

正会員 尾島 俊雄*1 同 高橋 信之*2 同 外岡 豊*3
○同 三浦 秀一*3 同 須藤 哲夫*3

■ 概 容

猛烈な勢いで工業化を進めている中国のSO₂排出を推計して、それを指標として中国の重点都市における大気環境容量を求め、工業立地としての都市の優劣を評価する。中国では現在エネルギー消費の80%近くが石炭なので、ここでは石炭の燃焼による排出が大部分を占めるSO₂の排出に焦点を絞った。そこでその発生量を住宅系と工業系に大別し、SO₂濃度を試算する。そしてその濃度を中国の環境基準から評価し、大気環境に余裕があるかないかを調べ、工業系のSO₂許容排出量を求める。

■ SO₂排出量

工業系排出源は軽工業、重工業、火力発電の3つに別けた。軽工業と重工業はそれぞれ生産額当たりの石炭エネルギー使用原単位を求めたので、生産額から石炭エネルギー消費量を出した。火力発電は発電量より求めた。石炭の発熱量、S分%はその地域で産出される炭種の値を使った。住宅系排出源は暖房と厨房の2つとした。暖房用熱消費は日本の住宅用熱消費資料をもとに、デグリーデーの目録式をたて、暖房面積当たりの熱消費原単位を出して求めた。厨房用熱消費は全国一律とし、一般市民の平均熱消費量から前述のようにして求めた暖房用熱消費量の全国平均を引いたものを一人当たりの消費量に換算して求めた。この2つを合計して想定炭種より、住宅系SO₂排出量が求まる。

■ SO₂濃度計算式

ここでは下の式 Gifford and Hanna の式を用いた。この式は長期間の平均濃度を求めるのに有効であり、かつシンプルなことから扱いやすいなどの利点がある。また、中国の都市のように孤立した都市に有効であり、外国の都市ではその有効性が確かめられていたので日本の都市でも試算してみた結果有効だと思われた。

$$X = C \frac{Q}{U} \quad (X: 濃度, Q: 汚染物排出強度, U: 風速, C: 定数50)$$

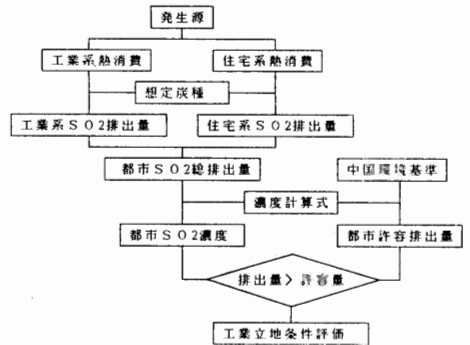


図1. 作業フロー図

表1. 工業系SO₂排出量

都 市	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.
北 京	119.33	8.303	97.08	709	9.012	12.188	182.84
天 津	87.93	6.008	119.38	872	6.880	9.304	139.57
上 海	220.89	11.520	280.77	2,051	13.571	17.208	409.57
重 慶	38.45	2.215	33.70	246	2.461	3.406	47.68
長 春	21.40	990	15.53	113	1.103	1.930	46.70
広 州	34.72	1,607	62.32	455	2.062	2.913	71.07
沈 陽	60.68	2,809	40.30	294	3.103	4.543	72.69
大 連	38.3	1,903	21.20	155	2.058	3.029	48.46
青 島	20.52	950	38.19	279	1.229	1.584	69.39
武 漢	52.51	2,576	54.54	399	2.975	3.772	89.77
南 京	42.15	2,453	26.92	197	2.650	3.360	79.98
ハルビン	27.70	1,282	25.51	186	1.468	2.627	15.98

a. 軽工業生産額 [10⁸元/年] b. 重工業石炭エネルギー消費量 (火力発電を含む) [×10⁶Gcal/年]
c. 住宅系エネルギー消費量 [10⁶Gcal/年] d. 軽工業石炭エネルギー消費量 [×10⁶Gcal/年]
e. 工業系石炭消費量 [×10⁶t/年] f. 住宅系SO₂排出量 [×10³t/年] g. 工業系SO₂総排出量 [×10³t/年]

表2. 住宅系SO₂排出量

都 市	h.	i.	j.	k.	l.	m.	n.
北 京	1,532	343.1	402.1	110.2	512.3	572.5	22.67
天 津	1,496	336.9	201.5	102.3	303.8	452.0	17.90
上 海	568	180.6	393.0	249.5	642.5	660.8	7.665
重 慶	62	53.3	14.1	52.9	67.0	113.1	1.990
長 春	3,295	640.2	147.2	34.6	181.8	493.9	2.963
広 州	0	0	0	62.1	62.1	95.9	2.244
沈 陽	2,562	516.5	213.8	79.9	293.8	773.2	8.814
大 連	1,256	295.5	60.5	29.5	89.9	236.7	2.698
青 島	1,072	265.6	49.7	23.5	73.2	106.2	5.227
武 漢	432	157.8	111.6	85.6	197.2	326.0	12.91
南 京	589	184.2	69.3	42.6	111.8	170.0	1.973
ハルビン	3,797	724.7	207.2	50.9	258.1	458.9	1.927

h. デグリーデー i. 暖房エネルギー消費係数 [×10⁸Kcal/年・m²]
j. 住宅系エネルギー消費量 [×10⁶Gcal/年] k. 住宅系エネルギー消費量 [×10⁶Gcal/年]
l. 住宅系SO₂排出量 [×10³t/年] m. 住宅系SO₂排出量 [×10³t/年] n. 住宅系SO₂排出量 [×10³t/年]

結果

年平均SO₂濃度の試算値を示したのが図2である。天津、広州、武漢が高い値は風速が小さいためである。また、上海、青島、大連は面積当たりの排出量が大きいと計算されたが、これらの都市は風が強いので、比較的色濃度となった。そして、年間SO₂排出構成を示したのが表3であるが、重工業が大部分を占めている。重工業のは産産当たりのエネルギー消費は軽工業の約6倍である。また、気温の低い都市では暖房期に住宅系の影響が大きくなっている(住宅b)。しかし、上海は人口が多いのに住宅系の占める割合が低いのは、気候が温暖なためと、工業生産が巨大なためである。

大気環境容量

ここでは中国の環境基準値を評価基準とし、基準値に對する排出量とその都市の許容排出量とした。図2でこの基準値を越えているものは排出を減らすねばならず、達していないものは増やすことができるが、住宅系の排出は人間が生活して行く上で不可欠であるので変えられぬ。そこで工業系のSO₂排出量のみを調整してSO₂許容排出量から住宅系排出量を引いたものを工業系許容排出量として工業立地条件の評価指標とする。この排出量を都市域の総量として表わしたのが図3であり、単位面積当たりの総量として表わしたのが図4である。また東京は中国レベルの住宅、生活で、石炭を使用するものとして求めた。この工業的大気環境容量は以上より、人口、気温、風の関数となる。この人口、気温、風を表4に示した。図3で東京が最大の値を示しているのは東京の都市域面積が大きいからである。また、中国では上海が最も大きな値となっているが、図4の面積当たりの許容排出量でも大きな値を示す。これは、上海が気温、風などの気象条件めぐり

れているからである。また、青島が図4では最も大きな値を示すが、風が強いことがその大きな要因となっている。このように、風は工業立地条件を左右する大きな要因となっている。

表4. 中国諸都市の気温、風、人口

都市	年平均気温 [℃]	年平均風速 [m/s]	人口密度 [人/km ²]
北京	11.9	3.5	9.3
天津	12.2	2.4	20.0
上海	15.3	5.2	27.3
重慶	18.7	1.5	7.0
長春	4.8	2.8	5.1
沈陽	7.3	2.8	11.2
大連	10.5	4.8	14.8
青島	12.1	7.0	9.2
武漢	16.8	1.8	11.3
南京	15.4	3.6	7.1
広州	21.8	1.6	19.5
東京	15.3	3.1	14.0

表3. 年間SO₂排出構成 [%]

都市	重工業系	火力発電系	軽工業系	住宅系 a	住宅系 b
北京	59.3	22.7	7.0	11.0	25.6
天津	54.6	22.8	11.2	11.4	24.2
上海	76.6	6.8	14.8	1.8	5.6
重慶	68.7	17.0	10.3	4.0	12.2
沈陽	80.7	*	8.5	10.8	23.9
大連	81.4	6.0	7.3	5.3	13.7
武漢	70.8	4.4	11.8	13.0	24.3
広州	63.4	10.5	15.3	10.8	22.8

住宅系 a: 年平均値
住宅系 b: 暖房期最大排出時の値
* 重工業系に含む

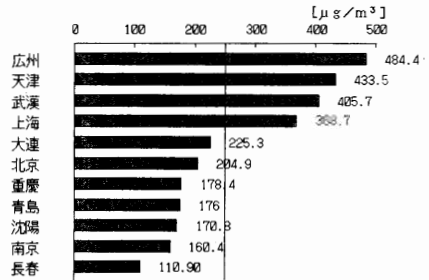


図2. 中国諸都市の年平均SO₂濃度試算値

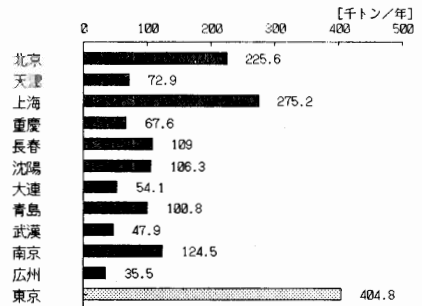


図3. 大気環境から見た工業立地条件の評価 (環境評価基準に達するまでの工業系SO₂許容総排出量)

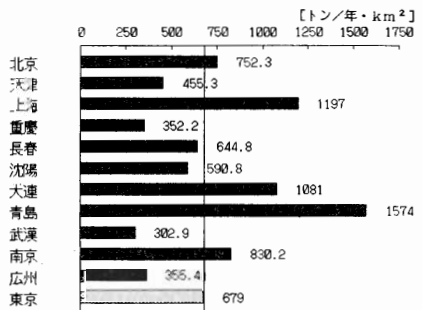


図4. 大気環境から見た工業立地条件の評価 (環境評価基準に達するまでの面積当り工業系SO₂許容排出量)

参考文献・中国統計年鑑(国家统计局編)、中国経済の中長期展望、中国経済便覧(日中経済協会)

*1 早稲田大学教授・工博 *2 同研究院 *3 同個人助手 *4 同大学院 *5 (財)IBS