

## 2. 押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について (2)

佐藤祐二・鍋島佐知

### Concentration of nitrogen oxide at Osioka-Koen (2)

Yuji Sato・Sachi Nabeshima

**【要旨】** 2009年秋の須崎市押岡公園大気監視常時測定局と須崎市浦ノ内西分の一酸化窒素濃度の測定結果を取りまとめた。浦ノ内西分でも押岡公園と同程度の高濃度一酸化窒素が観測された。浦ノ内西分，須崎アメダスの風向風速データなどを基に高濃度一酸化窒素が出現する過程を推察してみた。

Key words：木質：大気測定局，窒素酸化物，一酸化窒素，高濃度

#### 1. はじめに

須崎市押岡公園測定局では，一酸化窒素は夜間から朝にかけて高濃度になる傾向が見られ，9～11時にピークが出現する傾向にあった。季節的には，11月，12月に高濃度の出現が多くみられた。過去の移動測定車での測定結果などでは，周辺地域では押岡公園測定局程度の高濃度の一酸化窒素は現れていなかった<sup>1)</sup>。今回，2009年10月から約2ヶ月間押岡公園測定局の東北方に位置する須崎市浦ノ内西分に移動測定車を設置し大気環境測定を行った。その一酸化窒素濃度の測定結果を須崎市押岡公園測定局（以下「押岡局」という）の測定結果とあわせて取りまとめたので報告する。

#### 2. 押岡局及び移動大気環境測定車の設置場所の位置，周辺の状況など

押岡局は，高知県中西部の須崎市に位置し，周辺地形はリアス式海岸である。西方の須崎湾に面した谷あいであり，西約2.5kmにセメント工場が立地している。今回押岡局から標高100m足らずの山を挟んだ東北に約3Km離れた，東に浦ノ内湾に面した谷あいにある浦ノ内西分に移動大気環境測定車を設置した。

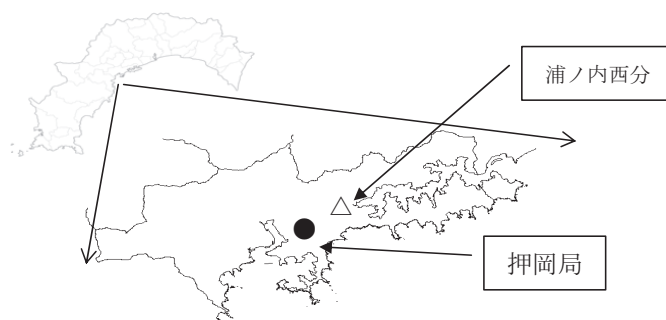


図-1 須崎市域における押岡局の位置図

#### 3. 押岡局での測定項目及び移動大気環境測定車での測定項目及び測定期間

##### 押岡局

測定項目：硫黄酸化物（溶液伝導率法），窒素酸化物（吸光光度法）

##### 移動大気環境測定車

測定項目：硫黄酸化物（溶液伝導率法），窒素酸化物（吸光光度法），浮遊粒子状物質（ $\beta$ 線法），光化学オキシダント（吸光光度法），風向風速

測定期間：2009年10月16日～12月15日（測定車を設置した日と回収した日を除く）

表-1 一酸化窒素測定結果

一酸化窒素 (NO)	浦ノ内西分					押岡局				
	有効測定 日数	測定時間	期間平 均値	1時間値 の最高値	日平均値 の98%値	有効測定 日数	測定時間	期間平 均値	1時間値 の最高 値	日平均値 の98%値
	(日)	(時間)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(日)	(時間)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
	55	1338	0.007	0.539	0.036	53	1283	0.032	0.577	0.104

測定期間：2009年10月22日～12月15日

#### 4. 一酸化窒素測定結果

大気測定車での窒素酸化物測定は10月21日16時まで欠測であったので、10月22日～12月15日の間を対象とした。

測定期間内の一酸化窒素測定結果は表1のとおりであった。平均値、1時間値の最高値及び日平均値の98%値は押岡局が高かったが、1時間値の最高値は浦ノ内が0.539ppm、押岡が0.577ppmと両者とも0.5ppmを超えていた。一酸化窒素の時刻別平均濃度を図2に示す。すべての時刻で押岡局の方が高いが、特に夕方から夜間、朝の時間帯で押岡局の濃度が高いのが際立っている。この時間帯の濃度差により期間平均値、日平均値の違いが生じていると思われる。

両測定局の一週間ごとのNO濃度経時変化を図3に示す。

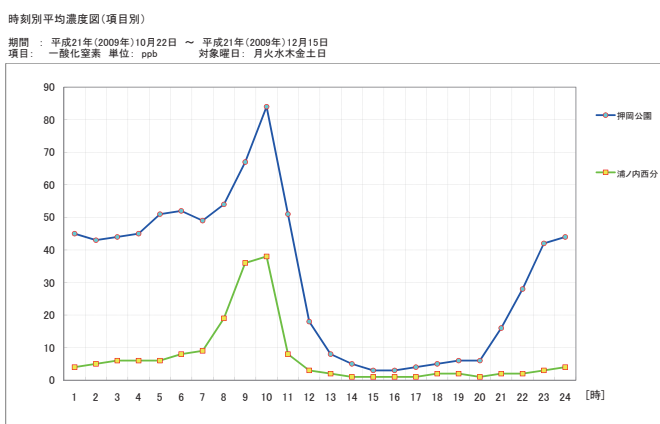
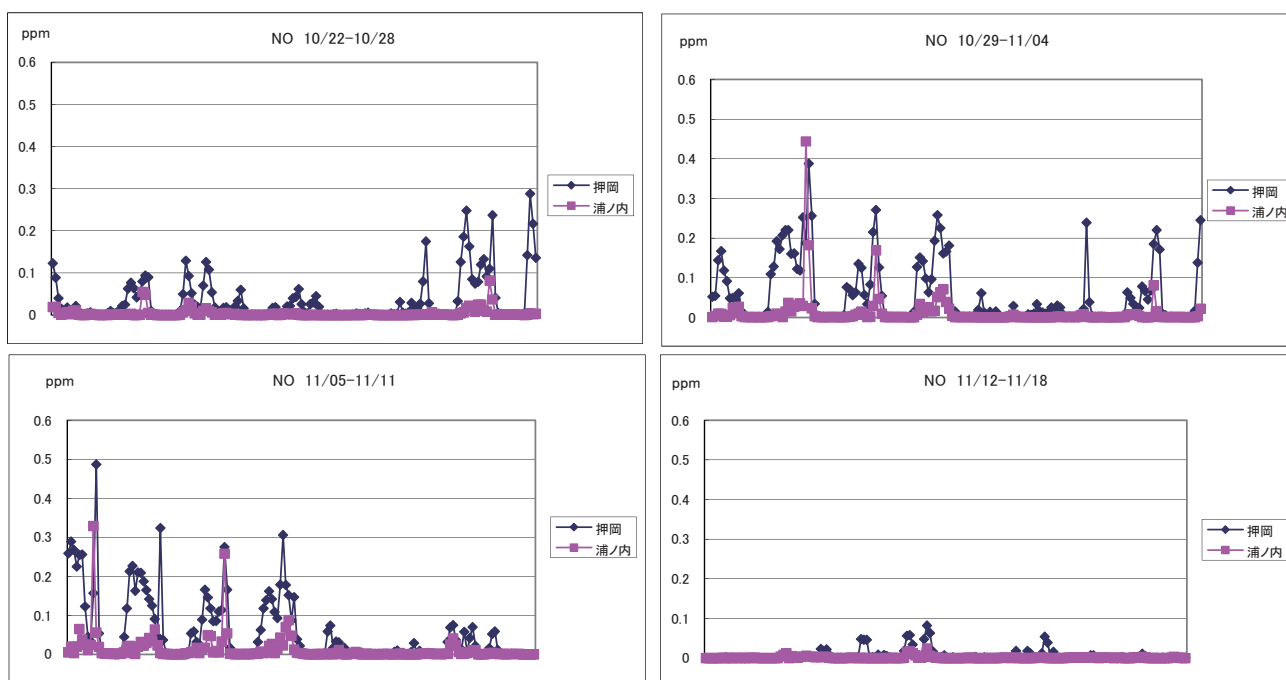


図-2 一酸化窒素の時刻別平均濃度



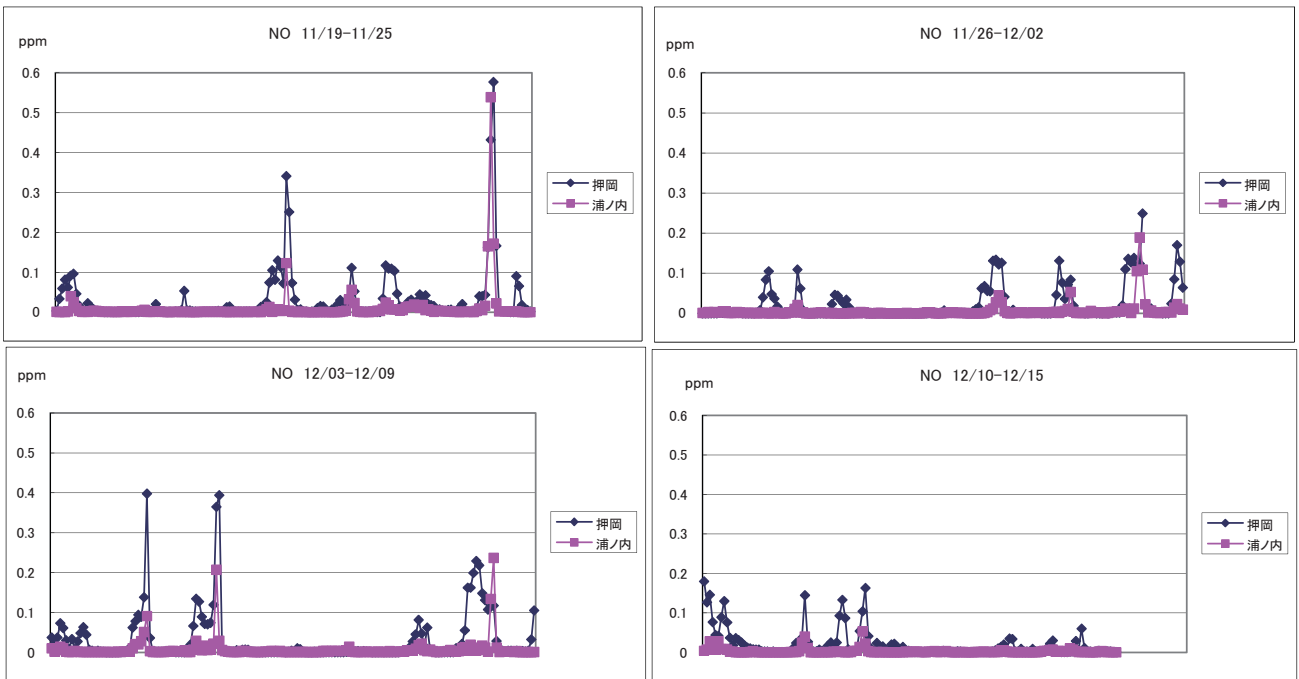


図-3 NO濃度経時変化

押岡局はNO濃度が0.1ppmを超えるピークがしばしばあらわれ、0.3ppmを超えるピークも見られる。浦ノ内西分についても高濃度のピークがみられ、0.5ppmを超える濃度ピークも出現し、押岡局に匹敵する高濃度となっている。

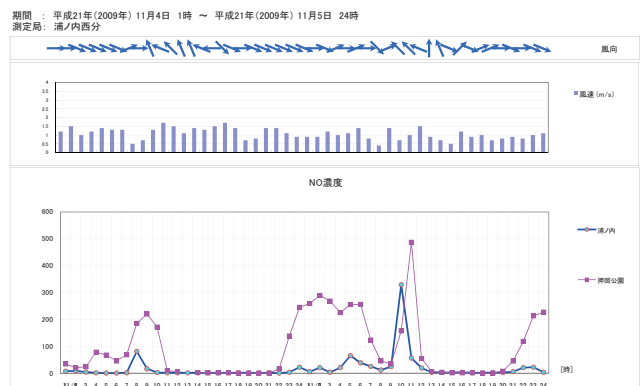
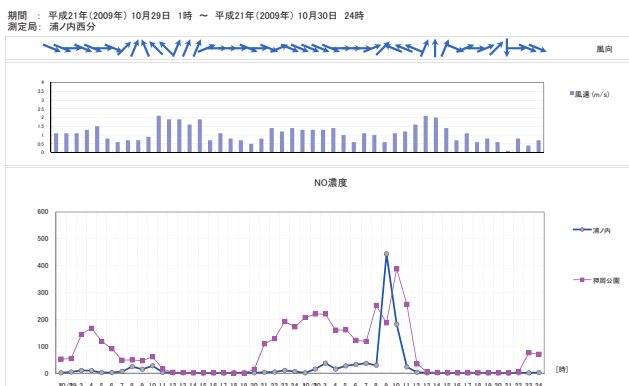
以前に押岡周辺で測定したNO濃度測定結果では、押岡局に匹敵する0.5ppm程度の濃度が出現する地点はなかった<sup>1)</sup>。

押岡局では夕方から夜間に0.1ppmを超える時間帯がしばしば出現していたが、浦ノ内西分では夜間に0.1ppmを超えるほどの高濃度は見られなかった。

浦ノ内西分でNO高濃度が出現した日の濃度経時変化を図4に示す。9時又は10時に高濃度のピークとなっている。押岡局のピークは11月7日は浦ノ内西分と同時刻に現れ、12月9日はピークが出

ていない。その他の日は、浦ノ内西分の1時間後に現れている。11月7日についても、記録紙の濃度勾配で見ると浦ノ内の濃度ピークが押岡局より早く現れていた。また、押岡局に見られる夕方から夜間早朝にかけてのなだらかな山型の高濃度は、浦ノ内西分には現れていない。浦ノ内西分では夜間西よりの風が吹いているが、高濃度ピークが現れる時刻頃に風向きが南よりに変わってきている。

押岡局で濃度が高くなっても必ずしも浦ノ内でも濃度が高くなるということではなく、11月3日は、押岡局では高濃度になっているにもかかわらず浦ノ内西分で低濃度であった。また、11月4日のように浦ノ内西分の濃度の上昇が押岡局に比べ小さい日もあった。(図5)



押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について（2） 26, 2009

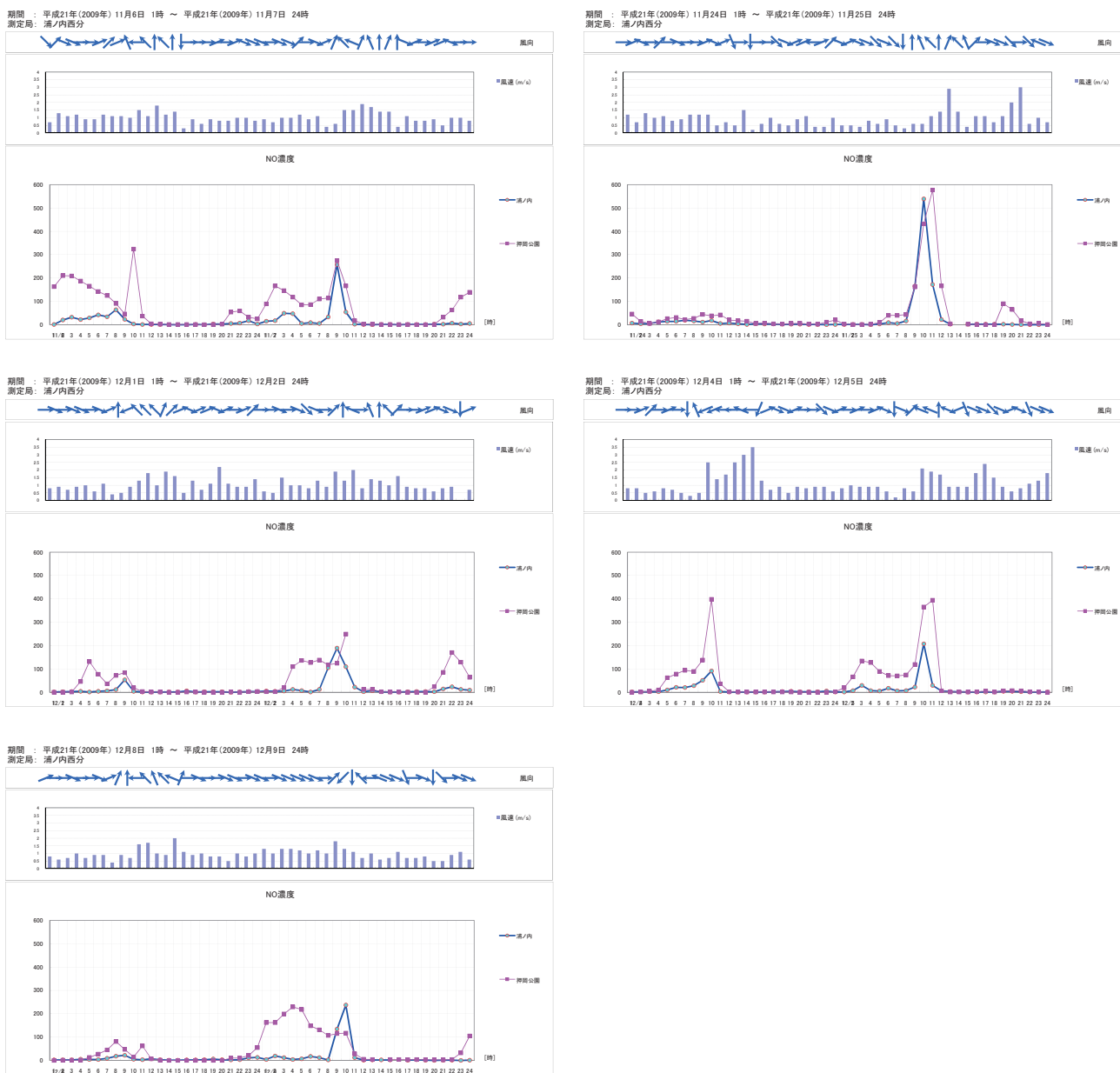


図-4 浦ノ内西分でNO高濃度が出現した日の濃度経時変化

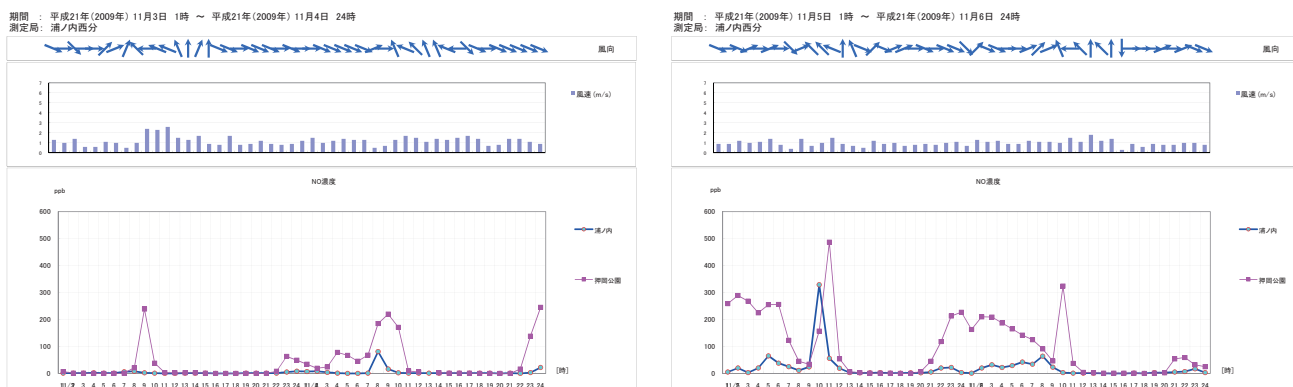


図-5 一酸化窒素濃度経時変化



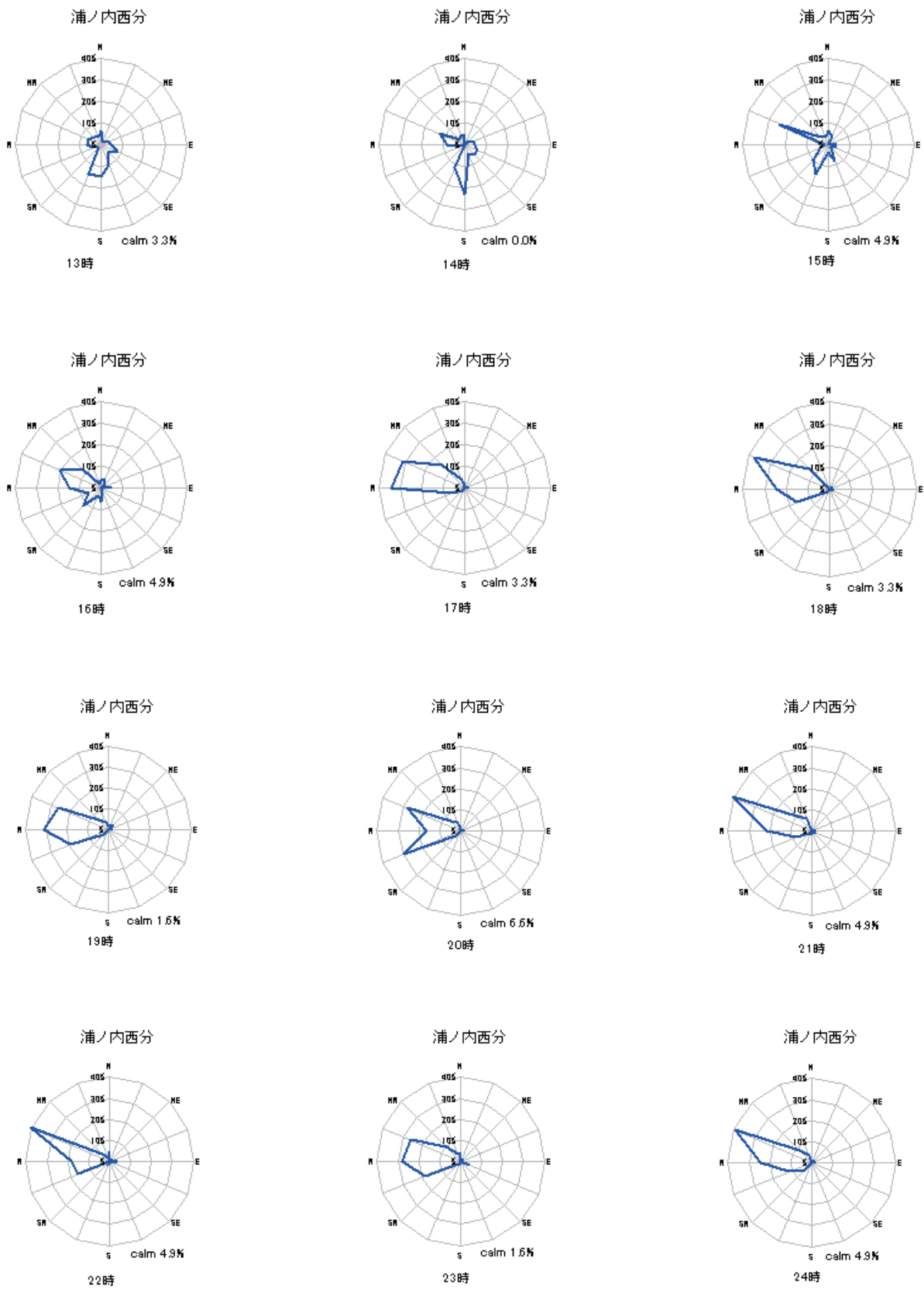
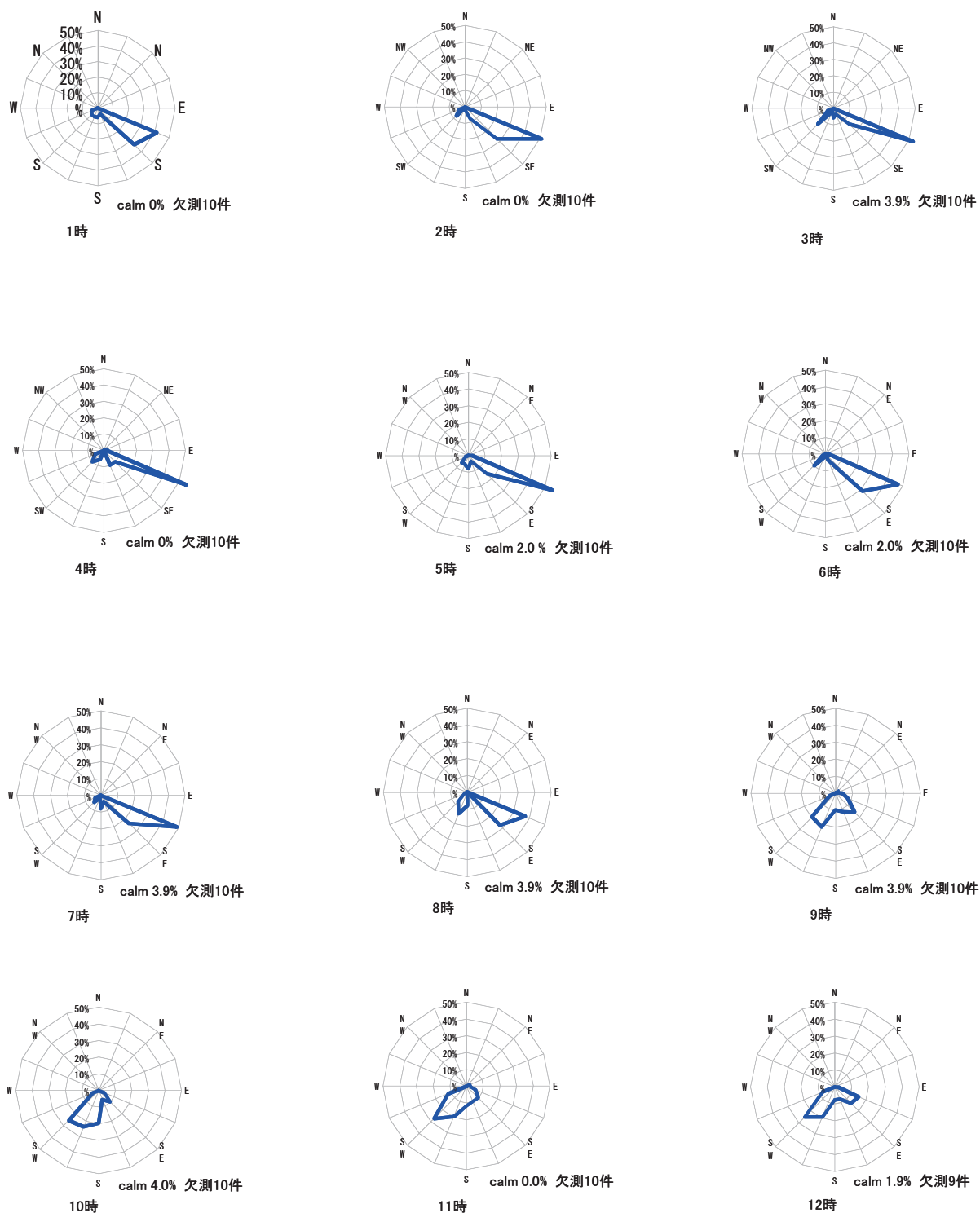


図-6 浦ノ内西分時刻別風配図

押岡局は現在風向風速を測定していないので、1987年10月16日～12月15日の間の時刻別風配図を図7に示す。押岡局では夜間は東南東の風が主であるが、9時頃から南西の風に変わってきている。

両地点とも夜間の風向から朝9時ごろに風向に変化が起こるころにNOが高濃度になる現象が現れている。

期 間： 昭和62年(1987年)10月16日 ～ 昭和62年(1987年)12月15日(時間帯:1時～24時)



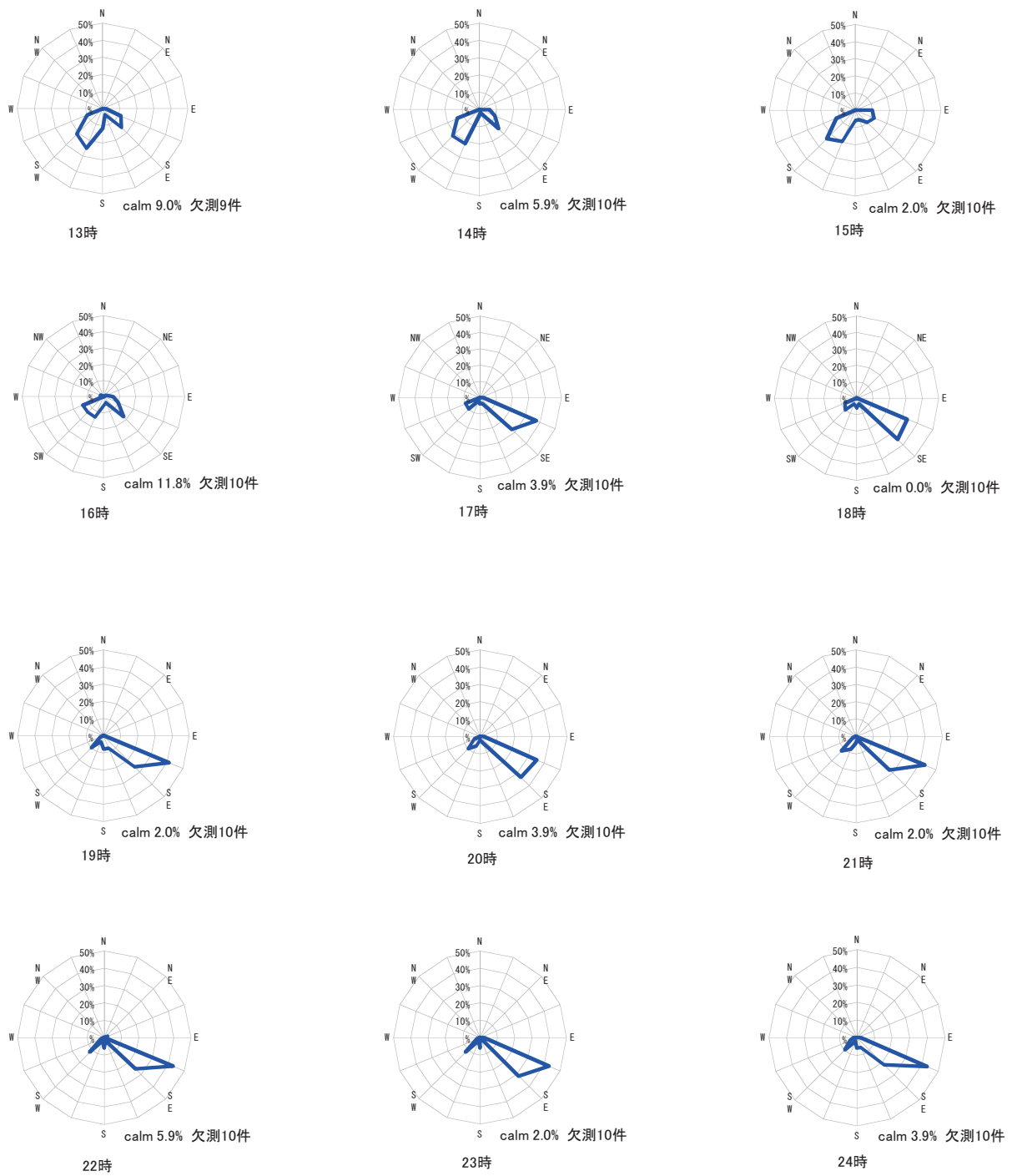


図-7 押岡時刻別風配図



6. 浦ノ内で高濃度出現時の状況

2009年11月25日10時に浦ノ内西分でNO濃度1時間値0.539ppmと今回測定した最高の1時間値となった。NO濃度は8時頃から急激に上昇し1時間値は9時には0.166ppm, 10時に0.539ppm, となった。そして10時半頃から濃度が低下し始め11時に0.172ppm 12時に0.022ppm, 13時には0.002ppmと急激に低下していた。風向は7時40分頃までは主に西北西であったが、その後西南西-南に変化していた。そして10時頃から南南東に向きを変えている。風向が西北西から西南西-南に変化したときにNO濃度が急激に上昇し始め、風向が東南に変わるころからNO濃度が急激に低下し始めている。NOが高濃度になった他の日においてもこれと同様な風向の変化がみられ、風向が西南西-南に変化したときにNO濃度が急激に上昇し始め、風向が他の向きに変わるころからNO濃度が急激に低下し始める傾向がみられた。

夜間に内陸から海へと向けて吹いていた風が弱まるころに、西南西-南の風が吹くと思われる。千葉らによると、11月頃に須崎市周辺に海風が流入してくるのは11時ごろとされており<sup>2)</sup>、この西南西-南の風は海風の流入によるものではないと考えられる。同日7時から12時までの須崎アメダス<sup>3)</sup>と須崎福祉保健所局の風向風速を表2に示す。須崎アメダス観測所は新莊川河口近くにあり、須崎福祉保健所局はそこから東北に約900m離れた市街地にある。須崎アメダスでは、前々日の23日16時30分から吹き続けていた北北西-北西の風が10時20分まで吹き、その後南南東-南東の風向に変わっている。NO濃度は浦ノ内で10時に日最高値0.539ppm, 押岡公園で11時に日最高値0.577ppmを記録している。一方須崎福祉保健所局では7~10時は静穏、11時に南南東12時に南南西の風向となっていて、10時半頃に進入してきた海風で風向が変わったと思われる。須崎福祉保健所局では無風状態であったが須崎アメダスでは北北西-北西の風が吹いていたのは、新莊川上流から河口に向けて吹く風の影響を受けているものと思われる。そしてこの新莊川上流からの風が押岡南の山(海蔵寺山-八坂峰-法印山, 以下「法印山」という)北斜面に沿って東進し浦ノ内まで達し、内陸からの

表-2 NO濃度と風向風速

2009年11月25日										
時刻	浦ノ内			押岡			須崎アメダス		須崎福祉保健所	
	NO濃度	風速	風向	NO濃度	風速	風向	風速	風向	風速	風向
7:00	5	0.5	NW	40	3.1	NW			0.2	CLM
10		0.7	WNW		2.7	NNW				
20		0.8	WNW		2.8	NNW				
30		0.5	W		3.2	NNW				
40		0.6	W		3.3	NNW				
50		1.3	SW		2.7	NNW				
8:00	16	0.3	Calm	43	2.5	NW			0.1	CLM
		0.3	Calm		2.3	NNW				
		0.7	SW		2	NNW				
		0.6	SSW		2.5	NNW				
		0.4	SSW		2.6	NNW				
		0.4	S		2.5	NNW				
9:00	165	0.6	S	162	2.6	NW			0.2	CLM
		0.8	SW		2.6	NW				
		0.9	SW		2.1	NW				
		1.2	SSW		1.3	NW				
		0.8	SSW		1.9	WNW				
		0.7	SSE		1.5	NW				
10:00	539	0.6	SSE	432	1.1	NW			0.2	CLM
		1.3	SE		1.1	WNW				
		1.2	ESE		1.1	WNW				
		0.8	SE		0.7	SW				
		1	SSE		0.6	SSE				
		0.9	SE		0.7	SE				
11:00	172	1.1	SE	577	0.9	SE			0.5	SSE
		1.6	SSE		1.1	SSE				
		1.5	SE		1.7	SSE				
		2.2	SE		2.3	SSE				
		1.4	S		2.5	SSE				
		1.3	S		2.6	SSE				
12:00	22	1.4	S	166	2.4	SSE			2.6	SSW

風が弱まった8時20分頃から浦ノ内の風向が南西-南南西の風向となったと考えられた。

須崎アメダスでの北西風の風速が弱まりだし始めた10時頃から浦ノ内では南南東-南東に風向がかわっていた。

夕方から夜間にかけて押岡公園ではなだらかな山形にNO濃度が高くなる現象が見られた。浦ノ内では顕著な濃度の上昇は見られなかったが、比較的濃度の上昇が見られた11月7日の径時変化を見ると、2時から4時にかけてNO濃度が上昇し、西南西の風向が出現しているのが見られた。

## 7. まとめと考察

浦ノ内西分で約2ヶ月間窒素酸化物濃度を測定した結果、

- (1) 浦ノ内西分でも押岡公園に匹敵する高濃度の一酸化窒素が観測された。この時のNO濃度変化は、押岡局で見られる濃度変化とはほぼ同様であり、朝8時頃から10時頃にかけて急激にNO濃度が上昇し、その後急速に濃度が下降する現象であった。

濃度のピークは浦ノ内西分の方が押岡局よりやや早い時刻に達していた。

この時間帯の濃度上昇は、押岡局では上昇するが浦ノ内西分では濃度がさほど上昇しない日もあった。

- (2) 押岡局で夜間出現する0.1~0.3ppm程度のなだらかな山形にNO濃度が高くなる現象は浦ノ内西分では見られなかった。浦ノ内西分ではせいぜい0.05ppm程度の濃度が散見された程度であった。
- (3) 浦ノ内西分でNO濃度が高くなる時は、南西-南南西の風向の風であった。この風は、須崎アメダスの観測データからすると新莊川上流から河口に向けて吹く風が法印山の北斜面に沿って東進し浦ノ内西分まで侵入してきたと考えられた。

これらの測定結果から、浦ノ内西分及び押岡局で高濃度なNOが出現する過程を以下のとおり推測してみた。

夜間、内陸から土佐湾に向けて吹く風の一部は浦ノ内西分の谷に沿って浦ノ内湾へ流れていき、押岡では谷沿いに須崎港の方へ流れていく。一方、新莊川から須崎湾へ流出する風は法印山北側の斜面に沿って東進し、一部は斜面に沿って流下し押岡の谷に流入する。夜間は内陸からの風が卓越しているので新莊川からの風は浦ノ内西分の谷にはほとんど到達していない。この時、押岡上空の大気が安定な状態であれば高濃度な一酸化窒素はあまり拡散されない状態で存在していて、その一部が新莊川からの風によって押岡に流入し、NO濃度が上昇する。夜間内陸から谷に沿って須崎港に向かって吹く風によって希釈されるのでNO濃度は0.1~0.3ppm程度となりその状態が数時間続く。一方、浦ノ内西分までは新莊川からの風はほとんど達し

ていないので、顕著なNO濃度上昇は見られない。

新莊川上流からの風の状況についてみる。新莊川は流路延長約25Km<sup>4)</sup>と比較的大きな河川であり、河口上流約1kmのところまで両側から山がせり出してきていて、山と山の間の幅はおおよそ700mに狭まっている。この地形の形状により上流からの風は河口部周辺須崎アメダスにおいて北西-西北西の風向で2m/sを超える風速がしばしば観測されていると考えられる。そして通常その風は夕方から吹き始め、夜間から翌11時頃まで吹き続けている。押岡、浦ノ内西分では8時頃から内陸からの風が弱まってくるが、新莊川からの風はその後2、3時間吹き続けている。内陸からの風が弱まったことで新莊川からの風は浦ノ内西分まで到達しうることになり、同時に押岡へも斜面を下って到達する。この時内陸からの風が弱まっているのでNOが希釈される割合が少なくなり、NOは急激に上昇し高濃度となる。そしておよそ2時間後には海風が内陸に向けて吹き込んでくるので新莊からの風の流入が抑えられ、また大気の安定な状態が解消されることも考えられ、一般大気中のNO濃度(数ppb程度)の空気が流入して、NO濃度は急激に低下し一般環境中の濃度にまで低下する。浦ノ内西分の濃度ピークが押岡よりも時間的に早く現れるのは、浦ノ内西分へは新莊の風は法印山斜面に沿ってそのまま流れ込むが、押岡へは方向を変えてその斜面沿いに流下することによる時間差ではないかと思われる。

押岡、浦ノ内西分でNOが高濃度になる条件の一つに上空の大気が安定な状態であることが必要と考えられる。押岡での1981年からの測定結果で、NO濃度1時間値が0.5ppm以上となった時間を月別にみると、月ごとの多少はあるが年間を通じて出現していた。地形的には須崎港周辺であり、地表面の放射冷却によって安定な状態になることは頻繁には起こりえないと思われる。そこで、新莊川上流からの風について再度みる。須崎アメダスのデータでは、西北西-北西の風向の風が夕方から吹き始め夜間を通して翌日の昼前ぐらいまで観測されているのが年間を通して見られる。この風は2m/sを超える風速であることもまれではなく、河口から海上を渡り対岸の押岡方面まで吹いていると考えられる。この‘風の流れ’は新莊川

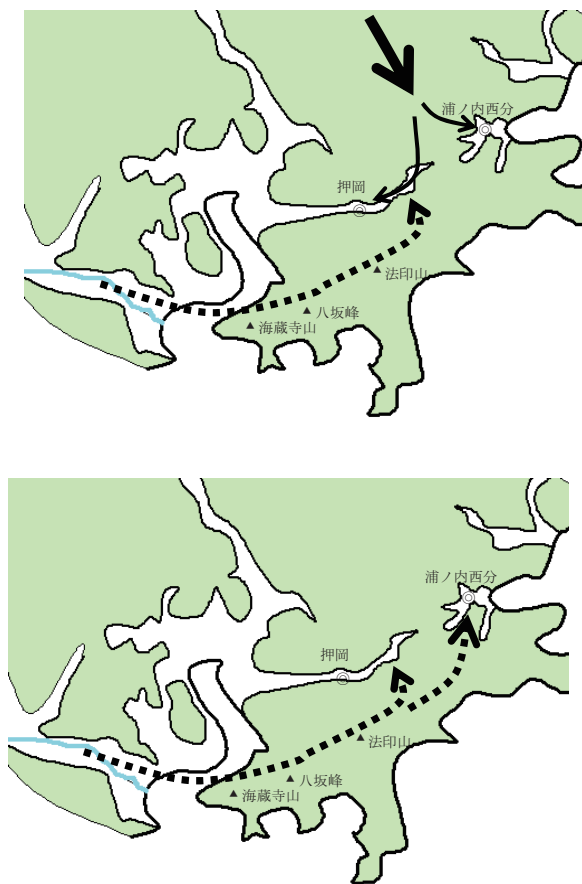


図-8 風の流れ概略

の河口付近の川幅からして数十mはあると思われる。そしてこの‘風の流れ’が須崎港から須崎湾への出口付近に存在することで、夜間内陸部から須崎港へ吹き込んでくる冷たい空気が須崎港から須崎湾へ出て行くのを‘風の流れ’によって妨げ

られ、須崎港周辺に‘冷たい空気のたまり’が生じる。‘冷たい空気のたまり’が生じれば大気の安定な状態が生じやすくなるであろう。この安定な状態が生じる過程は年間を通じて起こりうるので押岡においてNO濃度が急激に高くなる現象は四季を問わず年間を通じて見られることになる。

須崎港周辺で冬季早朝に接地逆転層が出来ているのがしばしば見られるのは、この‘冷たい空気のたまり’によるものではないかと考えられる。

また、過去の移動測定車での測定結果等では、押岡局以外の須崎市街地周辺では押岡局で見られるほどの高濃度のNOは観測されていなかった<sup>1)</sup>。

これは、押岡局で西方須崎港方向にむかう風が‘冷たい空気のたまり’に遮られ市街地方面にはほとんど到達していないためと考えられる。

#### 謝 辞

本稿の執筆にあたり、元高知大学大学院教授千葉修先生にご助言・ご教授を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

#### 文 献

- 1) 佐藤祐二，鍋島佐知：押岡公園測定局における窒素酸化物濃度について，高知県環境研究センター所報25，2008
- 2) 千葉修，金堂由起，川村学史：高知県における海風の特徴，1993，天気，40，2，109-117
- 3) 気象庁，アメダスデータ
- 4) 高知県土木部河川課，河川調書