

論文

## 伊豆諸島における窒素酸化物調査結果

宇田川 満 早 福 正 孝 伊 藤 政 志

### 要 旨

生活環境場のバックグラウンドとしての大気汚染について、離島を選定して、人口変動がみられる夏から秋にかけて窒素酸化物を中心に調査を行った。

その結果、人口増加による窒素酸化物の濃度の上昇は認められるが、人口数と窒素酸化物濃度との定量的な関係は得られなかった。しかし、生活の活性度を単的に表すゴミの排出量と窒素酸化物濃度との間には高い相関があることが確認された。このことから、ある地域における生活環境場から排出される窒素酸化物による環境大気中の窒素酸化物の濃度は一つの要素としてのゴミの排出量によってある程度推定できることが判明した。

### 1 はじめに

快適かつ文化的な生活を営むためには、かなりのエネルギーが必要となる。このエネルギーを得るために生じてくる大気汚染物質によって、どの程度生活環境場が汚染されるかを把握することは、生活環境をより良くするための基礎資料となるだけでなく、大気汚染の環境基準を達成するための都市におけるバックグラウンド濃度の評価等の基礎資料ともなりうる。そこで、大規模な工場、事業所及び交通網の影響を受けない離島において、特に観光客によって人口の変動がみられる夏から秋にかけて、窒素酸化物を対象として調査を行ったので報告する。

### 2 調査対象場所の概要

#### (1) 神 津 島 (1987年8月～10月)

神津島は東京から約180km南南西、伊豆半島の下田から南南東約43kmに位置している。島の面積は18.6km<sup>2</sup>、島の周囲は22kmである。人口は約2,400人で神津島港周辺に集中している。自動車保有台数は4輪車は約1,000台で、軽自動車約半数を占めている。観光客の動向は7、8月に集中し、特に8月には島の人口の3倍の観光客が訪れ、人口が1万人にも達する。

主な第1、2次産業は農業、漁業、建設業である。また、認可出力3,160kWの発電所を有している。

島の概略図と測定場所を図1に示す。

#### (2) 八 丈 島 (1988年7月～10月)

八丈島は、東京から約300km南に位置しており、島の面積は約66km<sup>2</sup>、島の周囲は約59kmで、伊豆7島のうち大島について大きい島である。図2に見られるように、八丈島富士、三原山の2つの火山があり、その合間の平野部を中心として町が形成されている。島全体の人口は約1万人である、中心部の三根、大賀郷の人口は約7,500人である。自動車の保有台数は四輪車は約5,000台あり、そのうち軽自動車約1,800台、二輪車は約1,800台である。観光客の動向は7、8月に多く5,000人程度の人口増加がみられる。主な第1、2次産業は農業、漁業、建設業であり、製造業としては酒造、機織物などである。また、認可出力9,200kWの発電所が町の比較的中心部にあり。

島の概略図と測定場所を図2に示す。

#### (3) 大 島 (1989年7月～10月)

大島は東京から約120km南に位置しており、島の面積は約91km<sup>2</sup>、島の周囲約52kmで、伊豆七島では一番大きい島である。島全体の人口は約1万人であるが、五つの村落があり、その中心は元町で、人口は3,400人である。自動車の保有台数は四輪車は約5,500台であり、そのうち軽自動車約3,300台、二輪車は約5,500台である。観光

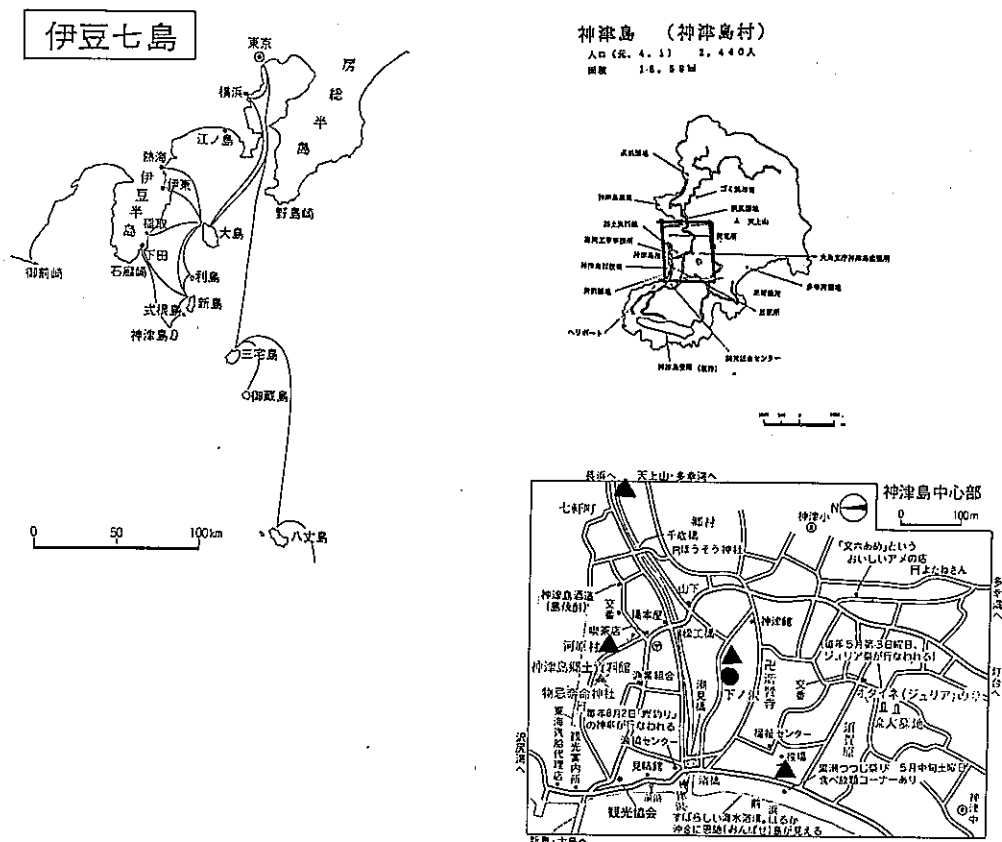


図1 概略図 (神津島)

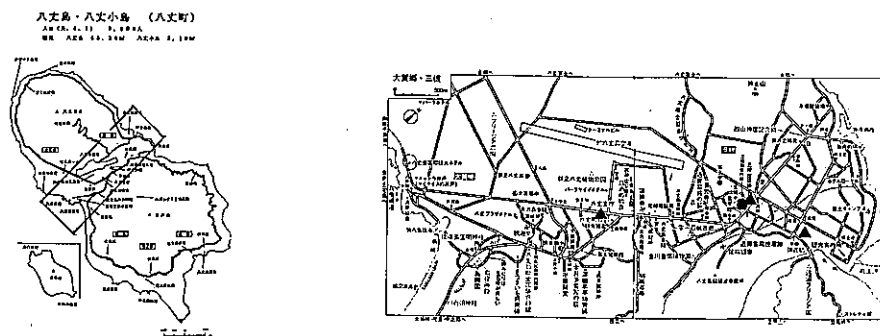


図2 概略図 (八丈島)

客の動向は季節によって変化があるが、年間を通して月に3万人程度の人が訪れていおり、特に8月に多く5万人程度の観光客があり、宿泊施設の収容能力からみて、他の島と同様に5,000人以上の人口増加があるものと思われる。

主な第1, 2次産業は農業、漁業、建設業で、その他に土産品製造業、水産加工業などがある。認可出力9,600 kWの発電所が市街地に比較的隣接した所にある。島の概略図と測定場所を図3に示す。

3 測定項目

- 窒素酸化物 窒素酸化物計(化学発光法) 1箇所
- 二酸化窒素簡易サンプラー 4箇所
- 風向, 風速 神津島 村役場のデータを使用
- 八丈島, 大島 アメダスのデータを使用

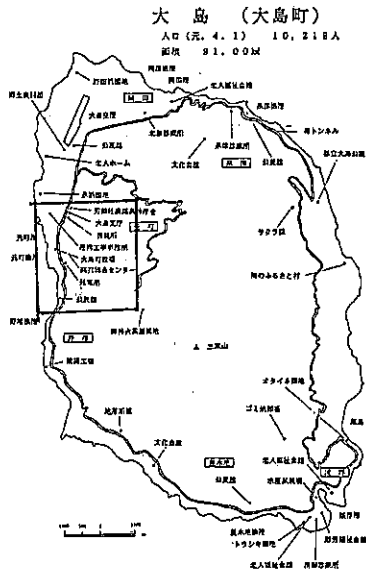


図3 概略図(大島)

交通量 主要箇所 2箇所

4 結果と考察

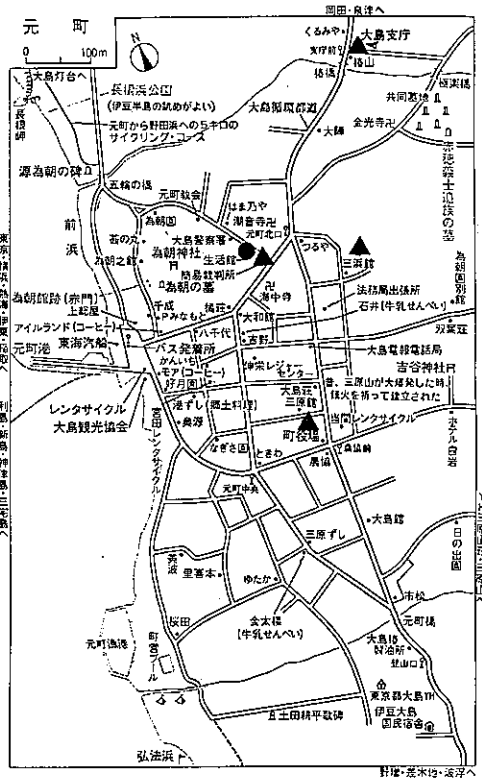
各島での窒素酸化物の汚染濃度は、いずれの島とも低いが、その汚染傾向を人口の増減の影響をみるため、月別に解析を行った。以下にその結果を示す。

(1) 汚染の状況

1) 神津島

神津島での測定場所は主風向を考慮して、村の中心からやや北東に寄った消防団小屋に窒素酸化物計を設置して連続測定を行った。又、二酸化窒素(以下、NO<sub>2</sub>と記す。)簡易サンプラーは図1に示す消防団小屋、郷土資料館、村役場及び出張所に設置した。

測定期間の風向、風速の傾向をみると、図4に示されているように、8月は西の風が卓越しており、また風速



の弱い(1m/s以下)時間の占める割合は20%に達していた。9月,10月では風向は北東が卓越している。

主な発生源は,測定場所から北方向約2kmにゴミ焼却場(処理能力10t/日),北西方向約1kmに火力発電所があり,また,西方向800mに港がある。主な道路網は図1のとおりである。それ以外の道路は道幅が狭く,坂道となっており,交通量も少ない。自動車の走行台数調査の結果では,10時前後の活動時間帯について8月と他の月と比較すると,8月では港付近の自動車走行台数は350台/H,バイクは330台,同様に町役場付近では各々180台であり,他の月の2倍以上となっている。

—酸化窒素(以下,「NO」と記す。),NOの月平均値の比較では,表1に示すように,いずれの月とも3PPb以下の濃度であり著しく低い,NO<sub>2</sub>については8月との差はみられないが,NOでは8月が他の月より3,4倍高くなっている。地点差をNO<sub>2</sub>簡易サンプラーの測定結果からみると,表2に示すとおり,村外れの支所の値が低くなっている。

以上,月平均濃度から,特徴として挙げられるのは,NO/NO<sub>2</sub>比率が異なっている点であり,なんらかの人口増加の影響が考えられるようである。

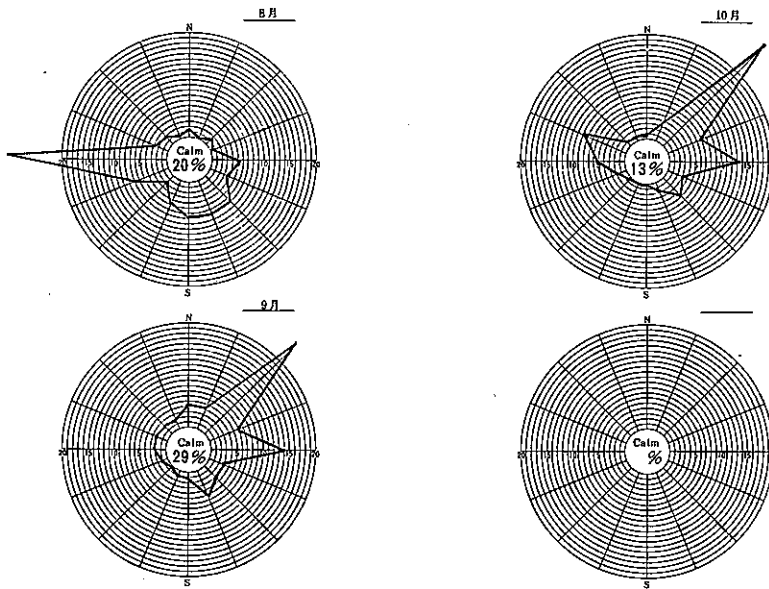
そこで,風向,風速別に汚染濃度の傾向をみたものが表3であり,いずれの月も北成分の風でNO,NO<sub>2</sub>とも

表1 月別窒素酸化物濃(神津島)

月	項目	PPb		
		平均値	1時間最高値	日平均最高値
8月	NO	2.4	30	9.5
	NO <sub>2</sub>	2.3	18	4.9
9月	NO	0.6	6	1.6
	NO <sub>2</sub>	3.0	25	9.9
10月	NO	0.9	10	2.1
	NO <sub>2</sub>	3.3	77	8.0

表2 二酸化窒素簡易測定結果(神津島)

場所	PPb				
	8/13~ 24	8/24~ 9/8	9/8~ 22	10/6~ 20	10/20~ 11/20
消防団	3	2	2	3	4
村役場	1	1	3	2	3
支庁	1	1	1	6	2
郷土資料館	2	4	2	-	3



※ 図中の頻度は観測総回数に対するもので表す。

図4 風配図(神津島)

濃度が高くなっている。この傾向を明確にするため、北成分と南成分に分け、平均濃度を月別に比較したのが表4である。

NOについては、8月と他の月とでは明らかに傾向が異なっている。そこで、図5に示すような風向、風速別平均濃度分布図をみると、ゴミ焼却場、発電所の影響が

表3 風向別窒素酸化物濃度

PPb

風向	場所	神津島			八丈島				大島			
	月	8	9	10	7	8	9	10	7	8	9	10
NME	NO	4.0	0.3	0.8	0.6	2.6	3.0	0.7	11.6	11.6	10.5	4.8
	NO <sub>2</sub>	8.0	4.8	4.9	3.5	3.0	1.0	3.4	17.3	15.9	6.1	13.1
NE	NO	3.3	0.4	0.8	0.8	3.8	2.5	0.5	11.3	14.0	6.1	4.9
	NO <sub>2</sub>	3.0	4.7	5.3	1.5	4.3	0.6	2.6	13.1	15.7	11.9	3.4
ENE	NO	0.7	0.2	1.0	0.7	2.3	1.9	0.6	12.3	11.8	6.5	4.2
	NO <sub>2</sub>	2.3	2.1	5.0	2.0	2.9	1.3	2.9	9.7	15.5	14.1	11.1
E	NO	1.5	0.4	0.6	1.3	2.6	1.9	0.5	7.8	13.3	6.5	4.6
	NO <sub>2</sub>	1.5	1.4	1.6	0.8	2.6	2.4	4.7	7.5	13.2	11.4	9.2
ESE	NO	1.3	0.8	0.6	1.7	2.3	1.3	1.2	12.9	14.4	5.6	3.6
	NO <sub>2</sub>	1.0	1.2	2.1	1.4	2.3	2.5	5.6	10.8	12.4	6.7	4.3
SE	NO	1.7	0.5	0.3	1.3	2.5	2.4	0.8	6.3	13.0	7.6	2.8
	NO <sub>2</sub>	1.8	0.5	2.0	1.8	2.7	1.6	4.0	7.4	9.5	9.8	6.3
SSE	NO	1.2	0.6	0.2	0.8	1.7	1.6	0.9	5.7	15.8	11.0	6.5
	NO <sub>2</sub>	0.8	0.3	1.5	1.9	2.8	1.6	2.9	9.0	4.8	7.8	13.8
S	NO	1.3	0.5	0	1.5	2.2	4.2	1.0	7.4	11.3	27.8	6.3
	NO <sub>2</sub>	0.8	0.2	2.3	3.2	2.1	0.8	4.8	15.5	9.3	9.2	12.3
SSW	NO	1.1	1.6	0	1.2	1.8	1.2	0.4	8.7	13.7	14.1	3.2
	NO <sub>2</sub>	0.9	0.1	3.7	1.6	1.2	0.6	2.1	15.6	15.5	10.2	9.4
SW	NO	1.1	0	-	19.9	5.8	5.2	6.9	11.0	11.8	10.2	3.2
	NO <sub>2</sub>	1.1	0	-	7.0	3.4	2.0	8.6	17.8	12.8	7.3	8.0
WSW	NO	2.5	0.9	1.3	17.1	11.6	8.7	11.5	15.9	8.7	14.7	5.4
	NO <sub>2</sub>	1.8	0.8	0.8	10.2	6.5	14.3	16.9	19.5	17.4	10.3	12.6
W	NO	2.5	0.8	1.1	11.0	14.0	7.8	2.1	11.0	10.4	4.0	-
	NO <sub>2</sub>	2.4	2.2	2.9	4.7	7.5	4.3	3.9	16.3	15.6	7.0	-
WNW	NO	3.9	0.2	1.1	1.4	2.7	2.8	0.8	10.3	12.5	5.0	-
	NO <sub>2</sub>	3.6	3.4	3.8	1.7	2.8	2.9	2.8	19.3	9.5	6.2	-
NW	NO	2.2	0	2.6	1.1	5.5	1.5	1.0	14.0	5.8	7.0	-
	NO <sub>2</sub>	4.9	3.5	2.6	1.5	4.2	3.0	9.0	17.2	11.2	6.7	-
NNW	NO	10.8	0.8	3.0	1.0	2.5	6.4	1.4	7.5	12.0	1.0	4.0
	NO <sub>2</sub>	8.5	6.6	5.0	0	4.0	6.8	10.6	10.3	9.3	5.5	3.0
N	NO	14.9	0.1	1.8	-	2.2	4.0	0.4	5.5	11.5	6.6	25.0
	NO <sub>2</sub>	10.4	4.5	7.4	-	2.2	1.7	8.6	24.0	6.0	7.1	25.5
C	NO	2.8	1.0	1.1	2.5	3.1	1.2	2.8	13.6	8.8	12.1	3.0
	NO <sub>2</sub>	3.5	3.3	4.0	4.0	6.3	1.0	8.8	13.7	10.3	7.8	18.7

現れている。他の月では、同じ風向でやや濃度が高くなる程度でこのような傾向はみられないことから、主たる原因として、人口増加によるゴミ焼却場、発電所の運転負荷の増大が考えられる。全風向で若干濃度が高くなる原因は自動車走行台数の増加によるものと思われる。

表4 風向別窒素酸化物濃度(神津島)

		PPb		
月	項目	8月	9月	10月
ENE WNW	NO	5.4	0.4	0.9
	NO <sub>2</sub>	5.2	4.3	5.0
E	NO	1.5	0.4	0.6
	NO <sub>2</sub>	1.5	1.4	1.6
ESE WSW	NO	1.6	0.7	0.8
	NO <sub>2</sub>	1.2	0.5	1.4
W	NO	2.5	0.8	1.1
	NO <sub>2</sub>	2.4	2.2	2.9
C	NO	2.8	1.0	1.1
	NO <sub>2</sub>	3.5	3.3	4.0

NO濃度は自動車走行台数の増加と同様に2~3倍となるが、濃度になると、わずか1PPb程度の増加にすぎない。

NO<sub>2</sub>については、各風向とも月別の差はみられないが、先に記述したように8月と他の月と主風向が全く異なっていることから、汚染原因も異なっていることが予想される。NOと同様に風向風速別平均濃度分布図をみると、9、10月のNEの風のNO<sub>2</sub>濃度は10m/sの風速でも5PPb以上となることから、かなり遠方の汚染気塊の影響を示唆するものである。方向からみて東京湾臨海工業地域の影響とも考えられる。

以上の結果から、面積から考えてNOからNO<sub>2</sub>への変換率も低く、NO<sub>2</sub>の人口増加の影響はNOほど現れてこないものと推定される。

総合的にみて、面積が小さく人口が1箇所に集中し、自動車の使用頻度も少ない場合は、火力発電所、ゴミ焼却所などの施設が村の中に存在していても、窒素酸化物の汚染は数PPb程度のものであることが判明した。

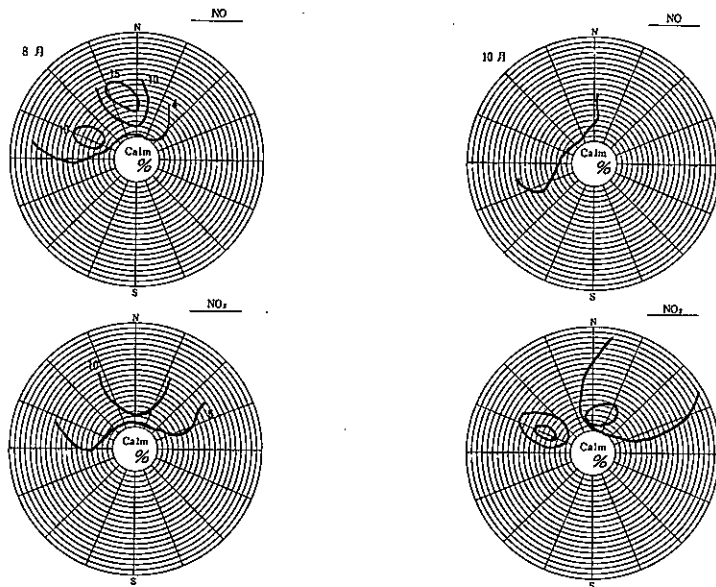


図5 風向風速別平均濃度マップ(神津島)

2) 八丈島

測定場所は、民家の密集している三根の三根小学校に窒素酸化物計を設置した。NO<sub>2</sub>簡易サンプラーは三根小、町役場及び町中の民家に設置した。主な発生源は測定場所から約1.8km南西方向に火力発電所、西南西約1.5kmの所に飛行場がある。

測定期間中の風向、風速は図6に示すように、いずれの月とも地形の影響を受け、北東及び南西の風が卓越している。

自動車走行台数調査の結果は、町役場周辺、港周辺とも四輪車が主体で7、8月の観光シーズンで500~600台/Hでオフシーズンでは平均450台程度であり、2割程度の変動である。

NO、NO<sub>2</sub>の月平均値の観光シーズンとオフシーズンとの比較では、表5に示すようにNO<sub>2</sub>に関しては差はみられないが、NOについてはかなり異なっている。

観光客によると人口増加の影響が現れていることが考えられる。

簡易測定の結果(表6参照)は季節によって異なった結果が得られている。

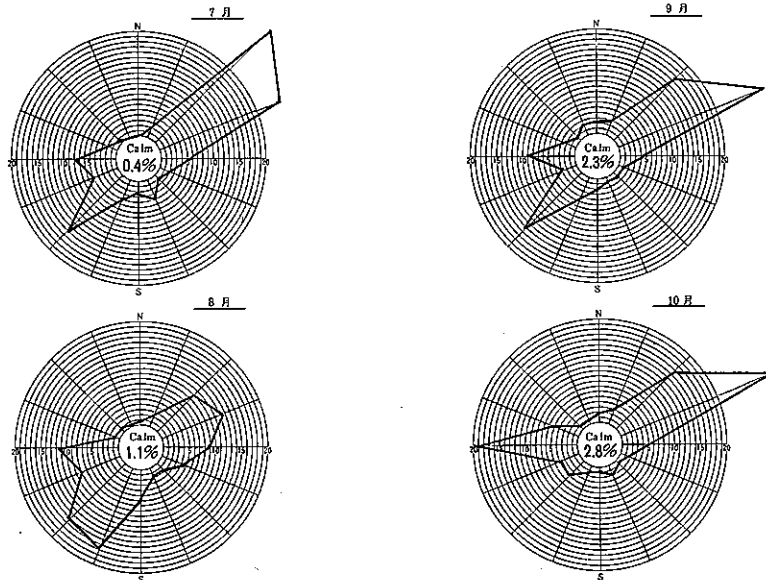
風向、風速別の平均濃度をみみると、表3のとおり

表5 月別窒素酸化物濃(八丈島)

月	項目	PPb		
		平均値	1時間最高値	日平均最高値
7月	NO	5.0	135	35.0
	NO <sub>2</sub>	3.1	39	17.6
8月	NO	5.0	302	21.7
	NO <sub>2</sub>	3.6	123	18.5
9月	NO	3.4	50	9.4
	NO <sub>2</sub>	2.1	45	8.9
10月	NO	1.5	34	11.7
	NO <sub>2</sub>	4.2	30	14.4

表6 二酸化窒素簡易測定結果(八丈島)

場所	PPb				
	7/13~5	7/27~8/9	8/18~31	9/1~20	10/13~10/15
三根小	5	1	5	2	3
町役場	2	5	3	8	6
ささお荘	6	2	4	4	6



※ 図中の角度は破断総回数に対する率で表す。

図6 風配図(八丈島)

卓越風である南西、西南西、西の風でNO、NO<sub>2</sub>とも濃度は高く、オフシーズンでも濃度は変っていない。その他の風向ではNO、NO<sub>2</sub>とも濃度は著しく低い。

この現象を解析するために神津島と同様に風向、風速別平均濃度分布図を描くと、図7にみられるようにはっきりとした特徴が現れる。南西成分での汚染はNO、NO<sub>2</sub>とも、町の中心部の方向にあたる西南西～南西の風で高濃度となる。風速が3～5 m/sで高濃度となることから、測定場所周辺の道路影響より火力発電所の影響が強く現れている。

総合的にみると、伊豆七島の最南端に位置し、島以外の発生源の影響をほとんど受けない。火力発電所、ゴミ焼却所、飛行場、更に6,000台の自動車を保有している生活環境場ではNOは5 PPb、NO<sub>2</sub>で4 PPbである。観光シーズンの人口増加の影響は、島の面積が広く分散されるためか神津島ほど顕著ではない。ここで注意すべきことは、平均値としては問題ないが、回数としては少ないが気象条件如何では、火力発電所と市街地の影響で、1時間値でNOで300PPb、NO<sub>2</sub>でも120PPbの高濃度が出現する。

### 3) 大 島

測定場所は、町の中心部から、やや北に寄った港から約500m東の図書館である。簡易サンプラーの設置場所は図3に示された場所とした。

近傍の主な発生源は約1 km南に火力発電所がある。交通量調査結果では、7、8、9月とも港付近で600台/H程度であり、10月では半数以下に減少している。

NO、NO<sub>2</sub>の月平均値は表7に示すように観光シーズ

表7 月別窒素酸化物濃 (大島)

月	項目	PPb		
		平均値	1時間最高値	日平均最高値
7月	NO	9.2	48	17.9
	NO <sub>2</sub>	12.8	47	26.3
8月	NO	12.8	117	28.7
	NO <sub>2</sub>	14.2	78	29.8
9月	NO	10.7	122	26.1
	NO <sub>2</sub>	9.6	66	24.4
10月	NO	4.5	51	8.7
	NO <sub>2</sub>	9.2	40	25.7

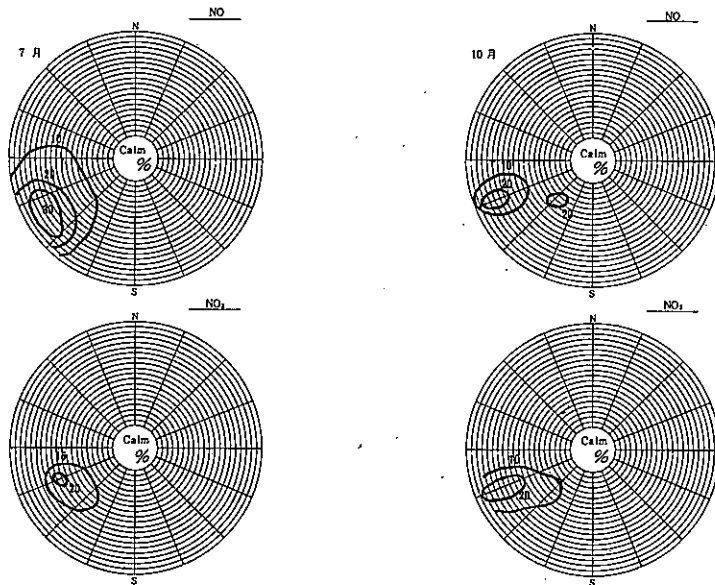


図7 風向風速別平均濃度マップ (八丈島)



ンとオフシーズンとでは差が現れているが、風向の特性をみると図8にみられるように、10月は発生源のある南成分の風が少なく、北東風が多いためNOの濃度が低くなっているものと思われる。しかし、7月と9月との差からみて、観光客による人口増加の影響はあるものと判断される。

風向、風速別の平均濃度では、月によって濃度の差はあるが、NO、NO<sub>2</sub>とも表3に示されるようにどの風向でも同程度の濃度となっている。簡易サンプラーの結果(表8参照)でも町の中では測定点間の差はみられない。

風向、風速別平均濃度分布図(図9参照)では、町の中心と火力発電所のある南成分の風と北東成分の風で濃

度が高くなっている。特に10月が特徴的でNO<sub>2</sub>のみにこの傾向が現れていることから、東京湾臨海工業地域の影響がかなりあるものと推察される。ちなみに、北北東、北東、東北東以外の風についてNO<sub>2</sub>の平均濃度をみると、8月が13.5PPb、9月が9.1PPbとあまり変化しないことから、各月の汚染濃度は大島にある発生源によるものと考えられる。

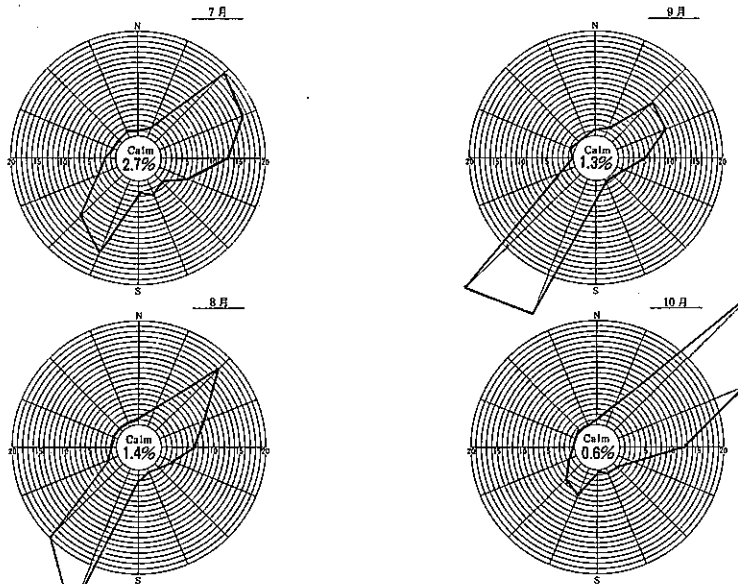
総合的にみると、大島では他の島と比較して、人口、自動車走行台数、観光客動員数など、ほとんど同じであるが、汚染濃度は2倍以上となっている。これは、大島では経済活動が盛んであり、交通期間の整備、観光バスの運行など大型自動車の走行などの理由が考えられる。

(2) 人口数と窒素酸化物濃度

各島の月別観光客動員数を人口数に置き換えて、月毎の人口数を算出して窒素酸化物濃度との関係を示したものが、図10、11である。図10は三つの島について、月別の人口数と窒素酸化物濃度の関係を表したものである。この図からみて、神津島が他の島と異なった傾向が現れており、全体からみた相関を悪くしている。この原因としては、神津島が他の二つの島と異なり、面積、村の形態、さらに自動車の走行状況が著しく異なることにある

表8 二酸化窒素簡易測定結果(大島)

場所	PPb				
	7/13~15	7/27~8/9	8/07~31	9/6~25	10/11~10/25
図書館	10	8	8	8	19
町役場	15	3	10	7	11
支庁	15	7	8	14	20
三浜館	10	7	8	14	38



※ 図中の頻度は観測総回数に対するもので表す。

図8 風配図(大島)

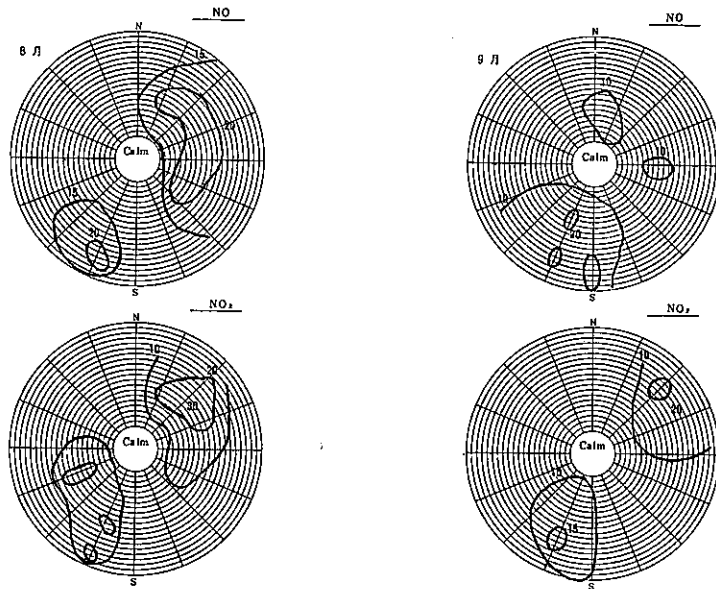


図9 風向風速別平均濃度マップ (大島)

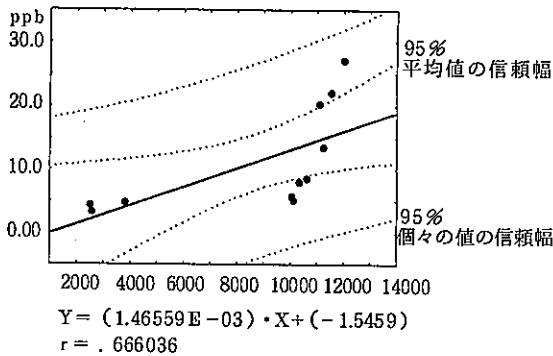


図10 人口数と窒素酸化物濃度  
(神津島, 八丈島, 大島)

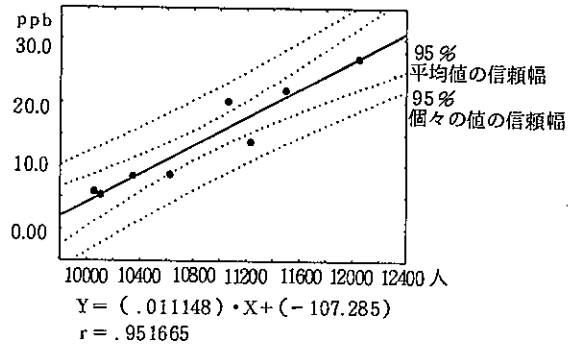


図11 人口数と窒素酸化物濃度 (八丈島, 大島)

と思われる。そこで、比較的市街地の形態、人口数、自動車走行状況が類似している八丈島、大島に限って人口数と窒素酸化物濃度との関係を見たものが図11の相関図である。この場合は、相関計数が0.952と、かなり良い相関が得られる。しかし、この分散図から得られた回帰式では、人口と窒素酸化物濃度との一般的な定量的関係は得られない。同程度の人口の島での関係に止どまる。

(3) ゴミ排出量と窒素酸化物濃度との関係

生活環境場として、そのエリアの活性度の尺度となるものにゴミの排出量が挙げられる。測定対象とした各島のゴミの月別収集量と窒素酸化物濃度との関係をみると、図12に示されるように、相関係数0.946と高い相関が得られた。

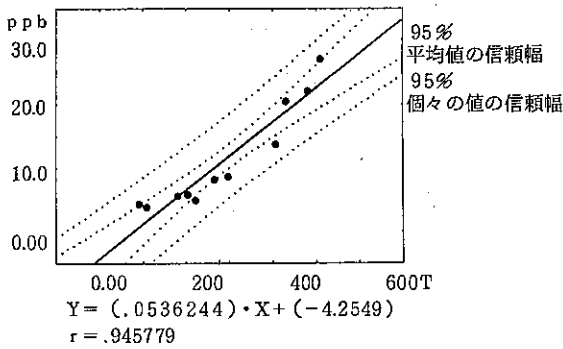


図12 ゴミの収集量と窒素酸化物濃度  
(神津島, 八丈島, 大島)

#### 4 まとめ

観光シーズンによる人口増加の影響から生活環境場の窒素酸化物の濃度変化を求め、人口と汚染濃度について定量的な関係を求めようとしたが、各島特有の気象条件、交通手段、島の面積など様々な条件の異なりから、人口増加の汚染濃度への影響については把握できたが、人口

と汚染濃度との定量的関係を求めるまでには至らなかった。

しかし、生活環境場として、そのエリアの活性度の尺度となる各島のゴミの月別収集量と窒素酸化物濃度との関係では高い相関が得られたことから、ある地域における生活に必要なエネルギーによる窒素酸化物の環境汚染濃度は、生活の活性度を単的に表すゴミの排出量で、ある程度推定できることが判明した。

今後は、この事実を踏まえて、他の要因を合わせて、その地域の生活環境場としての窒素酸化物濃度を正確に推定する手法にまで発展させたい。

調査に当って、御協力をいただいた町役場、村役場その他関係職員の方々へ感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 総務局行政部地域振興課：伊豆諸島・小笠原諸島の概要 (1990)。
- 2) 東京都：住民基本台帳による東京都の世帯と人口 (町丁別・年齢別) (1990)。