1）排水拡散調査結果

1. 排水拡散調査結果

(1) 外縁追跡調査及び定点鉛直観測結果

①調査方法

a. 2005 年 7 月 5 日調査

排水拡散調査は、2005 年（平成 17 年）7 月 5 日に約 350 万m^3の北部排水門排水に対して実施し、外縁追跡調査（鉛直観測含む）と、諫早湾全域における定点鉛直観測により、排水の拡散に伴う濃度分布と、排水の拡散範囲を把握した。

＜外縁追跡調査の概要＞

外縁追跡調査は、図 1 に示したように、目視により排水の外縁に沿って船を航行させ、ＧＰＳにて 30 秒間隔で船位を記録することによって、外縁の拡散過程を把握した。また、図 4 に示した 9 地点において、多項目水質計を用いた鉛直観測を概ね 60 分間隔で全 7 回（排水前，排水約 10 分後，約 70 分後，約 120 分後，約 180 分後，約 240 分後，約 300 分後）実施し、外縁の広がりに伴う塩分と濁度の濃度変化を把握した。

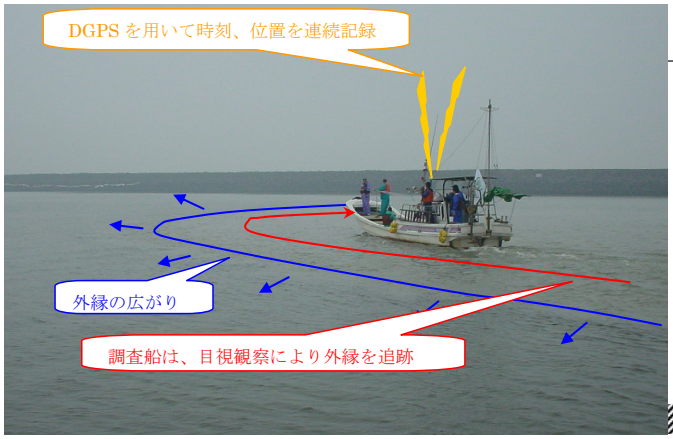

図 1　　外縁追跡調査の概念図

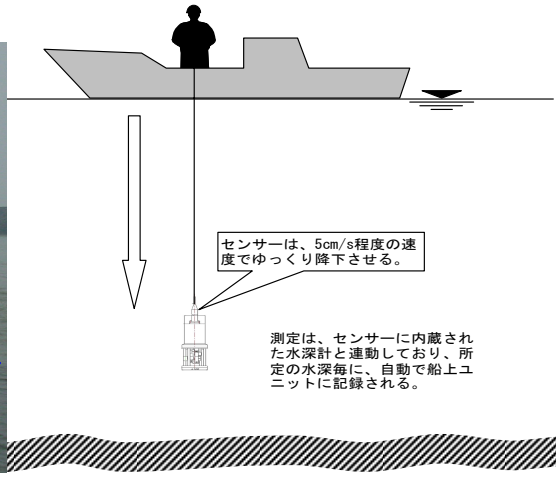

図 2　　鉛直観測の概念図

＜定点鉛直観測の概要＞

定点鉛直観測は、図 3 に示した 20 地点（St1～St20）において、●印の 6 地点では毎正時に、●印の地点では、３回の定時（排水前、干潮時、干潮 2 時間後）に、多項目水質計を用いた鉛直観測を実施し、図中の自動昇降装置の観測データ（毎正時）とともに排水の拡散範囲を整理した。なお、排水の拡散範囲把握を目的とした栄養塩類等（溶存態）の水質調査は実施していない。

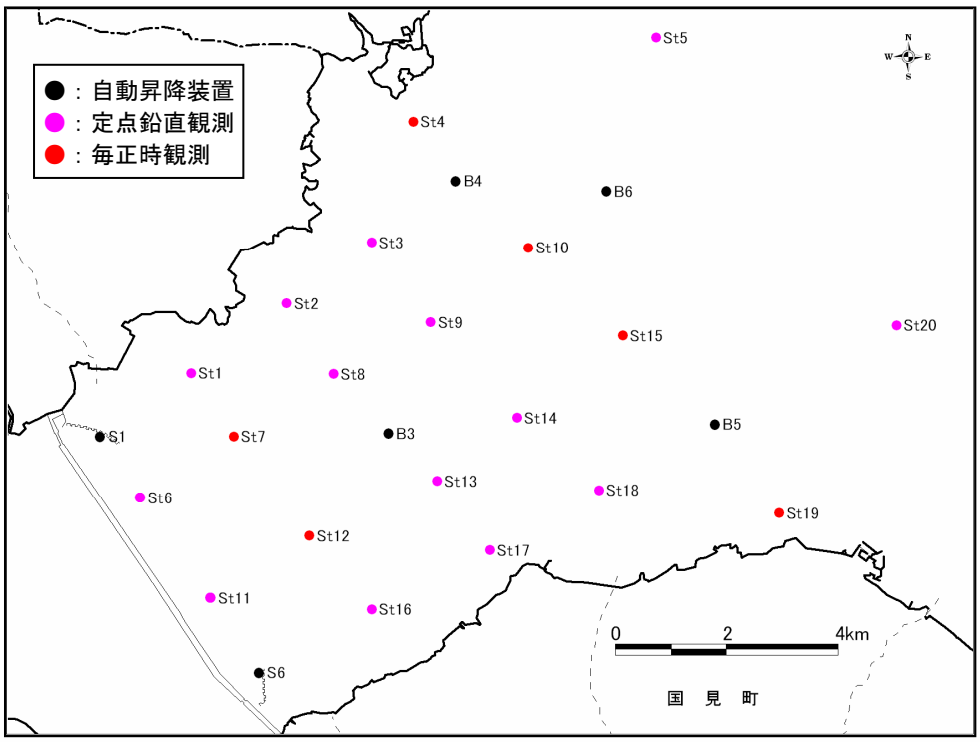

図 3　　定点鉛直観測地点

b．　a 以外の調査

排水拡散調査は、表 1 に示したように、1998 年（平成 10 年）以降、ほぼ毎年実施されており、外縁追跡調査を主として実施している。

表 1　　排水拡散調査の実施状況

回数	調査年月日	調査排水門	排水量(万m³)			排水時間			干潮（B3正時）		調査日	排水時	風向・風速(B3)	
			北部	南部	合計	開始 ～ 終了		分	時刻	潮位	潮期	潮時	°	m/s
1	1998/10/31	北部	120	40	160	10:01	～ 12:14	133	11:00	−142cm	中潮	下げ潮	93.8	2.2
2	1999/6/25	北部	2170	620	2790	10:05	～ 14:26	261	13:00	−132cm	中潮	下げ潮	101.3	1.8
3	1999/12/21	北部	60	20	80	13:01	～ 14:17	76	14:00	−190cm	大潮	下げ潮	338.5	5.7
4	2000/7/12	北部	660	190	850	10:14	～ 13:03	169	12:00	−141cm	小潮	下げ潮	213.2	7.9
5	2000/11/24	北部	80	30	110	14:09	～ 14:59	50	14:00	−169cm	大潮	上げ潮	81.0	1.9
6	2001/3/22	北部	40	10	50	14:01	～ 15:02	61	14:00	−146cm	中潮	上げ潮	216.5	11.0
7	2001/7/16	北部、南部	330	120	450	9:21	～ 10:45	84	11:00	−122cm	小潮	下げ潮	225.7	6.4
8	2002/1/27	南部	0	70	70	13:05	～ 15:22	137	14:00	−145cm	大潮	下げ潮	306.3	7.2
9	2002/4/27	北部、南部	250	60	310	13:31	～ 15:35	124	16:00	−276cm	大潮	下げ潮	99.0	2.3
10	2002/5/9	北部、南部	260	70	330	12:02	～ 14:32	150	14:00	−162cm	中潮	下げ潮	33.8	1.8
11	2003/10/6	北部	220	0	220	10:57	～ 12:37	100	12:00	−157cm	小潮	下げ潮	47.7	3.1
12	2003/12/24	南部	0	70	70	15:15	～ 16:32	77	16:00	−159cm	大潮	下げ潮	189.8	1.3
13	2004/12/10	北部	30	100	130	13:51	～ 14:34	43	14:00	−155cm	大潮	上げ潮	119.5	0.5
14	2004/12/11	北部	30	0	30	14:45	～ 15:25	40	15:00	−160cm	大潮	上げ潮	14.7	5.2
15	2004/12/12	北部	30	0	30	15:38	～ 16:23	45	15:00	−152cm	大潮	上げ潮	145.0	1.9
16	2005/2/26	北部	146	0	146	14:47	～ 16:37	110	17:00	−219cm	中潮	下げ潮	350.3	7.7
17	2005/2/27	北部	115	0	115	15:16	～ 16:46	90	17:00	−220cm	中潮	下げ潮	196.7	4.4
18	2005/3/8	北部	123	0	123	12:52	～ 14:21	89	14:00	−174cm	中潮	下げ潮	210.8	9.2
19	2005/3/23	北部	101	181	281	14:19	～ 15:34	75	14:00	−171cm	大潮	上げ潮	72.3	4.5
20	2005/3/25	北部	102	82	184	13:14	～ 14:58	104	15:00	−230cm	大潮	下げ潮	151.8	4.4
21	2005/3/26	北部	97	82	180	13:43	～ 15:44	121	16:00	−248cm	大潮	下げ潮	169.4	5.0
22	2005/7/5	北部	350	0	350	12:16	～ 14:26	130	14:00	−208cm	大潮	下げ潮	223.4	8.5

注）風向・風速は、調査時間中の平均値

※2004 年 12 月 10 日から 2005 年 7 月 5 日の調査では、外縁追跡調査において塩分、濁度の経時変化を把握するために鉛直観測を実施している。

※排水の拡散範囲把握を目的とした栄養塩等の溶存態の水質調査は実施していない。

②調査結果

ａ．2005 年 7 月 5 日調査

ア．外縁追跡調査結果

排水の外縁は、図 4 に示したように、排水門前の汚濁防止膜の影響で、当初は中央付近がくびれた形状で広がっていたが、後に扇状の広がりとなった。排水の濁りは、南東側に比べて北東方向が薄い状況にあった。

外縁追跡は、排水の境界が不明瞭となった約 200 分後（15:40）に終了した。このとき、外縁の先端はＢ３方向へ約 4.6km、小長井方向へ約 5.0km、潮受堤防沿いに約 3.9km 広がっていた。

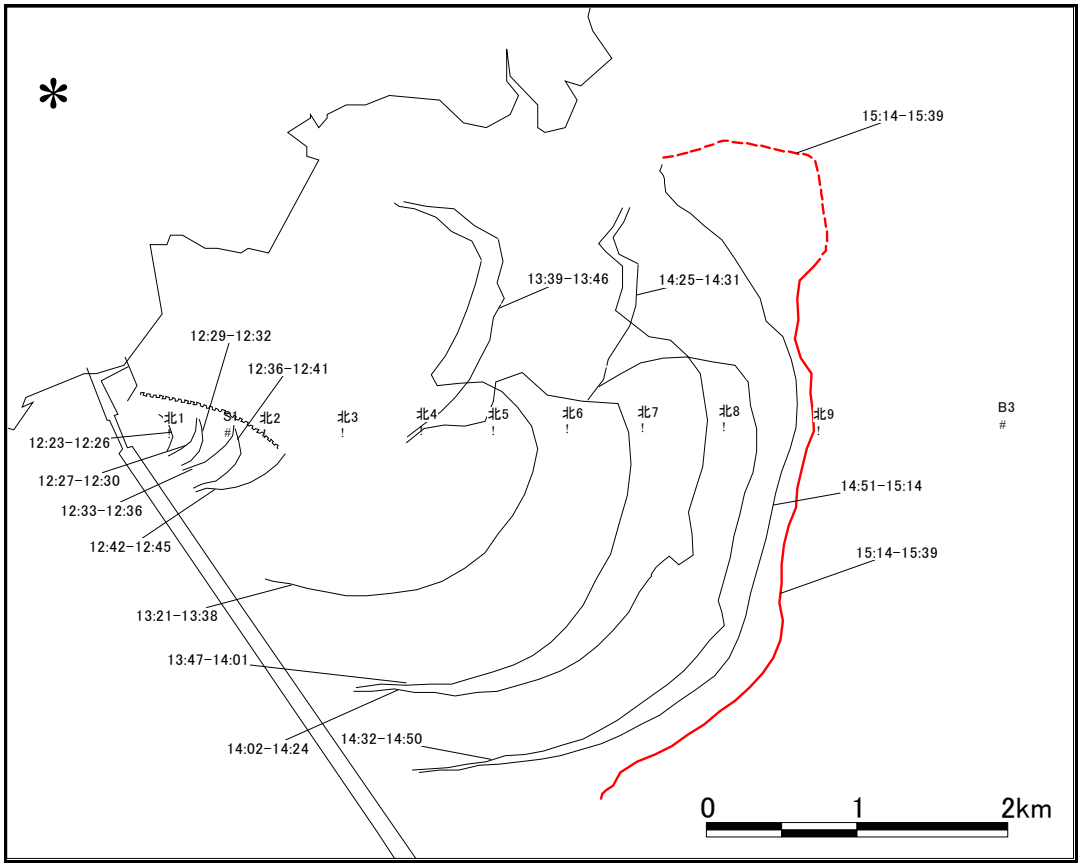

図 4　　外縁追跡調査結果と鉛直観測地点

イ．定点鉛直観測結果

排水の拡散状況は、目視による外縁の軌跡に、概ね同じ時間帯で観測された表層の塩分と濁度の平面分布（等濃度線）を重ね合わせるとともに、北１～北９の鉛直観測による塩分と濁度の断面図を図 5 に示した。

排水による塩分と濁度の濃度変化は、排水開始前の観測値を基準に、これよりも塩分低下した場合と濁度の上昇がみられた場合に排水の到達に伴う濃度変化と判断した。7 月 5 日の場合、排水前の鉛直観測では、塩分が 32psu 以上、濁度が北 2 付近で 10 度台であったものの、ほとんどが 10 度以下であったことから、これらの値を濃度変化の基準とした。

この調査結果によると、目視観測による外縁（境界線）の位置と、毎正時鉛直観測による塩分および濁度の分布は、その境界の位置が良く一致している。したがって、目視観測による外縁は、塩分や濁度の濃度で確認した場合の排水と海水の境界を概ね示しているといえる。

排水時の塩分分布の経時変化をみると、排水終了直前の排水 165 分後までは、排水門から約800ｍの北２付近までが、水深 1ｍの底層まで全層で塩分低下を示した。北２より遠方では、表層１ｍ前後で顕著な塩分低下を示し、中層から底層にかけてはあまり塩分低下がみられなかった。

一方、濁度分布の経時変化をみると、排水終了直前の排水 165 分後までは、塩分の顕著な低下範囲と同様の範囲で 50 度以上の高濁度を示した。

塩分の低下範囲は、排水終了後に縮小する傾向を示したのに対し、濁度の場合は、濁度そのものは低下しているものの、懸濁物質の拡散、沈降などの影響により、濁度変化を示した範囲が、観測終了直前の 285 分後に最も広い範囲を示していた。

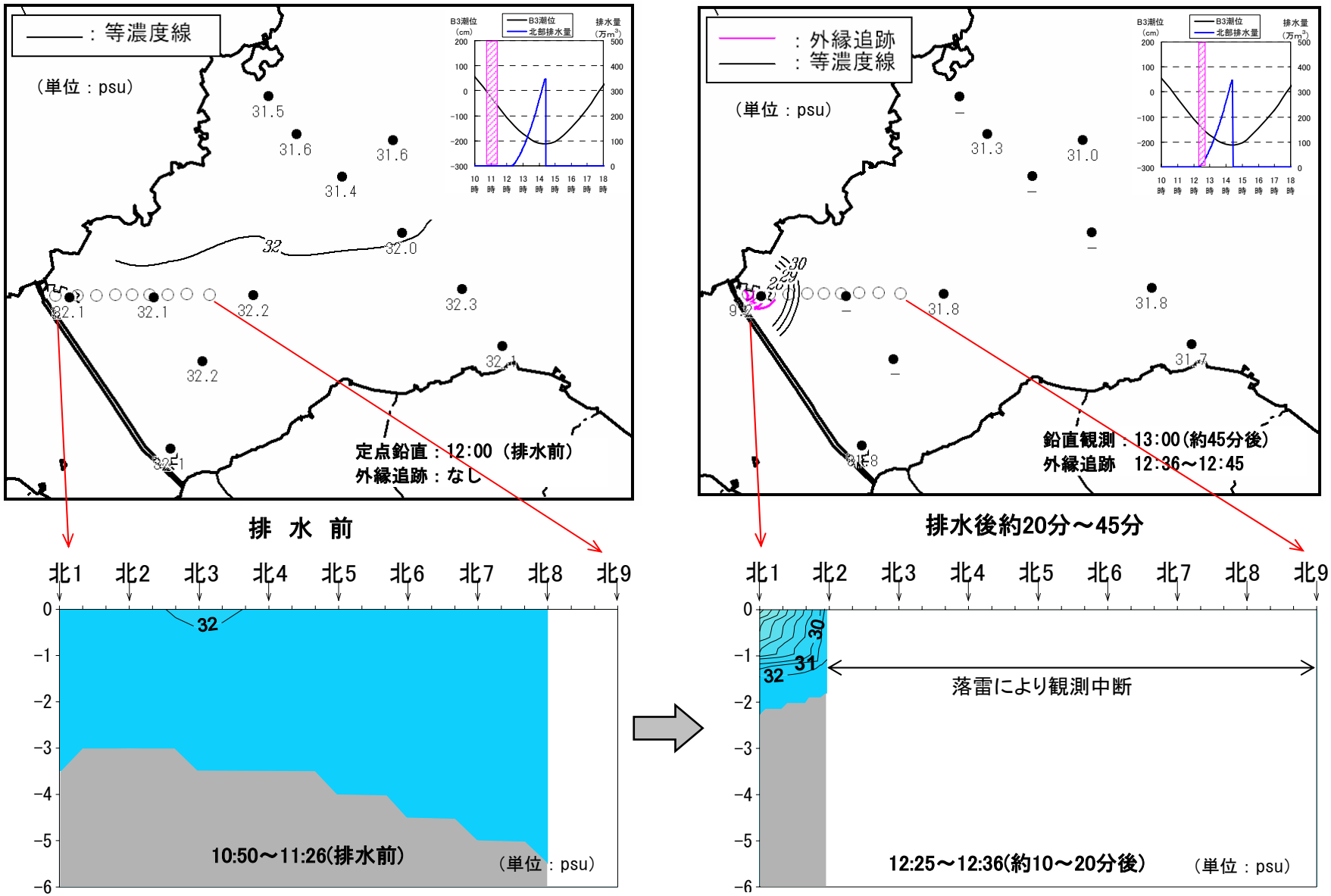

図 5(1)　　目視観測による外縁分布と塩分分布の関係

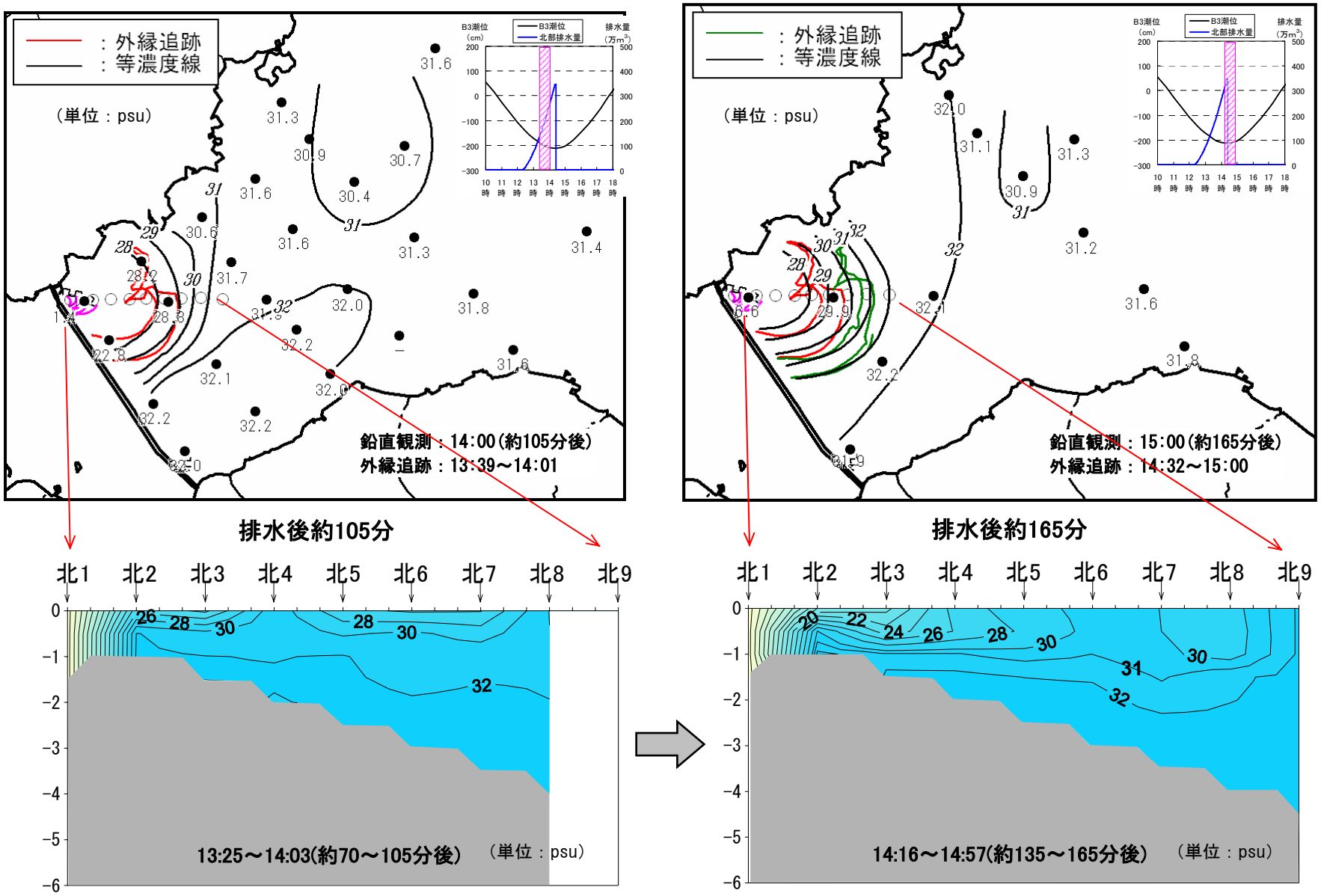

図 5(2)　　目視観測による外縁分布と塩分分布の関係

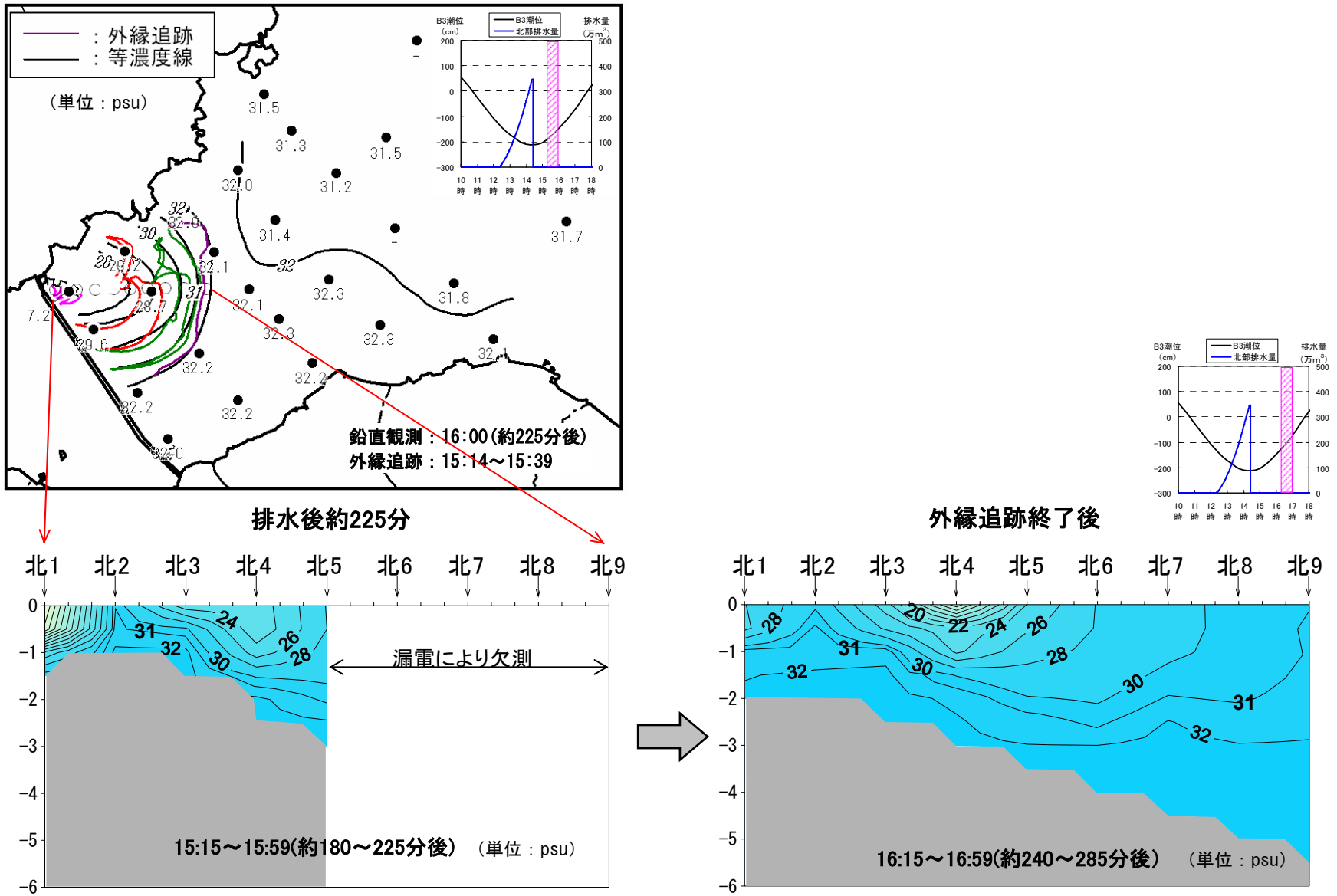

図 5(3)　　目視観測による外縁分布と塩分分布の関係

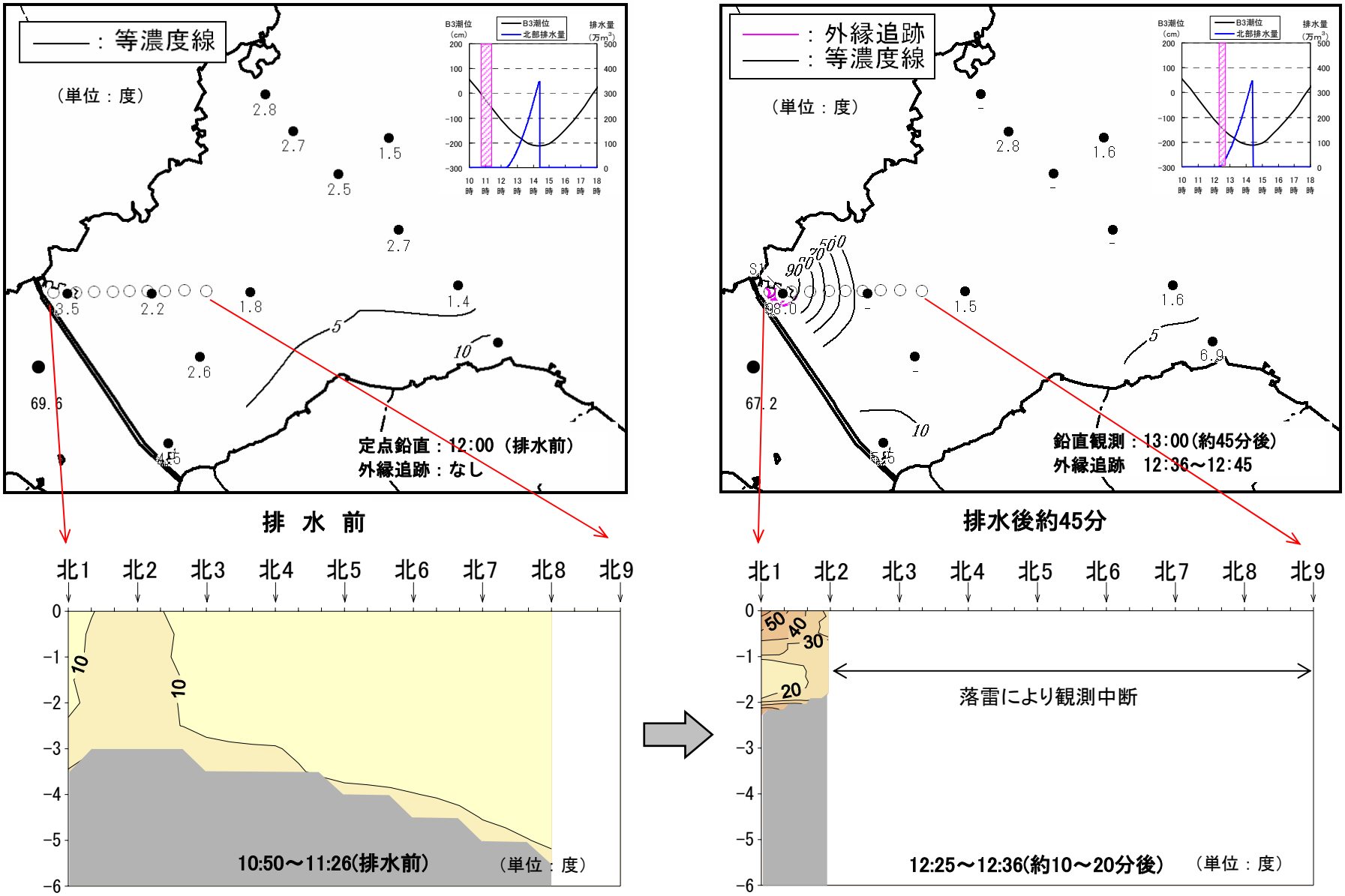

図 5(4)　　目視観測による外縁分布と濁度分布の関係

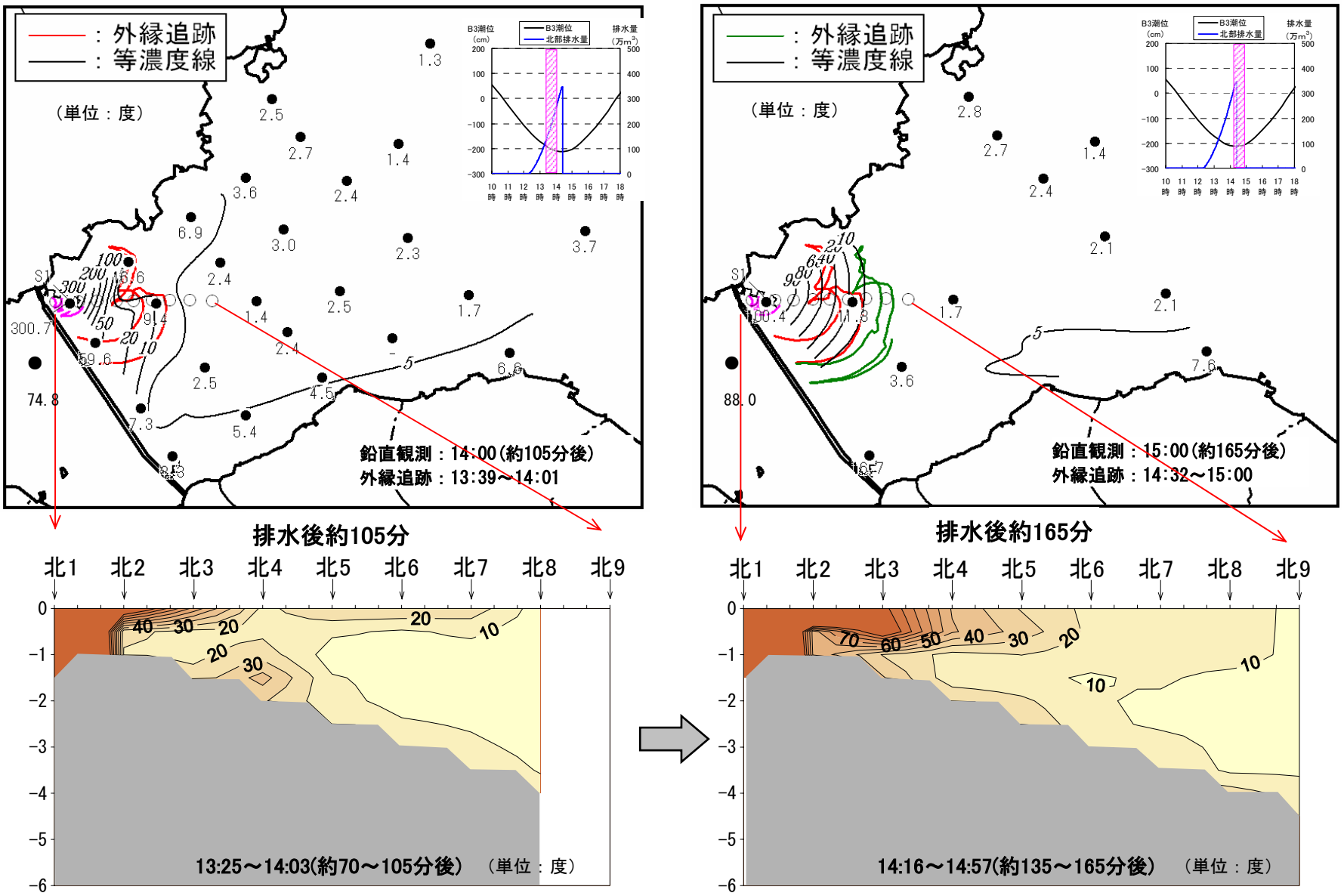

図 5(5)　　目視観測による外縁分布と濁度分布の関係

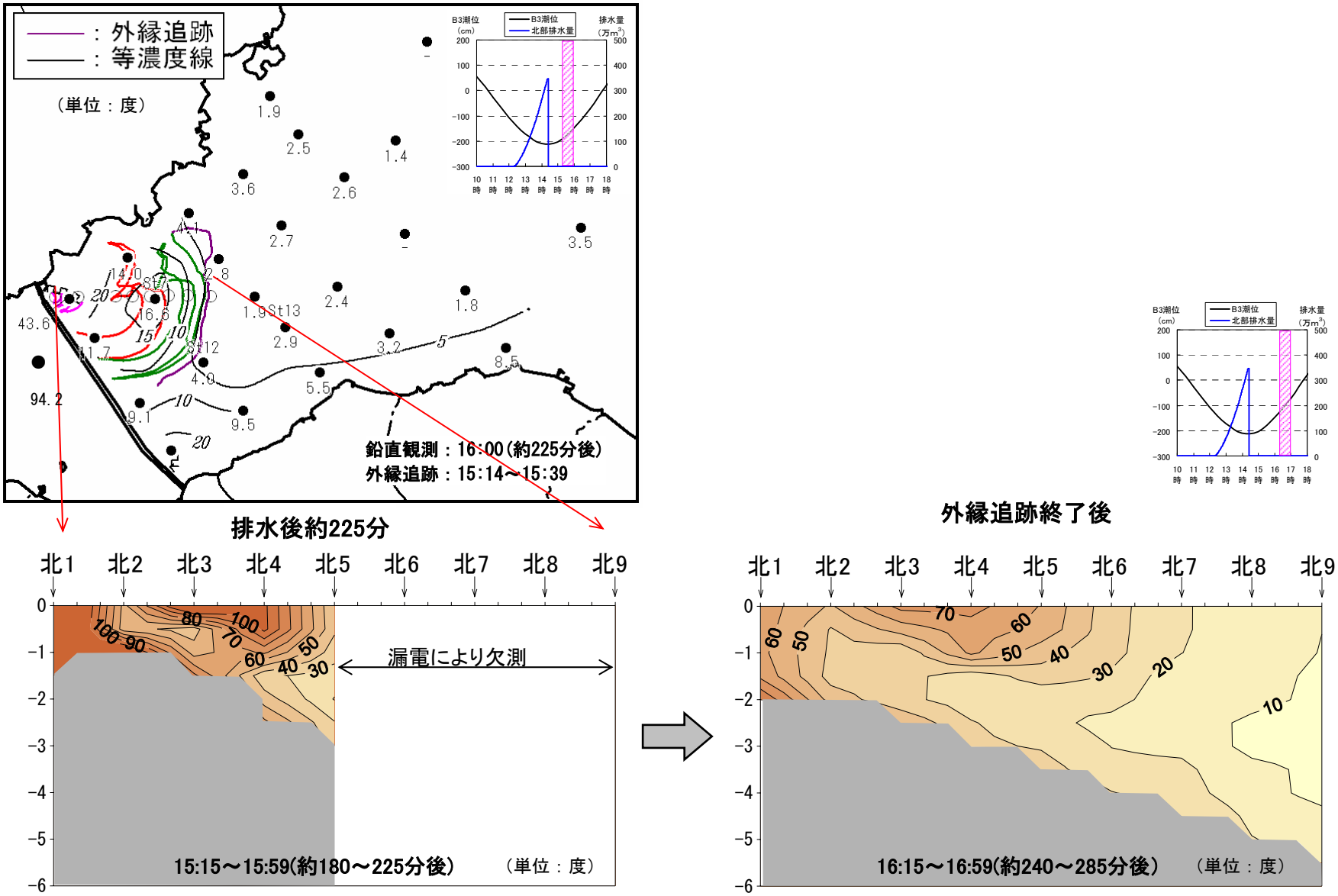

図 5(6)　　目視観測による外縁分布と濁度分布の関係

ｂ．これまでの外縁追跡調査

これまでの外縁追跡調査は、表１に示すとおり 2005 年７月５日までの間に 22 回実施している。これら調査の排水量と排水外縁の到達範囲の関係を整理すると、図６および表２に示すとおりである。

これまでの調査結果によると、排水量が概ね 300 万ｍ^{3}未満の場合、排水の外縁は約３～４ｋｍの地点まで広がり、概ね 300 万ｍ^{3}を超えると、大規模な排水の場合においても、排水の外縁は約６ｋｍの地点（Ｂ３付近）までにとどまった。

排水は、通常干潮時前から干潮時までの間に行われるため、排水の外縁は、排水終了後の上げ潮によって湾奥方向へ押し戻される。2005 年７月５日の鉛直観測の塩分からも分かるように、排水終了時頃に外縁が最大到達位置まで広がると、その後は上げ潮によって湾奥側へ押し戻されながら希釈されるものと考えられる。

表２　　排水量と最大到達距離の整理

調査年月日	排水門	排水量（万ｍ^3）	最大到達距離（km）	拡散方向
1998/10/31	北部	120	2.6	南東
1999/6/25	北部	2170	6.0	北東
1999/12/21	北部	60	2.9	南東
2000/7/12	北部	660	6.2	東北東
2000/11/24	北部	80	2.1	南東
2001/3/22	北部	40	1.9	北東
2001/7/16	北部	330	5.6	東
2002/4/27	北部	250	3.7	東北東
2002/5/9	北部	260	3.2	東南東
2003/10/6	北部	220	3.8	南東
2004/12/10	北部	30	2.8	東南東
2004/12/11	北部	30	3.1	南東
2004/12/12	北部	30	2.8	東
2005/2/26	北部	146	4.6	南南東
2005/2/27	北部	115	3.5	東南東
2005/3/8	北部	123	3.1	北東
2005/3/23	北部	101	3.5	北北東
2005/3/25	北部	102	5.0	東南東
2005/3/26	北部	97	5.4	東北東
2005/7/5	北部	350	4.6	東

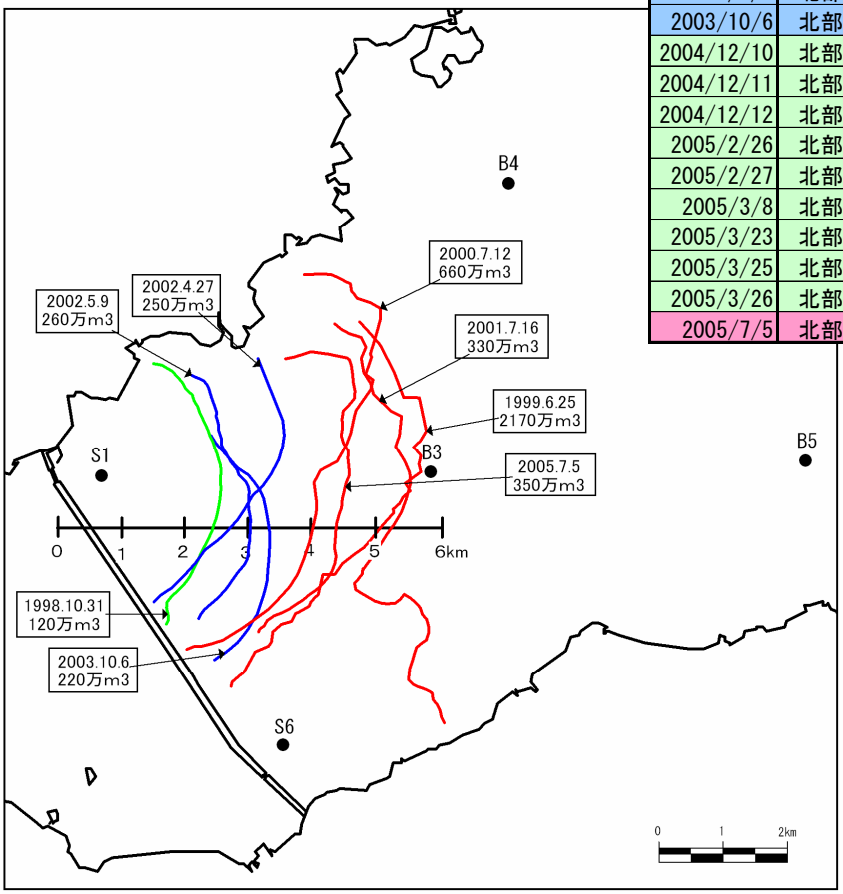

図６　　排水量別外縁分布の比較

ｃ．まとめ

これまで（1998 年 4 月から 2005 年 12 月）の排水実績を排水量別に整理すると、表 3 と図 7 に示すとおりである。排水回数の最も多いのは、北部排水門が 100～200 万ｍ^3、南部排水門が 20～40 万ｍ^3、南北合計では 100～200 万ｍ^{3}の排水量の排水回数が最も多かった。

また、図 8 には、排水実績に基づき、排水量の非超過確率分布を作成した。

この結果によると、平均的な排水量と考えられる 50%値非超過確立値は、北部排水門が 68 万ｍ^3、南部排水門が 47 万ｍ^{3}となった。また、100 回に１回の確立で発生する排水量としての 99%値は、北部排水門が 1560 万ｍ^3、南部排水門が 618 万ｍ^{3}となっていた。

表 4　排水量別排水回数一覧表
(1998/4/1～2005/12/31)

排水階級 (万m^3)	排水量別出現頻度(回)		
	北　部	南　部	南北合計
0 ～ 10	157	204	98
10 ～ 20	85	163	68
20 ～ 40	141	261	156
40 ～ 60	126	202	191
60 ～ 80	102	136	158
80 ～ 100	89	108	164
100 ～ 200	167	181	343
200 ～ 400	143	92	212
400 ～ 600	29	25	63
600 ～ 800	22	5	23
800 ～ 1000	9	0	20
1000 ～ 2000	21	0	24
2000 ～ 3000	5	0	11
3000 ～ 4000	0	0	2
4000 ～ 5000	0	0	0
合　計	1096	1377	1533

注）北部及び南部は、それぞれの排水門からの 1 回あたりの排水量（南北同時排水時を含む）を示す。
南北合計は、南北を合わせた1回あたりの排水量（各排水門単独排水及び南北同時排水）を示す。

2005 年 7 月 5 日の外縁追跡結果と鉛直観測結果から、目視による外縁と、塩分や濁度で確認した排水と海水の境界はよく一致していることが分かった。したがって、目視による外縁は、排水と海水の境界を概ね示していると考えられる。

また、これまでの外縁追跡結果では、排水量が概ね 300 万ｍ^{3}未満の場合は、排水の外縁が約 3～4km の地点まで広がり、排水量が概ね 300 万ｍ^{3}を超えると、大規模な排水の場合においても約 6km の地点（Ｂ３付近）までにとどまっていた。

これは、2005 年 7 月 5 日の鉛直観測による塩分分布から分かるように、広がった排水が上げ潮によって湾奥側へ押し戻されながら希釈されたことによるものと考えられる。

これまでの排水実績から、ほとんどの排水は 300 万ｍ^{3}以下（非超過確立 86%）であることから、排水門からの排水は、湾央（Ｂ３付近）よりも湾奥部の範囲にとどまっていると考えられる。

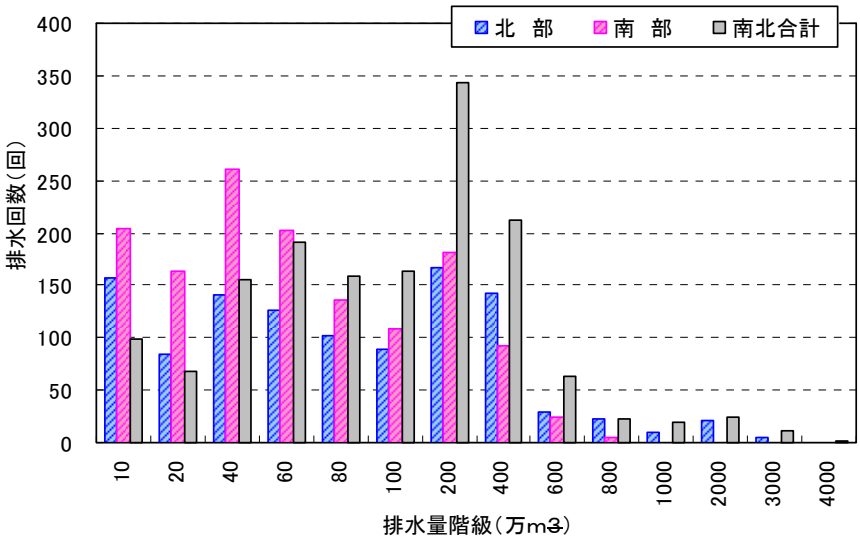

図 7　　排水量階級別排水回数

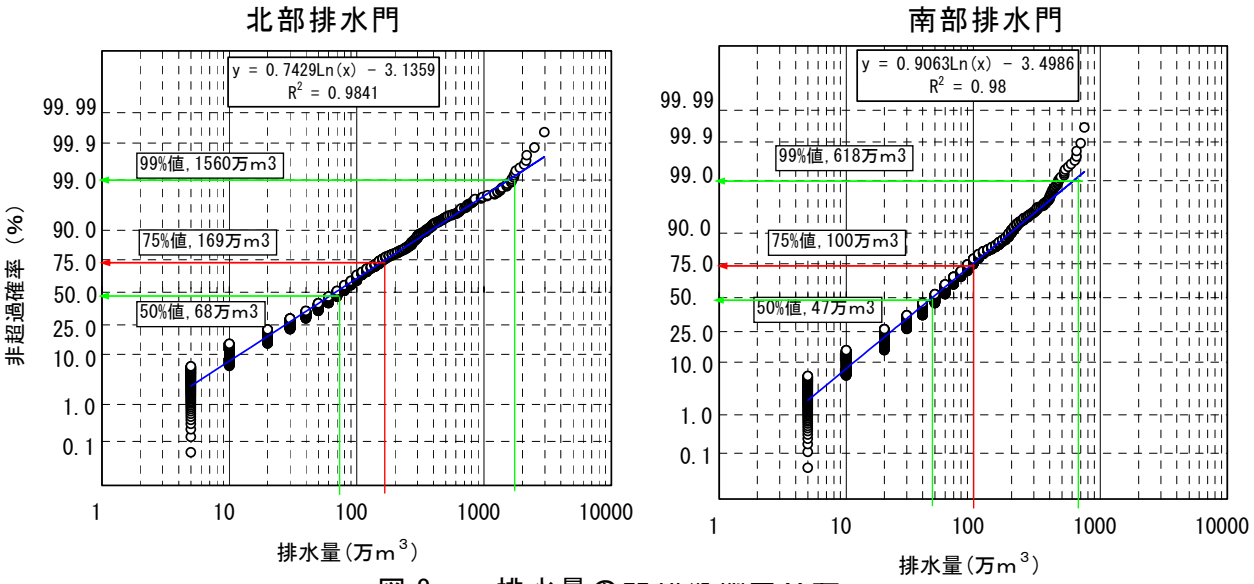

図 8　　排水量の非超過確立分布