

南備讃瀬戸における窒素酸化物濃度について

Nitrogen Oxides Concentration above the South Bisan Seto

藤岡 博文 瀬戸 義久 中野 智
Hirofumi FUJIOKA Yoshihisa SETO Satoru NAKANO

香川県の坂出・丸亀地域は、瀬戸内海の家狭部沿岸に位置しており、同海域の窒素酸化物(以下NO_x)汚染を解明し予測するには、その北部に位置する南備讃瀬戸海域のNO_x濃度の動向を把握することが重要である。今回、同海域でのNO_xに関する調査を実施した。

その結果、南備讃瀬戸海域の局地風系として島しょ部では東西流が卓越し、沿岸部では海陸風が卓越する風の場になっている。また、同海域のNO_x濃度の日変化は、島しょ部で谷間型、沿岸部で双峰型のパターンになる傾向がみられる。このことは、上記の風系と大気安定度が、同海域のNO_x発生源の主と考えられる沿岸部の固定発生源と航行中の船舶等と関連して形成されるものと推測される。

はじめに

香川県の坂出・丸亀地域は南備讃瀬戸に接しており、同海域のNO_x濃度の動向を把握することは、臨海部・内陸部のNO_x汚染を解明し予測するうえで重要である。

今回、同海域における環境測定のを機会を得たのでNO_xについて解析を試みたので報告する。

調査方法

1. 調査地点

調査地点は、図1に示すように坂出市与島(以下島しょ部)と丸亀市競艇場(以下沿岸部)の2地点で実施した。

2. 調査期間及び調査方法

昭和55年9月から昭和56年7月の11ヶ月間実施した。

NO_xはザルツマン法による自動測定機、地上風は風車型微風向風速計を用いた。

結果及び考察

1. NO_x濃度

1) NO_x濃度の経月変化

NO_x濃度の経月変化は図2に示すとおりであり、南備

讃瀬戸では11月と3月～7月に高い傾向がみられる。

また、NO₂濃度は、3月～7月に高原状のピークが共にみられ、濃度も島しょ部が沿岸部より高い傾向にある。

なお、参考資料として図3に、各地のNO_x濃度の経月変化¹⁾の一例を示している。

2) NO_x濃度の日変化

NO_x濃度の11ヶ月平均の日変化には図4に示すとおりであり、24時～5時のNO・NO₂濃度は島しょ部が沿岸部より高い傾向にあり、日中(9時～16時)から夜間(19時～24時)にかけては逆の傾向がみられる。日変化パターンは、沿岸部の場合、NO・NO₂濃度共に9時前後と21時前後にピークがある双峰型を呈しているが、島しょ部の場合、早朝時(1時～6時)と夜間に高原状のピークがある谷間型を呈しており、この傾向はNO₂濃度で顕著にみられる。

次に、各月のNO_x濃度の日変化を図5に、2地点間のNO_x濃度の日変化の相関係数は表1に示すとおりであり、NO濃度は10月・6月・7月に相関係数が0.8を越えているが、NO₂濃度は6月のみ0.900と高い。このように南備讃瀬戸ではNO_x濃度の日変化パターンが島しょ部では異なる月が多く、特にNO₂濃度の場合に顕著であることが推測される。

この日変化パターンの相違は、島しょ部で早朝にNO_x

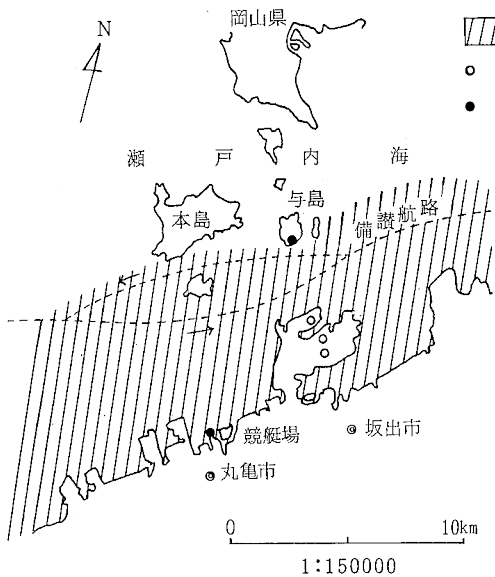


図1 地図

表1 NOx濃度の日変化の相関係数

月	NO	NO ₂	月	NO	NO ₂
55/9	0.285	0.495	3	0.581	0.499
10	0.819	0.430	4	0.187	0.375
11	0.341	0.199	5	0.478	0.416
12	0.578	0.289	6	0.880	0.900
56/1	0.539	0.449	7	0.857	0.602
2	0.349	0.102	平均	0.473	0.371

(n=24)

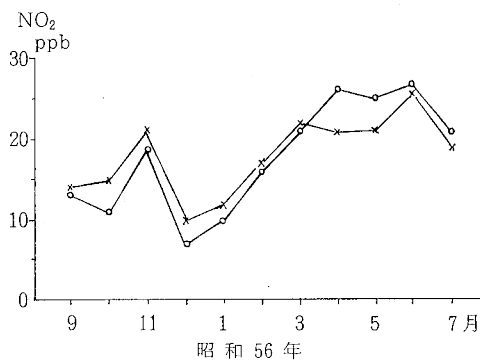
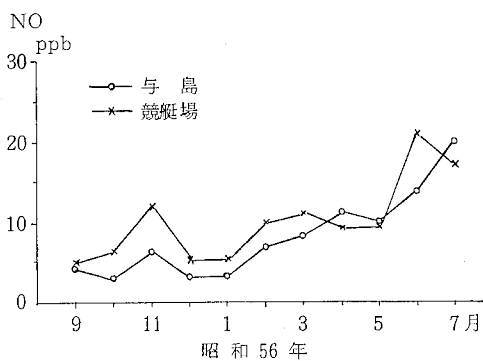


図2 NOx濃度の経月変化

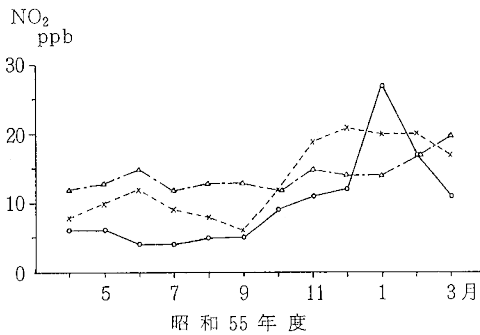
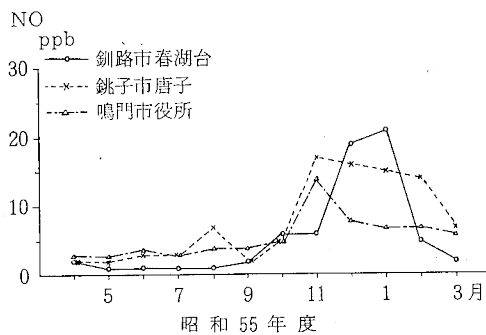


図3 各地のNOx濃度の経月変化

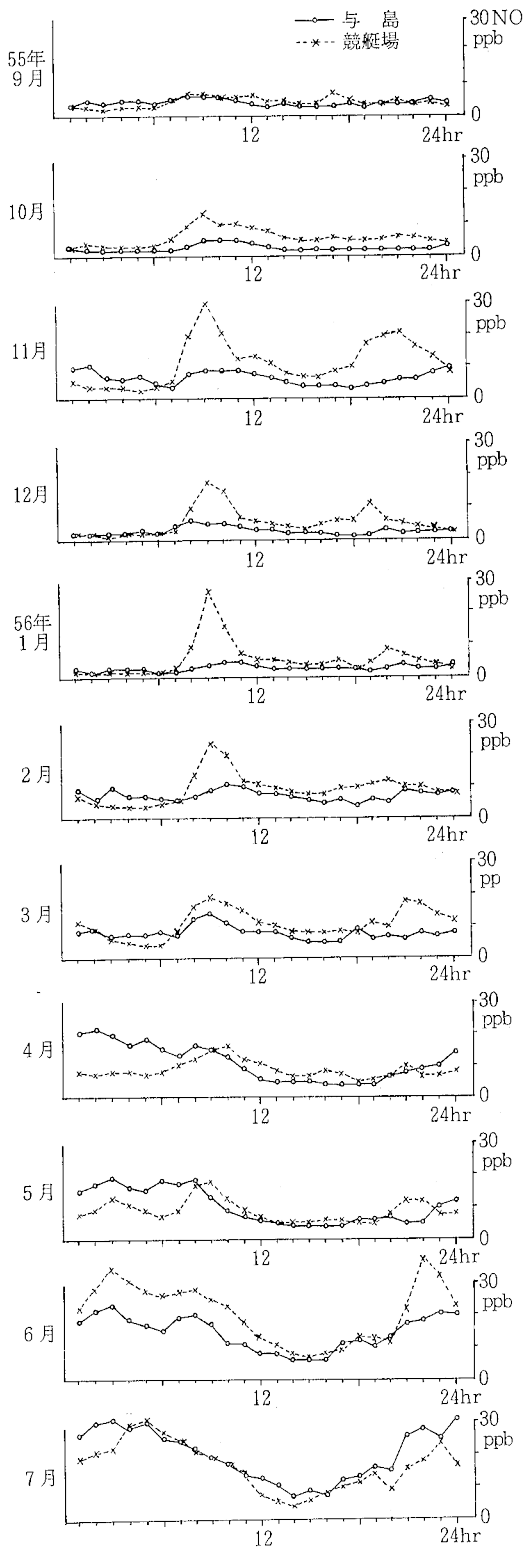


図 5 - 1

月別の NOx 濃度の日変化

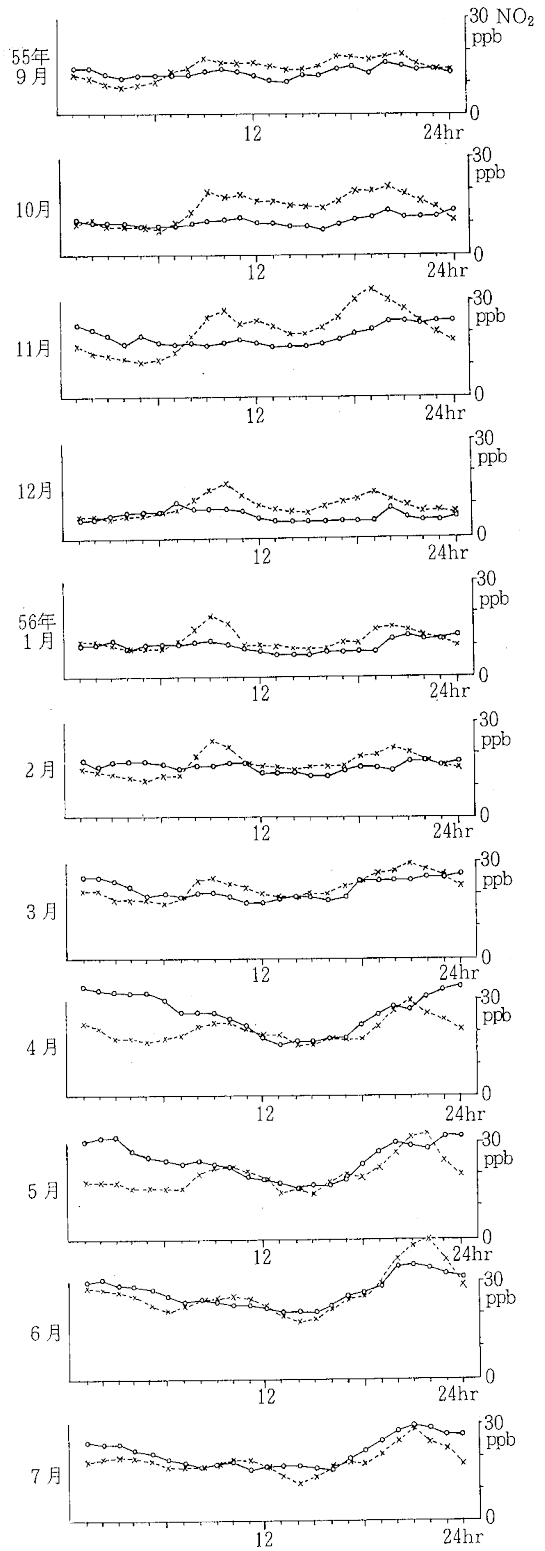


図 5 - 2

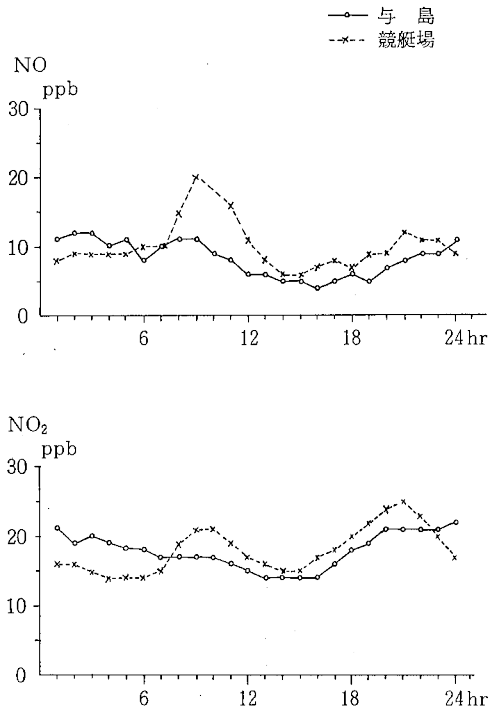


図 4 NOx濃度の日変化 (55. 9 ~ 56. 7)

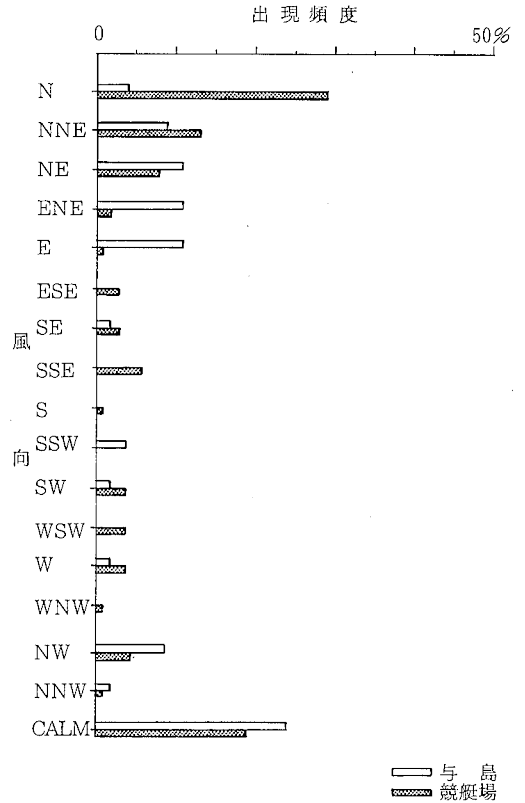


図 7 NO 高濃度の風向別出現頻度

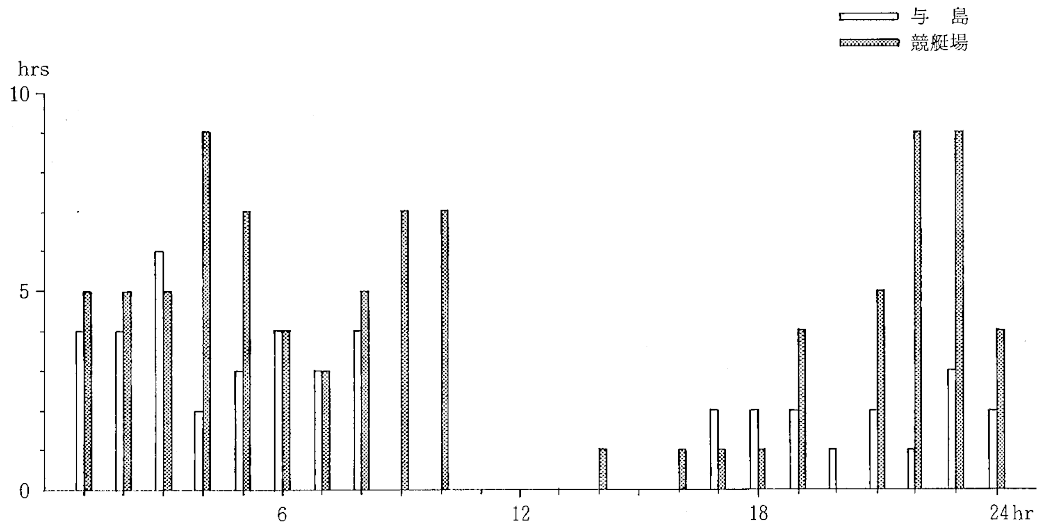


図 6 NO 高濃度の時間別出現頻度 (NO conc. \geq 80ppb)

濃度が高い点にある。その原因としては、発生源が近くにあること、海上部の下層大気が沿岸部より安定な状態になっていることが考えられる。そして、6月ごろには、安定な下層大気が島しょ部から沿岸部と南備讃瀬戸海域に広域的に形成され、早朝に沿岸部のNO_x濃度も高めたと推測される。

この早朝の安定な下層大気は、昭和57年5月下旬に同海域で実施した低層ゾンデによる安定度調査でも、ある程度、その存在を確認している。

なお、夜間から早朝に島しょ部でNO₂濃度が高い事例は、水野²⁾らの報告にもみられる。

3) NO高濃度出現 (NO_x ≧ 80ppb)

NO高濃度の時間別出現頻度を図6に、NO高濃度の風向別出現頻度を図7に、NO高濃度のパターン別出現頻度を表2に示す。

表2 NO高濃度のパターン別出現頻度

パターン別		与 島		競 艇 場	
		時 間	頻 度	時 間	頻 度
2 地 点	同時刻に高濃度が出現した場合	hrs 8	% 18	hrs 8	% 9
	1時間のタイムラグを呈して高濃度が出現した場合	hrs 5	% 11	hrs 6	% 7
1 地 点	高濃度が出現した場合	hrs 32	% 71	hrs 78	% 85
合 計		45 hrs		92 hrs	

NO高濃度の時間別出現頻度は、夜間から早朝に南備讃瀬戸では多くなっている。そして、沿岸部では海風の吹きはじめから1～2時間後(9時～10時)までNOの高濃度出現の頻度が高いが、島しょ部では、この傾向はみられない。このことは、その出現の月から考え合せると、南備讃瀬戸海域が初夏の早朝時にNO_xの蓄積の場になり、海風等が吹きはじめると、その場が解消され、そのNO_xの一部が海風により輸送されるものと推測され、今後、この点を更に検討していきたい。

NO高濃度の風向別出現頻度より、高濃度の風系は島しょ部でNNE～Eで約40%、カームで約25%を占めている。沿岸部では、N～NEで約50%、カームで約20%を占めている。これらの風系より、同海域は、船舶によるNO_x汚染の寄与を受けていると考えられる。

NO高濃度のパターン別出現頻度より、高濃度の出現は沿岸部が島しょ部の約2倍になっており、発生源からの影響をより多く沿岸部が受けていることがわかる。

また、パターン別では、島しょ部が高くなる場合には、同海域全般にNO濃度が高くなる傾向が大きくなっている。

2. NO/NO_x比 (以下NO/NO_x)

1) NO/NO_xの経月変化

NO/NO_xの経月変化は図8に示すとおりであり、10月、11月を除くと島しょ部と沿岸部は共に似た変動をしている。12月～5月は、両地点とも変動が小さく0.3前後を呈しているが、7月にはNO/NO_x比が両地点共に0.4を越え、近くの発生源の影響を大きく受けた結果となっている。また、NO/NO_xは沿岸部が島しょ部より少し大きい傾向になっている。

2) NO/NO_xの日変化

NO/NO_xの日変化は図9に示すとおりであり、23時～6時は両地点共にNO/NO_xはほぼ0.3前後で変動は小さい。また、NO/NO_xの最大は共に9時に出現しているが、沿岸部の方が島しょ部よりピークが鋭くなっている。日中から夜間にかけては、NO/NO_xは沿岸部が0.05前後、島しょ部より大きくなっている。

次に、各月のNO/NO_xの日変化を図10に示す。

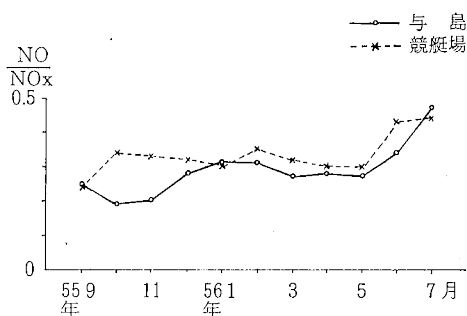


図8 NO/NO_xの経月変化

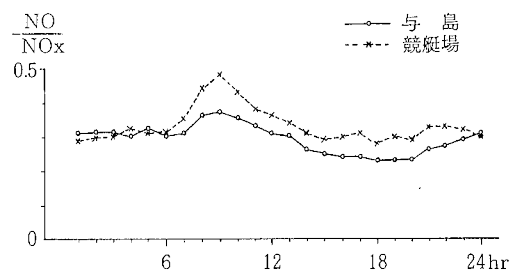


図9 NO/NO_xの日変化(55.9～56.7)

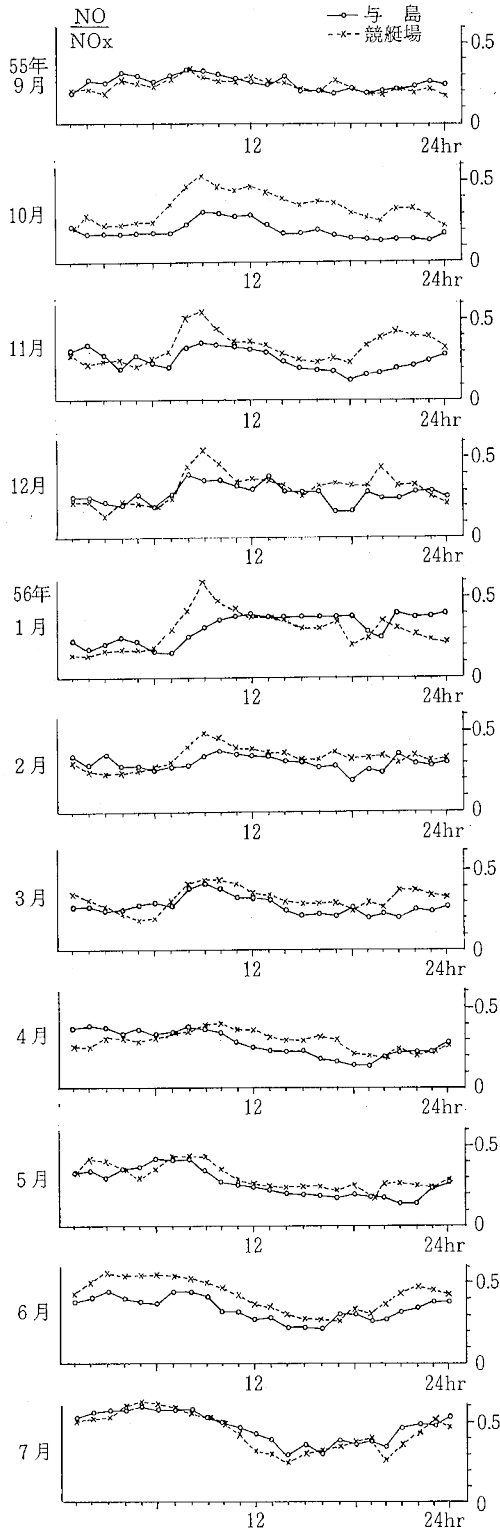


図10 月別のNO/NOxの日変化

沿岸部で10月から3月にかけて9時前後に出現していたピークは、6月・7月には消失している。一方、島しょ部でも9月から3月にかけては、早朝時のNO/NOx比は日中よりも小さくなっており、NO・NO₂濃度は早朝時に高く日中に低い傾向を示している。

しかし、6月・7月では沿岸部と共に島しょ部もNO/NOx比は大きくなっており、NO・NO₂濃度の日変化パターンと似た傾向を示している。このことは、前述した様に6月～7月の早朝時には南備讃瀬戸の大気が強く安定な状態になっていたと考えられ、発生源から排出されたNOxは、十分に拡散されず、また、十分に酸化されずにNOのまま滞留していたものと推測される。

3. 地上風・海上風（与島の地上風）

1) 地上風・海上風の風速の経月変化

風速の経月変化を図11に示す。南備讃瀬戸の場合、全般に島しょ部の風が沿岸部の風と比較して風速が小さくなっている。風速とNOx濃度の関係では、風速の弱い11月と3月～7月にかけてNOx濃度も高くなっており、逆の変動をしている。

2) 地上風・海上風の風速の日変化

月別の風速の日変化は図13に示すとおりであり、全般に沿岸部が島しょ部より風速が大きいことがわかる。また、沿岸部は季節風の強い12月・1月は風速の日変化が小さいが、海風が顕著にみられる3月～7月には日中に風速が強くなっている。

一方、島しょ部の風速は全般に沿岸部の風速と似た変動をしているが、日中の風速は沿岸部ほど強くない。

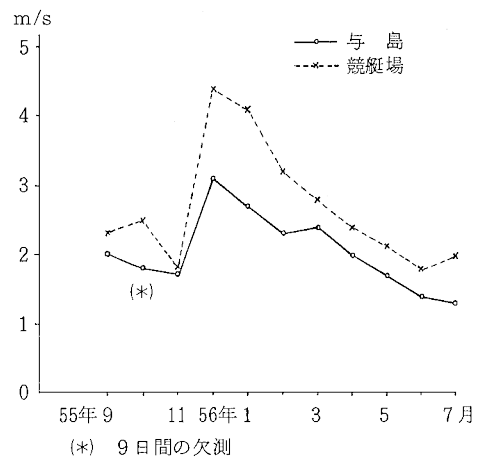


図11 風速の経月変化

3) 地上風・海上風の風向

11ヶ月の風配図を図12に示す。沿岸部ではNが10%、SSWが約15%と海陸風らしき風向と、偏西風らしきWNWが約15%の出現になっている。これは臨海部の他の代表的な測定局の風と似た傾向になっている。一方、島しょ部ではENE, WNWを中心とする瀬戸内海の内海部の地形の影響を受けた風が卓越しており、沿岸部と違ったものになっている。これらのことから、南備讃瀬戸海域では上記の異なる2つの風系が重なり合った風系を呈していることが推測される。この点については53年～54年に実施した調査のテトルーンの航跡結果の一部³⁾とも一致している。

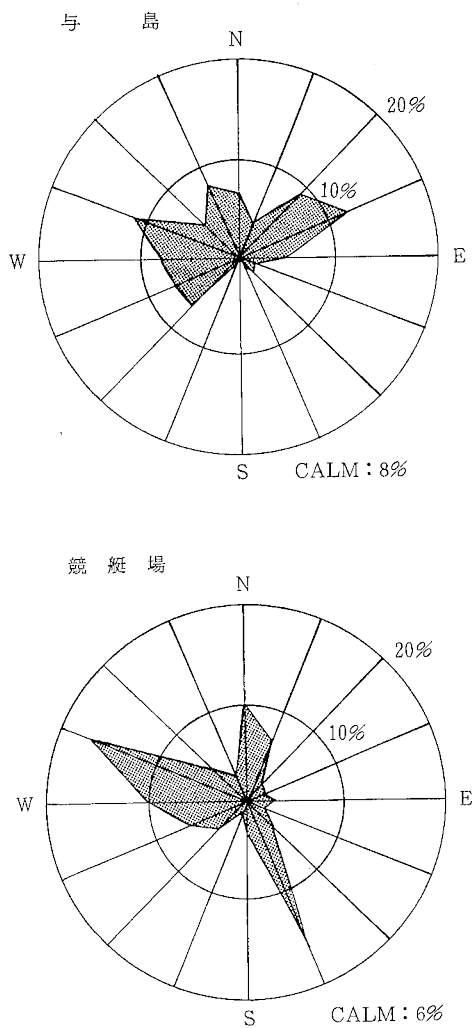


図12 11ヶ月の風配図

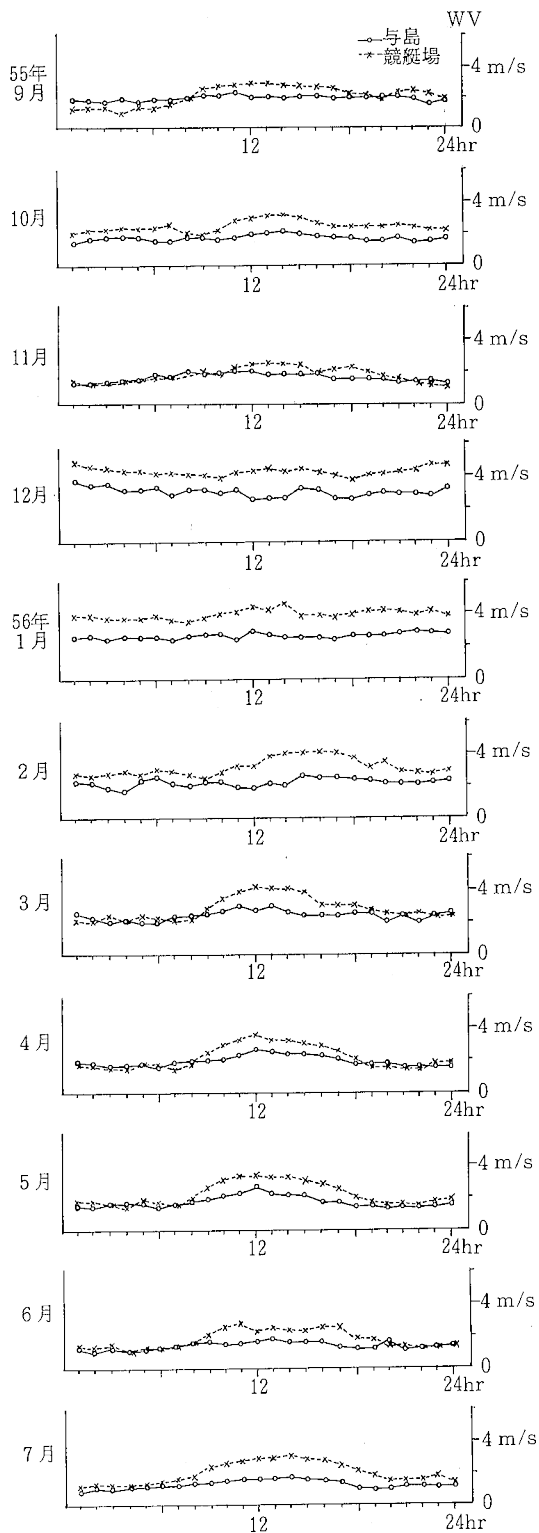


図13 月別の風速の日変化

4. 発 生 源

南備讃瀬戸海域のNO_x汚染を考えた場合、その発生源として瀬戸内規模では東に阪神工業地帯があり、北部に水島工業地帯が立地しているが、同海域のNO_x汚染にはこれらがベース的に寄与していると考えられる。

1) 船 船

南備讃瀬戸航路では、海上保安庁与島監視所付近で日中に四百数十隻の船舶の航行が確認されている。また、10万トン以上の大型船舶は日中のみ航行し、夜間には航行が禁止されている。夜間の船舶航行数は日中の半分程度と推測され、一万トン前後の大型フェリーも10便前後航行していることが時刻表でも確認され、これら船舶が同海域の一つの発生源として存在している。

2) 大規模固定発生源

坂出市沿岸部には、火力発電所・コークス工場・石油精製工場等が立地しており、これらも南備讃瀬戸海域の一つのNO_x発生源として存在している。香川県の高松・中讃地域(4市5町)における固定発生源のNO_x排出量は1978年当時で525Nm³/h 排出され⁴⁾、坂出市沿岸部の大規模固定発生源では、この半分以上を排出しているものと推測される。

以上、南備讃瀬戸の主なNO_x発生源を記述してきたが、その他、測定地点の近くの中・小規模固定発生源と移動発生源の自動車による環境のNO_x濃度への寄与も考えられる。

ま と め

南備讃瀬戸海域のNO_x汚染は、発生源の点でも船舶による寄与が考えられ、気象でも海洋気象の影響を受け、

地形も海峡部に位置する等、特有のNO_x汚染の形態を呈している。

今回、調査により次の知見が得られた。

- (1) 南備讃瀬戸の島しょ部と沿岸部でのNO_xの経月変化は同じパターンになっている。
- (2) NO_xの日変化のパターンは、島しょ部で谷間型、沿岸部で双峰型の傾向にある。そして、沿岸部のNO_xの日変化は島しょ部の日変化に比較して季節変動が大きい。
- (3) NO / NO_x は沿岸部の方が島しょ部より少し大きい。
- (4) NO / NO_x の日変化パターンは、島しょ部・沿岸部共にNO_x濃度の日変化パターンと異っている。
- (5) 地上風の風向は、島しょ部では東西流が卓越した風配図を呈しているが、沿岸部では偏西風と海陸風と考えられる風がみられ、南備讃瀬戸ではこの異なる風系が合流している。
- (6) 南備讃瀬戸のNO_x汚染の発生源としては、沿岸部の工場以外に航行船舶も考えられる。

文 献

- 1) 環境庁：昭和55年度一般環境大気測定局測定結果報告,, 1238.
- 2) 水野建樹・横山長之・小林恵三：第23回大気汚染学会講演要旨集,, 158 (1982)
- 3) 藤岡博文・三好健治・山本 務・中林正一・串田光祥・岩崎ふみ代・納田徹也・美澤 誠：香川県公害研究センター所報, 4,, 81 (1979)
- 4) 香川県：香川地域公害防止計画,, 48 (1981)