種構成でみて多様な都市が多い。	貴陽のSO <sub>2</sub> 排出量が顕著に大きい。他では、煤塵対策の遅れが目立つ。工業廃水中第2類汚染物質の排出量が多い。	貴陽のSO <sub>2</sub> 濃度は、分析対象とした全都市中最高値。		国有企業の対策が課題である。
東北	重化学工業育成政策。基礎素材型重工業に特化した都市と、機械工業に特化した都市の2つのタイプの都市によって構成されている。	他に比べ、粉塵、煤塵対策の遅れた都市が多い。廃水については、比較的対策レベルは高い。	TSP濃度が3級国家基準を大きく上回っている都市が多く、大気状況は悪い。		廃水と比べて、廃ガス処理設備の竣工件数が多い。また、企業形態としては国有企業が中心であるため、その対策が課題である。
中部5省	業種構成でみて多様な都市が多い。	大気、水質ともに汚染物質の排出量は比較的小さい。	TSP濃度が高い都市と、SO <sub>2</sub> 濃度が高い都市がある。		国有企業の対策が課題である。
西北	地場資源を生かした重化学工業が中心。	煤塵排出量が多く、その対策は遅れている。	TSP濃度が3級国家基準を超えた都市が多い。		廃水と比べて、廃ガス処理設備の竣工件数が多い。また、企業形態としては国有企業が中心であるため、その対策が課題である。

中国政府は、「国家環境保護”九五”計画と2010年遠景目標」<sup>15)</sup>で、2000年の汚染物質の排出量を1995年の排出量以下に抑え、2000年から2010年にかけて本格的な改善を行うとしている。その中の計画の一つに「汚染物排出総量制御計画」がある。この計画では、将来時点における中国全体の汚染物質排出量が設定されており、それが各省級政府(省・自治区・直轄市)の目標値として分配され、それがさらに下級地方政府に分配されるという構造になっている。地方政府は、割り当てられた目標値に基づいて具体的な汚染対策計画を立案し、実行する。各都市における目標が達成できれば、全国目標も達成できるという図式である。ここで重要な点は、全体としての目標値をどのようにして各都市に配分するかである。実現可能な目標値を設定するためには、様々な環境指標に基いた都市間比較分析が必要となる。

本稿では、考えられるいくつかの指標をDPSEフレームワークにあてはめ、経済区ごとに都市の汚染排出構造に関する比較分析を行ったが、今後都市環境データの整備が進めば、さらに詳細な情報を取り込んだ分析が可能となろう。

今後の課題として、DPSEのStateとEffectに関する分析が残されている。Stateについては、大気汚染濃度を取り扱ったが、水質の分析は行っていない。また、Effectに関しては、統計データ不足のため完全分析対象としていない。DPSEフレームワークを

完成させるためには、残されたこれらの課題について分析を進める必要がある。

#### 参考文献

- 1) 中国環境年鑑編集委員会編：中国環境年鑑1997，中国環境年鑑社，1997。
- 2) 張坤民：中国の環境法規・排出基準，水環境学会誌，Vol.19 No.1, pp7-9, 1996。
- 3) 中国国家環境保護局：中国環境状況公報1996
- 4) 中山裕文，小林周平，井村秀文：中国都市の開発と環境に関する類型別特性評価，環境システム研究，Vol.26, pp.271-278, 1998。
- 5) 環境庁環境勘定検討会：環境資源勘定に関する基礎調査報告書(概要版)～包括的環境勘定体系(CASE)の開発～，1998。
- 6) The Bureau of National Affairs, Inc.: International Environment Reporter, Volume 20, Number12, pp.571, 1997。
- 7) 栗林純夫編著：中国の地域経済 沿海から内陸へ，JETRO, 1994。
- 8) 大原盛樹：地域発展戦略と外資・外国援助の役割(石原享一編：中国経済の国際化と東アジア，アジア経済研究所，1997。)
- 9) 国家統計局工業交通司編：中国能源統計年鑑1991-1996, 1998。
- 10) 国家統計局城市社会経済調査総隊提供データ
- 11) 楠田哲也：中国の水環境問題(井村秀文，勝原健編著：中国の環境問題，東洋経済新報社，1995。)

- 1 2) 小島麗逸編：中国經濟統計・經濟法解説，アジア經濟研究所，1989年
- 1 3) 安田祐司：中国の大氣環境問題（井村秀文，勝原健編著：中国の環境問題，東洋經濟新報社，1995.）
- 1 4) Matsumoto,T. and Imura,H. : Foreign-affiliated Firms and Environmental Problems in China : Environmental Implications of Foreign Direct Investment, *Journal of Global Environment Engineering*, Vol.4, pp.151-167, 1998.
- 1 5) 国家環境保護局，国家計画委員会，国家經濟貿易委員會：国家環境保護”九五”計画和2010年遠景目標，中国環境科学出版社，1996. (1999. 3. 5 受付)

## REGIONAL CHARACTERISTICS OF INDUSTRIALIZATION AND POLLUTANT EMISSION STRUCTURES OF CHINESE CITIES

Hirofumi NAKAYAMA and Hidefumi IMURA

Since the adoption of reforming and opening policy, rapid industrialization and urbanization have taken place in China, accompanying the increasing generation of air and water pollutants. Development patterns and environmental conditions, however, differ significantly between regions. This paper present a statistical analysis of regional characteristics of industrial development and air and water pollutant emission structures of cities in China. The DPSER(Driving Force-Pressure-State-Effect-Response) Model is adopted to analyze the relationships of the economic and environmental factors concerned. Then, pollutants emission structures of cities are compared between regions in which they are located, identifying the dominant characteristics of each region and demonstrating the contrast between the regions.