

3. 敦賀局における硫黄酸化物の濃度変動

山田 克 則 酒 井 信 行 八 幡 仁 志
石 田 幸 洋 岡 島 一 雄 安 井 新

I 緒 言

県設置の常時監視観測局のなかで硫黄酸化物 (SO₂) について敦賀局は1976年現在最も年平均値が高く、かつ6・7月に月平均値のピークが現れるという特徴的な経月変化を示した。^{注)} (図1)

そこで7月を対象として拡散モデルによる短時間値の予想値と実測値との対応を調べることににより同局における汚染機構の検討と、経月変動の要因について考察を行った。

注) 敦賀局は1975年10月現地点に移設された。

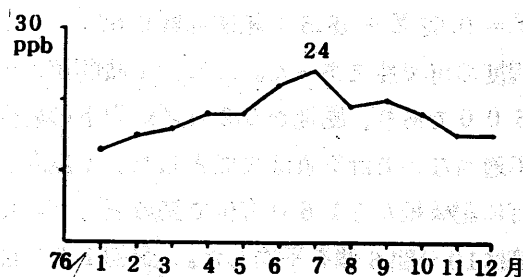


図1 月平均値の推移

II 調査方法

表1に示した主要発生源における7月の通常時のSO₂排出量と敦賀局における風向風速の実測値を用いて次式により敦賀局での予想濃度を1時間毎に求めた。

表1 主要発生源の排出諸元 (7月実績)

$$C = \sum \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{H_e^2}{2\sigma_z^2} \right)$$

ここで u は風速、 σ_y ・ σ_z は拡散幅、 y は測定点と煙流の中心軸との水平距離、 H_e は有効煙突高、 Q は排出量、和は各煙源についてとる。また u 、 H_e は次の指数法則、コンケープ式で算出した。

	SO ₂ 排出量 Kg/H	排ガス量 Nm ³ /H	排ガス温度 °C	煙突高 m	備 考
A ₁	114	65,690	180	82	織 維
A ₂	0.8	445	310	20	
A ₃	0.2	131	305	20	
B ₁	21	13,169	300	50	織 維
B ₂	34	29,157	240	37	
B ₃	100	61,714	173	65	
C ₁	4	47,952	37	35	硫酸製造
C ₂	10	48,000	37	45	
D	61	5,300	100	60	金属精練

$$u = u_0 \left(\frac{H_e}{10} \right)^{0.25} \quad H_e = H_0 + 0.175 \frac{Q_c^{0.5}}{u'^{0.75}}$$

ここで u_0 は敦賀局での風速 (高度10m)、 H_0 は煙突実高、 Q_c は排出熱量、 u' は u にならって算出した高度 H_0 での風速を示す。

以上のパラメータのうち測定値がないのは拡散幅のみである。(排出諸元は一定と近似した。排出熱量は排ガス量と排ガス温度から見積られる。)そこで大気安定度をA・B・C・Dと変えて3日間分の拡散計算を行い、実測値の変動との対応が最も良好であった'C'に対応する拡散幅を便宜的に用いることにした。7月の日射量や風速から代表値としては妥当なものとする。

■ 調査結果と考察

1 結果の概要

実測値を Y 、計算値を X としたとき回帰式は24時間移動平均値について

$$Y = 1.05 X + 14.8 \quad (\text{相関係数 } 0.86)$$

24時間固定平均値(日平均値)については

$$Y = 1.03 X + 15.0 \quad (\text{相関係数 } 0.84)$$

しかし1時間値については

$$Y = 0.62 X + 18.5 \quad (\text{相関係数 } 0.62)$$

の程度の再現性であった。ここで1時間値のデータ数は約600であり、風速が 0.2 m/s 以下の場合にはモデルが不適当なので計算値は欠測とした。(風向風速は10分毎に記録紙から160方位で読みとった。従って1時間値は10分間6個を平均した。最初16方位、1時間毎の風向風速を用いたがその場合は相関係数は1時間値で0.16と低い値であった。)

図2に時刻別、風速別、風向別各平均値の比較を示した。また図3に1時間値の変動の比較を示した。同図には参考として敦賀局の風向及び発生源に対して敦賀局と反対の位置にある中郷局の濃度変動も示した。

2 結果の考察

現実の濃度は短時間的には様々なく乱要因(例えば気流の乱れ、ウォッシュアウト等)により必ずしもモデルどおりの挙動を示さない。従って短時間値についてはある程度の誤差はやむを得ない。24時間値の相関や、風速別・風向別平均値の相似からモデルの基本的適合性は良好と考えられる。実測値と計算値との差は平均で約15 ppbであるがこれは主としてバックグラウンド濃度によるものである。南風の場合中郷局の値が敦賀地区に流入する大気の濃度と考えられる。その値は約10 ppbである。北風の場合には計算に入力した発生源はすべて敦賀局の南にあるため計算値は0であるが実測値は約20 ppbを示す。これは敦賀湾が南北に細長いため南風によって湾上に出た汚染質があまり拡散されずに吹き戻されているであろう。この場合計算に含まれない敦賀地区の東部と西部に位置する2つの発生源の寄与も考えられる。この2つの発生源は単位時間当りの SO_2 排出量が40Kgと50Kgであり計算に入力した発生源の排出量に比べて無視できないが、7月の東風西風の頻度がきわめて少ないため計算からは省いた。

3 経月変化の考察

図4に代表的な予想地上濃度分布を示した。これは指数法則を使わずに風速は 6 m/s 、風向はSSE、拡散幅その他はモデルと同じものを用いた。発生源の位置は星印、測定点を丸印で示した。代表的というのは、7月において風向SSEの頻度がかなり多くかつ持続的であったことに基づいている。

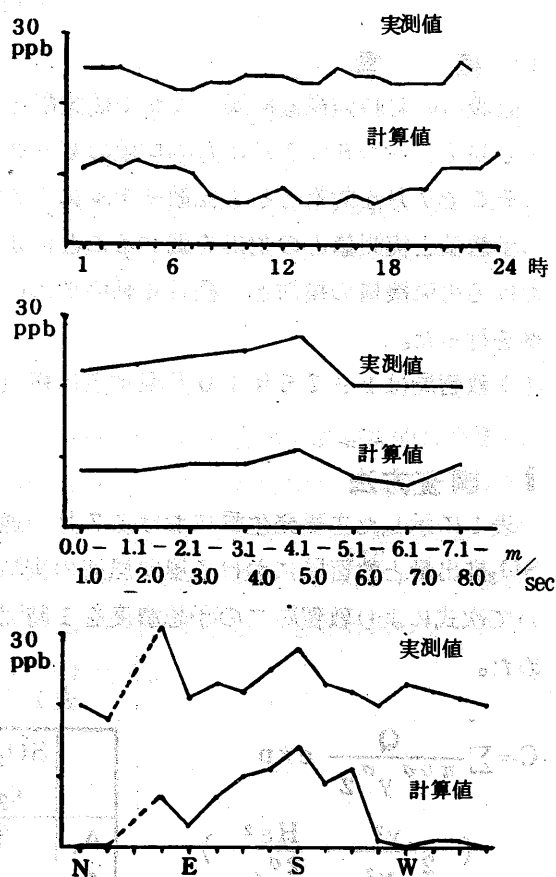


図2 時刻別・風速別・風向別平均値

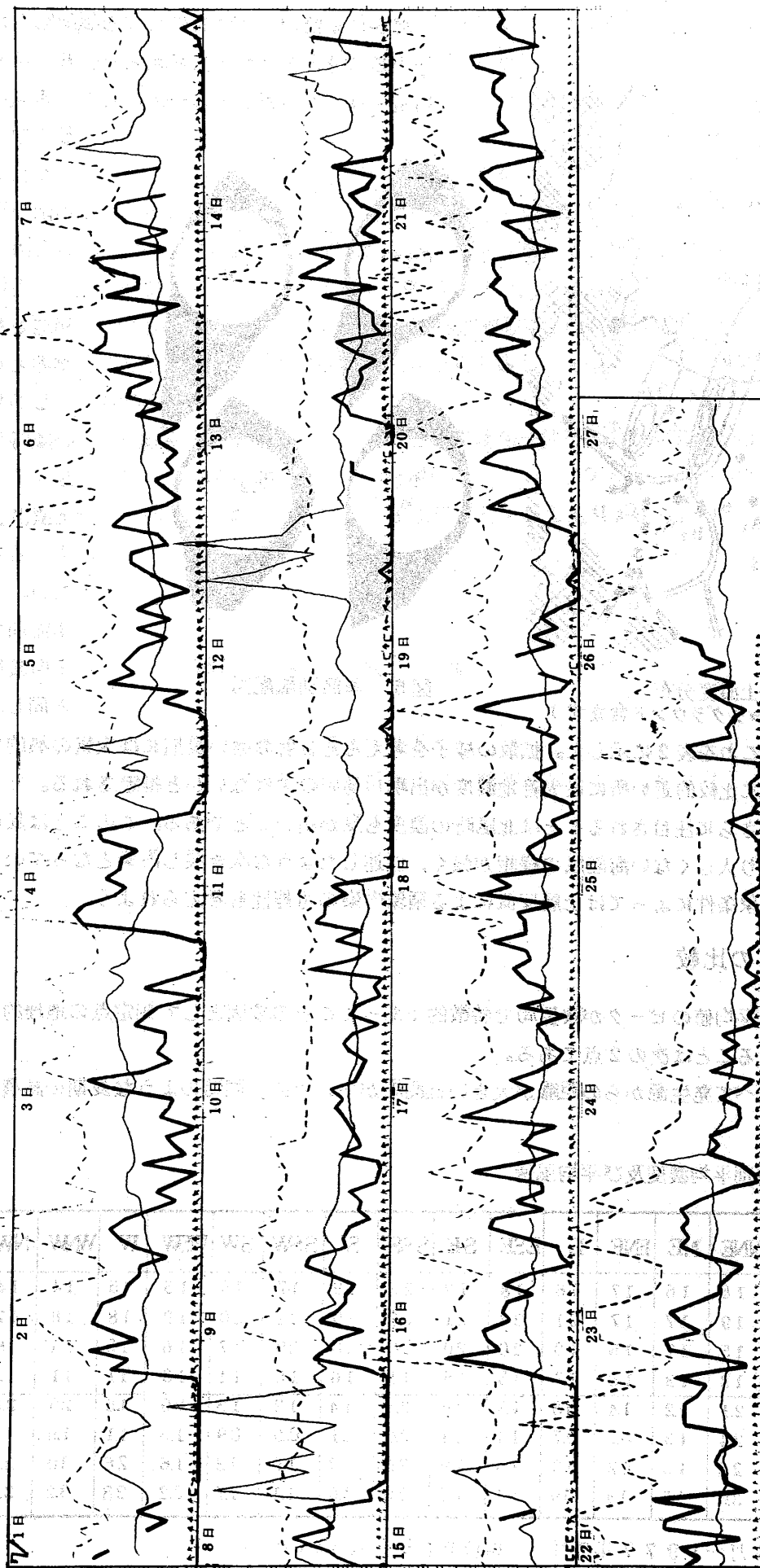


図3 1時間値の比較
 矢印は教賀局風向 フルスケール 40 ppb

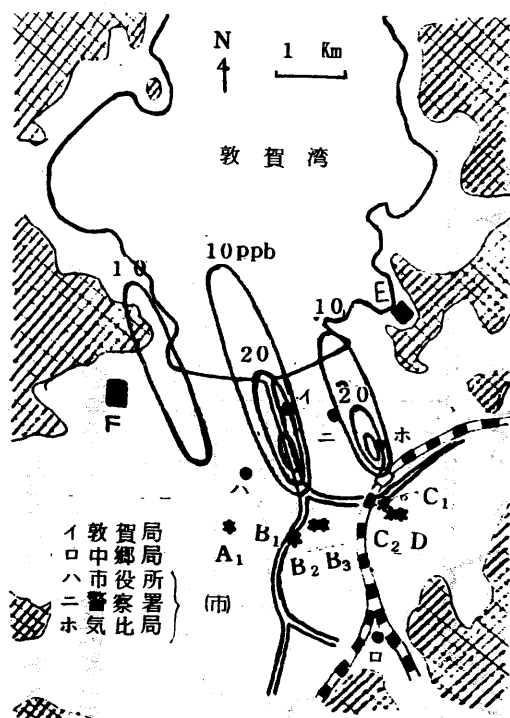


図4 予想地上濃度分布
(バックグラウンド含まず)

夏が最も高い。これを表2に示した。拡散の様子を考えると日射の強い夏期には大気の熱的な乱れが発達し、発生源に比較的近い所に最大着地濃度が出現し易いのではないかと推定される。

表2においてさらに注目されることは北風時の濃度も夏が高いことである。このことは夏の北風かスケールのあまり大きくない海陸風の様相が強く、前述したような吹き戻し汚染となっているためと考えられる。気象条件によっては上層反流による循環汚染の可能性も考えられよう。

4 他局との比較

6・7月の月平均値のピークが敦賀局で特徴的であったことの要因として測定点の地理的事情の対比から想定されることは次の2点である。

1) 敦賀局に比べて発生源からの距離が大きい観測局が多いため、同局のような夏期の高濃度はまれである。

表2 風向別平均濃度及び平均風速

		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	平均
平均濃度	春	15	16	16	17	16	18	19	22	19	17	16	15	15	14	14	13	17
	夏	18	19	17	17	21	22	21	23	25	21	20	19	18	18	17	18	22
	秋	15	15	17	15	19	20	20	20	20	20	17	16	15	14	16	15	18
	冬	12	12	13	15	13	15	16	18	16	16	14	13	11	11	12	12	14
平均風速	春	2.7	2.1	1.2	1.4	0.8	1.3	2.6	3.3	1.4	1.2	1.3	2.0	1.5	2.5	2.8	3.0	2.7
	夏	2.4	2.4	1.3	0.7	0.7	1.4	2.4	3.0	2.1	0.9	0.9	1.3	1.1	1.6	1.7	1.8	2.3
	秋	3.3	2.5	1.3	1.2	1.0	1.0	1.9	2.5	1.7	1.0	1.3	1.6	2.6	3.0	2.7	2.8	2.3
	冬	3.4	3.0	1.5	1.4	0.9	1.1	1.5	2.0	1.6	1.1	1.7	2.2	2.8	3.2	3.5	3.1	2.3

(1976年3月～1977年2月 単位ppb, m/sec)

図5に季節別の敦賀局における風配図を示した。

地上濃度分布と合わせて考えると、6・7月に月平均値が高くなったことの一因として、南風特にSSEの頻度が多かったため敦賀局の南の発生源からの汚染質が、多く同局方面へ移送されることが考えられる。

しかしSSEの風向時に常に図4のような地上濃度、分布が生じるとは限らない。実際、各季節別の風向別平均濃度を見ると同じ南風でも

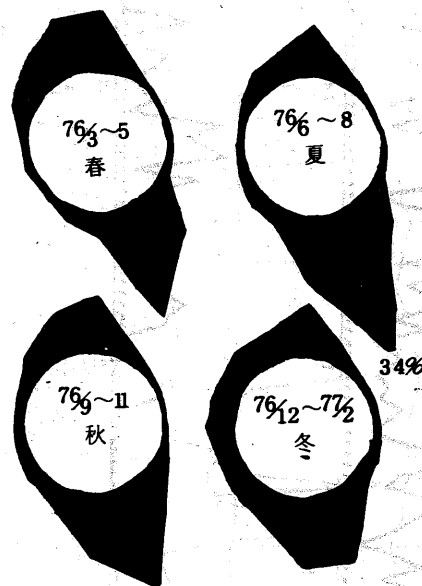


図5 季節別風配図

2) 地表の放射冷却による汚染質の滞留が、夏以外の季節にしばしば高い濃度をもたらすが、内陸部の観測局(坂井福井地区の観測局の多くはその例)でその傾向が強い。

Ⅳ 結 語

主要発生源からの拡散計算による濃度変動は実測値の変動に比較的良く追従した。このことにより調査期間の汚染機構は定量的にある程度、確認されたと考えられる。これは24時間稼働の発生源が多いことや風向が割合安定していたこと等の好条件に恵まれたためとも言える。経月変化については南風の頻度と大気的不安定度を気象的要因として取りあげた。この他排出量の変化や天候が条件として考慮されるが、この点を明らかにするために今後の濃度推移にさらに注目したい。^{注)}参考文献として敦賀地区の海陸風の交代と汚染との関係を気象観測結果から考察したもの¹⁾、及び年平均値のシミュレーション報告書²⁾を掲げる。

終わりに本調査の資料収集でお世話になった敦賀市環境保全課の角野氏に深く感謝します。

注) 総量規制が52年4月(既設については53年4月)から実施される。

参 考 文 献

- 1) 敦賀市：公害の概要、7～60、(51年9月)
- 2) 福井県：硫黄酸化物にかかる大気汚染解析報告書-敦賀地区-(51年3月)