

大分市における夏季の海陸風と二酸化硫黄濃度分布の関係*

阿部 信男・楠田 信**

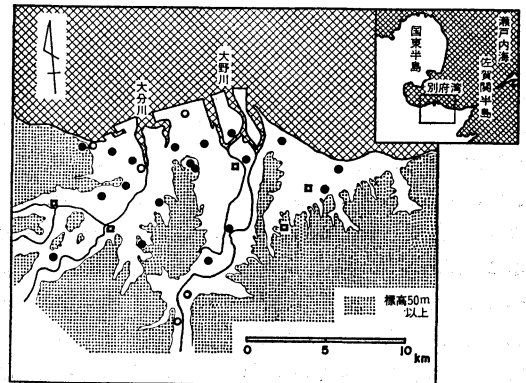
要旨

5年間の資料を用いて、大分市の夏季の海陸風と二酸化硫黄濃度分布の関係を調査した。大分市内全域で平均した結果を比較すると、両者の日変化の傾向はよく一致した。尚、各量の1日成分については、海陸風の東西成分は二酸化硫黄濃度の変化を妨げ、南北成分は二酸化硫黄濃度の変化を助長することがわかった。

1. はじめに

海陸風が、大気汚染物質の輸送に重要な役割を果していることはよく知られている。近年、数値計算技術の進歩に伴い様々なモデルを用いた数値実験が行われ、両者の関係が次第に明らかにされてきた。中でも、岡本他(1976)は、二酸化硫黄(以下 SO_2 と言う)を対象とし実測風を組み込んだ数値実験で、京浜地区における SO_2 濃度分布とその時間変化についての計算値と実測値とがよく一致することを示した。一方、解析的研究をみると、個々の観測点における大気汚染物質と風速の時間変化については、比較的良好な相関が得られているが、両者の地域分布の関係まで考察できるような結果を得たものは少ないように思われる。その理由は、日々異なる気象条件や複雑な地形の影響を受けた海陸風系及びその海陸風の影響を強く受けた大気汚染物質の地域分布の複雑さにあると考えられる。

前報(楠田・阿部, 1982: 以下単に前報と言う)に示したように、筆者等は5年間の夏季1ヶ月(7月15日~8月14日)の気象データを統計処理して、大分市の一般的海陸風を精度よく抽出することができた。従って、前報に示された結果は、解析期間中の日々の気象条件の違いによる影響が、ある程度除かれたものと判断してよか



第1図 大分市の地形図。黒丸は風と SO_2 濃度、白丸は風、四角印は SO_2 濃度の地上観測点を示す。

ろう。本研究では、その一般的海陸風と夏季には発生源が限定される SO_2 ガスとの関係を、特に両者の地域分布に重点を置いて考察する。なお、 SO_2 ガスの発生源と見做される工場は、第1図に示した大野川河口と、大分川と大野川にはさまれた海岸部に集中している。更に、市内の SO_2 濃度分布に影響を与えらるる別の SO_2 ガスの発生源が、大分市から東方約 20 km 離れた佐賀関半島にある。なお、本研究に使用した資料及び解析方法は、新たに SO_2 ガスに関するものが加えられた以外、前報と全く同じである。

2. 解析結果

2.1. SO_2 濃度と海陸風の平均的日変化について

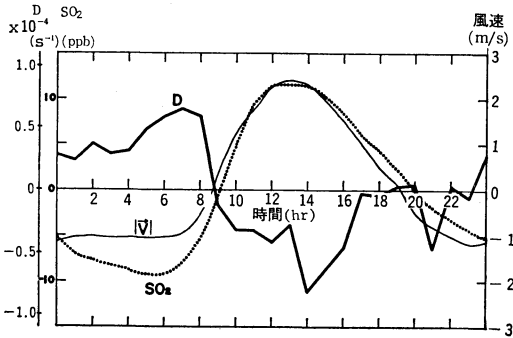
大分市の平均的な SO_2 濃度と海陸風の間をみるた

* The Relation between Land-Sea Breezes and SO_2 Concentration Distributions in Oita City in Summer.

** Nobuo Abe and Makoto Kusuda, 大分工業高等専門学校.

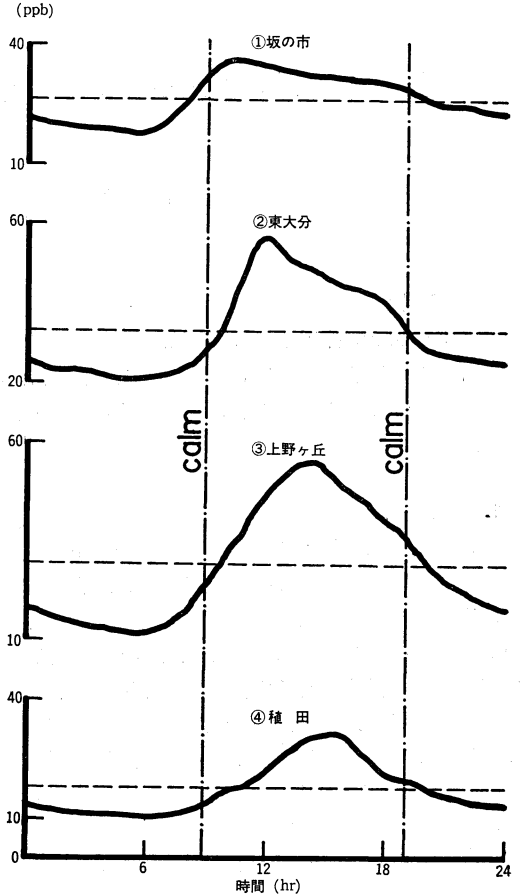
—1980年11月20日受領—

—1981年11月18日受理—



第2図 風速及び水平発散量と SO_2 濃度の偏差値の日変化図。大分市全域での平均値で、太い実線が発散量、細い実線は海風時を正、陸風時を負で示した風速、破線は SO_2 濃度を示す。

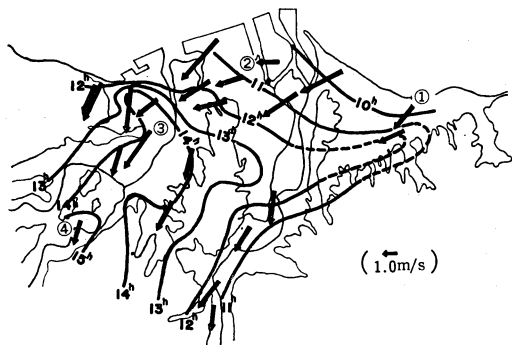
めに、各量を時間毎に市内全域で平均した結果を第2図に示す。 SO_2 濃度と風の水平発散量（以下発散量と言う）は、日平均値（24.2 ppb と $-5.5 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ ）を差し引いた偏差値を示してある。この図から大分市の平均的な SO_2 濃度と風速の日変化の傾向は、ほぼ一致していることがわかる。更に、 SO_2 濃度が増加する時間帯に比べて減少する時間帯が2倍程長いことから、一旦陸上大気に蓄えられた SO_2 ガスは、海風が弱まり陸風に変わっても直には減少しにくい特徴のあることがわかる。なお、 SO_2 濃度と発散量の関係については、濃度の高低と収束・発散とが対応することがわかる程度で、発散量が最大になる時刻の2時間程前から SO_2 濃度が増加し始めるとか、12時以後まだ収束であるときに SO_2 濃度が減少しているといった細かな点で両者の間にずれがみられる。そのようなずれの生じた原因は、両者の地域分布の違いにあると考えられる。後節で示すように SO_2 濃度は、大分川沿岸の高濃度地域を中心としてほぼ同心円状に分布している。一方発散量は、前報に示されたように山地と河川の配置に対応して海岸線にほぼ垂直なパターンで収束と発散が交互に分布する。従って、大分市全域で平均した結果、 SO_2 濃度に関しては、大分川沿岸の高濃度地域の特徴が大きく現われると推察される。発散量に関しては、発散域と収束域とが相殺し合っ、特にどの地域の特徴を示すというものではなく、あくまでも単純な平均値である。従って、第2図に示された平均的な SO_2 濃度と発散量の日変化を細かな点まで比較することに無理があると考えられる。



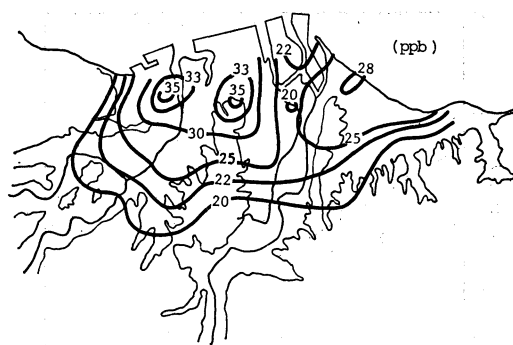
第3図 SO_2 濃度の日変化図。観測点の位置は第4図に示してある。破線は各観測点における SO_2 濃度の日平均値を示す。

2.2. SO_2 濃度変化の地域分布について

第3図は観測点のうちから4点を選んで示した SO_2 濃度の日変化である。 SO_2 濃度が最低になる時刻は、地域による差がほとんどなく6時頃であるが、最大になる時刻にはかなりの地域差がある。第4図は、 SO_2 濃度が最大になる時刻の地域分布である。東部海岸地区の10時が最も早く、最も遅いのが西部内陸部の15時で、その差は5時間にもなる。前報に示したように、大分市の平均的な海風前線が出現する時刻は9時までである。従って、 SO_2 濃度が最大になる時刻と海風前線との間に直接の関係はないと言ってよからう。なお、等時刻線の移動方向及びその線の伸びが、海風の吹き込み方向とほぼ一致していることから判断して、各観測点の SO_2 濃度が最大になる時刻に最も大きな影響を与えるものは、海風の吹



第4図 SO₂濃度が最大になる時刻の等値線と13時の風ベクトルの分布図。矢印は風ベクトルを表わし観測点の位置は矢印の基にある。右下の矢印は風速の単位を表わす。



第5図 SO₂濃度の日平均値の分布図。数字は濃度(ppb)を表わす。

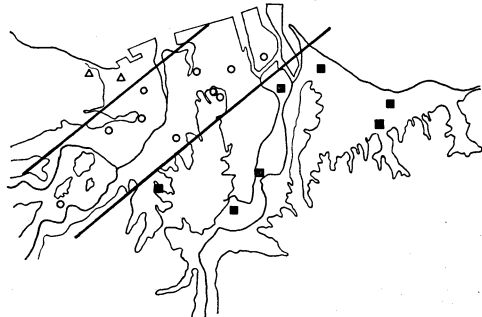
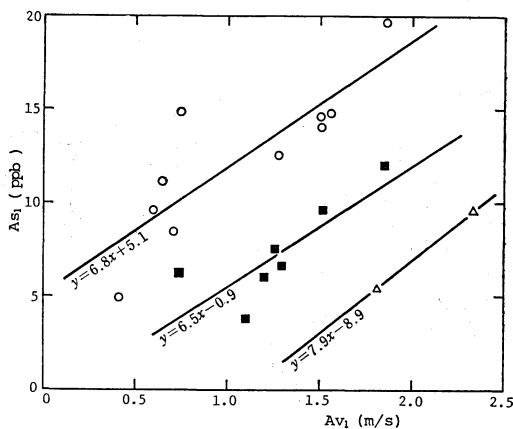
き込む方向とその大きさであると考えられる。

第5図は、SO₂濃度の日平均値の分布図である。SO₂濃度の最高値は、海風風下側に工場から約5km離れた2ヶ所に現われる。第4図の結果と合わせて、この地域に最高濃度が出現する機構を明らかにすることは、大変興味深い問題であるが、本解析からその機構を明らかにすることはできない。ここに示した現象を説明する為には、高い煙突からはき出されたSO₂ガスがどの高度まで達し、海風に運ばれながらどの位の時間を掛けて地上に達するか等の詳細な観測資料を得ることが必要である。

2.3. SO₂濃度と海陸風の1日成分の関係について

SO₂濃度と海陸風の日変化の関係を調べるために、各観測点における資料を調解析して各量の1日成分の相関の有無を検討した。なお、日変化を形成するものとして1日成分の外に高調成分もあるが、日変化の中で1日成分の占める割合が最も大きい。従って、ここでは1日成分のみに注目して解析結果を示すことにする。

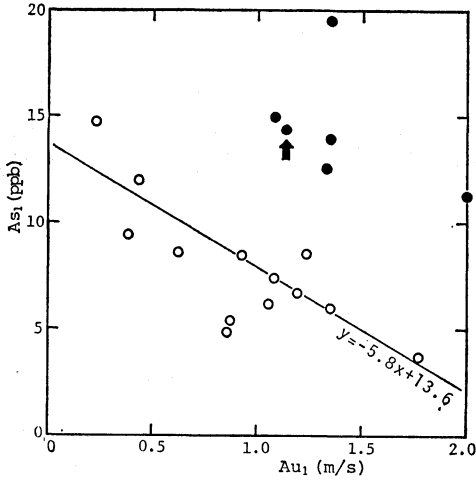
第6図は、SO₂濃度と南風成分の振幅の相関図である。当初、両者の間には全く相関がないように思われた。ところが、ここに示したように相関図上の各点を地図上に対応させ、第4図に示した海風の吹き込み方向にはほぼ一致する2直線で市内を3つのグループに分けた結果、グループ毎にみると両者の間には正の相関のあることがわかった。即ち、地域別に南北風はSO₂濃度の日変化を助長させると言えよう。なお、地図上で接近している観測点のものが相関図上でも接近しているわけではないが、海風の吹き込み方向に沿った2直線で地域を分けると地域毎の相関関係がわかりやすくなる。更にSO₂



第6図 SO₂濃度と南風の1日成分の振幅の相関図。縦軸はSO₂濃度、横軸は南風の振幅で、相関図上の各印と地図上のものとは対応している。

発生源からみて海風風下に当る地域でのSO₂濃度変化の振幅が最も大きいことから判断して、SO₂ガスは2直線にはさまれた幅5km程の帯状地帯を主な通り道として海風に運ばれるものと考えられる。

第7図は、SO₂濃度と東西風の日変化の関係を示した



第7図 SO₂濃度と西風の1日成分の振幅の相関図。書き方は第6図と同じである。

ものである。この場合は、第6図と違い SO₂濃度の日平均値が 30 ppb 以上（ただし矢印で示した地点は 25 ppb 以上）の高濃度地域（黒丸印）とその外側（白丸印）にグループ分けした。その結果、高濃度地域の外側では、両者の間に負の相関があることがわかる。従って、高濃度地域を除けば、東西風は SO₂濃度の変化を妨げていると言える。高濃度地域では、相関図上でのば

らつきが大きく、本解析から両者の相関の有無を検査することができなかった。なお、位相に関しても相関の有無を調べたが、ばらつきが大きく期待したような結果が得られなかった。しかし、SO₂濃度と海陸風の日変化の関係において、両者の位相間に相関が無いとは考え難い。従って、位相について十分な検討を加えるためには、本解析で使用したより更に長期間の資料が必要と考えられる。

3. むすび

大分市の SO₂濃度の日変化及びその分布に、海風の吹き込む方向が最も重要な影響を与えていることが明らかになった。更に、解析対象領域がせまいにもかかわらず、SO₂濃度分布と海陸風及び両者の日変化の関係は複雑で市内をいくつかの地域に分けて検討しなければならない程、局地的な性格をもつということがわかった。その為の本解析結果を一言で述べることは難しいが、ほぼ南北風は SO₂濃度変化を助長し、東西風は抑制する効果があると言える。しかし、高濃度地域における東西風の役割はここで述べたように単純ではなく、南北風の役割とも合わせて本解析で示された現象の発生機構を明らかにする為には、上空まで含めた総合観測が必要であろう。なお SO₂濃度の日平均値の分布（第5図）で、大野川以東が比較的高濃度になる原因についても本解析で解明することができなかった。このことについては、佐賀関半島まで含めた広範囲な地域での解析の必要性が感じられたことを附記する。

終りに、資料を快く提供していただいた大分地方気象台、大分県、大分市そして新日本製鉄株式会社大分製鉄所の方々に対し深く感謝致します。

文 献

岡本真一, 塩沢清茂, 大滝 厚, 1976: 差分近似式による大気汚染モデルの開発と計算例, 天気, 23, 673-684.
 楠田 信, 阿部信男, 1982: 大分市の夏季の海陸風, 天気, 29, 81-86.