

海外及び日本における都市の熱供給システムの位置付けに関する研究

その2 日米中の環境実態からの考察

熱効率 環境状況 熱供給システム

- 正会員 尹 軍 (1)
- 正会員 韋 新東 (2)
- 正会員 李 海峰 (3)
- 正会員 高 偉俊 (4)
- 正会員 高橋 信之 (5)
- 正会員 尾島 俊雄 (6)

1. 研究目的

前報では日中米のエネルギー消費、東京都のエネルギー消費の実態及び東北三省の1人当たり電力消費量(生活用)と1人当たり国内総生産を分析した。本論では、日中米間の環境状況から熱効率向上に寄与する熱供給システムの位置付けを解明することを研究目的とする。

2. 中日米のCO2排出量の対比

図1は中日米のCO2排出総量、図2は中日米の1人当たりCO2排出量、図3は中日米のGDP当たりCO2排出量である。図1から、中国におけるCO2排出総量(1995年)はアメリカの2/3、日本の2.8倍ぐらいであること、また、70年代から増加してきた。図2から、中国における1人当たりCO2排出量(1995年)はアメリカの1/7、日本の1/3で、70年代から増加してきた。図3から、中国におけるGDP当たりCO2排出量(1995年)はアメリカの5倍、日本の12倍であるが、70年代から減少してきた。これは中国におけるエネルギー効率が低く、エネルギー消費が石炭に依存し過ぎ、エネルギー効率が上げづらいことにある。将来、エネルギー効率を上げ、かつ、環境低負荷型エネルギーを利用して、環境現状を改善することが必要である。

3. 中日の大気汚染物質の対比

表1に大気汚染物質の環境基準を示しており、日本の環境基準は中国の3級基準より高い。

また、国家環境保護局の公報によれば、全国の都市の殆どでTSP(表1)が国家の基準を超えている。全国で84都市の年平均値は0.079~0.618mg/m<sup>3</sup>で、全国平均値は0.309mg/m<sup>3</sup>、北方都市の平均は0.387mg/m<sup>3</sup>、南方都市の平均は0.230mg/m<sup>3</sup>であった。SO<sub>2</sub>については全国平均値が0.079mg/m<sup>3</sup>、北方都市の平均が0.083mg/m<sup>3</sup>、南方都市の平均が0.076mg/m<sup>3</sup>であった。TSP、SO<sub>2</sub>のいずれについても、表1の基準(3級都市の日平均)と比較してTSPは10倍、SO<sub>2</sub>は3倍以上になっており、その深刻さが判ろう。

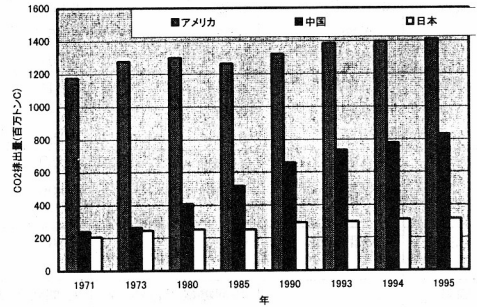


図1 中日米のCO2排出総量

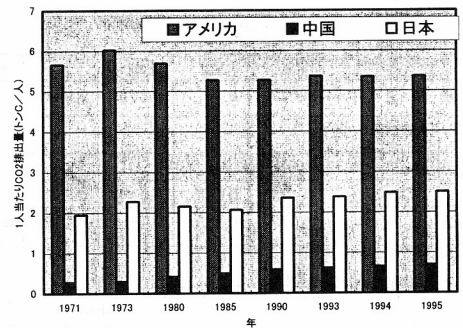


図2 中日米の1人当たりCO2排出量

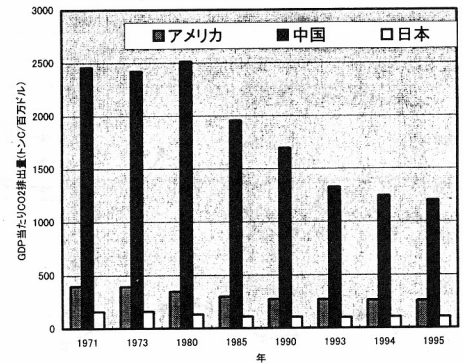


図3 中日米のGDP当たりCO2排出量

表 1 大気汚染物質の環境基準(GB3095-1996) (mg/m<sup>3</sup>)

汚染物質	測定時間	濃度標準			日本の基準
		1級	2級	3級	
TSP	日平均	0.08	0.20	0.30	1時間値の1日平均が0.10mg/m <sup>3</sup> 以下かつ1時間値が0.20mg/m <sup>3</sup> 以下
	任何一次	0.12	0.30	0.50	
PM10	日平均	0.04	0.10	0.15	
	任何一次	0.05	0.15	0.25	
SO <sub>2</sub>	年日平均	0.02	0.06	0.10	1時間値の1日平均が0.04mg/m <sup>3</sup> 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	
NO <sub>x</sub>	年日平均	0.04	0.04	0.08	1時間値の1日平均が0.04から0.06ppmまでのゾーン内またそれ以下
	日平均	0.08	0.08	0.12	
	任何一次	0.12	0.12	0.24	
CO	年日平均	4.00	4.00	6.00	1時間値の1日平均が10ppm以下かつ1時間値の8時間平均値が20ppm以下
	日平均	10.00	10.00	20.00	
O <sub>3</sub>	1時間平均	0.12	0.16	0.20	1時間値が0.06ppm以下
備考		長期曝露で自然、人体に影響を及ぼさない基準	長期短期の曝露で人体及び都市農村の動植物に影響を及ぼさない基準	急性慢性中毒を生じない、都市の動植物が成長できる基準	

表 2 大気汚染物質濃度の中日比較表

		中国 (1995)						日本 (1993)			単位
		北京	鞍山	重慶	上海	天津	長春	全国平均	北九州	環境基準	
SO <sub>2</sub>		0.033	0.107	0.321	0.054	0.029	0.022	0.005	0.005	0.014	P. P. m
NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>							0.017	0.022		P. P. m
	NO							0.021	0.014		P. P. m
	NO <sub>2</sub> +NO	0.123	0.085	0.04	0.242	0.050	0.064	0.063	0.063		mg/m <sup>3</sup>
SPM		0.370	0.433	0.181	0.087	0.306	0.362	0.035	0.035	0.10	mg/m <sup>3</sup>

表 3 硫黄酸化物発生量の中日比較 (単位: kt)

		中国		日本 1989年	
		1994年	1995年		
固定発生源	電力・熱供給	6403	6701	192	
	工業	4352	3548	425	
	その他	437	402	60	
	合計	11192	10651	677	
移動発生源 (自動車)		*	*	199	
統計		11192	10651	876	

なお、中国の主要都市の大気汚染濃度および発生源別 SO<sub>2</sub>

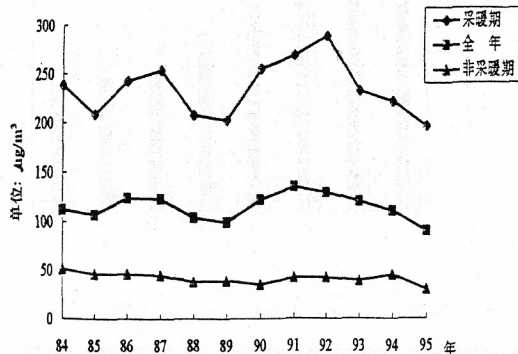


図 4 北京市大気 SO<sub>2</sub> 濃度経年変化

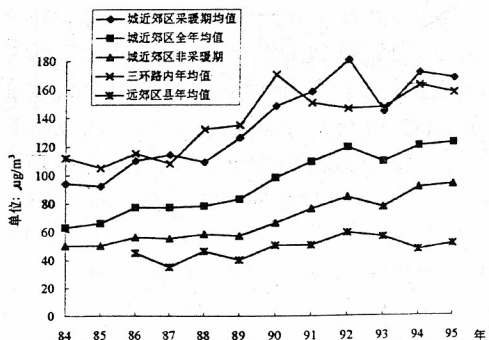


図 5 北京市大気 NO<sub>x</sub> 濃度経年変化

発生量の中日対比は表 2 および表 3 を参照されたい。北京を例として、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SPM の濃度は日本の全国平均値と比べ、それぞれ 6 倍、2 倍、10 倍ほど高く、環境問題が深刻になる。原因としては、北京市内の大気中の SPM 及び SO<sub>2</sub> は主に石炭消費によるものであり、その発生源は工業ボイラーおよび家庭の石炭消費である。1990 年から 1995 年までの 5 年間に、工業ボイラーの石炭消費による SPM 及び SO<sub>2</sub> の排出量はそれぞれに全市の 42.5% と 54.5% を占めている。全体的に工業ボイラーの燃焼効率が悪く、且つ煙筒が低いため、その排出は地面付近の大気汚染への影響が大きいと考えられる。また、家庭の石炭消費は、特に冬の暖房期間において、大気への影響度もかなり大きい。

図 4 は北京市大気 SO<sub>2</sub> 濃度経年変化、図 5 は北京市大気 NO<sub>x</sub> 濃度経年変化である。図 4 より、北京市大気 SO<sub>2</sub> 濃度では冬の暖房期間の場合は非暖房期間の場合の 4~6 倍であることがわかった。また、図 5 より、北京市大気 NO<sub>x</sub> 濃度では冬の暖房期間の場合は非暖房期間の場合の 2 倍ほどであることがわかった。したがって、熱効率向上に寄与する熱供給システムを導入したら、大気汚染物の排出量を低減したり、環境保全を改善したりすることに対して重要な位置付けがある。

#### 4. 中国における主要都市の環境現状

図 6 には中国主要都市の環境現状を示した。降塵量は北方地区の工業都市、例えば、鞍山市、鄭州市、太原市などに高い値を示しているが、廈門市、湛江市、温州市など南方地区の都市は低い値を示している。粉塵量は吉林市、蘭州市、西安市など工業都市に高い値を示しているが、温州市、西寧市、桂林市など南方地区の都市は低

い値を示している。NO<sub>x</sub> 濃度は広州の燃焼効率が悪く、且つ煙筒が低いため、その排出は地面付近の大気汚染への影響が大きいと考えられる。また、家庭の石炭消費は、特に冬の暖房期間において、大気への影響度もかなり大きい。市、北京市、上海市などの巨大都市は高い値を示しているが、南方小都市は低い値を示している。SO<sub>2</sub> 濃度は重慶市が最も高く、中国大気汚染物質の 3 級環境基準の 3 倍より高い。また、中国環境保護局は降塵量、粉塵量、NO<sub>x</sub> 濃度、SO<sub>2</sub> 濃度に基づいて空気汚染総合指標を計算した。空気汚染総合指標を目的変数とし、GDP 当たりエネルギー消費量を説明変数として、回帰分析を行った結果を、表 4 にまとめた。空気汚染総合指標と GDP 当たりエネルギー消費量との間には高い相関関係を持っていることがわかった。且つ、GDP 当たりエネルギー消費量は高ければ（エネルギー効率は低い）、空気汚染総合指標は大きい（環境現状は悪いこと）。

熱効率向上に寄与する熱供給システム導入による環境汚染防止対策を表 5 にまとめた。熱効率向上に寄与する熱供給システムに対して期待される効果として、

- 1) 熱源転換、公害防止装置の設置などによる大気汚染防止効果
- 2) 廃熱の積極的利用、機器大型化による効率向上によって、エネルギー消費量を節減し、大気汚染、熱汚染の軽減に寄与する
- 3) 住宅や小規模建物などでは、従来の排気暖房（石油ストーブ、ガスストーブなど）を排除することによって室内環境を飛躍的に向上させうる
- 4) ゴミ焼却プラント（清掃工場）、発電所、工場などの廃熱を積極的に利用することによる省エネルギー効果

表 5 熱効率向上に寄与する熱供給システム導入による環境汚染防止対策

対象	対象手法
SO <sub>x</sub> 対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 硫黄含有率の少ない燃料の使用</li> <li>・ 脱硫装置の公害防止機器の設置</li> <li>・ プラント規模の過大化をさけることにより集中公害を防止する</li> <li>・ 熱源機器の大型化、高度化による効率の向上によって燃料消費量を節減</li> <li>・ 管理システムの行動かによって燃料消費量を節減</li> <li>・ 廃熱の積極的利用によって燃料消費量を節減</li> <li>・ 高煙筒による広域拡散</li> </ul>
NO <sub>x</sub> 対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Fuel NO<sub>x</sub>、Thermal NO<sub>x</sub> の少ない燃料の使用</li> <li>・ NO<sub>x</sub> 排出量を軽減するための燃焼方式改善</li> <li>・ 脱硫装置の公害防止機器の設置</li> <li>・ プラント規模の過大化をさけることにより集中公害を防止する</li> <li>・ 熱源機器の大型化、高度化による効率の向上によって燃料消費量を節減</li> <li>・ 管理システムの行動かによって燃料消費量を節減</li> <li>・ 廃熱の積極的利用によって燃料消費量を節減</li> <li>・ 高煙筒による広域拡散</li> </ul>
熱汚染対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 熱源機器の大型化、高度化による効率の向上によって燃料消費量を節減</li> <li>・ 管理システムの行動かによって燃料消費量を節減</li> <li>・ 廃熱の積極的利用によって燃料消費量を節減</li> <li>・ プラント規模の過大化をさけることにより集中公害を防止する</li> </ul>
総合対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 広域熱供給システムの導入により、汚染源の集約化及び集中コントロール化を図る</li> <li>・ 広域熱供給システムの導入、プラントの複数化及び連結かにより、汚染状況に応じたプラントの運転創作を行って広域環境制御する</li> </ul>

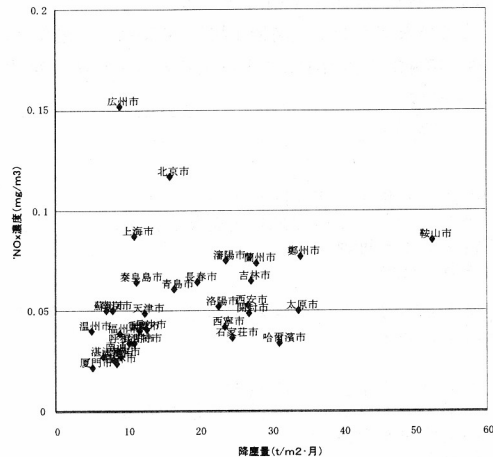
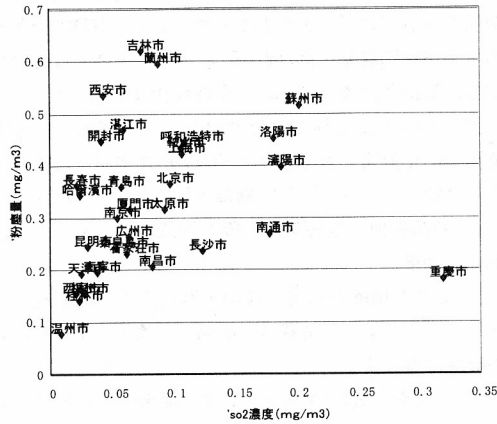
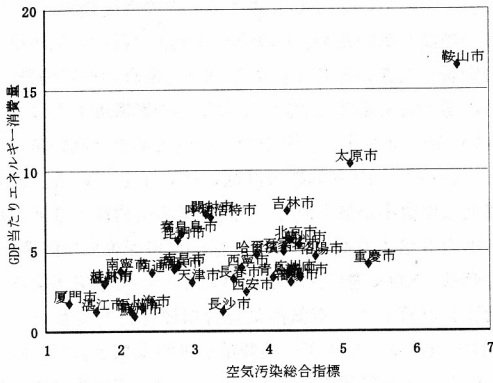


図 6 中国における主要都市の環境現状

\*1 早稲田大学理工学総合研究センター客員研究員・博士  
 \*2 早稲田大学大学院博士課程  
 \*3 早稲田大学大学院博士課程  
 \*4 早稲田大学理工学総合研究センター講師・博士  
 \*5 早稲田大学理工学総合研究センター助教授・博士  
 \*6 早稲田大学教授・博士

がある。したがって、ここでも熱効率向上に寄与する熱供給システムを導入すれば、大気汚染物の排出量を低減したり、環境保全を改善したりすることに対して重要な効果のあることがわかった。

表 4 回帰分析結果

式の係数	a =	0.2629
	b =	2.2591
精度	相関係数 R =	0.6553
	P 値	3.4915E-05
	判定	[**]

### 5. 結論

本論では中日米の CO<sub>2</sub> 排出量の対比、中日の大気汚染物質の対比及び中国における主要都市の環境現状を解析した。また、熱効率向上に寄与する熱供給システム導入による環境汚染防止対策と期待される効果を分析した。結論として、以下にまとめる。

1) 中国における GDP 当たり CO<sub>2</sub> 排出量 (1995 年) はアメリカの 5 倍、日本の 12 倍である。これは中国エネルギー効率が低く、石炭に依存し過ぎることにある。将来、エネルギー効率を上げ、かつ、環境低負荷型エネルギーを利用して、環境現状を改善することが必要である。

2) 北京市大気汚染物濃度では冬の暖房期間は非暖房期間の数倍ほどである。したがって、熱効率向上に寄与する熱供給システムを導入すれば、大気汚染物の排出量を低減したり、環境保全を改善したりすることに対して効果的である。

3) 中国主要都市では GDP 当たりエネルギー消費量が高ければ (エネルギー効率は低い)、空気汚染総合指標は大きい (環境現状は悪い)。熱効率向上に寄与する熱供給システム導入による環境汚染防止対策を採用すれば、環境汚染現状の改善に寄与する。

### 謝辞

本研究は、NEDO 産業技術研究事業費助成金を受けて研究を実施したものです。

### 参考文献

1. エネルギー・経済統計要覧 E DMC 編 1998
2. エネルギー政策の歩みと展望・資源エネルギー庁 1993
3. 中国都市統計年鑑 1995 中国統計出版社