

平成13年度

島根県内水面水産試験場事業報告

平成15年3月

島根県内水面水産試験場

目 次

島根県内水面水産試験場の概要

1) 機 構	1
2) 所在地及び主要施設	1
3) 事務分掌	2

各事業報告

1. 宍道湖・中海水産振興対策検討調査事業	3
1) 宍道湖刺網漁業実態調査	3
2) 貧酸素水調査	9
ア. 定期調査	9
イ. 宍道湖流入・流出水調査	9
ウ. 漂流版追跡による中海の流動観測の一例	22
エ. 大橋川における高塩分水塊の遡上現象	48
オ. 中海に出現する貧酸素水塊の海況学的特性と海洋構造	73
3) 有用水産動物生態調査	95
ア. ワカサギ・シラウオ	95
イ. ヤマトシジミ	112
ウ. 未利用資源の有効利用（のべ縄によるスズキの漁獲実態）	118
4) アオノリ養殖試験	120
5) コノシロ斃死調査	144
2. 漁場環境保全総合対策事業	148
1) 漁場環境保全対策事業	148
2) 内水面漁場保全対策推進調査事業（河川定期観測調査）	167
3) 内水面漁場保全対策推進調査事業（神西湖定期観測調査）	172
3. 河川水域水産資源調査	176
高津川アユ沿岸調査	176
4. 淡水魚増殖試験	187
1) ゴギ種苗生産試験	187
2) 魚 病	189
5. 内水面外来魚管理等対策事業	191

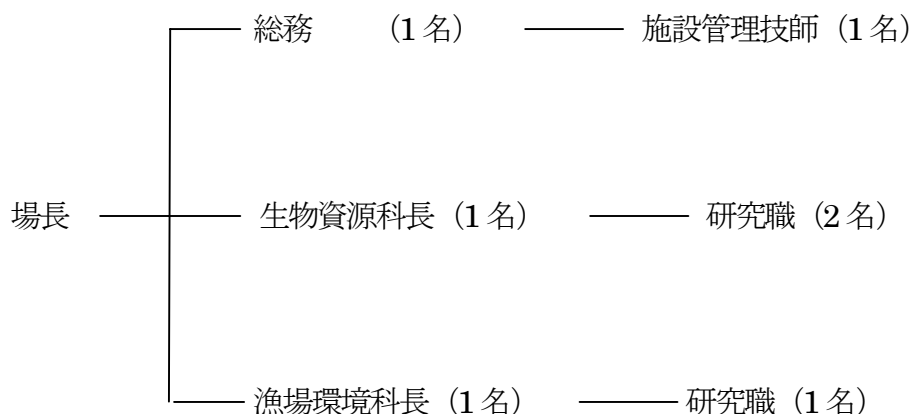
6. ゼオライト覆砂によるヤマトシジミ育成環境と水質改善効果の実証研究（要旨）	195
7. 冷水病対策研究	196
8. しまねの豊かな川づくり事業	199
1) 河川環境評価手法検討調査	199
2) 普及啓発活動	205

調査資料（付表）

1. 宍道湖・中海水産振興対策検討調査事業	207
1) 有用水産動物生態調査（ワカサギ・シラウオ）	207
2) 有用水産動物生態調査（ヤマトシジミ）	210
2. 内水面漁場保全対策推進調査事業（河川定期観測調査）	216

島根県内水面水産試験場の概要

1) 機構



2) 所在地及び主要施設

所在地

〒	住所	TEL	FAX
691-0076	島根県平田市園町沖の島 1659-1	0853-63-5101	0853-63-5108

主要施設

施設名	敷地面積	延べ床面積	備考
本場 (本館)	6,763 m ²	760 m ²	事務室、生物環境研究室、研修室 情報処理室、電子顕微鏡室、 図書室等
本場 (飼育棟)		540 m ²	飼育実験室、作業室、倉庫、車庫等
中海ステーション	459 m ²	149 m ²	作業室、事務室、会議室

3) 事務分掌

職名	氏名	分掌業務
場長	中村幹雄	① 業務の総括 ② 宍道湖・中海水産振興対策事業に関する事(有用水産動物生態調査ヤマトシジミ、ホトトギスガイ駆除対策調査、マリノフォーラム 21)
総務主任	吉野和彦	① 事務の総括に関する事 ② 公印の管守に関する事 ③ 庶務の一般及び事業費の収入、支出に関する事 ④ 出納員に関する事 ⑤ 物品取り扱い主任(事務関係)に関する事 ⑥ 文書取り扱い主任に関する事
主任施設管理技師	森山 勝	① 場内施設、設備の保守管理に関する事 ② 現場調査に関する事 ③ 魚介類の飼育実験に関する事
生物資源科科長	後藤悦郎	① 河川水域水産資源管理対策事業に関する事 (アユ資源管理技術開発、溪流魚・希少魚保護増殖試験) ② 淡水魚増殖試験に関する事 (ゴギ種苗生産試験、魚病及び養殖技術の普及・指導) ③ アユ冷水病に関する事
主任研究員	三浦常廣	① 宍道湖・中海水産振興対策事業に関する事 (有用水産動物生態調査、ホトトギスガイ駆除対策調査) ② 河川水域水産資源管理対策事業に関する事 ③ 淡水魚増殖試験に関する事 (ゴギ種苗生産試験)
主任研究員	藤川裕司	① 宍道湖・中海水産振興対策事業に関する事 (刺網漁業実態調査、有用水産動物生態調査ワカサギ・シラウオ、低利用魚有効利用調査) ② 内水面外来魚管理等対策事業に関する事 ③ 淡水魚増殖試験に関する事 (魚病及び養殖技術の普及・指導)
漁場環境科科長	森脇晋平	① 宍道湖・中海水産振興対策事業に関する事 (貧酸素水調査、コノシロへい死調査) ② 漁場環境保全対策事業に関する事 ③ ゼオライト覆砂によるヤマトシジミ育成環境と水質改善効果の実証研究に関する事
主任研究員	向井哲也	① 宍道湖・中海水産振興対策事業に関する事(アオノリ養殖試験) ② 内水面漁場環境保全対策推進調査事業に関する事 ③ しまねふるさとの川づくり推進事業に関する事 ④ 普及・啓発に関する事
嘱託	大北晋也	① 調査船の運航・保守管理に関する事 ② 調査・研究の補助に関する事

宍道湖・中海水産振興対策検討調査事業

—宍道湖刺網漁業実態調査—

藤川裕司

宍道湖における刺網許可数は694を数え、重要な漁業種と考えられるが、その漁獲統計は不明である。これは、宍道湖漁協では、漁獲物を漁協を通じて販売する仕組みが確立しておらず、各経営体が個々に業者へ出荷するためである。

そこで、刺網漁獲実態を把握するため、昨年度に引き続き標本船野帳調査およびアンケート調査を実施し、以下の知見を得たので報告する。

材料および方法

表1 宍道湖漁協刺網種別許可数

平成12年12月現在

ワカサギ刺網	シラウオ刺網	スズキ・コノシロ刺網	ボラ刺網	コイ・フナ刺網	雑魚刺網
428	216	196	2	518	145

平成 年 月 日

③操業時間

①漁業種類 (○をする)

わかさぎ刺網 しらうお刺網 すずき・このしろ刺網
ぼら刺網 こい・ふな刺網 雑魚刺網

開始 (:) ~ 終了 (:)

②漁獲物の種類、量及び価格 (銘柄があれば銘柄別に記入する)

網投入 網取り上げ

魚種	漁獲量 (kg)	価格 (合計)

④操業時間 (地図に印を付ける)



図1 標本船野帳

宍道湖漁協刺網種別許可数を表1に示した。許可数の合計は、1505であった。刺網許可保有経営体は694であるが、これは複数種の許可を有している経営体が多いためである。刺網許可保有694経営体より抽出した24経営体へ、図1に示した標本船野帳を平成12年1月より配布し、操業網種、漁獲量、漁獲金額等の記帳を依頼した。これら24経営体の刺網種別許可数を表2に示した。また、平成13年4月に、図2に示したアンケートを、刺網操業許可保有694経営体のうち、標本船野帳記入24経営体を除く670経営体へ配布し、平成13年4

月～14年3月の月別出漁日数の記入を依頼した。

宍道湖における刺網総漁獲量を、アンケート回収経営体による月別操業日数と標本船野帳記入24経営体による操業日数の比を、標本船野帳記入24経営体による漁獲量に乗じて推定した。

なお、標本船野帳調査は、平成12年1月より3ヶ年継続実施する予定であり、本報告は平成13年4月～14年3月の結果を取りまとめたものである。

表2 宍道湖漁協刺網野帳記入24経営体の網種別許可数

ワカサギ 刺網	シラウオ 刺網	スズキ・コシロ 刺網	ボラ 刺網	コイ・フナ 刺網	雑魚 刺網
19	23	19	0	18	10

下記の各刺網について、あなたが出漁された日数について、おおよそで結構ですので、御記入下さい。

- ・出漁日数0の場合は何も記入しないで下さい。
- ・すべての刺網について全く出漁されなかった場合も、この用紙は返送して下さい。

	わかさぎ 刺網	しらうお 刺網	すずき このしろ 刺網	ぼら 刺網	こい ふな 刺網	雑魚 刺網
平成13年4月						
5月						
6月						
7月						
8月						
9月						
10月						
11月						
12月						
平成14年1月						
2月						
3月						

(住所)
(氏名)

図2 アンケートの様式

結果および考察

標本船野帳記入24経営体による、平成13年4月から14年3月の刺網月別出漁日数を表3に示した。また、標本船野帳記入24経営体による、平成13年4月から14年3月の魚種別漁獲量を表4に示した。

アンケートが回収された経営体のうち実際に刺網に着業した経営体を表5に示した。670経営体のうち、アンケートが回収されたのは345経営体であった。この、345経営体のうち、実際に刺網に着業したのは155経営体であった。アンケートが回収された345経営体の平成13年4月から14年3月の月別出漁日数を表6に示した。出漁日数は、コイ、フナ刺網がもっとも多く、次いでシラウオ刺網、スズキ・コノシロ刺網の順であった。ワカサギは、数年来の不漁を反映して出漁日数はきわめて少なかった。

表3 宍道湖漁協標本船野帳記入24経営体による平成13年4月から14年3月の刺網月別出漁日数

	ワカサギ刺網	シラウオ刺網	スズキ・コノシロ刺網	ボラ刺網	コイ・フナ刺網	雑魚刺網
平成13年4月	0	37	5	0	5	4
5月	0	0	12	0	2	0
6月	0	0	1	0	0	0
7月	0	0	0	0	0	0
8月	0	0	0	0	0	0
9月	0	0	0	0	0	0
10月	0	0	6	0	0	0
11月	0	0	26	0	6	0
12月	0	23	9	0	57	14
平成14年1月	0	118	0	0	35	0
2月	0	244	0	0	39	0
3月	0	217	1	0	8	0
計	0	639	60	0	152	18

表4 宍道湖漁協標本船野帳記入24経営体による平成13年4月から14年3月の刺網月別漁獲量

(kg)

	ワカサギ刺網	シラウオ刺網	スズキ・コノシロ刺網		ボラ刺網	コイ・フナ刺網		雑魚刺網	
	ワカサギ	シラウオ	スズキ*	フナ	ボラ	コイ	フナ	サヨリ	マハゼ
平成13年4月	0	70	201	0	0	35	71	7	
5月	0	0	296	0	0	10	15	0	0
6月	0	0	15	0	0	0	0	0	0
7月	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8月	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9月	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10月	0	0	112	0	0	0	0	0	0
11月	0	0	463	0	0	0	101	0	0
12月	0	59	96	6	0	15	1,864	0	126
平成14年1月	0	691	0	0	0	8	1,344	0	0
2月	0	1,275	0	0	0	6	2,095	0	0
3月	0	1,433	1	0	0	0	143	0	0
計	0	3,528	1,184	6	0	74	5,633	7	126

*中ハン、セイゴ含む

表5 アンケートが回収された経営体のうちで平成13年4月から14年3月に実際に刺網に着業した経営体

		松江	宍道	斐川	平田	玉湯	出雲	鹿島	不明	合計
回収数		119	31	73	67	12	7	1	35	345
着業者数	ワカサギ刺網	2	1	10	3	0	0	0	1	17
	シラウオ刺網	23	8	9	6	4	0	0	4	54
	スズキ・コノシロ刺網	23	3	14	12	1	0	0	4	57
	ボラ刺網	0	0	2	1	0	0	0	0	3
	コイ・フナ刺網	42	13	36	29	3	1	0	11	135
	雑魚刺網	9	0	1	0	0	0	0	0	10
	いずれかの刺網に着業した経営体	54	17	36	31	4	1	0	12	155

表6 宍道湖漁協アンケート回収345経営体の平成13年4月から14年3月の刺網月別出漁日数

	ワカサギ刺網	シラウオ刺網	スズキ・コノシロ刺網	ボラ刺網	コイ・フナ刺網	雑魚刺網
平成13年4月	1	189	89	2	85	2
5月	0	0	165	1	16	9
6月	0	0	94	0	15	9
7月	0	0	51	1	4	10
8月	0	0	28	1	7	2
9月	0	0	72	0	4	2
10月	0	0	218	0	62	12
11月	4	6	213	5	325	5
12月	15	71	27	10	837	10
平成14年1月	24	302	4	15	756	0
2月	9	467	22	20	726	1
3月	1	473	75	0	423	0
計	54	1,508	1,058	55	3,260	62

表7 宍道湖漁協アンケート回収345経営体の平成13年4月から14年3月の刺網月別推定漁獲量 (kg)

	ワカサギ刺網		スズキ・コノシロ刺網		コイ・フナ刺網		雑魚刺網		
	ワカサギ	シラウオ	スズキ	フナ	コイ	フナ	サヨリ	マハゼ	
平成13年4月	0	359	3,569	0	595	1,207	3	0	
5月	0	0	4,073	0	80	120	0	0	
6月	0	0	1,410	0	8	210	0	0	
7月	0	0	1,020	0	2	56	0	0	
8月	0	0	560	0	4	98	0	0	
9月	0	0	1,440	0	2	56	0	0	
10月	0	0	4,069	0	31	868	0	0	
11月	0	12	3,632	0	0	5,209	0	0	
12月	0	182	289	17	209	25,930	0	90	
平成14年1月	0	1,770	80	0	162	27,151	0	0	
2月	0	2,429	160	0	99	34,547	0	0	
3月	0	3,091	79	0	0	6,377	0	0	
計	0?	7,843	20,381	17	0?	1,190	101,829	3?	90?

*シラウオの11月は、12月の1日当たり平均2kgを与えた。

*スズキの7～9月、1～2月は1日当たり年平均20kgの漁獲を与えた。

*コイの6～10月は1日当たり年平均0.5kgの漁獲を与えた。

*フナの6～10月は4, 5, 11月の1日当たり平均14kgの漁獲を与えた。

アンケート回収 345 経営体による出漁日数 (表 6) と野帳記入 24 経営体による出漁日数 (表 3) の比を、野帳記入 24 経営体による魚種別漁獲量 (表 4) に乗じて、アンケート回収 345 経営体による魚種別漁獲量を推定した (表 7)。次いで、アンケート回収 345 経営体による魚種別推定漁獲量 (表 7) に野帳記入 24 経営体の魚種別漁獲量 (表 4) を加えた (表 8)。宍道湖における刺網魚種別漁獲量は、フナが極めて多く、次いでシラウオであった (表 8)。宍道湖定置網による平成 13 年 4 月から 14 年 3 月の魚種別漁獲量を表 9 に示した。刺網魚種別漁獲量 (表 8) と定置網魚種別漁獲量 (表 9) を比較したところ、定置網に比較して刺網がフナでは 25 倍、シラウオでは 7 倍漁獲していることが認められた。なお、アンケート未回収 325 経営体の漁獲量を考慮すると、この比はさらに大きくなると考えられる。宍道湖には、刺網、定置網以外に、延べ縄や籠漁法等が存在するが、これらの漁獲量、漁獲金額が刺網より大きいとは考えられない。このことより、宍道湖における魚類資源を対象とする最重要漁業種は、刺網であると考えられる。

表8 アンケート回収345刺網経営体と野帳記帳24刺網経営体による平成13年4月から14年3月の刺網月別漁獲量 (kg)

	ワカサギ刺網		スズキ・コノシロ刺網		ボラ刺網		コイ・フナ刺網		雑魚刺網	
	ワカサギ	シラウオ	スズキ	フナ	ボラ	コイ	フナ	サヨリ	マハゼ	
平成13年4月	0	429	3,769	0	0	630	1,278	10	0	
5月	0	0	4,369	0	0	90	135	0	0	
6月	0	0	1,425	0	0	8	210	0	0	
7月	0	0	1,020	0	0	2	56	0	0	
8月	0	0	560	0	0	4	98	0	0	
9月	0	0	1,440	0	0	2	56	0	0	
10月	0	0	4,181	0	0	31	868	0	0	
11月	0	12	4,095	0	0	0	5,310	0	0	
12月	0	242	386	22	0	224	27,794	0	216	
平成14年1月	0	2,461	80	0	0	170	28,495	0	0	
2月	0	3,704	160	0	0	105	36,643	0	0	
3月	0	4,524	81	0	0	0	6,520	0	0	
計	0?	11,371	21,566	22	0?	1,264	107,462	10?	216?	

表9 宍道湖 定置網による平成13年4月から14年3月の月別漁獲量 (kg)

	ワカサギ	シラウオ	スズキ	ボラ	コイ	フナ	マハゼ
平成13年4月	-	-	-	-	-	-	-
5月	-	-	-	-	-	-	-
6月	-	-	-	-	-	-	-
7月	-	-	-	-	-	-	-
8月	-	-	-	-	-	-	-
9月	-	-	1202	25	7	156	24
10月	0	-	961	1	0	36	32
11月	0	21	3436	9	16	183	192
12月	0	205	3,510	0	6	598	1,438
平成14年1月	1	615	4	0	11	1,562	103
2月	0	281		0	52	1,118	4
3月	0	573	430	0	48	675	0
計	1	1,695	9,543	35	140	4,328	1,793

平成13年4月から14年3月の刺網主要魚種の単価を、標本船野帳集計結果より推定した(表10)。アンケート回収345刺網経営体と野帳記入24刺網経営体および定置網による平成13年4月～14年3月の魚種別推定漁獲量と魚種別推定漁獲金額を表11示した。平成13年度は、漁獲量はフナが111,812kgともっとも多く、次いでスズキの31,109kgであった。漁獲金額では、シラウオの8,590万円がもっとも多く、次いでフナの3,790万円であった。平成13年度の、ワカサギ、シラウオ、スズキ、コイ、フナの合計金額は1億3,420万円であった。

アンケート未回収325経営体の1経営体当たり刺網種別月別出漁日数は、アンケート回収345経営体と同じであると仮定し、アンケート送付670刺網経営体と野帳記入24刺網経営体および定置網による平成13年4月～14年3月の魚種別推定漁獲量と魚種別推定漁獲金額を表12示した。現実的には、1経営体当たり刺網出漁日数は、アンケート記入経営体よりアンケート未回収経営体の方が低いと想像されるので、宍道湖におけるワカサギ、シラウオ、スズキ、コイ、フナの刺網、定置網による漁獲量、漁獲金額は、それぞれ157,000～281,000kg、1億3,400～2億2,200万円の範囲内と推定される。

表10 平成13年4月から14年3月にかけての刺網主要魚種の単価 (円)

	ワカサギ	シラウオ	スズキ	中ハン	セイゴ	コイ	フナ
平成13年4月	—	8,407	不明	—	—	不明	300
5月	—	—	不明	不明	不明	不明	不明
6月	—	—	不明	—	—	—	—
7月	—	—	—	—	—	—	—
8月	—	—	—	—	—	—	—
9月	—	—	—	—	—	—	—
10月	—	—	不明	—	—	—	—
11月	—	—	不明	—	—	—	290
12月	—	7,294	392	260	—	不明	374
平成14年1月	—	5,547	—	—	—	不明	427
2月	—	5,979	0	—	—	—	397
3月	—	5,664	不明	—	—	—	245

* 不明は主に自家消費、—は漁獲なし

表11 アンケート回収345刺網経営体と野帳記帳24刺網経営体および定置網による平成13年4月～14年3月の魚種別推定漁獲量と魚種別推定漁獲金額

魚種名	ワカサギ	シラウオ	スズキ	コイ	フナ	計
漁獲量(kg)	1	13,066	31,109	1,404	111,812	157,392
単価(円/kg)	2,000	6,578	326	174	339	
漁獲金額(円)	2,000	85,948,148	10,141,534	244,296	37,904,268	134,240,246

*単価は、ワカサギ、コイは昨年の値、シラウオ、スズキ、フナは月別単価の平均値。

表12 アンケート送付670刺網経営体と野帳記帳24刺網経営体および定置網による平成13年4月～14年3月の魚種別推定漁獲量と魚種別推定漁獲金額

魚種名	ワカサギ	シラウオ	スズキ	コイ	フナ	計
漁獲量(kg)	1	20,454	50,309	2,524	207,753	281,041
単価(円/kg)	2,000	6,578	326	174	339	
漁獲金額(円)	2,000	134,546,412	16,400,734	439,176	70,428,267	221,816,589

一 貧酸素水調査一

森脇晋平・大北晋也・藤井智康*

宍道湖・中海における貧酸素水塊の発生時期と広がり把握するため定期調査を、大橋川松江大橋下の水質自動監視システムより連続監視を昨年度に引き続き実施したので報告する。また、今年度は中海貧酸素水の流動を捉えるために漂流板追跡を行い、中海から宍道湖への貧酸素水の流動および水産振興策の策定のための基礎資料を提供することを目的とする。

調査概要

(1) 調査内容

本調査の内容を表1に示す。

表1 調査内容

調査名	調査工程	調査地点	調査内容
定期調査	毎月	宍道湖：40 地点 中海：32 地点	毎月1回の定期調査。 調査項目は、水温・塩分・溶存酸素濃度であり、測定水深は、それぞれの地点において表層（水面下 30cm）および底層（底上 20cm）の2層測定。
連続調査	平成13年4月 ～平成14年3月	大橋川 （松江大橋）	大橋川の松江大橋下に設置された水質自動システムより10分間隔で水質（水温・塩分・溶存酸素濃度）、流況（流向・流速）および気象（気温・気圧・風向・風速・日射）調査を行う。
漂流板追跡調査	平成13年4月24日～25日 平成13年4月26日～27日 平成13年7月18日～19日 平成13年7月31日～8月1日 平成13年9月17日～18日	中海	中海において、24時間漂流板追跡を実施し、中海の貧酸素水の流動過程について調査を行う。

(2) 調査方法

貧酸素水調査（定期調査）

本調査は平成13年4月から平成14年3月までの間、宍道湖・中海共に毎月1回、計12回実施した。調査地点は図1に示すとおり宍道湖40点、中海32点の計72点で実施した。

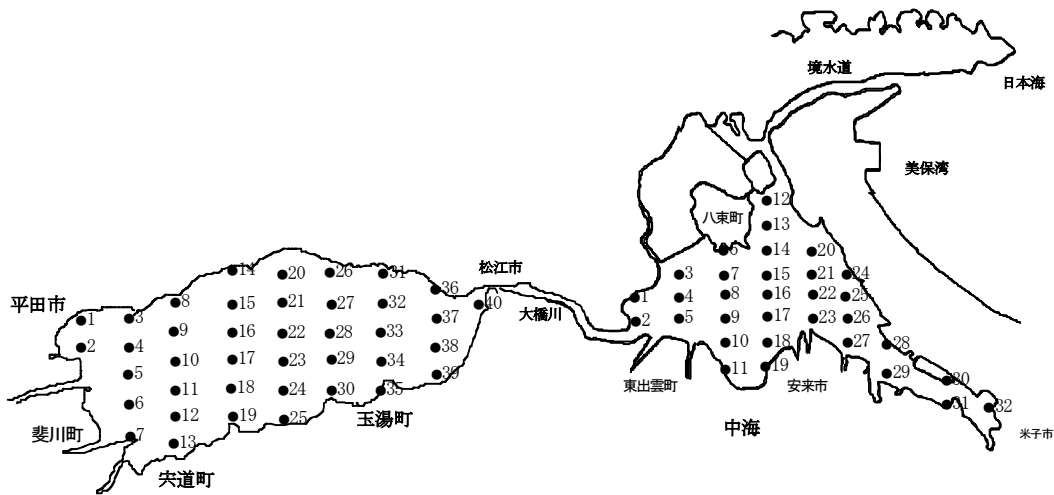


図1 宍道湖・中海貧酸素水定期調査地点

宍道湖流入・流出水調査

図2に示す大橋川に架かる松江大橋橋脚の水深1m、3.5m、水深4.5m部分にHydorolab社製多項目水質計DateSonde-4を、松江大橋直下の河川中央部の河床にはRD Instruments社製ドップラー式流向・流速計を、そして、松江大橋南詰めの公園内に気温、大気圧、日射量、風向・風速が測定できる各種センサーを設置し、10分毎に計測を行った。これらのセンサーにより収集されたデータは、図3に示すとおり、電話回線を通じて内水面水産試験場内に送信され、内水面水産試験場に設置されたホストコンピューターに転送される。転送されたデータは、解析用、ファックスサービス用、ディスプレイコントロール用に設置された各種コンピューターにより利用できる。

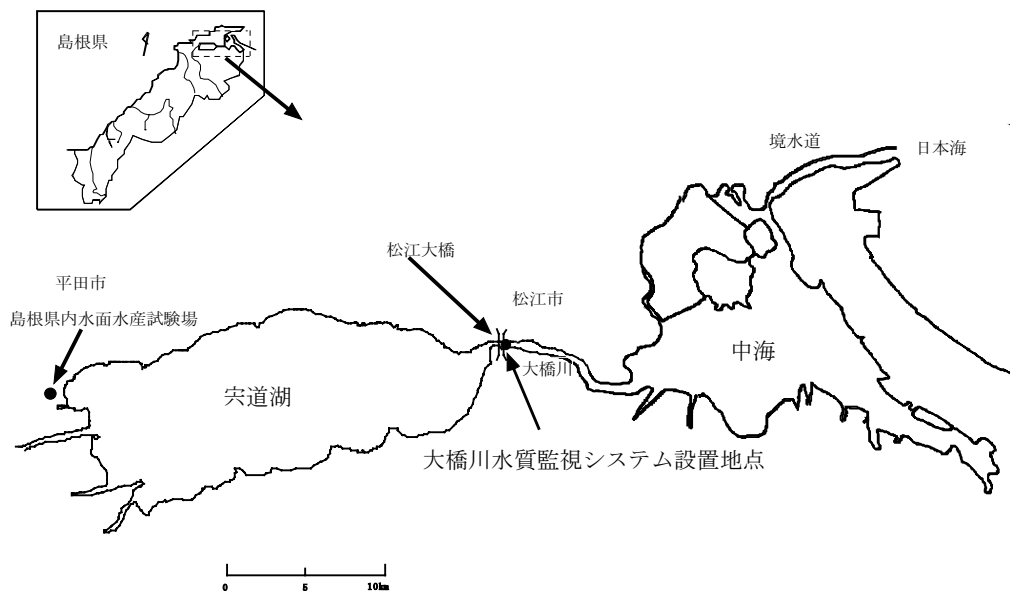


図2 調査地点図

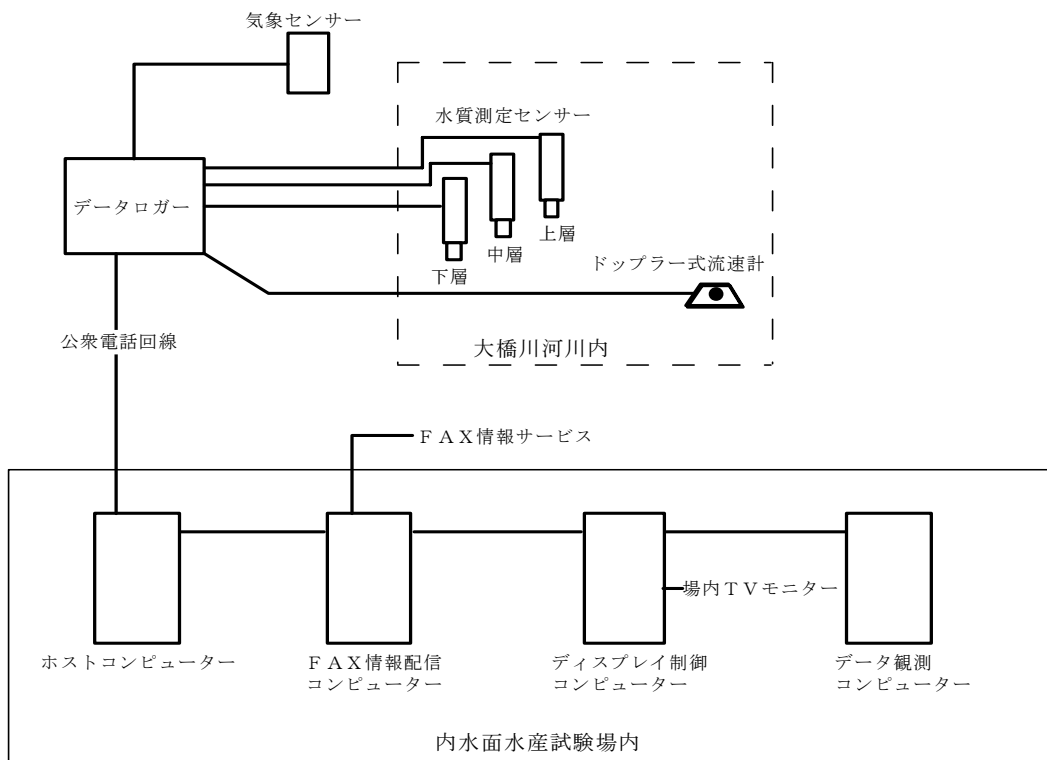


図3 システム概要

調査結果

1. 貧酸素水調査

(1) 塩分

図5～図7に示すように、宍道湖では1年を通じて全域で概ね1～20psuの範囲で分布していた。4, 7, 9, 11 および2月を除き、湖央部付近に10psuを越える高塩分水塊の形成が見られた。とくに、6月においては宍道湖の湖央部付近から大橋川入口付近で最大で19.8psuの高塩分水塊の形成が見られた。これは、中海から大橋川を通じて宍道湖に流入した高塩分水が水深の深い湖央部の底層付近に停滞し、上層との混合が起りにくい状態を示している。冬季の2002年1月以降は、湖央部付近から大橋川入り口付近(St. 37)に高塩分水塊の形成が見られたものの、他の地点では1～2psu程度の低い値を示していた。また、図5～図7に示されるように宍道湖における高塩分水塊の拡がり、水深の深い湖央部の底層付近に滞留し、解消されないと考えられる。また、湖央部付近に留まらず風による吹送作用により西部水域あるいは東部水域へと移動していると推察される。

中海では、1年を通じて西部水域(大橋川東端St. 1～St. 5)、流入河川河口(St. 11)および米子湾内(St. 32)を除いて概ね22～32psuの高塩分の分布を示していた。西部水域(大橋川東端)では、他の水域に比べて全体的に低い傾向にあった。これは、宍道湖から大橋川を通しての低塩分水の流入による混合によるものと推察される。

中海の高塩分水塊の拡がり、図5～図7に示されるように、日本海からの海水が中浦水門を通して湖央部および米子湾に向かって拡がっており、夏季に向かうにつれ広範囲にわたって高塩分水塊が見られた。

中海の場合、中浦水門を通じて流入した高塩分水は、米子湾方向に水深の深い航路沿いに流入し、中海全域に30psu程度の高塩分が拡がっていた。

7月調査時の底層付近では31.5psuと一年を通じて最も高い値が観測された(標準海水:35psu)。冬季(2001年1月以降)においては、夏季と比較して全域で3psu程度低い分布を示していたが、20psu以上の高塩分水塊は常に形成されていた。

(2) 溶存酸素濃度

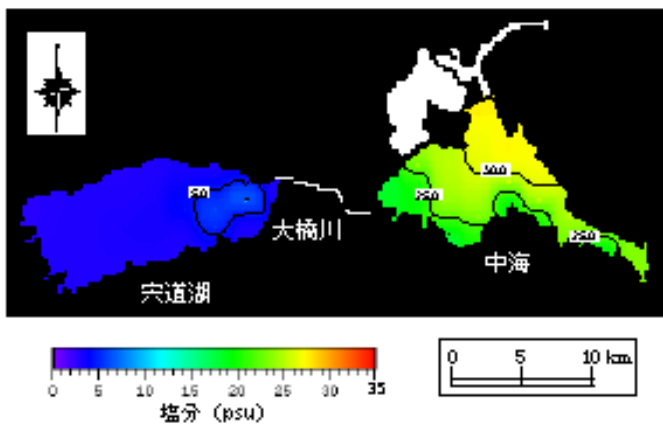
図8～図10に示すように宍道湖では、1年を通じて概ね1～12mg/lの範囲で分布していた。夏季にむかうにつれて塩分が上昇するとともに溶存酸素濃度は低下し、貧酸素水塊の拡がりが徐々に大きくなっていった。5, 6, 8月調査時には、湖央部付近から西部水域にかけて、ほぼ全域で2mg/l以下(最低値:0.2mg/l)の貧酸素水塊が形成されていた。7月調査時には、宍道湖南部水域で3.0mg/l以下の貧酸素水塊の形成が見られた。2002年1月以降は、湖央部付近で高塩分水塊の形成が見られるものの、溶存酸素濃度は6.0mg/l以上の高い溶存酸素濃度の分布を示し、貧酸素水塊の形成は見られなかった。

中海では、1年を通じて概ね0～12mg/lの範囲で分布していた。

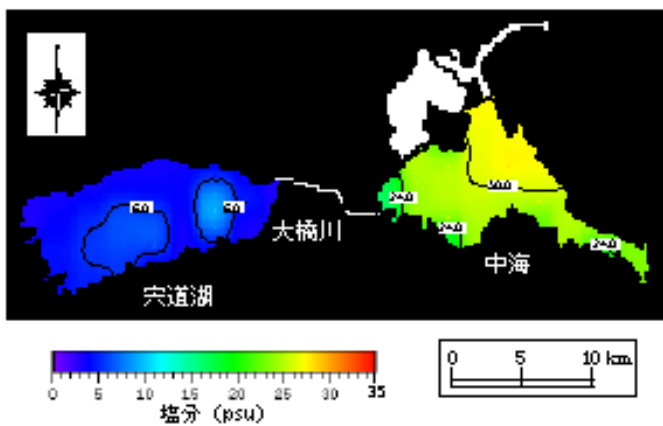
図8～図10に示されるように、2001年4月～12月の調査では、広範囲にわたって溶存酸素濃度が2mg/l以下となっており、ほぼ全域で底層の貧酸素化が生じていた。2002年1月以降の調査において、中浦水門から湖央部付近では他の地点と比較して高い溶存酸素濃度分布を示しており、顕著な貧酸素化は見られなかった。

中海の特徴は、季節的に若干の変動はあるが湖央部付近では、常に底層の貧酸素化が見られた。これは、海水の流入により安定した塩分躍層が形成され、潮汐や風の吹送が生じても塩分躍層を消滅させるほどではなく、時間経過とともに貧酸素化したものと考えられる。また、西部水域(大橋川東端St. 1～St. 5)付近については、宍道湖から大橋川を通して酸素を多く含んだ水の流入によるものと考えられる。

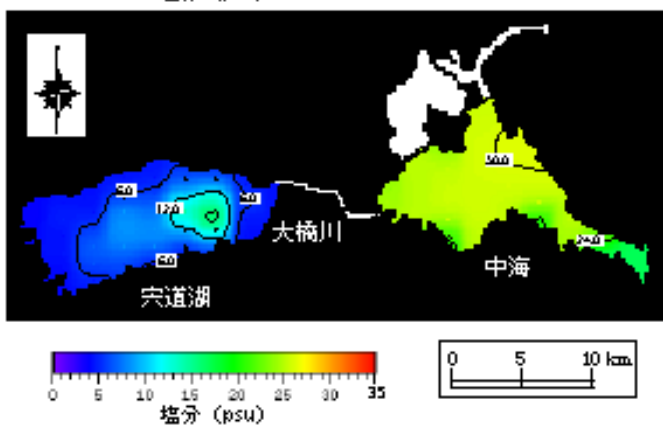
2001年4月



2001年5月



2001年6月



2001年7月

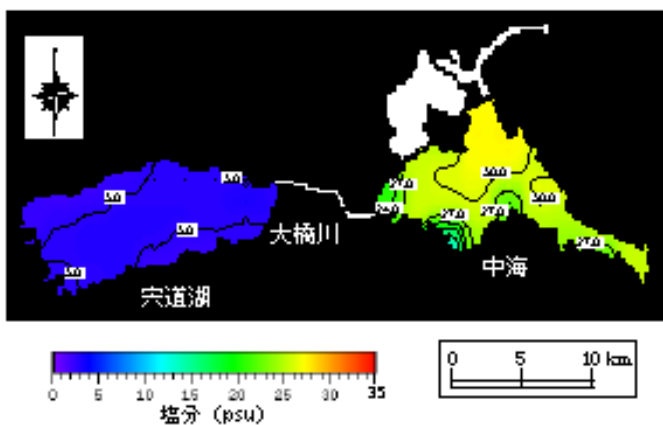
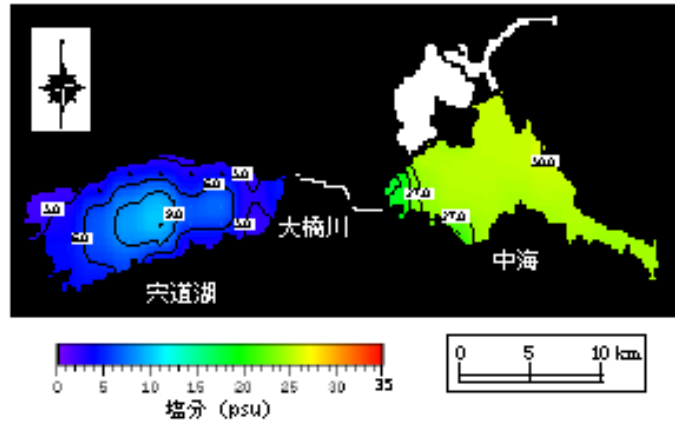
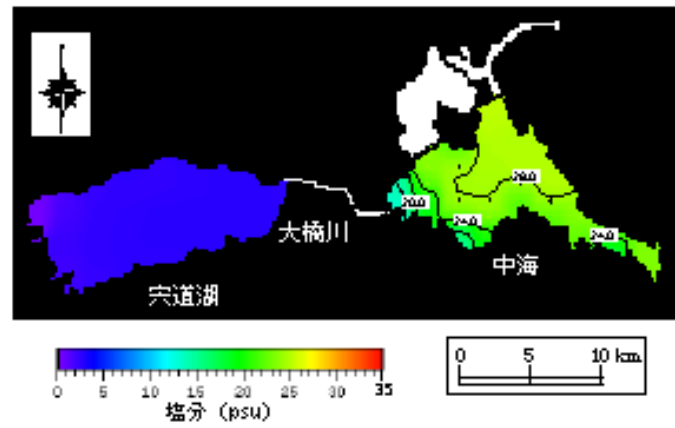


図5 底層における塩分の水平分布 (2001年4月~7月)

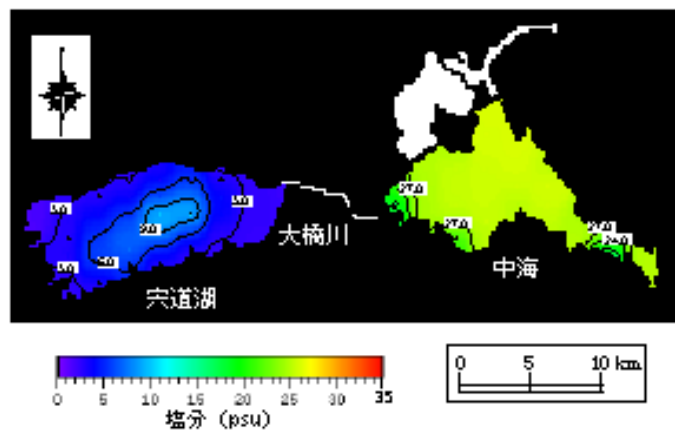
2001年8月



2001年9月



2001年10月



2001年11月

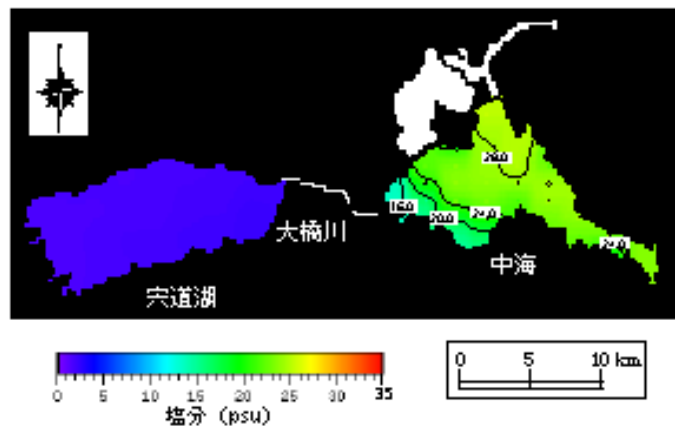
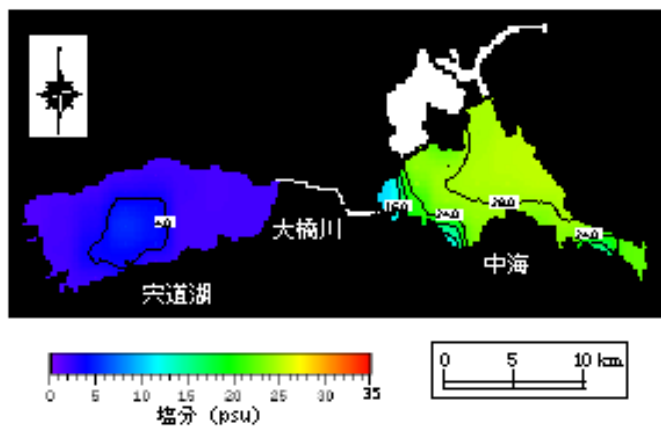
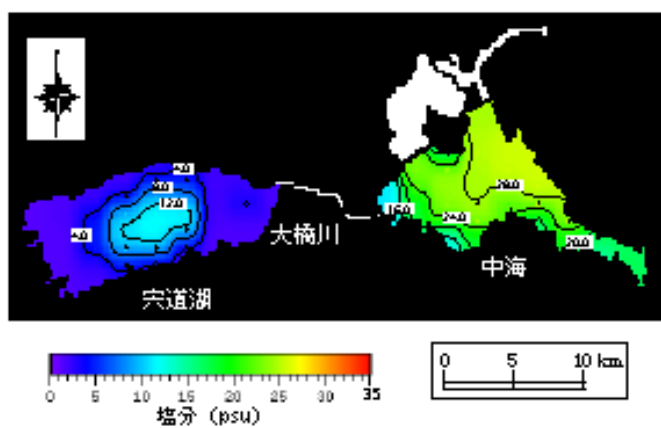


図6 底層における塩分の水平分布 (2001年8月～11月)

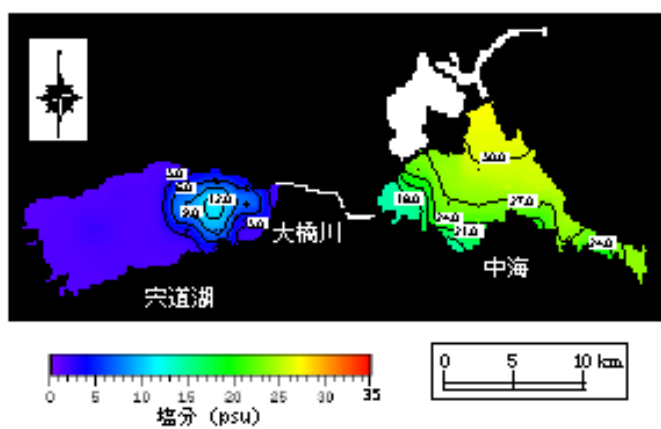
2001年12月



2002年1月



2002年2月



2002年3月

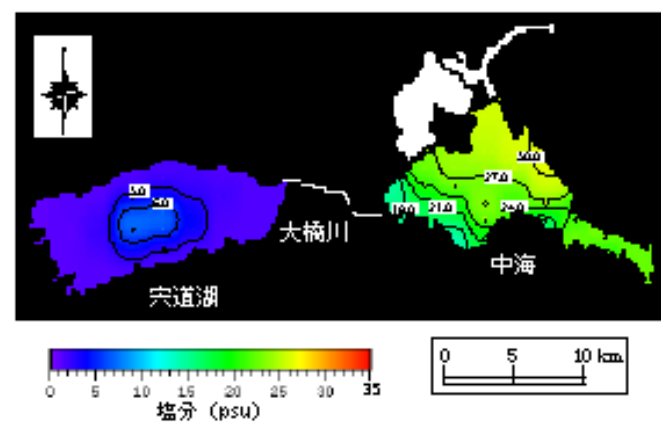
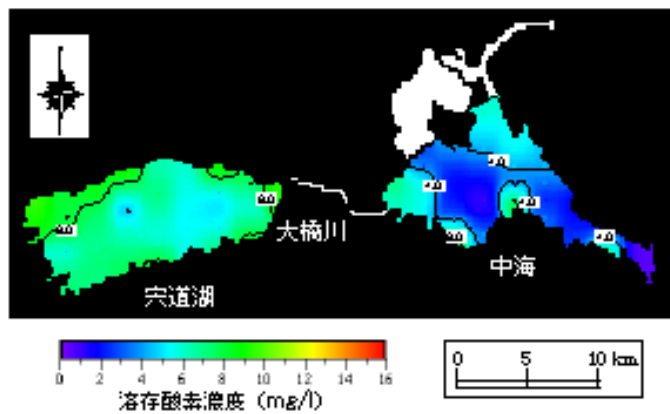
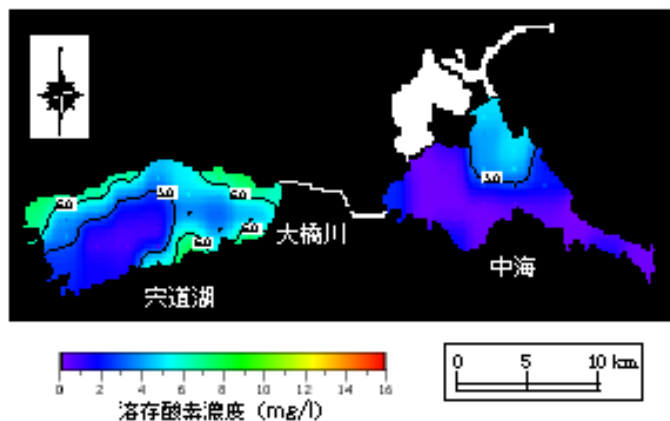


図7 底層における塩分の水平分布 (2001年12月~2002年3月)

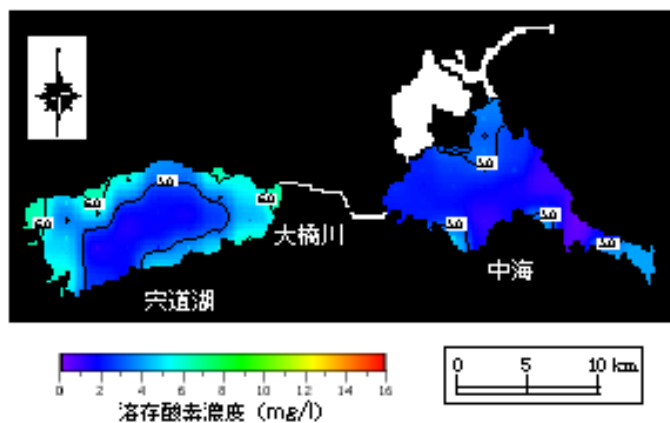
2001年4月



2001年5月



2001年6月



2001年7月

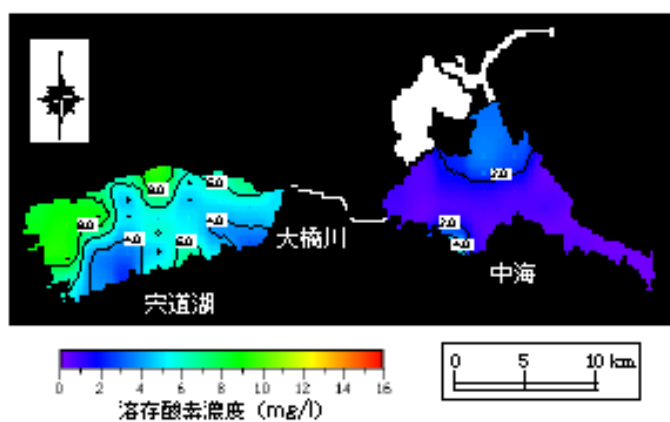
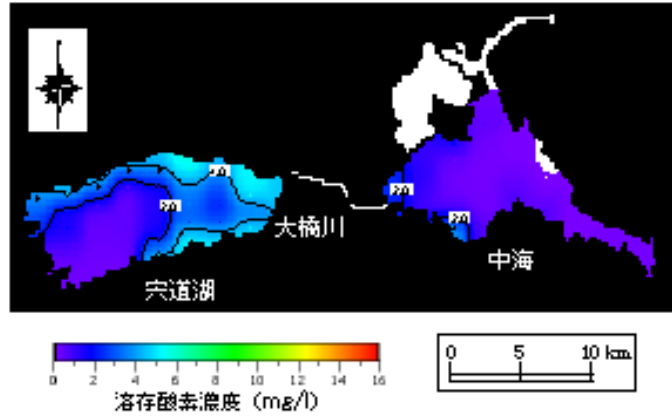
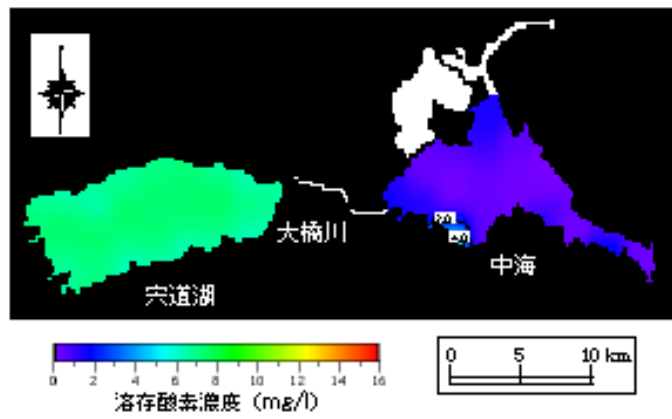


図8 底層における溶存酸素濃度の水平分布 (2001年4月～7月)

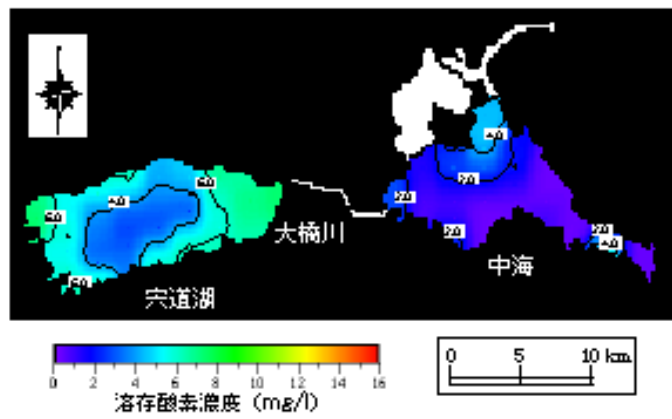
2001年8月



2001年9月



2001年10月



2001年11月

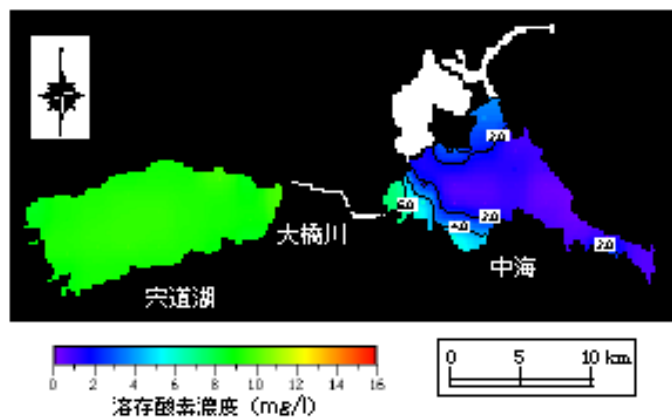
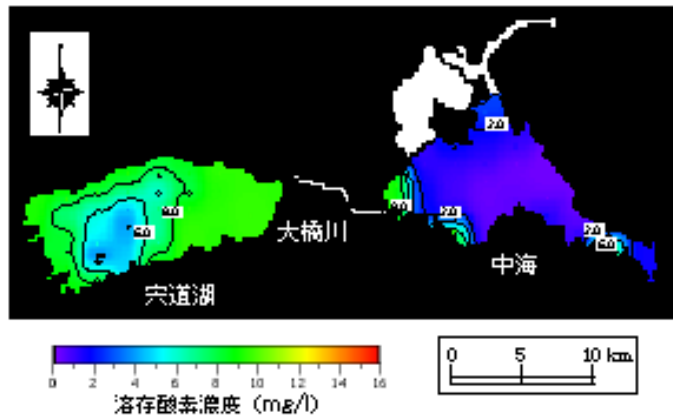
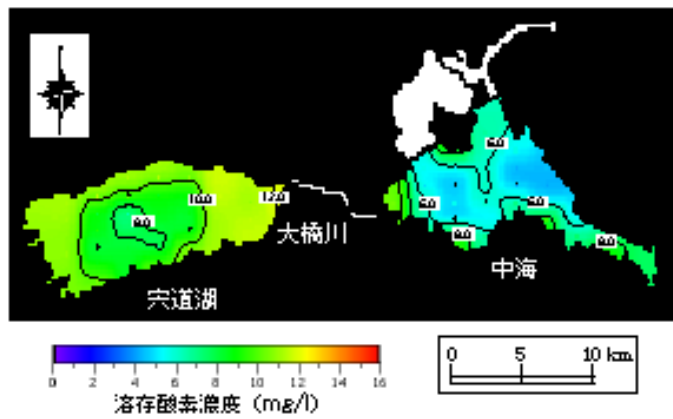


図9 底層における溶存酸素濃度の水平分布 (2001年8月～11月)

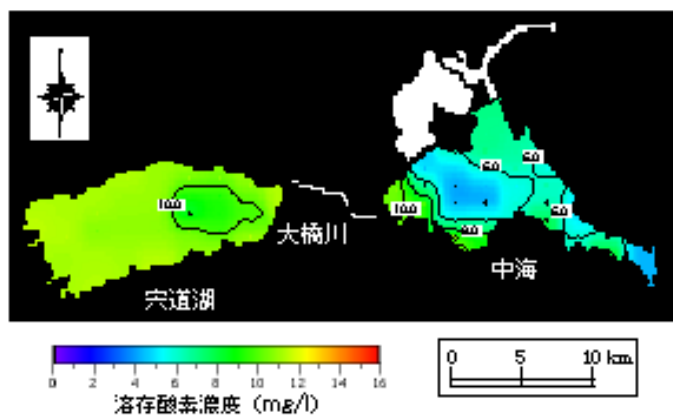
2001年12月



2002年1月



2002年2月



2002年3月

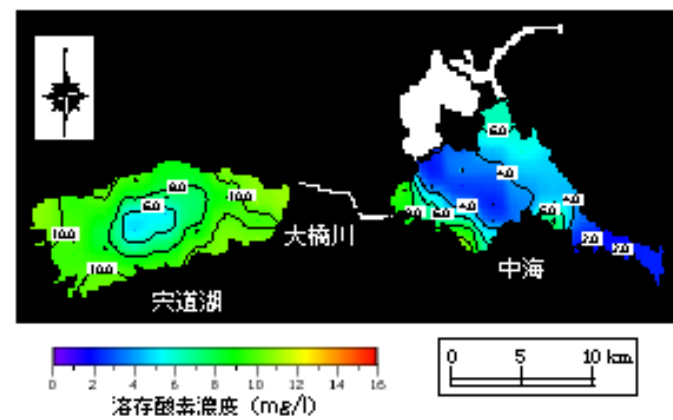


図10 底層における溶存酸素濃度の水平分布 (2001年12月～2002年3月)

2. 宍道湖流入・流出水調査

(1) 水質概況

図1-1に示されるように、水温は夏季に向かうにつれ徐々に高くなり、7月上旬～8月下旬にかけて30℃前後の変動であった。その後冬季に向かうにつれ徐々に低下し、2002年1月上旬に最も低く3℃程度となった。このように、水温変動は季節的な変動を示しており、層毎（水深）の差異は一年を通じてはっきりと現れなかった。また、高塩分水流入時に中層と下層の水温が2～3℃程度高くなる現象が見られることから、中海下層の高塩分水が宍道湖に直接流入しているものと推察される。

塩分については、一年を通じて頻繁に流入していることが示された。2001年7月～8月においては、高塩分水の流入頻度が最も多く、6月下旬および9月中旬には減少していた。このことは、梅雨や台風の影響によって宍道湖流域に降った雨量に関係があり、雨量にともない宍道湖水位が高くなったことが考えられる。

同様に、溶存酸素濃度の経年変化を見ると、夏季に低く、冬季に高い変動を示しており、水温変動とは逆相関の変動が示された。また、高塩分水流入時に下層の溶存酸素濃度が低下している逆相関の関係が見られた。このことは、水温の高い夏季には生物活動が盛んになり、水中の酸素消費および底泥の酸素消費が大きくなることが考えられる。また、気圧の関係により夏季には宍道湖水位が低くなり、中海からの高塩分水・貧酸素水が宍道湖に頻繁に流入しているものと考えられる。

(2) 気象概況

図1-2に示されるように、日射量は9月まではほぼ同様な変動を示していたが、10月以降は徐々に低下し、12月～1月が最も低い変動であった。

気温は、水温変動と同様に4月より徐々に高くなっており、7月下旬～8月下旬において最も高く、35℃程度まで上昇していた。その後、徐々に低くなり、2002年1月には-2～-3℃まで低下した。このように、夏季に高く、冬季に低い季節的な変動を示していた。

気圧変動は、夏季に低く、冬季に高い変動を示していた。このことは、7月～9月にかけては梅雨前線や台風の通過などによる気圧低下のためと推察される。とくに顕著な変動は、8月下旬に990hPa程度まで急激に低下していた。

図1-3に示すように、風向・風速はかなり変動にばらつきが見られ、2001年4月～2002年3月の期間中を通じて、東西方向の風が顕著であると考えられる。

(3) 流況

図1-4に示されるように、大橋川の流況は、潮汐による往復流が卓越しているものと考えられる。ただし、各月の月報においても報告されているように、塩水遡上がほとんど見られなかった時には、東方流速が卓越していた。このことから、雨量により宍道湖水位が中海水位より高くなり、中海からの塩水遡上および中海湖水の流入を妨げているものと考えられる。したがって、大橋川の流れは水位差に支配されていると推察される。

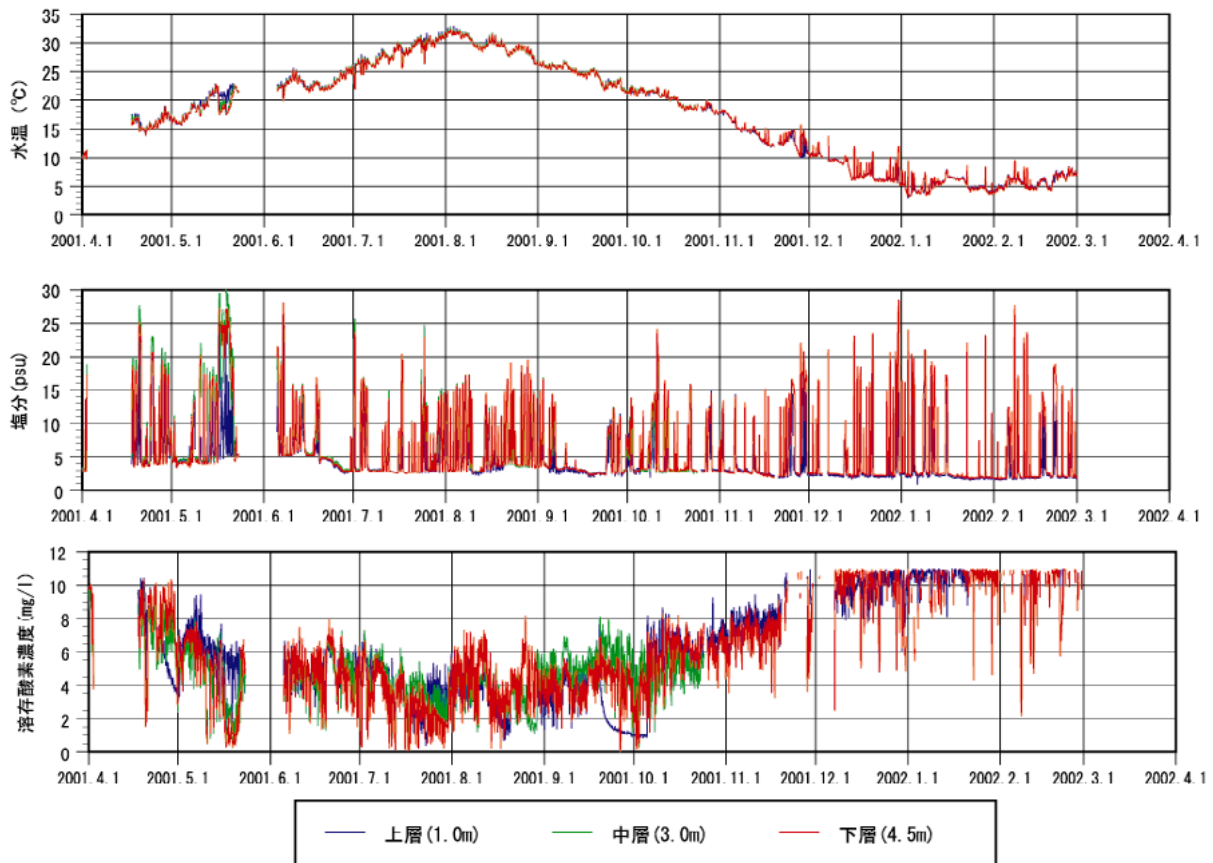


図11 水温・塩分・溶存酸素濃度の時系列変化 (2001年4月～2002年3月)

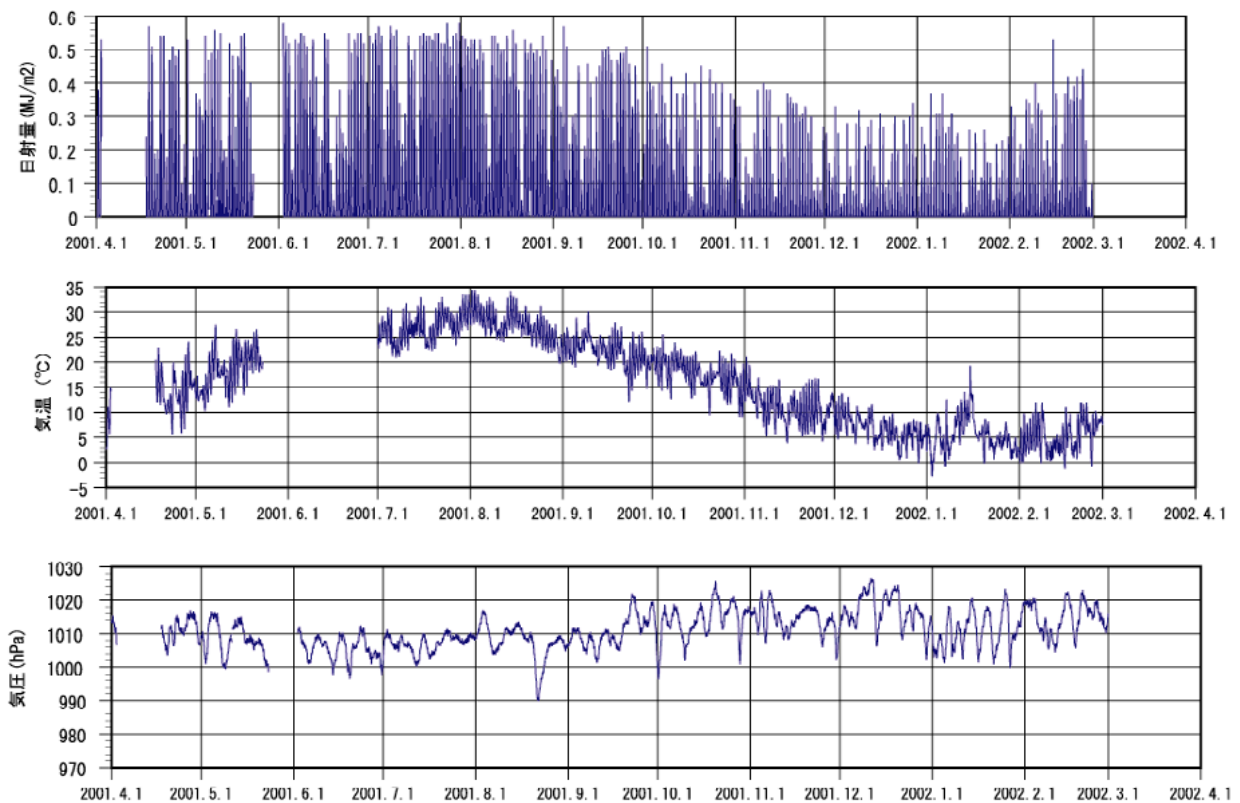


図12 日射量・気温・気圧の時系列変化 (2001年4月～2002年3月)

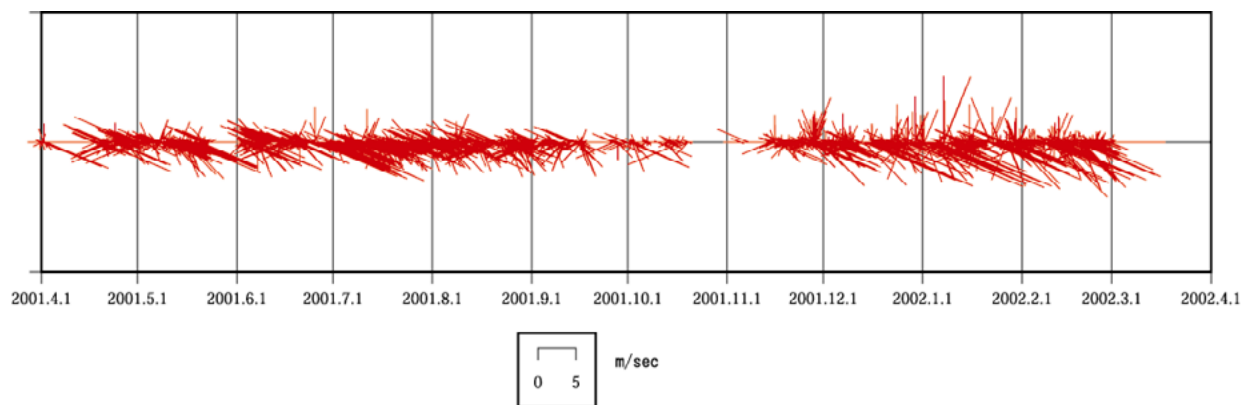


図13 風向・風速の時系列変化 (2001年4月～2002年3月)

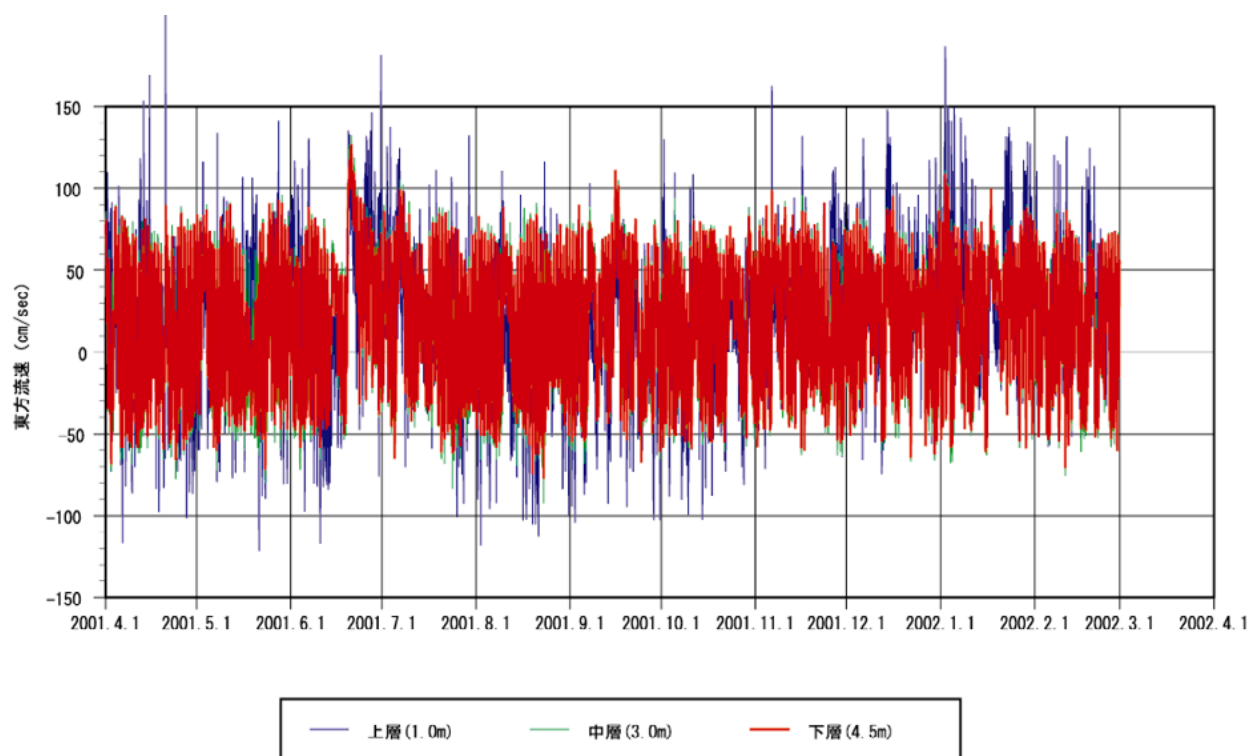


図14 東方流速の時系列変化 (2001年4月～2002年3月)

漂流版追跡による中海の流動観測の一例

森脇晋平¹ 島根県内水面水産試験場
大北晋也² 島根県内水面水産試験場
藤井智康³ 日本ミクニヤ (株)

Current Fluctuations in Nakaumi Measured with the Current Drogue

- 1) Shimpei Moriwaki: Shimane Prefectural Inland Fisheries Experimental Station, Hirata, 691-0076, Japan
Present address: Shimane Prefectural Fisheries Experimental Station, Hamada, 697-0051, Japan
- 2) Shinya Ohkita: Shimane Prefectural Inland Fisheries Experimental Station, Hirata, 691-0076 Japan
- 3) Tomoyasu Fujii: Mikuniya Corporation, Hiroshima, 734-0015 Japan

We report the current fluctuations in Nakaumi, enclosed brackish area with two-layered water structure in western Japan. It is based on the data derived from velocity measurements made by a method employing a current drogue to place in water and follow it by ship. Although a few exceptions occurred under the particular-geographical or hydraulical-conditions, the following results were obtained. They are: (1) Remarkable changes in the surface current occur in company with fluctuations of the sea wind. (2) Surface water flowed in the wind direction with the speed of about 2% of the sea wind velocity. (3) The bottom currents moved clockwise influenced by the tidal changes. (4) The velocities of bottom current ranged between 3.9 and 5.3 cm/s.

Key words: Nakaumi, current, wind, water level current drogue

1. はじめに

中海は中浦水門から進入する日本海由来の海水と大橋川から流入する河川系水とによって、周年にわたって強固な密度躍層を形成する特異的な海洋構造を示す。この躍層は強風によっても破壊されることはない(福岡ほか1999)。このため暖候期には中海下層に進入した海水は有機物の分解による酸素消費により急速に貧酸素化する(例えば森脇ほか2003)。貧酸素化した水塊は漁場の劣化に影響をおよぼす最も大きな要因のひとつであり、今後の環境修復を積極的に推進していくためにもその実態を解明していく必要がある。

この貧酸素水塊の挙動を明らかにするためには中海の流れ場の実態—海水交換の過程—を解明することが重要な課題のひとつである。流れの構造を把握するにはいくつかの方法があるが、その中のひとつの漂流版を追跡するいわゆるラグランジュ的観測は、「もの」の行方や変質を把握する場合には確実に有効な手法である(杉本・森永1991)。しかしながら、中海においてラグランジュ的測定が実施されたのは数例であり(横山ほか1997, 福岡ほか1997)、得られた知見も断片的なものにとどまる。このような背景から、筆者らは中海において漂流版追跡調査を実施したが、今回その結果を報告する。

2. 調査方法と資料

調査対象海域の中海の地理的概要を図1に示した。

今回の調査で用いた測流方法は試験船で漂流版を追跡するラグランジュ法である。各調査期間中、島根県内水面水産試験場所属の調査船（8.5総トン）によって漂流版を投入し、これを追跡することによって流況を調べた。漂流版の位置は原則として投入後1時間ごとに試験船装備のGPSおよびレーダーを併用して決定した。

測流に使用した漂流版の概要を図2に示したが、表層の測流には抵抗版の中心位置が水面下1m、底層の測流には水面下5mに設定した漂流版を用いた。漂流版を追跡できたのは表層で10シリーズ（表1）、底層で6シリーズ（表2）であった。漂流版の位置を決定するときに試験船に装備した風向風速計（海面上4m）によって海上風を観測した（表3&4）が、風向については流れの変動と対比するため「風の吹いていく方向」を風向として算出表示してある。

水位変動については中海中央部のP点（図1）において国土交通省出雲工事事務所が測定した資料を用いた。

3. 結果

（1）表層の流れ

抵抗版の中心位置を水深1mに調節した漂流版を追跡し、得られた流跡を図3に示した。

1回次調査では、投入後漂流版は北上した。10時間後、漁具との接触により停止したので回収し、再びもとの地点に投入した。その後は西向きに移動していったが、流跡と中海の水位変動との関連性は認められない。海上風は最初の投入後20時間は西風であり、その後はやや強い北風に変わった。

2回次、3回次調査の流跡は海上風の変動とよく対応している。4月24日の投入後2時間は西風であったがその後は北向きの風になり、それに追従するように流跡も北向きに転進した。25日は南西向きの強風が卓越しており漂流版はそれに沿って平均流速14.4cm/sの観測期間中では最も早い流速を示した。

4回次調査では上げ潮には南下しその後の西向きの風で西に進んだ。5回次調査の流跡は弱い南下傾向を示したが、風速は弱くて風向も安定せず、また水位変動も小さく、両者とも明確な関係はみられなかった。

6回次調査の期間は下げ潮時であったにもかかわらず西向きの風に沿う流跡を示した。7回次調査では5回次調査とほぼ同じ流跡を示した。水位は上げ潮であったが、海上風は弱く一定しなかった。

8回次調査は中浦水門近くの水域で行った。転潮時は海上風も弱かったが下げ潮時には北向きのやや強い風になり、潮と風とが共に作用するかたちで急速にスピードを増して北上していった。

9回次調査と10回次調査は中海西部の大橋川河口部で実施した。9回次は調査期間中一定して北東方向の流跡を示し、水位変動や海上風の変動とも関連性は指摘できない。10回次調査では流跡は北上を示した。風は弱く、水位は転潮時から下げ潮にかけてであった。

以上のように、表層の追跡調査は1回次を除いて4～8時間と短時間であったが、（1）流跡は海上風の変動に反応しているように認められる場合もあるが、必ずしもそうとはいえない事例もあった。また（2）水位変動との関連では特に顕著な関連性を指摘することはできなかった。

（2）底層の流れ

抵抗版の中心を水面下5mに調節した漂流版を追跡した結果（図4）は以下のとおりである。

1回次調査では追跡時間は5時間に留まったが、漂流版は時計回りに約半周の軌跡を示した。風は強い南東風であった。

2 回次調査では 23 時間追跡した。流跡は時計回りのループ状を呈した。水位と流跡との関連をみると、転潮の時刻と流向が変わる時刻との間に数時間の遅れがあるがほぼ対応しており、上げ潮時には南下し、下げ潮時には北上するという傾向がみられる。海上風との関連性は特には認められない。

3 回次調査は約 24 時間の追跡ができた。漂流版は時計回りの円周の軌跡を描いた。1 周に要する時間は 21~22 時間であった。上げ潮時に南下して下げ潮時に北上するという傾向は今回も認められる。海上風は投入直後から 10 時間は東寄りの 4 m/s 台であったが、その後は 2 m/s 台以下で経過した。

4 回次調査の流跡は、漂流版投入後 12~13 時間までは時計回りの楕円軌跡を描いたが、その後は東進し続け、従来の流跡パターンとは異なった。東進時の海上風は西寄りの 2 m/s 台と弱かった。水位変動との対応関係は指摘できない。

5 回次調査は中海北部海域の中浦水門付近で行った。この回次では流跡と水位変動との強い関連性が認められた。投入直後の 3 時間は下げ潮に転じる直前であったが漂流版は南東方向に進み、下げ潮になると速度を増して転潮時まで北上していった。上げ潮になると南下傾向を示したが、その後の日潮不等の緩やかな水位変動に呼応して短時間に北上、南下の移動がみられた。海上風は北上時には北向きの風で漂流版の進行方向と同じであったが、それ以外は風速は 1~2 m/s 台と弱く風向も安定しなかった。

6 回次調査は中海の西部寄りの水域で実施した。投入後約 10 時間で時計回りに 3/4 周したのちに北西方向へ移動した。その後上げ潮に転じると南下傾向を示し、下げ潮になると北東へ逆転した。このようにこの回次も流況は水位変動と連動傾向がみられ、上げ潮時には南下、下げ潮時には北上傾向を示した。海上風は 3 m/s 台以下で卓越した風ではなかった。

底層に設置した漂流版追跡から得られた流跡によると、(1) 上げ潮時には南下、下げ潮時には北上傾向がみられ、(2) 移動方向が変化した時刻は水位変化の時刻と対応する場合がしばしばみられ、(3) 時計回りにループ状の弧を描いて移動する場合が多い。(4) 海上風との関連性は特には認められず、(5) 24 時間近く追跡できた調査結果から推定した平均速度は 3.9~5.3 cm/s の範囲にあった。

(3) 海上風と流れの関係

表層の漂流版の流跡は海上風との関連がうかがわれたので、平均流速の北成分と東成分をそれぞれ海上風（吹いていく方向を風向とした）の北成分と東成分とで対比した（図 5）。測定海域の水深がエクマンの摩擦深度に比べて充分小さいなら風によって引き起こされる流れはほぼ風の吹いていく方向に向かう（例えば永田 1981, 能沢 1985）。測定された海上風の条件から摩擦深度を推定すると 25~70m 程度である。中海の平均水深(D)は 5.4m であるので、摩擦深度 (DE) より充分浅く ($D < 0.25DE$)、流れは風の吹いていく方向に従うことが予想される。

この予想から大きく外れる点は東成分（図 5、上）では 2 つ、北成分（図 5、下）では 1 つあった。これらの点はいずれも調査海域西部の大橋川河口近辺で実施されたという共通点がある。これらの点を除いて両者の間の回帰直線には有意な相関が認められた（北成分： $P < 0.05$ ，東成分： $P < 0.01$ ）。北成分では風の弱い日の流速は予想される回帰直線から外れる傾向があり、流れの変動場に海上風以外の要因が作用していることを示唆している。また、一般に広い海域では風速の 2~3% が吹送流となることが知られている（宇野木 1993）が、回帰直線の傾きは北成分で 0.023, 東成分で 0.018 となり、中海でも海上風速の約 2% の表層流が生じていることが観測された。

一方、海上風と底層流との関係には表層で観測されたような明瞭な相関関係は認めがたい。良く知られているように、中海には強い密度躍層が存在する。今回の調査において得られた水温・塩分の鉛直分布の一例を図 6 に示したが、水深 2~4 m 付近に強固な躍層が認められる。海上風あるいは後で述べるように表層流と躍層以深との流れとの間に明瞭な対応関係がみられないのはこの躍層の存在が無視できないであろう。

(4) 躍層の上下での流れの差異

すでにみたように表層と底層では流れのパターンは異なっているが、両者の関係をさらに詳しく検討するため表層の流れの北、東成分とその観測時間に対応する底層の流れの北、東成分とを対比した(図7)。北成分、東成分とも表層と底層の流れには一定の傾向はみられない。海上風と表層流動との関係(図5)でみたような特異点の存在も指摘しにくい。

表層と底層が同時に観測できたのは4～8時間と短い、今回の調査からは躍層の上下で流れは大きく異なっていることが明らかになった。

4. 若干の議論

今回の漂流版追跡調査では表層が10シリーズ、底層が6シリーズの観測を行うことができた。各シリーズの観測で24時間近く追跡できたのは表層で1回、底層で6回であったが、従来の中海におけるラグランジュ観測(横山ほか1997, 福岡ほか1997)に比べて充実したものといえよう。観測手法としては調査船で表流版に追随して観測情報を収集するというベーシックな手段であったが、測器は比較的安価に製作できて自動測位記録器による誤差を考慮する必要はなく、漂流版の接触状況の確認も可能であり精度のよいデータを得ることができた。

表層流は海上風と密接に関連しており(図5)、海上風の変動に呼応して流動していることが明らかになった。ただし、海上風だけでは説明できない事例も観測された。1回次はそのような特異日のひとつであったが、当日の水位変動を宍道湖のそれも考慮してみると、全調査時間中において中海の水位が宍道湖のそれより高い状態を保持していた(図8)。この水理条件により表流版は海上風には従わず終始西向きに進んだものと思われる。9回次調査も海上風の変動に従わない例外の観測事例であるが、1回次のように宍道湖水位と関連づけて検討しても説明できなかった。大橋川河口のごく近傍という特別な地理的な影響があるのかも知れない。このような水理的、地理的条件を除けば中海の表層流は海上風の吹き去る方向に進行し、その速度は海上風の約2%程度であると推定できる。

他方、底層の流れは表層のそれとは異なっている(図7)。これは強い躍層の存在(図6)が影響していることは間違いないが、これまで表層と底層とを同時に測流した事例はなく貴重な観測といえよう。

底層流は水位変動との対応が指摘できる。すなわち上げ潮時には南下、下げ潮時には北上の流跡の傾向がみられ、流向が変わる時点は転潮時である場合が多く、また日潮不等が大きくて水位差が少なかった場合には流跡変動も不安定になることもあった。ただ水位変動との対応関係がみられない事例もあった。4回次観測がそれに相当するが、この原因についてはよく分からない。

流速は3.9～5.3cm/sの範囲にあり、横山ら(1997)の結果と同程度であったが、流跡にはこれまでの報告にはみられないループ状や時計回りの円周状のパターンが出現した。時計回りの流跡を描いていることに対応して流動成分の中には慣性振動による変動の含まれている可能性が考えられる。得られた事例から周期はおおよそ20時間であり、中海の緯度に対応する慣性周期は20.7時間でほぼ一致するが、観測例が少なく得られた資料の精度からして日周潮周期による流動変動との分離はきわめて困難である。

以上のように、表層の流動は海上風の変動に、底層のそれは水位変動にそれぞれ呼応して変動している傾向が強いが、水理的条件や地理的条件あるいはそれらの組み合わせによってはまったく異なった流動を示すことも観測され、今後も事例の蓄積が重要であるように思われる。

謝辞

漂流版の作製には島根県内水面水産試験場主任施設管理技師森山勝氏に全面的にお世話になった。水位変動の資料は国土交通省出雲工事事務所から提供いただいた。ここに記して深謝する。

参考文献

- 福岡捷二・中村剛・池内幸司・日比野忠志(1997)時空間同時測位装置を用いた閉鎖性汽水湖内部の流れ場の観測と解析. 海岸工学論文集 44, 431-435.
- 福岡捷二・黒川岳司・日比野忠史・鈴木篤・中村剛・上原浩(1999)中海における気象変化に伴う流れと貧酸素水塊の挙動 土木学会論文集 No. 636, 61-79.
- 森脇晋平・大北晋也(2003) 中海に出現する貧酸素水塊の海況学的特性と海洋構造 LAGUNA (汽水域研究) 10,
- 永田 豊 (1981) 海流の物理. 講談社ブルーバックス (B-456), 227pp.
- 能沢源右衛門(1985) 新しい海洋気象学. 成山堂書店, 307pp.
- 杉本隆成・森永健司 (1991) 漂流系による調査法 水産海洋特論 (川合英夫 編著) 京都大学学術出版会, 329-343.
- 宇野木早苗(1993) 沿岸の海洋物理学 東海大学出版会, 672pp.
- 横山康二・津田良平・石飛裕(1997) 漂流ブイによる中海底層水塊の移動と水質変化. 中海湖底貧酸素化調査業務調査成果報告書 (関西水圏環境研究機構) 47-80.

図表の説明

図1 調査研究場所の地理的概要

Fig.1 Geography of the study area.

図2 調査に用いた漂流版の構造

Fig.2 Construction of the current drogue used for Lagrangian current measurement in Nakaumi.

図3 表層(1m深)における漂流版の流跡

Fig.3 Trajectory of a current drogue at the depth of 1m.

図4 底層(5m深)における漂流版の流跡

Fig.4 Trajectory of a current drogue at the depth of 5m.

図5 海上風の北及び東成分と表層流のそれらとの相関

Fig.5 Correlation between north/east components of wind and those of surface current.

図6 2001年7月18日、35° 27.72'N, 133° 11.14'Eにおける水温・塩分の鉛直分布

Fig.6 Vertical distributions of water temperature and salinity at the point(35° 27.72'N, 133° 11.14'E), July18 in 2001.

図7 表層流の北及び東成分と底層流のそれらとの相関

Fig.7 Correlation between north/east components of surface current and those of bottom current.

図8 2000年11月7~8日の中海と宍道湖中央部における水位変動

Fig.8 Changes of water level at the center of Nakaumi and Shinjiko, Nov.7-8 in 2000.

表1 1 m深における漂流版追跡の概要

Table 1 An outline of the current drogue tracking at the depth of 1m in Nakaumi.

表2 5m深における漂流版追跡の概要

Table 2 An outline of the current drogue tracking at the depth of 5m in Nakaumi.

表3 表層の漂流版追跡時における海上風の状況

Table 3 Wind conditions during the current drogue tracking in Nakaumi(surface).

表4 底層の漂流版追跡時における海上風の状況

Table 4 Wind conditions during the current drogue tracking in Nakaumi(bottom).

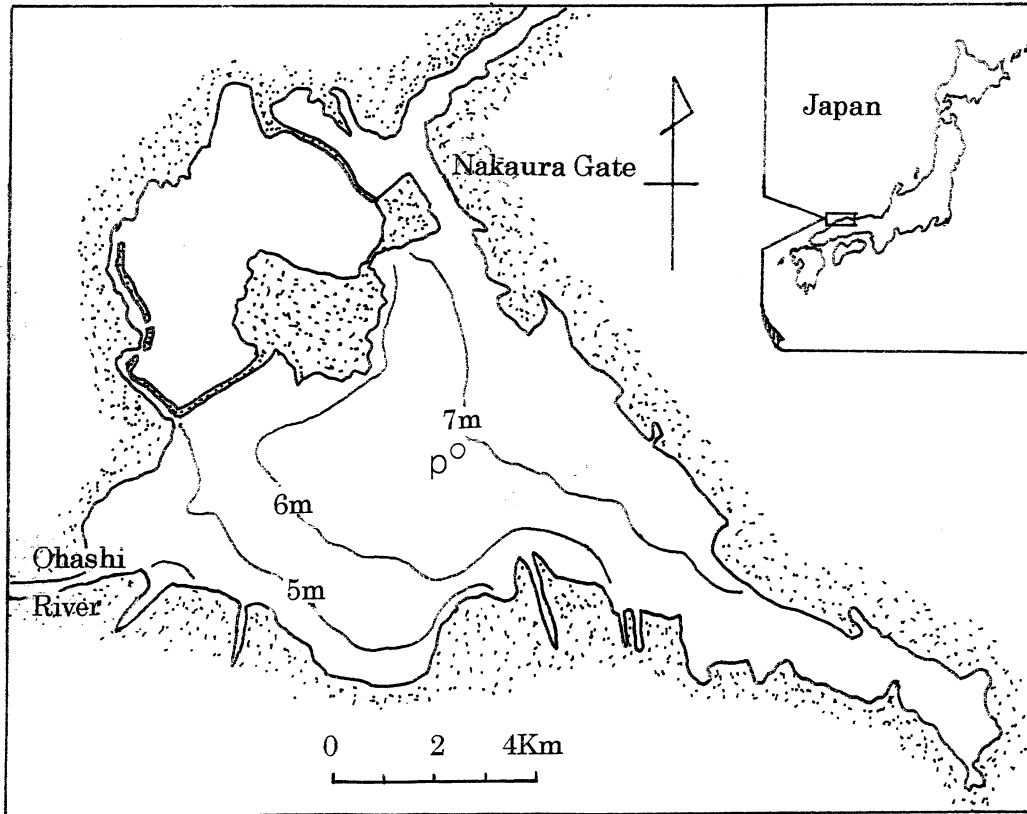


図1 調査研究場所の地理的概要

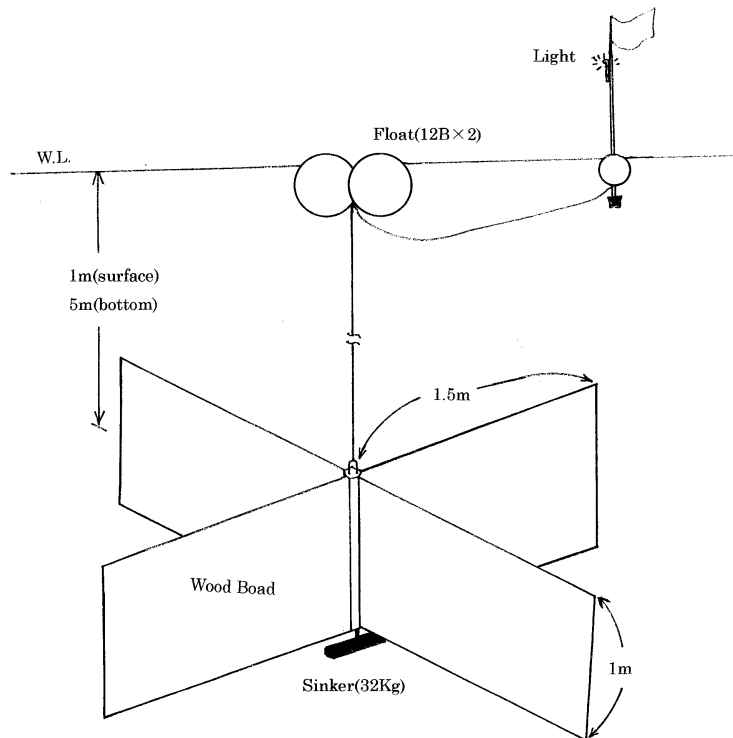


図2 調査に用いた漂流版の構造

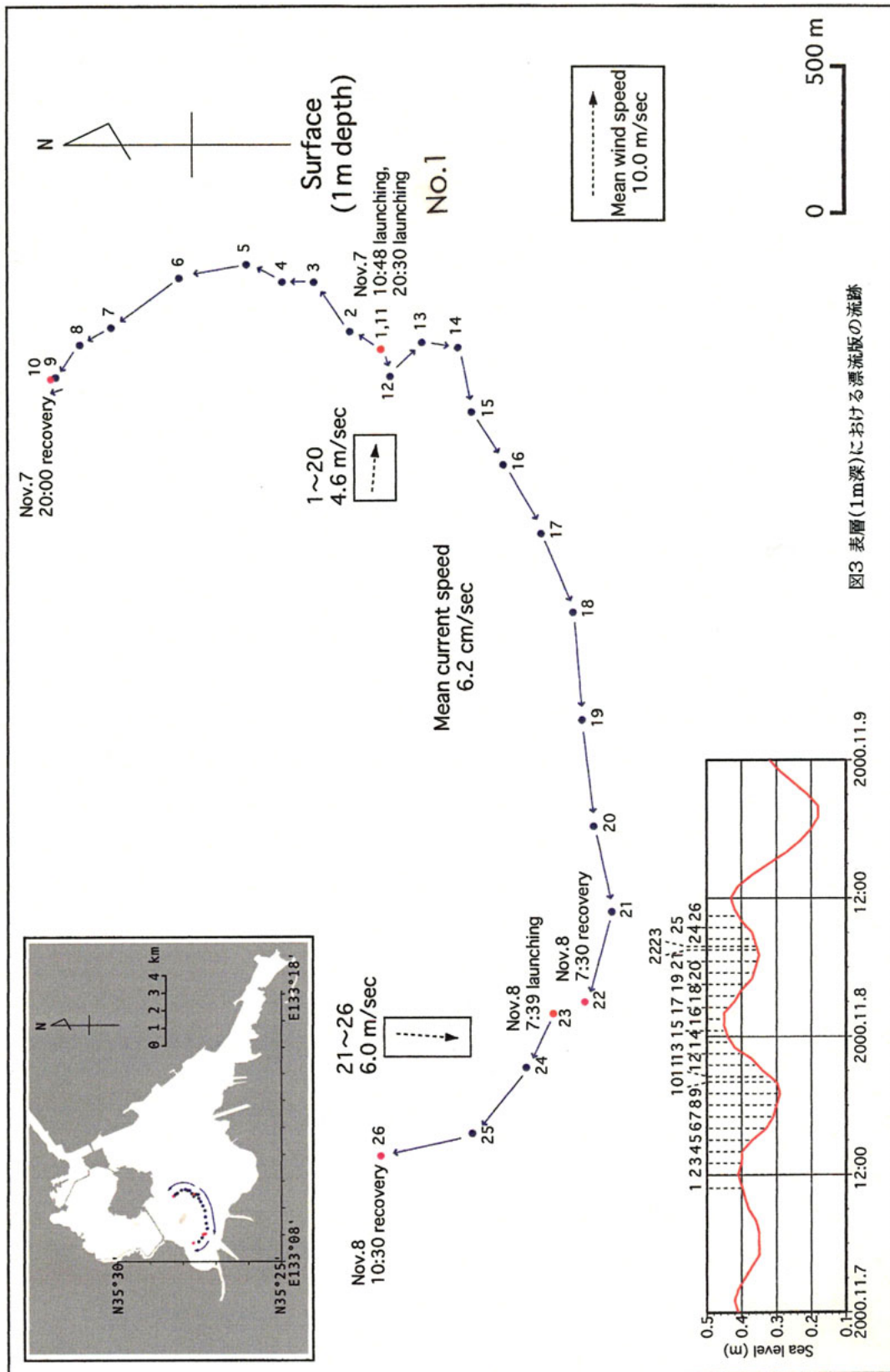
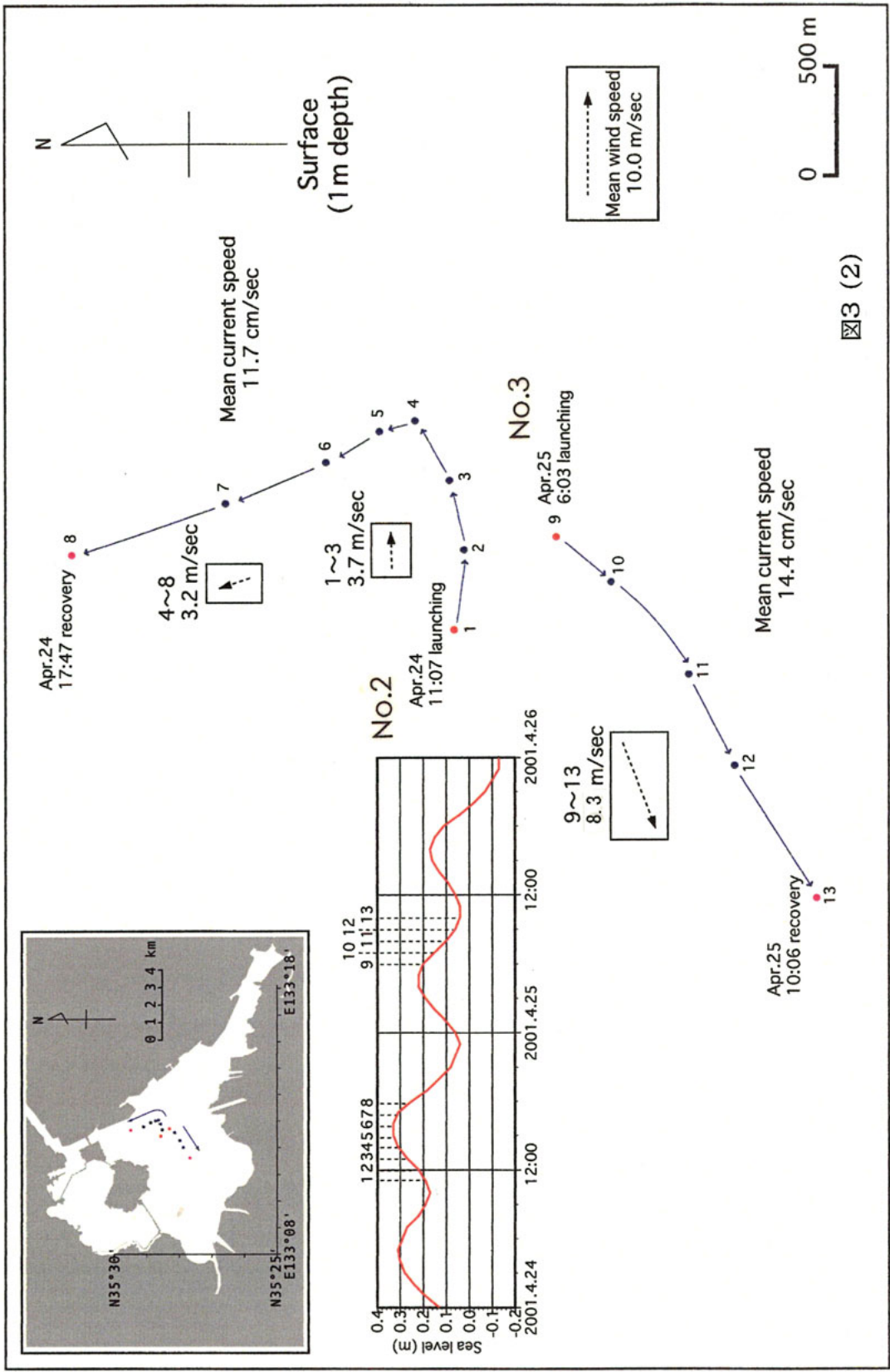


図3 表層(1m深)における漂流版の流跡

図3 表層 (1m深) における漂流版の流跡



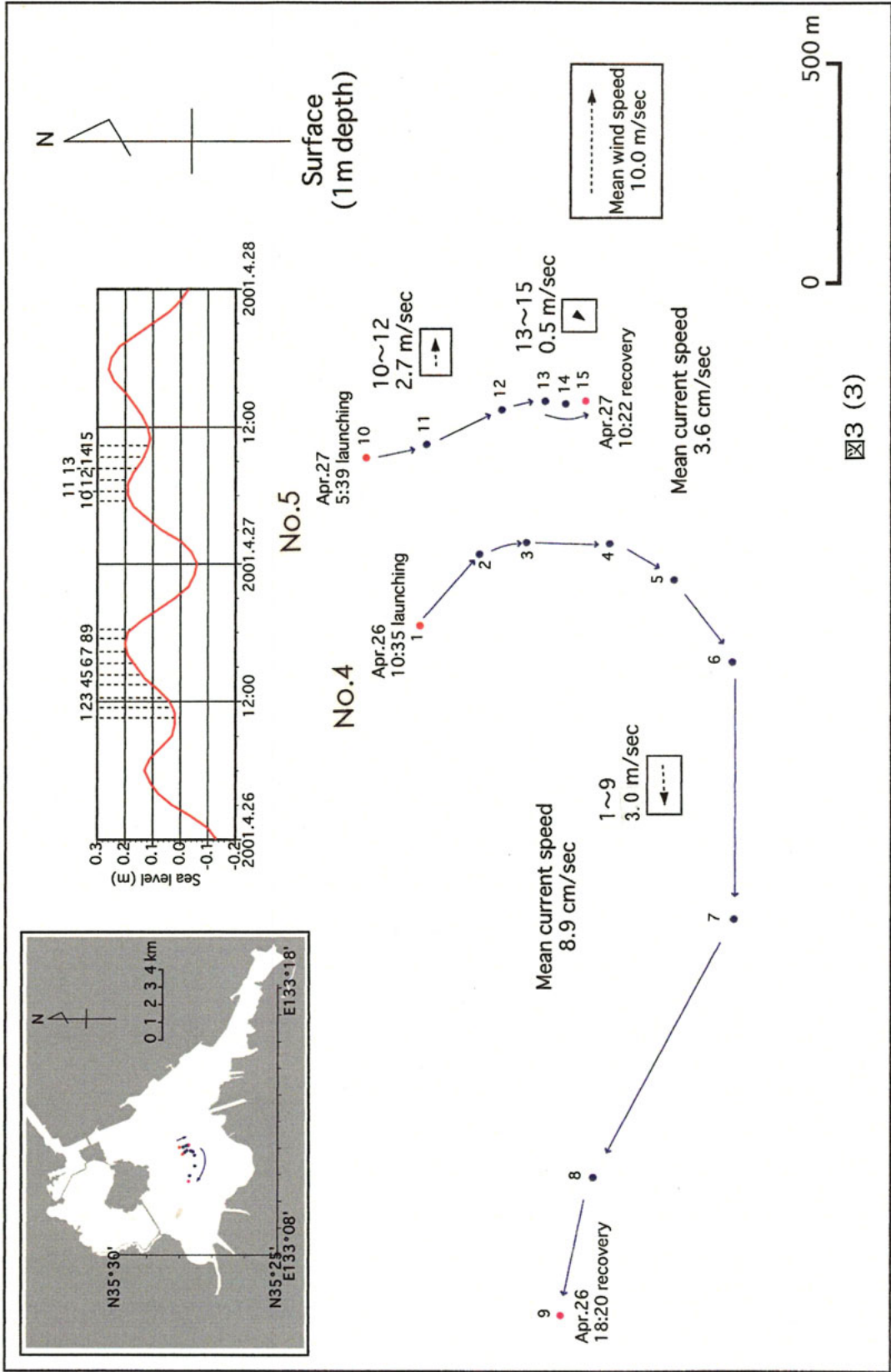
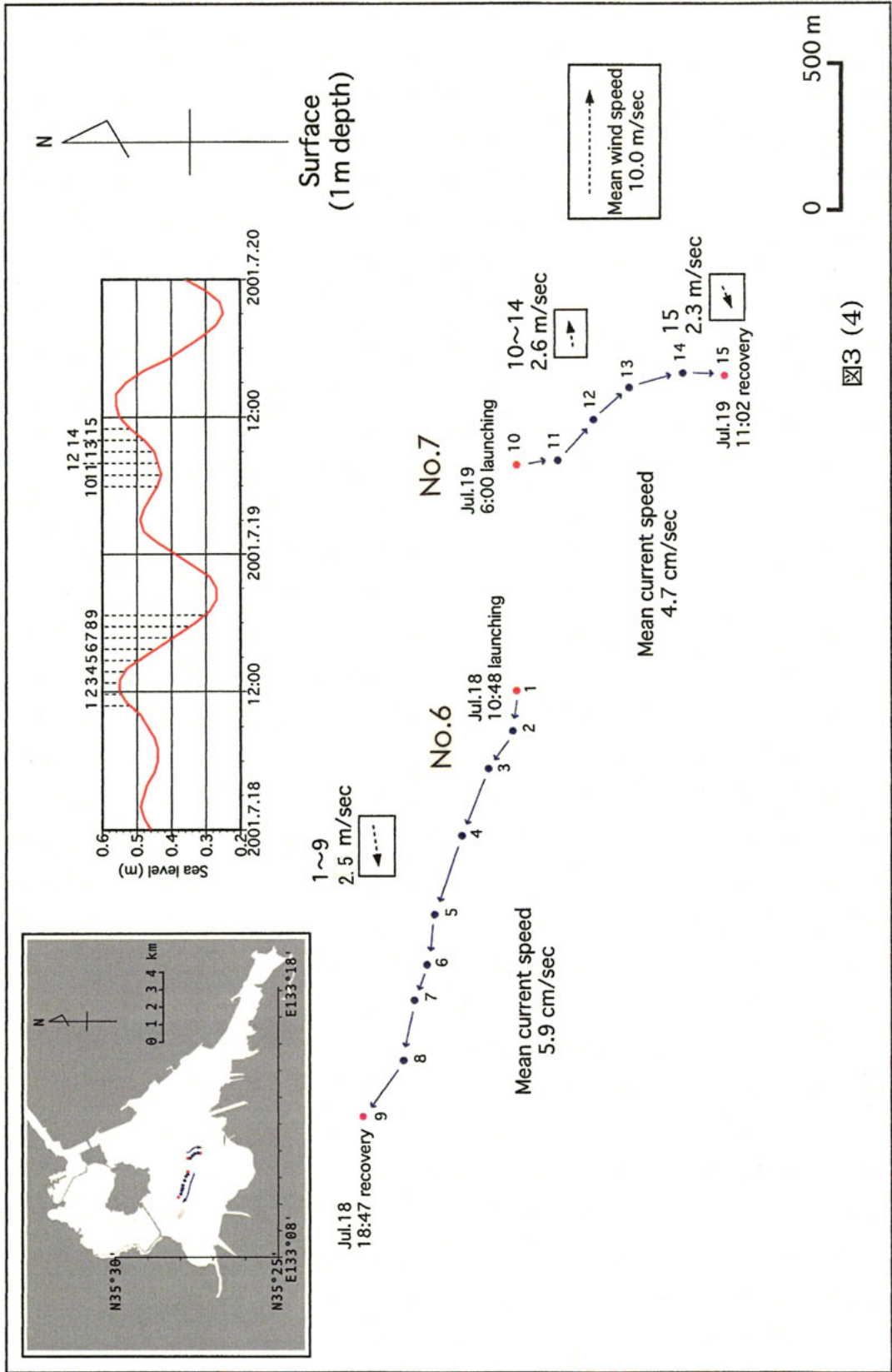


図3 (3)



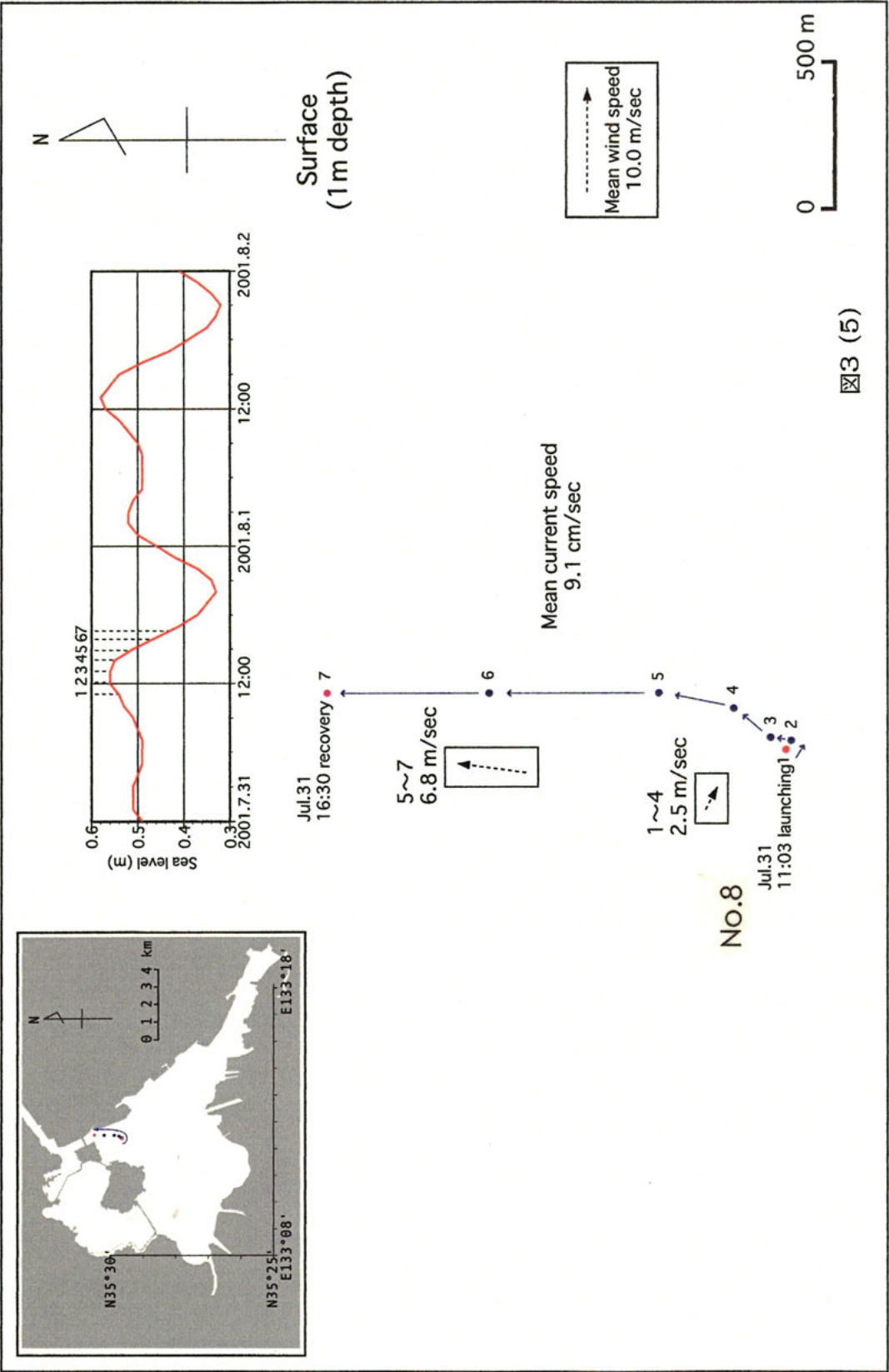
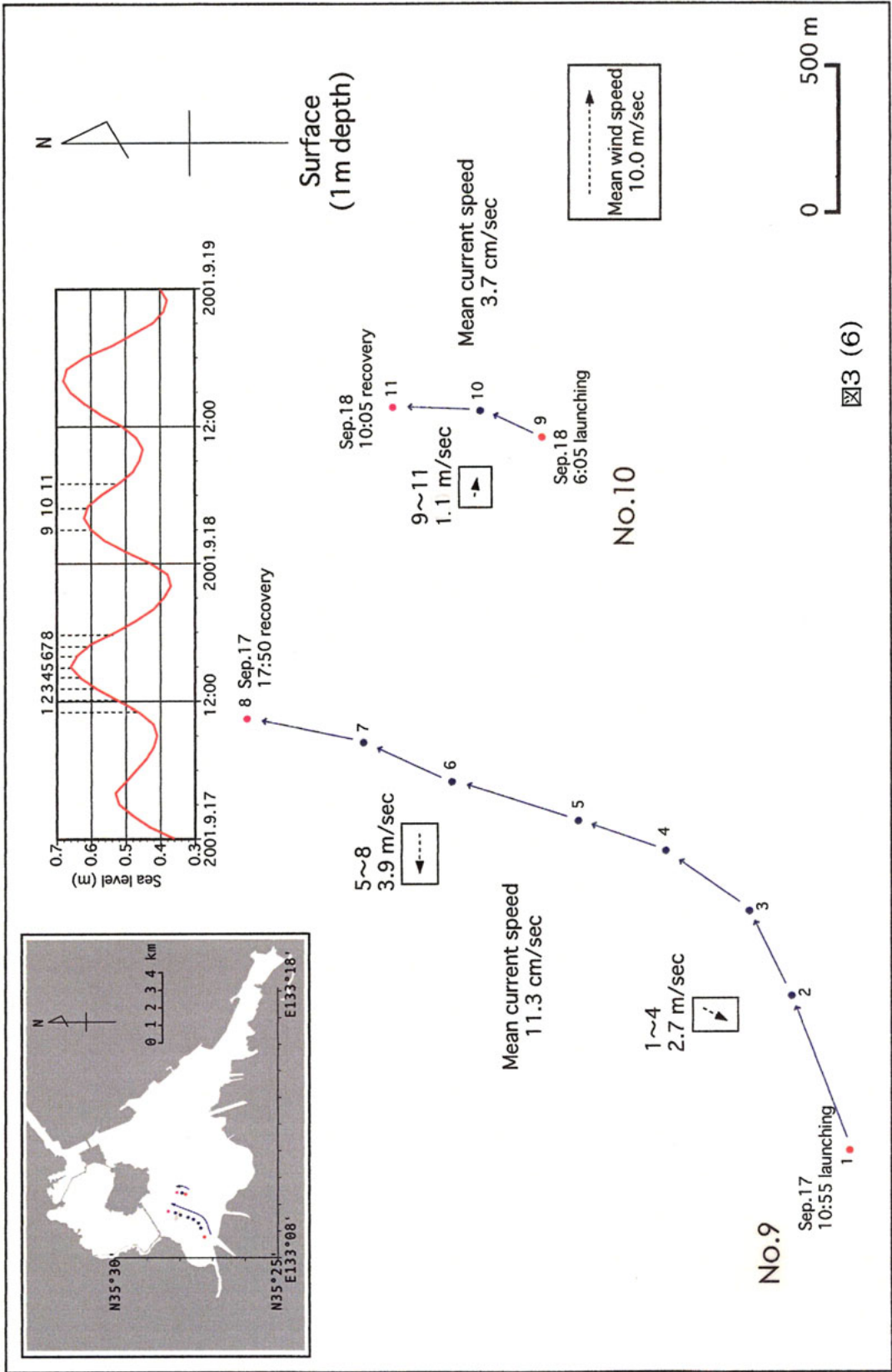


図3 (5)



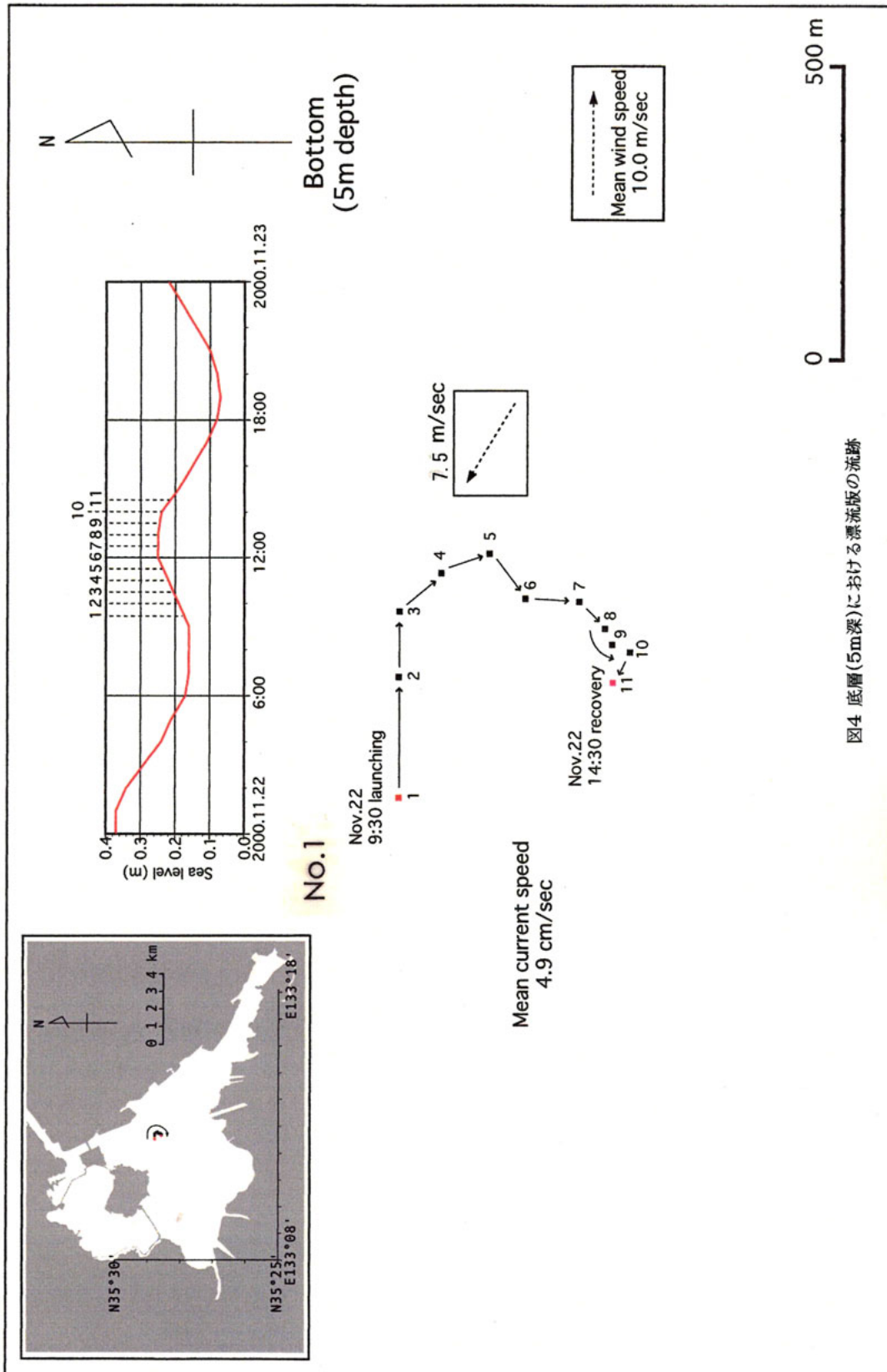


図4 底層(5m深)における漂流版の流跡

図4 底層(5m深)における漂流版の流跡

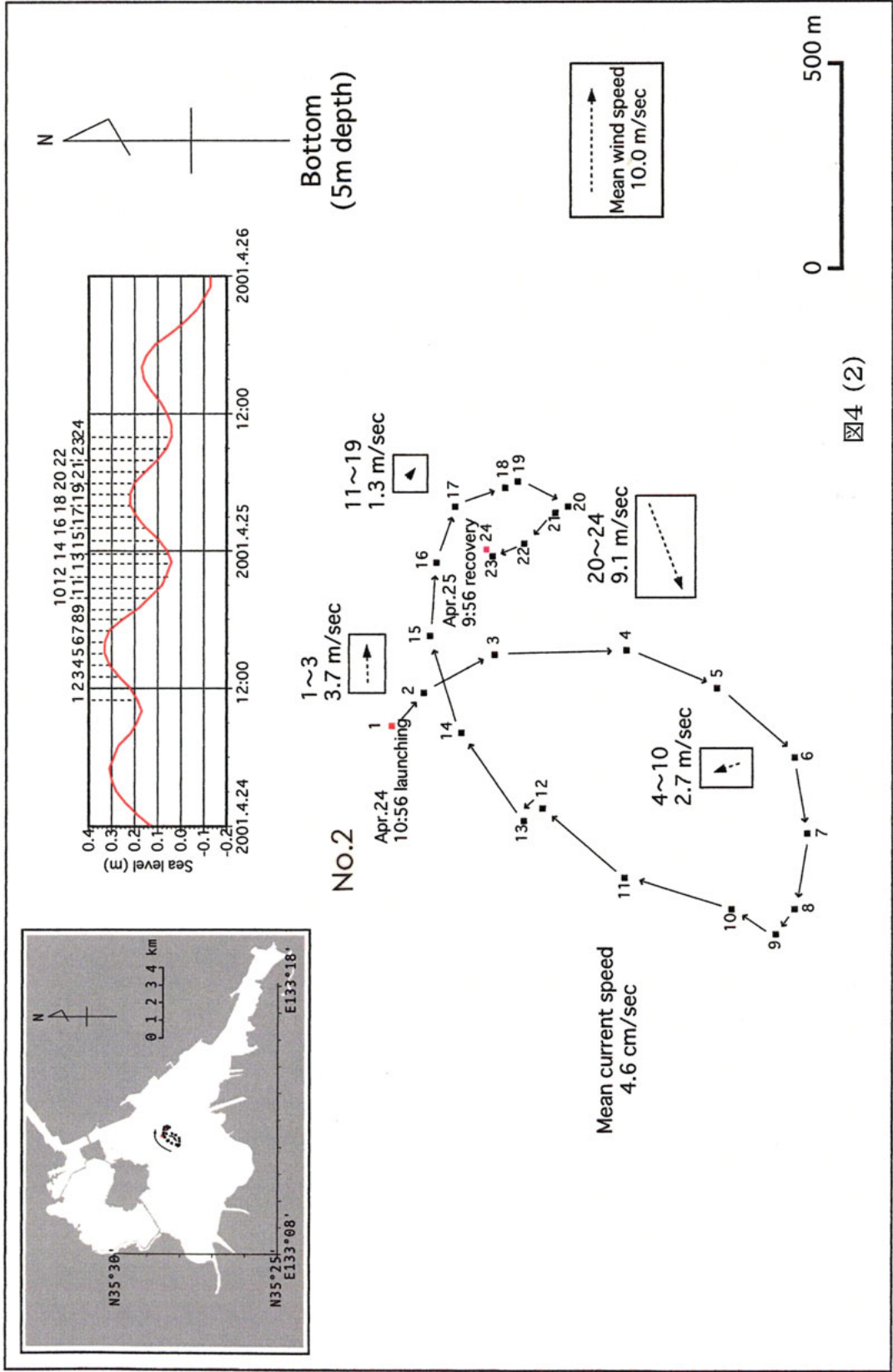
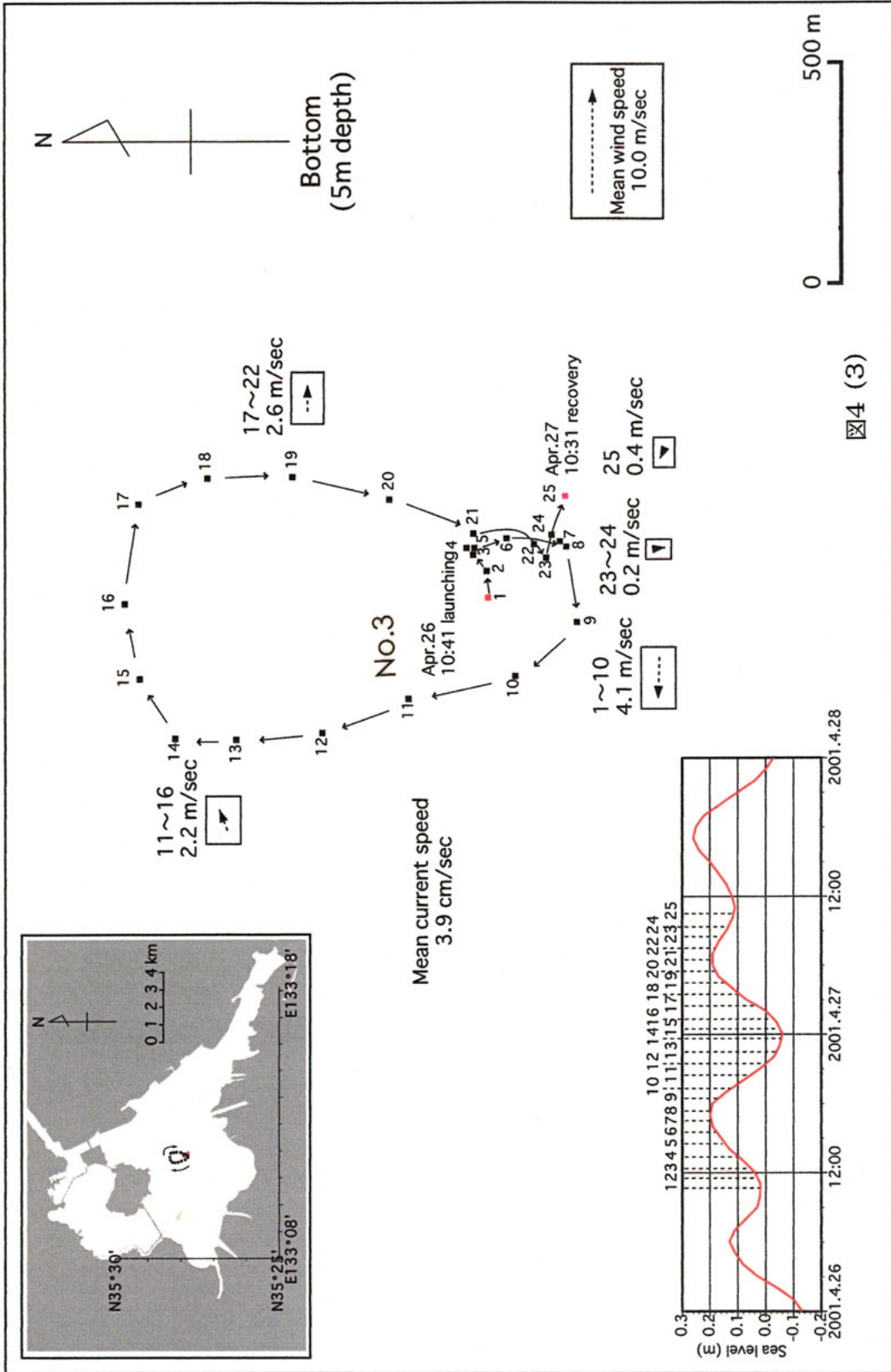


図4 (2)



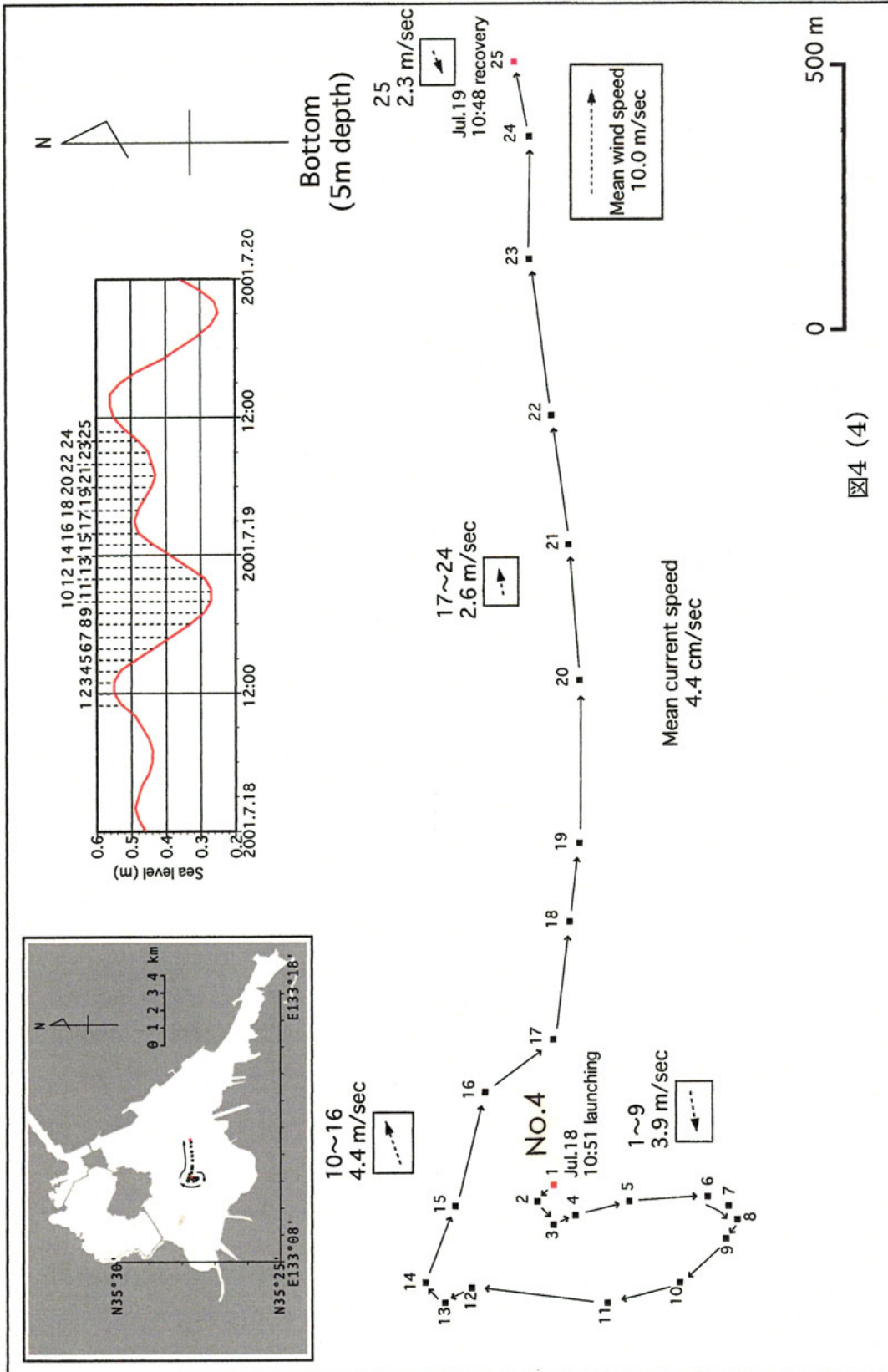
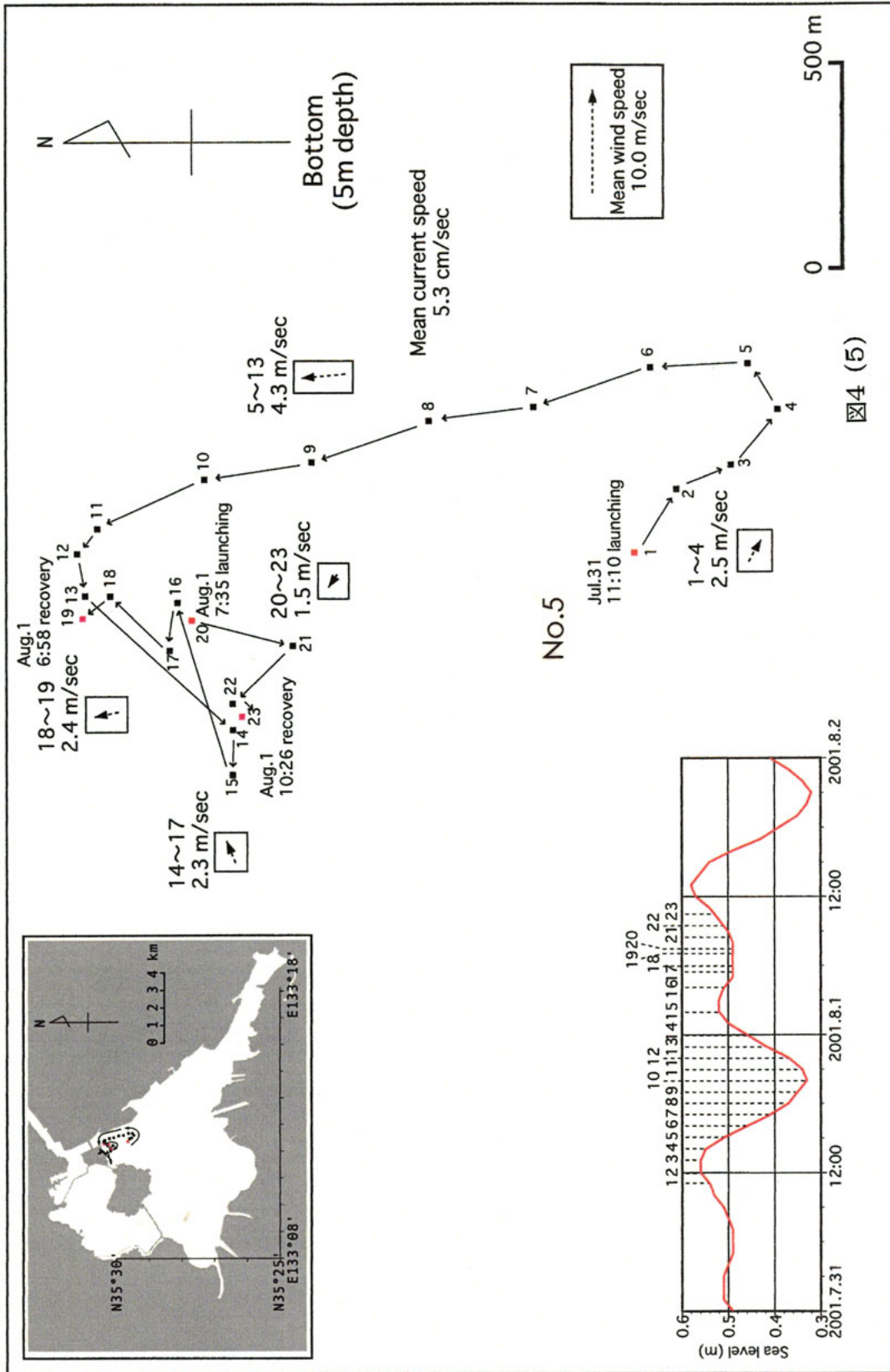


図4 (4)



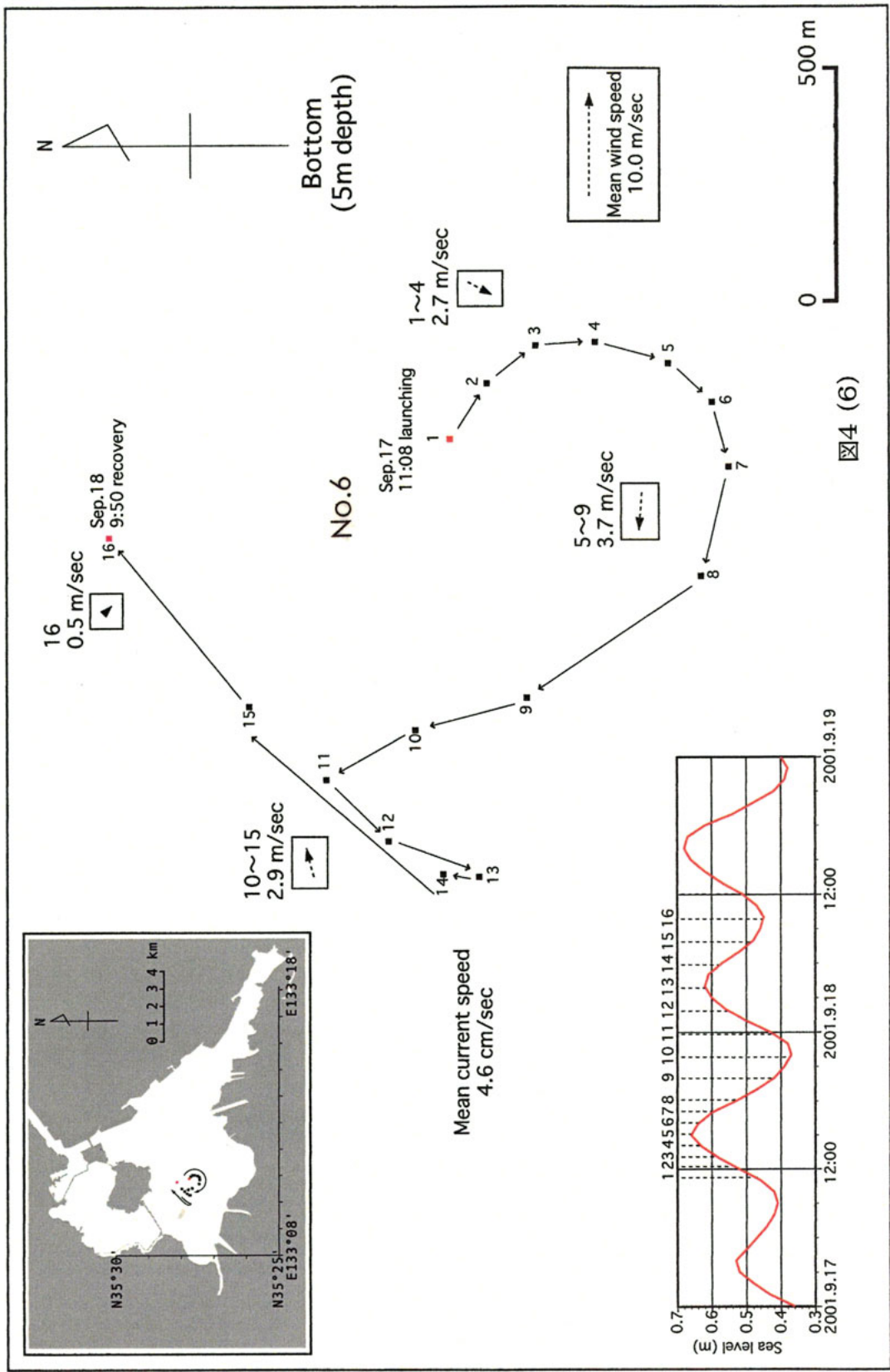


図4 底層 (5m深) における漂流版の流跡

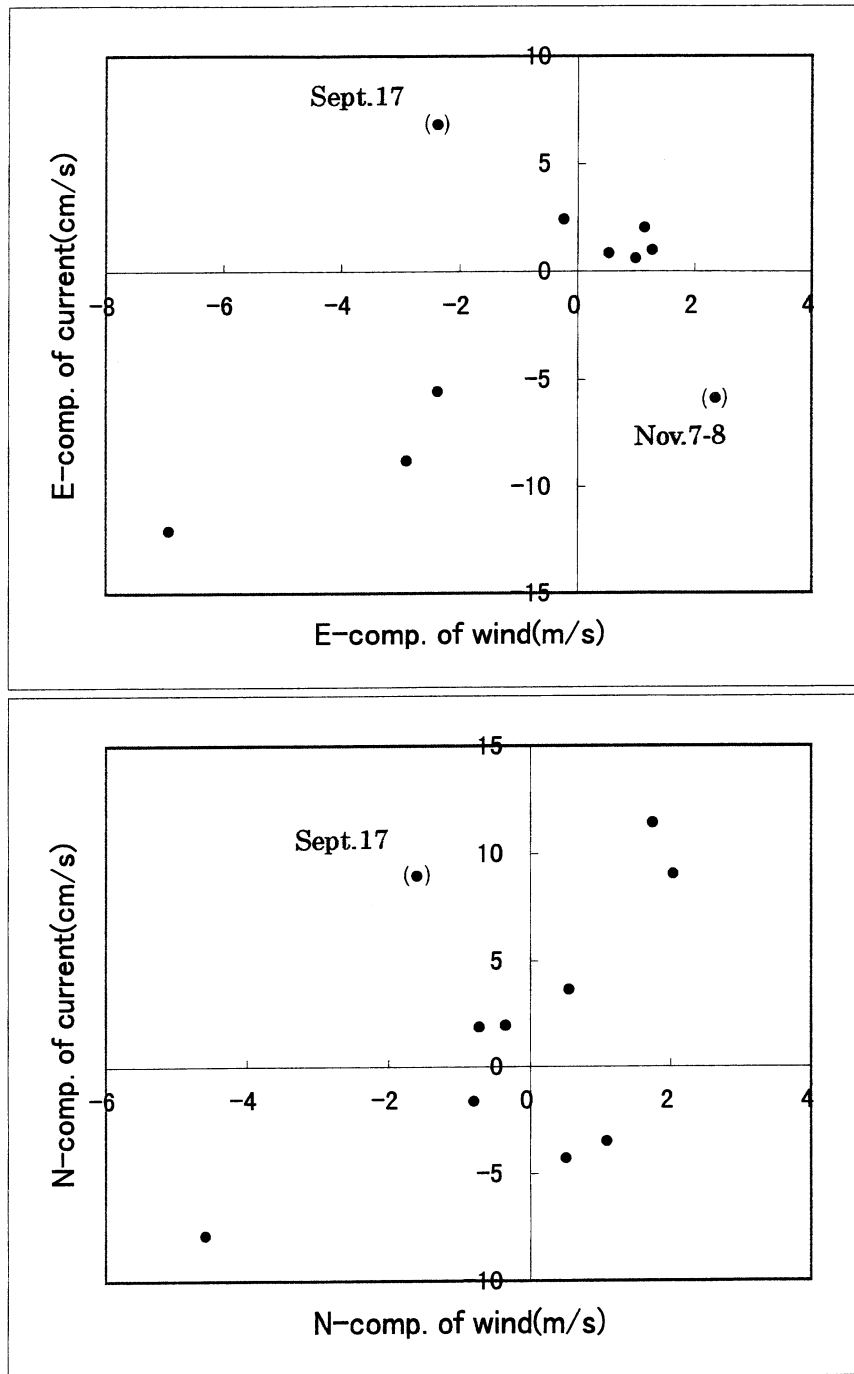


図5 海上風の北及び東成分と表層流のそれらとの相関

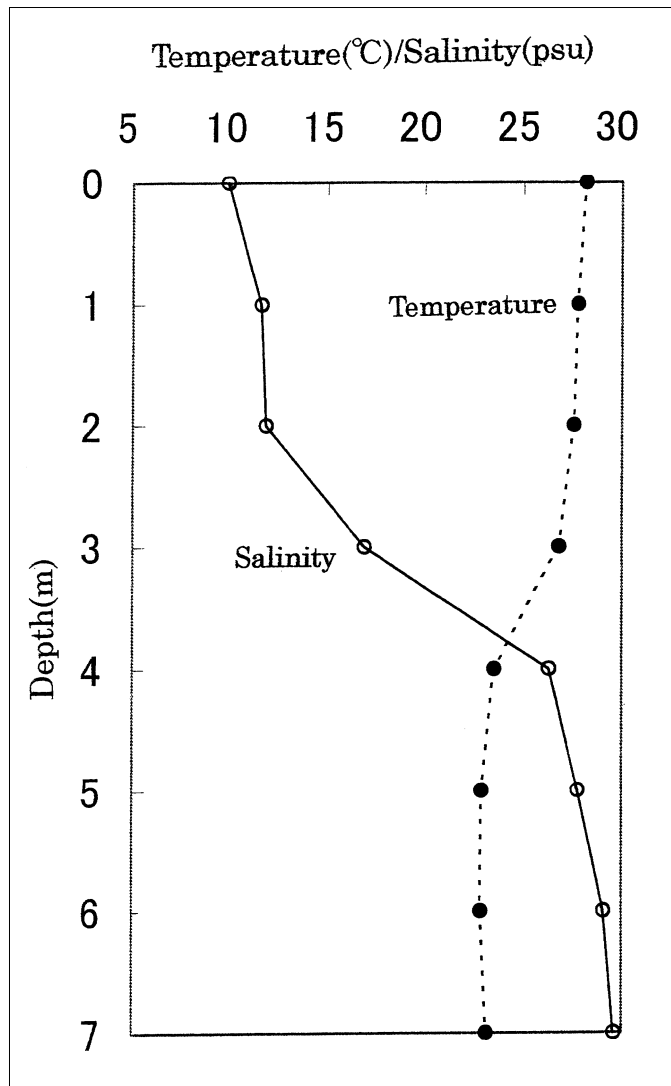


図6 2001年7月18日、 $35^{\circ} 27.72'N, 133^{\circ} 11.14'E$ における水温・塩分の鉛直分布

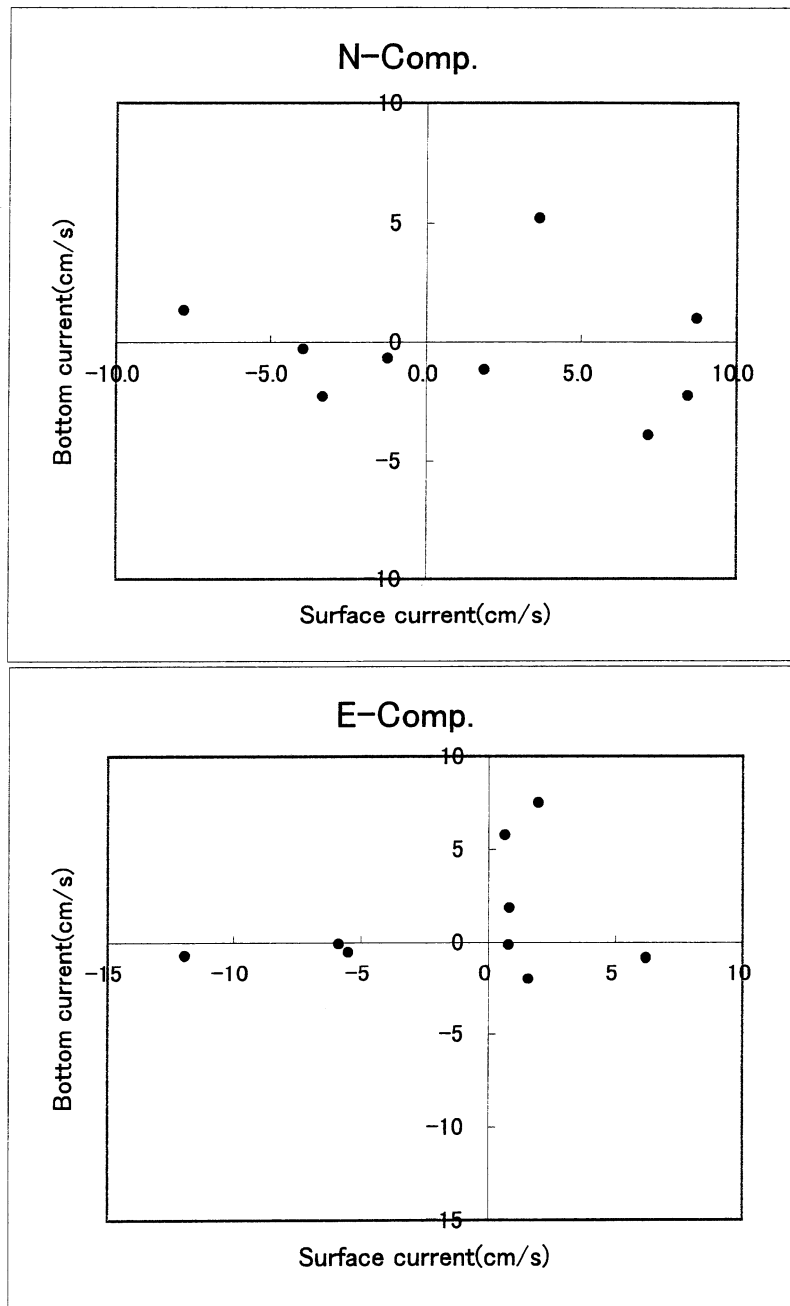


図7 表層流の北及び東成分と底層流のそれらとの相関

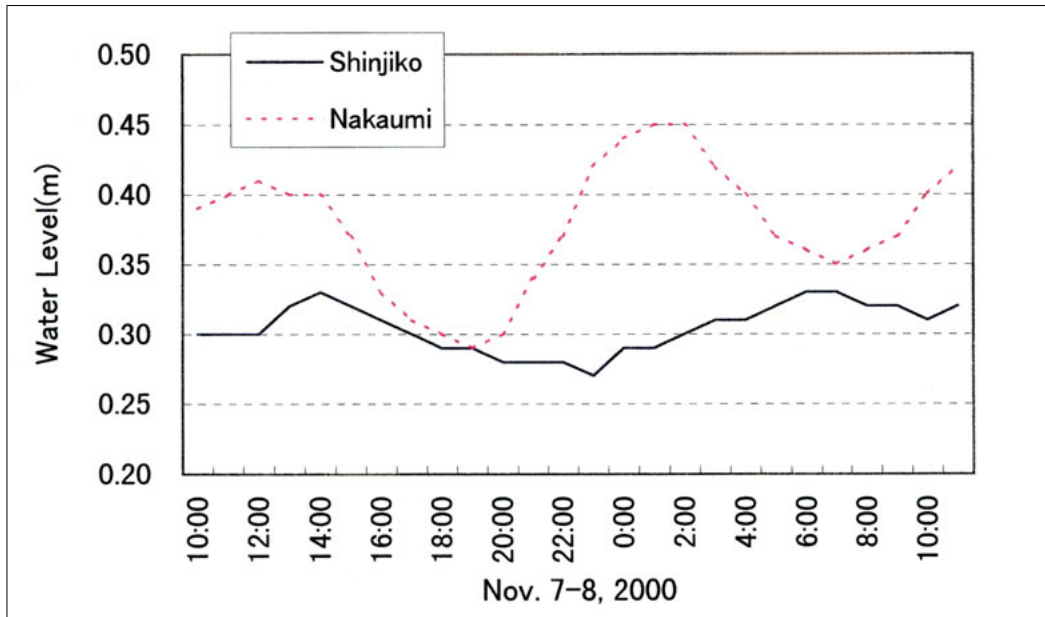


図8 2000年11月7～8日の中海と宍道湖中央部における水位変動

Table 1 An outline of the current-drogue tracking at the depth of 1m in Nakau

Series No.	Date	Launching		Recovery		Duration (h)	Direction (T°)	Mean speed (cm/s)	N-Comp. (cm/s)	E-Comp. (cm/s)
		(N)	(E)	(N)	(E)					
1	7-8 Nov.2000	35°27.690	133°10.498	35°27.669	133°08.670	23.1	288	6.2	1.9	-5.9
2	24 Apr. 2001	35°28.579	133°12.406	35°29.513	133°12.629	6.7	12	11.7	11.4	2.4
3	25 Apr. 2001	35°28.318	133°12.680	35°27.695	133°11.601	4.1	237	14.4	-7.9	-12.0
4	26 Apr. 2001	35°27.936	133°11.784	35°27.767	133°10.747	7.8	260	8.9	-1.6	-8.8
5	27 Apr. 2001	35°28.031	133°12.024	35°27.738	133°12.103	4.7	167	3.6	-3.5	0.8
6	18 Jul. 2001	35°27.778	133°11.212	35°28.068	133°10.243	8.0	289	5.9	1.9	-5.5
7	19 Jul. 2001	35°27.776	133°11.712	35°27.392	133°11.917	5.0	155	4.7	-4.3	2.0
8	31 Jul. 2001	35°29.648	133°12.343	35°30.485	133°12.448	5.5	6	9.1	9.1	1.0
9	17 Sept.2001	35°27.256	133°08.783	35°28.375	133°09.744	6.9	37	11.3	9.0	6.8
10	18 Sept.2001	35°27.819	133°10.380	35°28.105	133°10.433	4.0	9	3.7	3.7	0.6

Table 2 An outline of the current-drogue tracking at the depth of 5m in Nakau

Series No.	Date	Launching		Recovery		Duration (h)	Direction (T°)	Mean speed (cm/s)	N-Comp. (cm/s)	E-Comp. (cm/s)
		(N)	(E)	(N)	(E)					
1	22 Nov.2000	35°28.795	133°12.545	35°28.592	133°12.649	5.0	156	4.9	-4.4	2.0
2	24-25 Apr. 200	35°28.560	133°12.392	35°28.457	133°12.652	23.0	114	4.6	-1.9	4.2
3	26-27 Apr. 200	35°27.913	133°11.807	35°27.815	133°11.963	23.8	126	3.9	-2.3	3.2
4	18-19 Jul. 2001	35°27.735	133°11.161	35°27.683	133°12.563	23.9	92	4.4	-0.2	4.4
5	31 Jul.-1 Aug. '01	35°29.672	133°12.377	35°30.181	133°12.135	22.6	343	5.3	5.1	-1.6
6	7-18 Sept.200	35°27.760	133°10.847	35°28.174	133°10.773	22.7	351	4.6	4.6	-0.7

Table 3 Wind conditions during the current drogue tracking in Nakaumi(surface)

Date	Direction (T°)	Mean speed (m/s)	N-Comp. (m/s)	E-Comp. (m/s)
7-8 Nov.2000	98	2.4	-0.4	2.4
24 Apr. 2001	352	1.8	1.7	-0.2
25 Apr. 2001	237	8.3	-4.6	-6.9
26 Apr. 2001	255	3.0	-0.8	-2.9
27 Apr. 2001	26	1.2	1.1	0.5
18 Jul. 2001	253	2.5	-0.7	-2.4
19 Jul. 2001	66	1.2	0.5	1.1
31 Jul. 2001	32	2.4	2.0	1.3
17 Sept.2001	236	2.9	-1.6	-2.4
18 Sept.2001	61	1.1	0.6	1.0

Table 4 Wind conditions during the current drogue tracking in Nakaumi(bottom)

Date	Direction (T°)	Mean speed (m/s)	N-Comp. (m/s)	E-Comp. (m/s)
22 Nov.2000	280	7.5	1.4	-7.3
24-25 Apr. 2001	265	1.5	-0.1	-1.5
26-27 Apr. 2001	291	1.0	0.4	-0.9
18-19 Jul. 2001	51	0.6	0.4	0.5
31Jul.-1Aug. '01	314	0.8	0.6	-0.6
17-18 Sept.2001	278	0.6	0.1	-0.6

大橋川における高塩分水塊の遡上現象*

森脇晋平¹ 島根県内水面水産試験場

藤井智康² 日本ミクニヤ (株)

福井克也³ 島根県内水面水産試験場 (現所属：島根県栽培漁業センター)

- 1) Shimane Prefectural Inland Fisheries Experimental Station, Hirata, 691-0076, Japan
Present adress: Shimane Prefectural Fisheries Experimental Station, Hamada, 697-0051, Japan
- 2) Mikuniya Corporation, Hiroshima, 734-0015, Japan
- 3) Shimane Prefectural Inland Fisheries Experimental Station, Hirata, 691-0076, Japan
Present adress: Shimane Prefectural Sea Farming Center, Nishinoshima, 684-0211, Japan

Intrusion of High Salinity Water Mass into Ohashi River, San'in district of Japan

Appearance of high salinity water mass, which frequently intrude into Ohashi-River from Nakaumi in the San'in district of West Japan, and which certainly caused the oxygen-deficient water mass in Lake Shinji, has been studied with special reference to the water level variations and the changes in wind at Nakaumi.

No clear seasonal fluctuations of the high salinity water mass index (HSI) were found, however, correlations were exist between the monthly HSI and the difference of water level as well as the discharge of Hii-kawa river.

In the short time scale, it is probably that as the difference of water level was larger the level of HSI increased. Average velocity of the high salinity water mass was assessed at 0.44m/s.

A large HSI occurred more frequently when in the case of westerly winds than easterly ones. This suggests that some of HSI are associated with the rise of holicline due to the wind. The extensive HSI was likely to occur when the difference of water level was large and a westerly wind prevailed.

Key words: High salinity water mass, Ohashi River, water level, wind

はじめに

大橋川は宍道湖と中海を結んでいる全長約8kmの河川である。中海から大橋川を通じてしばしば海水が宍道湖へ侵入しているが、この海水は低溶存酸素水状態の場合があることが報告されている(津田, 1995)。一方、侵入した海水は密度成層をつくりやすく、宍道湖の貧酸素水塊形成に関与していることが指摘されている(山室, 2001)。貧・低溶存酸素水塊は、海水として直接侵入してくるにしろ宍道湖内部で形成されるにしろ周辺水域の水産資源生物に短期的にも長期的にも悪影響を与えることが予想される。こういった観点から、大橋川を通じて海水が宍道湖へ侵入する条件や遡上機構の調査研究は重要な課題である。

橋谷ほか(1991)は宍道湖への海水の流入要因を低気圧による日本海側の海水位上昇であると指摘したが、その後Ishitobi et al. (1999)や徳岡ほか(2001a)の調査を除いてはほとんどなされていない。しかもそれ

*2000年度水産海洋学会で一部口頭発表

島根大学汽水域研究センター発行のLAGUNA(汽水域研究)NO10に報告した

らは調査期間が短かく、現象の地域的特徴を理解するためにはさらに水域全体を通して長期的に事例を検討する必要がある。

一方、この海水の遡上現象の出現機構に関して中海の内部波の振動と関連する可能性が指摘されている (Fuji, 1998)。中海の内部波の変動は海上風と密接に関連していることが報告されているが (Fuji, 1997)、中海の海上風と海水の遡上現象との関連を取り扱った報告は皆無の状態である。本報告ではこのような背景から、大橋川での現地観測を実施し、あわせて大橋川の宍道湖入り口付近で得た長期間の連続観測資料を用いて、この現象の出現状況をとくに水位と風との関与に注目して調べた結果を報告する。

資料と解析の方法

今回取り扱った資料は大きく2つに分類できる。ひとつは島根県内水面水産試験場が調査船 (8.5 総トン) を使用して 1999 年 9 月 9 日～10 日に実施した観測である。図 1 に示した観測点において、ハイドロラボ社製多項目水質計 (H-20) とアレック電子社製電磁流速計 (ACM-210D) を用いて実施した反復観測によって延べ 9 シリーズの観測資料が得られたが、今回は高塩分水塊の挙動に注目するため塩分と流れの資料を用いた。さらに高塩分水塊の遡上現象を捕捉するため上述の調査船による観測期間をはさむように図 1 の St. 6 と St. 8 に自記記録水質計 (ハイドロラボ社製データゾンデ-3 型) を設置し、それらから得られた塩分値も用いた。

他のひとつは島根県内水面水産試験場が松江大橋の橋脚 (図 1: St. 1. 2) に設置している水質監視システム (島根県内水面水産試験場, 1999) から得られた塩分観測値である。このうち 1998 年 4 月から 2000 年 3 月までの約 4m 深における観測記録を使用した。

水質監視システムから得られた塩分値の観測例を図 2 に示した。得られたデータをみると塩分値は短期間に上昇・下降をくりかえし、高塩分水が進入・後退していることを示している。宍道湖中央部の周年を通じての平均塩分値は 2～7psu である (伊達ほか, 1989) ので、10psu 以上の海水は宍道湖内部で生成されることはないと考えられ、10psu 以上の海水は大橋川を通じて外海から宍道湖に入ったものとみなすことができる。これをこの報告では「高塩分水塊」とよぶことにする。高塩分水塊の出現規模を定量的に検討するため、監視システムの水深約 4m 深において、高塩分水塊が出現した時間 (継続時間) とその塩分値とから積算塩分値を求め (図 3)、高塩分水出現指数 (以下 HSI とよぶ) を求めた (式 1)。

$$\text{高塩分水出現指数} : \text{HSI} = \sum \text{Sh} \cdot \Delta t \quad (\text{式 1})$$

ただし、Sh : 10psu 以上の塩分値、 Δt : 単位時間 (10 分間)。また HSI を月毎に積算 (式 2) して高塩分水塊の季節的な変動を検討した。

$$\text{月間の高塩分指数} = \sum \text{HSI} \quad (\text{式 2})$$

ただし、d: 日 (1, 2, 3..., T (月末))

図 2 には宍道湖と中海の中央部 (図 1 : P1, P2) における水位変動も図示したが、高塩分水塊が遡上する直前にはしばしば中海水位が宍道湖のそれを上回る水位の逆転現象がみられる。今回この水位差 (図 2: "D") およびその時刻から高塩分水塊出現までの時間 (図 2: "T") とを計測した。さらに高塩分水塊出現に及ぼす風の影響を検討するため出現開始時から 6 時間ごとに 24 時間前まで遡った風の状況を検討した。中海周辺の風の特徴としては年間を通じて東西軸方向に吹く風が卓越している (福岡ほか, 1999) ので、中海中央部 (図 1 : P2) における 1 時間ごとの風の東西成分を 6 時間ごとに平均算出したものを用いた。ただし、風向については吹いていく方向を「風向」として東向きを「プラス」とした。

宍道湖中央部の水位、中海中央部の水位と海上風および斐伊川河口部における河川流量値については建設省 (現・国土交通省) 出雲工事事務所が収集している資料を用いた。

結果

1. 大橋川における高塩分水塊の分布と流動特性

1) 航走調査から得られた塩分・流速縦断面

9月9日の第1回目～3回目の調査(図4)は中海の水位が宍道湖のそれより低下する時間帯に対応する。高塩分水は後退し鉛直的にも塩水楔は薄くなり、底層部に高塩分水がへばりつくように分布している。流れも宍道湖から中海に向う成分が卓越し、底部では高塩分水の分布に対応してごく弱い逆流がみられた。

9日の第4回目～5回目(図5)の調査は中海の水位が宍道湖のそれより高い時間帯に実施した。第3回目の調査(図4-(下))で下流部の底層部に薄く分布していた高塩分水は宍道湖方面へ遡上していった。流れは中海から宍道湖への成分が卓越していた。

10日の第6回目～7回目の調査時(図6)の水位状況は、中海の水位は低下するが宍道湖のそれ以下には低下することなく、水位が逆転した第1～2回目の状況(図4-(上),(中))とは異なる。高塩分水は遡上した状態を維持している。流れは停滞した状況であり、流速の絶対値は調査期間を通じて相対的に小さい。

8回目～9回目の調査(図7)は中海の水位がふたたび上昇に転じた時間帯で、4回目～5回目調査時(図5-(上),(下))と水位変動は同じ状況であった。この時期は、第6回～7回目の調査(図6-(上),(下))でみたように停滞していた高塩分水が再び遡上していったため、高塩分水は調査断面のほとんどすべてを占め、最終的には宍道湖へ達している。

以上のように中海と宍道湖の水位差に伴う高塩分水の進入・後退と流れの実態の一部が明らかになった。

2) 遡上速度の推定

同時期に底層部に設置した自記記録水質計の連続観測記録と松江大橋に設置の水質監視システムの記録とに基づき高塩分水の遡上速度を推定した。

今回の調査のうちで高塩分水が遡上していく過程を航走調査と自動連続観測の記録とを対比してとらえることができたのは9日の第3回目(図4-(下))から5回目(図5-(下))の調査である。中海大橋付近(図1:St.8)まで後退していた高塩分水が徐々に遡上して宍道湖入り口にまで達する様子が見られた。この期間の連続観測記録をみると、St.6では10時40分から塩分値は上昇しはじめ、一方St.1.2の下層部では15時10分から塩分値は上昇を開始した。

これらの塩分値の変動は航走調査の結果とよく対応している。すなわち、塩分の上昇時刻とその測点より上流の測点での塩分上昇時刻とから高塩分水の遡上時間が計測できる。今回の調査ではこのような事例が15回認められた(図8)。

それぞれの測点間の距離を計測して高塩分水の遡上速度 V を推定したところ、

$$V=0.44\text{m/s}(0.31\sim 0.56\text{m/s})$$

を得た。()内は95%信頼区間である。

2 高塩分水塊の出現状況

1) 季節変動

水質監視システム下層部(図1:St.1.2の4m深)における高塩分水出現指数の季節的変動をみるため3年間の月別の出現指数変化(図9)をみたところ、少なくとも得られた結果からは一定の共通した季節的変動パターンは認められない。

これまで宍道湖に進入する高塩分水の季節的な変動に関する知見はほとんどない。今回連続して長期的な観測が可能となり、周年を通じての定量的な把握が可能となった。その結果、大橋川の宍道湖入り口付近における季節的な高塩分水の出現は年によって著しく異なることが明らかになった。

橋谷ほか(1991)は宍道湖への高塩分水の流入要因として両水域の水位条件を指摘した。そこで高塩分指数の変動に影響をおよぼすと想定される環境要因として、中海・宍道湖の水位、その差(宍道湖-中海)、河川流量(斐伊川)をとりあげ、それぞれの月平均値との関連を検討した。この結果(表1)によると、高塩分水出現指数は水位差と河川流量との間に高い負相関がみられた。このことは、河川の流量増加に伴う宍道湖水位の上昇が中海への流量を増大させることによって高塩分水の進入が阻害されることを示している。

松江大橋下(St. 1. 2)に出現した海水のすべてが宍道湖の流入出に関与しているとは限らないであろうが、月ごとの高塩分水出現指数(式2)は大橋川を通じての宍道湖における海水の季節的な交換を示すひとつの指標になりえるであろう。

2) 短い時間スケールの変動

①規模と継続時間

今回観測された620回の高塩分水の出現をさらに短い時間スケールで検討するため、出現規模と継続時間との関係を表2のように整理した。なお出現規模を次の5階級に分類して検討をすすめた。すなわち、10,000psu・min.未満をレベルI、これ以上20,000psu・min.未満をレベルII、これ以上30,000psu・min.未満をレベルIII、これ以上40,000psu・min.未満をレベルIV、これ以上をレベルVとした。

出現規模としてはレベルIの頻度が約50%で最も多く、継続時間では6時間未満のものが約30%を占めていた。出現規模と継続時間との組み合わせでみるとレベルIで6時間未満のものが最も多く、次いでレベルIIで12~18時間が22.7%、レベルIで6~12時間が18.2%であった。レベルII、IIIでは12~18時間、18~24時間の継続時間の出現頻度が高かった。レベルIV以上の出現指数では30時間以上継続する例がほとんどであった。このような長時間の継続は、いったん遡上した高塩分水塊が停滞したのちに再び遡上していくという過程によって発生したものと思われる。こういった現象は実際に前節で述べた観測事例でみられている(図6,7)。

②水位差と出現時間差

規模別に水位差の変化(図2:"D")に対する出現頻度を図10に整理した。出現の分布パターンをみると規模が大きくなるにつれて水位差の大きい方に出現分布が偏っていくという傾向がみられる。実際、水位差によって高塩分水出現規模における出現割合に差が認められた($p < 0.01$)。したがって、水位差の大きいときには規模の大きな高塩分水塊の出現が生じやすいといえる。

水位差の最大時刻と高塩分水塊の遡上開始時刻との差(図2:"T")の頻度分布を図11に示した。620例のうち390例を測定できたが、時間差のモードは3時間、平均値は3.31時間であった。

③風との関係

高塩分水の遡上と風との関係についてはひとつには長期間の観測資料が得られなかったため推測の域を出ていない。この点を今回詳しく検討した。なお、レベルIV以上については30時間以上継続する場合が多く、既に指摘したように停滞していた高塩分水塊が再び遡上したケースを多く含むと考えられ、別途検討したい。

まず、高塩分水の遡上が起こった時刻から6時間前までの中海中心部における海上風の東西成分の平均値(東方向をプラス成分とする)と高塩分水規模との関係を図12に示した。

該当する時間全体の組成(図12:下)は0から5m/sクラス(西風成分)の頻度が約55%ともっとも高く、ついで0から-5m/sクラス(東風成分)の頻度が26%で前者のほぼ半数となっている。この全体の頻度組成は高塩分水遡上時から6時間前までの風を統計したものであるが、3年間の全季節を通じて得られたものである。年間を通じた中海の海上風を代表していると判断してよいであろう。この全体の頻度とレベルIとレベルIIともそれぞれの頻度には多少の差はみられるが顕著な分布パターンの差異はみられない。このことはこのレベルの高塩分水の遡上と風との間には密接な関係が乏しいことを示している。

ところが、レベルⅢの規模ではこれ以下の規模の風に対する出現頻度パターンとは異なっている。すなわち、5~10m/s クラスの風（西風）に対する出現頻度は24%で、その出現規模以下のクラスの10%前後に比較して2倍以上も大きくなっており、逆に東風の頻度は減少傾向にあり、出現頻度には統計的にも有意な差がある ($p < 0.05$)。このことは、レベルⅢの高塩分水出現の規模が発生するときには、6時間前までに5~10m/s のやや強い西風が吹いている場合が東風の吹いている場合に比べて多い、と言える。

つぎにどの程度の時間まで風が高塩分水遡上規模に影響を与えているかを検討した。レベルⅢについて遡上時刻から6時間前までの平均値のほか、6-12時間前、12-18時間前、18-24時間前のそれぞれの平均値に対する出現頻度を図13に示した。これによるとやや強い西風時に高塩分水遡上が現れる割合が高いのは12-18時間前までの風であることがわかる。すなわち18時間前までの風の影響が高塩分水の遡上に寄与していると言える。

考察

大橋川における海水の流入・流出状況を検討するため調査船による反復観測を実施した結果、高塩分水塊の進入・後退は水位と密接に連動していることが分かった。その侵入速度は、徳岡ほか(2001a)の結果の範囲内にあり同程度であった。ただ、今回の調査では観測事例が多く得られ、より信頼性が高いと言える。

松江大橋の橋脚に設置した水質監視システムから得られた塩分の連続データをもとに高塩分水塊出現単位を定義して、高塩分水塊出現の季節変動に及ぼす影響を検討した結果(表1)からも水位差と高塩分水塊の遡上とは明瞭な相関関係がみられた。すなわち中海の水位が宍道湖のそれより高い場合には中海の水塊の遡上にともなって高塩分水が侵入してくることを示している。

短い時間スケールでみた場合においても、高塩分水塊の遡上と水位差との関係では水位差が大きくなると高塩分水塊の出現規模も大きくなるという傾向は認められる(図10)。ただ、どのクラスの出現規模も水位差が0.1~0.15mのクラスのとときにモードがあり、いずれのレベルもほぼ同じ40%の出現割合を占めている。水位差によって明瞭な出現分布差の差異が生じない理由のひとつとして中海における塩分躍層の形成状況は気象・海況要因によって大きく変動する点にあると推測する。つまり、実際に個々の遡上高塩分水塊が水位差との関係でどのような発達程度の中海の塩分躍層時に遡上するのかは偶然性に依存するであろう。例えばある水位差の条件のもとで中海から大橋川への遡上が発生するとして、中海に高塩分水塊がまったく分布していなかったと考えても、一定量の水塊は遡上していったであろう。個々の高塩分水塊の遡上(高塩分出現単位)と水位差との関係を対応させた場合、明瞭な関係がみいだされとは限らないという点に注意する必要がある。

発生要因に関するもう一つの結果は、規模の大きな高塩分水塊の出現がみられるほぼ半日前までにやや強い西風が吹いている場合が有意に多いことであって、この現象が風による塩分躍層の内部振動と関連があることが推測されることである。中海には風に伴う塩分躍層の振動が存在することはよく知られているが(例えば Fujii et al., 1996; 黒川ほか, 2000; Godo et al., 2001; 徳岡ほか, 2001b), 大橋川への高塩分水塊の進入に関して Fujii (1998) は中海下層部の高塩分水が西岸にはい上がってきているときにこの現象が生じる可能性を指摘している。強い西風の連吹は中海塩分躍層の西側を上昇させるので、高塩分水の遡上のなかには西風の連吹の寄与によるもの確かに存在すると思われる。ただ規模の小さい場合(レベルⅠ, Ⅱ)では明瞭な関係はみいだせなかった。これは風による高塩分水塊の進入が起きないことを意味しない。レベルⅠ, Ⅱの中にもやや強い西風の場合に進入がかなりの回数で生じているが、この中には風に伴うものも当然含まれているであろう。

ところで、西風の吹き出しから塩分躍層の上昇にまで要する時間は約3時間であり(Fujii, 1997), 一方大橋川河口部(St. 9)から宍道湖入り口(St. 1.2)にまでに到達する高塩分水塊の時間は今回の調査で得られた

遡上速度 $V=0.44\text{m/s}$ から推定して約5時間である。風の吹き出し開始から宍道湖入り口に高塩分水塊が到達する時間を単純にこれらの合計とみなすと約8時間となる。これはほぼ半日前までに西風が吹いていることが多いこと(図13)とを比較するとその範囲内に含まれる。

このことから西風の吹き出しによる塩分躍層の上昇、沿岸域への這い上がり、大橋川への遡上という一連の過程の存在が想定される。ただし、実際の高塩分水塊の出現機構はこのように単純ではなく、さまざまなケースが存在するであろう。その原因として、(1)水深が浅く地形の影響を受けやすい、(2)密度成層状態が一定ではなく気象・海象の変動の影響を受けやすい(日比野ほか, 1997; 黒川ほか, 2000)、(3)密度成層が内部振動として岸沿いに伝播する(Fujii, 1997)、などの中海の地理的特性が挙げられ、これらが現象を複雑にしていると考えられる。

これまで水位差と風の作用とを別々に考えてきたが、両者が合わさった場合を検討してみる。出現規模別に風と水位差とを比較して両者の組み合わせを整理すると表3のようになる。レベルⅢ出現時ではそれ以下に比較してより強い西風が吹いて水位差が大きい組み合わせのときの出現頻度が高い傾向にある。出現分布の重心位置を求めるとレベルⅢ出現時の風と水位差はそれぞれ 4.1m/s 、 -0.18m であるが、レベルⅡでは 2.3m/s 、 -0.15m であり、レベルⅠでは 1.6m/s 、 -0.14m となり、レベルが下がるにつれて風は弱く、水位差は小さくなった。すなわち出現規模が大きくなるほど西風が強かつ水位差が大きいときに出現する傾向があるといえそうである。ただ両者の寄与の程度は明らかではなく、両要因が遡上に対して独立な要因かどうかとも問題となろう。一般に日本海に低気圧が発達して東進した場合、東風が時計回りに変化して強い西風になり、同時に気圧低下に伴う海面の上昇が生じるというパターンが想定できる。このように西風と水位差とはある程度連動した気象現象であると考えられ、こうした過程が表3の結果に反映された可能性がある。

中海から大橋川を通じて宍道湖の入り口付近にまで進入する高塩分水塊の出現状況とをとりまとめたが、今回の報告は現象の大まかな特徴の把握にとどまり、詳細な出現機構の解明はさらに今後の検討が必要である。

おわりに

現地観測と3年間の長期間の資料を簡単な統計処理をした今回の調査から得られた結果を要約すると以下のようになる。

1. 宍道湖入り口付近に出現する高塩分水塊の季節変動は年により大きく異なり、宍道湖と中海との水位差及び斐伊川の流量と相関していた。
2. 短い時間スケールの変動においても出現指数と水位差との間に対応関係が認められた。また水位差の最大値出現時刻から平均して約3時間後に宍道湖入り口付近に高塩分水塊の出現がみられた。
3. 高塩分水塊の進入速度として $V=0.44\text{m/s}$ ($0.31\sim 0.56\text{m/s}$) を得た。()内は95%信頼区間である。
4. 約半日前までにやや強い西風が連吹する場合は東寄りの風の場合よりも規模の大きい高塩分水塊遡上が発生しやすい。これは風による塩分躍層上昇が関与していることを示している。
5. 水位差と風とを組み合わせた場合、西風で同時に水位差の大きいときに規模の大きい高塩分水塊の遡上が発生しやすい傾向が認められた。

謝辞

島根県内水面水産試験場主任施設管理技師森山勝氏, 同職員大北晋也氏, 常盤保氏にはこの調査を遂行するに当たり, 甚大なご協力をいただいた。また国土交通省出雲工事事務所には資料の提供をいただいた。ここに記して感謝します。

参考文献

- 伊達善夫・橋谷 博・清家 泰・近藤邦雄・奥村 稔・藤永 薫 (1989) 12年間の定期調査からみた中海・宍道湖の水質-季節変化, 経年変化, 平均値-. 山陰地域研究, 5:89-102.
- Fujii, T., Ueda, T., Okuda, S., and Yokoyama, K. (1996) Observation of Internal Oscillation Brackish Lakes with a Neutral Buoy. *Jpn. J. Limnol.*, 57:4, 293-304.
- Fujii, T. (1997) Relationship of Internal Waves with Tide and Wind Drift Effects and Propagation of Internal Kelvin Wave in Brackish Lake Nakaumi. *Jpn. J. Limnol.*, 58:241-260.
- Fujii, T. (1998) Relationship between Internal Oscillation and Movement of Anoxic Water in a Connected Brackish Water Region-Lake Nakaumi and the Ohashi River. *Jpn. J. Limnol.*, 59:1-12.
- 福岡捷二・黒川岳司・日々野忠史・鈴木 篤・中村 剛・上原 浩 (1999) 中海における気象変化に伴う流れと貧酸素水塊の挙動. 土木学会論文集, 636:61-79.
- Godo, T., Kato, K., Kamiya, H., and Ishitobi, Y. (2001) Observation of wind-induced two-layer dynamics in Lake Nakaumi, a coastal lagoon in Japan. *Limnology*, 2:137-143.
- 橋谷 博・奥村 稔・藤永 薫・近藤邦男・清家 泰 (1991) 宍道湖への高塩分水の流入. 山陰地域研究, 7:83-92.
- 日比野忠史・福岡捷二・池内幸司 (1997) 季節および日々の気圧配置の変化に伴う閉鎖性汽水湖内部での流れ場の特性. 土木学会論文集, 579:93-103.
- Ishitobi, Y., Kamiya, H., Yokoyama, K., Kumagai, M., and Okuda, S. (1999) Physical Conditions of Saline Water Intrusion into a Coastal Lagoon, Lake Shinji, Japan. *Jpn. J. Limnol.*, 60:439-452.
- 黒川岳司・福岡捷二・日々野忠史・上原 浩・鈴木 篤 (2000) 中海における界面振動とそれに伴う流動. 水工学論文集, 44:999-1004.
- 島根県内水面水産試験場 (1999) 事業報告, No. 1, pp. 29-36 (宍道湖流入・流出調査).
- 徳岡隆夫・三瓶良和・上野博芳・西村清和・須崎 聡・松田滋夫・久保田俊輔・鈴木重教 (2001a) 大橋川における高塩分水塊の動態観測 (1999年秋). *LAGUNA (汽水域研究)*, 8:79-90.
- 徳岡隆夫・三瓶良和・板坂尚教・亀井健史 (2001b) 中海における塩分躍層の動態についての新知見-1996年度の湖底設置型音波探査装置による観測データから-. *LAGUNA (汽水域研究)*, 8:57-66.
- 津田良平 (1995) 宍道湖内における環境諸要素の分布とその変動. 宍道湖湖底貧酸素化調査業務成果報告書, pp. 9-13.
- 山室真澄 (2001) 沿岸域の環境保全と漁業. *科学*, 71:921-928.

図表の説明

図1 調査地点の概要. 連続観測はSt. 1.2の水深4mで得られた. 水位変動は宍道湖と中海の中央部で、風は中海の中央部でそれぞれ得られた資料である. また斐伊川の流量はその河口部で観測されたのもである.

Fig1 Location of survey points in the Ohashi River. Continual data was obtained through the "Water Quality Observation System" (St. 1.2) at the depth of 4m. P1 and P2 denote the center of L. Shinji and Nakaumi, respectively, where data of the water level and the wind were obtained.

The Flux of Hii River was observed in the mouth of the river

図2 水質監視システム(図1、St. 1.2 の水深 4m 深)から得られた塩分の観測記録と水位 (上段) および水位差 (宍道湖-中海; 下段) の一例.

Fig.2 An example time series data of salinity(lower) at St. 1.2 and water level(upper) at the center of L. Shinji (P1), Nakaumi (P2)

図3 高塩分指数(HSI)の定義と計算の考え方

Fig.3 Schematic of the calculation of the High Salinity water mass Index(HSI)

図4 大橋川における塩分 (中段) 、流速 (下段) の鉛直縦断面と水位変動 (上段) —第1回~3回—.

Fig.4 Vertical sections of salinity(middle) and current velocity(lower) in lengthwise the Ohashi River, and water level fluctuation(upper)—No. 1~3—.

図5 大橋川における塩分 (中段) 、流速 (下段) の鉛直縦断面と水位変動 (上段) —第4回~5回—.

Fig.5 Vertical sections of salinity(middle) and current velocity(lower) in lengthwise the Ohashi River, and water level fluctuation(upper)—No. 4~5—.

図6 大橋川における塩分 (中段) 、流速 (下段) の鉛直縦断面と水位変動 (上段) —第6回~7回—.

Fig.6 Vertical sections of salinity(middle) and current velocity(lower) in lengthwise the Ohashi River, and water level fluctuation(upper)—No. 6~7—.

図7 大橋川における塩分 (中段) 、流速 (下段) の鉛直縦断面と水位変動 (上段) —第8回~9回—.

Fig.7 Vertical sections of salinity(middle) and current velocity(lower) in lengthwise the Ohashi River, and water level fluctuation(upper)—No. 8~9—.

図8 底層塩分の連続観測. 1から15の斜線は高塩分水塊の進入を示している.

Fig.8 Time series of the bottom salinity at St. 8, St. 6 and St. 1.2. Lines joining the two series indicate the high salinity water mass intrusion events.

図9 各年における月別高塩分指数の季節変化.

Fig.9 Seasonal changes of HSI in the year.

図10 水位差 (図2の "D") に対する各レベル毎のHSI 頻度分布の比較.

Fig.10 Comparison of the frequencies of HSI in each level at the water level difference ("D" in Fig. 2).

図11 水位差が最低になったときから塩分が 10psu 以上に上昇するまでの時間 (図2の "t") の頻度分布.

Fig.11 Frequency distribution of time-lag "t" in Fig.2. A "t" is the time from when a water level difference belows the minimum to a salinity raise 10psu or more

図12 規模別のHSIの風(東西成分)に対する出現頻度分布. レベルⅢではそれ以下のレベルに比較してやや強い東向きの風(西風:5-10m/s)のときの頻度が高い.

Fig. 12 Frequency distribution of the ratio of occurrence of HSI with east-wards comp. of wind for the each level. In level Ⅲ, a frequency of slightly strong east-ward wind is high as compared with that of the level I or II.

図13 レベルⅢの出現した6時間前ごとの風(東西成分)に対する出現頻度分布. 18-24時間前の分布はそれ以前とは明らかに異なっている.

Fig. 13 Frequency distribution of ratio of the occurrence of HIS with east-wards comp. of the wind for the every 6 hours previous. Distribution of 18-24 hours previous is clearly different from those of 12-18 hours previous or earlier.

表1 高塩分指数と環境要因(水位、水位差、河川流量)との相関係数. 下線の数字は1%有意水準で相関関係がある.

Table1 Correlation coefficients between High Salinity Index and other environmental factor (water level, difference of water level, river discharge). Underlineds are significant at 1 % level or more.

表2 高塩分水の出現規模と継続時間との関係.

Table2 Relation between level of the high salinity appearance and the hours of duration.

表3 高塩分水の出現規模別に整理した水位差と風との組み合わせ.

Table3 Combination of the water level difference with that of the east-ward comp. of wind. The numerals indicate the frequency of occurrence.

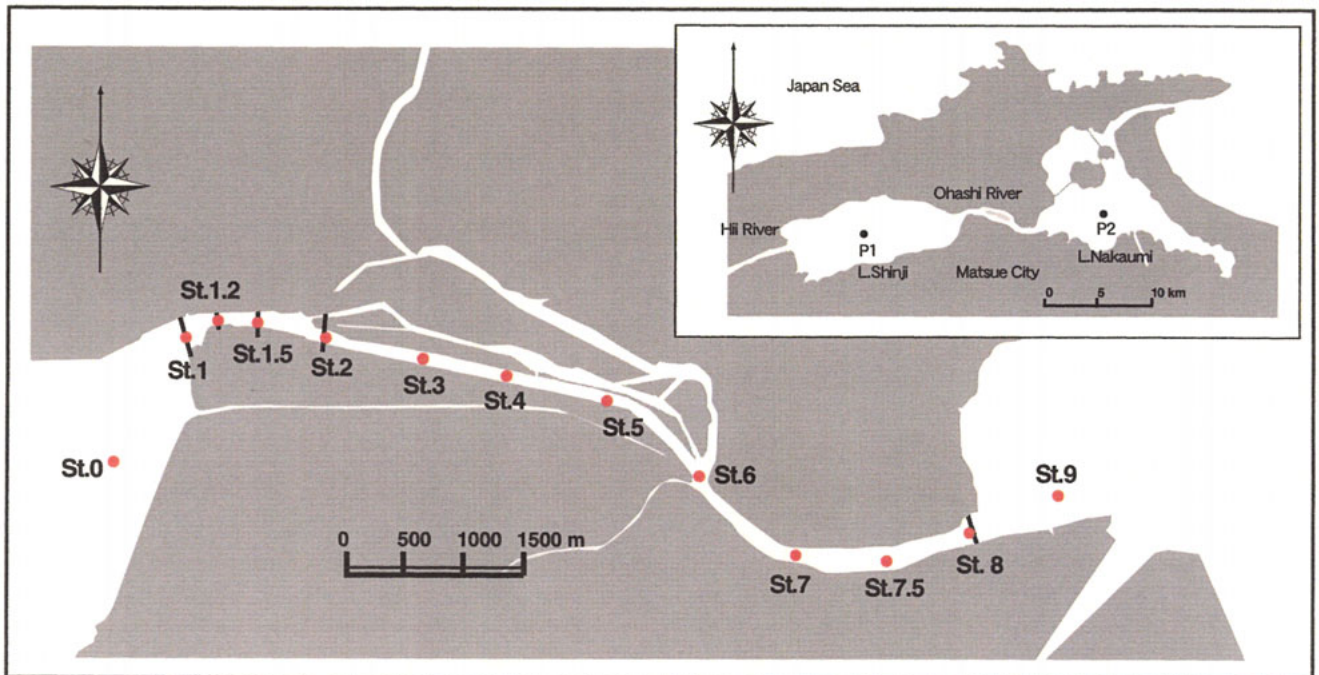


図1 調査地点の概要. 連続観測はSt. 1. 2 の水深4 mで得られた.
 水位変動は宍道湖と中海の中央部で、風は中海の中央部で、それぞれ得られた資料である。また斐伊川の
 流量はその河口部で観測されたものである。

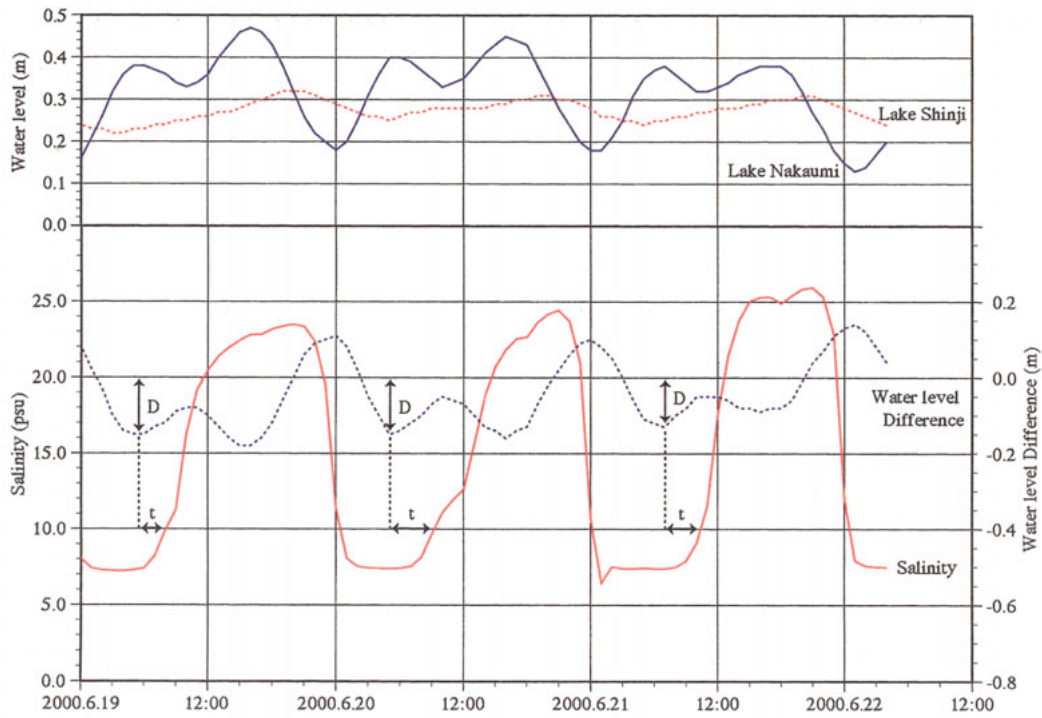


図2 水質監視システム(図1、St. 1.2の水深4m深)から得られた塩分の観測記録と水位(上段)および水位差(宍道湖-中海;下段)の一例

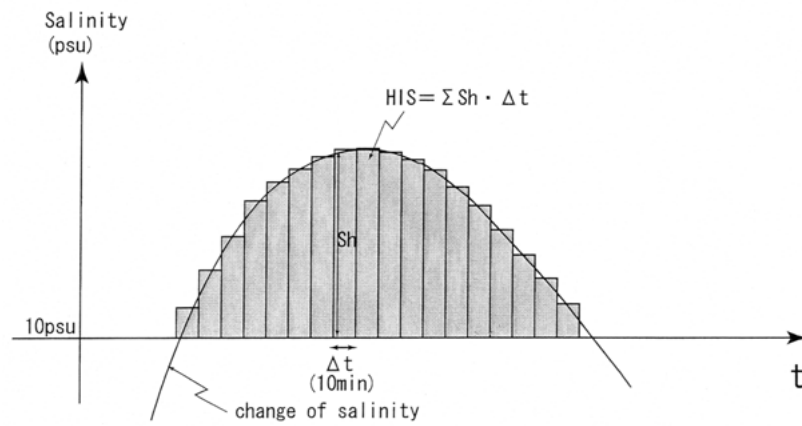


図3 高塩分指数(HSI)の定義と計算の考え方

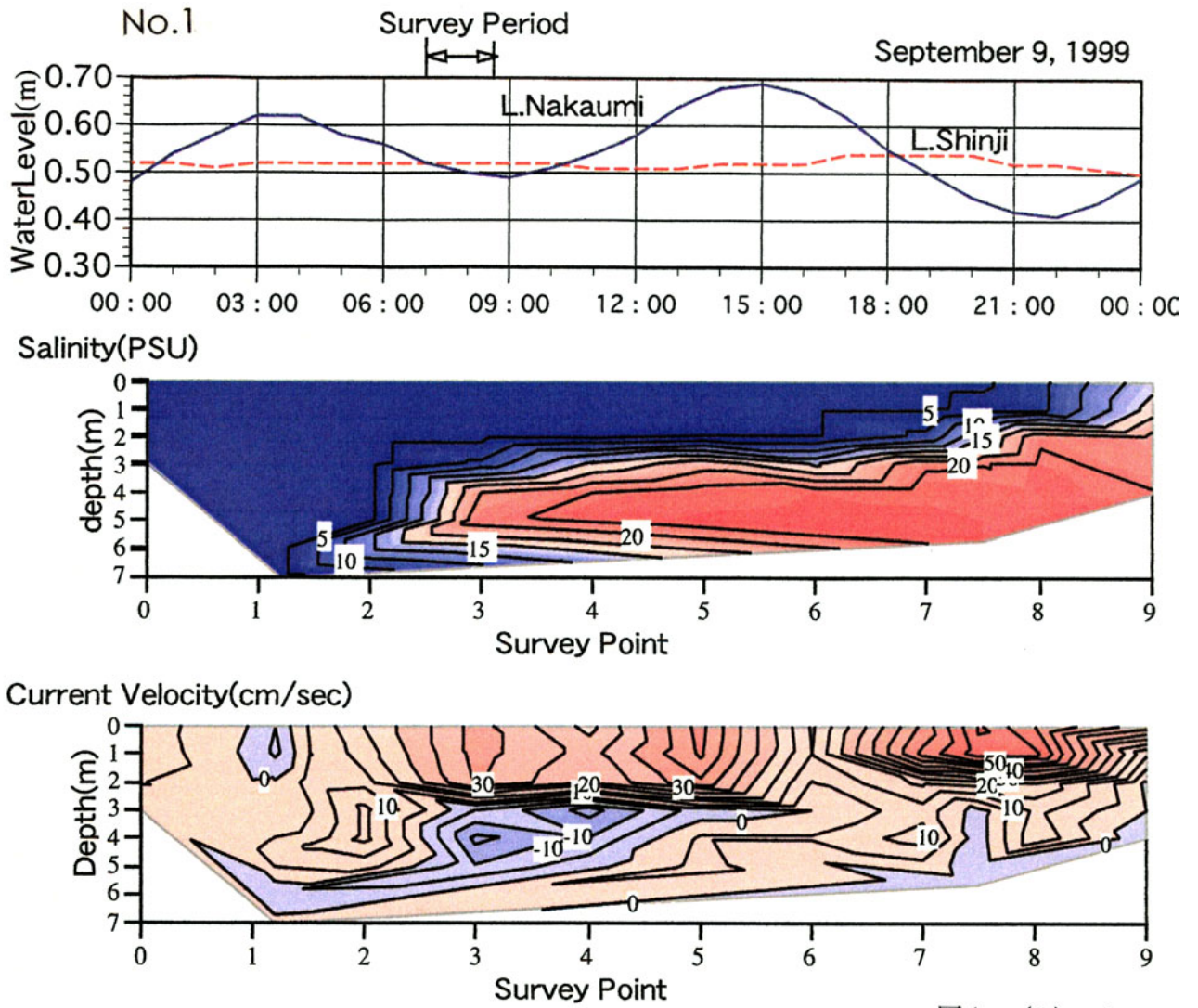


図4 - (1) 上

図4 大橋川における塩分(中段)、流速(下段)の鉛直縦断面と水位変動(上段)ー第1回

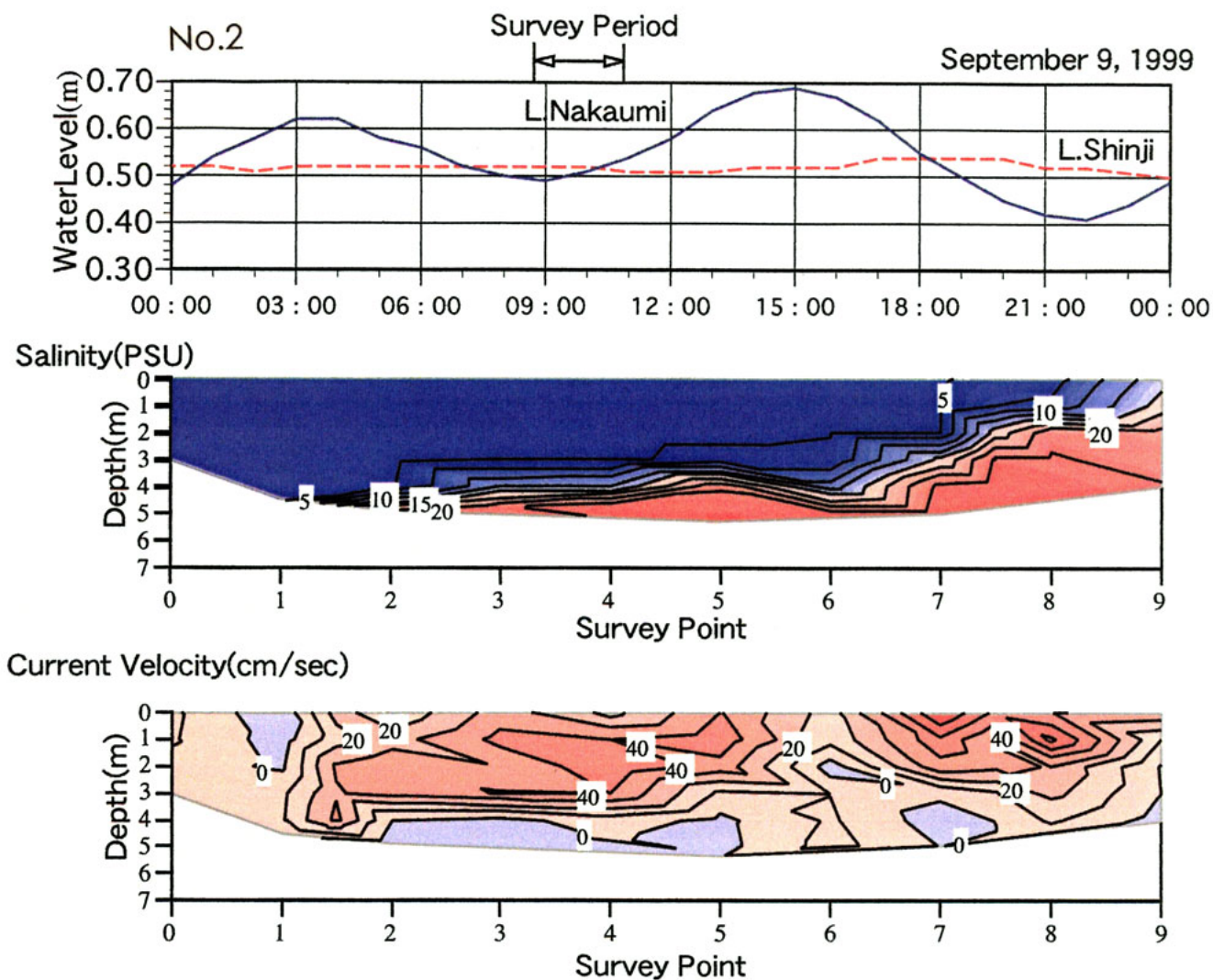


図4 - (2) 中

図4 大橋川における塩分(中段)、流速(下段)の鉛直縦断面と水位変動(上段) - 第2回

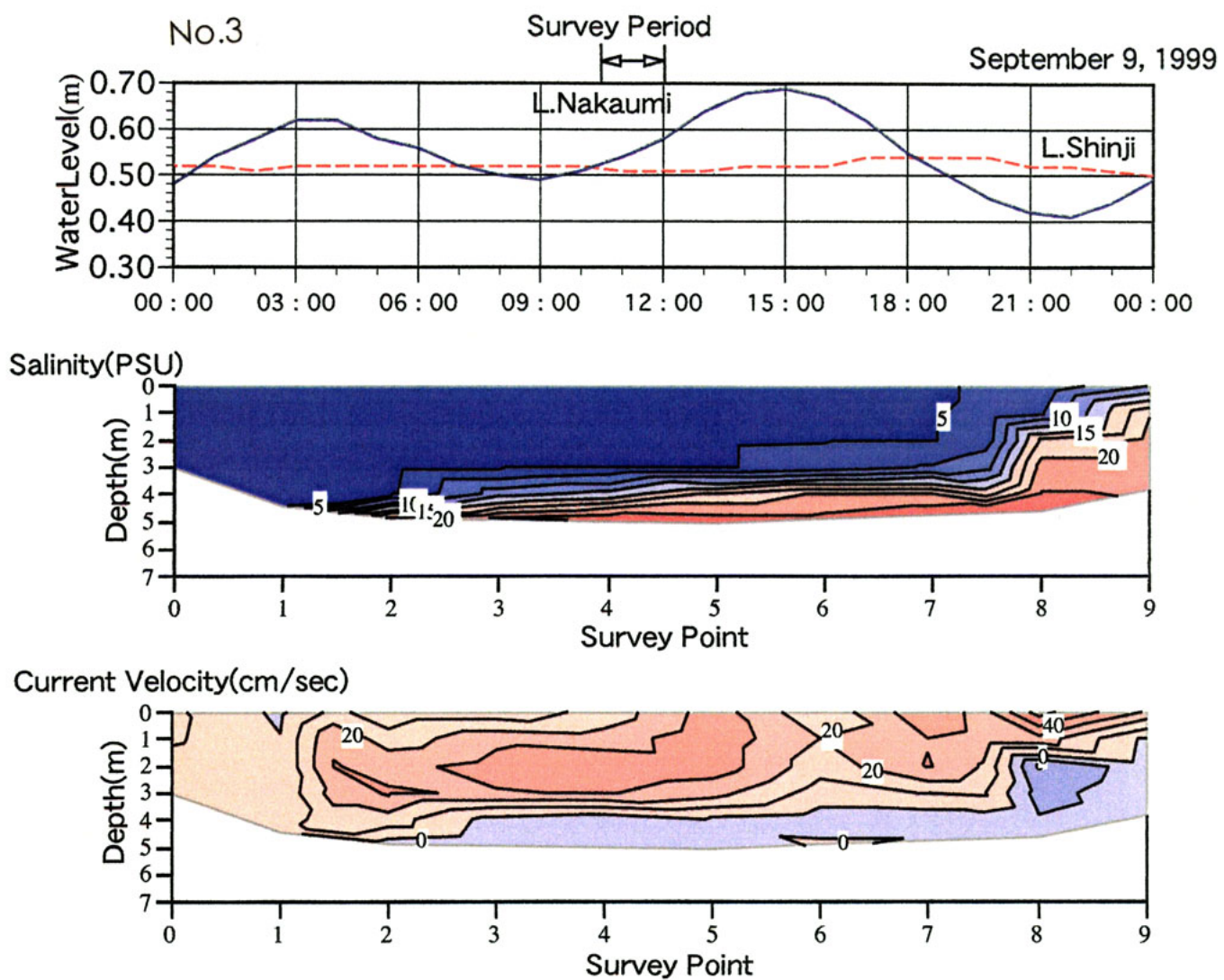


図4 -(3) 下

図4 大橋川における塩分(中段)、流速(下段)の鉛直縦断面と水位変動(上段)一第3回

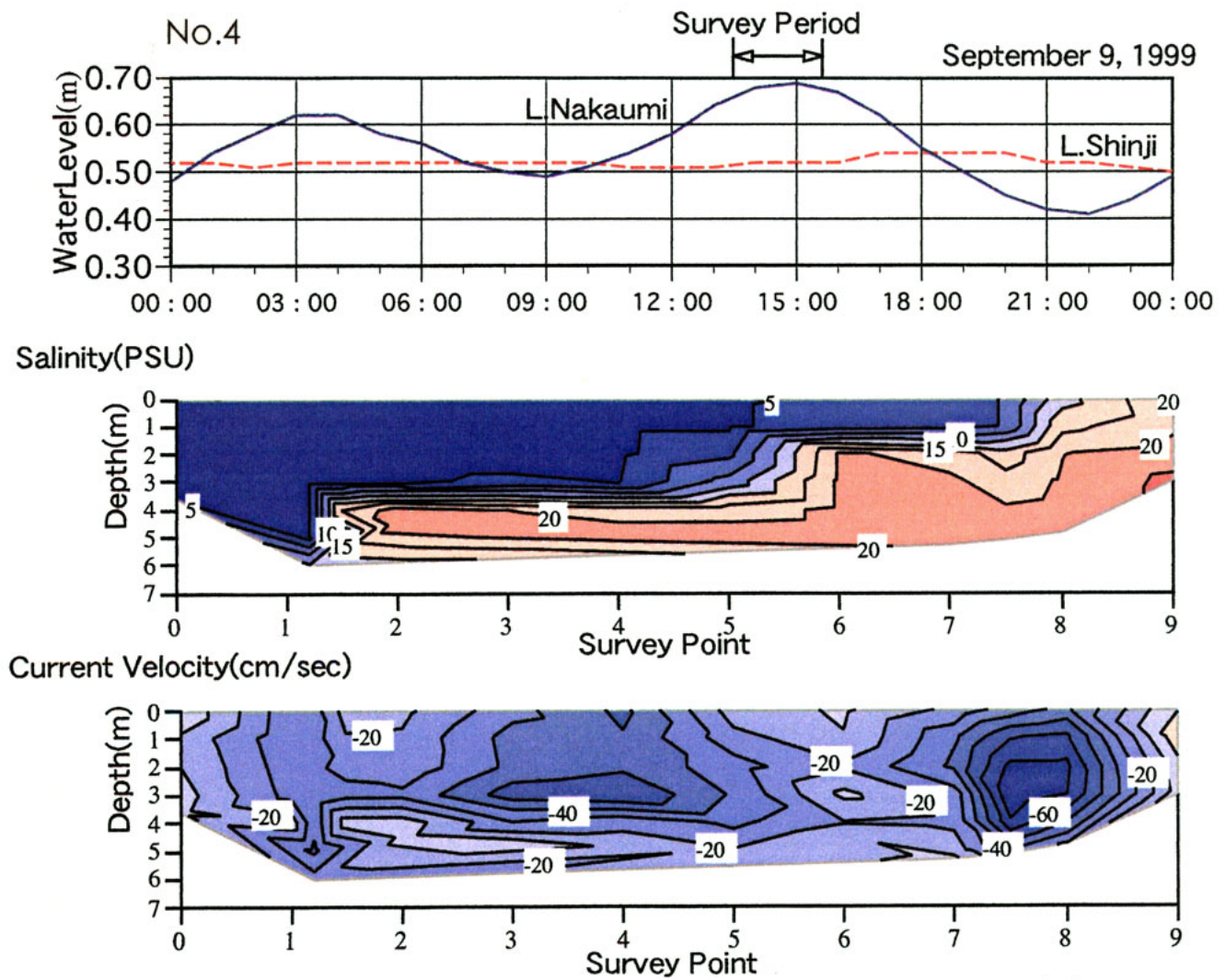


図5 -(1) 上

図5 大橋川における塩分(中段)、流速(下段)の鉛直縦断面と水位変動(上段) - 第4回

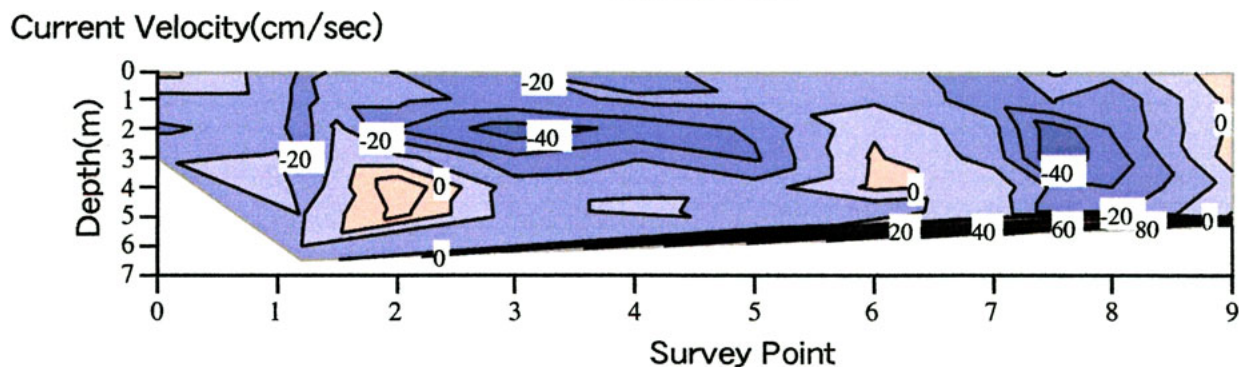
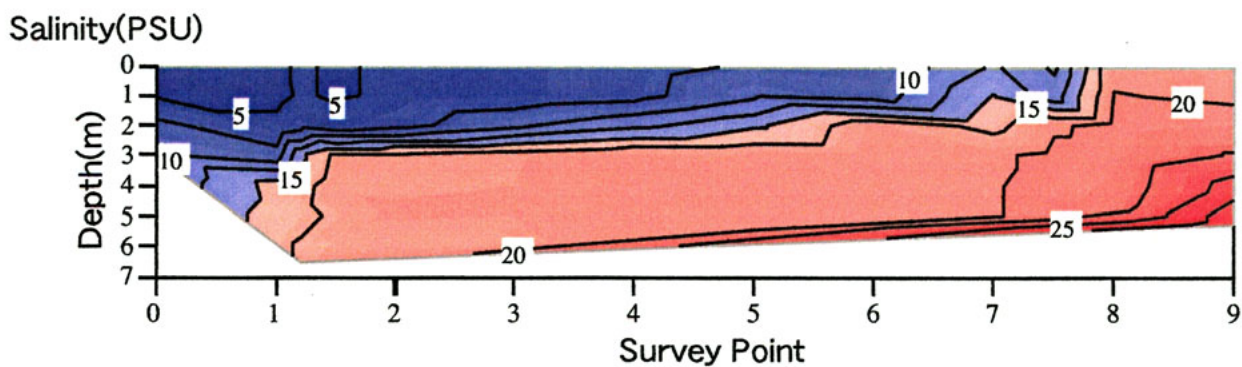
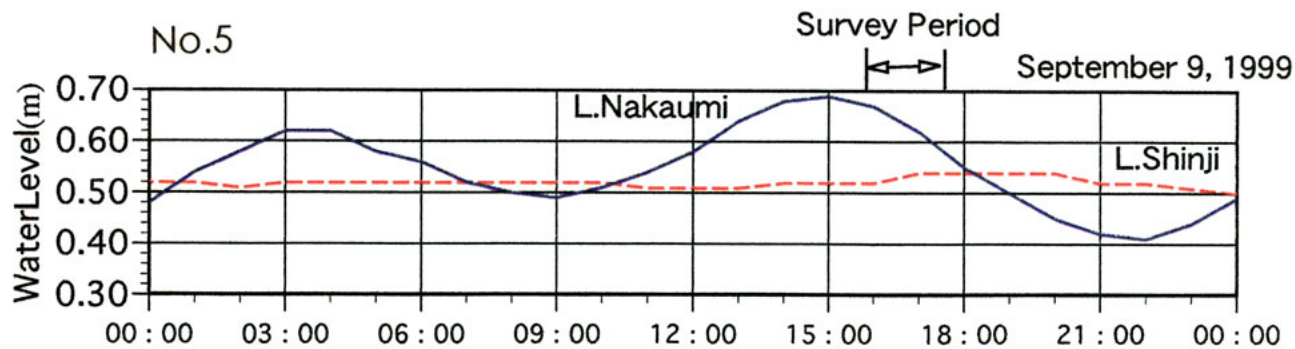


図5 - (2) 下

図5 大橋川における塩分(中段)、流速(下段)の鉛直縦断面と水位変動(上段) - 第5回

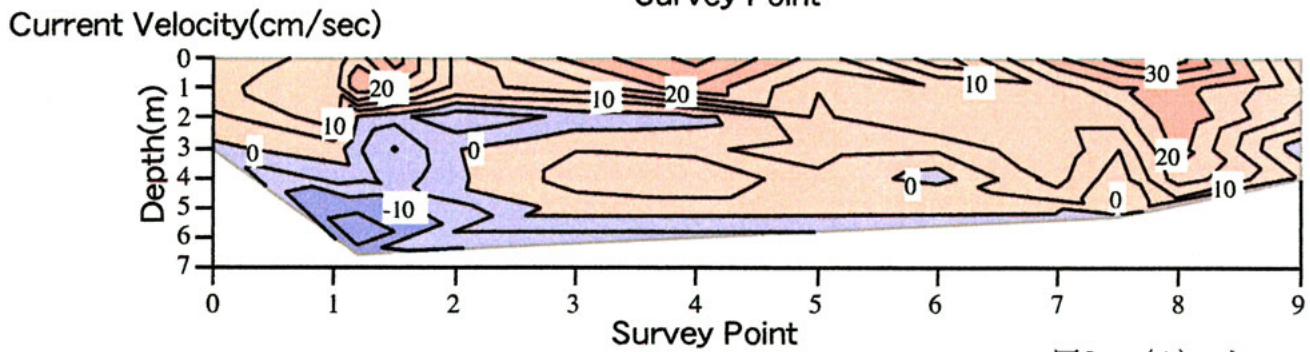
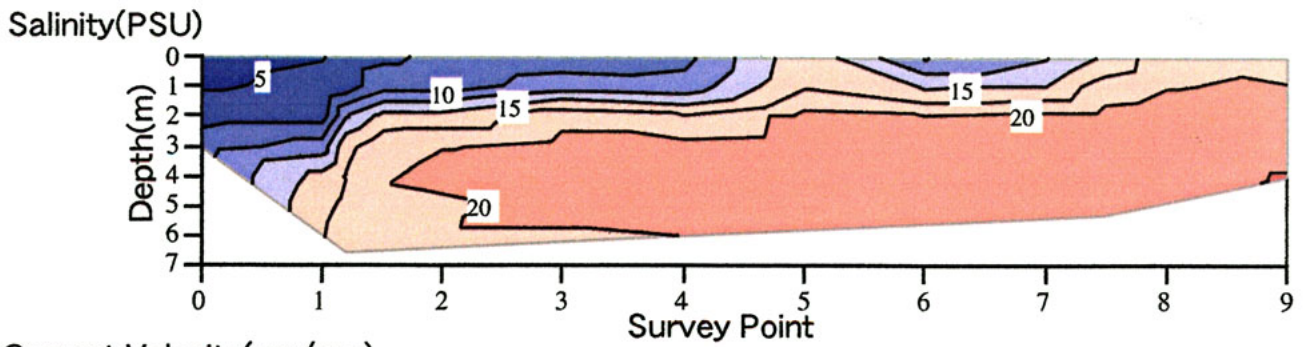
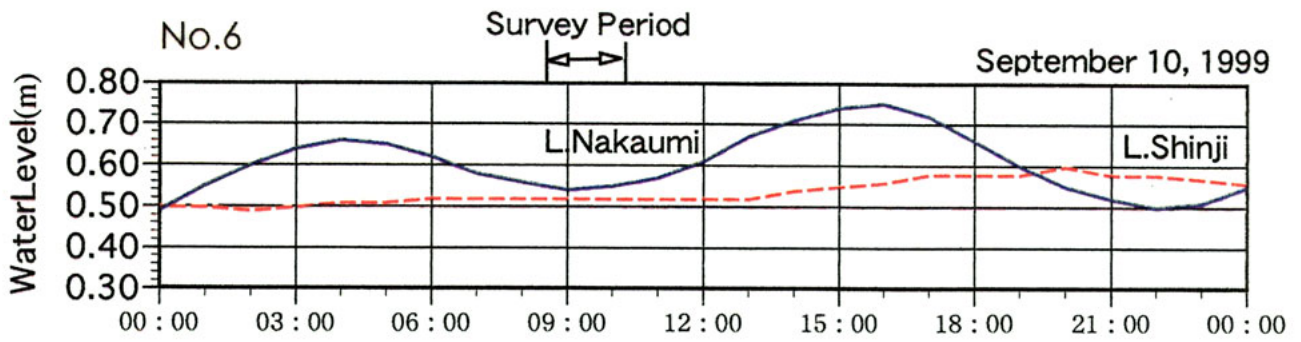


図6 -(1) 上

図6 大橋川における塩分(中段)、流速(下段)の鉛直縦断面と水位変動(上段) - 第6回

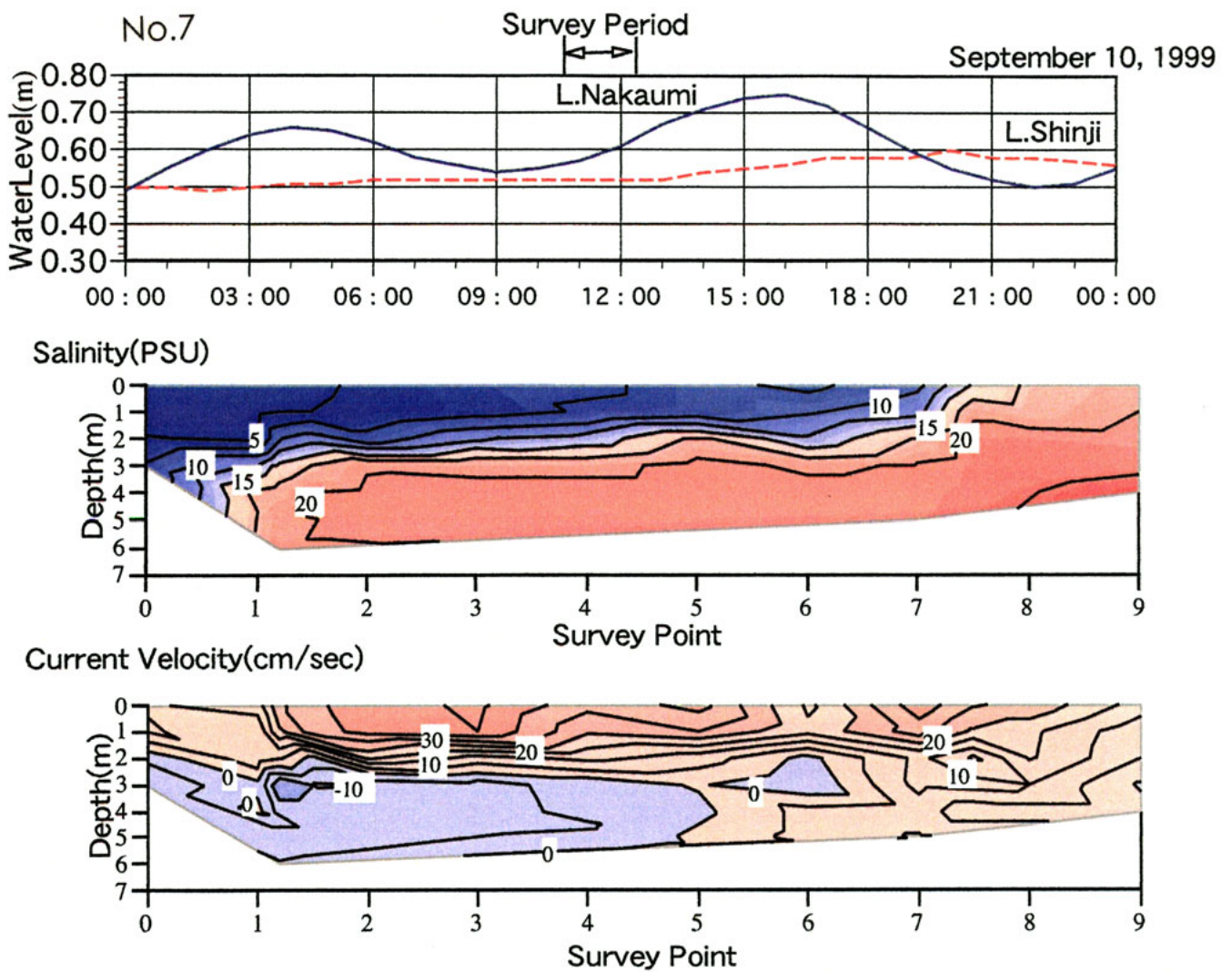


図6 -(2) 下

図6 大橋川における塩分(中段)、流速(下段)の鉛直縦断面と水位変動(上段)一第7回

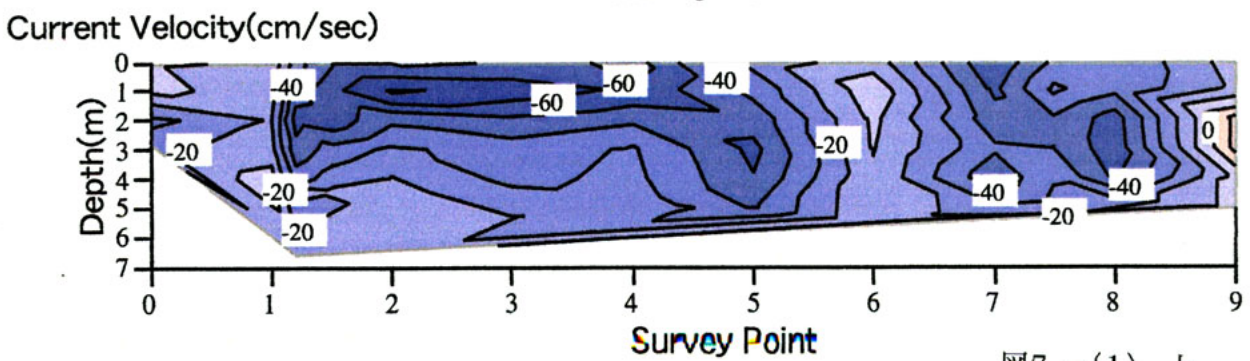
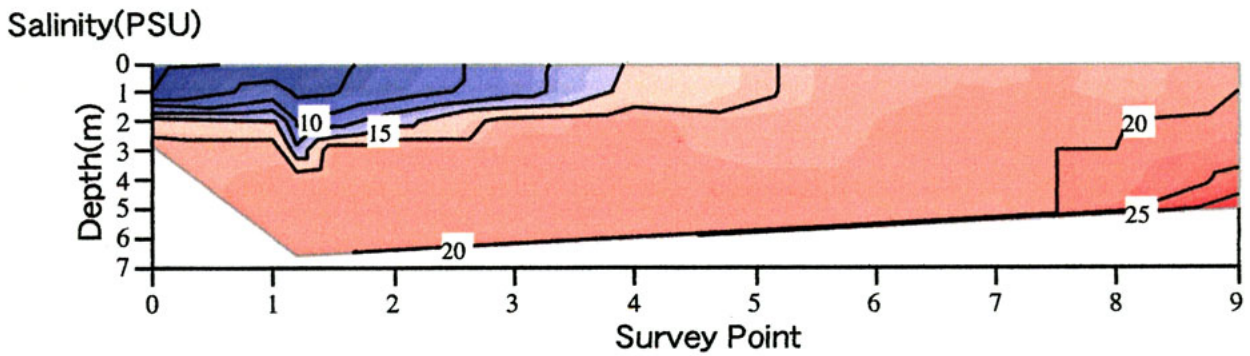
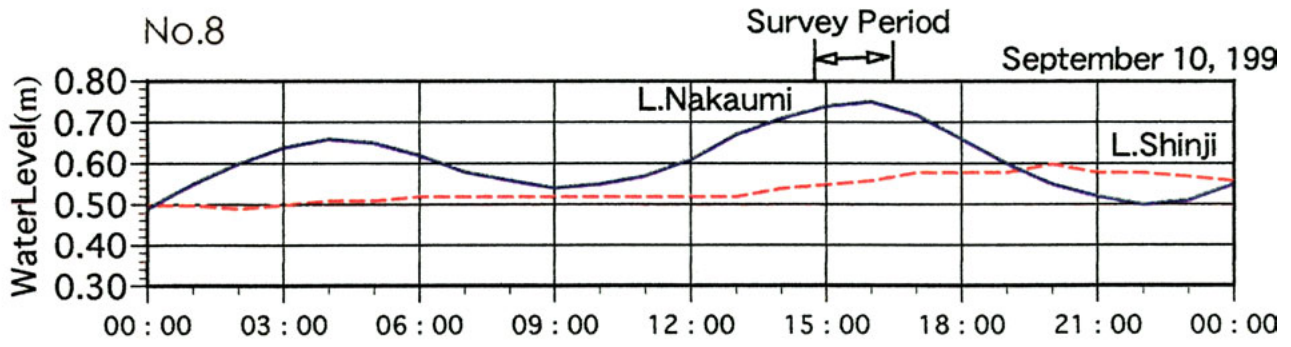


図7 -(1) 上

図7 大橋川における塩分(中段)、流速(下段)の鉛直縦断面と水位変動(上段) - 第8回

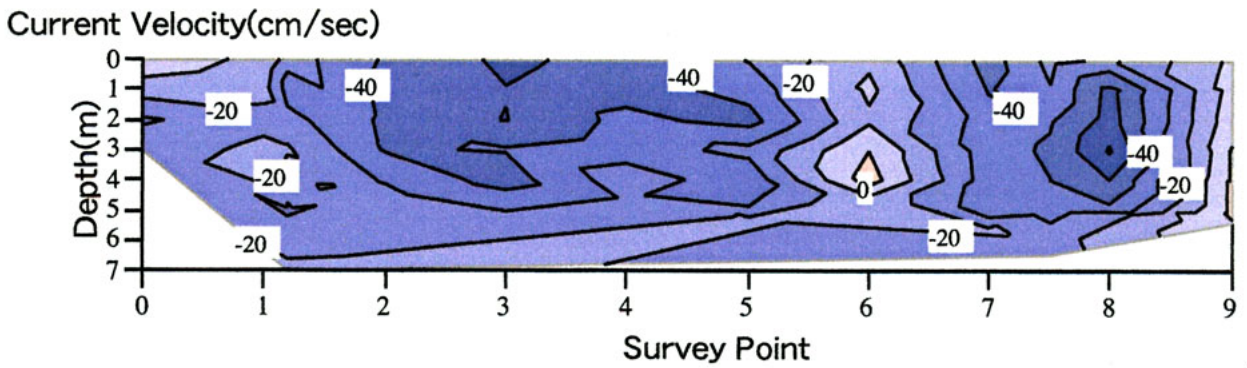
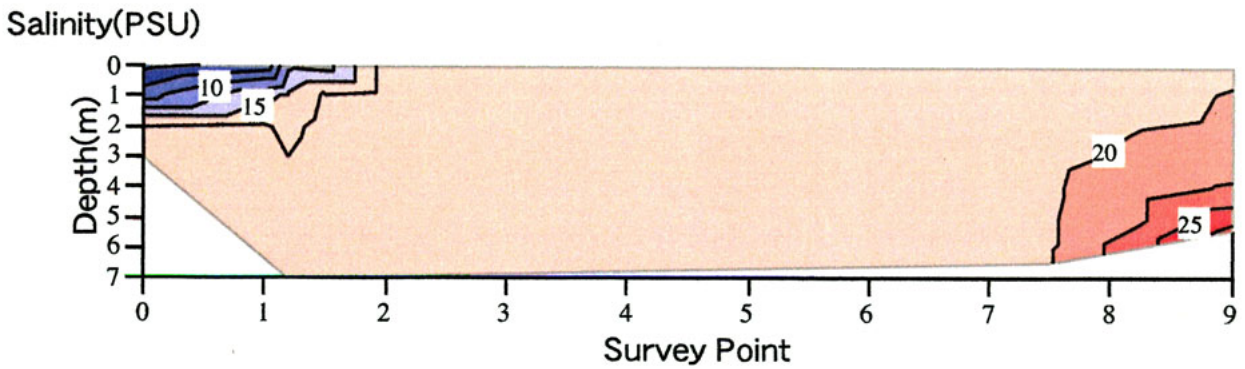
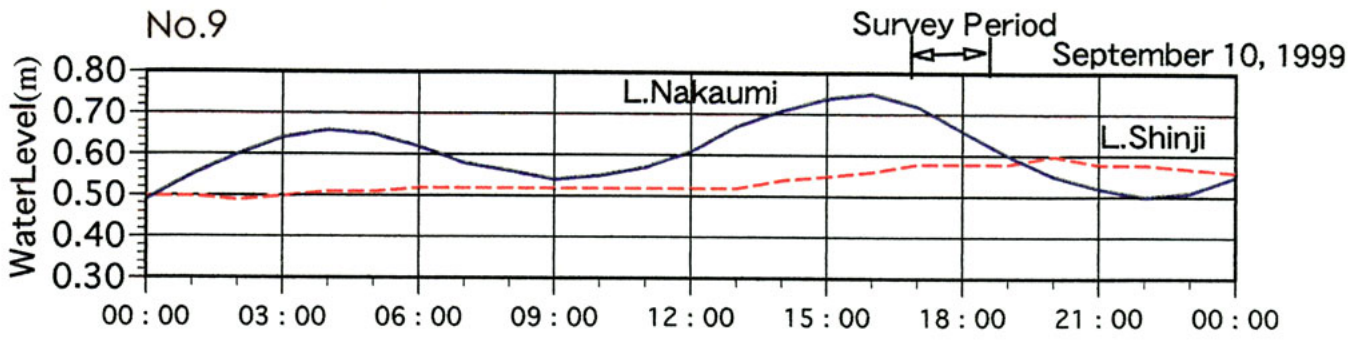


図7 -(2) 下

図7 大橋川における塩分(中段)、流速(下段)の鉛直横断面と水位変動(上段)ー第9回

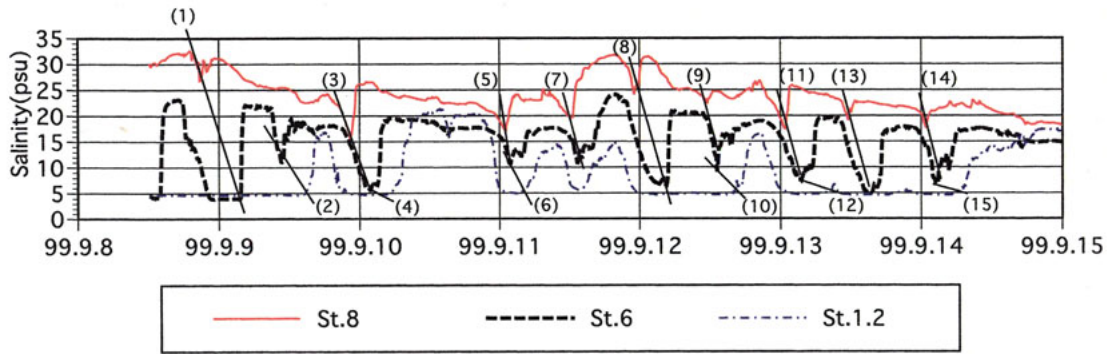


図8 底層塩分の連続観測. 1から15の斜線は高塩分水塊の進入を示している。

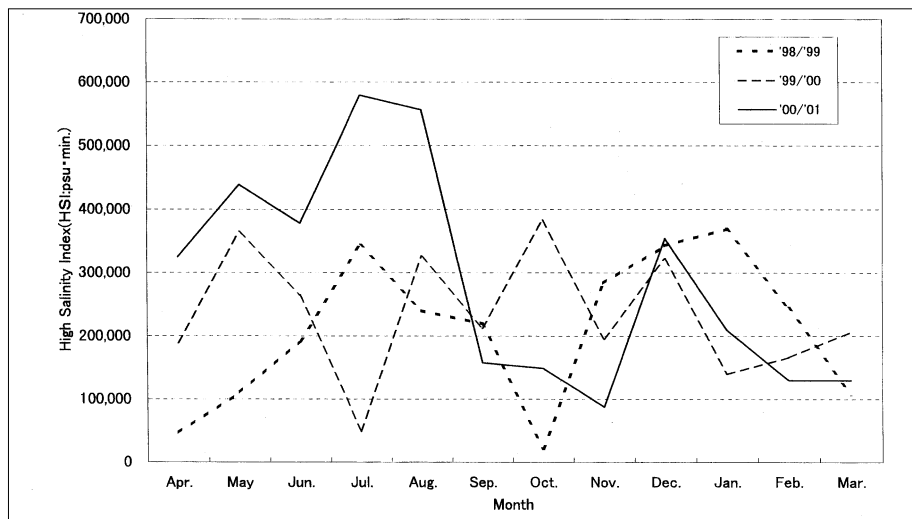


図9 各年における月別高塩分指数の季節変化。

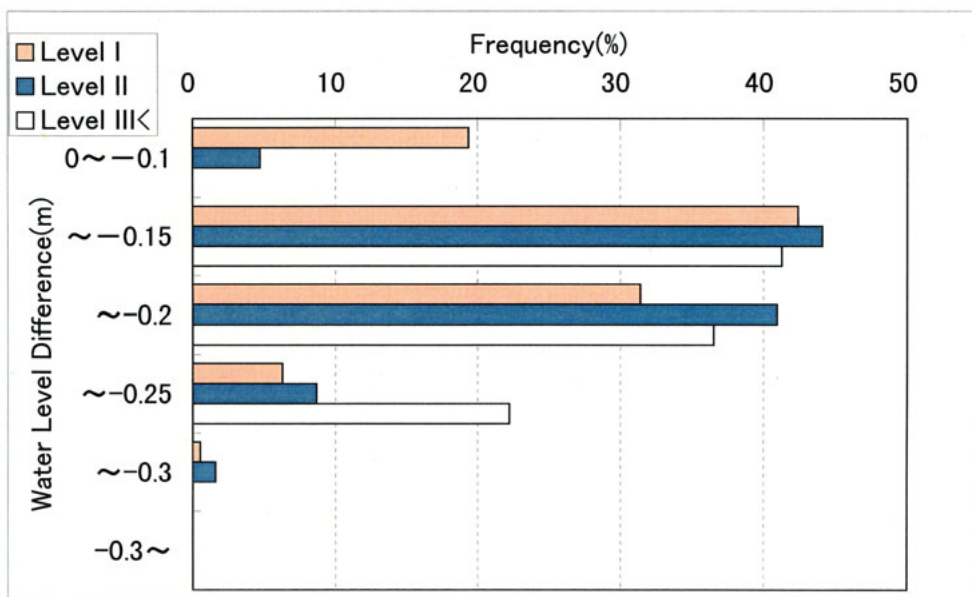


図10 水位差(図2の“D”)に対する各レベル毎のHSI 頻度分布の比較

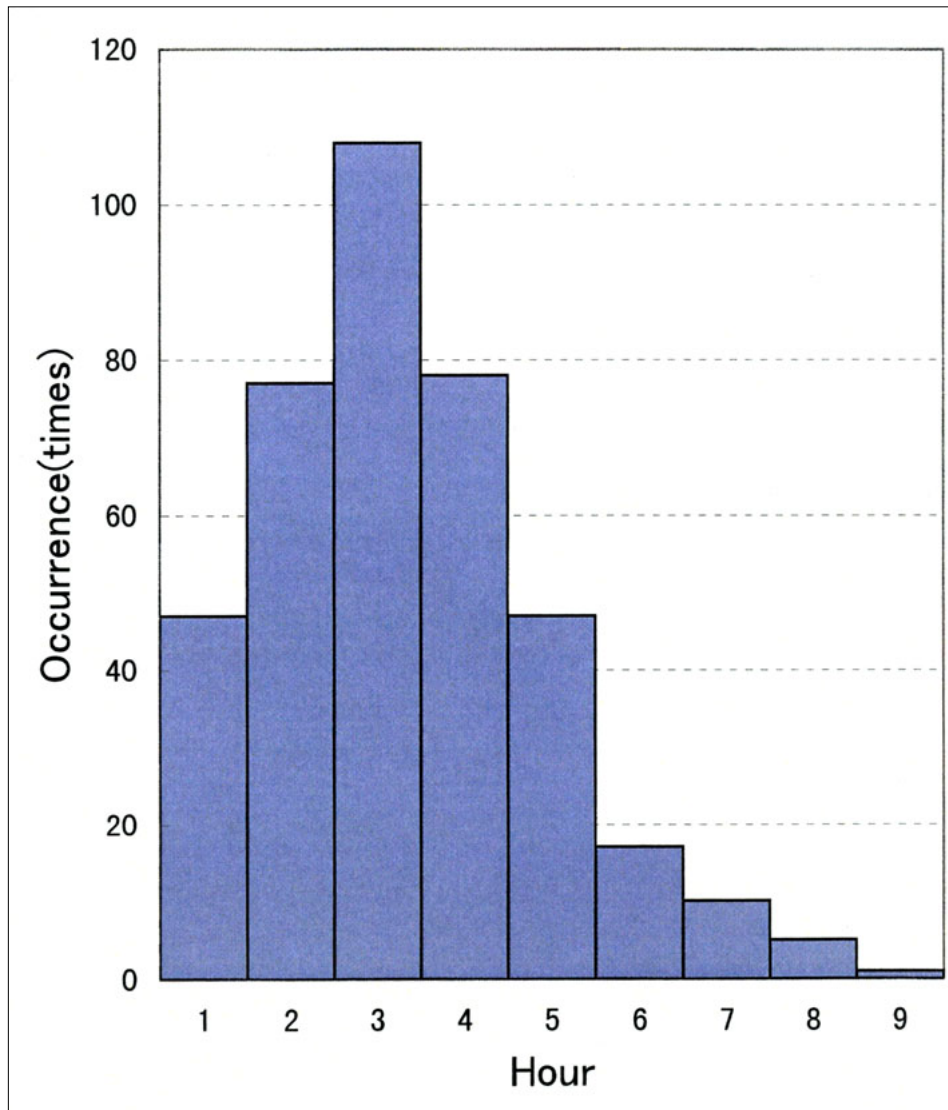


図 11 水位差が最低になったときから塩分が 10psu 以上に上昇するまでの時間 (図 2 の “t”) の頻度分布.

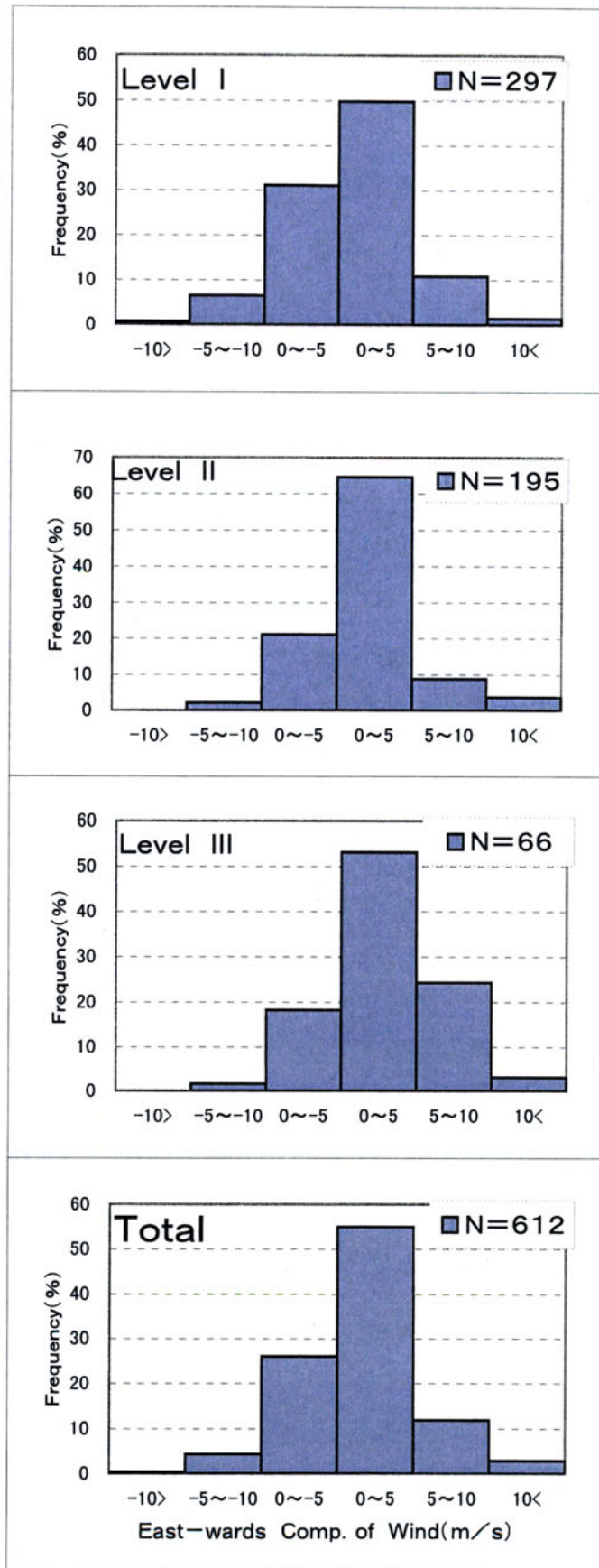


図 12 規模別の HSI の風（東西成分）に対する出現頻度分布. レベルⅢではそれ以下のレベルに比較してやや強い東向きの風（西風：5-10m/s）のときの頻度が高い。

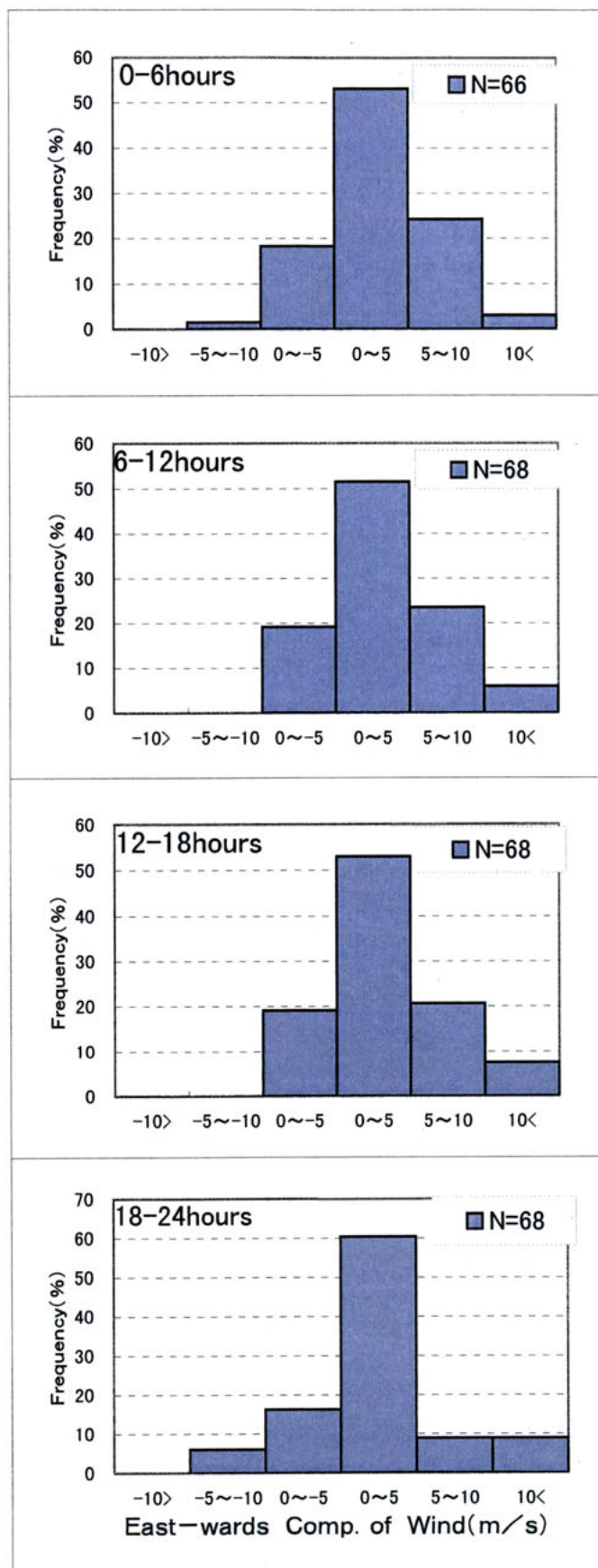


図13 レベルⅢの出現した6時間前ごとの風（東西成分）に対する出現頻度分布.
18-24時間前の分布はそれ以前とは明らかに異なっている。

Table 1

	H.S.I.	W.L.in Shinjiko	W.L.in Nakaumi	W.L.Difference	Mon. Discharge
High Salinity Index	1.00				
W.Level in Shinjiko	-0.02	1.00			
W.Level in Nakaumi	0.23	<u>0.97</u>	1.00		
W.Level Difference	<u>-0.75</u>	0.27	0.03	1.00	
Monthly Discharge	<u>-0.80</u>	0.19	-0.09	<u>0.85</u>	1.00

Table 2

hours of duration/scala	Level I (%)	Level II (%)	Level III (%)	Level IV (%)	Level V (%)	Total (%)
~6	189 31.3	1 0.2	0 0.0	0 0.0	0 0.0	190 30.6
6~12	110 18.2	46 7.6	0 0.0	0 0.0	0 0.0	156 25.2
12~18	2 0.3	137 22.7	28 4.6	0 0.0	0 0.0	167 26.9
18~24	0 0.0	13 2.2	23 3.8	3 0.5	0 0.0	39 6.3
24~30	0 0.0	0 0.0	9 1.5	6 1.0	0 0.0	15 2.4
30~	0 0.0	0 0.0	8 1.3	14 2.3	31 5.1	53 8.5
Total(%)	301 49.8	197 32.6	68 11.3	23 3.8	31 5.1	620 100.0

Level I :0~10,000psu*min. Level II :10,000~20,000psu*min. Level III:20,000~30,000psu*min.
 Level IV:30,000~40,000psu*min. Level V :40,000psu*min. ~

Table 3

Water Level Difference (m)	Level I						
	10~	10~5	5~0	0~-5	-10~-5	-15~-10	East-wards Comp. Of Wind(m/s)
0~-0.1	0	2	20	10	3	1	
~-0.15	0	8	42	23	8	0	
~-0.2	1	7	32	19	2	0	
~-0.25	1	2	7	2	0	0	
~-0.3	0	0	1	0	0	0	
~-0.4	0	0	0	0	0	0	

Water Level Difference (m)	Level II						
	10~	10~5	5~0	0~-5	-10~-5	-15~-10	East-wards Comp. Of Wind(m/s)
0~-0.1	0	0	4	2	0	0	
~-0.15	0	4	30	18	3	0	
~-0.2	1	4	38	9	0	0	
~-0.25	2	2	6	1	0	0	
~-0.3	0	1	1	0	0	0	
~-0.4	0	0	0	0	0	0	

Water Level Difference (m)	Level III						
	10~	10~5	5~0	0~-5	-10~-5	-15~-10	East-wards Comp. Of Wind(m/s)
0~-0.1	0	0	0	0	0	0	
~-0.15	0	2	9	4	0	0	
~-0.2	0	4	7	3	0	0	
~-0.25	1	3	3	0	0	0	
~-0.3	1	3	0	0	0	0	
~-0.4	0	1	0	0	0	0	

Water Level Difference (m)	Level IV						
	10~	10~5	5~0	0~-5	-10~-5	-15~-10	East-wards Comp. Of Wind(m/s)
0~-0.1	0	1	0	0	0	0	
~-0.15	0	0	7	7	1	0	
~-0.2	0	1	9	1	0	0	
~-0.25	1	0	1	0	0	0	
~-0.3	0	0	0	0	0	0	
~-0.4	0	0	0	0	0	0	

中海に出現する貧酸素水塊の海況学的特性と海洋構造

森脇晋平^{1,2} 島根県内水面水産試験場
大北晋也¹ 島根県内水面水産試験場

1,2) Shimpei Moriwaki: Shimane Prefectural Inland Fisheries Experimental Station, Hirata, 691-0076 Japan

Present address: Shimane prefectural Fisheries Experimental Station, Hamada, 697-0051 Japan

1) Shinya Ohkita: Shimane Prefectural Inland Fisheries Experimental Station, Hirata, 691-0076 Japan

Relation between Hydrographic Feature of the Oxygen-deficient Water Mass and Oceanographic Structure in Nakaumi, San'in district, West Japan

This paper describes oceanographic structure of Nakaumi, semi-closed brackish water area connected with the Japan Sea, focusing on hydrographic feature of oxygen-deficient water mass. The study is based on monthly hydrographic observations from April 2000 through March 2001. The characteristics of water masses were investigated by the station graph analysis. Three different types of water masses appeared through a year; upper layer water, bottom layer water, and riverine water. Oxygen-deficient water mass occurred from May to December. Its maximum volume was estimated to be 40% of the whole volume of Nakaumi. The volume of oxygen-deficient water mass increased from June to November corresponding to the occurrence of bottom layer water mass. This indicates that the bottom layer water induced from Japan Sea turned rapidly to the oxygen deficiency water mass in a high-temperature season. Decrease of volume of oxygen-deficient water mass in September probably caused by the exchange of water mass due to the flash flood.

Key words: Nakaumi, oceanographic feature, oxygen-deficient water mass

はじめに

中海は、日本海から境水道を通じて海水が遡上する一方で大橋川から宍道湖・斐伊川に由来する河川系水が流入している閉鎖的な水域である。この水域にはしばしば溶存酸素量の低い貧酸素水塊が発生し、生物の分布や生息に悪い影響を与えていることが指摘されている（例えば越川 1986, 石飛ほか 2000, 平塚 2001）。佐野（1992）の総述によると中海における貧酸素水塊の存在および風による内部振動現象はすでに 1920～30 年代に指摘されており、当時からこの水域で漁業生産を営む漁業者にとっては重大な関心事のひとつであったと思われる。

しかしながら、この海域における貧酸素水塊が(1)海洋構造とどのように関連し、どういう海水特性を示すのかといった基本的な海況学的特性や、(2)季節的にどのような変動をしているのかという定量的な変化あるいは(3)河川系水の与える影響についてはまだよく知られていない。それゆえ中海の海洋構造を貧酸素水塊の出現と関連してその海況学的特性を明らかにすることは重要な課題であると思われる。

そこで、島根県内水面水産試験場が中海の水産振興を図る目的で実施している調査のうち、月例定線海洋観測によって得られた資料を整理し、この水域の海洋構造の基本パターンを貧酸素水塊との関連で解析した。

資料と方法

用いた海洋観測資料は島根県内水面水産試験場が2000年4月から2001年3月にかけて中海の32測点(図1)において実施した月例定期観測から得られたものである。観測は原則として各月の中旬に、水産試験場所属調査船(8.5総トン)によって行い、ハイドロラボ社製水質計H-20を用いて表層から海底まで1mごとに水温、塩分、溶存酸素量を測定した。

宍道湖から大橋川を通じて中海に流入する淡水流入の影響を検討するため、斐伊川河口における流量を調べたが、この資料は国土交通省出雲工事事務所が収集しているものを用いた。

なお、「貧酸素水」の定義は明確ではない(柳, 1989)が、この報告では一般的にベントス分布が危うくなる3mg/L未満(柳, 1989)を貧酸素水塊とした。

結果と考察

1. 海洋構造の季節変動と水塊特性値

(1) 季節変動

中海に出現する水塊の海水特性の差を各月ごとに測点グラフで対比した(図2)。

4月の水塊構造は水深5mを境界としてそれ以浅の水塊と以深の水塊との2つに大別できる。酸素量3mg/L未満の貧酸素水塊は9m以深に出現し、最低水温を示している。観測された地点はSt. 28で浚渫窪地と思われる。他方9m以深でも溶存酸素量の豊富な水塊が存在しており、同時にこの水塊は塩分極大値を示している。この観測点は中浦水門近くのSt. 12で、高塩分・豊酸素水塊の海水特性は中海の外部で獲得されたものと考えられる。

5月の水塊構造の特徴は、下層の一部水塊の貧酸素化が進んだために、3mg/L未満の貧酸素水塊が5m以深に増大したことである。そのため下層では貧酸素水塊とそうでない水塊の2つに分かれ、全体として3つの水塊の存在が指摘できる。

6月の水塊構造は基本的には5月に出現した3つの水塊から構成されている。下層の貧酸素水塊は5m以浅の水域にも出現が増加した。またこの水塊は最低水温値に対応しているのに対して、下層の溶存酸素量の豊富な水塊は塩分極大値の水塊に対応している。このことは中海外部から流入した高塩分・豊溶存酸素の水塊が古い水塊-低水温水塊-となって貧酸素化することを暗示している。

7月には貧酸素水塊の規模はさらに増大し、5m以深での3mg/L以上の豊酸素水塊は6月に比べ減少した。塩分極大値を示す水塊は最低溶存酸素水塊とほとんど一致しており、このことはこの時期に中海の外から流入した高塩分水塊は短時間で貧酸素化することを示唆している。

8月では5m以浅の豊酸素水塊が、2m以浅の酸素量6mg/L以上の高酸素水塊と3~4m深の豊酸素水塊に分離する。前者は植物プランクトンによる旺盛な光合成活動の結果として表層に認められたものであろう。下層部の貧酸素化はさらに進み、5m以深では3mg/L以上の水塊はまったく存在しない。逆に5m以浅においても貧酸素水塊水塊が顕著に出現した。塩分極大値は最低溶存酸素水塊と一致した。

9月はそれまでは全層にわたってほぼ18psu以上の塩分値であったが、それ以下の水塊が出現した。T-S曲線は「く」の字型を呈し、新しい水塊が出現して3つの水塊の存在を示している。これは大橋川からの河川系の淡水流入の影響と判断され、6m以浅の貧酸素水塊が減少した。しかし塩分極大値は最低溶存酸素で最高水温の水塊に一致する。

10月には5m以浅で再び貧酸素水塊が増加した。酸素-水深分布(O₂-D)パターンは8月のそれに似るが、水温-塩分分布(T-S)パターンから理解できるように、上層から冷却が始まり上層の水塊より下層のそれが高水温である。上層水は低温・低塩、下層水は高温・高塩という現象が3月まで継続する。

11月では河川系水に由来する8~14psuの低塩分水が出現した。この水塊は3m以浅に出現した高溶存酸素水塊に一致する。このため、4m以浅で貧酸素水塊の出現が減少した。塩分極大値を示す水塊はしだいに酸素を多く含んだ水塊になり、中海の外から流入した海水の酸素消費速度が小さくなっていることを示唆している。

12月になると上層を覆っていた8~14psuの低塩分水は消滅した。また、底層の5m以深の貧酸素化はしだいに解消されはじめ、貧酸素水塊の主体は6m以深に衰退した。

1月になると等温層の厚さが増し、表層から水深5m深にまで達している。貧酸素水塊は消滅し、最深部まで4mg/L以上の水塊に覆われる。塩分極大値を示す水塊の溶存酸素値は増加して5mg/Lとなり、底層部では酸素を多く含んだ外海水が流入していることを示している。

2月から3月は基本的には同じ水塊構造になっている。水深4m以浅ではほぼ塩分15psu以下で10mg/L以上の高酸素水塊に占められ、それ以深では高塩分化、低酸素化するものの最深部でも貧酸素水塊はみられない。ただ、水深4~6mに貧酸素水塊が出現しており、最深部の塩分よりやや低い値を示している。水平的に存在場所を確認すると、南側沿岸部の底層部(St. 10, 18, 23)であった。3月においてもこの貧酸素水塊はわずかに認められる。この貧酸素水塊の出現機構はよく分からないが、藤原ほか(2000)は東京湾において外洋系の水塊が底層に流入し湾内の貧酸素水塊が湾奥沿岸にもち上げられて中層の貧酸素状態になることを見出しており、これと類似の形成機構によるのかも知れない。

(2) 海洋構造と水塊特性値

前節では2000年4月から2001年3月までの毎月の海洋観測結果に基づいて中海の水塊構造の季節的变化を記述したが、水塊としては(1)鉛直的に水深4~5mを境界としたそれ以浅(上層水)と以深(下層水)の水塊、(2)淡水流入の影響と判断される水塊(河川系水)、(3)すでに定義した溶存酸素量3mg/L未満の貧酸素水で構成されるとみなすことができる。それらの水塊特性値の出現範囲を表1に季節毎に示した。

2. 河川流量の季節変動

中海の海洋構造を検討する場合、陸上からの淡水の流入も重要な環境形成要因となることが明らかになった。大竹・伊達(1981)も降雨量が中海の環境変動に大きな影響を与えていることを指摘している。そこで中海において河川系水の源となると思われる斐伊川の流量を調べた。

斐伊川の河口付近における流出量の季節変動(図3)をみると梅雨期の7月、台風時期の9月および春季3月にピークがある。7月と9月のピークは年による変動が大きく、流出量は年により著しく異なることを示している。一方、3月のピークは相対的に安定している。

2000年4月から2001年3月までの特徴は4月以降、流出量は減少傾向であったが特に7月から8月にかけては極端に流出量が少なく、渇水状態であった。その後、9月と11月に流出量の増加を示して12月以降はほぼ平年並の水準で経過した。

3. 水塊の体積比の季節変動と貧酸素水塊の体積の季節変動

各水塊の出現規模の季節変動をみるため各水塊の月別の出現体積を推定した。最初に中海の体積(V)を、海図第1174号に1m深ごとの間隔で等深線を描き各深度以深の面積(S_n)を求め、

$$V = \sum (S_n + S_{n+1}) / 2 \times 1m^3 \dots\dots (1)$$

で算出した。ただし、この体積のなかには本庄水域は含まれていない。

次に、表1の水塊特性値のうち各水塊を代表する塩分値を基準にして、15psu未満を河川系水、15psu以上25psu未満を上層水、25psu以上を下層水、今回の定義から溶存酸素量3mg/L未満を貧酸素水塊とし、表面から1m深ごとに描いた塩分および溶存酸素量の等平面分布図を基に、中海の体積を求めた手法の式(1)と同じように各深度間について積算した。

各水塊の現存量の季節変動（図4）をみると、4月以降下層水の占める割合は8月まで増加しほぼ50%に達した。9月になると下層水の割合は著しく減少して上層水の占める割合が増加し、河川系水も出現して約10%に相当する量を占めた。10月以降2月までの下層水は20~30%の占有率を変動し3月には7%に低下した。他方、河川系水は11月には最大の59%に達した。12~1月には出現しなかったが、2~3月にはほぼ45%を占めた。

貧酸素水塊の出現体積の季節変動（図5）をみると、9月は低いものの、初夏から秋にかけての出現が高く、8月と10月には中海の全容量の40%を占有した。冬から早春には低い傾向がある。気をつくもう一点は、貧酸素水塊の出現体積の季節変動は出現程度の低い12月から翌年の4月までの間を除けば、下層水の出現パターンとよく類似していることである。すなわち5月以降増加して9月にはいったん低下したが10月には回復しその後ふたたび低下していった点である。

4. 若干の議論

2000年4月から2001年3月までの1年間、中海の32測点において毎月実施した海洋観測結果に基づき、中海の海洋構造について記述し、さらに貧酸素水塊の消長に焦点をあてて検討した。その結果、中海の水塊構造は塩分の特性値を基準にして分類した(1)上層水、(2)下層水、(3)河川系水の3つで構成されていた。これらは徳岡ほか(2001)がそれぞれ中塩分水塊、高塩分水塊、低塩分水塊と呼んだものに相当するが、今回の調査ではこれらの水塊の特性値を明確にすることができた。さらに、貧酸素水塊も含め各水塊体積の季節変動を調べることができた。

貧酸素水塊は5月から形成され始め、下層水が貧酸素化していった。12月には貧酸素水塊はしだいに消滅していったが、その過程は下層水がしだいに酸素量を回復していったことを示している。貧酸素水塊形成の重要な要因のひとつとして成層による溶存酸素の鉛直輸送の阻害が指摘されている（例えば佐々木ほか1977、城ほか1978、鬼塚1989、神菌ほか1996、東ほか1998）が、中海においても塩分躍層が鉛直混合を阻害することから底層の酸素消費量を補えないためであると考えられている（Ohtake et al., 1982）。この過程を塩分極大値を示す水塊の挙動からみると貧酸素水塊は外海から流入した海水が滞留し変質したものであると推定される。とくに7~10月の期間は塩分極大値の水塊と貧酸素水塊とが同一の水塊を形成し、外海から流入してきた酸素量の豊富な海水が短期間のうちに貧酸素化することを示唆している。

下層水の体積と貧酸素水の体積とは高水温期（6月~11月）にはほぼ正相関していた。またこの時期は下層水の体積が増加していることから外海からの流入量は増大する季節でもある。さらにこの年の梅雨期から夏にかけては例年になく河川流量は少なく（図3）渇水状態であった。このことは中海側の水位が低くて外海系水の流入量が増加することを示唆している。このように酸素濃度の高い外海系水が入り込みやすい条件にもかかわらず、外海系水の主体を占める下層水体積の大半以上が貧酸素化しているという事実は、中海の底環境の酸素消費速度がいかに早いかを物語っている。ちなみに中海の湾奥下層における酸素消費速度は0.9mg/L/日（福岡ほか1999）である。他方、洞海湾で0.15~0.72mg/L/日（東ほか1998）、周防灘で0.16~0.89mg/L/日（神菌1995）、三河湾で0.65mg/L/日（Unoki et al. 1985）、0.59mg/L/日（鈴木ほか1998）など他海域の事例と単純に比較しても高めであると言えよう。

ところで9月には下層水、貧酸素水塊の両方の体積とも著しく減少した。これは9月前半の秋雨前線にともなう大量の降雨が原因であると考えられる。図6に9月上旬の松江と出雲における日降水量を示したが、9月13日の調査日の5日前までの累積降水量は147~156mmを記録した。宍道湖・中海への直接の降雨およびこれらの水系の流域面積に降った雨がそのまま中海に流入したと仮定すると、中海容量の約75~80%に相当する河川系水の流入があったと推算される。流出率も考慮しておらず大雑把な数値ではあるが、集中した多量の降雨に伴う洪水というイベントが中海の海水交換を促進し、そのことが9月に貧酸素水塊が減少した原因である可能性はきわめて高い。奥田（1997）は洪水時における中海貧酸素水塊の記録を検討して下層部の溶存酸素濃度の

上昇はほとんどないとしているが、中海中央部の下層1点のみの記録からの結果であり、全体を掌握したものではない。そういった意味で今回の結果は洪水直後の貴重な観測事例といえよう。

今回、1年間の結果であるが、中海の海洋構造を明らかにするとともに、中海に発生する貧酸素水塊の季節変動を定量的に検討する試みを行った。これまでこのような各水塊の体積の季節変動を明らかにした類似の事例はなく、中海の海水交換・貧酸素水塊の挙動などの物理過程を解明するにはこのような定量的な解析がかかせないであろう。藤原(1997)は従来、停滞性の強い水塊として取り扱われてきた貧酸素水塊の発達過程は、動的なものとして扱われる必要があることを指摘している。今後は、測点のモニタリングの継続とともに、中海環境を容量の変動として貧酸素水塊の発生・発達・持続・衰退・消滅の過程を定量的に取り扱っていくことが重要である。

謝辞

島根県内水面水産試験場の向井哲也主任研究員には画像解析のデータ処理について有益な助言をいただいた。同職員の郷原照子さんと谷口いずみさんには資料整理に協力していただいた。また、国土交通省出雲工事事務所には河川流量の資料提供を受けた。ここに記して感謝します。

参考文献

- 藤原建紀(1997) 淡水影響域におけるエスチュアリー循環流と生物・物質輸送. 海と空, 73:23-30.
- 藤原建紀・高橋鉄哉・山田佳昭・兼子昭夫(2000) 東京湾の貧酸素水塊に外洋の海況変動が及ぼす影響. 海の研究, 9:303-313.
- 福岡捷二・黒川岳司・日比野忠史・鈴木 篤・中村 剛・上原 浩(1999) 中海における気象変化に伴う貧酸素水塊の挙動. 土木学会論文集, 636:61-79.
- 東 輝明・山田真知子・門谷 茂・広谷 純・柳 哲雄(1998) 過栄養な内湾洞海湾における貧酸素水塊の形成過程とその特性について. 日水誌, 64: 204-210.
- 平塚純一(2001) パイプ方式による潮通しが閉鎖された中海本庄水域の魚類及び甲殻類相に与えた影響. 陸水学雑誌, 62:61-73.
- 石飛 祐・平塚純一・桑原弘道・山室真澄(2000) 中海・宍道湖における魚類および甲殻類相の変動. 陸水学雑誌, 61:129-146.
- 城 久・矢持 進・安部恒久(1978) 大阪湾における貧酸素水塊の発生状況. 大阪水試研報, 5:71-84.
- 神菌真人・磯部篤彦・江藤拓也・俵 悟・小泉喜嗣(1995) 周防灘南西部における貧酸素水塊形成機構-酸素消費速度の変動要因. 沿岸海洋研究, 32:167-175.
- 神菌真人・江藤拓也・佐藤博之(1996) 周防灘南西部における貧酸素水塊形成と気象変動の関係. 沿岸海洋研究, 33:179-190.
- 越川敏樹(1986) 中海の魚類. 島根野生生物研究会報 4:7-17.
- 大竹久夫・伊達善夫(1981) 統計的にみた中海汽水環境の特徴について. 中海の干拓・淡水化が水圏環境に及ぼす影響に関する基礎的研究, 4:7-23.
- Ohtake, H., Y. Seike, A. Takeda, K. Kondo and Y. Date(1982) A quantitative analysis of phosphorus cycle in the shallow brackish lake Nakanoumi, Japan. Arch. Hydrobiol., 94:286-301.
- 奥田節夫(1997) 汽水湖における水塊の移動と混合過程. 沿岸海洋研究, 35:5-13.
- 鬼塚正光(1989) 東京湾の貧酸素水塊. 沿岸海洋研究ノート, 26:99-100.
- 佐野 茂(1992) 学術論文にみる中海水質の変遷. 山陰地域研究, 8:95-100.

- 佐々木克之・佐藤善徳・杉浦健三・松川康夫 (1977) 渥美湾の貧酸素水塊の形成機構-躍層下部の酸素収支-. 東海水研報, 89:43-55.
- 鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信・今尾和正 (1998) 底層の貧酸素化が内湾浅海低生物群集の変化に及ぼす影響. 海の研究, 7:223-236.
- 徳岡隆夫・三瓶良和・上野博芳・西村清和・須崎 聡・松田滋夫・久保田俊輔・鈴木重放 (2001) 大橋川における高塩分水塊の動態観察 (1999 年秋) . LAGUNA (汽水域研究) , 8:79-90.
- Unoki S, Y. Saijyo, and S. Tawara (1985) In situ measurement of oxygen consumption rate in the bottom layer in Mikawa Bay. J. Oceangr. Soc. Japan, 41:59-62.
- 柳 哲雄 (1989) シンポジウム「貧酸素水塊」のまとめ. 沿岸海洋研究ノート, 26:141-145.

図表の説明

図1 調査場所の地理的概要

Fig.1 Geography of the survey area and the location of hydrographic stations

図2 測点グラフによる中海の水質特性

Fig.2 Assembled station graph representing water characteristics

図3 斐伊川の流量の季節変動

Fig.3 Seasonal changes in discharge from Hii-Kawa River(m^3/s) shown in Fig. 1

図4 3つの水塊の季節的な量的変化

Fig.4 Seasonal change in volume of the three water masses

図5 貧酸素水塊の季節的な量的変化

Fig.5 Seasonal change in volume of the oxygen-deficient water mass

図6 2000年9月前半の松江における降水量

Fig.6 Precipitation at Matsue and Izumo in the first half September, 2000

表1 季節別水塊特性値

Table 1 Seasonal water mass characteristics

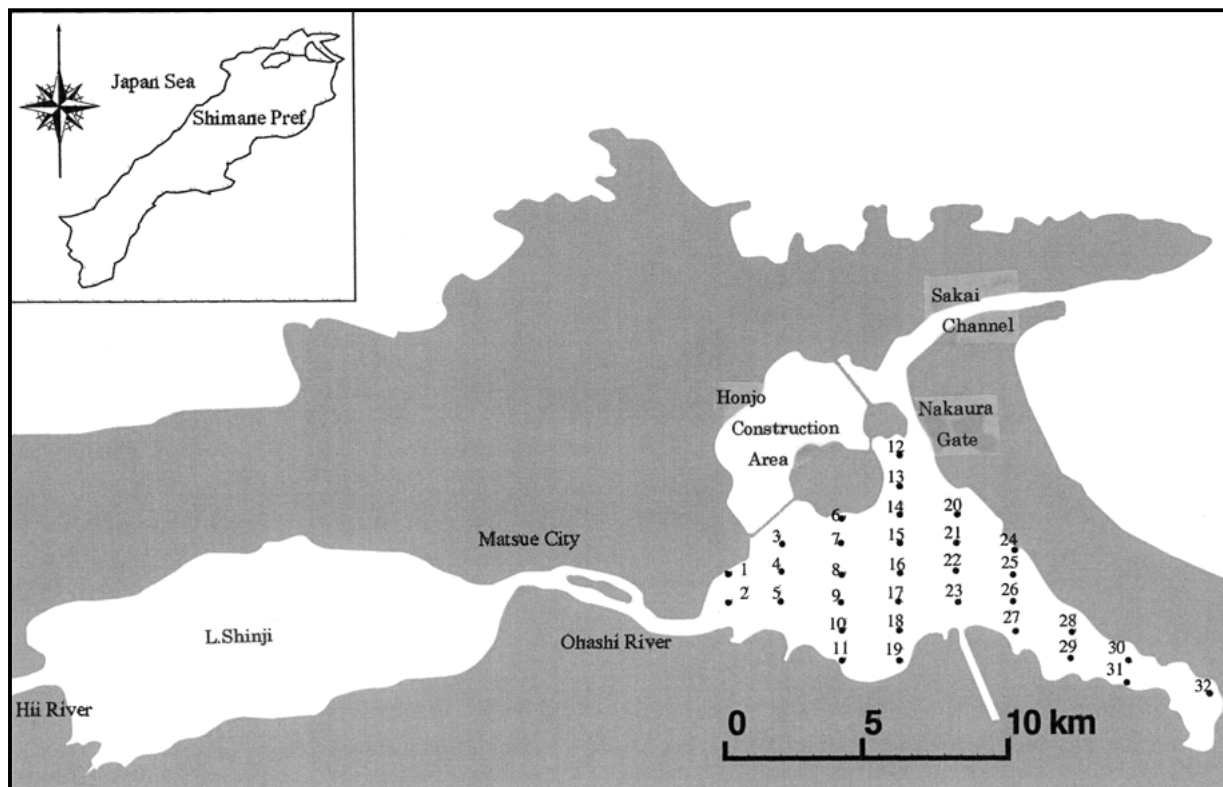


図1 調査場所の地理的概要

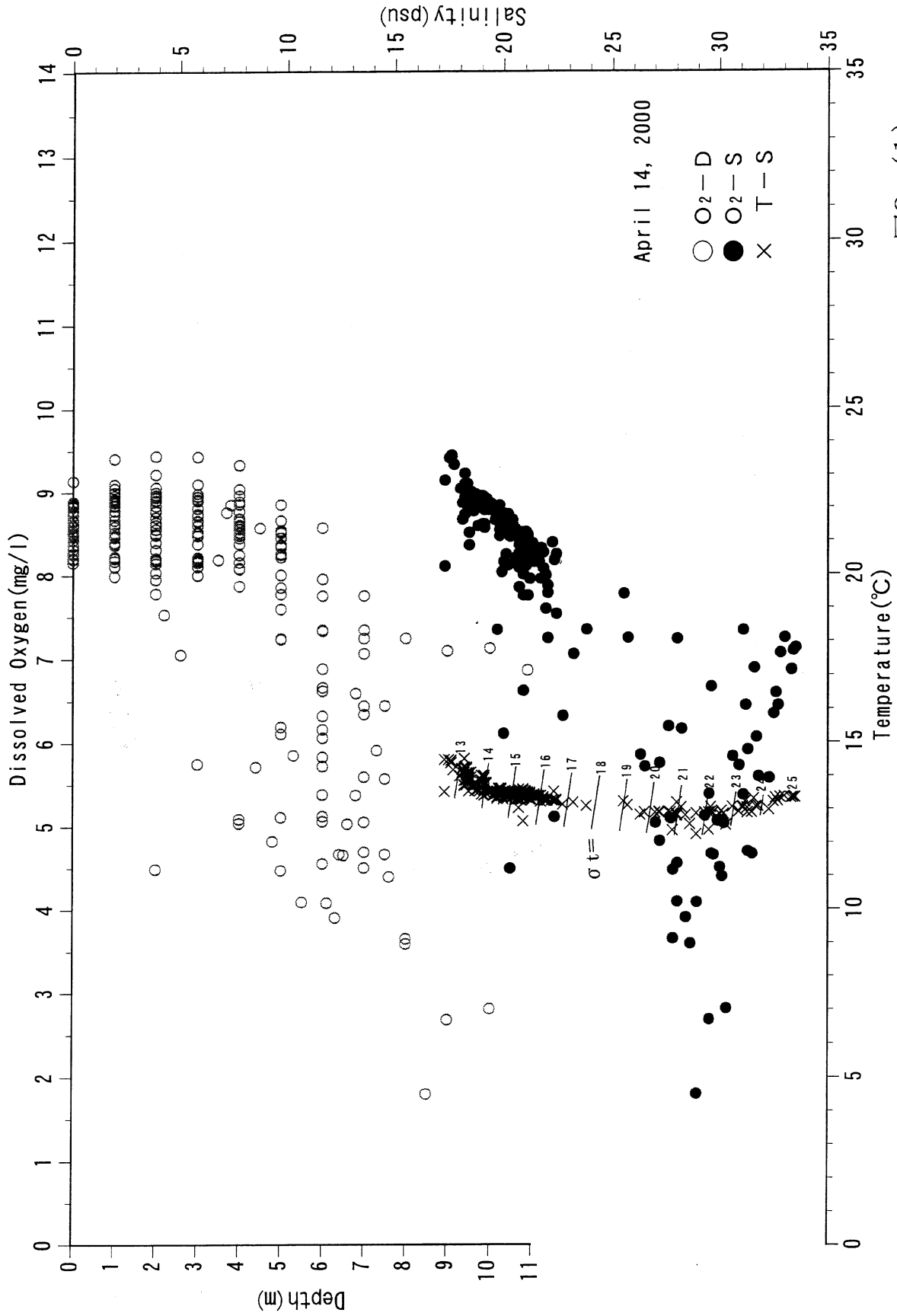


図2 (1)

図2 測点グラフによる中海の水質特性

図2 測点グラフによる中海の水質特性

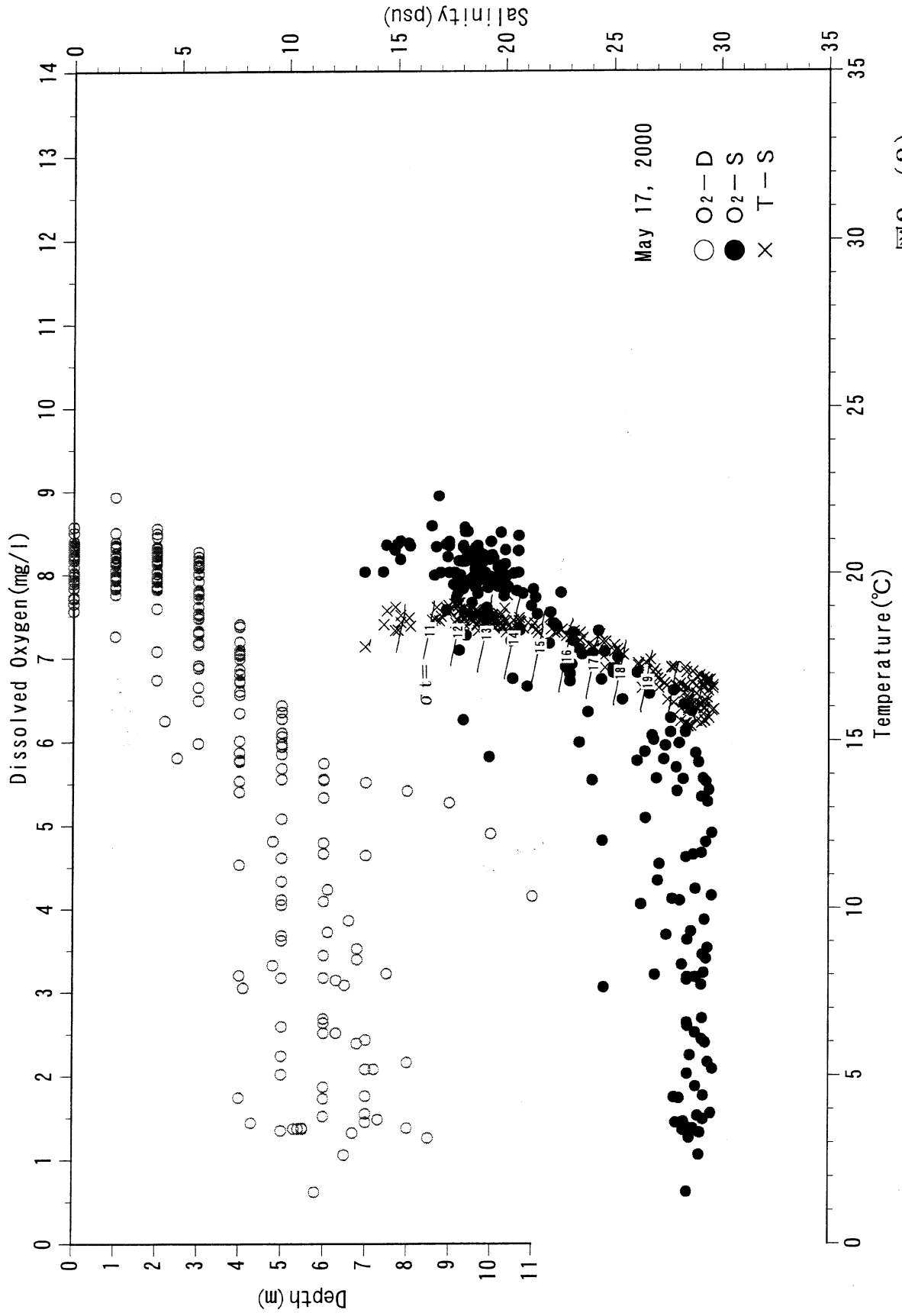


图2 (2)

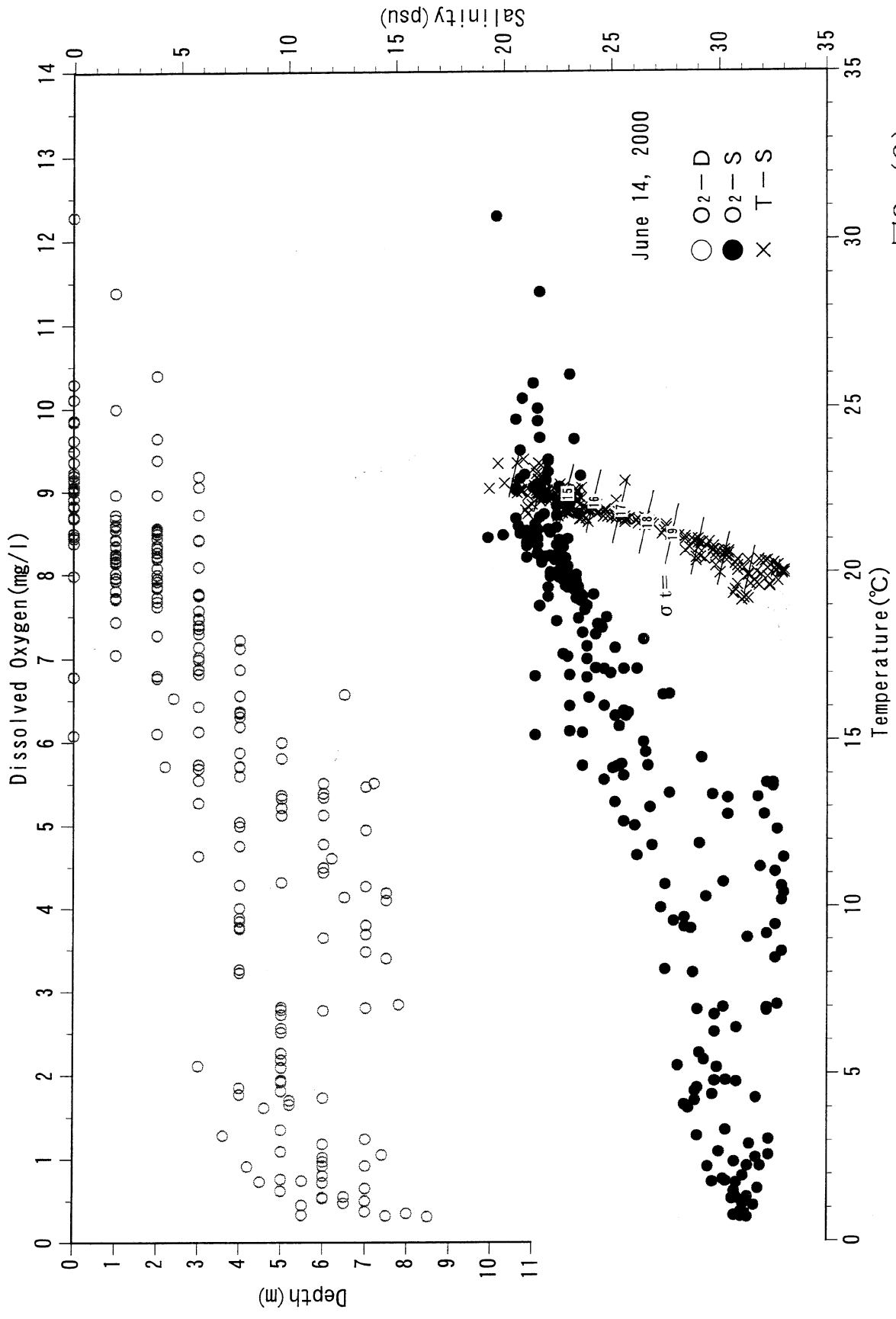


Figure 2 (3)

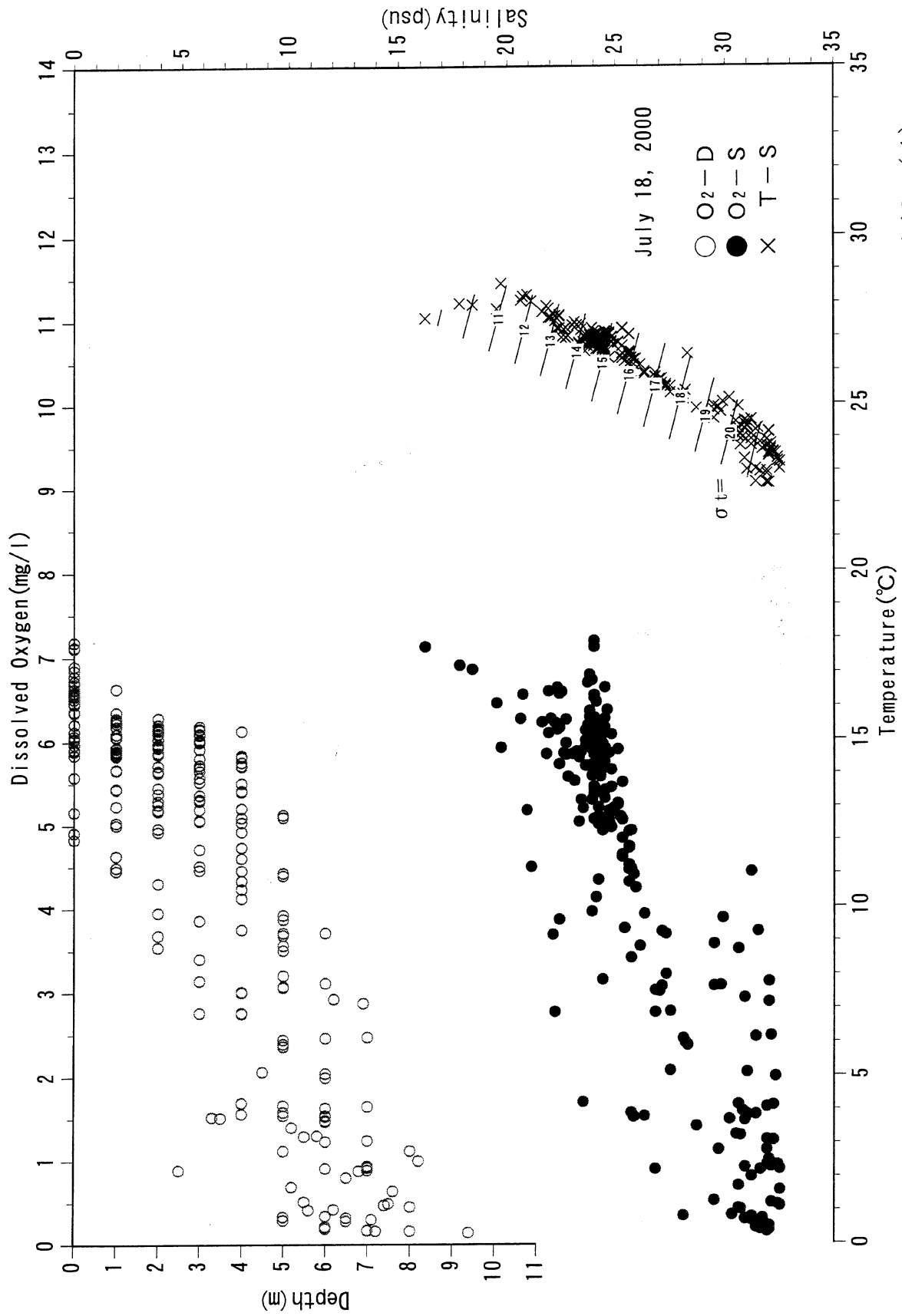


図2 (4)

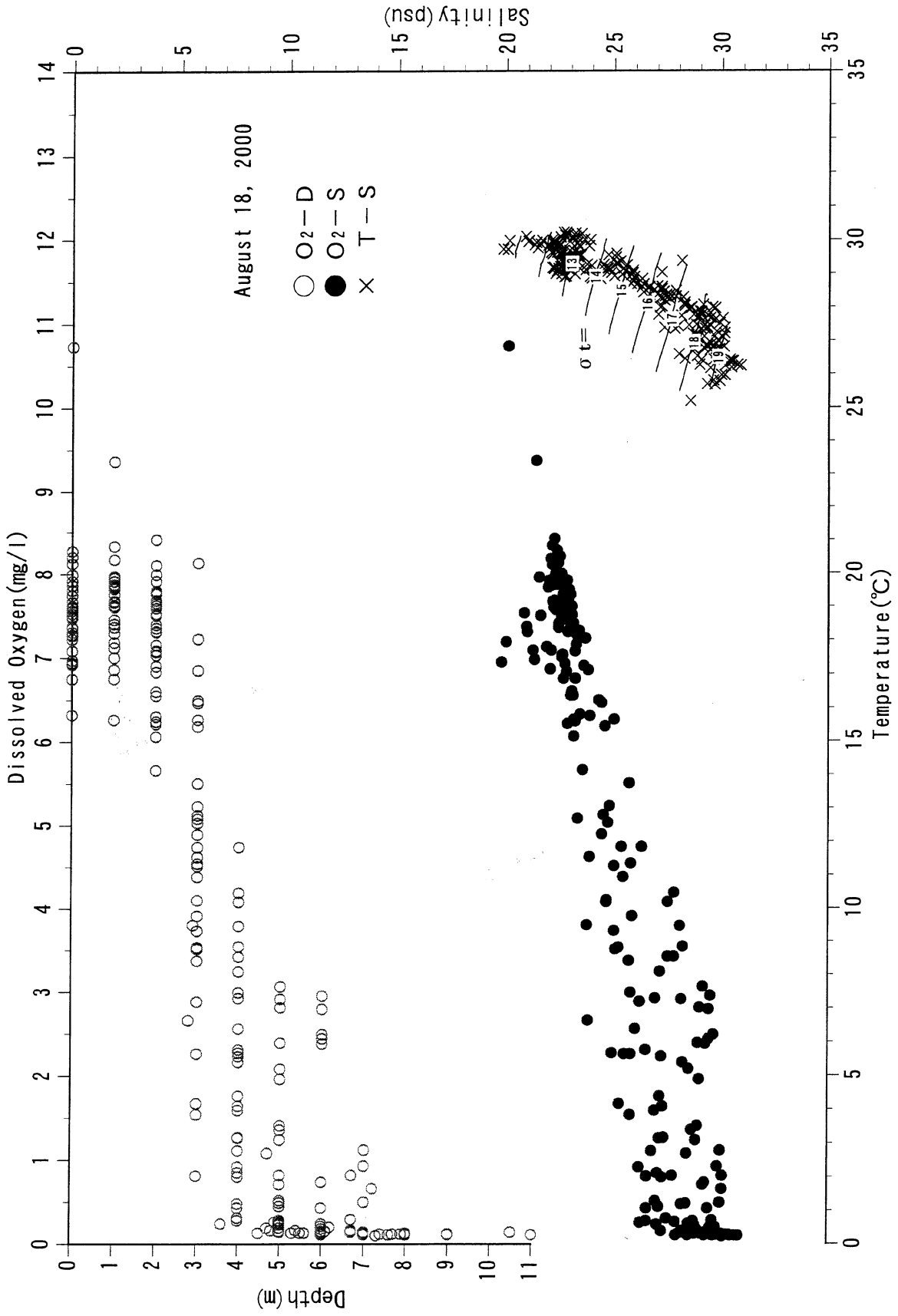
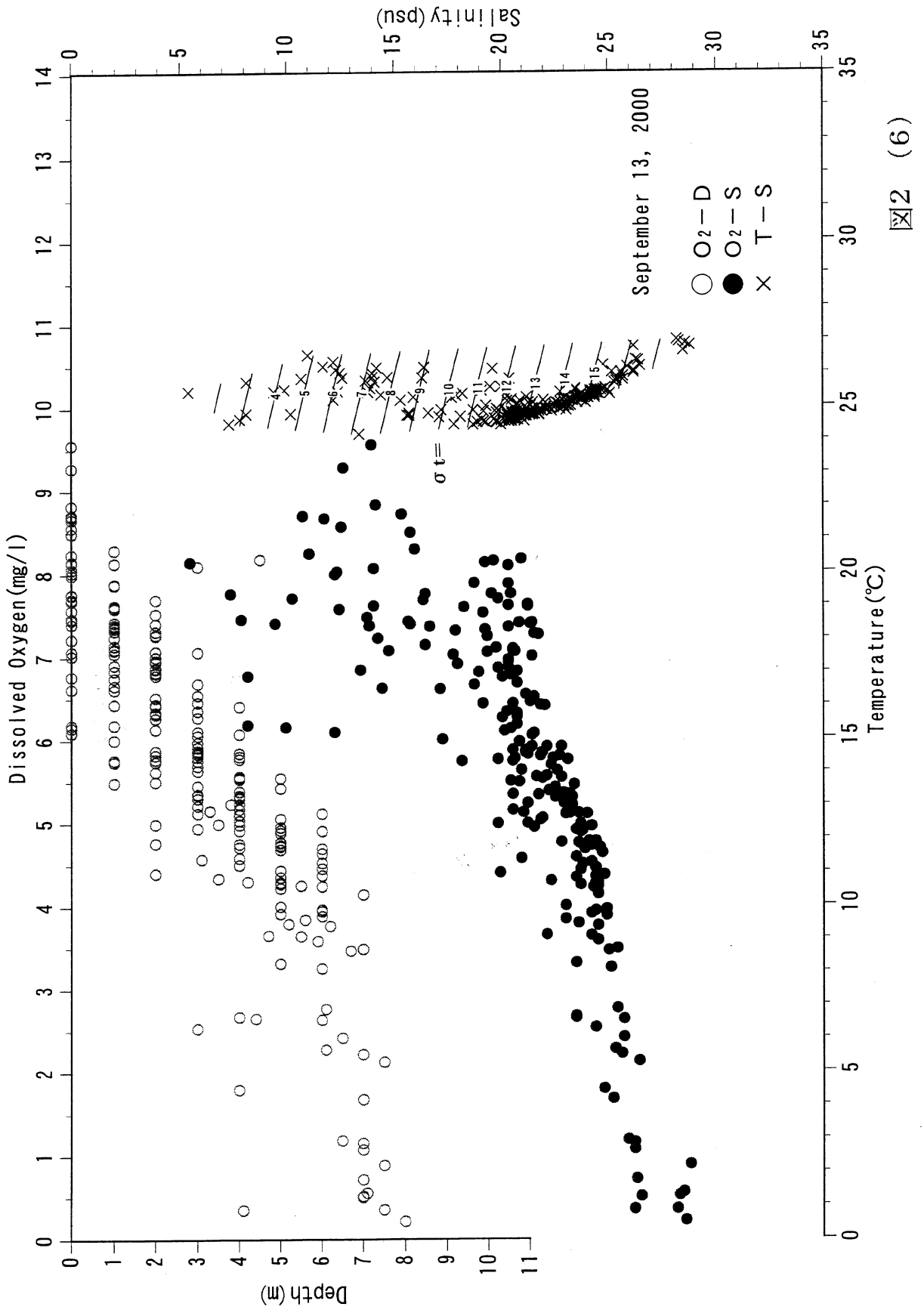


Figure 2 (5)



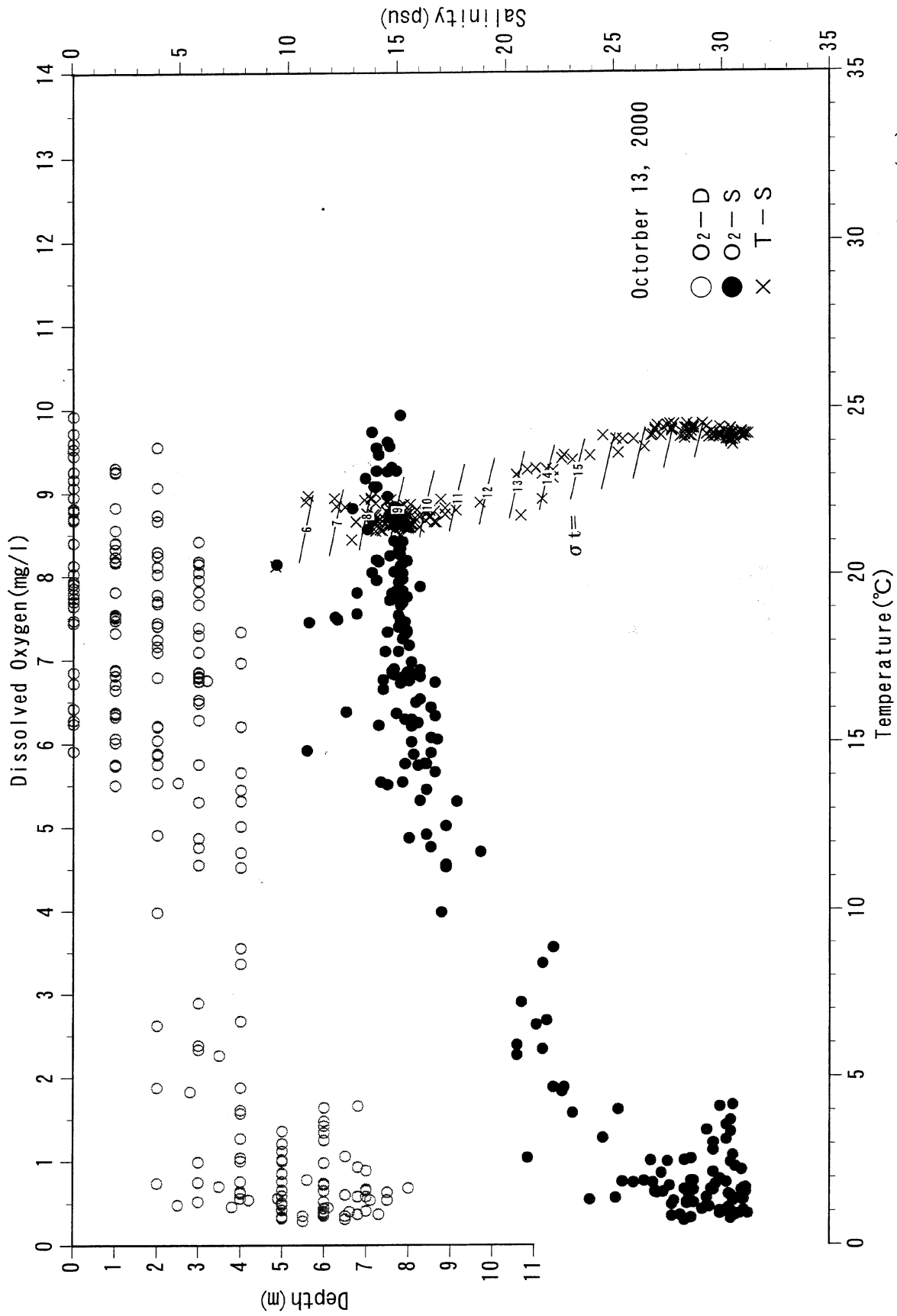


Figure 2 (7)

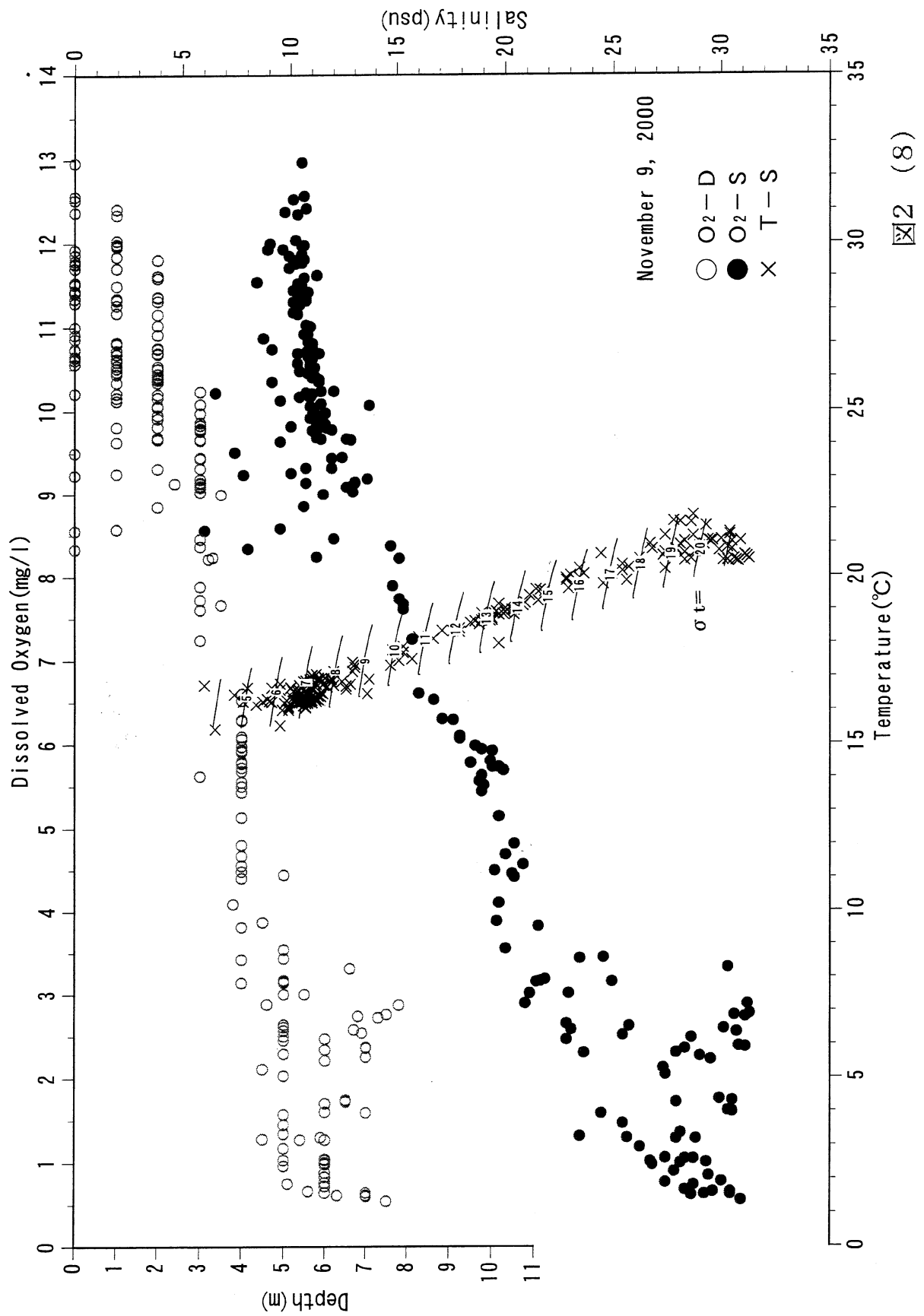


Figure 2 (8)

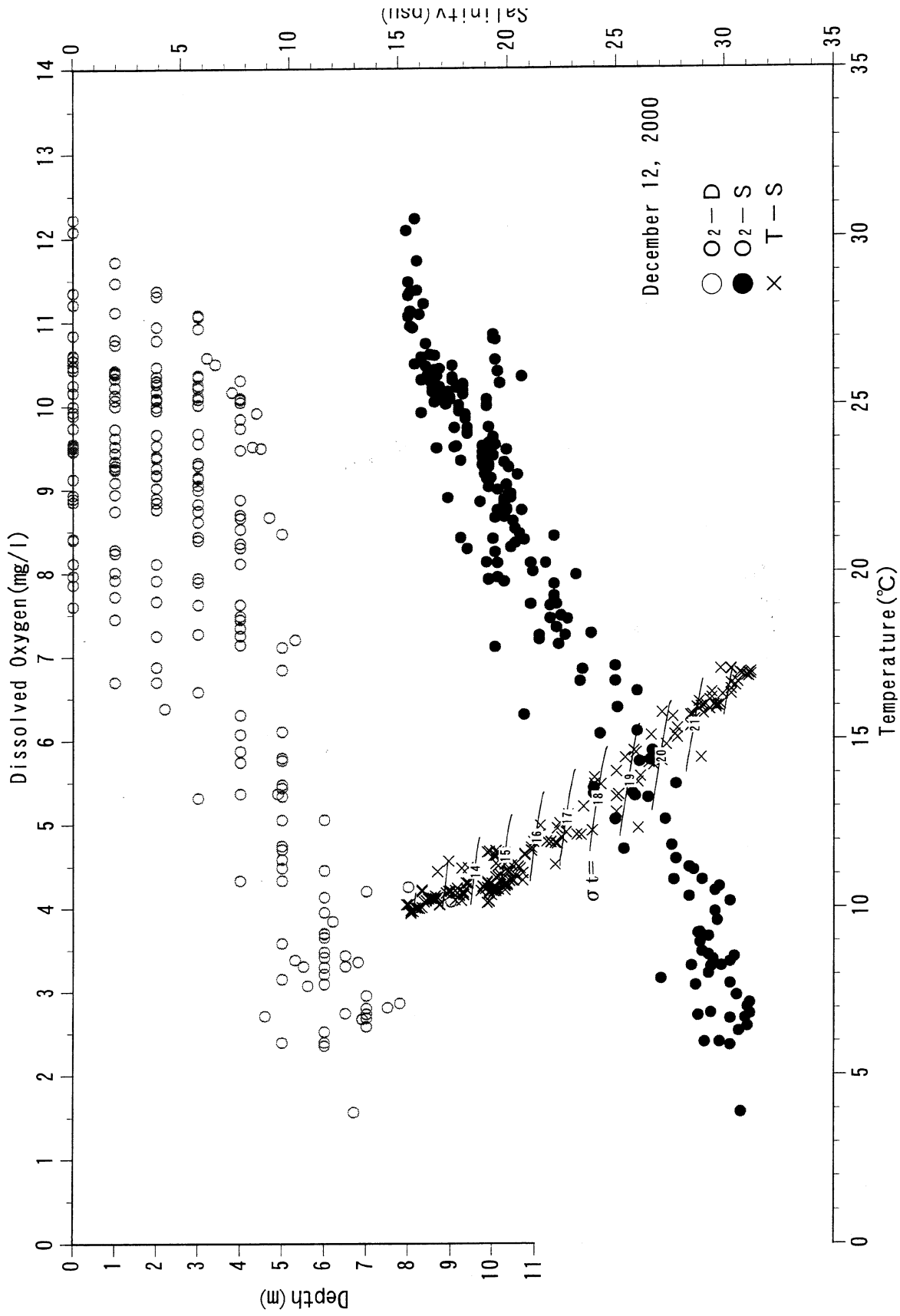


Figure 2 (9)

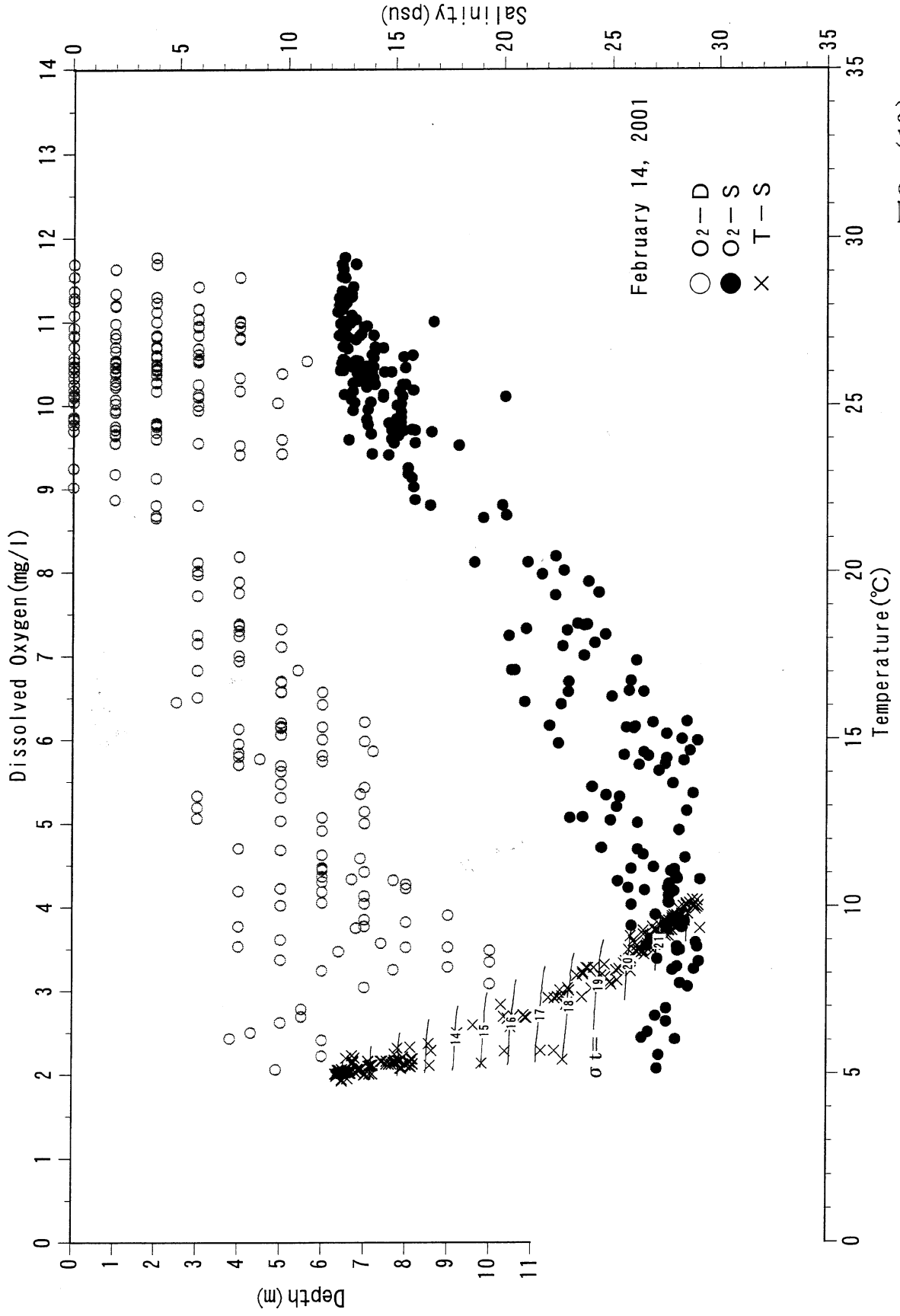


图2 (10)

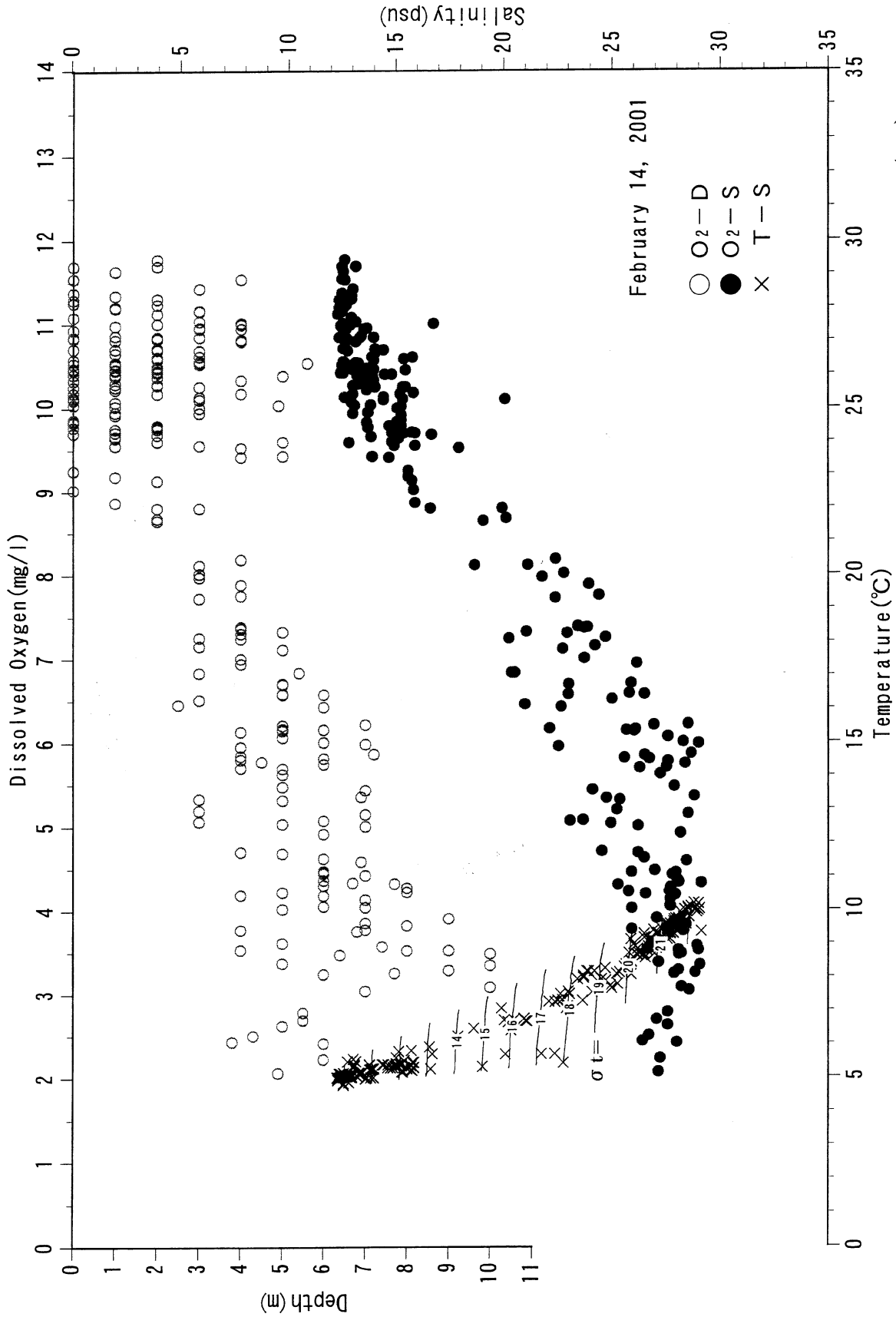


図2 (11)

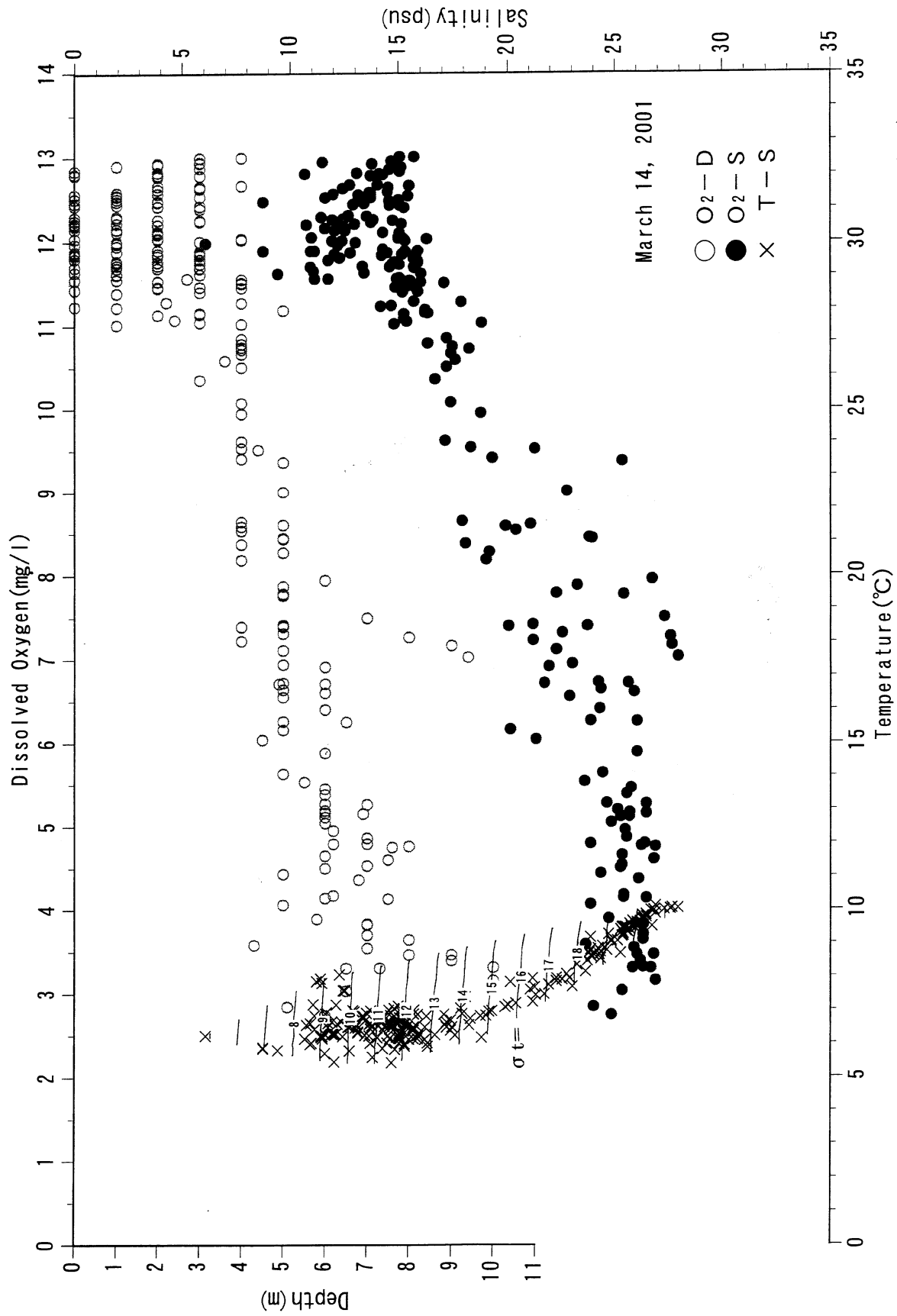


Figure 2 (12)

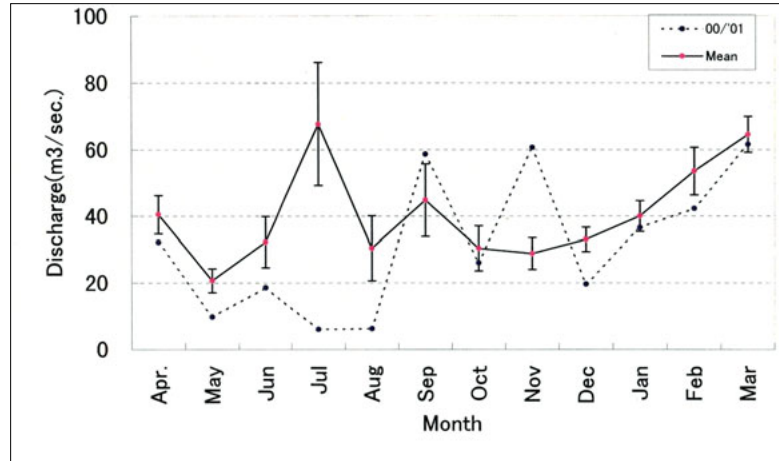


図3 斐伊川の流量の季節変動

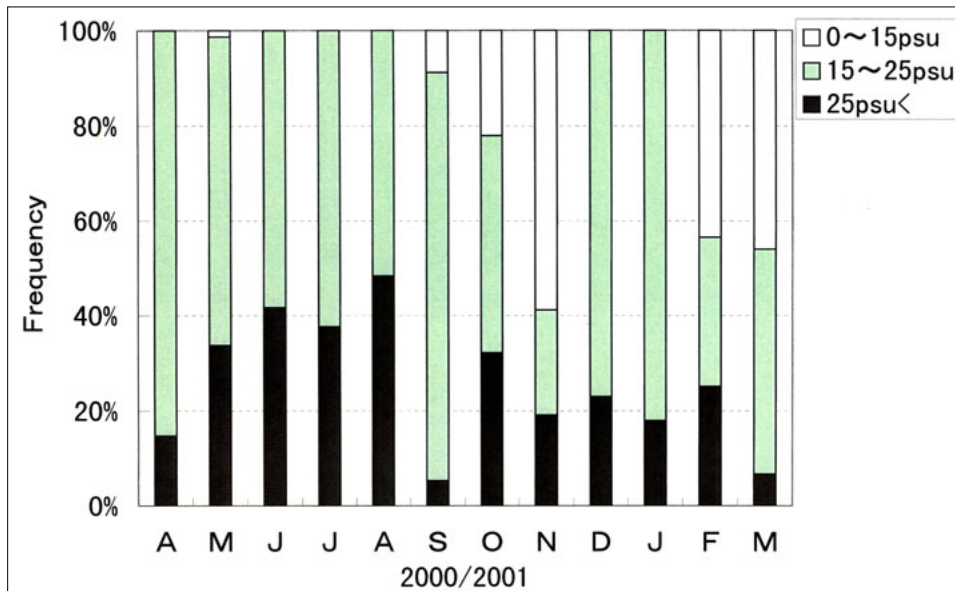


図4 3つの水塊の季節的な量的変化

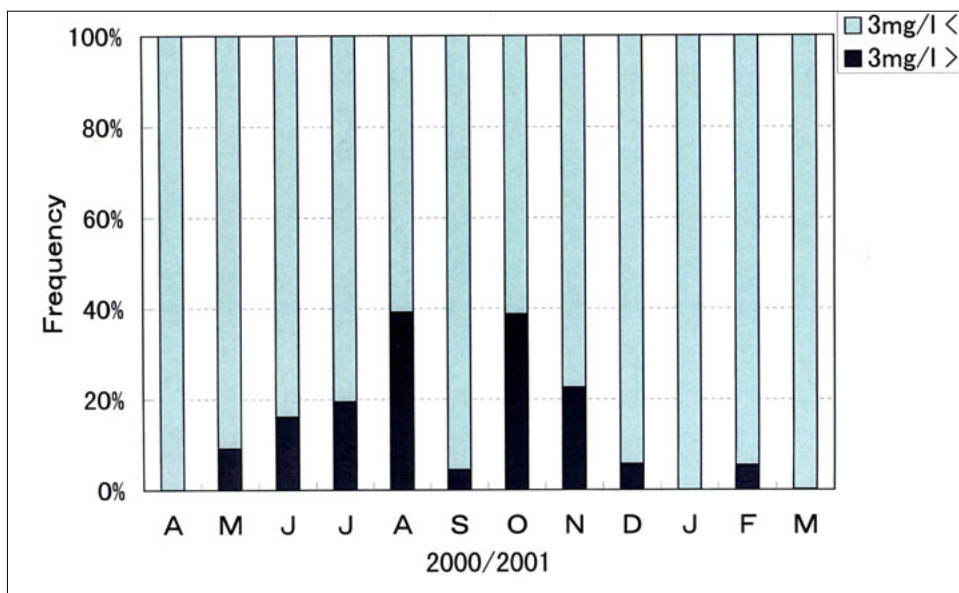


図5 貧酸素水塊の季節的な量的変化

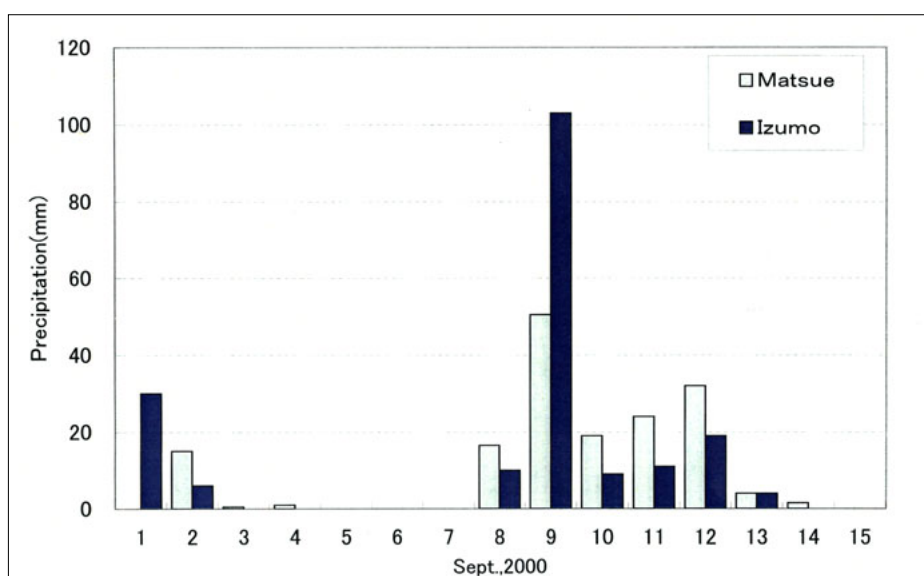


図6 2002年9月前半の松江における降水量

Table 1

Water mass characteristic	Upper layer water	Bottom layer water	Oxygen deficient water	Riverine water
Temperature(°C)				
Spring(Apr.-June)	13-23.5	12.5-21.5	12.5-20	-
Summer(July-Sept.)	24.5-30	23.5-24.5	22.5-29	25-26.5
Autumn(Oct.-Dec.)	10-22.5	13-16.5	15-24.5	16-17.5
Winter(Jan,-Mar.)	5.5-7.5	7-11	5.5-6.5	5-7.5
Salinity(psu)				
Spring(Apr.-June)	13.5-28	24.5-33.5	28-32	-
Summer(July-Sept.)	17-28	29-31	24-33	7-15
Autumn(Oct.-Dec.)	12-25	25-30	20-32	8-13
Winter(Jan,-Mar.)	14-25	18-31.5	27-28	9-14
Dissolved Oxygen(mg/L)				
Spring(Apr.-June)	3.5-10.5	3-7.7	<3	-
Summer(July-Sept.)	3-8.5	3.5-4.5	<3	6-9.5
Autumn(Oct.-Dec.)	3-12	3-5.5	<3	8.5-13
Winter(Jan,-Mar.)	9-13	3-9.5	<3	9.5-13
Density				
Spring(Apr.-June)	13-19	18-25	19-23	-
Summer(July-Sept.)	9-17	19-21	15-22	2-8.5
Autumn(Oct.-Dec.)	7-19	19-22	13.5-22.5	4-9
Winter(Jan,-Mar.)	11.5-20	14.5-24	21-22	7-12

－ 有用水産動物生態調査（ワカサギ、シラウオ） －

藤川裕司・森山 勝・大北晋也

ワカサギ、シラウオは宍道湖において、シジミに次ぐ重要な漁業資源である。両種については、昭和61年より加入量の動向等生態調査が実施され、知見が集積されつつある。

ワカサギは、平成6年には夏季高水温の影響により資源量が著しく減少し、その後、回復することなく現在にいたり、今後の資源動向が危惧されている。そこで昨年に引き続き、ワカサギ不漁原因の解明に主眼をおき、以下の項目について検討を加え、若干の知見を得たので報告する。1. 資源の動向について、定置網漁獲量経年変化より検討を加えた。2. ひき網試験操業により、ワカサギ、シラウオ稚魚出現状況を把握した。また、越夏場について検討するため、流入河川における投網調査を実施した。3. 近年の地球温暖化を背景として、水槽実験によるワカサギの高水温耐性試験を実施した。4. 夏季高水温の出現状況とワカサギ、シラウオ漁獲量の関係について検討を加えた。5. 昭和61年より平成11年にかけて、毎年1億～2億5千万粒の網走湖産受精卵が移入され、ふ化仔魚が放流されている。網走湖産ワカサギの夏季高水温に対する耐性は、宍道湖産より劣っている可能性が高く、そのことが近年の不漁に繋がっている可能性がある。そこで、網走産ワカサギが宍道湖産ワカサギにとって変わった可能性について脊椎骨数より検討を加えた。6. ワカサギ捕食者としてのスズキについて、その胃内容物を調べた。7. 産卵場と考えられる斐伊川河口周辺、来待川河口、玉湯川河口域等の底質環境について調べるとともに、ワカサギ、シラウオ卵の出現状況を調査した。

材料および方法

1. 資源の動向

宍道湖漁協が集計している定置網漁獲統計を用い、検討を加えた。

2. 稚魚調査

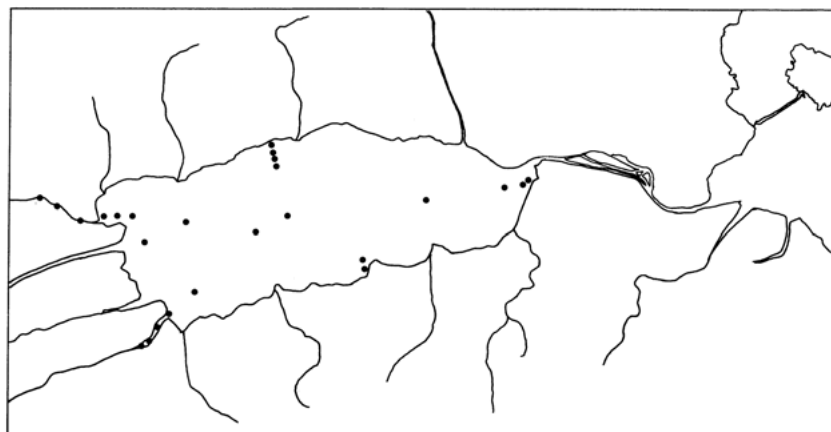


図1 ひき網の調査定点

ワカサギ、シラウオ稚魚を採集する目的で、試験船ごず(8.5ト)により6月12～14日、8月22～23日、10月9～16日にひき網による曳網試験を行なった(図1)。使用したひき網は、昭和61年より使用されているもので、ナイロンモジ網240径製、高さ1.5m、幅20mのものである。6月の調査では、過去の調査手法との統

一性を計るために同一定点を2回曳網したが、8月22～23日、10月9～16日では1回とした。採集されたワカサギ、シラウオは、直ちに10%ホルマリンで固定後、実験室に持ち帰り、全長、体長、体重の測定を行なった。

また、図2に示す定点において、投網による採集調査を行った。用いた投網の仕様は、糸0.8-1号、目合30節、裾目数2000(2尋半)、重量4.7kgであった。

3. ワカサギの高水温耐性試験

用いた供試魚は、内水面水産試験場において作出された人工生産ワカサギである。200cm×100cm×100cmの水槽2基を用意し、1基は常温飼育区、他の1基は対照区とした。両水槽とも1,200lの宍道湖水を収容し、飼育水は飼育水槽から冷却装置、冷却装置から飼育水槽へ循環させた。このとき、常温飼育区では冷却装置を作動させなかったが、対照区では作動させ水温を20℃に保った。また、1日当たり0.5回転の換水を行った。平成13年6月18日に常温飼育区、対照区それぞれ平均全長38.1mm、37.8mmのワカサギ200尾づつを収容し、9月10日まで飼育し、日々のへい死尾数を計測した。また、1時間毎の水温の測定、1日1回の塩分濃度の計測を行った。この間、餌は配合餌料を、自動給餌器で与えた。

4. 夏季高水温出現状況と漁獲量の関係

昭和61年以降の大橋川水深1mにおける1時間毎の水温連続観測資料と、ワカサギ、シラウオ定置網漁獲量より検討を加えた。用いた水温資料は、昭和61～平成11年は国土交通省出雲工事事務所、平成12～13年は内水面水産試験場による測温結果である。

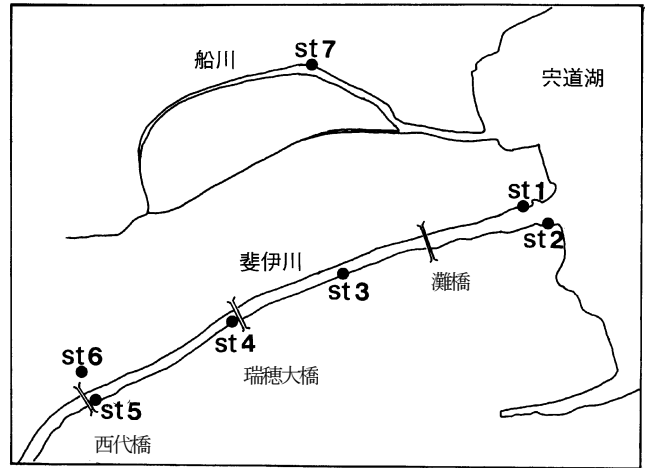


図2 投網調査の定点

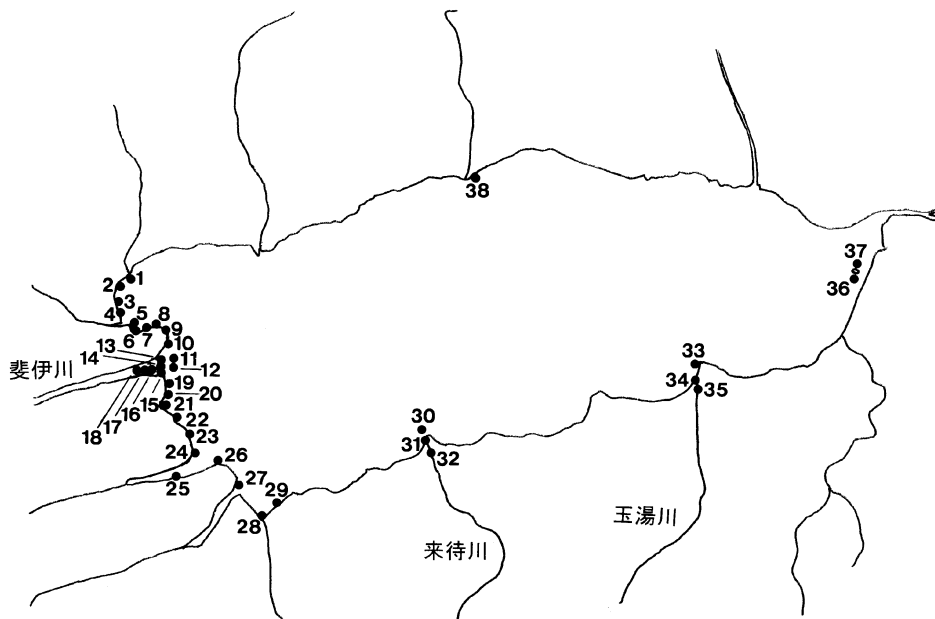


図3 ワカサギ産卵場に関わる底質調査定点

5. 脊椎骨数について検討

平成12年12月～13年3月にかけて、ます網により採集されたワカサギ190尾をソフテックスにより撮影し、脊椎骨数を計測した。このとき、尾尖骨 (urostyle) を算入した。

6. スズキの胃内容物

平成13年4～6月にかけて刺網で漁獲されたスズキ29尾について、胃内容物の種組成を調べた。

7. 産卵場について

平成14年1月16日～2月4日にかけて、図3に示した定点においてスミス・マッキンタイヤー採泥器、エクマン採泥器で採泥を行い、その場で写真撮影を行った。泥は実験室へ持ち帰り、万能投影機で拡大して、含まれている砂～礫のおおよその粒径組成を計測した。

ワカサギ、シラウオ卵の出現状況を把握するため、平成14年2月20～27日に18定点より(図4)、それぞれスミス・マッキンタイヤー採泥器による2回の採泥を行い、その場で10%ホルマリンで固定した。泥は実験室に持ち帰り、卵をローズベンガルで染色後ソーティングに供した。卵の同定は、付着器が膜状のものをワカサギ卵、糸状のものをシラウオ卵とした。

8. ワカサギ、シラウオ漁獲物の平均体長と生殖腺熟度

宍道湖定置網により漁獲されたワカサギ、シラウオについて精密測定を行なった。標本の採集期間は、ワカサギでは平成14年1月17日～平成14年3月1日、シラウオでは平成14年1月17日～平成14年4月12日であった。測定項目は、全長、体長、体重、生殖腺重量、生殖腺熟度とした。

結果および考察

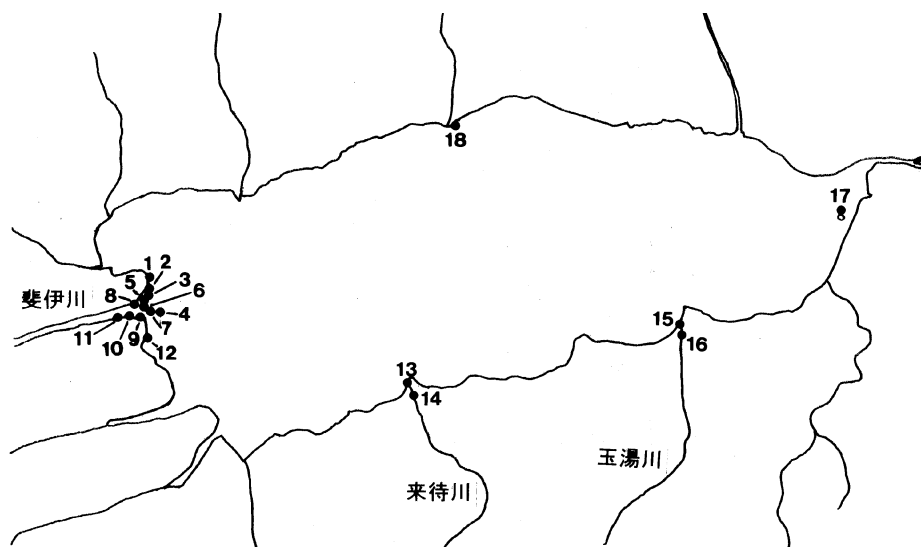


図4 卵出現状況調査の定点

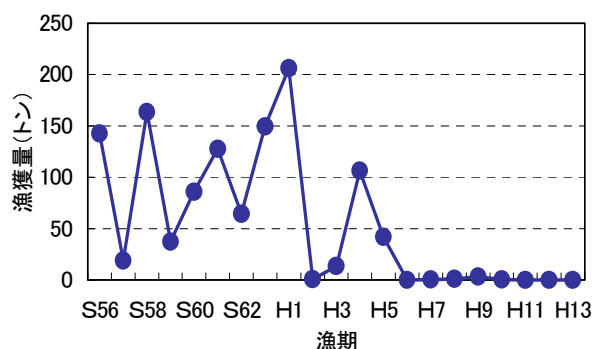


図5 宍道湖における定置網によるワカサギ漁獲量経年変化

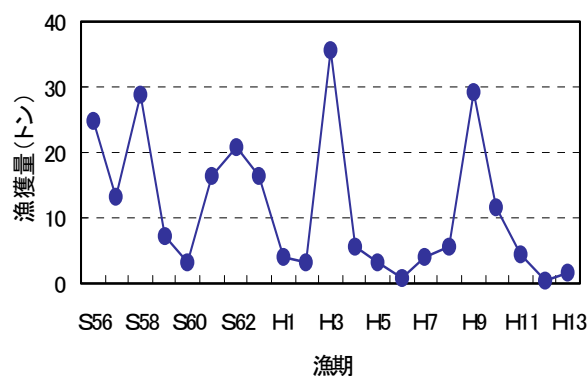


図6 宍道湖における定置網によるシラウオ漁獲量経年変化

1. 資源の動向

昭和56年～平成13年漁期の、定置網によるワカサギ漁獲量経年変化を図5に示した。ここでいう漁期とは、昭和56年漁期を例にあげると、ワカサギ漁獲の解禁期間である昭和56年10月から昭和57年3月までをさす。定置網漁獲量は、昭和56年から平成5年にかけては、毎年大きな年変動を示した。この現象は、本種の寿命が

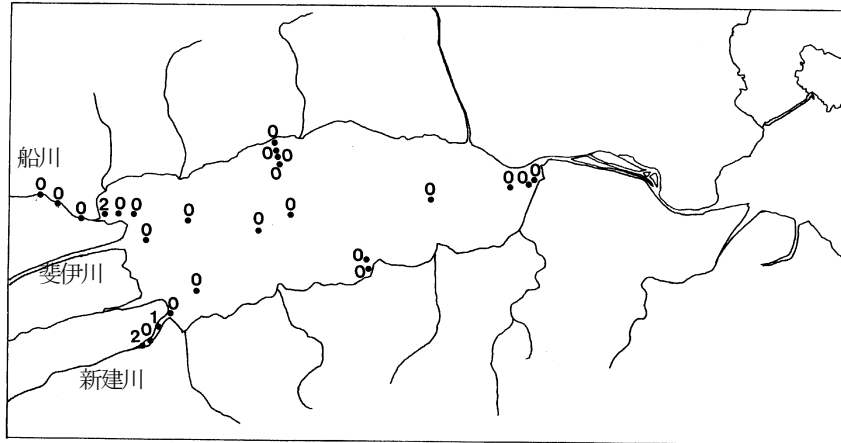


図7-1 ワカサギのひき網による1曳網あたり採集尾数
(平成13年6月12～14日)

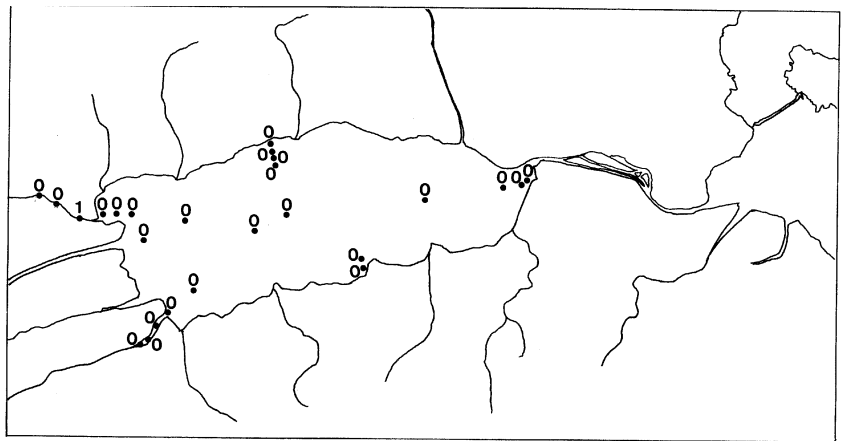


図7-2 ワカサギのひき網による1曳網あたり採集尾数
(平成13年8月22～23日)

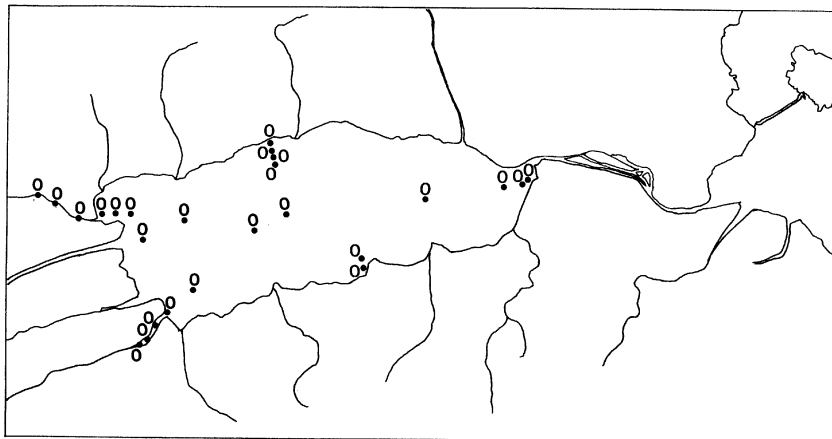


図7-3 ワカサギのひき網による1曳網あたり採集尾数
(平成13年10月9～16日)

昭和56年～平成11年漁期の、定置網によるシラウオ漁獲量経年変化を図6に示した。本種は、ワカサギより長い4年から6年程度の周期で資源の増減を繰り返しているものと考えられる。

2. 稚魚調査

ワカサギのひき網による1曳網当たり採集尾数を図7に示した。6月では、船川河口で1尾、新建川内の2定点でそれぞれ1,2尾が採集された。8月の調査では、船川内で1尾が採集されたのみであった。10月の調査では、全く採集されなかった。

シラウオのひき網による1曳網あたり採集尾数を図8に示した。6月には、1曳網当たり平均で39尾が採集された。8月には、宍道湖内では、ほとんど採集されなかったが、船川や新建川内部で採集が認められた。特に、新建川の最奥部では716尾が認められた。10月になると、さらに減少し、新建川から河口、船川内、船川河口沖においてわずかに採集されただけであった。

両種の採集尾数が、6月に比較して、8月で激減したのは、夏季高水温の影響によるものと推測されるが、詳細は4項に記述した。

投網による、調査結果を表1に示した。ワカサギは、8月9日に斐伊川下流のst1で1尾が採集された。斐伊川下流の水温は、7月下旬から8月にかけて27℃台を維持しており、同時期の宍道湖の水温が30℃位であることを考え合わせると、この水域はワカサギ、シラウオの越夏場として機能しているのかもしれない。

表1 投網調査結果

年月日	時刻	st NO	水温(℃)	投網回数	ワカサギ採集個体数	シラウオ採集個体数
7月11日 前日雨	09:30	1	23.3	5	0	0
	10:50	3	23.9	5	0	0
	11:45	6	23.7	3	0	0
	12:12	7	27.8	5	3	0
7月26日	09:00	1	27.0	5	0	0
	09:45	3	27.5	1	0	0
	10:35	5	28.6	5	0	0
	11:10	7	30.4	5	0	0
8月9日 前日雨	09:01	1	27.1	10	1	0
	09:50	2	27.5	10	0	0
	10:55	4	27.3	8	0	0
	11:45	7	30.7	10	0	4
8月20日	9:55	1	27.2	10	0	0
	10:55	2	27.6	10	0	0
	11:50	4	29.3	10	0	0
9月17日	09:25	1	19.7	10	0	0
	10:05	2	21.0	10	0	0
	11:08	4	21.0	6	0	0

3. ワカサギの高水温耐性試験

ワカサギの常温飼育による1日当たり死亡率と飼育水温の経時変化を図9に示した。死亡は飼育水温が30℃を超えたところから始まり、水温の上昇とともに1日当たり死亡率は上昇して行く。1日当たり死亡率は、およそ水温30℃で5%、31℃で10%、32℃で20%であった。一方、水温20℃で恒温飼育したものでは、死亡はほとんど認められなかった(図10)。これらのことより、ワカサギは夏季でも、水温20℃で飼育すればへい死することはないが、水温が30℃以上になると、へい死が始まる。1日当たり死亡率は、水温30℃で約5%、31℃で約10%、32℃で約20%であると推測された。

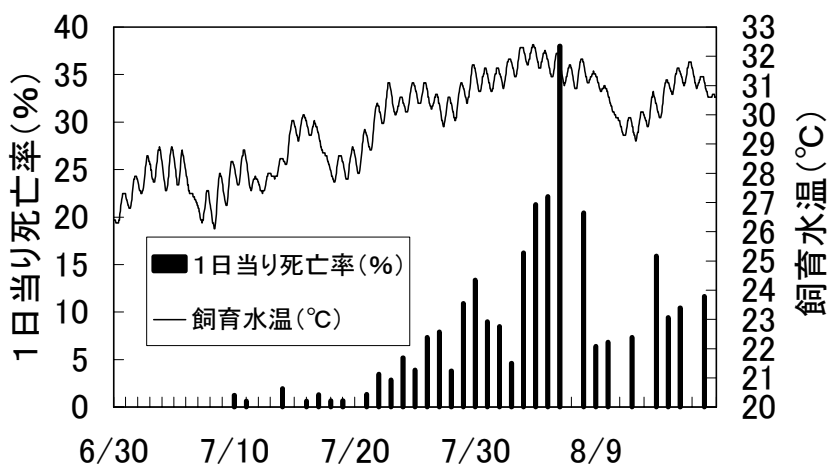


図9 ワカサギの常温飼育による1日当り死亡率と飼育水温の経時変化(平成13年6月30日～8月18日)

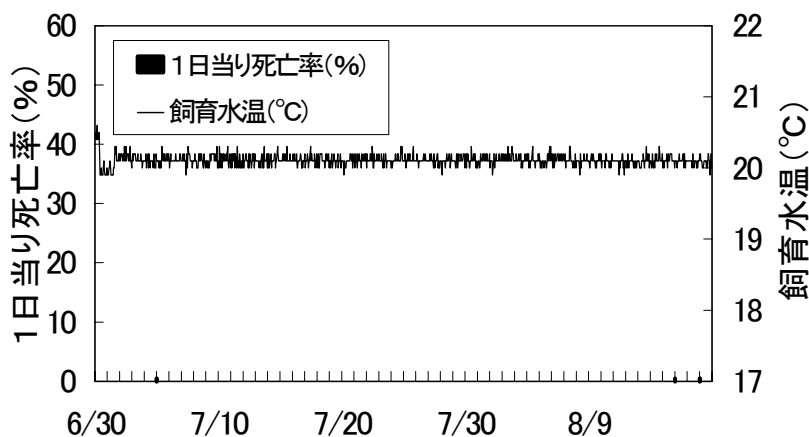


図10 ワカサギの20°C飼育による1日当り死亡率と飼育水温の経時変化(平成13年6月30日～8月18日)

4. 夏季高水温出現状況と漁獲量の関係

大橋川水深1mにおける7～9月の1時間毎の観測水温中の30°Cを超えた観測回数を図11に示した。ワカサギ漁獲量経年変化と比較すると、30°Cの観測回数が800回以上と極めて多い平成2年、平成6年は漁獲量は少なかった。また、30°Cの観測回数が比較的多い、平成7、8、12、13年も漁獲量は少なかった。これらの年で、ワカサギ漁獲量が少なかったのは、3項で示した結果からも、夏季高水温によりへい死が生じた影響による可能性が高い。しかし、30°Cを超えることがほとんど認められなかった、平成9～11年にも資源は回復することはなかった。これらのことより、

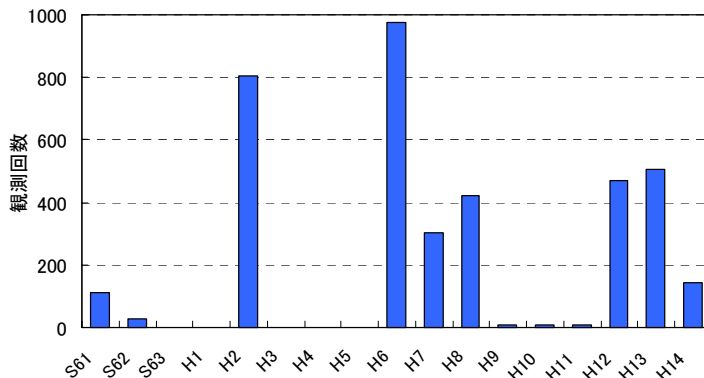


図11 大橋川水深1mにおける7～9月の1時間毎の観測水温中の30°Cを越えた観測回数 (S61～H11 国土交通省データ。H12～14は内水面水産試験場データ。S63、H1、H3～5は資料不十分)

平成6年以降のワカサギ不漁は、夏季高水温のみの影響ではないと考えられる。

シラウオについて、同様の検討を試みた。シラウオの大橋川水深1mにおける7~9月の1時間毎の観測水温中の30℃を超えた観測回数とその漁期宍道湖ます網1統当たり漁獲量の関係を図12に示した。シラウオます網1統当たり漁獲量は、30℃を超えた観測回数が少ないほど、多い傾向を示し、このことは、シラウオの漁期資源量はその年の夏季水温により、ある程度規定されることを示す。

その漁期ます網1統当たり漁獲量(kg)

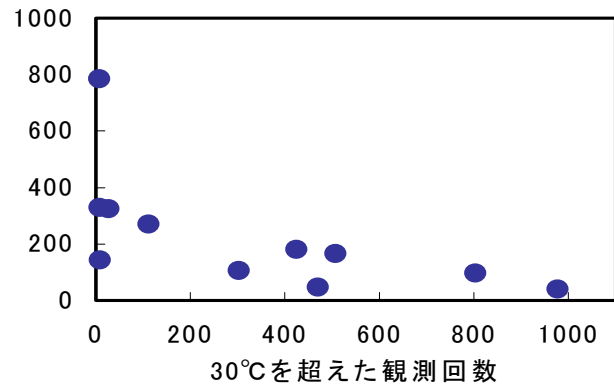


図12 シラウオの大橋川水深1mにおける7~9月の1時間毎の観測水温中の30℃を超えた観測回数とその漁期宍道湖ます網1統当たり漁獲量との関係

5. 脊椎骨数について検討

昭和57年と平成12、13年の宍道湖産ワカサギの脊椎骨数を表2に示した。また、網走湖産ワカサギの脊椎骨数を表3に示した。昭和57年の斐伊川河口よりの採集個体の平均脊椎骨数と、網走湖産個体(1957~1959)の平均脊椎骨数の間で平均値の差の検定(t検定)を行ったところ、危険率1%で有意差が認められた。一方、昭和57年斐伊川河口産個体、嫁ヶ島産個体それぞれと平成12~13年宍道湖産個体の間で平均脊椎骨数について平均値の差の検定(t検定)を行ったが、有意差は認められなかった。これらのことより、脊椎骨数で見ると、網走湖産ワカサギが宍道湖産ワカサギにとって変わった可能性は低いと推測される。

表2 宍道湖産ワカサギの脊椎骨数

階級	昭和57年1月30日、 2月25日*		平成12年12月 ~13年3月
	斐伊川 河口	嫁ヶ島	船川河口、 松江、玉湯
53	1		
54	8	2	2
55	142	67	15
56	732	256	83
57	563	192	81
58	57	32	8
59	1		1
計	1504	549	190
平均	56.35	56.34	56.43
標準偏差	0.731	0.779	0.763

* 吉尾(1981)

表3 網走湖産ワカサギの脊椎骨数

	1949-1953 ^{*1}	1957-1959 ^{*2}	1967-1969 ^{*3}
標本数	415	1500	89
平均	55.74	55.97	55.62
標準偏差	0.73	0.71	0.63

*1 Sato(1951), Hamada (1961) *2 Ohigashi and Ito (1959) *3 Tanaka (1969)

6. スズキの胃内容物について

宍道湖刺網により漁獲されたスズキの胃内容種別個体数を表4に示した。29個体のうち、主にアミ類を捕食していたのは25個体、魚類を捕食していたのは2個体であった。魚類を捕食していた2個体は、計3尾の魚類を捕食していた。これらの魚類は消化が進んでおり、種名は明らかにはできなかった。

表4 宍道湖刺網により漁獲されたスズキの胃内容種別個体数

採集場所	標本 数	尾叉長範囲 (mm)	胃内容物			
			主にアミ類	魚類	空胃	
平成13年4月28日	一畑口沖	3	400~420	3	0	0
平成13年5月9日	一畑口沖	20	350~519	20	0	0
平成13年6月17日	伊野灘沖	6	392~500	2	2	2

7. 産卵場について

採取した砂泥の写真を図 13 に示した。また、含まれる砂のおおまかな粒径を付表 1 に示した。st1~10 では、泥が多く含まれ砂の粒径も 1mm 以下であった。st11 では砂の割合が多くなるが、粒径は 1mm 以下であった。斐伊川河口沖から斐伊川内の st12~13 では泥は少なく、含まれる砂~礫の粒径も 0.5~7mm 程度であった。st14~18 では、泥は非常に少なく粒径 0.5~8mm くらいの砂~礫が主体であった。st19~28 では、st22 が覆砂された砂、st28 は流入河川河口であるため泥の少ない砂である以外は、他の定点は泥が比較的多く、しかも砂の粒径も 2mm 以下と小さかった。来待川河口の st31 では泥が少し含まれていたが、河口沖の st30 や上流の st32 では、泥はほとんど含まれていなかった。また、河口から上流にかけては礫混じりであった。玉湯川では、河口沖合の st33 では少し泥が含まれていたが、河口から上流の st34、35 では、泥は非常に少なく礫混じりであった。嫁ヶ島の周辺の st36、37 は、泥の少ない粒径 0.3~1mm の砂であった。

ワカサギの産卵場適地は、流入河川の河口付近で、2~3mm の砂粒が礫に混じり、かつ風当たりが強い流れによって砂礫が洗われているところとされている。³⁾ 本調査結果より、斐伊川河口から上流、来待川上流、玉湯川河口から上流では泥が少なく、しかも産卵基質として有効な砂や礫が認められたことより、これら水域は、ワカサギ産卵場としての環境条件を有していると推測された。

卵出現状況調査の定点別緯度、経度と水深を表 5 に示した。0.1m² 当たりのワカサギ卵出現個数を図 14 に示した。ワカサギ卵は、斐伊川の河口より少し上流の定点や、来待川の河口より少し上流の定点で認められた。昭和 53 年、55 年、56 年に斐伊川河口から上流にかけてワカサギ卵の出現状況を調べられたが、斐伊川内ではワカサギ卵はほとんど認められなかった。⁴⁻⁶⁾ この当時は、ワカサギ漁獲量が多いことより（昭和 55 年漁期のます網漁獲量は 37 トン、昭和 56 年漁期の定置網漁獲量は 143 トンであったことは確認されている）、産卵親魚も多かったと考えられるが、斐伊川内ではワカサギ卵はほとんど認められなかった。一方、本調査が行われた平成 13 年漁期では、定置網によるワカサギ漁獲量は 1kg と極めて少ないにもかかわらず、斐伊川の河口より少し上流で、10~72 個体/0.1m² が認められた。両者は、産卵親魚量と産卵量という関係において相反していると考えられ、このことは現在のワカサギ不漁原因解明の手がかりとなるかもしれない。斐伊川における、ワカサギ産卵生態を解明するために、今後も継続的にワカサギ卵の出現状況を把握して行く必要がある。

0.1m² 当たりシラウオ卵出現個数を図 15 に示した。シラウオ卵は、斐伊川河口および嫁ヶ島北側で認められた。特に、嫁ヶ島北側では、96 個体/0.1m² と多数の卵が認められた。

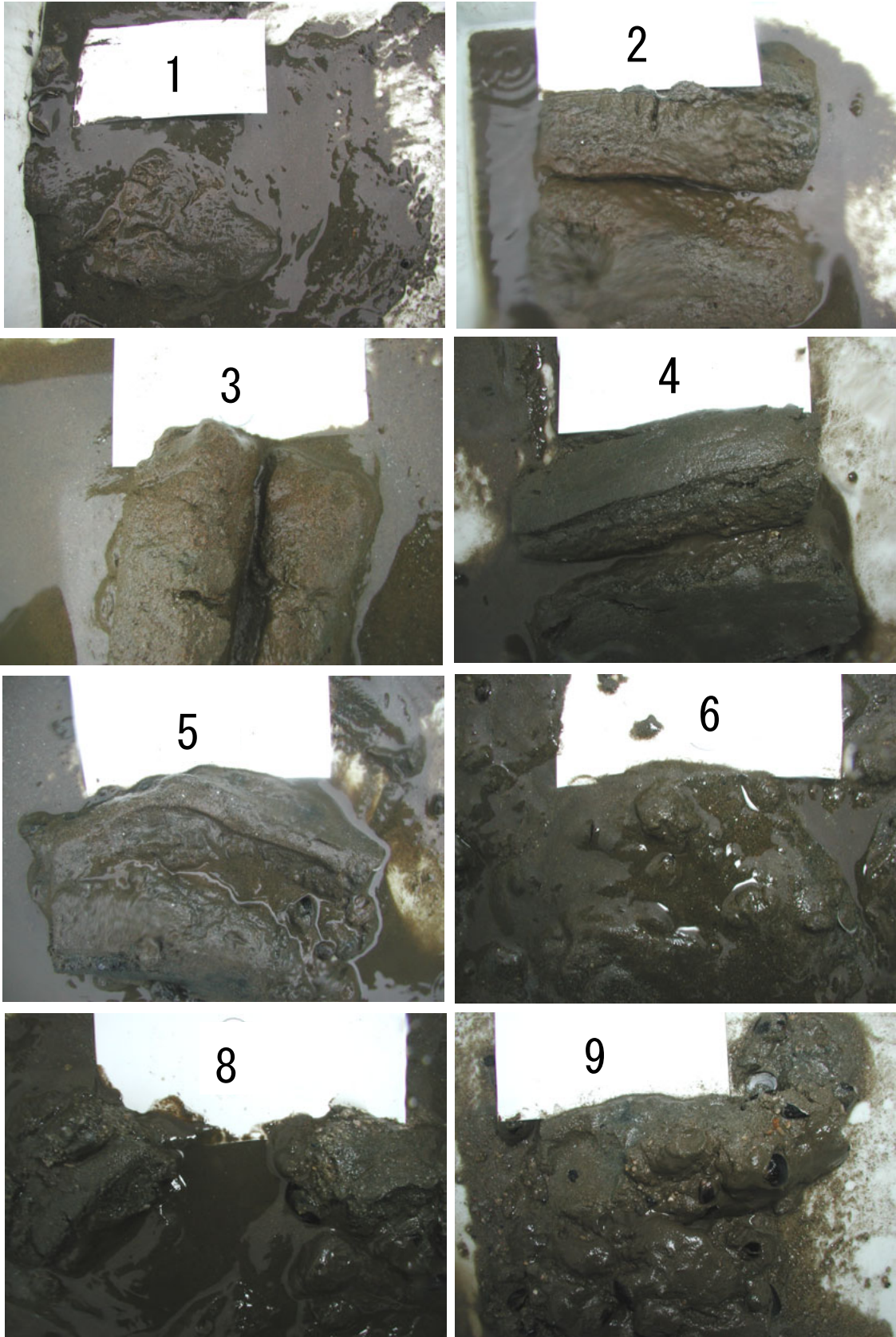


図 13-1 産卵場調査により採取された砂泥

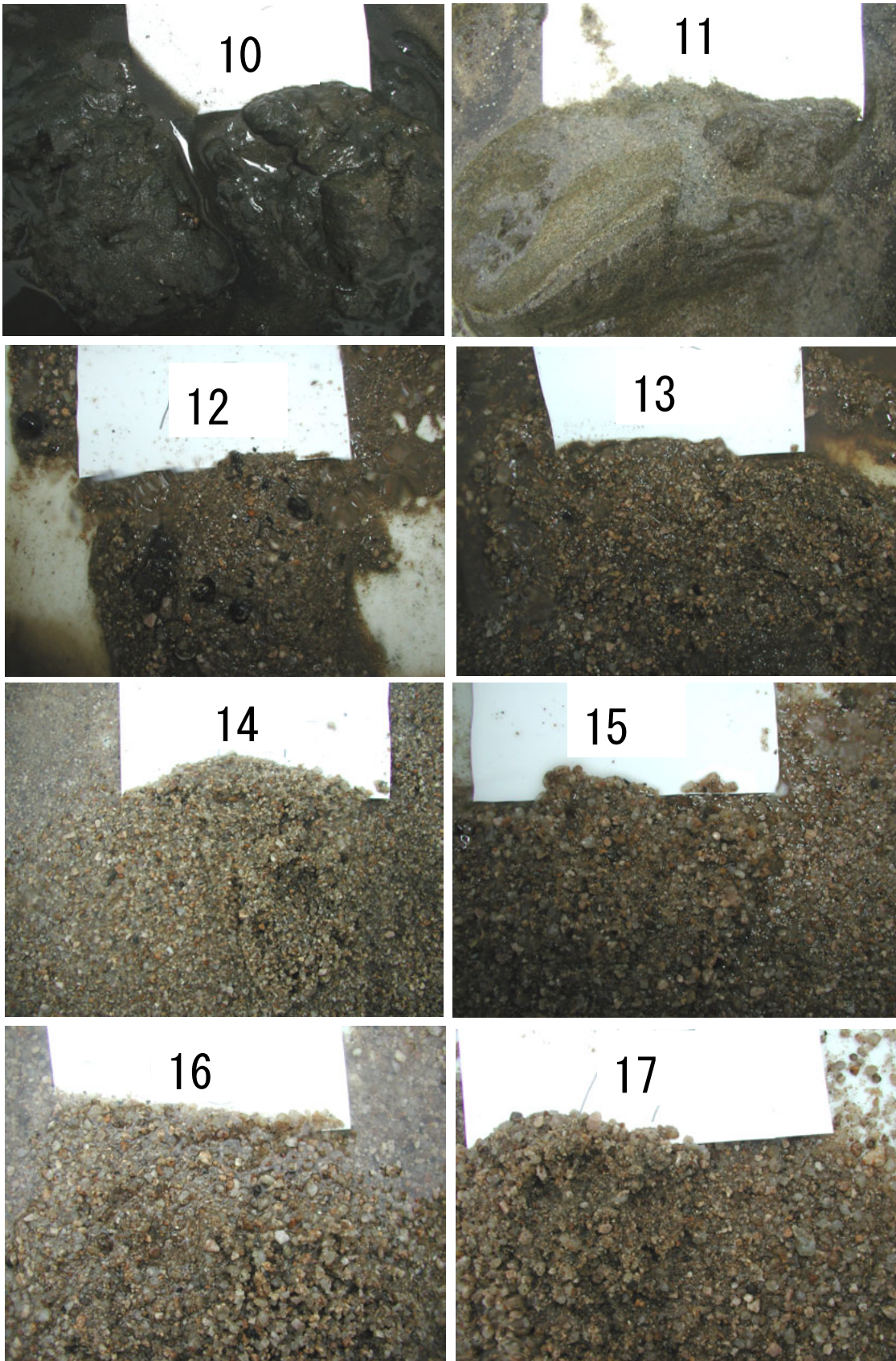


図13-2 産卵場調査により採取された砂泥

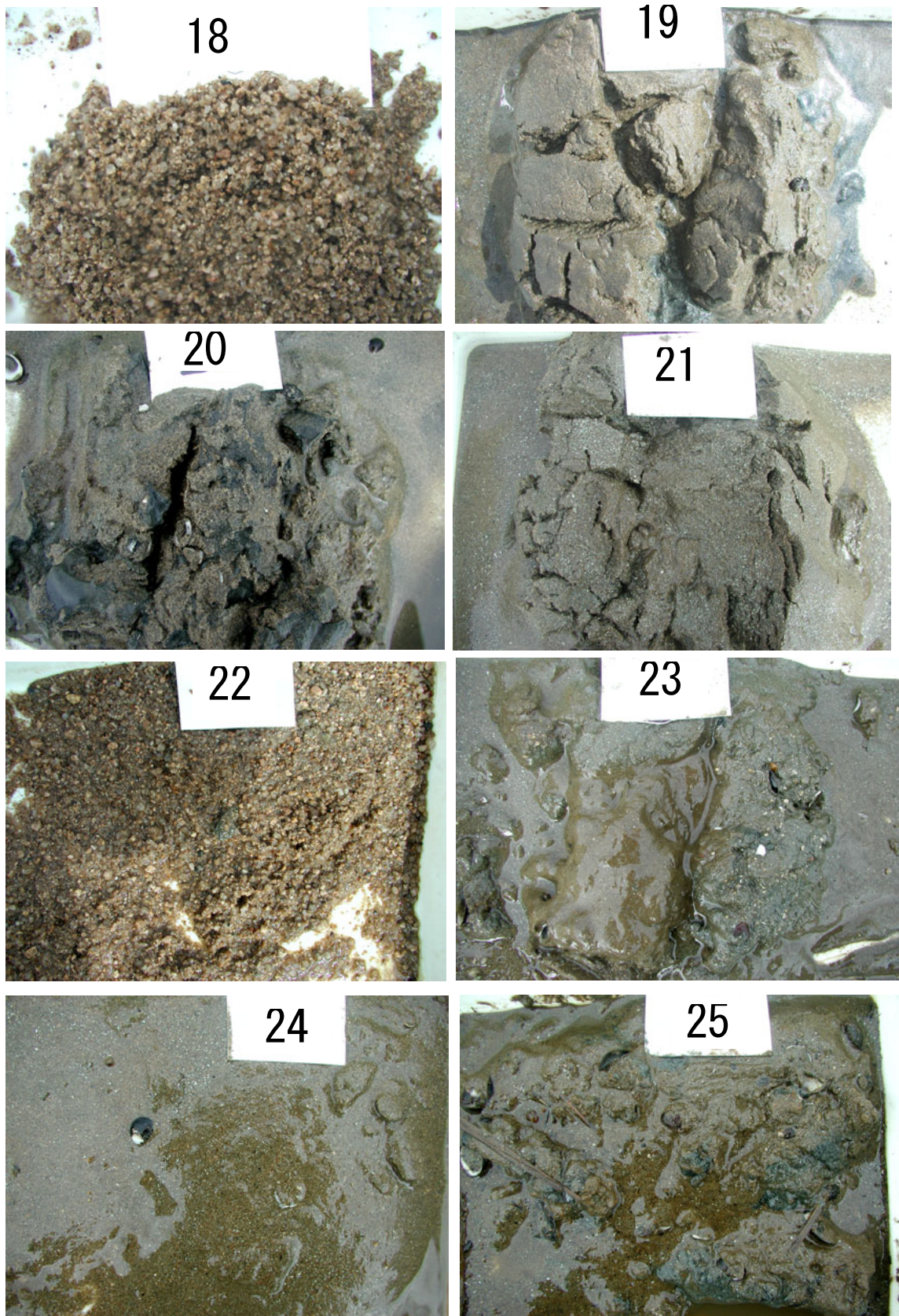


図 13-3 産卵場調査により採取された砂泥

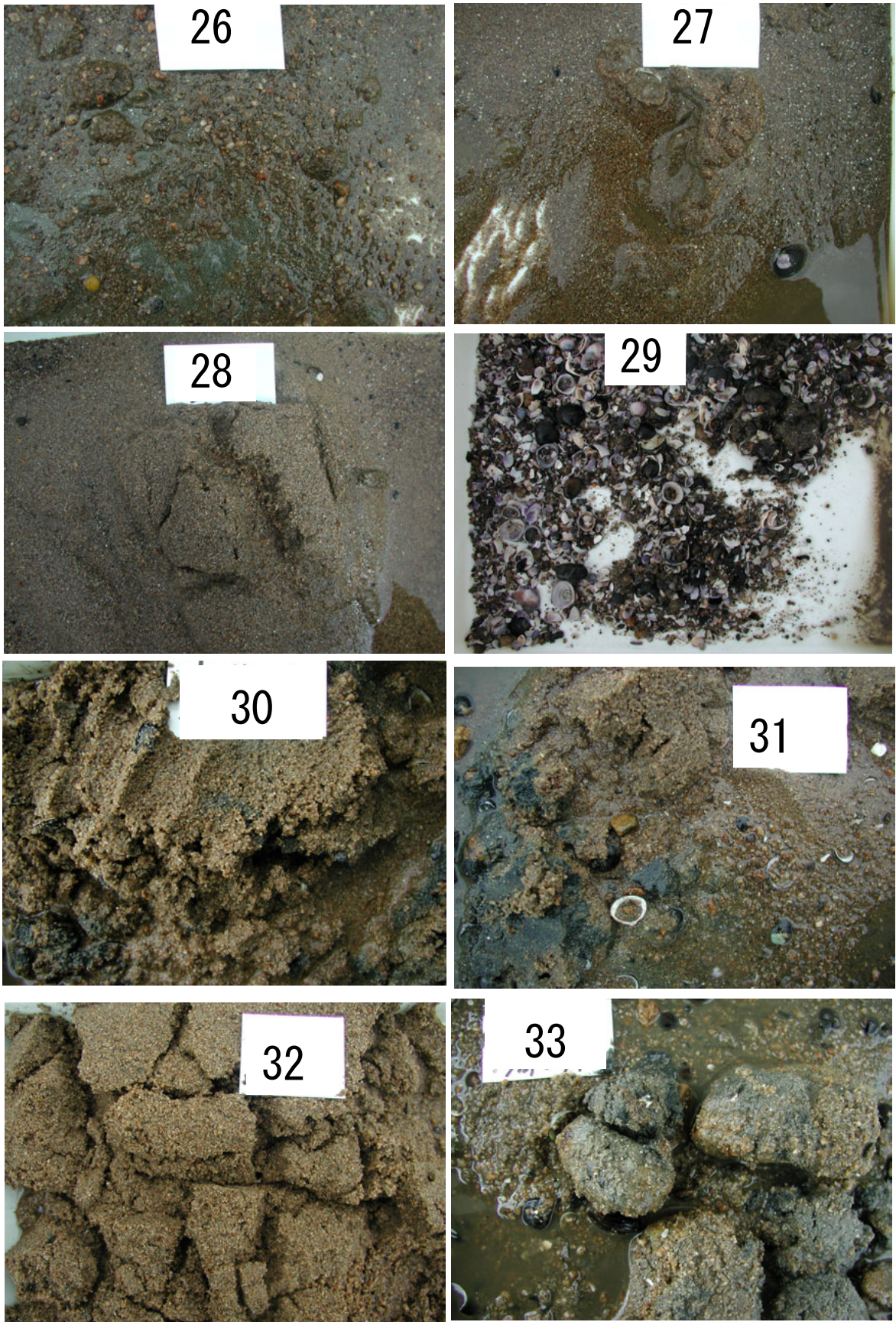


図 13-4 産卵場調査により採取された砂泥

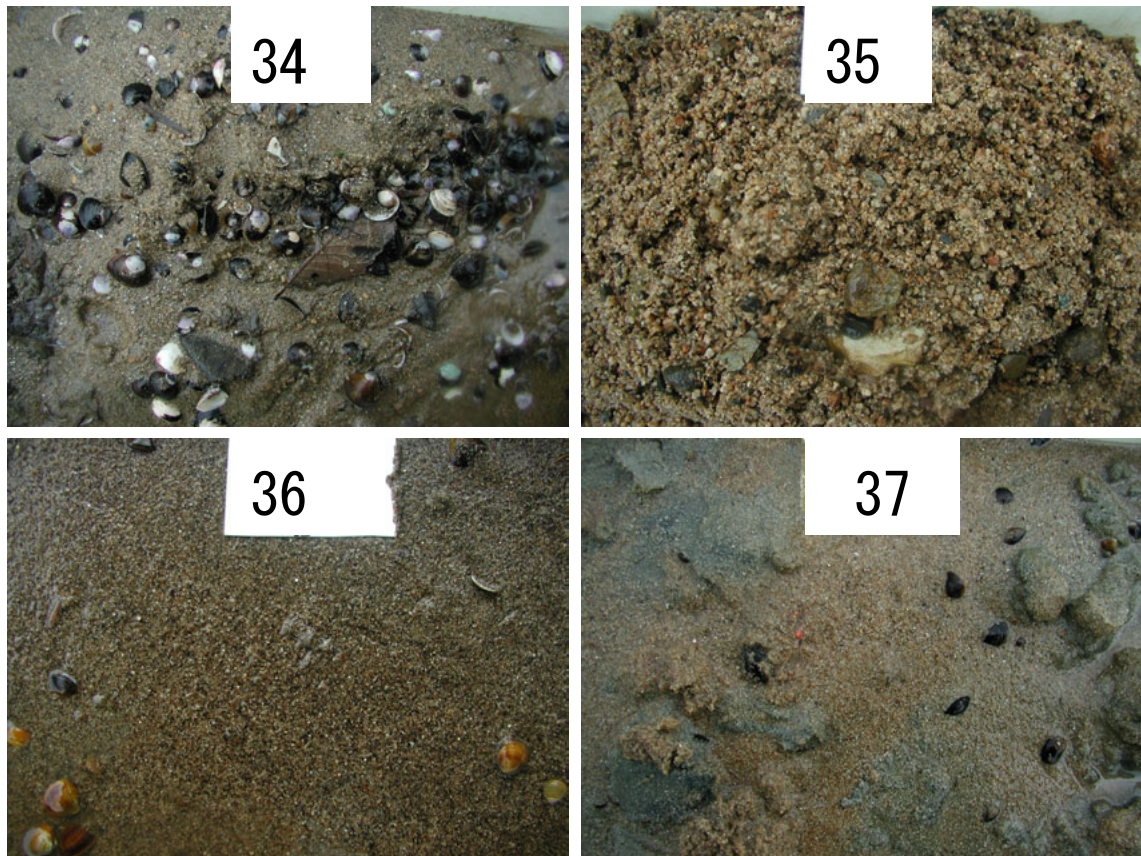


図 13-5 産卵場調査により採取された砂泥

表 5 卵出現状況調査定点の位置と水深（位置は日本測地系）

St.No	位置	水深(m)	St.No.	位置	水深(m)
1	35° 26.409 132° 52.775	1.3	10	35° 25.929 132° 52.652	0.5
2	35° 26.296 132° 52.829	0.3	11	35° 25.893 132° 52.522	0.7
3	35° 26.194 132° 52.916	0.5	12	35° 25.702 132° 52.885	0.5
4	35° 26.008 132° 53.092	—	13	来待川河口	0.7
5	35° 26.192 132° 52.858	0.5	14	来待川河口より 380m 上流	0.8
6	35° 26.087 132° 52.884	0.5	15	玉湯川河口	0.7
7	35° 26.020 132° 52.911	0.4	16	玉湯川河口より 200m 上流(堰堤下)	0.3
8	斐伊川河口 左岸	0.5	17	嫁ヶ島の北	—
9	斐伊川河口 右岸	0.5	18	大野ワカサギ 孵化場の沖	0.7

st8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18 平成 14 年 2 月 20 日実施

st17 平成 14 年 2 月 22 日実施

st1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12 平成 14 年 2 月 27 日実施

推測される。

表6 定置網により漁獲されたワカサギの平均体長と生殖腺熟度の経時変化

熟度Ⅰ：腹部を軽く圧しても卵、精子が流れ出ない個体

熟度Ⅱ：腹部を軽く圧して卵、精子が流れ出る個体

熟度Ⅲ：腹部が空またはわずかに卵が残っている個体

$$\text{生殖腺熟度指数} = \text{GW} / (\text{BW} - \text{GW}) \times 100$$

年月日	採集地点	雌雄	測定尾数	平均体長 ±S. D. (mm)	平均体重 (g)	平均生殖腺 熟度指数	熟度			
							I	II	III	欠測
H14. 1. 17	船川 河口沖	雌	2	96.0	8.76	20.1	1	1	0	0
		雄	1	91	6.98	3.4	1	0	0	0
H14. 2. 1	船川 河口沖	雌	4	99.3±11.12	9.09	21.48	1	2	1	0
		雄	5	92.4±6.43	6.99	2.36	4	1	0	0
H14. 2. 3	船川 河口沖	雌	0							
		雄	4	90.8±6.24	6.68	2.84	4	0	0	0
H14. 2. 13	船川 河口沖	雌	1	90	5.74	—	0	1	0	0
		雄	1	97	7.42	—	0	1	0	0
H14. 2. 14	船川 河口沖	雌	1	100	12.4	22.8	—	—	—	1
		雄	0							
H14. 2. 28	船川 河口沖	雌	1	100	8.78	0	0	0	1	0
		雄	1	95	7.15	3.8	0	1	0	0
H14. 3. 1	船川 河口沖	雌	2	105.5	8.07	0	0	0	2	0
		雄	2	100	8.12	3.4	0	2	0	0

表7 定置網により漁獲されたシラウオの平均体長と生殖腺熟度の経時変化

熟度Ⅰ：外見（開腹しないで）から卵粒認められない

熟度Ⅱ：外見（開腹しないで）から卵粒認められる

$$\text{生殖腺熟度指数} = \text{GW} / (\text{BW} - \text{GW}) \times 100$$

年月日	採集地点	雌雄	測定尾数	平均体長 ±S. D. (mm)	平均体重 (g)	平均生殖腺 熟度指数	熟度		
							I	II	欠測
H14. 1. 17	船川河口 沖合	雌	8	95.9±3.44	2.74	13.9	5	3	
		雄	9	86.7±1.58	2.24	—	—	—	
H14. 2. 3	船川河口 沖合	雌	10	95.0±2.83	3.02	18.3	6	4	
		雄	10	88.7±2.71	2.55	—	—	—	
H14. 2. 28	船川河口 沖合	雌	13	94.6±3.25	3.41	24.9	0	13	
		雄	7	86.9±2.12	2.7	—	—	—	
H14. 4. 12	船川河口 沖合	雌	9	97.0±3.24	2.97	13	7	2	
		雄	1	86	2.62	—	—	—	

文献

- 1) 吉尾二郎(1981)：中海・宍道湖のワカサギ脊椎骨数について。昭和 56 年度島根県水産試験場事業報告。188-189.
- 2) Sato(1951), Hamada(1961), Ohigashi, and Ito(1959), Tanaka(1969)は Satoshi Katayama(2001)：SUISANZOSYOKU, **49**(2), 265-269. より引用した。
- 3) 川本信之編(1967)：養魚学各論「ワカサギ」。恒星社厚生閣、東京、817p.

- 4) 橋 宣三ほか(1978) : ワカサギ産卵場推定予備調査. 昭和 53 年度島根県水産試験場事業報告、136-138.
- 5) 大島展志ほか(1980) : ワカサギ産卵場造成と産卵生態調査. 昭和 55 年度島根県水産試験場事業報告、134-140.
- 6) 中村幹雄ほか(1981) : ワカサギの成熟・産卵について. 昭和 56 年度島根県水産試験場事業報告、177-187.

— 有用水産動物生態調査（ヤマトシジミ） —

I 宍道湖におけるシジミ資源量調査

中村幹雄・大北晋也・原田茂樹

資源の動態を把握することは、漁業管理を行う上で基礎となることであり、動態を把握するためには、継続して調査を行う必要がある。そこで、本年（2001年）も引き続き資源量調査を行った。

方法

1. 調査時期と調査地点

調査は、2001年8月28・29日に、90地点で行った（図1）。ただしst.14、st.29の2地点は、底質条件が悪く、採泥できなかった。

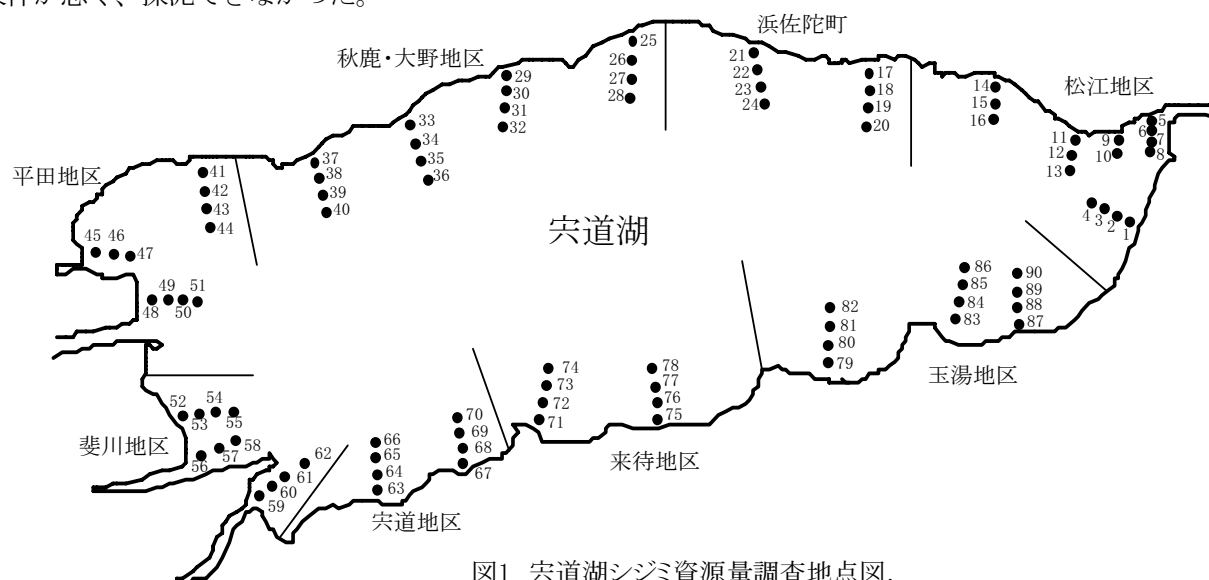


図1 宍道湖シジミ資源量調査地点図.

2. 調査方法

各調査地点において、ヤマトシジミの採集および底層水の水質の測定を行った。

シジミの採集は、スミス・マッキンタイヤ型採泥器を用い各地点2回、採集面積0.1m²の採泥を行った。このサンプル（スミスサンプルとする）からさらに着底稚貝用にコアサンプル（5×5cm）を2回とった。採集した底泥は試験場に持ち帰り、スミスサンプルは1mm目合いのフルイ、コアサンプルは0.063mm目合いのフルイを用いてソーティングを行った。コアサンプル内の殻長1mm以上の個体は、スミスサンプルに加えた。スミスサンプルは調査地点ごとに、ヤマトシジミの生貝、二枚（左右の殻がつながった貝殻で、最近死亡した個体と考えられるもの）、ガボ（殻が閉じているが、中に泥がつまったもの）を計数し、生貝の湿重量を測定した。コアサンプルは調査地点ごとに、生貝の個体数のみを計数した。

水質は、各地点の表層と底層の塩分、D0、水温をhydrolabo社の水質計QUANTAで測定し、透明度、水深も同時に調べた。

3. 資源量の推定方法

資源量は、以下の手順で算出した。

- (1) 各調査地点のシジミの重量を1m²当たり（シジミ重量密度）に換算する。
- (2) 水深別*1（0～1m、1～2m、2～3m、3～4m）にシジミ重量密度の平均値を求める。
- (3) 水深別のシジミ重量密度の平均値に各水深の面積をかけ、水深別のシジミ総重量を求める。
- (4) 水深別のシジミ総重量に補正係数*2（1.2）をかけて、水深別の推定資源量を求める。
- (5) 水深別の推定資源量を合計し、宍道湖全体のシジミ資源量とする。

*1 調査は宍道湖の水位が高くなる8月に行っているため、水深の補正のため、水深1.0～1.9mを1m級、2.0～2.9mを2m級、3.0～3.9mを3m級、4.0～4.9mを4m級とし、資源量の推定を行うときは、1m級のデータは水深0～1mのデータ、2m級のデータは水深1～2mのデータ、3m級のデータは水深2～3mのデータ、4m級のデータは水深3～4mのデータ、として扱った。

*2 補正係数は、底質に深く潜り、採泥器で採集されないシジミ個体を補正する値であり、求め方は以下の通りである。

採泥器の採泥面積（22.5×22.5センチ）と同じ大きさの鉄枠を用意し、採泥器で底泥を採ったその場所に鉄枠をはめ込み、その場所のさらに深いところに残存するシジミの個体数を調べ（3地点10回、計30回）、以下の式①でまず採集効率を求め、式②により補正係数を求めた。

$$\text{採集効率} = \text{採集数} / (\text{採集数} + \text{残存数}) \times 100 \quad - \quad \text{①}$$

$$\text{補正係数} = 100 / \text{採集効率} \quad - \quad \text{②}$$

結果と考察

1. 2001年資源量調査

(1) 個体数密度、重量密度、推定資源量

シジミの水深別個体数および重量を表1にまとめた。この表を元にグラフを作成し、各項目について結果を述べる。

表1 2001年調査から推定した水深別シジミ資源量。

a) 個体数					b) 重量				
水深 (m)	面積 (k m ²)	個体数密度 (個/m ²)	総個体数 (10 ⁶ 個)	推定個体数 (10 ⁶ 個)	水深 (m)	面積 (k m ²)	重量密度 (g/m ²)	総重量 (t)	推定資源量 (t)
0～1	1.5	4,591	6,886	8,263	0～1	1.5	2,456.5	3,684.8	4,421.8
1～2	5.5	5,810	31,953	38,344	1～2	5.5	2,611.7	14,364.3	17,237.2
2～3	6.6	5,085	33,560	40,272	2～3	6.6	1,811.5	12,418.0	14,901.6
3～4	11.3	1,311	14,814	17,777	3～4	11.3	533.5	6,028.5	7,234.2
合計	24.9		87,213	104,656	合計	24.9		36,496	43,795

水深別シジミ個体数密度（個/m²）を図2に、水深別シジミ重量密度を図3に示した。

個体数密度、重量密度ともに、全体的に見ると水深0～3mまでは大きな差はなく、3～4mだけ他より少なく1/5～1/4くらいの値になっている。水深0～3mまでは、1m²当たり約5,000個体、平均2kgを越えるシジミが生息していたが、水深3～4mでは1m²当たり1311個体、約0.5kgしか生息していなかった。

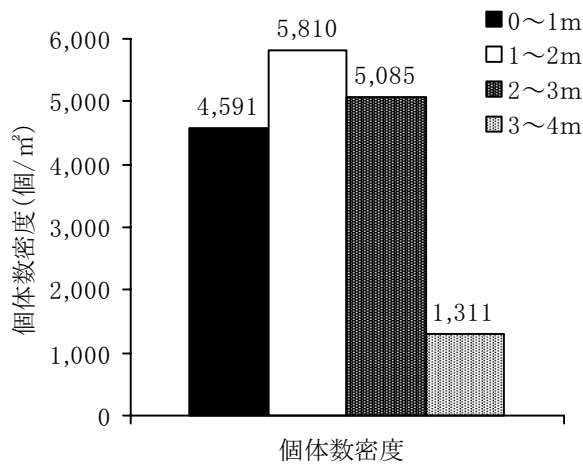


図2 水深別シジミ個体数密度。

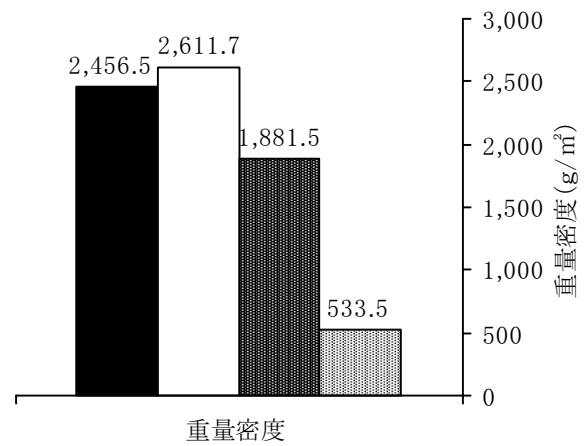


図3 水深別シジミ重量密度。

水深別の推定総個体数を図4に、推定資源量を図5に示した。

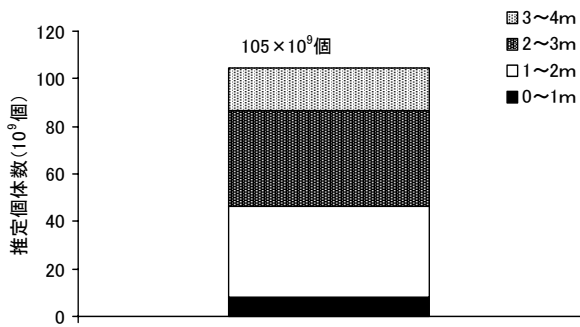


図4 シジミの推定総個体数。

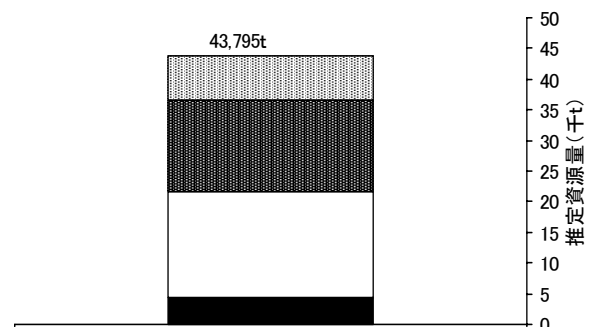


図5 シジミ推定資源量。

宍道湖に生息するシジミの推定総個体数は、約1,047億個体、推定資源量は43,795tであった。個体数・資源量ともに、水深0~1mが最も少なくなっているが、この差はその水深の面積の差を反映したものであり、図2、3で見たように密度では水深1~2mおよび2~3mと大きな差はなかった。

(2) 地区別比較

次にシジミの生息量を地区ごとにみるために、地区別のシジミ個体数密度と重量密度を表2、図6にまとめた。

シジミの個体数密度、重量密度は、地区によって大きく異なっていることがわかる。

個体数密度は、宍道湖東部（松江）、湖南（宍道、来待、玉湯）や湖北の秋鹿・大野では、高くなっているが、西部（平田、斐川）では低くなっている。湖北の浜佐陀はその中間くらいの値を示した。

重量密度は、東部、湖南で高く、西部で低くなっており、湖北はその中間くらいであった。

表4 2001年シジミ資源量調査における地区別シジミ個体数密度および重量密度。

地区	個体数密度 (個/m²)	重量密度 (g/m²)
松江	5,537	2,882
浜佐陀	3,359	1,404
秋鹿・大野	5,711	1,723
平田	1,192	716
斐川	1,749	917
宍道	4,600	2,003
来待	6,880	2,511
玉湯	4,313	2,533

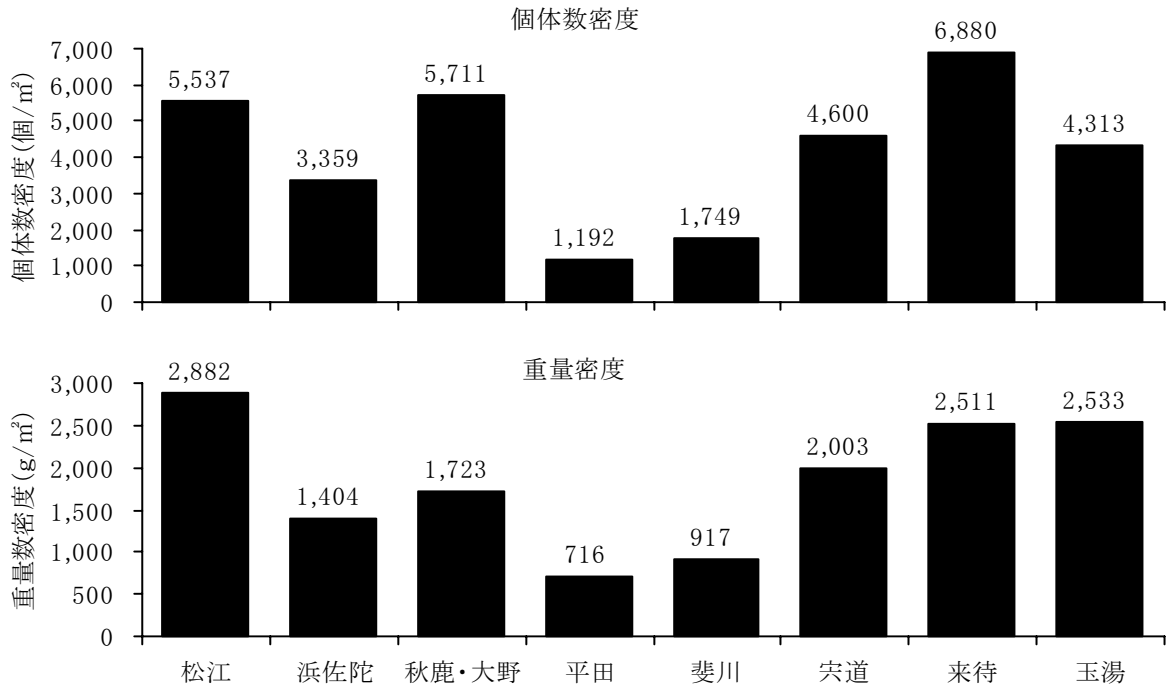


図6 1999年シジミ資源量調査における地区別シジミ個体数密度（上図）と重量密度（下図）。

(3) 稚貝

水深別の稚貝数密度および総稚貝数を表5にまとめ、図7、8に示した。

稚貝は水深1~2mで最も多く、1m²当たり95692個体生息していた。ついで0~1mで多く、水深2m以深ではかなり少なくなっていた。

表5. 水深別稚貝数密度および総稚貝数。

水深 (m)	面積 (k m ²)	稚貝数密度 (個/m ²)	総稚貝数 (10 ⁶ 個)
0~1	1.5	57,295	85,943
1~2	5.5	95,692	526,304
2~3	6.6	22,061	145,602
3~4	11.3	7,290	82,377
合計	24.9		840,226

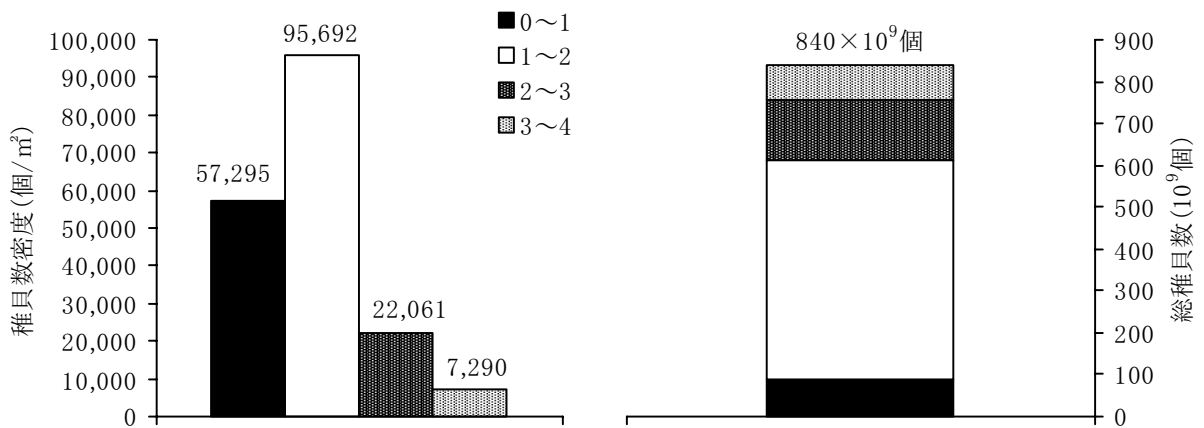


図7. 2001年シジミ資源量調査における水深別稚貝数密度(左図)および総稚貝数(右図)。

地区別の稚貝数密度を図8に示した。稚貝数が最も多かったのは、シジミの個体数および重量密度が平田に次いで低かった斐川であった。斐川から宍道湖を反時計回りに回ると、宍道、来待、玉湯、

松江、浜佐陀、秋鹿・大野、平田の順に稚貝数は減っていく。

宍道湖に大橋川を経由して遡上してきた中海の水は、湖南側へ流れていく。シジミの生息量が多い、東部・湖南で生まれた浮遊幼生が、この流れによって、斐川で着底したと考えられる。斐川はシジミの生息量が少ないことから（図6）、着底後の減耗が非常に大きいことが伺える。

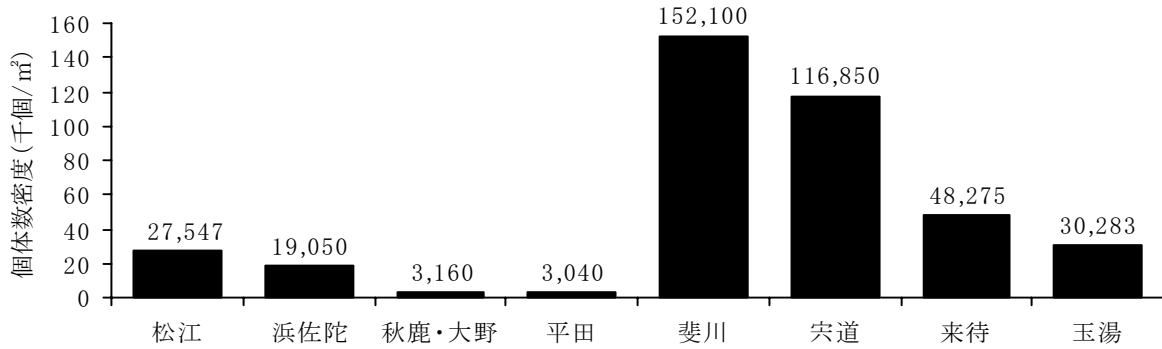


図8. 2001年シジミ資源量調査における地区別稚貝数密度。

2. 大量へい死後のシジミ資源量の変化

大量へい死直前からのシジミ資源量の推移を図9に示した。

大量へい死により 11,165 トンと激減した資源量は、その後緩やかに回復し、1999年秋季には 47,471 トンになった。2000年にはやや減少したが、それでも3万トン以上の資源量があり、2001年には 43,795 トンとまた増加している。

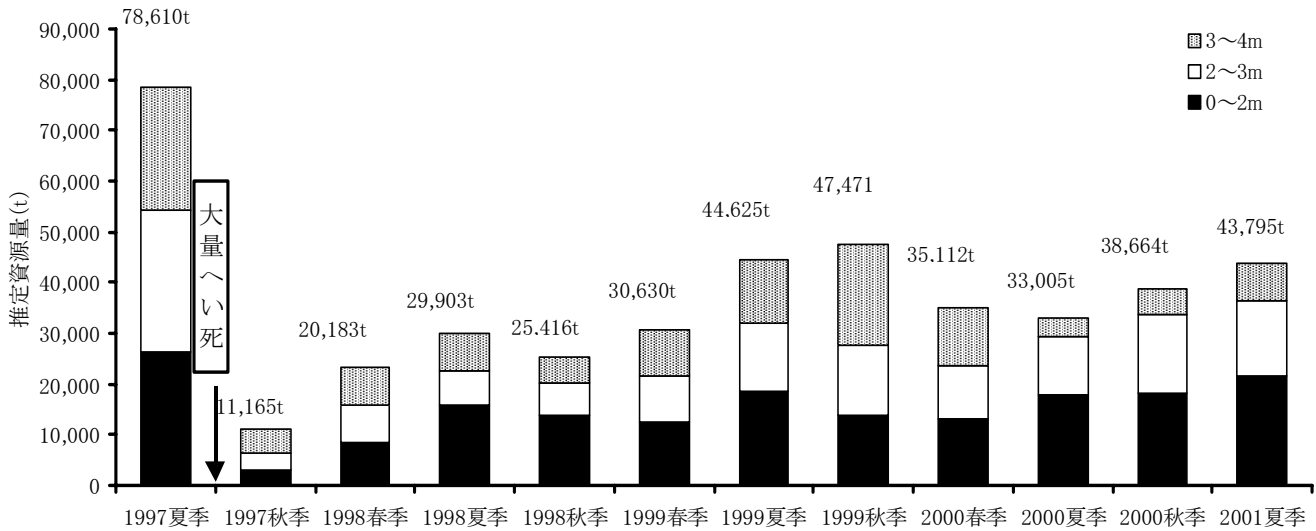


図9 大量へい死直前からのシジミ資源量の変化。

資源量は大量へい死後、増えてきてはいるが、増減の波がみられる。この増減が何に起因しているかは分からないが、この様に資源量に変化しているため、資源管理上そのときそのときの資源量を把握する必要があり、今後も継続して調査する必要がある。

産卵・発生実験

中村幹雄・原田茂樹

シジミの資源管理及び漁業管理を行う上で、資源量調査や漁業実態把握調査によって現在の資源量や漁業実態を把握することが必要であるが、それだけでなく、ヤマトシジミの生活史を通してその基礎生態を明らかにする必要がある。しかしながら、シジミの生活史の中で産卵及び発生・初期生態に関する知見は乏しく、十分把握されているとはいえない。

昨年度は、産卵誘発により得られた卵と精子を人工授精し、ヤマトシジミの発生について詳しく観察を行い、発生過程について明らかにした。今年度も引きつづきヤマトシジミの初期生態について実験・観察を行った。今回の結果の要約を以下に示す。詳細については論文にまとめて報告する。

要 約

産卵期

- ・産卵期は6月中旬から10月中旬で、産卵盛期は6月下旬から7月下旬の約1ヶ月間であった。
- ・夏季の高水温時（8月から9月中旬）には、産卵は行われなかった。

浮遊期間

- ・受精後10～24日目までに稚貝になった。
- ・変態に要する期間（変態期幼生である期間）は3～12日と個体により大きな差があった。
- ・着底直後の稚貝の平均殻長 $152.1\mu\text{m}$ （ $147.2\text{--}158.9\mu\text{m}$ 、 $n=6$ 、受精14日後）であった。

水温と発生

- ・発生可能な低水温は 18°C であった（実験水温：4、14、18、25、 28°C ）。
- ・高水温（ 30°C 以上）における発生に関しては今後の課題である。

塩分耐性

●塩分と発生

- ・受精卵からベリジャー幼生まで発生が進んだ塩分範囲は $0.5\text{--}18.0\text{psu}$ であり、このうち着底稚貝まで発生が進んだ塩分範囲は、 $2.0\text{--}18.0\text{psu}$ であった。

●ベリジャー幼生の塩分耐性

- ・ベリジャー幼生から稚貝になったのは $0.5\text{--}18.0\text{psu}$ であり、生残数が多かったのは $2.0\text{--}8.0\text{psu}$ であった。
- ・生残期間1週間では、かなり耐性範囲は広く、 $0.5\text{--}30.0\text{psu}$ まで生残可能であった。
- ・一度低塩分あるいは高塩分を経験した後、正常に発生・成長するかどうかについては今後の課題である。

●稚貝の塩分耐性

- ・ $0.5\text{--}30.0\text{psu}$ で、1ヶ月後の生残率は80%以上であり、かなり広範囲な塩分耐性を示している。
- ・ 0.0psu では21日目に全滅したが、一度死亡数が落ち着いてからさらに死亡個体が出だしたことから、死亡要因は塩分ではなく、おそらく殻の形成が 0.0psu （DW）ではうまくいかなかったことが原因と考えられる。

初期成長

- ・+0歳の成長は、水温が 10°C 以下になる12月で止まった。
- ・サイズは、平均殻長 $895.6\mu\text{m}$ （最小：280.8、最大2,371.7）であり、ほとんどの個体が、殻長 $0.5\text{--}1.0\text{mm}$ であった。

－ 未利用資源の有効利用（のべ縄によるスズキの漁獲実態）－

藤川裕司

目的及び方法

本テーマは、宍道湖、中海で有効に漁獲されていない魚種の有効活用を図ることを目的としている。今年度は、近年宍道湖で漁獲量が増大していると考えられるスズキについて、その有効な漁獲手法について検討を加えたので報告する。

方法

宍道湖漁協所属のべ縄着業4経営体に、標本船野帳を平成13年4月より配布し、漁獲量、漁獲金額の記帳を依頼した。

結果および考察

野帳記帳4経営体による平成13年4月～14年3月のスズキのべ縄出漁日数とスズキ漁獲量を表1に示した。漁獲量は、春季に多いが、冬季を除く周年漁獲されることが認められた。4経営体による漁獲量の年計は、5.4トンであった。平成11年には、少なくとも23人の着業者が認められており¹⁾、仮に平成13年度も同様の人数の着業があったと仮定すると、合計で31トンを漁獲したことになる。この値は、平成13年度の刺網によるスズキ漁獲量22トン²⁾より高い。

のべ縄で漁獲されたスズキ、チュウハン、セイゴの単価を表2に示した。スズキは、8月の932円/kgを最高に全体的に高値を示し、刺網で漁獲されたスズキが、単価が低く、そのため出荷されることも少ないのと²⁾対照的であった。この高値は、のべ縄で漁獲されたスズキは、生魚が即殺され、さらに血抜きを施されるといった、扱いの良さから生じた現象だと考えられる。

これらのことより、近年、宍道湖において資源量が増加しているスズキの利用法としては、のべ縄が優れていると考えられた。

表1 野帳記帳4経営体による平成13年4月～14年3月のスズキのべ縄出漁日数とスズキ漁獲量

	出漁日数	漁獲量(kg)*
4月	2	80
5月	40	1,815
6月	40	1,667
7月	19	452
8月	11	199
9月	6	157
10月	18	567
11月	13	497
12月	0	0
1月	0	0
2月	0	0
3月	0	0
計	149	5434

*スズキ、チュウハン、セイゴの合計

表2 のべ縄で漁獲されたスズキ、チュウハン、セイゴの単価(円/kg)

	スズキ	チュウハン	セイゴ
4月	677	—	—
5月	544	200	250
6月	732	329	182
7月	747	300	112
8月	932	300	200
9月	575	365	200
10月	681	363	211
11月	387	287	115

文献

- 1) 内田 浩ほか (2000) : 平成 11 年度島根県内水面水産試験場事業報告、5-14.
- 2) 本報告の「宍道湖刺網漁業実態調査」

宍道湖・中海水産振興対策検討調査事業

－アオノリ養殖試験－

向井哲也・上ノ菌雅子・中村幹雄

アオノリは全国の汽水域に普通に見られる海藻であり、現在徳島・高知・岡山などの河口部の汽水域で養殖が行われており、本県の中海でも自生が見られる。アオノリ養殖は環境に負荷をかけず逆に水中の窒素・リンなどの栄養塩を吸収し外部に持ち出す効果もあり、富栄養化が問題となる汽水域の漁業として適していると考えられる。これらのことから、中海における水産振興策を考えるに当たってアオノリ養殖は有望な方策と考えられる。本県でのアオノリ養殖試験に関してはこれまで平成 11、12 年度と養殖試験を委託実施して他県での手法が適用可能であることは示唆されたものの、中海におけるアオノリの生長は十分なものとは言えなかった。今年度は、採苗方法や養殖の方法・地点・時期などについてさらに検討を加え、中海におけるアオノリ養殖の可能性を模索した。なお、今年度の試験にあたっては平岡雅規氏（高知県海洋深層水研究所）に指導・助言の他、培養株の提供など多大なご協力を頂いた。

試験の目的

これまでの平成 11、12 年度のアオノリ養殖試験の結果、中海のアオノリについても母藻細断法で採苗が可能であることと、中海に張った養殖網でアオノリが生長することは確認された。しかし、過去の試験では養殖業が成立するほどのアオノリの生長は見られなかった。その要因として母藻、採苗技術、試験時期、試験地点等が考えられた。このため、今年度は母藻や採苗方法、養殖方法にさらに検討を加え、春季（5～6月）、秋季・冬季（10～12月）、中海 5 地点において試験を実施した。また種苗の確保という観点からアオノリの採苗網の冷蔵保存技術についても試験を行った。

また、アオノリ養殖についての基礎資料とするため、アオノリの系統培養や株の保存の技術、株の種類の判別について既存の知見が適用可能か検証を行い、中海におけるアオノリの株の種類を調査した。また中海に生育する天然のアオノリ類についてその分布と季節による消長を観察した。

試験内容と方法

(1) 養殖試験

平岡・團（徳島水試）による母藻細断法を用いてアオノリの人工採苗を行い、採苗した養殖網を中海に張り込み生長を観察した。試験は春季 1 回（4 月～6 月）1 回と秋季 2 回（10 月～12 月）実施した。試験の実施期日などの条件は表 1 にまとめた。

A. 母藻

母藻はすべて中海産のアオノリを用いた。種類はスジアオノリと思われる。株の由来については中海に自生しているアオノリ群落から採集してそのまま使用したものを野生株、野生の原藻から株を単離・培養・増殖したものを培養株と呼称し、それぞれ数種類の株を試験に使用した。培養株は単一のクローン株であるが、野生株は実際にはいくつかの株の混合体であると考えられる。母藻の採集場所などについては表 2 に記した。

B. 母藻の成熟

母藻の成熟と採苗方法については平岡・團の母藻細断法に基づいて行った。成熟試験の用水には、中海からポンプアップした水を1 μ フィルターでろ過した後塩分20PSUに調整した水（以下20PSU中海水とする）を用いた。アオノリ母藻10～30g（湿重量）を20PSU中海水でよく洗浄した後ミキサーで60秒間細断し、目の細かいネット上で泡が出なくなるまで20PSU中海水で数回洗浄した。細断・洗浄した母藻を45cm水槽に張った20PSU中海水30lに入れ、さらにアマノリ用栄養剤（第一製網株式会社 ポルフィランコンコ）を0.05%の濃度になるように加えた。水槽はインキュベータ内で水温22.0℃に保ち、蛍光灯（30W×2）により明12時間、暗12時間の周期で照明を行った。水槽の水はエアポンプで常に攪拌し、1日1回換水を行い成熟の様子を毎日観察した。

C. 採苗

細断した母藻の成熟が確認された時点で、1.5トン屋外水槽に15～20PSUに調整した中海水500l（アマノリ用栄養剤0.02%添加）を張り、試験養殖網（1.2m×10.0m）10枚と母藻を投入し2、3日間養殖網に胞子を付着させた。水槽内の水はエアレーションにより攪拌し、外気温が下がった冬季の試験時は水槽をヒーターで20℃に加温した。なお、冬季試験では試験用の小さな養殖網（1.2×1.0m）を用い、150lアクリル水槽で採苗と育苗を行った。

表1 試験条件

試験時期	株名	母藻の量 (湿重量g)	成熟試験 開始日	採苗日	採苗水槽(1.5トン)に 投入した養殖網の枚数 (養殖網1.2×10.0m)	育苗時の 平均水温 (℃)	育苗時の 塩分濃度 (PSU)	沖出し日	沖出し時の網の水深
春季	培養株A	26.8	H13.4.22	H13.5.7	20	20(外気温)	18	H13.5.25	水深10cm,30cm(St.1～5) 浮き流し式(St.2)
	野生株C	30.0	H13.4.19	H13.4.27	12				
秋季	野性株A	16.3	H13.9.25	H13.9.28	10	20(外気温)	18	H13.10.16	水深10cm(St.1～5)
	野性株B	16.3			10				
冬季	培養株A	15.1	H13.11.5	H13.11.9	7	23.0(保温)	20	H13.12.4	水深10cm,70cm (St.1～5)
	培養株B	9.4			7				
	培養株C	1.4			H13.10.2				
冷蔵網試験 (1回目)	野生株D	21.5	H13.5.11	H13.5.14	2	20～30 (外気温)	20～15	H13.9.27	浮き流し式(St.2)
冷蔵網試験 (2回目)								H13.10.16	水深10cm(St.2)

表2 試験に使用した母藻

試験時期	株名	採集日	採集場所	株の交配歴	生殖	生殖細胞の鞭毛数
春季	培養株A	H12.11.16	大根島	無	無性生殖	2
	野生株C	H12.4.19	意東	-	-	-
秋季	野性株A	H12.9.4	大海崎	-	-	-
	野性株B	H12.9.25	意東	-	-	-
冬季	培養株A	春季の培養株Aに同じ				
	培養株B	H12.11.24	大根島	無	不明	4
	培養株C	H12.11.16	大根島	有	有性生殖	-
冷蔵網試験 (1回目・2回目)	野性株D	H12.5.11	大橋川	-	-	-

D. 育苗

採苗後、1.5 トン水槽の水量を1,000 リットルに増やし、約3週間養殖網を藻体の長さが2~10cmになるまで育苗した。水槽は日当たりの良い場所に設置し、2, 3日に一度網返しを行った。水槽内の水はエアレーションにより攪拌し、外気温が下がった冬季の試験時は水槽を20℃に加熱した。

E. 沖出し

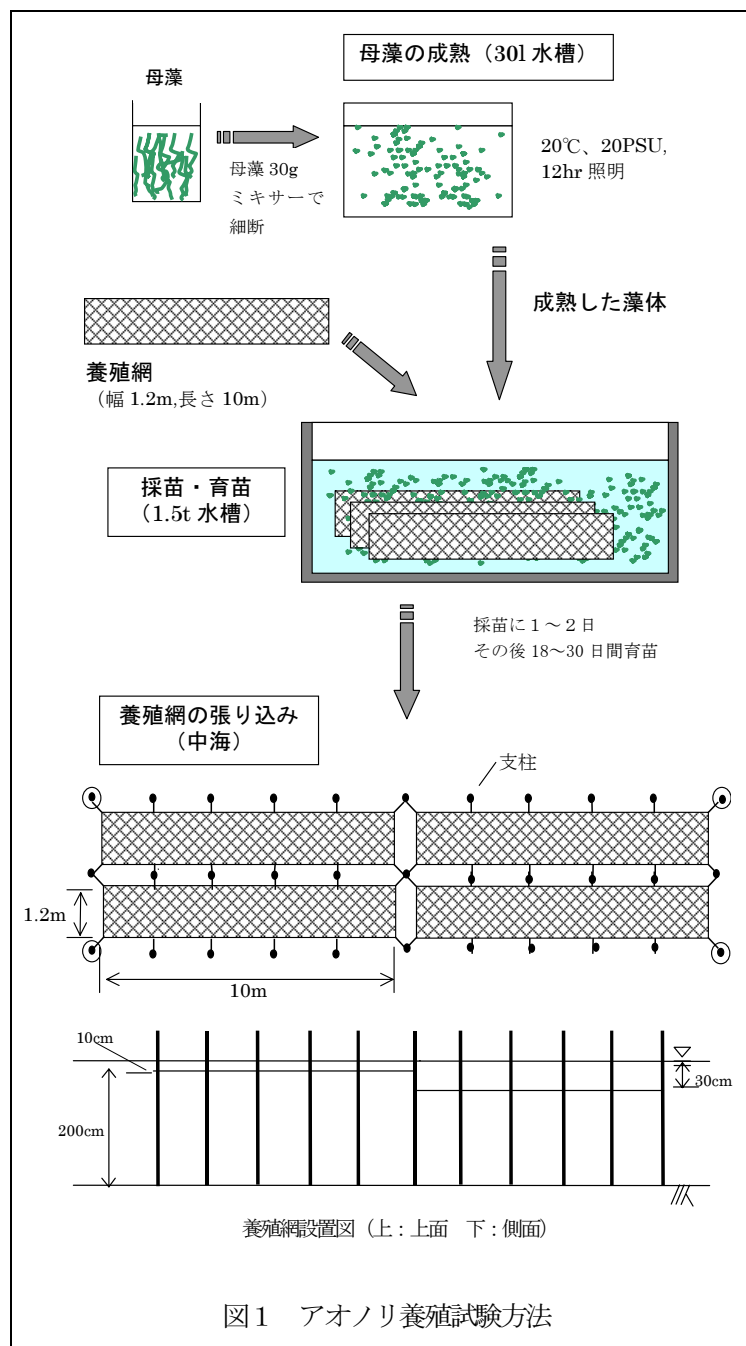
中海5地点に支柱を設置し、育苗した養殖網を張ってアオノリの生長を約1ヶ月の間観察した。養殖網の設置地点はSt.1(安来)、St.2(意東)、St.3(大海崎)、St.4(大根島)、St.5(江島)とし、いずれも沿岸近くの水深約2mの地点に網を設置した(図2)。養殖網の設置水深は春季は水深10cmと30cmの2通り、秋季は水深10cmの1通り、冬季は水深10cmと水深70cmの2通りに設定した(図1)。また、春季は意東において試験的に浮き流し式の養殖試験も行った。

沖出し日は春季：平成13年5月25日、秋季：平成13年10月16日、冬季：平成13年12月4日とした。生長の観察は週1回もしくは2回行い、現場で網の状況の観察と写真撮影を行い、養殖網から網糸を10cm切り取って持ち帰りアオノリの藻体長と乾重量を測定した。藻体長については網糸10cmの中の藻体から長いもの上位20本の平均をとった。藻体長は春季はSt.2(意東)のみ測定したが、秋季は全地点測定した。

また、十分にアオノリが生育した網については最も繁茂したと思われる時期に網を1~3m分切り取って持ち帰り、網に付着したアオノリを全て収穫して脱水・乾燥後その藻体の乾燥重量を計測した。さらに、秋季の試験においては十分な生育の見られた養殖網について、最も繁茂したと思われる時期の網糸1cmを切り取り全ての藻体の長さを計測してその藻体長の分布を記録した。

養殖網の観察時には現場の表層の水温・塩分の測定を行った。また、St.2(意東)においては水質計(HydroLab社 DataSonde4)を常設し、表層(水深30cm)の水温・塩分の連続観測を行った。

(2) 採苗網の冷蔵保存試験



春季に採苗した養殖網を冷蔵保存し、秋季に沖出ししてアオノリが生長するかを試験した。試験には大橋川で採取したアオノリを母藻に用い、5月14日に母藻細断法により採苗を行った。採苗した養殖網(1.2m×10m×2枚)をビニール袋に入れ、ノリ用栄養剤を0.05%添加した20PSU海水2lを加え、冷蔵庫中で4.0℃で保存した。保存した養殖網は9月27日および10月30日にSt.2(意東)に浮き流し方式で沖出しし、生長を観察した。

(3) 培養試験

A. 株の保存と培養

株の保存・培養は、主にインキュベーター内で行った。基本的な条件としては庫内設定は温度18-22度、照度2000-5000lux、明暗周期12:12時間とした。また、培養液は塩分濃度20psu前後の海水1lにアマノリ用栄養剤(ポルフィランコンコ)0.5ccを添加したものをを用い、2週間に一度交換をした。

保存は株別に藻体を少量ずつ(1-2枝ないしは1g以下)50ccサンプル瓶に培養液と共に入れて行い、量が多い場合は300-500ccフラスコを用いエアレーションをかけた。

B. アオノリの種類と株の種類の判別

アオノリの株の種類を判別するため、母藻を成熟誘導にかけ生殖細胞を得て、これらの走光性と鞭毛数を調べた。方法はアオノリ藻体0.02gをメスで細かく裁断し、10cmシャーレに培養液30cc(塩分15-25psu)とともに入れた。株の種類の判別に先立って培養液の塩分濃度を変えて成熟誘導を行い、成熟に最適な条件を確かめた。成熟誘導を開始し、毎日培養液を交換をすると通常3-7日以内に生殖細胞が放出される。放出直後の遊泳生殖細胞をパスツールピペットでごく少量取り、スライドグラスに一滴落として広げる。カバーグラスをかけずにそのまま顕微鏡観察すると、400倍で水滴の縁の所に動けなくなった生殖細胞が見られるのでそれらの鞭毛数を調べた。さらにシャーレ内の残りの遊泳生殖細胞をできるだけ多くパスツールピペットで集め、先のスライドグラス上に乗せて大きな水滴を作る。このスライドグラスを電気スタンド下を持って行き一定方向から光を当てて、水滴内での生殖細胞の走光性を調べた。

(4) 分布調査

平成13年5月～平成14年3月まで毎月1回、中海7地点の沿岸部を目視観察しアオノリ類の分布と消長を観察した。

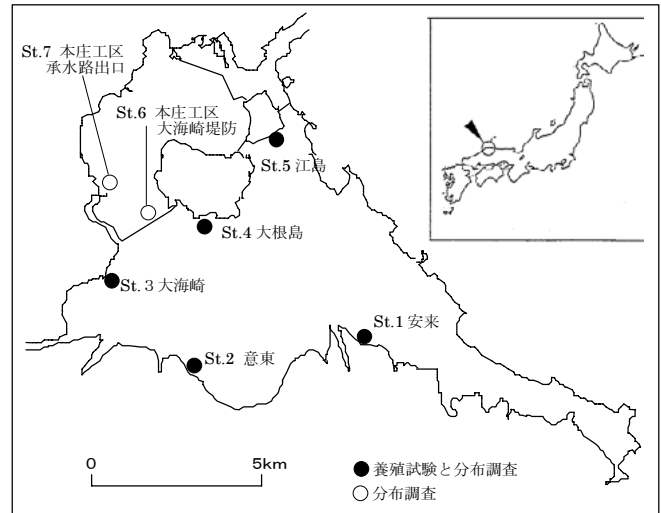


図2 試験地点

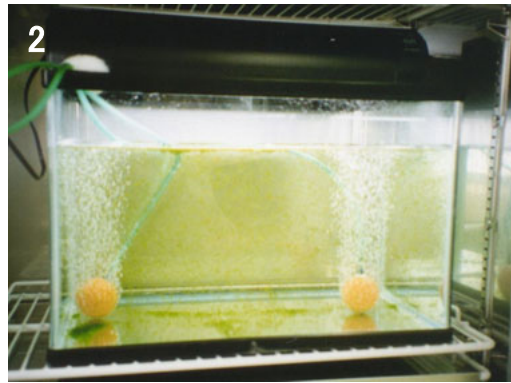


図3 アオノリの採苗・育苗作業

1 母藻の細断 2 裁断した母藻の成熟 3 採苗 4 育苗開始時 5 育苗後14日 6 支柱式養殖施設

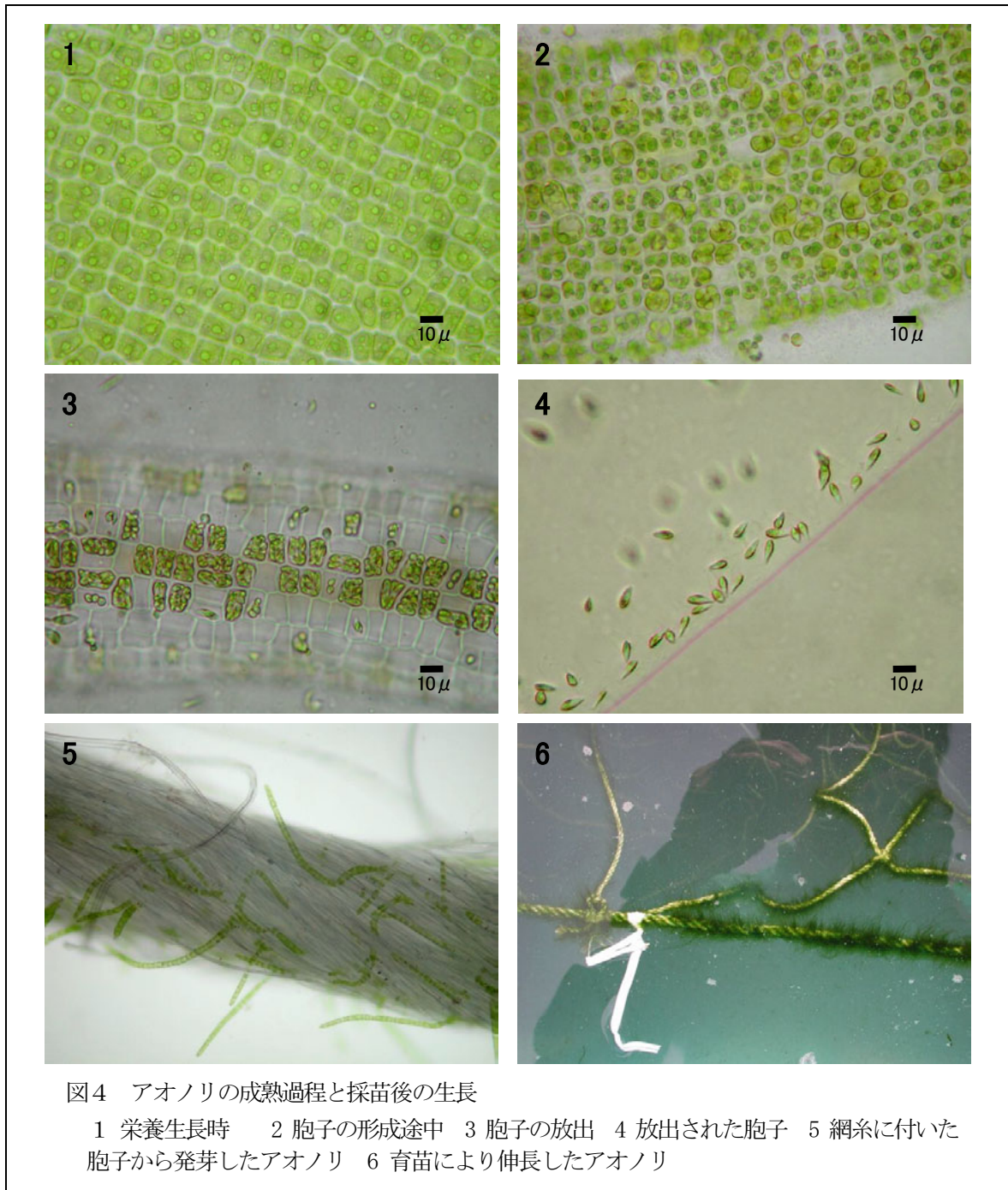
調査結果

(1) 養殖試験

A. 母藻の成熟と採苗・育苗

春季・秋季・冬季いずれの試験でも母藻細断後3~10日後に母藻の成熟や胞子の放出が確認された(図4)。ただし、成熟や胞子の放出がそれほど同期しせず、日毎徐々に成熟細胞の割合が増加してゆく場合も多かった。細断後時間が経ても成熟せずに再び栄養生長する母藻断片も株によってはかなり多かった。

採苗後はどの試験においても1週間ほどで網糸の表面が薄い緑色になり、検鏡してみるとアオノリの芽が多数付着していることが確認された。育苗中に藻体は生長を続け、育苗期間中に藻体は長いものでは5~10cmに伸長した。



B. 沖出し後の生長

a. 春季

春季試験においてはアオノリは試験条件による差はあったものの概ね良好な生長を示した。春季試験における各地点でのアオノリの生育状況一覧を表3に、図5に養殖網の状況写真をそれぞれ示した。また、図6に採取した網糸サンプルによる生長例の比較写真を、図7に網糸10cmあたりのアオノリ藻体重量(網糸10cmあたり乾重量)の変化をそれぞれ示した。また、St.2(意東)における藻体長と芽数の変化を図8に示した。また、一部の試験地点で最盛期に収穫したアオノリの収量を図9に示した。

一般的なアオノリの生長の傾向は次のようであった。アオノリは沖出し後から急速な生長を示し12日後の観察で繁茂のピークを示した。その時点では藻体は濃い緑色の柔らかいスジ状の藻体で、藻体長は長いもので50cm以上に達した。ただし、この時点ですでに一部の藻体では成熟が始まり先端部分から白化や消失が始まっていた。この最盛期に収穫すると、地点によっては養殖網(幅1.2m)の長さ1mあたり乾燥重量で概ね100~350gのアオノリ藻体が得られた。養殖網には場所によってはヨコエビの巣、シオミドロ、ワレカラ等の付着物もかなり多かった。その後沖出し後21日以降の観察では、藻体が幅広くもろく切れやすい状態で色も薄くなっており、藻体は先端から成熟して枯れるかあるいは波浪により根元から脱落して非常に少なくなった。St.1ではその後再びアオノリが伸長してきたが、他の地点ではその後は養殖網にアオノリが繁茂することはなかった。

アオノリの成長に関しては、設定した試験条件の中では試験地点による差が最も大きかった。St.1(安来)とSt.4(大根島)では特に良い生長を示し藻体長が50cm以上に伸長した。付着物も少なく藻体の色も濃い緑色であった。St.3(大海崎)、St.2(意東)でもそれに次ぐ生長を示した。ただし、St.3(大海崎)では藻体の色がやや悪いこととヨコエビの巣等の付着物が多く、株によっては最盛期が沖出し後21日と他の地点より遅かった。St.2(意東)では付着物は少なく藻体の色も良好であった。St.5(江島)では概して生育が悪く、ヨコエビ、ワレカラ、シオミドロ等の付着物が目立った。株による違いでは、概して培養株Aの方が生長が良い傾向があり、藻体の色・形態において培養株Aは野生株Cに比べより濃い緑色で細長い藻体に生長した。また、養殖網の設置水深では、水深10cmに設置した養殖網の方が水深30cmに設置した網よりアオノリの生長が良い傾向があった。

なお、試験期間中の中海の水温は約20~25°C、塩分は6月上旬までは約20PSU前後を推移していたが、それ以降は15~3PSUと大きく変動した。水温・塩分の地点による差はわずかであった。各地点における水温・塩分の観測結果を図10に、St.2における水温・塩分の連続観測の結果を図11にそれぞれ示した。

表3 各試験におけるアオノリの生長の概要

春季(5/26～)					
地点	株	アオノリ生長の良否	最も繁茂した時期	藻体の色・状態 (最盛期)	網の付着物等
St. 1 (安来)	野生株C	◎非常に良い。密生して生えており、藻体も長く伸びた。(藻体長50cm以上)	6月6日 (沖出し後12日)	濃い緑色だがやや太い藻体。	少ない。
	培養株A	◎非常に良い。密生して生えており、藻体も長く伸びた。(藻体長50cm以上)	6月6日 (沖出し後12日)	濃い緑色、スジ状で細長い藻体。	少ない。
St. 2 (意東)	野生株C	○良い。密生して生えており、藻体も長く伸びた。(藻体長30～40cm)	6月6日 (沖出し後12日)	濃い緑色、スジ状で細長い藻体。	少ない。
	培養株A	○良い。密生して生えており、藻体も長く伸びた。(藻体長30～40cm)	6月6日 (沖出し後12日)	濃い緑色、スジ状で細長い藻体。	少ない。
St. 3 (大海崎)	野生株C	◎非常に良い。密生して生えており、藻体も長く伸びた。(藻体長50cm以上)	6月6日 (沖出し後12日)	やや薄い緑色。スジ状	ヨコエビの巣が多い。 シオミドロも見られる。
	培養株A	◎非常に良い。密生して生えており、藻体も長く伸びた。(藻体長50cm以上)	6月13日 (沖出し後21日)	やや薄い緑色。スジ状	ヨコエビの巣が多い。 シオミドロも見られる。
St. 4 (大根島)	野生株C	◎非常に良い。密生して生えており、藻体も長く伸びた。(藻体長50cm以上)	6月6日 (沖出し後12日)	濃い緑色、スジ状だがやや太い藻体。	シオミドロが見られる。
	培養株A	◎非常に良い。密生して生えており、藻体も長く伸びた。(藻体長50cm以上)	6月6日 (沖出し後12日)	濃い緑色、スジ状で細長い藻体。	シオミドロが見られる。
St. 5 (江島)	野生株C	×悪い。まばらにしか生えず、生えた部分でも藻体長は10～20cm	6月6日 (沖出し後12日)	やや薄い緑色、やや太く縮れ気味の藻体。	ヨコエビの巣、フレカラが多い。 シオミドロも見られる。
	培養株A	×悪い。まばらにしか生えず、生えた部分でも藻体長は10～20cm	6月6日 (沖出し後12日)	濃い緑色、スジ状で細長い藻体。	ヨコエビの巣、フレカラが多い。 シオミドロも見られる。
秋季(10/16～)					
地点	株	アオノリ生長の良否	最も繁茂した時期	藻体の色・状態 (最盛期)	網の付着物等
St. 1 (安来)	野生株A	○良い。密生して生えており、藻体も長く伸びた。(藻体長30～40cm)	11月5日 (沖出し後20日)	濃い緑色、スジ状で細長い藻体。	少ない。
	野生株B	○良い。密生して生えており、藻体も長く伸びた。(藻体長30～40cm)	11月5日 (沖出し後20日)	濃い緑色、スジ状で細長い藻体。	少ない。
St. 2 (意東)	野生株A	×悪い。まばらにしか生えず、生えた部分でも藻体長は10～20cm	10月30日 (沖出し後14日)	薄い緑色。やや幅がある藻体。	ヨコエビの巣が多い。 シオミドロも見られる。
	野生株B	×悪い。まばらにしか生えず、生えた部分でも藻体長は10cm程度。	10月30日 (沖出し後14日)	薄い緑色。やや幅がある藻体。	ヨコエビの巣が多い。 シオミドロも見られる。
St. 3 (大海崎)	野生株A	×悪い。密に生えているが、藻体長が2～3cm以上に伸びない。	11月2日 (沖出し後17日)	濃い緑色、スジ状。先端が刈り揃えられたように短くなっている。	少ない。
	野生株B	×悪い。密に生えているが、藻体長が2～3cm以上に伸びない。	10月30日 (沖出し後14日)	濃い緑色、スジ状。先端が刈り揃えられたように短くなっている。	少ない。
St. 4 (大根島)	野生株A	×悪い。まばらにしか生えず、生えた部分でも藻体長は10～20cm	11月2日 (沖出し後17日)	薄い緑色。やや幅がある藻体。	ヨコエビの巣が多い。 シオミドロも見られる。
	野生株B	×悪い。まばらにしか生えず、生えた部分でも藻体長は10～20cm。	11月2日 (沖出し後17日)	薄い緑色。やや幅がある藻体。	ヨコエビの巣が多い。 シオミドロも見られる。
St. 5 (江島)	野生株A	○良い。かなり密に生え、生長良い。(藻体長30～40cm)	11月12日 (沖出し後27日)	やや薄い緑色。少し幅がある藻体。	シオミドロが見られる。
	野生株B	○良い。かなり密に生え、生長良い。(藻体長40～50cm)	11月12日 (沖出し後27日)	やや薄い緑色。少し幅がある藻体。	シオミドロが見られる。
冬季(12/4～)					
地点	株	アオノリ生長の良否	最も繁茂した時期	藻体の色・状態 (最盛期)	網の付着物等
St. 1 (安来)	培養株A・B・C	×悪い。ほとんど生長がなく、わずかにまばらに生えたのみ。	-	薄い緑色。やや幅がある藻体。	少ない。
St. 2 (意東)	培養株A・B・C	×悪い。まばらに生えた部分では藻体長10～20cm。	-	やや薄い緑色。やや幅がある藻体。	シオミドロが見られる。
St. 3 (大海崎)	培養株A・B・C	×悪い。ある程度密に生えたが、生長は数cmしかない。	-	薄い緑色。やや幅がある藻体。	シオミドロが多い。
St. 4 (大根島)	培養株A・B・C	×悪い。ほとんど生長がなく、わずかにまばらに生えたのみ。	-	薄い緑色。やや幅がある藻体。	少ない。
St. 5 (江島)	培養株A・B・C	×悪い。ほとんど生長がなく、わずかにまばらに生えたのみ。	-	薄い緑色。やや幅がある藻体。	少ない。

野生株C

培養株A

St. 1
安来
⇒



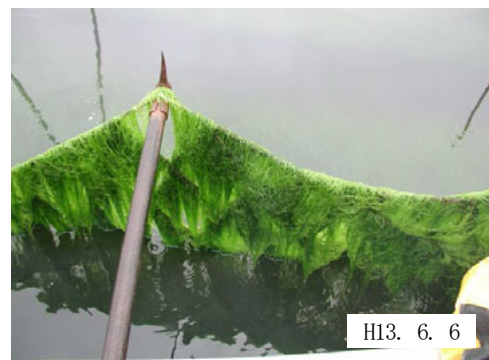
St. 2
意東
⇒



St. 3
大海崎
⇒



St. 4
大根島
⇒



St. 5
江島
⇒



図5 春季試験 沖出し後のアオノリの生育状況 (水深10cm、最盛期の状態)

H12. 5.25
(沖出し当日)

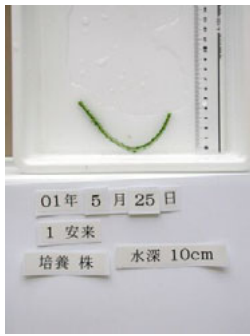
H12. 5.30
(沖出し後5日)

H12. 6. 6
(沖出し後12日)

H12. 6.13, 15
(沖出し後21, 23日)

H12. 6.21
(沖出し後27日)

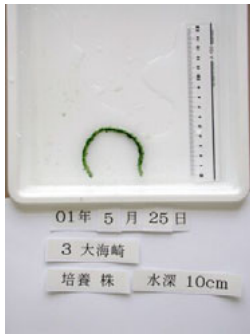
St. 1
安来
⇒



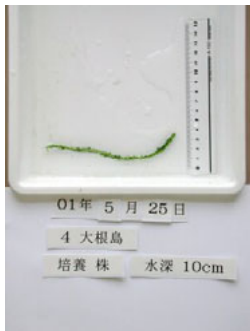
St. 2
意東
⇒



St. 3
大海崎
⇒



St. 4
大根島
⇒



St. 5
江島
⇒

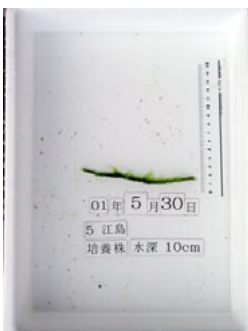
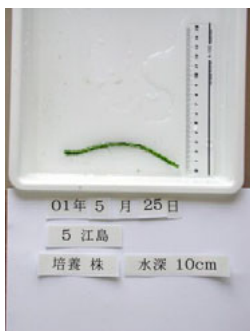


図6 春季試験 沖出し後のアオノリの生長 (培養株A、水深10cm)

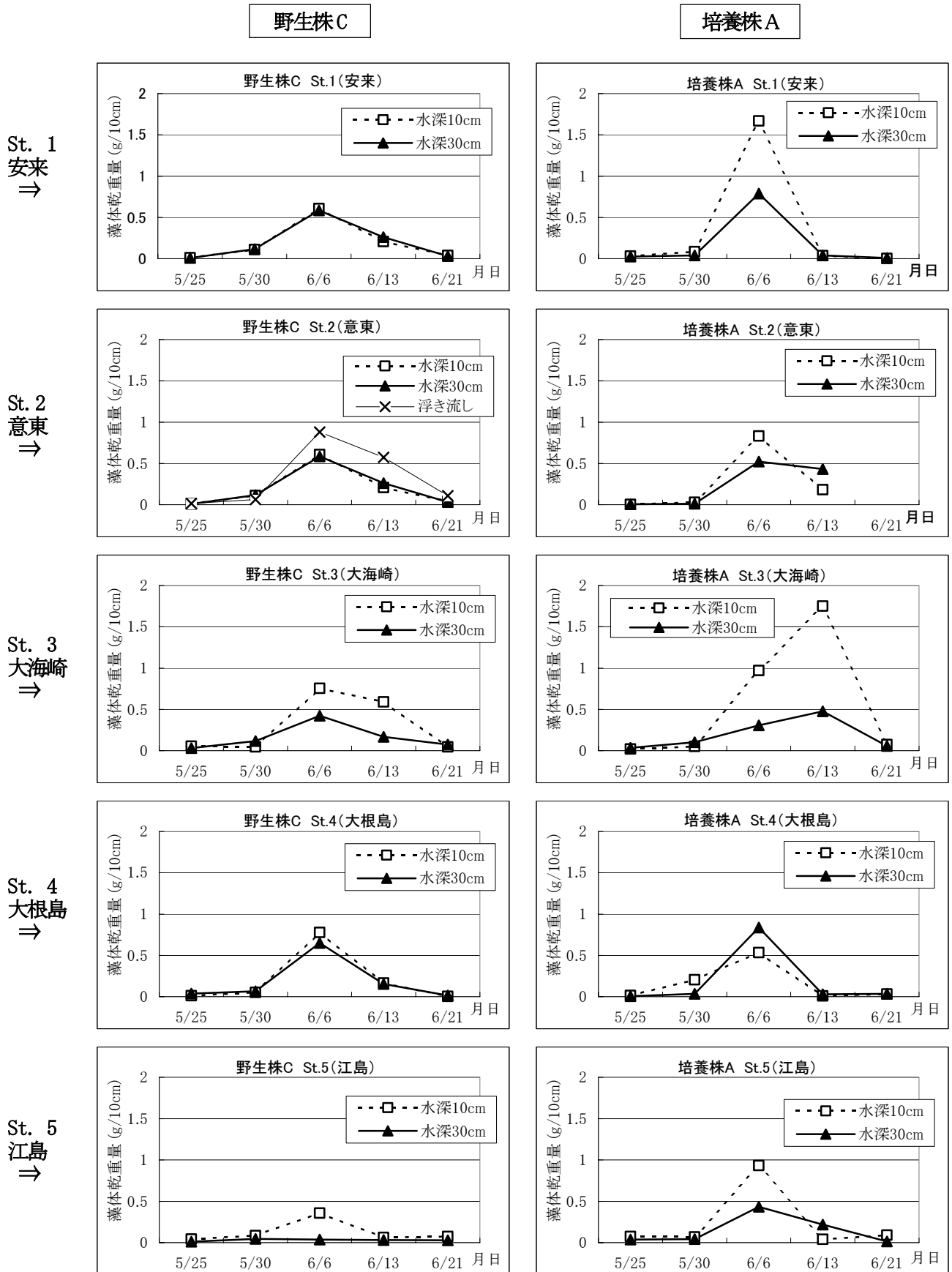


図7 春季試験 沖出し後のアオノリ藻体重量 (網糸 10cm あたり乾燥重量) の変化

St. 2
(意東)
⇒

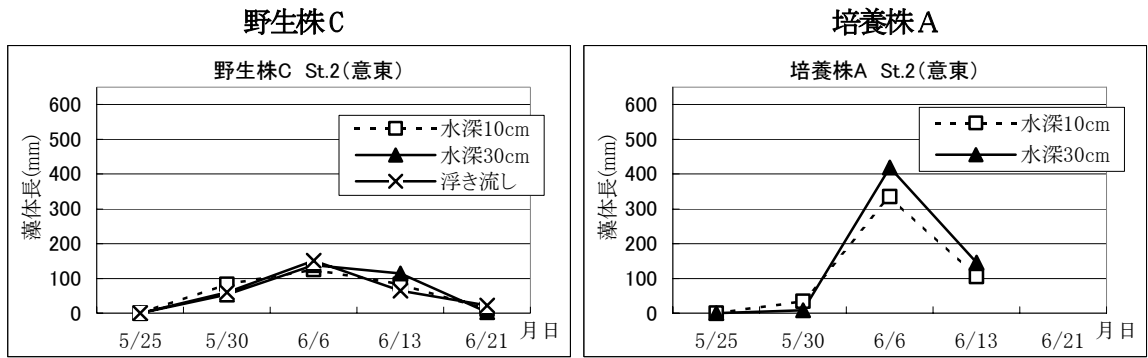


図8 春季試験 沖出し後のアオノリ藻体長（網糸 10cm 中の長い個体 20 本の平均）の変化

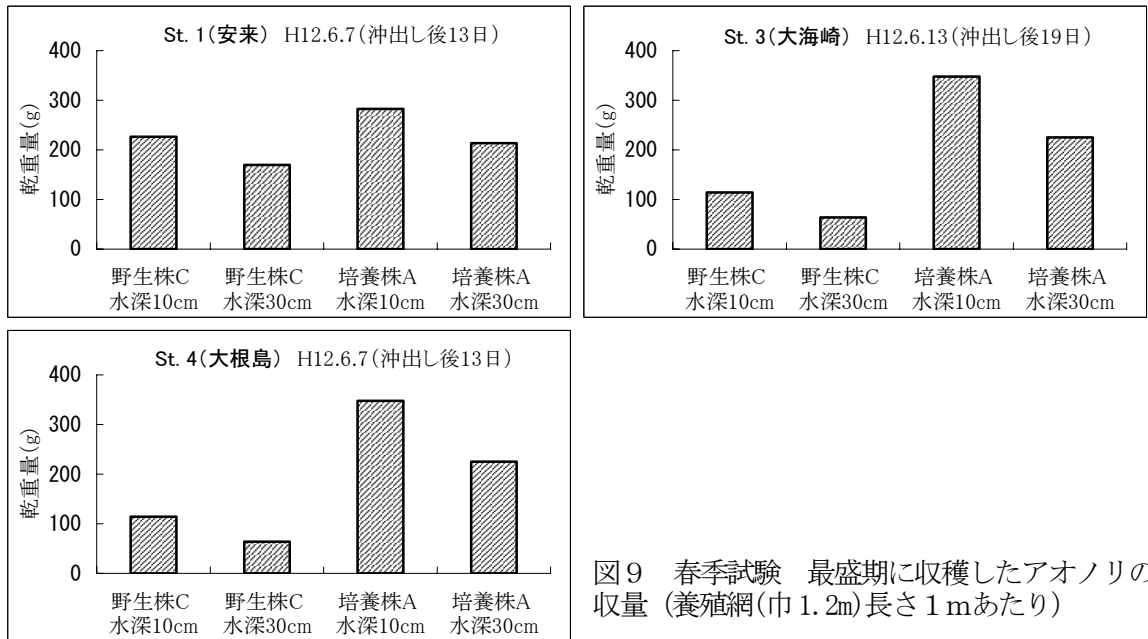


図9 春季試験 最盛期に収穫したアオノリの収量（養殖網(巾 1.2m)長さ 1 mあたり)

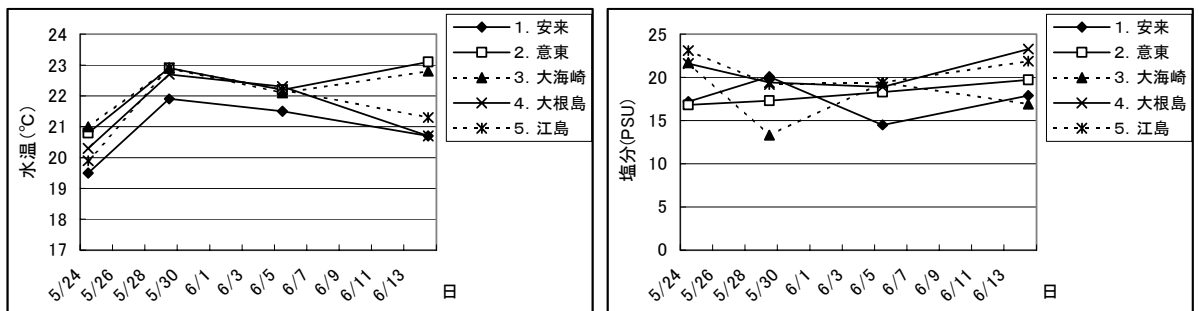


図10 春季試験における各地点の水温・塩分

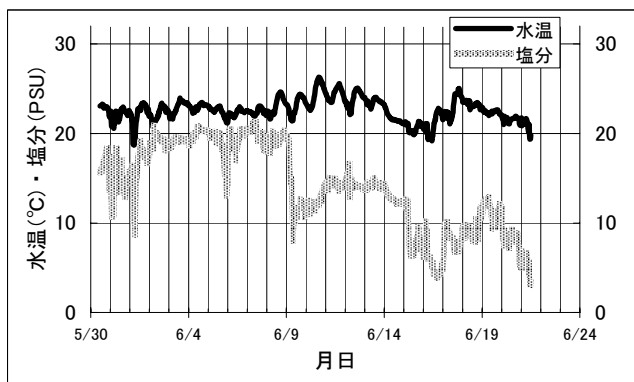


図11 春季試験 St.2における水温・塩分の連続観測結果

b. 秋季

秋季試験においては、アオノリは地点によってはある程度の生長を示したものの春季と比較すると生長が劣り、地点によってはほとんど生長しないものもあった。各地点でのアオノリの生育状況を表3に、最盛期の養殖網の写真を図12にそれぞれ示した。また、図13に採取した網糸サンプルによる生長の比較写真を、図14にアオノリの藻体長（網糸10cm中の長い個体20本の平均）と藻体重量（網糸10cmあたりの乾重量）の変化をそれぞれ示した。一部の試験地点で最盛期に収穫したアオノリの収量を図15に示した。またSt.2（意東）における藻体長と芽数の変化を図16に示した。

春季試験よりアオノリは生長が遅く沖出し後2～4週間後に繁茂のピークを示したが、藻体長は長いものでも500mm以下であった。最盛期に収穫したアオノリの量も養殖網（幅1.2m）の長さ1mあたり乾燥重量で50g未満と春季と比較するとかなり少なかった。秋季試験でも、春季と同様藻体は最初は柔らかいスジ状であったが、2～3週間後から徐々に藻体の巾が広くもろくなりやがて成熟や波浪で脱落した。

秋季試験でも春季と同じく試験地点による生長の差が大きく、株の種類による生長差は明確でなかった。秋季試験ではSt.1（安来）とSt.5（江島）で比較的生長が良好であり、St.1では沖出し後20日、St.5では沖出し後27日後に繁茂のピークを迎え、どちらも藻体長が400～500mm前後に伸長した。両地点とも藻体の状態が濃い緑色のスジ状の良好なものであったが、St.5ではシオミドロの付着がやや多かった。St.2（意東）St.4（大根島）では養殖網のアオノリの生長にかなりむらがあり藻体長も300mm以下であった。St.3（大海崎）では藻体はかなり高密度で均一に生えていたものの、藻体長が20～30mm前後にまでしか生長しなかった。

なお、水温・塩分の観測結果を図17,18に示した。試験期間中の中海の水温は当初は20～15℃で、11月中旬以降は12～13℃まで低下した。塩分は概ね5～18PSUの範囲であったが変動が大きく、St.2の連続観測結果を見ると0.1PSU程度に急激に低下したこともあった。

c. 冬季

冬季においては、平成13年12月6日～平成14年1月10日まで観察を続けたが、どの地点でもアオノリは養殖網の一部においてまばらに生長が見られた程度で、養殖網の大部分の部位でほとんど生長しないまま脱落したりあるいはシオミドロに覆われ生長が止まっていた（図20）。株については培養株Cは他の株と比較して良い生長を示し、まばらに生えた部分では40～60mm程度の長さになった。生長が見られたものについては概して水深70cmの方が水深10cmより生長が優れていた。

なお、冬季試験時の中海の水温は12～5℃程度まで低下していた。塩分は概ね5～20PSUの範囲であった。（図17）

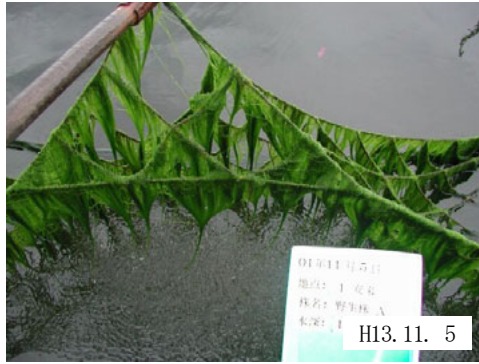
(2) 採苗網の冷蔵保存試験

9月27日にSt.2に沖出しした冷蔵網のアオノリは、20日後の10月16日に採集したところ藻体長（網糸10cm中の長い個体20本の平均）312mm、藻体乾重量（網糸10cmあたり）380mgと、ある程度の生長が見られた（図19）。10月30日に沖出しした冷蔵網は沖出し後しばらくして珪藻に覆われ、約1ヶ月間観察したがアオノリの生長は見られなかった。

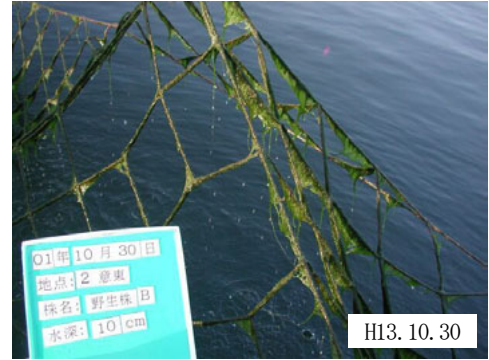
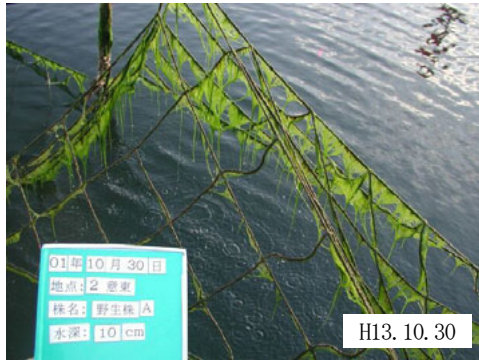
野生株A

野生株B

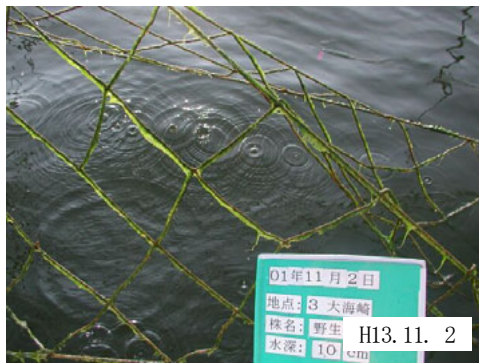
St. 1
安来
⇒



St. 2
意東
⇒



St. 3
大海崎
⇒



St. 4
大根島
⇒



St. 5
江島
⇒

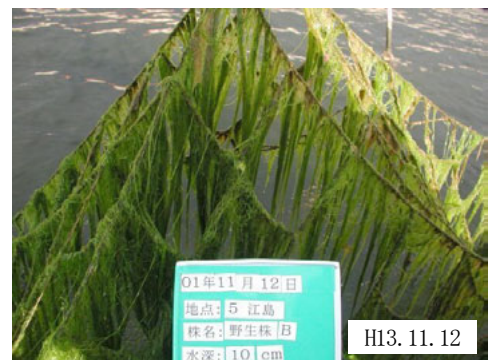


図12 秋季試験 沖出し後のアオノリの生育状況 (水深10cm、最盛期の状態)



図13 秋季試験 沖出し後のアオノリの生長 (野生株B、水深10cm)

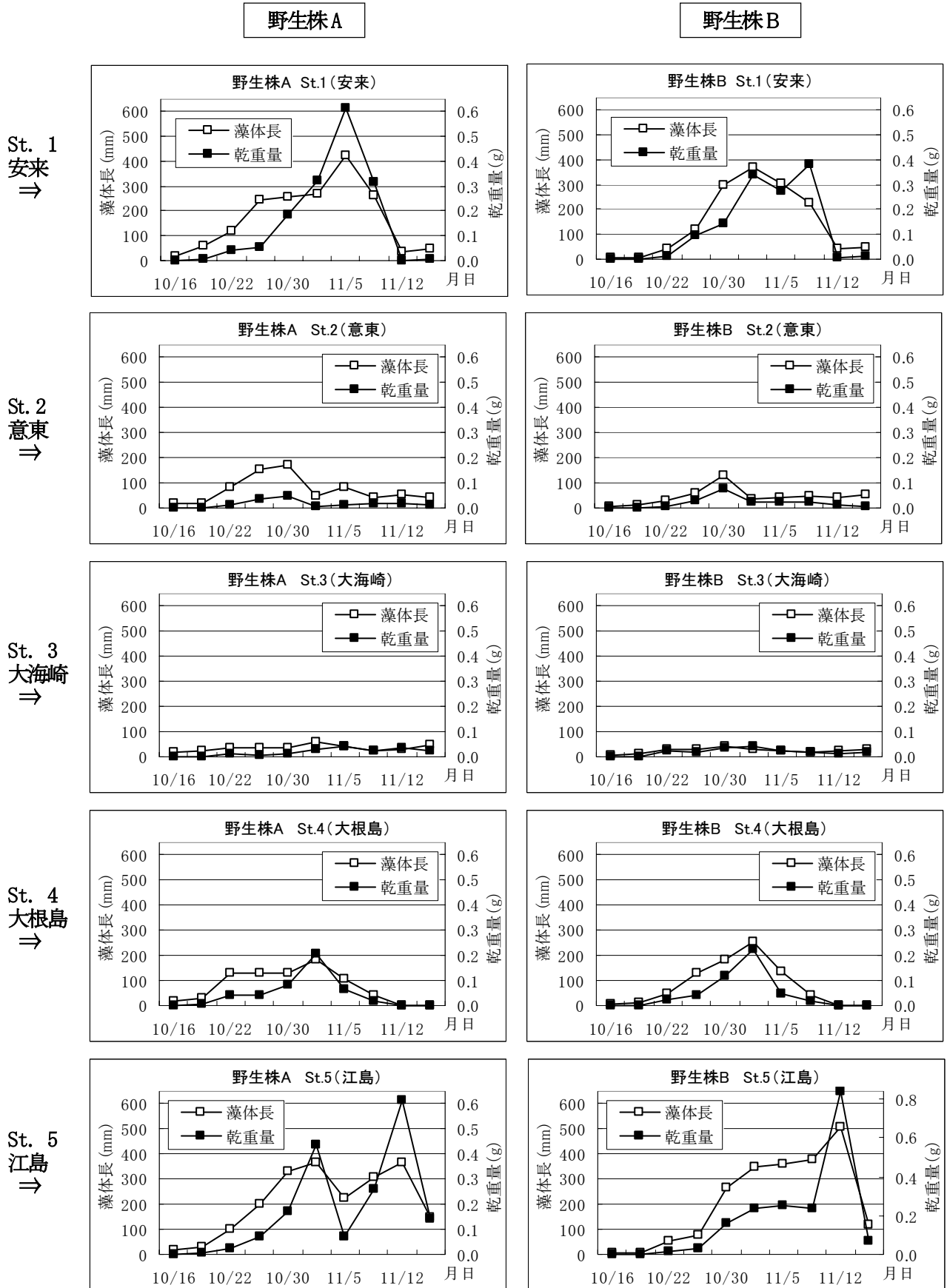


図14 秋季試験 沖出し後のアオノリ藻体長(網糸10cm中の長い個体20本の平均)と藻体乾重量(網糸10cmあたり)の変化(水深10cm)

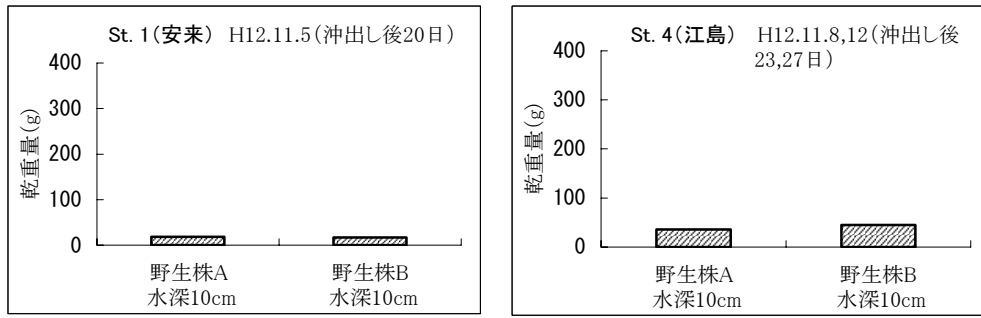


図15 秋季試験 最盛期に収穫したアオノリの収量 (養殖網(巾1.2m)長さ1mあたり)

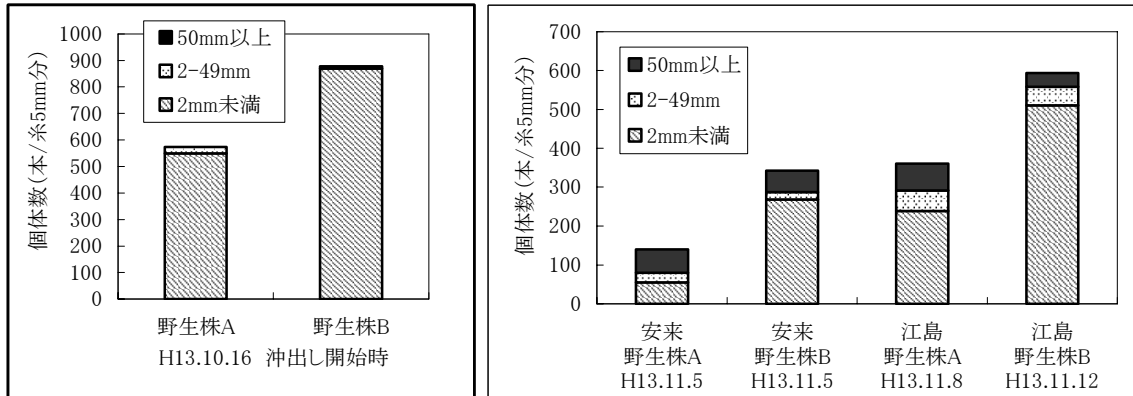


図16 秋季試験 アオノリの長さ別の個体数 (沖出し開始時と最盛期での網糸5mmあたりの個体数)

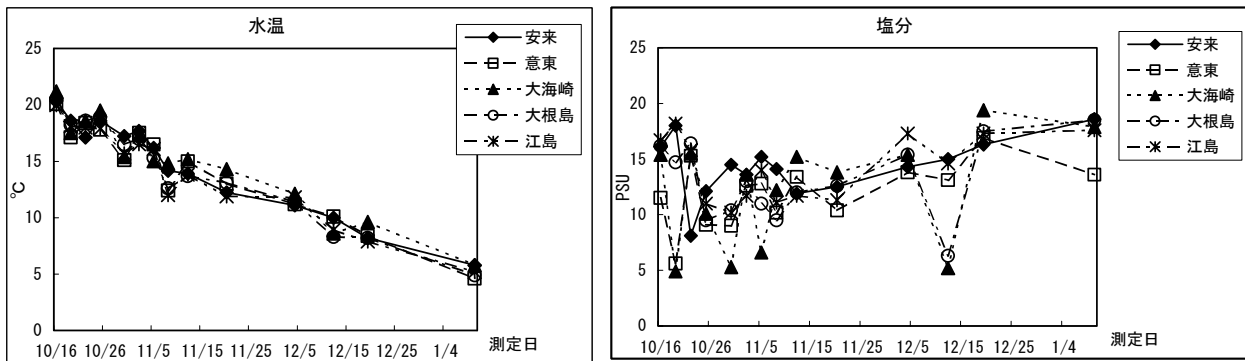


図17 秋季試験および冬期試験における各試験地点の水質

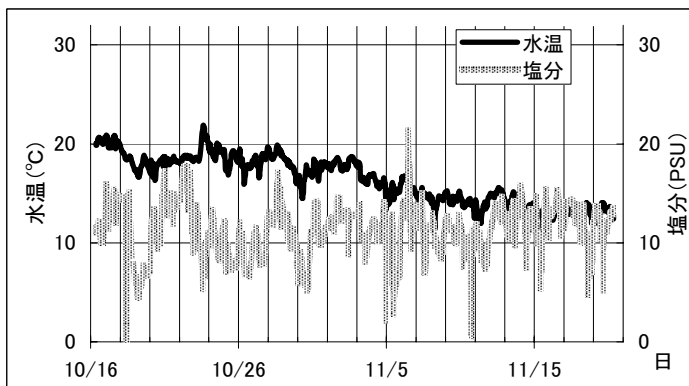


図18 秋季試験 St.2における水質の連続観測結果



図19 冷蔵網試験結果 (H13.10.16)

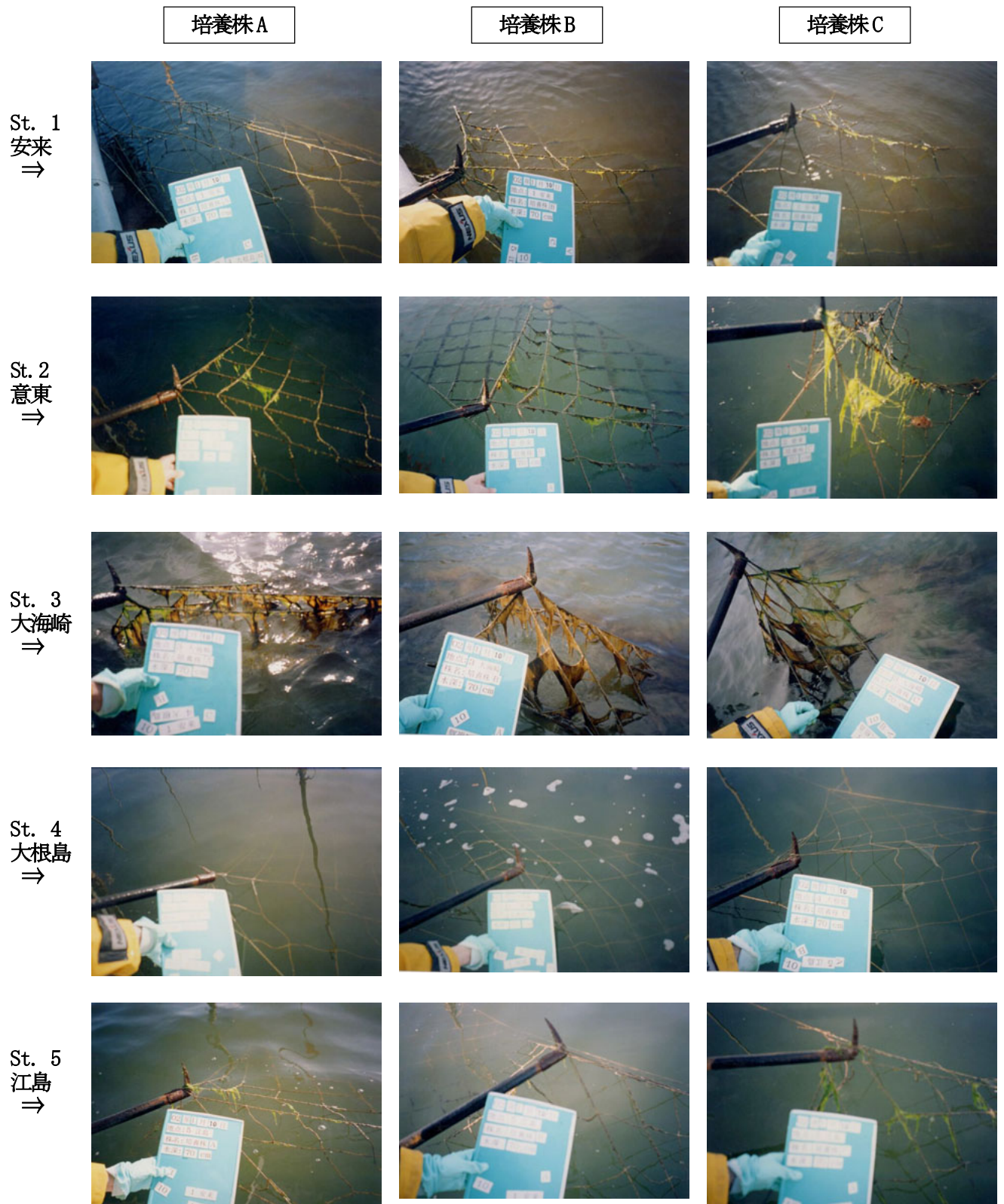


図20 冬季試験 沖出し後のアオノリの生育状況 (水深70cm、H14. 1.10)

(3) 培養試験

A. 株の保存と培養

試験の結果、中海のアオノリに関して最適と考えられる培養条件は、生長を促したい時は温度 20-25°C・照度 5000-7000lux、株の保存には温度 15-20°C・照度 2000-5000lux（共に明暗周期 12:12、塩分 20‰前後）であった。ただし、試験中に藻体密度を高くするとインキュベーター内ではアオノリが痛み、腐ってしまうことがたびたび起きた。これを避けるためには低密度の培養が必要不可欠と思われる。よって大量の藻体が必要な場合は、少量を保存し必要な時期に合わせてそれらを増やすのが適当と思われる。春・秋の時期ならば大量の藻体の保存・培養は屋外で粗放的に行う方が良く、屋外に水槽等を設置してそこに適当な塩分濃度の海水とともに藻体を入れておけば、保存（時に大増殖）が可能であった。

B. アオノリの種類と株の判別

アオノリの種類と形態

中海で採集されたアオノリは詳細に観察すると異なる 2つのタイプが認められた（図 21）。タイプ I は形態からスジアオノリと思われる。タイプ II は形態だけでなくタイプ I が消失する夏期に繁茂することからもタイプ I とは別種の可能性があるが、両者の中間的なものも一部に見られた。

タイプ I

肉眼的形態において、主軸と同程度の太さの分枝を持つ。
顕微鏡的形態において、細胞内にピレノイドを通常 1 個持つ。
季節消長は、多くは秋に新個体が発芽し冬季はほとんど生長せず、春に急激に生長・繁茂し成熟し始め、初夏には殆どが成熟して生殖細胞を放出、その後夏期は消失する。

タイプ II:

肉眼的形態において、主軸に対し分枝は細い毛ようになる。
顕微鏡的形態において、細胞内にピレノイドを 2-7 個と多数持つことが多い。季節消長は、多くの地点で分布の確認できなかった夏期にかなりの繁茂がみられた本庄工区内の群落内にてこのタイプの藻体が多く得られた。

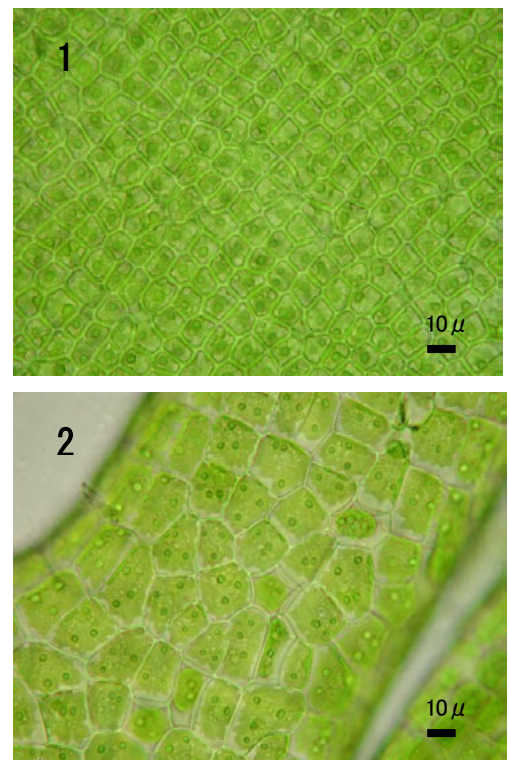


図 21 中海のアオノリの 2 タイプ
1 : タイプ I (ピレノイドが 1 個)
2 : タイプ II (ピレノイドが 2~7 個)

表 4 各地点で採集したアオノリの成熟試験結果

採集地点	成熟の割合(%)			着底状況		
	5psu	15psu	25psu	5psu	15psu	25psu
境水道 森山港	20	40	30	-	++	+++
境水道 森山堤防	5	100	70	-	+	+
本庄工区 森山堤防	20	50	60	+	++	++
本庄工区 承水路	20	40	40	-	++	+++
本庄工区 承水路 底	20	30	30	+	++	+++
江島 底	30	40	50	-	+	++
意東	30	40	30	++	++	++
安来	40	40	30	++	++	++

成熟の割合: シャーレー内の断片全数に占める成熟を起こしたものの割合

着底状況: - 全く着底がみられない

++ 着底がみられる

+ ごくわずかに着底がみられる

+++ かなりの着底がみられる

株の種類と生活史

株の種類を判別し先立って行った成熟試験では、株により差はあるものの概ね 15-25PSU の高めの塩分濃度で高い成熟率が得られた (表 4)。

株の種類では、スジアオノリでは有性生殖株と無性生殖株が存在する。無性生殖株は、走光性が負の 2 鞭毛生殖細胞を放出し単為発生をしている。有性生殖株は配偶体 (= 雄性配偶体、雌性配偶体) と孢子体の世代があり、前者は走光性が正の 2 鞭毛生殖細胞 (= 雄性配偶子、雌性配偶子)、後者は走光性が負の 4 鞭毛生殖細胞 (= 遊走子) を放出することが知られている。雌雄の配偶子が接合して発芽すると孢子体となり、遊走子が発芽すると配偶体となって有性生殖のサイクルは回っている (図 22, 23)。これらのことから、放出された生殖細胞の鞭毛数と走光性を調べることで有性生殖株と無性生殖株を区別することが可能である。なお、放出後時間の経た生殖細胞は遊泳力を失ってしまい走光性がはっきり現れないことが多くまた鞭毛も確認しにくいので、株の種類を判定するには放出直後の生殖細胞を用いることが必要であった。

4, 5月に採集したタイプ I のアオノリでは有性生殖と無性生殖の株が確認された。夏季に採集したサンプルの多くは本庄工区内で採集したタイプ II の個体であった。このタイプは走光性が正の 2 鞭毛生殖細胞を放出するものが多かったため有性生殖株が多いと思われる。まれに走光性が正の 4 鞭毛生殖細胞を放出するものがあり、このような組み合わせは本来あり得ないので孢子体であるかは不明である。無性生殖株の生殖細胞は同じ 2 鞭毛であっても走光性が負なので、光を当てると対極の一点にきれいに集まった。このように今回調べただけでも 4 種類の株全てが観察された。

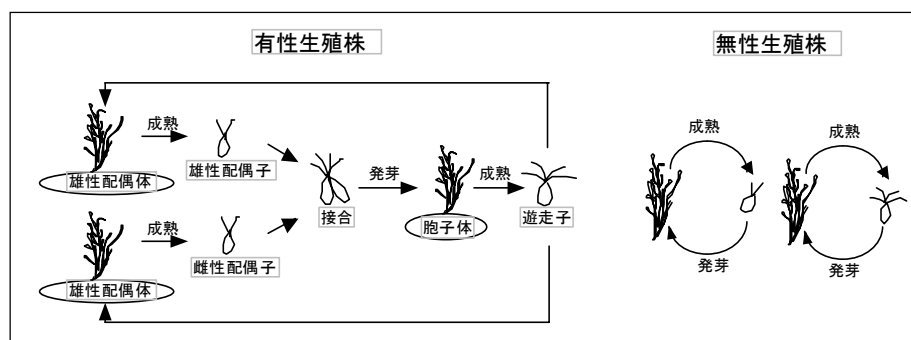


図 22 アオノリの株の種類と生活史



図 23 接合した配偶子 (有性生殖株)

表 5 地中海で採集されたアオノリの株の種類

採集場所 採集日	大橋川	中海		本庄工区	境水道
	松江大橋下	意東	江島	森山堤防 承水路出口	大海崎堤防 森山港
H14.4.25		無性			
H14.5.10	有性・配偶体				
H14.5.30					有性・孢子体 有性・配偶体
H14.7.9				有性・配偶体 有性・配偶体	有性・配偶体
H14.7.18			有性・孢子体	有性・配偶体 有性・配偶体	有性?・孢子体 有性?・孢子体
H14.10.11				無性 有性・孢子体	
H14.12.12				無性 無性 有性?・孢子体	

有性・配偶体: 走光性 正 2鞭毛生殖細胞を放出した株
 有性・孢子体: 走光性 負 4鞭毛生殖細胞を放出した株
 有性?・孢子体: 走光性 正 4鞭毛生殖細胞を放出した株
 無性: 走光性 負 2鞭毛生殖細胞を放出した株

(4) 分布調査 (表6)

調査の結果、中海沿岸ではほぼ周年にわたりアオノリの自生が確認された。調査を始める以前の4月において大橋川、宍道湖、中海意東にてアオノリ類の大繁茂がみられた。このアオノリはタイプIのものであった。5月、6月も大型の藻体が殆どを占め、このころ成熟した個体が数多く存在した。6月には成熟とともにアオノリは消失・流失し始め、多くの岸でアオノリの大型藻体の確認ができなくなり、今まで帯状に分布していたものが所々パッチ状に残るような形になった。夏期にはいり、今まで繁茂していた場所で完全に消失状態になった頃、本庄工区内の森山堤防付近では大繁茂が確認された。8月、養殖網の張り込み地点では、大海崎を除いてどこもアオノリは確認されなかった。大海崎のみ藻長の短い個体群がみられ、9月には大型の個体群落を観察された。本庄工区内では7月から大海崎堤防、承水路出口でアオノリの個体群がみられた。このアオノリは大型個体ではあるが、形態的に毛のような分枝をもち、また細胞内にピレノイドを多数持つタイプIIのものが殆どであった。9月にはいと大海崎を除く全地点でアオノリはほぼみられないか、あるいはごく短い新個体群がわずかにみられる程度であった。10月になると新個体群が生長し始め、どの地点も岸がうっすら緑に色づいていた。

11月には本庄工区内の承水路出口で大型藻体の大繁茂がみられ、これは12月まで続いた(図24)。このアオノリはタイプI・タイプII どちらとも言いにくいもので、形態的にはスジアオノリに近いがピレノイドは1-3個ぐらい持つものが殆どであった。安来では10月に比べさらに岸の緑色は濃くなっていた。しかし藻長は2-3cm程度で大型のものはみられなかった。12月から1月にかけて寒さの影響か、多くの個体が短いまま成熟あるいは死滅し藻体の先端が白変しているものが多くみられた。大繁茂の見られた承水路出口でも1月には大型藻体は消失していた。



図24 中海沿岸に自生するアオノリ (H13.12月、本庄工区承水路出口)

表6 中海におけるアオノリの分布と消長

採集場所 調査日	中海					本庄工区	
	St.1 安来	St.2 意東	St.3 大海崎	St.4 大根島	St.5 江島	St.6 大海崎堤防	St.7 承水路出口
H13.5.18		+++					
H14.7.3	+		++		+++		
H14.7.18	-	-	-	-	-		++
H14.8.1	-		++	-	-	+++	++
H14.8.24						+	
H14.9.4	++		+++長	+	-	+	
H14.10.11	++	++	++	+	+	++	++
H14.11.20	+++	++			+	+	+++長
H14.12.12	+++	+	++	+		++	+++長
H14.1.10	++	+	++	-	++		++
H14.2.8	++++	+++	++++	+	++	++++	+++長
H14.3.20	+++	+	++	+	-	+++	++

評価方法 (注:但し空欄は調査を行っていない)

- : 生えていない。
- + : 被度0-1、岸を歩いて探すと所々にごく小さいアオノリ個体群を見つける。
- ++ : 被度2-3、岸にはうっすら緑色の帯状あるいはパッチ状アオノリ群落がみられる。
- +++ : 被度4-5、遠くからみてもわかるぐらい、岸には濃い緑色の帯状アオノリ群落がみられる。
- +++長 : 被度4-5で藻長が5cm以上あるもの。

考察

今年度の試験ではアオノリの生長に関しては春季試験でかなり良好な結果が得られた。春季試験におけるアオノリの収穫量は、成績の良い地点では養殖網（幅 1.2m）の長さ 1m あたりアオノリ乾燥重量で 100～350g であった。徳島県などの養殖における収穫量は養殖網（幅 1.2m）の長さ 1m あたり 75～250g（現地での聞き取りによる）であることから、養殖時期・水域等の条件をうまく選定すれば中海においてもアオノリの養殖が成立する可能性があると考えられる。ただし、養殖技術に関しては下記のような課題が示された。

アオノリの生長と品質

アオノリの生長に関しては時期や地点による良否の差が顕著であり、春季においても地点によっては非常に生長が悪かったり、また秋季においてはどの地点でも春季ほどの生長は見られなかった。養殖業が成立するには安定してある程度の収穫量が見込まれることが必要であり、今後も継続して試験を行い中海におけるアオノリ養殖の可能性について場所や時期も含め検証してゆく必要がある。

今年度試験においてアオノリの生長の良否に係わると考えられる要因は下記のとおりである。

(1) 試験時期と試験地点 一般にアオノリの生長に最適な水温は 20℃前後とされている。今年度の試験でも春季（20～25℃）、秋季（15～20℃）では一応の生長を見せたが、水温が 15℃以下に低下した冬季では極めて生長が悪かった。沖出し後の生長については春季が最も良好であったが、この要因が水温だけかどうかはさらに検討する必要がある。天然アオノリの調査結果からも中海沿岸において春季と秋季にアオノリが最も繁茂することが確認されたが、それ以外にも 7 月などに場所によっては天然アオノリの生育がかなり見られたことから、試験地点や株の種類によってはかなり広い期間にわたり養殖が可能である可能性もある。今後はさらに広範囲な時期で試験を試み、中海においてアオノリ養殖が可能な時期をより詳しく明らかにする必要がある。

また、今年度の試験では春季・秋季とも試験地点によるアオノリの生長の差や藻体の色の差が顕著であった。この要因については水温・塩分・栄養塩濃度・水の流れ・波浪条件の差などが考えられるが、今年度の結果から直ちにそれを推察することは難しい。ただ、水温については 5 地点の間に大きな差はなく要因とは考えられない。また塩分も観察時点での数値においては 5 地点間でそれほど大きな差が認められなかったことやアオノリの塩分に対する許容性の広さを考えれば要因としては小さいと思われる。来年度以降は栄養塩濃度など他の要因についても調査を行う必要がある。

また、地点により養殖網のシオミドロ・ヨコエビ・ワレカラなどの付着物の多さに差が見られた。実際の養殖においてはシオミドロなどの付着物が多いと収穫・洗浄といった手間が多くなるだけでなく、場合によっては商品にならない。このため、中海において各地点・各時期における付着物の状況も今後よく観察してゆく必要がある。

(2) 株の種類と採苗条件 今年度試験では株の種類による生長や藻体の色・形状の差が若干見られた。春季試験では野生株よりも培養株のほうが全般に生長が良く、しかも濃い緑色でスジ状の商品価値の高いアオノリが生えた。ただしこの件については、現時点では株の種類よりも母藻の状態や付着した幼芽の密度など採苗条件の良否が要因としては大きい可能性がある。株による違いについては今後さらに検証を重ねてゆく必要がある。

アオノリの株の種類に関しては、今回母藻に用いたアオノリは形態からスジアオノリと考えられるが、養殖されているスジアオノリも吉野川では無性生殖株、四万十川では有性生殖株と産地によって系統が異なる場合がある。培養試験と分布調査からは同じ中海でも季節・場所により繁茂するアオノリの株・系統

が異なる可能性が示されている。平岡の調査では中海のアオノリに関してはスジアオノリの有性生殖株、無性生殖株の他種類の異なるアオノリの存在が示されている（私信）。今回の培養試験の結果でも中海のスジアオノリには有性生殖株と無性生殖株の両方があることが確認され、さらにスジアオノリと極めてよく似ているがやや形態や生理特性が異なる別種が分布している可能性も示唆された。アオノリ類は形態の変異が激しくその分類は非常に難しいため正確な同定は現状では困難ではあるが、養殖対象種として考えた場合商品価値的においてスジアオノリと同等の評価が得られるならば何ら問題はないと考えられる。将来的には商品価値が高い形質を持つ株やあるいは養殖条件に適した生理特性を持つ株を母藻に選定することも考えられ、いくつかの株の特性を検証しその系統を確立しておくことも必要となるかもしれない。

(3) 養殖網の設置方法・水深 今年度試験では主に支柱式の網養殖について養殖網の設置水深を変えて試験した。春季においては水深10cmと30cmで比較した結果、水深10cmが良い傾向があった。しかし、冬季試験においては水深10cmと70cmで比較した結果水深70cmのほうが若干良い結果が得られた。一般に水深が浅いほうが光量が多いため生長には有利と考えられるが、逆に強い光や波浪による藻体の損傷のため藻体が先端から成熟しやすく生長が止まるといった問題点もある。このような点を考慮すると波浪の比較的少なかった春季試験時には水深の浅い方が成長が良く、波浪の日が多かった冬季試験では波の影響を受けにくい水深70cmの方が成長が良かったのではないかと考えられる。徳島県や岡山県の養殖地では周年あるいは冬季のみ水深70cm程度に養殖網を深く設置している。中海についても今後さらに試験を重ね、海況に合わせて最適な水深を探っていく必要がある。また、養殖施設も今回は支柱式の方式を採用したが、徳島などのアオノリ養殖では浮き流し式が多く採用されている。支柱式は水深の浅い水域では有効であるが、浮き流し式であれば水深の深い場所でも養殖網を設置できるため広い水域の漁場利用が可能となる。今年度は限定的に簡便な浮き流し式も試験して支柱式とほぼ変わらない結果が得られた。将来的にはより本格的な浮き流し式養殖の方法も検討してみる必要がある。また、今回の試験では網を支柱に固定していたため養殖網の水深が10cm程度の設定では水位の変化により網が干出してしまうことがあった。支柱式の場合、水位の変化に係わらず養殖網の水深が保たれるような工夫も必要と考えられる。

(4) アオノリの品質・収穫時期など アオノリは品質により商品価値が大きく上下するため、収量だけでなく品質が重要である。一般に濃い緑色で藻体に張りがあり幅2～5mm程度のものが商品として好まれる。春季試験では多くの地点で藻体は伸長したが藻体の品質（特に色）については地点により差が見られた。藻体の色は栄養塩濃度や天候（雨など）により変化することが知られており、今後地点により品質に差がある原因を解明し、より高品質なアオノリを育成することが必要である。また、今回の試験でアオノリは沖出し後に急速に伸長したが沖出し後12日後にはすでに伸長しすぎて先端から成熟が始まっているものもあった。成熟の始まった藻体は商品価値が低下するため、最も大量になおかつ品質の良い状態で収穫できる時期をさらに良く観察して把握する必要がある。

採苗

アオノリ採苗時の成熟誘導に関しては平岡・團による母藻細断法が知られている。これはアオノリの藻体を細断すると、藻体内に存在する成熟抑制物質が流出するため体細胞から生殖細胞への変化（成熟）が促されることを利用した方法である。母藻裁断法では胞子の放出は母藻細断後3日程度で高率で同期して起こるとされているが、本試験では数日～10日かけて徐々に成熟細胞の割合が増加してゆき、観察された成熟細胞の割合もそれほど高くはなかった。また成熟せずに再び栄養生長する母藻断片も株によってはかなり多かった。本試験の方法は平岡・團とほぼ同じであることから、結果に違いが出た原因は母藻の状態

にある考えられる。一般的に自然状態においてアオノリが成熟するのは発芽後ある程度の時間を経過して藻体が十分栄養生長した後である。また母藻の健康状態も成熟と関連することが知られている。すなわち母藻が若く生長過程にあたりあるいは母藻の栄養状態が悪いと、細断した場合も細胞の成熟が十分に進行しない場合がある。従って、十分に生長させなおかつ良好な状態に育成した母藻を用いることによりより高い成熟率が得られると考えられる。

養殖試験では同じ養殖網の中で部位によってアオノリの生長にかなりむらがある場合があった。観察ではアオノリの密度が高い部分ほど生長が良く、逆に芽の密度が低い（沖出し時に網糸の色が薄い）部位では同じ網でもその部分は全くアオノリが生えない場合があった。中海の場合、アオノリの芽の密度が少ないと雑藻等との競争に負けて消失してしまうのではないかと思われ、まず採苗の段階で養殖網に均一・高密度に芽を付け、育苗の段階でむらなく幼芽を生長させることが重要であると考えられる。そのためには前述のように採苗時に大量の胞子を放出させることが必要である。また、採苗の際に網の一部が重なったりしてその部位における胞子の付着が少なかつたり、あるいは育苗時に網の一部の部位で光や水流が十分に供給されず幼芽の生長に偏りが出た場合もあった。従って、採苗・育苗時の養殖網の投入形態や水量、水の攪拌・網返し等にも配慮が必要と思われる。

また採苗に関して、徳島県等における実際のアオノリ養殖業においては母藻裁断法だけでなく天然母藻を大量に網袋に詰め水槽に吊るして採苗する方法も多く採用されている。この方法は天然母藻が多量に得られるならば胞子が多量に得られる簡便な方法であるため、実用化に際してはこのような方法についても検討を行う必要がある。

育苗

今年度試験では、養殖網の採苗後に屋外水槽で3～4週間とかなり長い育苗期間を設け、ケイ藻などが存在しない条件下で幼芽がある程度まで生長させた。これは、中海においてはケイ藻・シオミドロ等アオノリと競合する雑藻類や付着物が比較的多く、網に付着した幼芽を直ちに沖出しするとこれら雑藻類との競争に負けてしまう可能性があると考えたからである。平成11,12年度の試験では採苗後の種網を直接沖出ししており、それらの試験に比較して今年度の方がはるかに良好な生長がみられたのは育苗の効果ではないかと思われる。ただし、より光線や水流の強い野外の方が藻体の生長は速いと思われるため、今後育苗の期間についてはどの程度が最適か検討する必要がある。

母藻の確保・培養技術

春季は母藻となるアオノリが中海沿岸に大量に自生していたが、このようにいつも自生株があるとは限らない。そのため、培養してあるアオノリ株を増殖して母藻にする技術を確立する必要がある。今回試験した結果ではインキュベータ内でアオノリを母藻に必要な量（湿重量で数十グラム）まで増殖させるにはかなりの時間を要したため、屋外水槽で粗放的に増殖させるなどより迅速な増殖方法を用いるのが適当と思われる。

また、種網の冷蔵保存試験の結果からは少なくとも4ヶ月の保存が可能であることが分かった。母藻の不足が予測される場合、あらかじめ大量に採苗してこの方法で種網を保存することが可能である。

参考文献：アオノリ養殖生産管理技術に関する総括報告書（平成11年3月、地域重要新技術開発促進事業、徳島県水産試験場鳴門分場・愛媛県中予水産試験場・同東予分場他）

宍道湖・中海水産振興対策事業

ーコノシロ斃死調査ー

森脇晋平・大北晋也・森山 勝・原田茂樹・大島和浩

平成8年から宍道湖・中海水系においてコノシロの大量斃死現象が発生し始めた。大量の浮上斃死魚体が周辺の海岸に漂着して悪臭を発し、観光都市松江の景観上からもきわめて悪いイメージを与えている。この原因を究明するため平成13年度から調査を開始した。

資料と方法

これまでの発生状況をまとめるため、建設省出雲工事事務所（現・国土交通省出雲工事事務所）が収集している資料を用いた。また、同事務所が中海と宍道湖で継続観測している水位の資料を解析した。生物学的な資料を得るため宍道湖東部水域で刺し網の漁獲操業試験を実施した。

結果と考察

1. これまでの知見

過去の発生状況を年別に図1に示した。コノシロ斃死確認尾数は平成9年の最大308,500尾から平成13年の最低3,030尾と大きく変動している。場所別には宍道湖での斃死確認尾数の割合が圧倒的に高く、宍道湖内では南岸部が多い傾向にあった。

斃死の発生開始時期をみると、最も早いのが平成8年の5月31日、最も遅いのが平成13年の6月28日でほぼ1ヶ月間の差がある。宍道湖で斃死のみられなかった平成10年を除けば、継続期間の最短は平成13年の28日間、最長は平成12年の38日間で、大量斃死のみられた年に限れば32～38日間で約1ヶ月強であった。

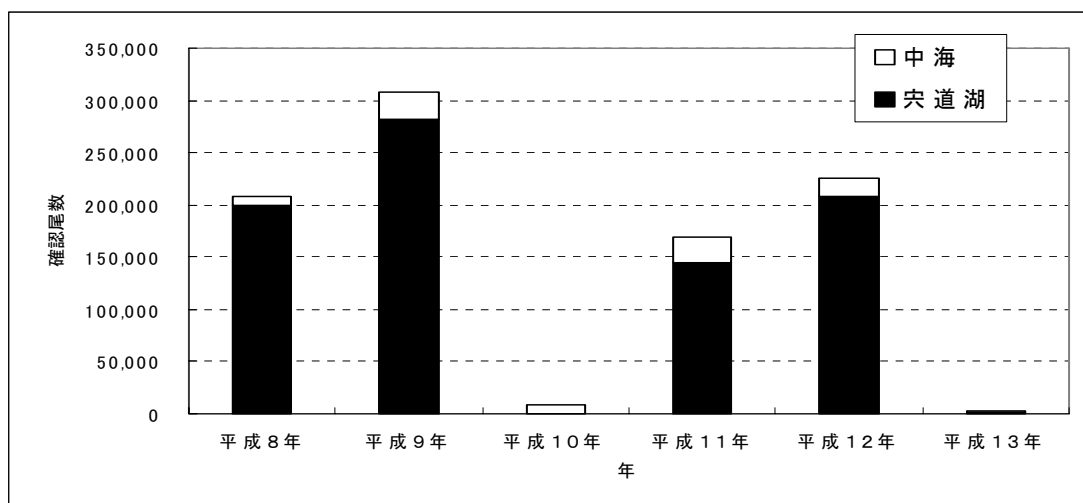


図1. 過去の発生状況

2. 試験操業

平成13年6月から8月にかけて宍道湖東部水域で4回の試験操業をおこなった。図2には単位努力量当たり漁獲尾数（CPUE）と雌雄こみの生殖腺指数の平均値を示した。CPUEは7月の中旬以降低下したが、生殖腺指数はCPUEの低下以前にすでに激減しているのが特徴的である。このことはCPUEの高い期間—魚群密度の高い期間—に産卵行動が行われていることを示している。言い換えれば、産卵行動後に魚群密度の低下が観察されていることになり、CPUEの低下が魚群の斃死に対応しているとすれば大量斃死現象の原因は産卵行動となんらかの関連がありそうである。平成13年の宍道湖でのコノシロ斃死は6月28日～7月4日にみられていて、CPUEが高く生殖腺指数が激減した時期とよく一致する。平成13年の斃死確認尾数は1,670尾で大量斃死出現年の数百分の一の値であり単純には比較できないが、興味深い事実であるといえよう。

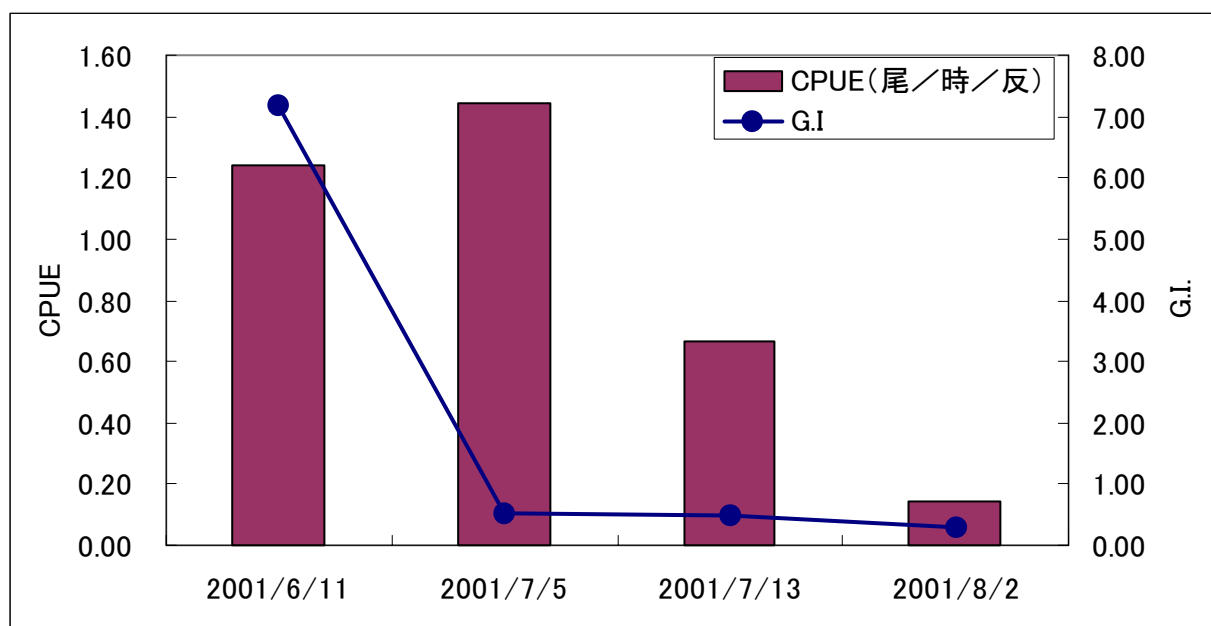


図2. 試験操業によるCPUEと生殖腺指数

3. 魚体の特徴

漁獲されたコノシロの尾叉長組成を図3に示した。全体をみると尾叉長210mmと240mmあたりにモードがある。この水域のコノシロの年齢と魚体長との関係は調べられていないので、この差が年級群によるものなのかは不明であるが、産卵群で相対的に高齢魚であると判断できる。大量斃死現象に関連してこの水域のコノシロの年齢と成長、寿命などの知見は今後の課題である。

4. 水位との関係

日別の斃死確認尾数と日平均水位差（宍道湖—中海）との関係を図4に示した。斃死尾数の多い日は水位差が負か小さいときに対応する傾向がみうけられるが、明確な対応関係は指摘しにくい。ただ、水位差が0.1m以上のときには大量斃死のピークはみられておらず、大橋川の水位差にともなう流動環境がコノシロの遡上に影響を与えていた可能性はあろう。

5. 大量斃死現象の原因の検討

ひとつの推測として①コノシロの宍道湖への遡上、②宍道湖内での産卵行動、③底環境の悪化という一連の過程を検討してみたい。

まず①であるが、コノシロ大量斃死現象にはコノシロ資源の増大という背景がある。これは種々の調査報

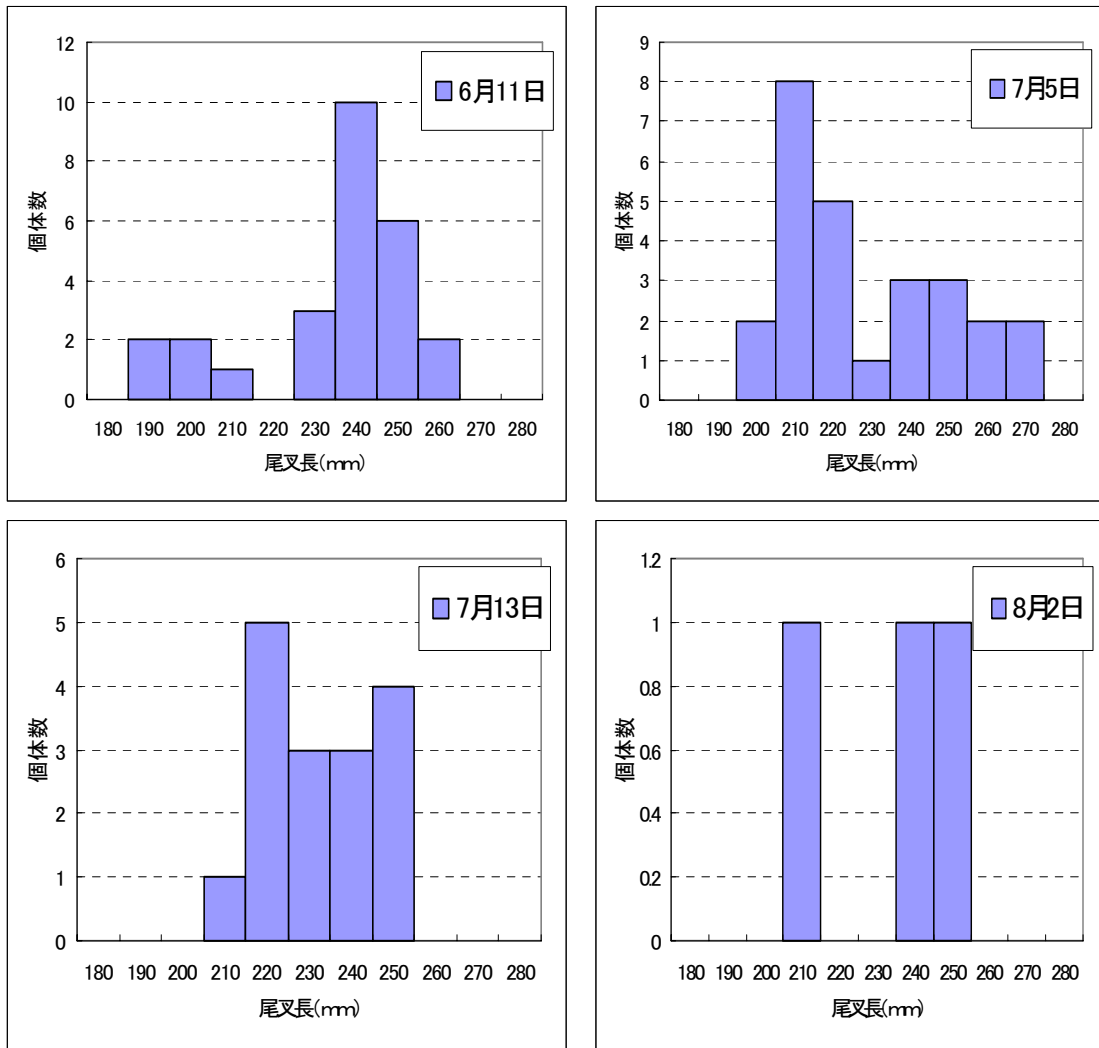


図3. コノシロの尾叉長組成

告書で明らかにされている事実である。一般に生物は個体群が増大すると分布域を拡大する傾向があり、コノシロの場合も資源量の増大によって宍道湖方面へ分布を広げた可能性がある。

②は産卵行動に伴う生物的な問題を指摘したい。宍道湖に侵入したコノシロは産卵群であるが、湖内で産卵活動を行っていた。この事実はこの期間、産卵に伴う魚体内の生理的な変調が生じたことを推測させる。すでに指摘したように宍道湖はコノシロにとって分布の縁辺域であり、こうした水域はコノシロにとってきびしい生息環境であろう。産卵活動後の生理的な急変と環境条件とが同時に作用して斃死が起こった可能性は否定できない。

③は捕食者としての底性生物の存在について言及しておく。この水域で何らかの原因でコノシロが斃死したとすると、魚体はいったん海底に沈んでその後体内にガスが発生するなどして浮上する。海底に存在する時間は魚体や水温などの条件によって異なるだろうが、その間に海底の捕食者—エビ・カニ類、肉食性巻貝類、ある種の底魚類など—によって処理されることが想定される。こうした捕食者の処理能力をこえた大量のコノシロ斃死であろうが、底環境の悪化にともなう捕食者の減少もこの大量斃死現象の一旦を担っているとは考えられないかという点である。今後の課題として指摘しておきたい。

6. 貧酸素水との関係

最後にこの現象と貧酸素水塊との関連についてふれてみる。貧酸素水塊は宍道湖内部で発生することもあ

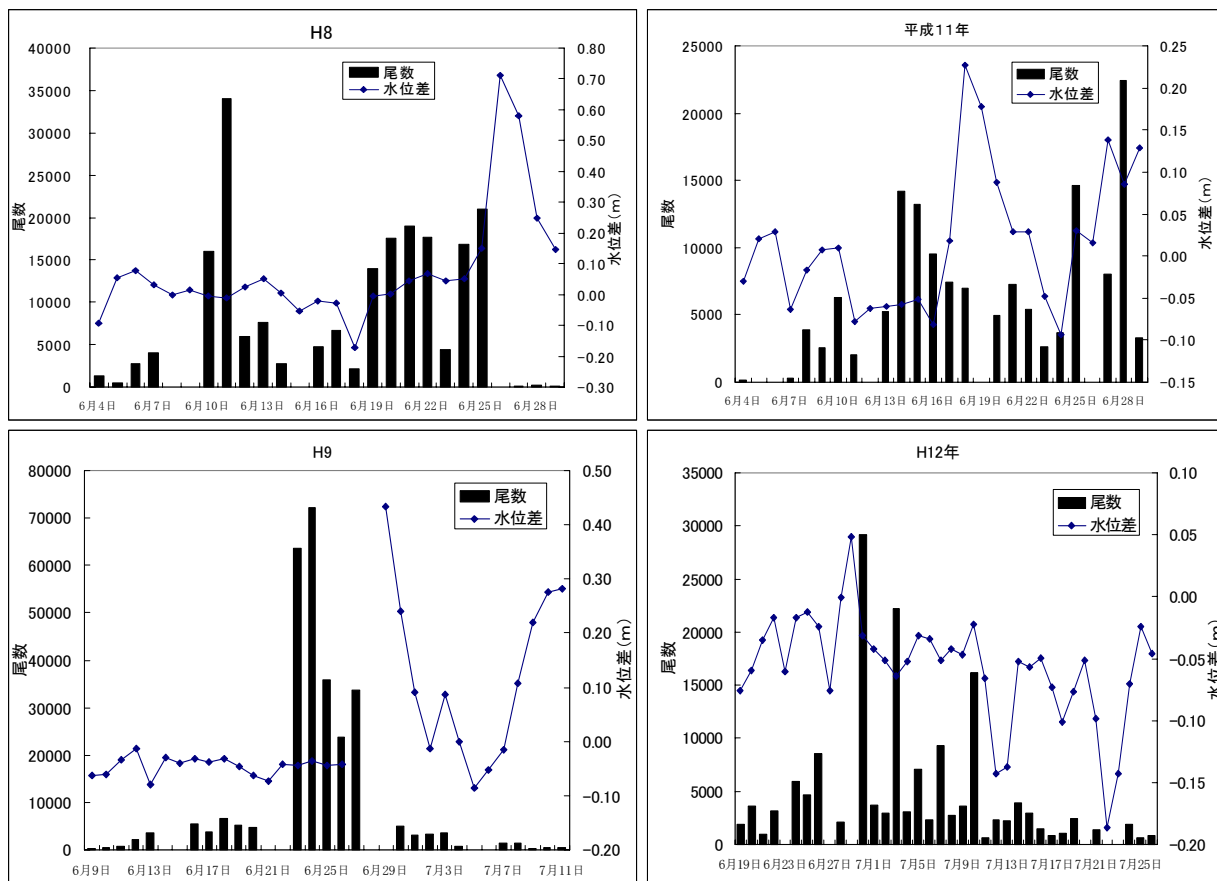


図4. 水位差の変動と斃死数

るし、大橋川を通じて宍道湖へ流入する場合もあるとされ、その定量的な解析はいまだなされていない。いずれにしてもコノシロ大量斃死現象の原因を貧酸素水塊にもとめるという安易な発想は、科学的な実証もされずに一人歩きしているように思える。貧酸素水塊の規模の大きい中海で斃死が少ないのはなぜか、相対的に高年齢魚ばかり斃死するのはなぜか、毎年発生時期が限定されており継続期間が同じなのはなぜか。こうした疑問に答えることがこの原因究明につながるだろう。

貧酸素水塊に魚類が遭遇した場合、一般に多くの魚類では窒息死にいたる濃度よりも高い濃度で逃避行動が起こり、魚類は貧酸素水塊から逃避すると推測される。コノシロの遊泳力は高く、貧酸素水塊からの逃避は可能であろう。また宍道湖の貧酸素水塊は底に薄くへばりついているのだし、コノシロの遊泳水深幅は広く、上層の高酸素水塊への移動も可能であろう。上・中層の低塩分域でも生息は可能であるから貧酸素水塊にのみ大量斃死の原因を求めるのは困難で、より合理的な解釈が必要となろう。

漁場環境保全総合対策事業
— 漁場環境保全対策事業 —

森脇晋平・三浦常廣・藤川裕司・向井哲也

I 水質調査

目 的

漁獲対象生物にとって良好な漁場環境の維持、達成を図るため宍道湖・中海におけるの水質環境の現況を調査する。

方 法

(1) 調査実施期間及び調査回数

平成13年4月から平成14年3月までの間、原則として毎月1回、計12回の調査を行った。

(2) 調査地点

調査は図-1に示した10定点で行った。

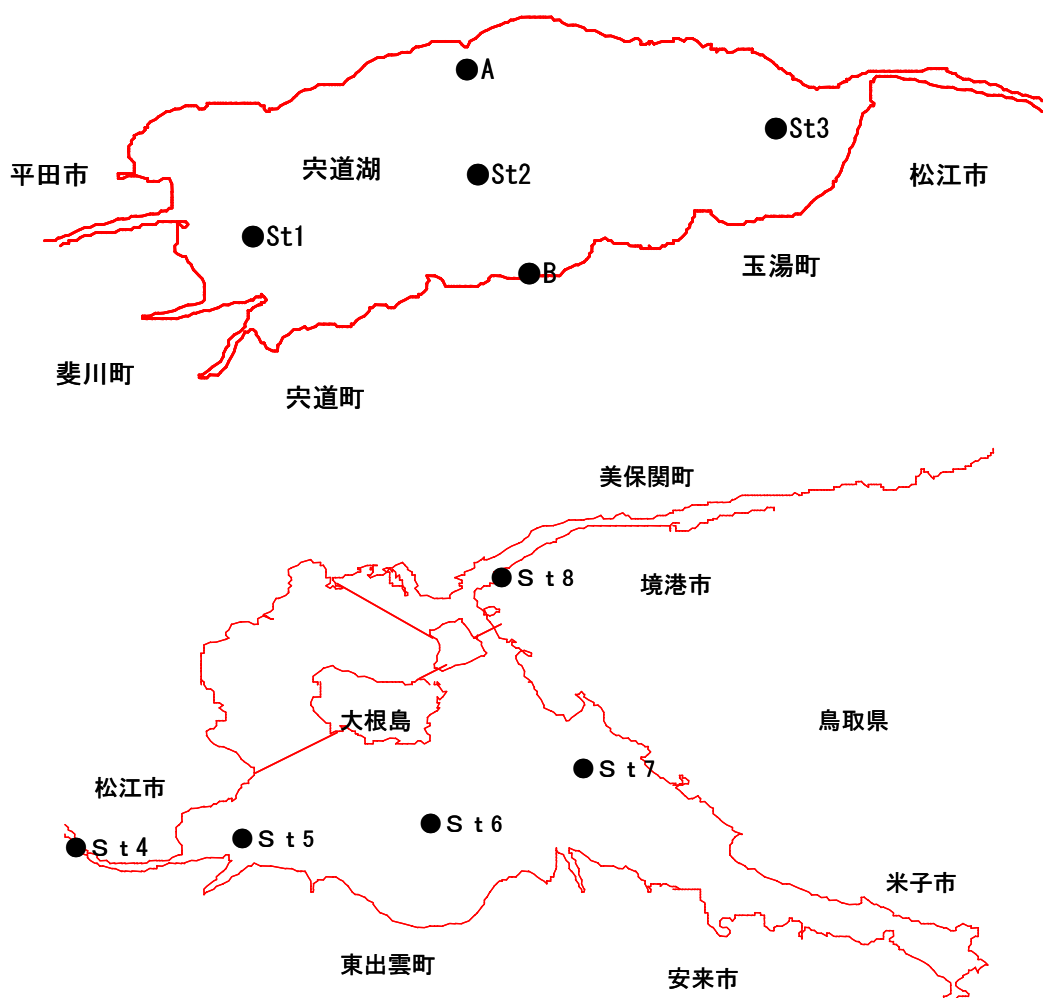


図-1 宍道湖・中海の水質環境調査図

(3) 調査実施体制及び方法

調査は、各定点で内水面水産試験場職員等が、表 1-1 及び表 1-2 に示すような役割分担で行った。

表 1-1 平成 12 年度実施体制

調査場所	調査担当機関名	調査定点数	調査期間
1. 中海	内水面水産試験場 島根大学	5	4月～3月
2. 宍道湖	内水面水産試験場 島根大学	5	4月～3月

表 1-2 平成 12 年度調査担当者

調査場所	所属機関名	氏名	担当分野
1. 中海	内水面水産試験場	森脇晋平	現場測定、データ解析
		三浦常廣	同上
		大北晋也	同上
		大島和浩	同上
2. 宍道湖	内水面水産試験場	加藤・小川・志村・溝口	現場測定
		森脇晋平	現場測定、データ解析
		三浦常廣	同上
		大北晋也	同上
	大島和浩	同上	
	島根大学	加藤・小川・志村・溝口	現場測定

(4) 分析項目及び分析方法

分析項目及び分析方法は以下のとおりである。

- 1) 透明度 セッキ盤（透明度盤）による測定によった。
- 2) 水温 HYDROLAB 社製 H-20 または Quanta 多項目水質計で測定した。
- 3) DO HYDROLAB 社製 H-20 または Quanta 多項目水質計で測定した。
- 4) PH HYDROLAB 社製 H-20 または Quanta 多項目水質計で測定した。
- 5) 水深 音響探知法による測定によった。
- 6) 塩分濃度 HYDROLAB 社製 H-20 または Quanta 多項目水質計で測定した。

結果及び考察

(1) 調査実施状況

平成 13 年度の調査実施日及び各調査定点における調査実施状況をそれぞれ表-2、3 に示した。

表-2 水質調査実施日

回	調査年月日		回	調査年月日	
	宍道湖	中海		宍道湖	中海
第 1 回	4 月 3 日	4 月 3 日	第 7 回	10 月 2 日	10 月 2 日
第 2 回	5 月 8 日	5 月 8 日	第 8 回	11 月 1 日	11 月 1 日
第 3 回	6 月 1 日	6 月 1 日	第 9 回	12 月 5 日	12 月 5 日
第 4 回	7 月 3 日	7 月 3 日	第 10 回	1 月 15 日	1 月 15 日
第 5 回	8 月 7 日	8 月 7 日	第 11 回	2 月 5 日	2 月 5 日
第 6 回	9 月 4 日	9 月 4 日	第 12 回	3 月 8 日	3 月 8 日

表-3 各調査定点における調査実施状況

NO	調査 定点名	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 5 回	第 6 回	第 7 回	第 8 回	第 9 回	第 10 回	第 11 回	第 12 回	定点毎の 調査実施 回数	実施率 (%)
1	St1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	100
2	St2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	100
3	St3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	100
4	St4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	100
5	St5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	100
6	St6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	100
7	St7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	100
8	St8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	100
9	StA	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	100
10	StB	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	100
	調査回ごと の調査実施 回数	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120	100

(2) 宍道湖における調査結果

1) 宍道湖における平成 13 年度の水質環境

宍道湖の湖心である St2 における平成 12 年度の水質環境を平成元年～平成 10 年の水質環境を平均したもの（以下平年と記す）と比較した。

a 透明度

結果を図-2に示した。

平成13年度の透明度は8月と9月に平年値を上回った他はほぼ平年値と同程度であった。平成13年度の最高は8月の2.3m、最低は1月の0.7mであった。

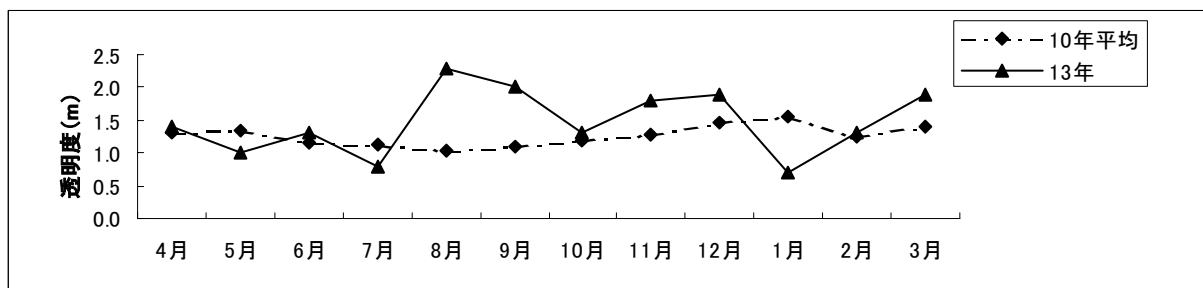


図-2 St2の透明度

b 水温

結果を図-3に示した。

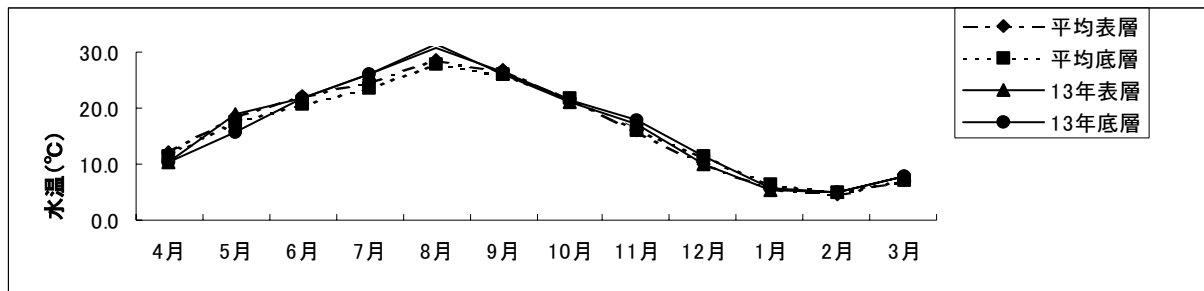


図-3 St2の水温

平年の年間平均は表層 16.4°C、底層 16.3°Cで表層と底層では差がなかった。H13年度は表層年間平均 16.8°C (5.01~31.37°C)、底層年間平均 16.7°C (4.86~30.8°C)であった。月別に平年と比較すると7~8月は高めに経過した。

c DO

結果を図-4、5に示した。

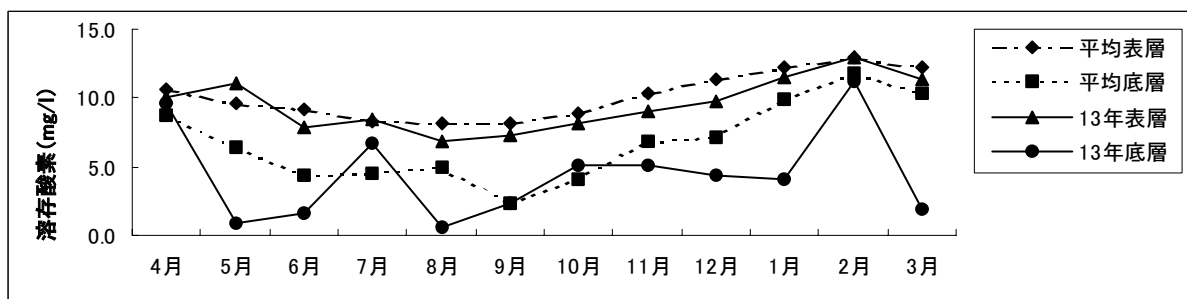


図-4 St2のDO (mg/l)

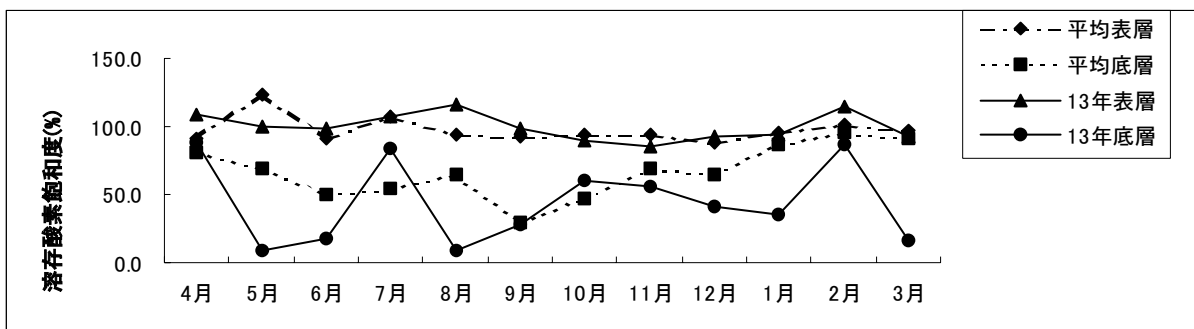


図-5 St2のDO (%)

溶存酸素量は今年度は底層で低めに経過した。低下は5月から始まり7月にはやや上昇したが、1月まで継続した。2月はほぼ平年並みであったが、3月には再び低下した。表層は8~12月にやや低めに経過した以外はほぼ平年並みであった。溶存酸素飽和度も溶存酸素量と同様の变化傾向であった。

d pH

結果を図-6に示した。

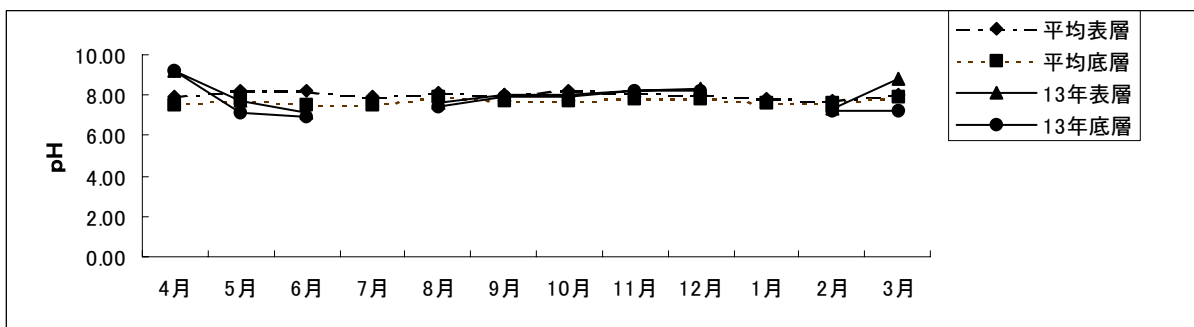


図-6 St2のpH

4月に表層・底層では平年に比べやや高く、8月まではわずかに低めの傾向がみうけられた。

e 塩分濃度

結果を図-7に示した。

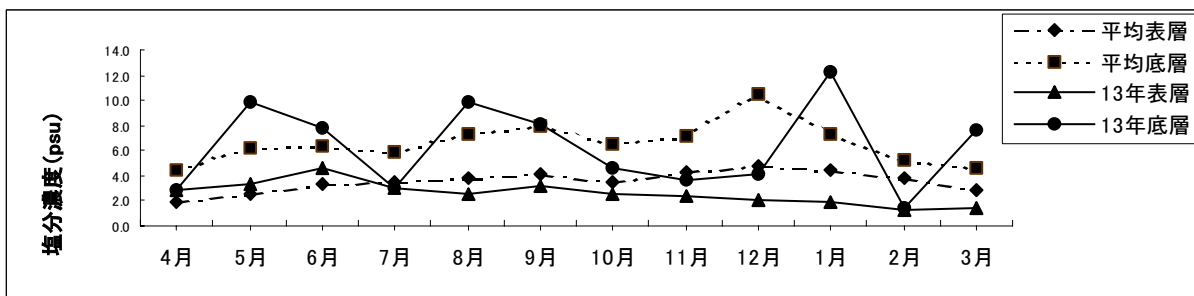


図-7 St2の塩分濃度

底層の塩分値は周期的に変化し、5、8、1月に平年より高く、10~12月は低めに経過した。表層もやや低め

に経過した。

2) 宍道湖における平成13年度の漁場特性

平成13年度における宍道湖漁場の特徴は表層の低塩分傾向である。低塩分は7月から始まり3月まで続いた。底層の貧酸素状態もほぼ平年並に経過し、顕著な長期にわたる貧酸素化現象はみられなかった。

3) その他

宍道湖では6月から7月にかけて例年コノシロの大量斃死現象がみられているが、今年は数千尾で小規模にとどまった。

4) 漁場保全

底層水の貧酸素化が複数回観測されており、宍道湖の主要水産生物であるヤマトシジミの生息に影響を及ぼすと考えられる。富栄養化防止、並びに底質改善等の対策が必要である。

(2) 中海における調査結果

1) 中海における平成13年度の水質環境

中海の湖心であるSt6における平成13年度の水質環境を平成元年～平成10年の水質環境を平均したもの(以下平年と記す)と比較した。

a 透明度

結果を図-8に示した。

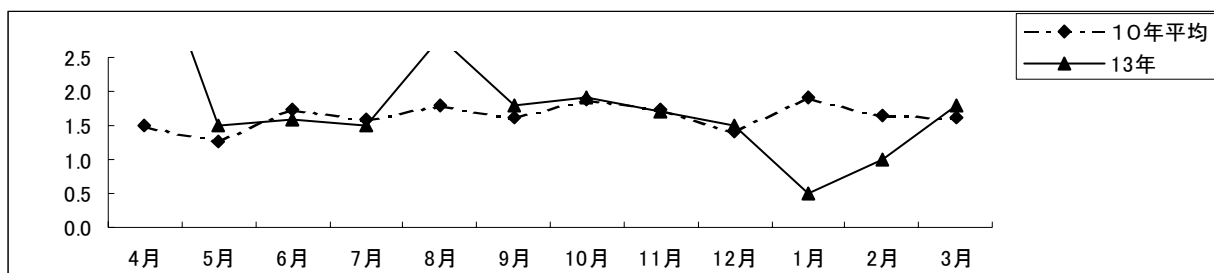


図-8 St6の透明度

平成13年度の最高は4月の4.5m、最低は2月の0.5mであった。

b 水温

結果を図-9に示した。

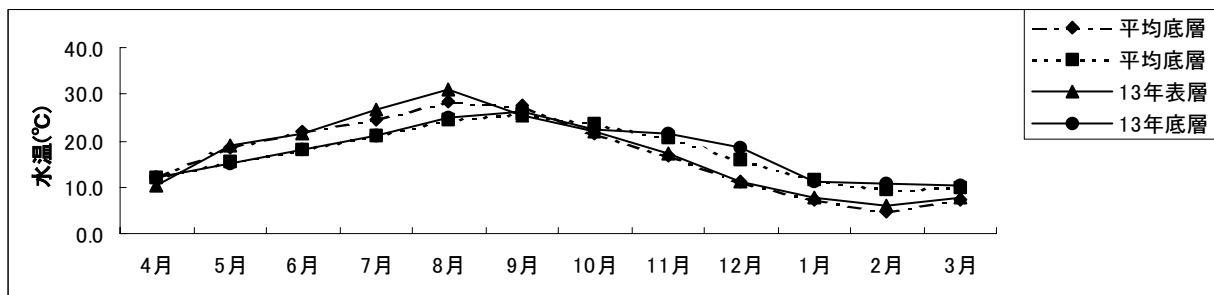


図-9 St6の水温

月別にみると、最高水温は表層が8月 31.1℃、底層が9月 26.2℃であり、最高水温に達するのに表層と底層で1ヶ月のずれがみられた。最低水温は表層が2月 5.8℃、底層が 10.2℃で表層に比較して底層は水温の落ち込みが少なかった。

c DO

結果を図-10、11に示した。

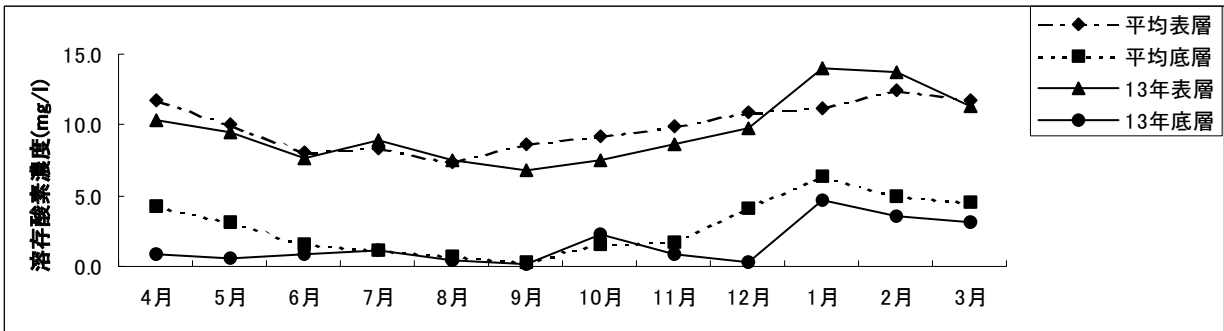


図-10 St6のDO (mg/l)

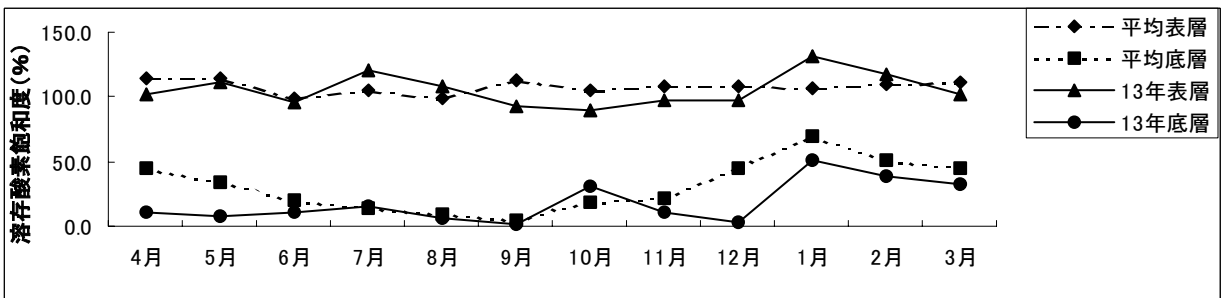


図-11 St6のDO (%)

溶存酸素量では年間最高値は1月に表層 14.02mg/l、1月に底層 4.63mg/l、年間最低値は9月表層 6.85mg/l、底層 0.12mg/l 底層で、高水温期を中心に底層で低いことが顕著であった。

溶存酸素飽和度は溶存酸素量の変動とほぼ同じ傾向であった。

d pH

結果を図-12に示した。

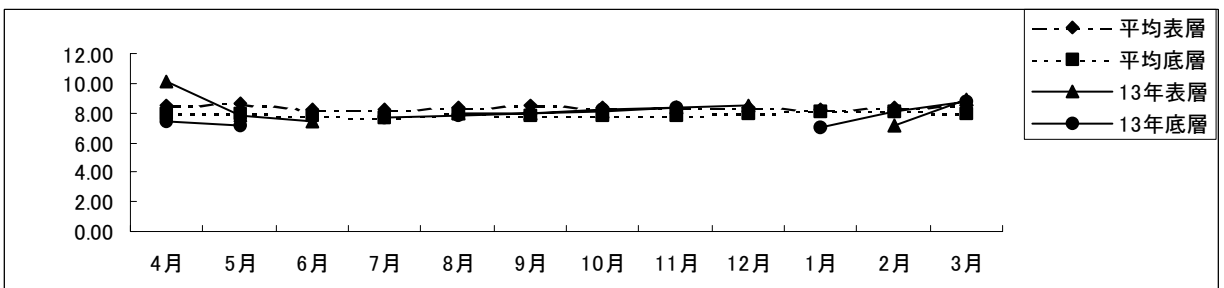


図-12 St6のpH

平成13年度では4月の表層でやや高く、底層で平年とほとんど差がなかった。表層と底層では底層が若干低い傾向にあった。

e 塩分濃度

結果を図-13に示した。

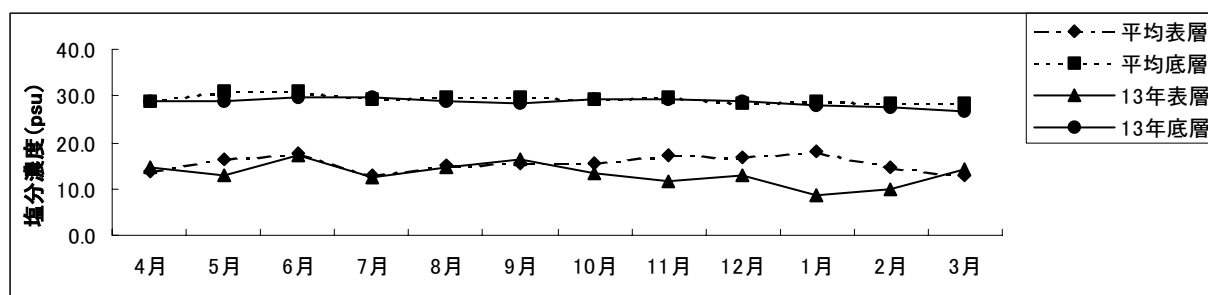


図-13 St6の塩分濃度

平年の年間平均は表層15.2psu、底層29.0psuであった。平成13年度は表層13.3psu、底層28.6psuで平年と比べ表層でやや低め、底層では同程度であった。月別に見ると表層は変化が著しいのに対して、底層はほとんど変化がなく常時高塩分であった。

2) 中海における平成12年度の漁場特性

中海の水質環境は表層で水温5.8~31.1℃(平均17.2℃)・pH7.09~10.05(平均8.20)・塩分濃度8.72~17.07psu(平均13.3psu)・溶存酸素濃度10.34~14.02mg/l(平均9.6mg/l)・溶存酸素飽和度90.0~120.3%(平均105.2%)、底層は水温10.8~26.2℃(平均17.6℃)・pH7.01~8.80(平均8.01)・塩分濃度26.6~29.5psu(平均28.6psu)・溶存酸素濃度0.12~4.63mg/l(平均1.6mg/l)・溶存酸素飽和度1.8~50.7%(平均18.3%)であった。溶存酸素濃度、及び溶存酸素飽和度は、表層では通年高い値を示しているが、底層では5月~11月までの期間、長期にわたる底層水の貧酸素化が観測された。

3) その他

中海で4月中旬に比較的規模の大きい赤潮の発生が見られた。

4) 漁場保全

底層水の貧酸素化が長期にわたり観測されており、かつて主要水産生物であったアサリ・サルボウ等の底生生物の生息にとって非常に過酷な環境となっている。宍道湖と同様、富栄養化防止、並びに底質改善等の対策が早急に必要である。

II 湖沼生物モニタリング調査

目 的

湖沼の大型水草群落調査により大型水草群落の分布や組成の変化、魚類生息状況調査により魚類相の変化を把握し、また、底生動物調査を行うことによって底泥中に生息する動物(ベントス)の種類、現存量を指標として宍道湖・中海の漁場環境の長期的な変化を監視する。

方 法

(1) 大型水草群落調査

1) 調査方法

群落面積、生育密度及び関連項目を現地調査により実施した。

2) 調査定点

大型水草群落調査は、図-14-1、14-2に示す宍道湖西岸の斐伊川河口より約 1.5 km南にあるヨシ帯で行った。

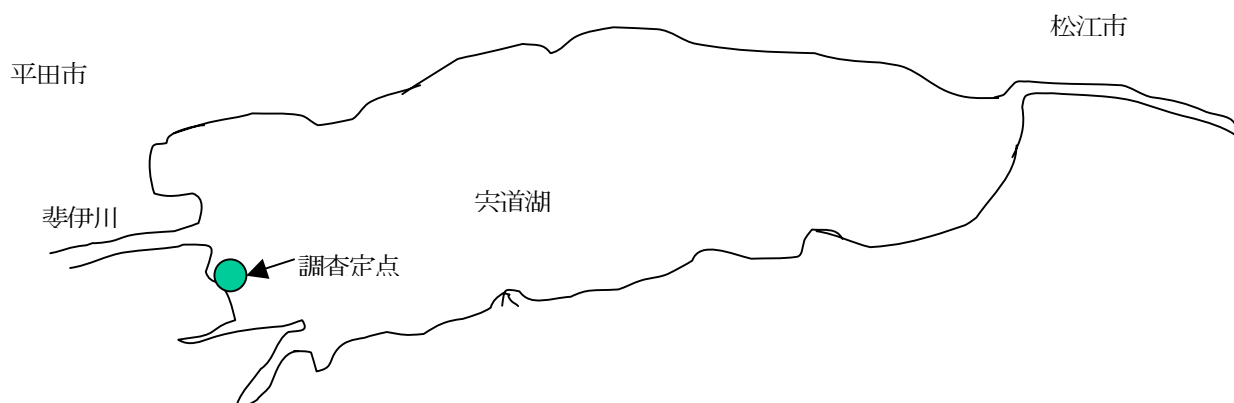


図-14-1 大型水草群落位置図

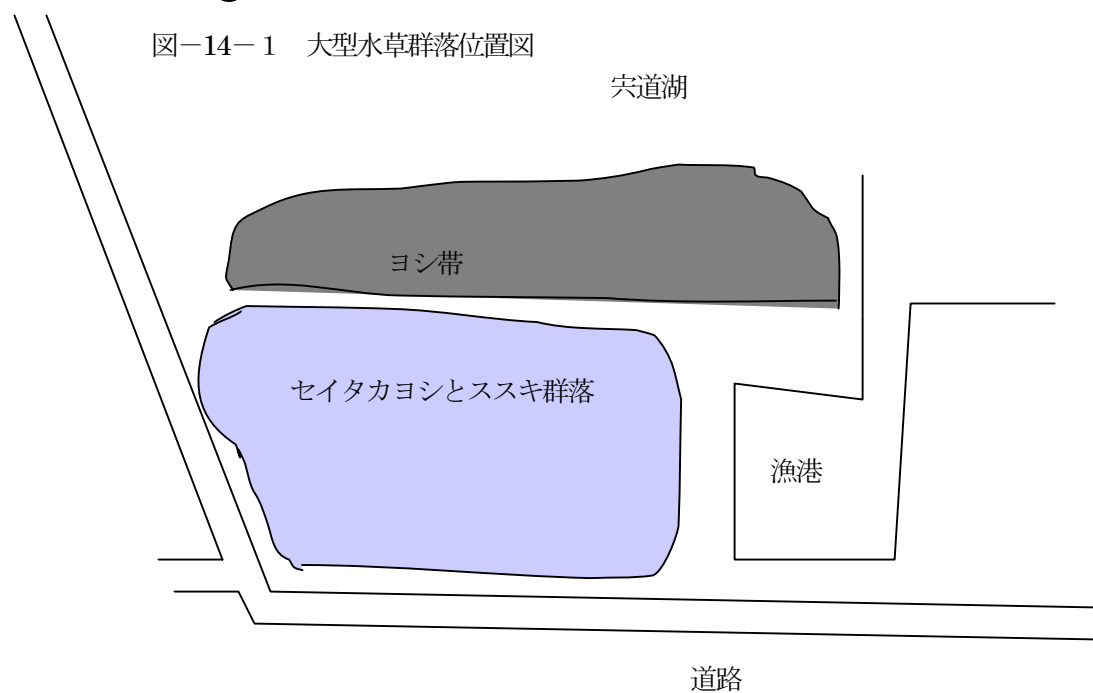


図 14-2 調査定点概要

3) 調査月日

平成 13 年 10 月 25 日

4) 調査分析項目

分析項目及び分析方法は以下のとおりである。

群落面積 漁場保全対策推進事業調査指針によった。

生育密度 同上

(2) 底生動物（ベントス）調査

1) 調査方法

エクマンバージ採泥器とスミスマッキンタイヤ採泥器を用いてベントス試料を採集した。エクマンバージ採泥器を使用した定点は St 2、5 の 2 点、スミスマッキンタイヤ採泥器を使用した定点は St3、4 の 2 点であった。1 定点に対してエクマンバージ採泥器は 4 回、スミスマッキンタイヤ採泥器は 2 回投下して採泥した。採集した試料は、宍道湖試料は 0.5mm の篩で、大橋川・中海試料は 1mm の篩で選別した後、採集地点毎に広口瓶に収容し、10%ホルマリンで固定した。各試料について種の同定を行い、個体数と湿重量を測定した。

2) 調査定点

底生動物（ベントス）調査は、図-15 に示す 10 定点で行った。なお、定点は水質調査と同一である。

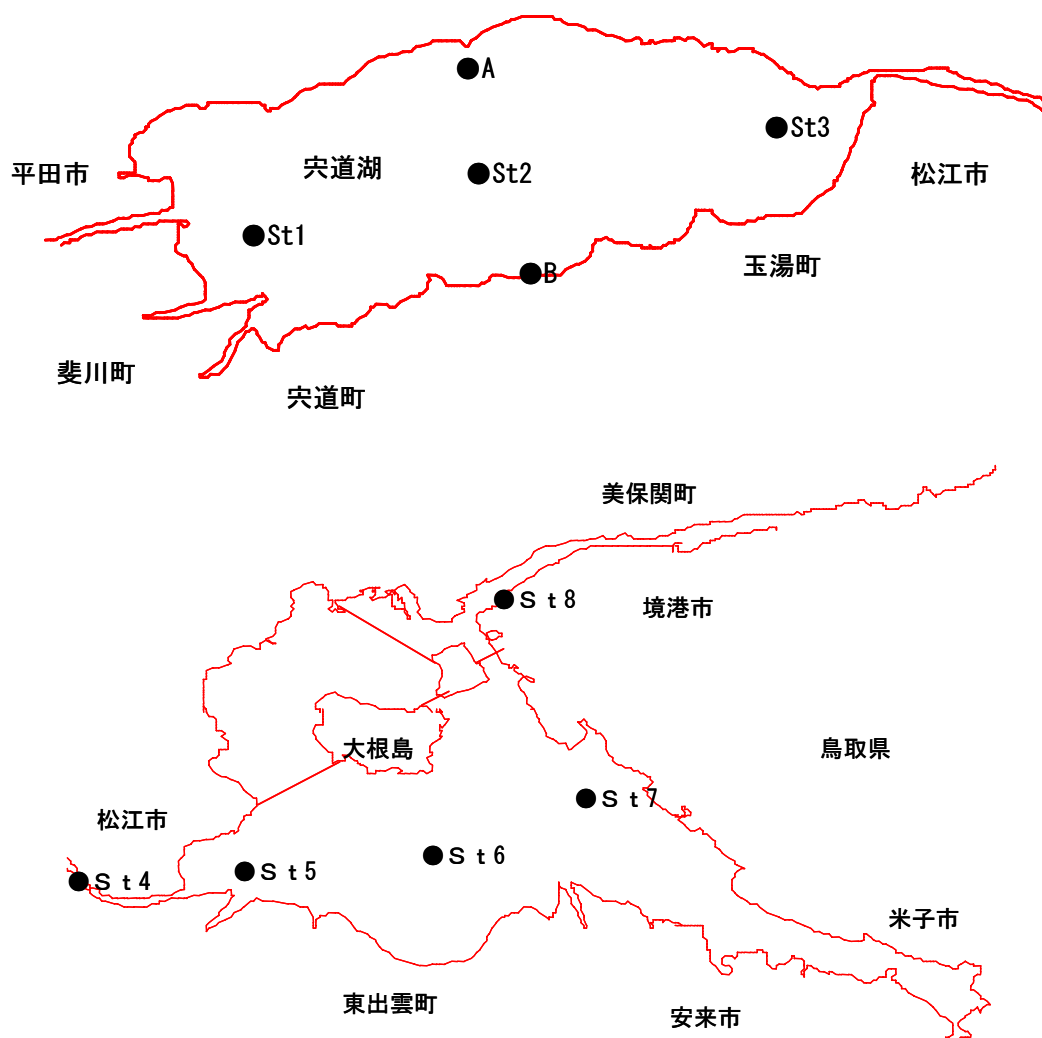


図-15 宍道湖・中海の調査定点

3) 調査月日

5月8日、8月7日、11月1日、2月5日

4) 調査分析項目

分析項目及び分析方法は以下のとおりである。

底生動物（ベントス） 漁場保全対策推進事業調査指針によった。

(3) 魚類生息状況調査

1) 調査方法

①魚類相

宍道湖においては、漁業者からの聞き取り及び宍道湖漁協が整理している小型定置網漁獲統計資料（9～3月）から生息が確認された魚種を記録した。また、中海においては、漁場者からの聞き取り及び小型定置網の漁獲物を買って取って魚種を記録した。

②産卵場

ワカサギを対象とした。

過去に実施した調査結果よりワカサギの産卵場が形成される区域でスミス・マッキンタイヤ型採泥器（0.05 m²）を使用して採泥を行った。採取した砂泥は持ち帰った後ローズベンガルで生体染色を行い、ワカサギ卵の選別計数を実施した。

2) 調査定点

産卵場調査は、図16に示す5定点で実施した。

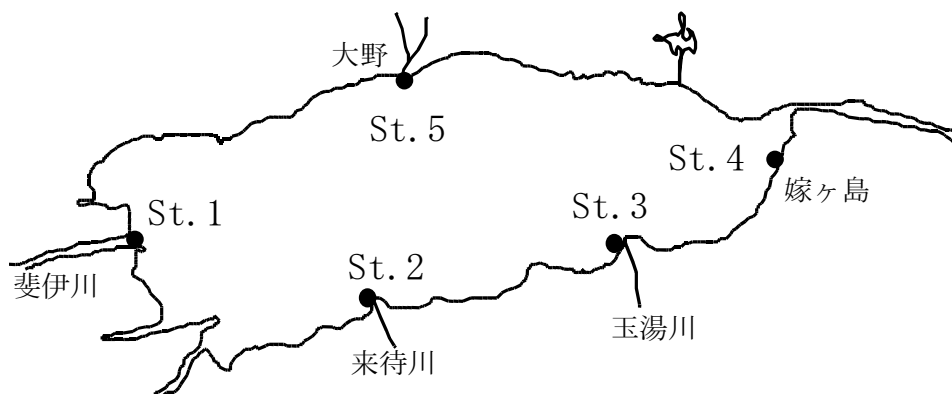


図16 ワカサギ産卵場調査定点

3) 調査月日

①魚類相

宍道湖：9～3月 中海：5～12月

②産卵場

平成14年1月21日、2月20日

4) 調査分析項目

魚類生息状況 漁場保全対策推進事業調査指針によった

魚類相 同上

産卵場 同上

結果及び考察

(1) 大型水草群落調査

調査結果を表-4に示した。ヨシ帯の幅は両端から中央部に向かうにつれて広がっており、生息面積はおおよそ0.17haであった。

表-4 大型水草群落調査結果

調査日時	10月25日
場所	斐伊川河口右岸から約300m南の舟だまりのヨシ帯
群落の種類	ヨシ
群落の長さ	117m
群落の幅	14.5m
シュートの平均の高さ	中央部292cm
シュートの平均密度	91本/m ²
水深	0~50cm

(2) 底生動物(ベントス)調査

宍道湖の調査結果を表-5、中海の調査結果を表-6に示した。

宍道湖(St.2及びSt.3)では、今年度も底生生物が夏期から秋期にかけて減少する傾向が見られた。軟体類のうちヤマトシジミは湖岸であるSt.3で年間を通じて分布密度が高く、例年と同じく冬期になると採集数が減少する傾向があった。また、昨年の秋以降から春にかけてホトトギスガイが採取されたのも特徴的であった。多毛類では、ヤマトスピオが優占的に出現した。また、St.3では例年ゴカイが多く出現するが、本年度は春期にヤマトスピオ、秋期に貧毛類のイトミミズも多く採集された。

大橋川(St.4)では、例年、軟体類が年間を通じて非常に多く見られており特にホトトギスガイが周年を通じて最優占種となっている。多毛類ではヤマトスピオが優占的に出現した。

中海(St.5及びSt.6)でも、例年と同様、夏期から秋期にかけて底生生物の出現個体数が減少する傾向が見られた。また軟体類は少なくホトトギスガイ、アサリ、ヒメシラトリガイ、シズクガイが散在的に見られる程度であった。多毛類では、ヨツバナスピオのほかカギゴカイが比較的多く採集された。

境水道(St.8)では、春期に多毛類のケヤリが多く採取された。

表-5 宍道湖の底生生物出現個体数(0.1m²当たり)

種類名	標準和名\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<i>Neanthes japonica</i> (sp.)	ゴカイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notomastus</i> sp.	ノトマスタス	43	11	6	92	17	22	0	17	1	3	2	
<i>Prionospio japonica</i>	ヤマトスピオ	340	16	99	5	1	2	45	1	5	3	1	
others	その他の多毛類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Musculus senhousia</i>	ホトトギス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ	116	40	39	7	0	0	32	20	27	20	19	
others	その他の軟体類	34	38	122	808	154	252	164	138	262	140	159	
<i>Tubificidae</i>	イトミミズ科	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
<i>Chironomidae</i>	ユスリカ科	0	3	1	4	1	0	0	0	3	0	2	
<i>Cyathura</i> sp.	スナウミナナフシの一種	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
others	その他の甲殻類	12	3	3	0	0	1	2	0	2	0	0	
	その他の生物		5	0	0	0	0	0	1	0	2	6	
合計		欠測	550	111	270	916	173	277	244	177	301	168	189

st.2

種類名	標準和名\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<i>Neanthes japonica</i> (sp.)	ゴカイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notomastus</i> sp.	ノトマスタス		3	4	4	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Prionospio japonica</i>	ヤマトスピオ		122	91	117	1	0	2	1	2	3	2	1
others	その他の多毛類		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Musculus senhousia</i>	ホトギス		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の軟体類		5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Tubificidae	イトミミズ科		4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	ユスリカ科		0	0	5	2	0	0	0	23	11	41	15
<i>Cyathura</i> sp	スナウミナナフシの一種		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
others	その他の甲殻類		1	0	2	8	0	0	0	10	6	2	1
	その他の生物		0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	1
合計		欠測	135	100	129	15	0	2	2	36	20	45	18

st.3

種類名	標準和名\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<i>Neanthes japonica</i> (sp.)	ゴカイ		22	30	44	63	93	291	202	182	174	259	210
<i>Notomastus</i> sp.	ノトマスタス		29	20	23	87	37	55	29	38	29	10	37
<i>Prionospio japonica</i>	ヤマトスピオ		791	1400	711	136	84	33	14	16	4	13	1
others	その他の多毛類		0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
<i>Musculus senhousia</i>	ホトギス		19	186	19	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ		392	2041	1111	1209	1006	511	679	384	376	197	96
others	その他の軟体類		729	2816	186	7	0	0	1	0	0	0	4
Tubificidae	イトミミズ科		43	15	18	77	99	102	19	474	557	230	1851
Chironomidae	ユスリカ科		0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cyathura</i> sp	スナウミナナフシの一種		2	18	94	32	20	12	8	8	16	3	10
others	その他の甲殻類		9	20	4	2	32	80	94	12	4	2	9
	その他の生物		23	102	20	73	90	77	78	40	4	6	7
合計		欠測	2059	6648	2230	1690	1462	1168	1124	1154	1164	720	2225

st.A

種類名	標準和名\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<i>Neanthes japonica</i> (sp.)	ゴカイ		59	63	16	20	5	4	2	4	17	6	10
<i>Notomastus</i> sp.	ノトマスタス		0	0	5	7	0	1	1	4	3	3	2
<i>Prionospio japonica</i>	ヤマトスピオ		245	516	127	52	2	20	3	1	5	8	0
others	その他の多毛類		0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
<i>Musculus senhousia</i>	ホトギス		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ		1044	570	392	343	281	223	224	227	218	68	96
others	その他の軟体類		200	73	167	63	11	0	0	0	0	0	0
Tubificidae	イトミミズ科		7	7	0	5	0	1	0	0	2	7	0
Chironomidae	ユスリカ科		4	2	0	1	2	3	0	2	8	3	0
<i>Cyathura</i> sp	スナウミナナフシの一種		6	24	54	88	71	70	60	61	45	29	41
others	その他の甲殻類		41	140	41	33	11	33	66	58	157	50	41
	その他の生物		4	18	10	4	1	1	1	1	46	12	7
合計		欠測	1616	1414	812	617	384	356	357	359	501	187	197

st.B

種類名	標準和名\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<i>Neanthes japonica</i> (sp.)	ゴカイ		48	38	23	11	9	13	8	3	1	1	0
<i>Notomastus</i> sp.	ノトマスタス		5	0	1	1	1	2	8	0	0	0	0
<i>Prionospio japonica</i>	ヤマトスピオ		1621	1315	1487	173	12	5	22	3	0	4	1
others	その他の多毛類		0	0	13	22	6	5	5	4	1	1	0
<i>Musculus senhousia</i>	ホトギス		15	11	5	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ		1429	1268	956	742	792	779	458	235	166	125	133
others	その他の軟体類		2089	912	134	36	8	0	0	0	0	0	15
Tubificidae	イトミミズ科		3	5	8	11	105	12	65	5	0	7	5
Chironomidae	ユスリカ科		10	1	15	21	4	1	1	2	5	2	1
<i>Cyathura</i> sp	スナウミナナフシの一種		5	155	176	87	75	49	38	20	9	6	14
others	その他の甲殻類		5	105	122	4	25	90	58	31	25	24	10
	その他の生物		15	113	176	56	49	141	99	242	32	65	1
合計		欠測	5245	3923	3116	1164	1087	1097	762	545	239	235	180

表-6 中海・大橋川の底生物出現個体数 (0.1m²当たり)
st.4

種類名	標準和名\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<i>Neanthes sp.</i>	ゴカイ		2	1	79	23	31	18	12	5	6	4	5
<i>Eteone longa (sp.)</i>	ホソミサシバゴカイ	4	3	1	0	13	2	8	0	0	0	0	1
<i>Nephtys polybranchia</i>	ミナミシロガネゴカイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sigambra sp.</i>	カギゴカイの一種	0	6	4	8	28	8	0	0	0	0	0	0
<i>Prionospio japonica</i>	ヤマトスビオ	57	9	9	122	124	161	91	100	48	86	145	
<i>Paraprionospio pinnata</i>	ヨツバナスビオ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lagis bocki</i>	ウミイサゴムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sabellidae spp.</i>	ケヤリ	0	1	0	0	3	0	3	5	7	1	2	
others	その他の多毛類	48	40	4	20	44	56	207	93	19	7	39	
<i>Musculus senhousia</i>	ホトトギスガイ	11135	7633	6195	5245	2061	1725	837	2163	443	84	220	
<i>Ruditapes philippinarum</i>	アサリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ	0	0	0	0	0	0	9	0	2	2	22	
<i>Macoma incongrua</i>	ヒメシラトリガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Raetellops pulchellus</i>	チヨノハナガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Theora fragilis</i>	シズクガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laternula marilina</i>	ソトオリガイ	74	26	4	8	3	3	4	5	2	2	5	
<i>Mytilus edulis</i>	ムラサキガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の軟体類	20	5	0	0	1	0	12	0	0	0	3	
<i>Cyathura sp.</i>	スナウミナナフシの一種	4	2	34	26	23	31	18	16	25	10	6	
GAMMARIDEA	ヨコエビ亜目	0	9	12	3	30	68	87	40	99	61	224	
others	その他の甲殻類	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	
others	その他の生物	18	15	7	6	16	42	123	154	42	77	287	
合計	欠測		11365	7750	6349	5461	2377	2114	1411	2582	693	335	962

st.5

種類名	標準和名\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<i>Neanthes sp.</i>	ゴカイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eteone longa (sp.)</i>	ホソミサシバゴカイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Nephtys polybranchia</i>	ミナミシロガネゴカイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sigambra sp.</i>	カギゴカイの一種	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prionospio japonica</i>	ヤマトスビオ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	ヨツバナスビオ	1	33	8	0	0	0	0	0	0	4	1	
<i>Lagis bocki</i>	ウミイサゴムシ	0	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sabellidae spp.</i>	ケヤリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の多毛類	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Musculus senhousia</i>	ホトトギスガイ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ruditapes philippinarum</i>	アサリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macoma incongrua</i>	ヒメシラトリガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Raetellops pulchellus</i>	チヨノハナガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Theora fragilis</i>	シズクガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laternula marilina</i>	ソトオリガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mytilus edulis</i>	ムラサキガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の軟体類	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyathura sp.</i>	スナウミナナフシの一種	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GAMMARIDEA	ヨコエビ亜目	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
others	その他の甲殻類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の生物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	欠測		6	37	43	0	0	0	0	0	2	4	4

st.6

種類名	標準和名\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<i>Neanthes sp.</i>	ゴカイ	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eteone longa (sp.)</i>	ホソミサシバゴカイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nephtys polybranchia</i>	ミナミシロガネゴカイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sigambra sp.</i>	カギゴカイの一種	5	11	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prionospio japonica</i>	ヤマトスビオ	0	1	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	ヨツバナスビオ	15	44	28	28	0	0	42	55	69	59	73	
<i>Lagis bocki</i>	ウミイサゴムシ	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sabellidae spp.</i>	ケヤリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の多毛類	4	0	1	2	0	0	1	1	1	0	0	
<i>Musculus senhousia</i>	ホトトギスガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ruditapes philippinarum</i>	アサリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macoma incongrua</i>	ヒメシラトリガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Raetellops pulchellus</i>	チヨノハナガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Theora fragilis</i>	シズクガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laternula marilina</i>	ソトオリガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mytilus edulis</i>	ムラサキガイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の軟体類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyathura sp.</i>	スナウミナナフシの一種	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GAMMARIDEA	ヨコエビ亜目	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	
others	その他の甲殻類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の生物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
合計	欠測		24	56	38	34	1	3	43	56	70	65	77

st. 7

種類名	標準和名\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<i>Neanthes sp.</i>	ゴカイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Eteone longa (sp.)</i>	ホソミサシバゴカイ		0	0	0	0	0	0	0	0	9	8	0
<i>Nephtys polybranchia</i>	ミナミシロガネゴカイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Sigambra sp.</i>	カギゴカイの一種		1	8	13	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prionospio japonica</i>	ヤマトスピオ		0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	ヨツバネスピオ		64	66	47	75	0	0	7	69	116	41	32
<i>Lagis bocki</i>	ウミイサゴムシ		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sabellidae spp.</i>	ケヤリの一種		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の多毛類		1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	2
<i>Musculus senhousia</i>	ホトギスガイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ruditapes philippinarum</i>	アサリ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macoma incongrua</i>	ヒメシラトリガイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Raetellops pulchellus</i>	チヨノハナガイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Theora fragilis</i>	シズクガイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laternula marilina</i>	ソトオリガイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mytilus edulis</i>	ムラサキイガイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の軟体類		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyathura sp.</i>	スナウミナナフシの一種		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GAMMARIDEA	ヨコエビ亜目		1	0	1	0	6	0	2	0	18	52	41
others	その他の甲殻類		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
others	その他の生物		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
合計	欠測		69	74	62	77	6	2	9	69	143	103	78

st. 8

種類名	標準和名\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<i>Neanthes sp.</i>	ゴカイ		2	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Eteone longa (sp.)</i>	ホソミサシバゴカイ		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nephtys polybranchia</i>	ミナミシロガネゴカイ		6	7	1	0	19	6	3	9	15	11	7
<i>Sigambra sp.</i>	カギゴカイの一種		1	2	3	14	27	32	35	13	11	22	30
<i>Prionospio japonica</i>	ヤマトスピオ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	ヨツバネスピオ		0	0	0	0	0	5	0	1	3	1	1
<i>Lagis bocki</i>	ウミイサゴムシ		0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sabellidae spp.</i>	ケヤリの一種		1209	945	1012	5	410	411	6	4	88	13	40
others	その他の多毛類		171	163	341	181	202	265	262	260	317	222	257
<i>Musculus senhousia</i>	ホトギスガイ		1	0	0	0	1	7	0	0	0	0	0
<i>Ruditapes philippinarum</i>	アサリ		42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ		0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macoma incongrua</i>	ヒメシラトリガイ		2	0	15	0	21	9	0	0	0	0	6
<i>Raetellops pulchellus</i>	チヨノハナガイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Theora fragilis</i>	シズクガイ		0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2
<i>Laternula marilina</i>	ソトオリガイ		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Mytilus edulis</i>	ムラサキイガイ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
others	その他の軟体類		5	2	1	3	2	2	0	0	1	2	6
<i>Cyathura sp.</i>	スナウミナナフシの一種		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GAMMARIDEA	ヨコエビ亜目		0	3	63	4	20	21	7	8	15	11	9
others	その他の甲殻類		0	4	36	1	8	15	3	24	1	0	5
others	その他の生物		0	10	24	6	27	16	10	4	29	11	4
合計	欠測		1441	1178	1497	214	737	790	328	323	482	297	368

底質の調査結果について調査地点別の底質を表-7に、調査地点別の底質の平均と範囲を表-8に示した。

・COD

分析結果は1.06~73.56mg/gの範囲にあり、平均29.16mg/gであった。

宍道湖側ではSt2、中海側ではSt5が最も高く、宍道湖側ではSt3、中海側ではSt8が最も低かった。

・硫化物

分析結果はND~4.16mg/gの範囲にあり、平均1.40mg/gであった。

宍道湖側ではSt2、中海側ではSt5が最も高く、宍道湖側ではSt3、中海側ではSt8が最も低かった。

・強熱減量

分析結果は1.20~16.41%の範囲にあり、平均7.67%であった。

宍道湖側ではSt1、中海側ではSt6が最も高く、宍道湖側ではSt3、中海側ではSt8が最も低かった。

表-7 調査地点別の底質

調査月日 地点/項目	8月 COD (mg/g)	硫化物 (mg/g)	I L (%)	粒度組成				
				~0.5mm	0.5~0.25	0.25~0.125	0.125~0.063	0.063mm~
1	53.08	2	12.98	0.20%	0.10%	0.30%	0.70%	98.70%
2	51.06	1.02	12.94	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%	99.80%
3	4.4	ND	1.58	25.40%	40.00%	32.20%	0.80%	1.50%
A	6.58	0.18	2.93	1.20%	7.40%	50.50%	29.00%	11.90%
B	10.42	0.23	4.82	0.70%	5.00%	50.70%	35.90%	7.80%
4	29.78	2.11	4.09	79.40%	2.40%	2.50%	2.90%	12.80%
5	73.22	1.13	13.98	0.00%	0.10%	0.30%	0.30%	99.50%
6	73.56	1.92	15.9	0.00%	0.40%	0.60%	0.50%	98.40%
7	11.09	0.64	2.03	3.80%	40.70%	44.70%	5.10%	5.70%
8	11.49	0.11	6.57	11.60%	21.60%	46.30%	4.70%	15.80%

調査月日 地点/項目	11月 COD (mg/g)	硫化物 (mg/g)	I L (%)	粒度組成				
				~0.5mm	0.5~0.25	0.25~0.125	0.125~0.063	0.063mm~
1	50.37	4.47	13.64	0.00%	0.20%	1.10%	1.80%	97.00%
2	60.76	2.93	13.19	0.00%	0.20%	0.20%	0.10%	99.60%
3	1.06	ND	1.14	24.90%	42.20%	30.30%	0.70%	1.90%
A	3.66	0.06	3.09	1.40%	5.80%	43.30%	36.60%	12.90%
B	7.79	0.18	3.66	1.10%	4.00%	50.40%	34.00%	10.60%
4	4.37	0.18	2.81	66.50%	15.90%	6.50%	3.70%	7.40%
5	56.31	3.53	13.29	0.00%	0.40%	1.00%	0.50%	98.10%
6	60.53	2.6	15.41	0.00%	0.00%	0.90%	0.40%	98.70%
7	8.37	0.9	2.3	5.90%	45.70%	37.00%	4.60%	6.80%
8	6.81	0.15	4.19	3.80%	18.50%	58.40%	6.30%	13.00%

調査月日 地点/項目	2月 COD (mg/g)	硫化物 (mg/g)	I L (%)	粒度組成				
				~0.5mm	0.5~0.25	0.25~0.125	0.125~0.063	0.063mm~
1	55.69	1.9	14.52	1.50%	0.10%	0.50%	1.10%	97.50%
2	55.52	1.38	13.09	0.00%	0.00%	0.50%	0.30%	99.30%
3	2.14	ND	0.88	24.60%	42.00%	45.50%	0.30%	1.10%
A	13.94	0.13	3.83	1.50%	8.10%	49.30%	44.50%	17.00%
B	13.43	ND	2.14	2.90%	5.60%	75.00%	35.90%	6.70%
4	22.76	0.45	4.79	44.40%	17.10%	11.60%	10.70%	13.30%
5	60.99	4.16	16	0.00%	0.00%	0.90%	0.50%	98.40%
6	28.58	2.66	16.41	0.00%	0.70%	1.10%	0.70%	97.60%
7	22.79	0.65	3.86	3.00%	32.30%	38.70%	6.30%	15.00%
8	7.45	0.06	3.99	4.00%	20.40%	63.60%	8.00%	13.80%

表-8 調査地点別の底質の平均と範囲

項目 地点	COD (mg/g)		硫化物 (mg/g)		IL (%)	
	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲
1	55.69	50.37~55.69	2.68	1.90~3.26	13.71	12.98~14.52
2	55.78	51.06~60.76	1.81	1.38~2.60	13.07	12.94~13.19
3	2.14	1.06~4.40	ND	ND	1.2	0.88~2.93
A	8.06	3.66~13.94	0.27	0.13~0.40	3.29	2.93~3.83
B	10.55	7.79~13.43	0.17	0.03~0.31	3.54	2.14~4.82
4	18.97	4.37~29.78	1.17	0.34~2.74	3.9	2.81~4.79
5	63.5	56.31~73.22	3.77	3.40~4.16	14.42	13.29~16.00
6	54.22	28.58~73.56	2.26	1.85~2.66	15.91	15.41~16.41
7	14.08	8.37~22.79	0.42	0.30~0.65	2.73	2.03~3.86
8	8.58	6.81~11.49	0.08	0.06~0.11	4.92	3.99~6.55

(3) 魚類生息状況調査

①魚類相

表-9に宍道湖、表-10 に中海で確認された魚介類を示した。

宍道湖では13種類、中海では27種類が確認された。

表-9 宍道湖で確認された魚介類 (○印は確認された月を示す)

魚 種		9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
魚類	コイ	7		16	6	11	52	48
	フナ	156	36	183	598	1562	1118	675
	スズキ	1202	961	3436	3510	4		430
	ボラ	25	1	9				
	ウナギ	69	49	38	12	4	1	18
	ワカサギ					1.1		
	シラウオ			21	205	615	281	573
	マハゼ	24	32	192	1438	103	4	
	アユ							
	ウグイ	26	15	3	46	83	45	120
	サッパ	53			6	5		
甲殻類	モクズガニ	22	13	36	39	16	11	14
	エビ類 (テナガエビ、ヨシエビ等)					1	14	41
貝類	ヤマトシジミ	○	○	○	○	○	○	○

数値は小型定置網漁獲量(kg)

表-10 中海で確認された魚介類 (○印は確認された月を示す)

魚 種		5月	6月	7月	8月	10月	12月
魚類	マアジ		○				
	ウミタナゴ		○				
	ウナギ			○			
	イシガレイ	○	○	○	○	○	
	シロギス		○				
	アユ	○					
	シラウオ						
	ワカサギ						
	ウグイ	○		○			
	ゲンゴロウブナ		○				

	コチ						
	サヨリ	○					
	マサバ						
	トウゴロウイワシ		○				
	スズキ		○	○	○	○	○
	ギンポ		○		○		
	サッパ		○	○	○	○	○
	カタクチイワシ						
	コノシロ			○	○	○	
	マイワシ						
	マハゼ	○	○	○	○	○	○
	ウロハゼ			○			
	シマハゼ						
	ヌマチチブ						
	ヒイラギ	○		○			
	コモンフグ						
	クサフグ		○				
	ヒガンフグ						
	クロソイ			○			
	ボラ			○	○		○
	メナダ				○		
	ヨウジウオ		○				
甲殻類	モクズガニ	○				○	○
	ヨシエビ		○		○	○	
	スジエビ			○			
	テナガエビ						
	シラタエビ		○				
	タイワンガザミ		○	○	○		

②産卵場（前年度）

表-11 に各調査地点におけるワカサギ卵の採集数を示した。今年度の調査では、斐伊川右岸と来待川上流で僅かに確認しただけであった。平成6年度以降ワカサギ漁獲量は非常に低下しており、産卵量の減少からも資源の状況は低迷していると考えられる。

表-9 各調査地点におけるワカサギ卵の採集数 (単位: 粒/m³)

調査定点		ワカサギ卵数	
		1/21	2/20
S t. 1	斐伊川右岸	0	100
	斐伊川左岸	0	0
S t. 2	来待川河口	0	0
	河口から100m上流	10	50
S t. 3	玉湯川	0	0
	河口から50m上流 (堰堤下)	0	0
S t. 4	嫁ヶ島	0	0
S t. 5	大野	0	0

漁場環境保全総合対策事業

一内水面漁場保全対策推進調査事業一

(河川定期観測調査)

向井哲也・三浦常廣・後藤悦郎・上ノ菌雅子・原田茂樹

県内の一級河川である高津川、江川、神戸川、斐伊川の漁場環境について定期観測調査を実施しており、ここに平成13年度の結果を報告する。

調査方法

調査地点

図1、表1に示した6地点で実施した。

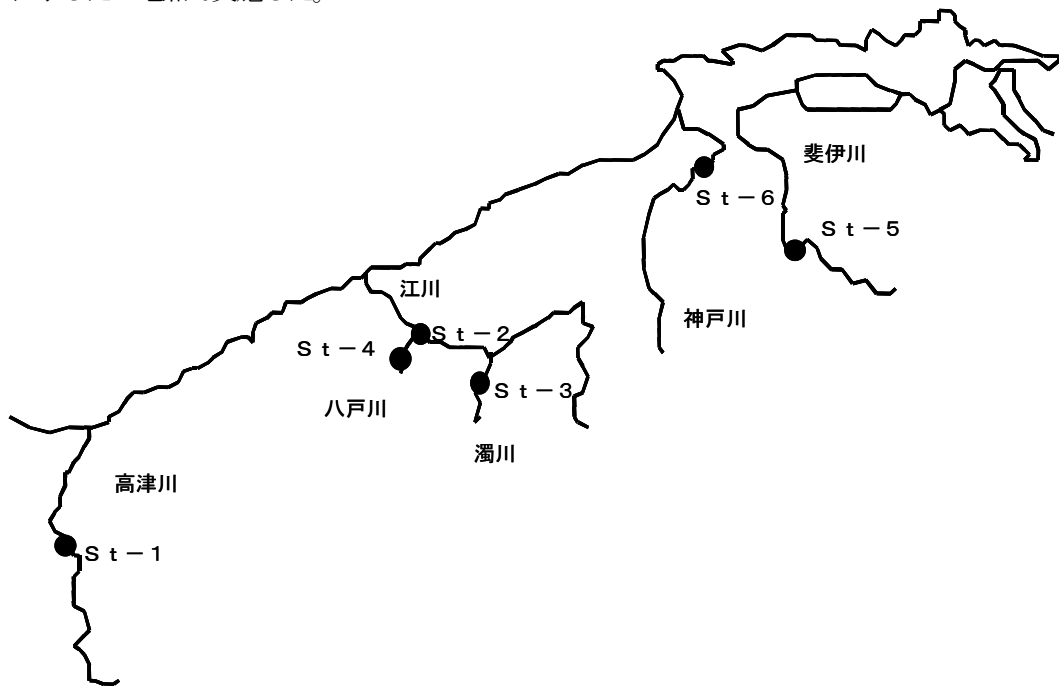


図1 調査地点

表1 調査地点

St	地点名	河川名 (水系)	河川内の位置	採集場所の河床形態
1	日原	高津川 (本流)	右岸	早瀬
2	桜江	江川 (本流)	左岸	早瀬
3	猪越	濁川 (江川)	右岸	早瀬
4	本郷	八戸川 (江川)	左岸	早瀬
5	温泉	斐伊川 (本流)	右岸	早瀬
6	朝山	神戸川 (本流)	右岸	平瀬

St-1. 日原（高津川）

河川形態、河床：河川形態はB bで早瀬である。河床表層の石は亜角でスイカ大のことが多い。

St-2. 桜江（江川）

河川形態、河床：河川形態はB b—B c移行型で早瀬である。河床表層の石は亜円でミカン大のことが多い。

St-3. 猪越（江川水系濁川）

河川形態、河床：河川形態はB b型で早瀬である。河床表層の石は、砂や岩盤の上に亜角でスイカ大のものが部分的に密集している。

St-4. 本郷（江川水系八戸川）

河川形態、河床：河川形態はB b型で早瀬である。河床表層の石は亜角でミカン～スイカ大のことが多い。

St-5. 温泉（斐伊川）

河川形態、河床：河川形態はB b型で早瀬である。河床表層の石は亜角でスイカ大のことが多い。2月の調査では砂中に半分程度埋没している石が多くなった。

St-6. 朝山（神戸川）

河川形態、河床：河川形態はB b—B c移行型の平瀬で、河床表層の石は亜円～円でミカン大のものが多く、砂中に半分程度埋没したものも多い場所であった。

調査項目

調査は水温、pH、SS、石への付着物、底生生物についてそれぞれ以下の通り調査した。

1. 水温：棒状水銀温度計により測定。
2. pH：堀場製作所製コンパクトpHメーターにより測定。
3. SS（懸濁物）：調査地点で採水した試水1 lを0.65 μ mのメンブレンフィルターを用いて吸引ろ過法により測定した。
4. 石への付着物：河床から直径15 cm以上の石を取り上げ、10×10 cmの方形枠をあて、ブラシを用いて枠内の付着物を落としたものに、ホルマリンを10%濃度となるよう加えて固定し、後日次の項目について測定した。
 - (1) 沈殿量：試料を100 ccのメスシリンダーに移し、24時間静置した後の沈殿量を読み取った。また、沈殿量が僅かで値が読みとれなかった試料については沈殿部分をピペットにより30 ccの沈殿管に移し取り、24時間静置した後、再度沈殿量を読み取った。
 - (2) 乾重量：沈殿量を読み取った試料を5 μ mの濾紙を用いて吸引濾過し、乾燥機により60°Cで24時間乾燥させ、デシケーター内で放冷後秤量した。
 - (3) 強熱残渣量：乾重量を測定した試料を濾紙と共なるつばに入れ、マッフル炉で700°C、2時間の灰化を行い、デシケーター内で放冷後秤量した。
5. 底生生物：口径50×50 cmのサーバーネットを使用し、定量採集したものを10%濃度のホルマリンで固定し、後日、分類し計数と計量（湿重量）を行った。底生生物は分類群（水生昆虫については目）ごとに分けた。、水質の指標となる生物については、環境相水質保全局発行の「水質階級と指標生物の生息範囲」に記載の水質階級Ⅰ（貧腐水性（きれいな水））、Ⅱ（ β 中腐水性（少し汚い水））、Ⅲ（ α 中腐水性（汚い水））、

IV（強腐水性（大変汚い水））の指標生物を選別した後計数と計量を行った。

調査時期

調査時期は春季・夏季・秋季の年3回とし、春季は5月、夏季は8月、秋季は11月に実施した。ただし、今年度の春季分のSt. 2, 3, 4については都合により6月初旬に実施した。調査日は表2のとおりである。

表2 調査月日

St	地点名	春季	夏季	秋季
1	日原(高津川)	5/23	8/8	11/21
2	桜江(江川)	6/5	8/27	11/21
3	猪越(濁川)	6/5	8/27	11/21
4	本郷(八戸川)	6/5	8/27	11/21
5	温泉(斐伊川)	5/22	8/23	11/22
6	朝山(神戸川)	5/22	8/23	11/22

結果と考察

1. 水質および石への付着物

各河川の水質（水温、pH、SS（懸濁物）および石への付着物（乾重量および強熱減量）の概要を図2に示した。データの詳細については付表1に示した。

水温：5月は18.0～21.8℃、8月は23.3～28.4℃、11月は9.6～12.9℃であった。

pH：5月は8.0～8.5、8月は8.0～8.5、11月は7.7～8.8であった。

SS（懸濁物）：5月は3.1～13.4ppmで、温泉では河川工事のため濁りが出ているため13.4ppmと高い値を示した。8月は1.6～8.5ppm、11月は0.2～1.9ppmであった。

石への付着物：

乾重量については5月7.7～69.3mg、8月43.2～1275.3mg、11月95.1～1479.0mgであった。強熱減量については5月3.2～60.2mg、8月33.8～553.9mg、11月60.6～761.5mgであった。日原（高津川）では乾重量・強熱減量共に低い値を示したが、石の付着物の内容は他の地点に比較して良質の珪藻が多かった。また、11月の調査時は、どの河川も降雨不足が続いたため石の表面にドロドロした藻類が多く着いた状態になっていた。

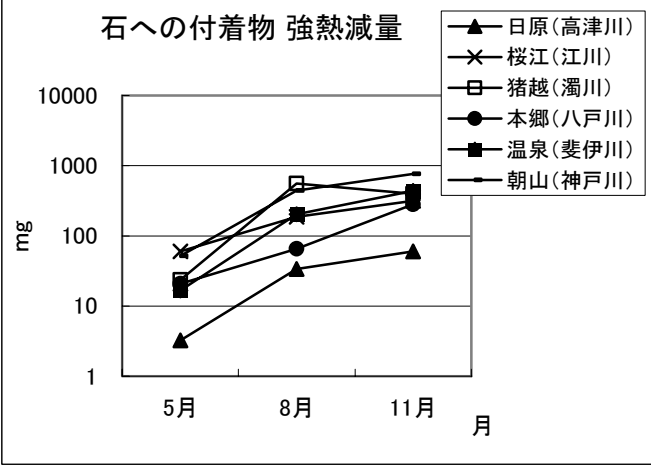
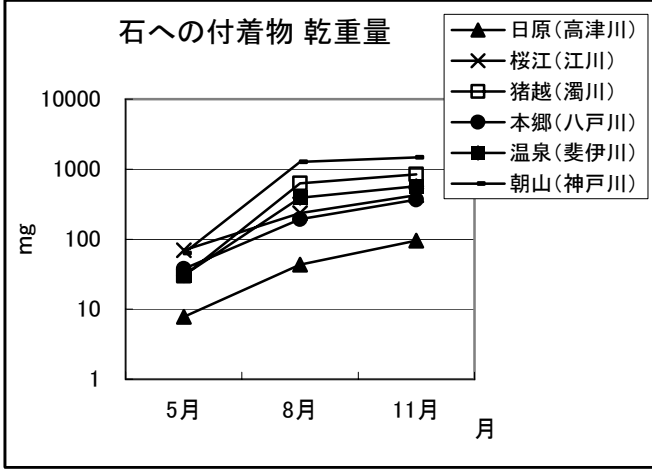
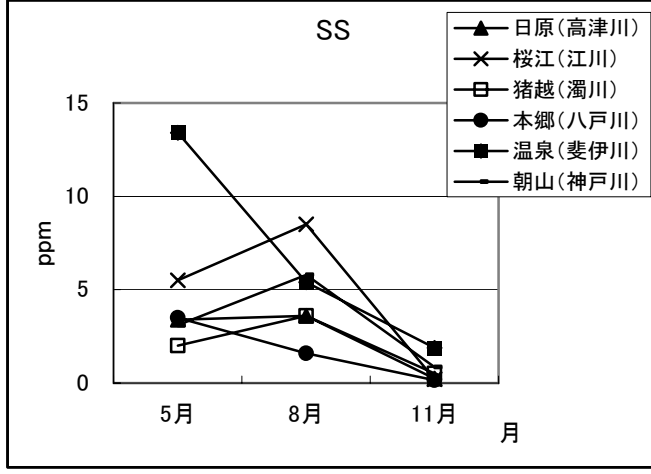
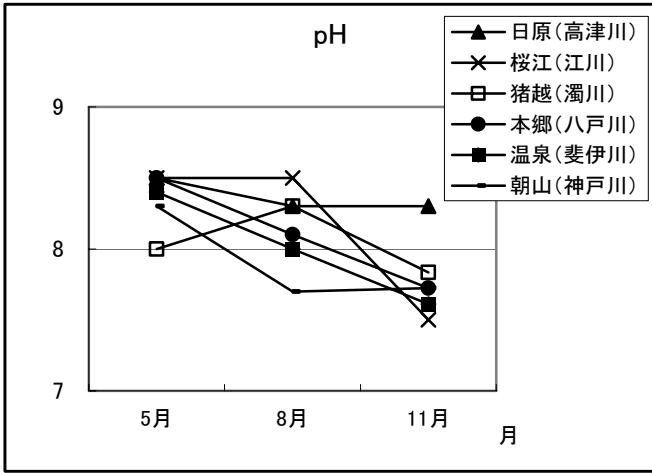
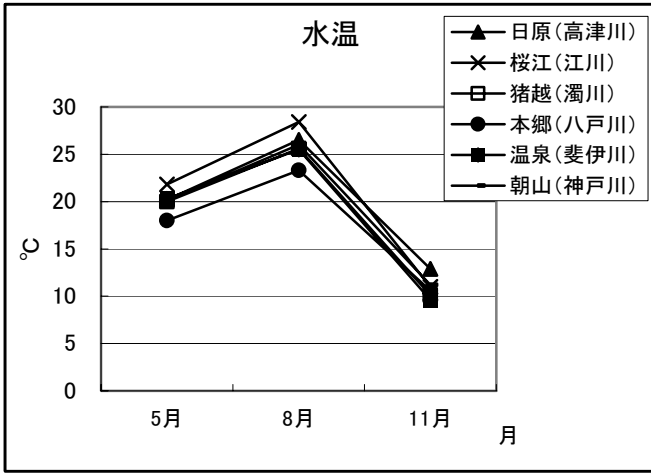


図2 水質と石への付着物の概要

2. 底生生物

各調査月の底生生物の個体数・合計重量について図3に示した。また、詳細や指標生物の出現状況は付表2に示した。

St-1. 日原

5、8月は多くの水生昆虫が出現したが11月には水生昆虫はあまり採集されなかった。比率的には5月はカゲロウ目、8月はトビケラ目が多くを占めた。カゲロウ類の約1/4は貧腐水性のヒラタカゲロウ類であった。その他指標生物としては、貧腐水性のカワゲラ類、ナガレトビケラ類、ヘビトンボ、ブユが出現した。

St-2. 桜江

底生生物は5、11月に多く8月に少なかった。比率的にはカゲロウ目とヒラタドロムシが多くを占めた。指標生物は貧腐水性のヒラタカゲロウ類やカワゲラが見られる一方で、 α 中腐水性の指標であるイトミミズも採集された。

St-3. 猪越

5、8月はカゲロウ類を中心に多くの水生昆虫が出現し、11月はトビケラ類を中心に全地点で個体数・重量と最も多くの水生昆虫が出現した。指標生物ではヒラタドロムシが多く、貧腐水性のヒラタカゲロウ類も多く採集された。

St-4. 本郷

5、8月はトビケラ類、カゲロウ類を中心に多くの水生昆虫が見られた。指標生物ではヒラタカゲロウ、カワゲラ、ナガレトビケラ類、ヤマトビケラ類など貧腐水性の生物が多かった。

St-5. 温泉

5月は水生昆虫がかなり少なかったが、8月、11月は多くの水生昆虫が出現した。8月はトビケラ類、11月にはヒラタドロムシが多く出現した。貧腐水性のカワゲラ類、ヒラタカゲロウ類も若干見られた。

St-6. 朝山

底生生物の出現個体数は6地点中最も少なかった。カゲロウ類、カワゲラ類、ヒラタドロムシが多く出現した。ヒラタカゲロウ、ナガレトビケラ、ヘビトンボ等の貧腐水性の指標生物も若干見られた。

漁場環境保全総合対策事業
—内水面漁場保全対策推進調査事業—
(神西湖定期観測調査)

向井哲也・上ノ菌雅子・後藤悦郎

神西湖の漁場環境について定期観測調査を実施しており、ここに平成13年度の結果を報告する。

調査方法

調査地点

図1に示した6地点で実施した。

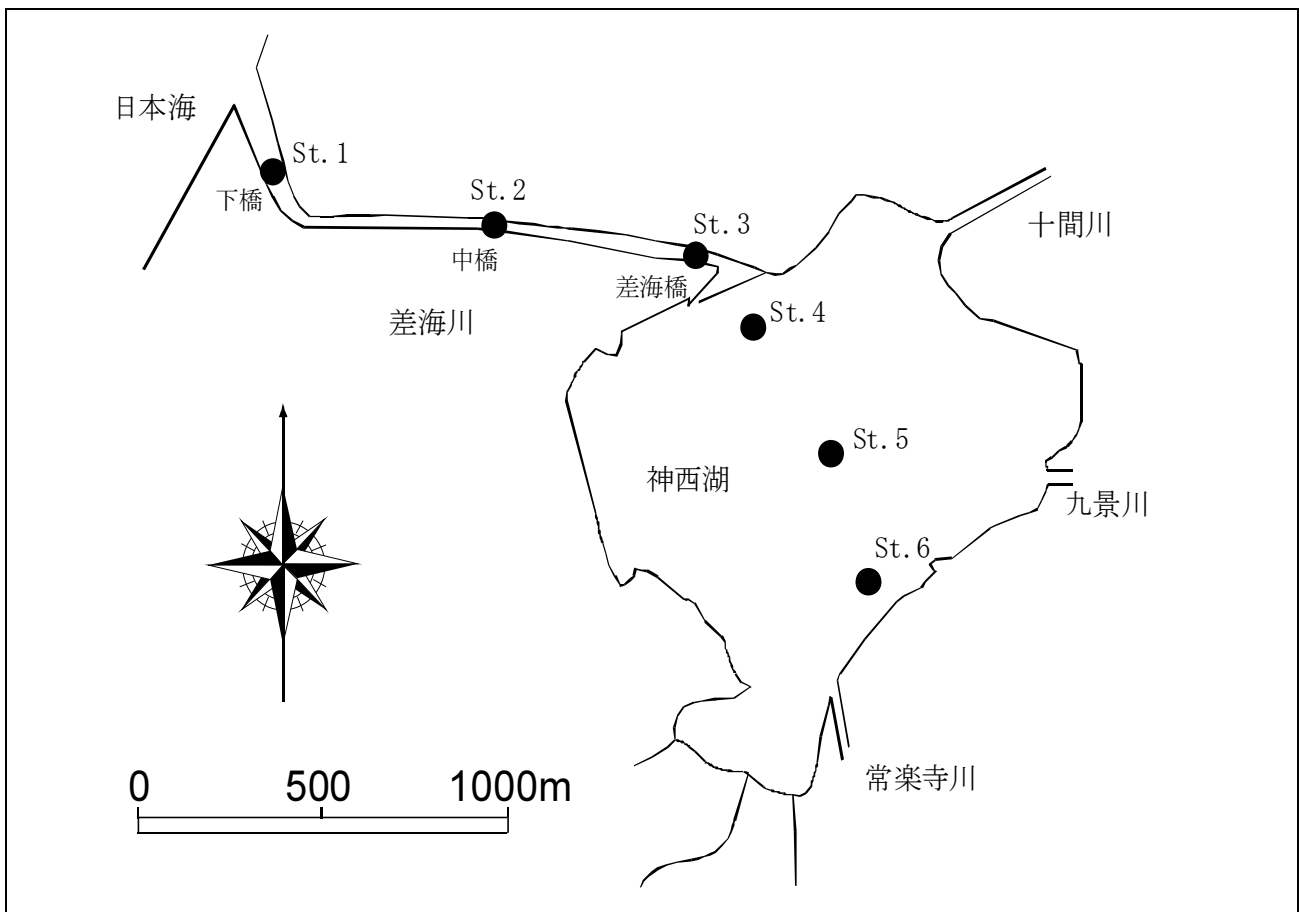


図1 調査地点

調査項目

調査項目は水温、塩分、溶存酸素、透明度である。水温、塩分、溶存酸素量の測定にはHydroLab社製水質計Surveyor4 +H-20を用い、表層から底層まで水深1m毎に測定した。また、透明度の測定には透明度板を用いた。

調査時期

調査は毎月1回実施した。調査日は表2のとおりである。

表1 調査日

月	調査日	月	調査日
4月	平成13年4月26日	10月	平成13年10月24日
5月	平成13年5月22日	11月	平成13年11月22日
6月	平成13年6月21日	12月	平成13年12月18日
7月	平成13年7月19日	1月	平成14年1月21日
8月	平成13年8月23日	2月	平成14年2月14日
9月	平成13年9月19日	3月	平成14年3月26日

結果と考察

平成13年度の神西湖湖心 (St. 5) の水質 (水温・塩分・溶存酸素・透明度) の変化を図2に示した。また、各月の塩分の鉛直分布の状況を図3に、毎月の溶存酸素量の鉛直分布の状況を図4にまとめた。データの詳細については付表1に示した。

平成13年度の神西湖塩分は、湖心の表層で概ね3~10PSU、底層では海水の滞留により20~30PSUの状態が多かった。ただし、6月には降雨の影響で表層から底層までほぼ淡水になり、8月と2月には塩分が濃くなり表層でも15PSU近くになった。差海川から神西湖にかけての塩分の分布を鉛直分布で見ると、平成13年度調査では神西湖内では差海川から流入した海水が水深1.0~1.5m以上の深部に停滞し塩分躍層が形成されている場合が多かった。ただし、降雨の多かった5、6月には湖全体が淡水に近い状態になっており、塩分躍層は消失した。なお、差海川の塩分は流れの状況 (上げ潮・下げ潮) により大きく異なり、上げ潮時には川全体がほぼ海水になっていることもあった。(図3)

神西湖内では植物プランクトンの繁茂により透明度が1m以下のことが多く、プランクトンによる光合成で表層では溶存酸素が過飽和の状態になっている場合が多かった。平成13年度は夏場の観測でも底層の溶存酸素量は飽和状態に近く、塩分躍層の形成にもかかわらず湖底の貧酸素化は観測されなかった。(図4)

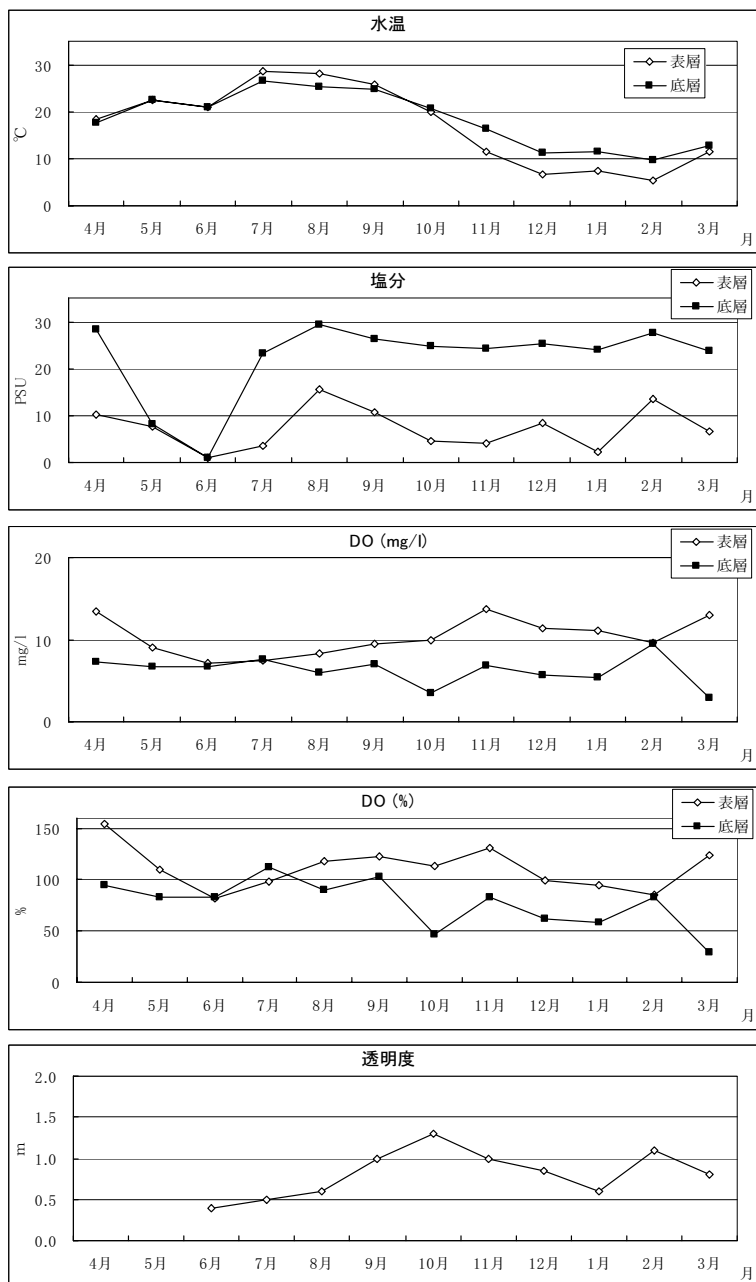


図2 神西湖湖心 (St.5) の水質

塩分 鉛直分布

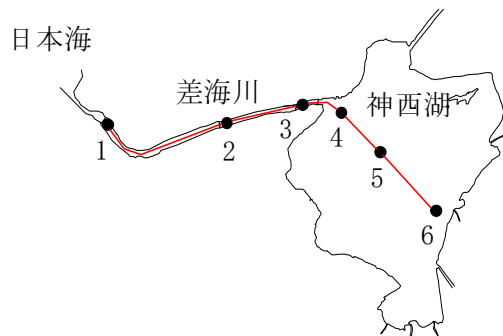
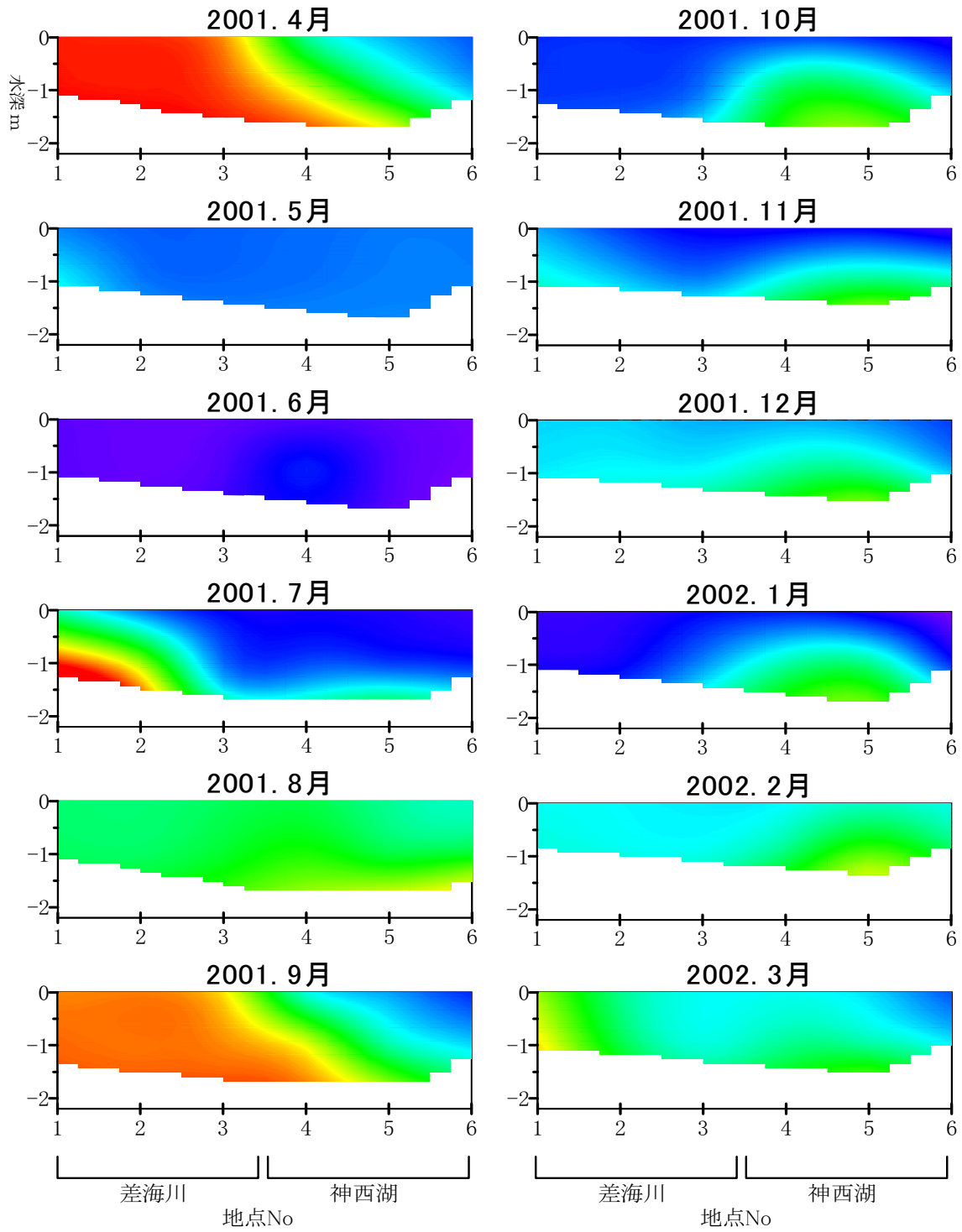
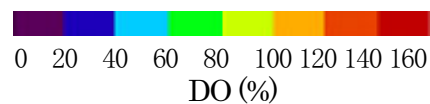
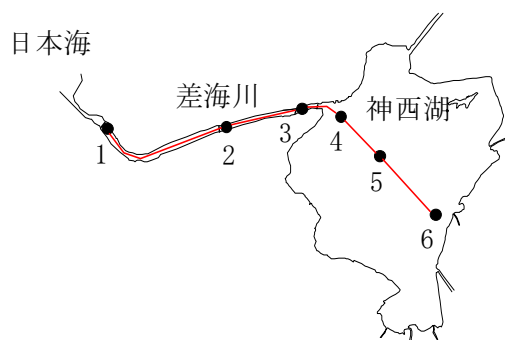
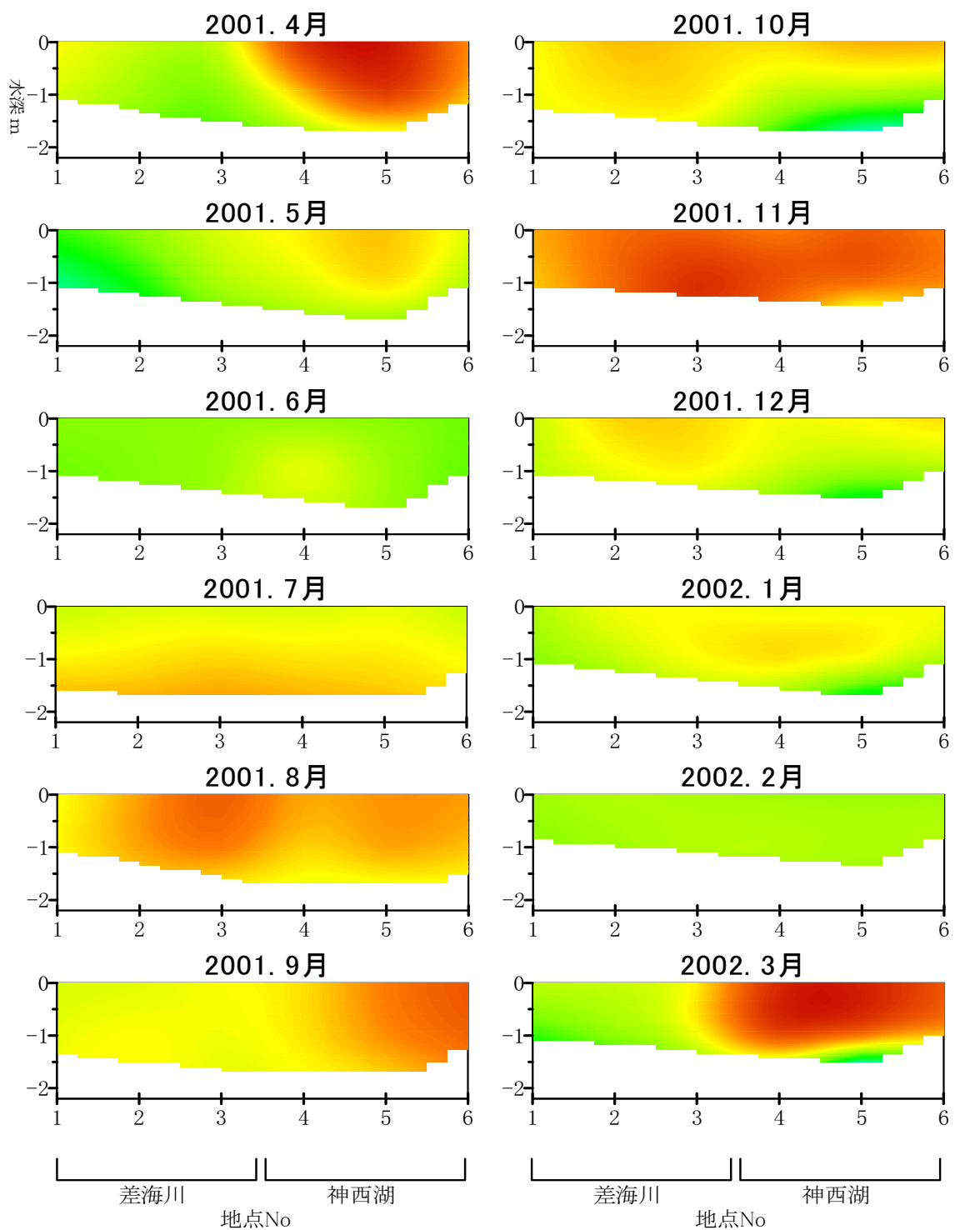


図3 平成13年度 差海川～神西湖の塩分濃度の鉛直分布 (横断面)

DO(%)鉛直分布



縦軸: 水深(m)
横軸: 地点No

図4 平成13年度 差海川～神西湖の溶存酸素濃度(%)の鉛直分布(横断面)

河川水域水産資源管理対策事業

—高津川アユ沿岸調査—

後藤悦郎・三浦常廣・森山 勝

アユ稚仔魚の海洋での生態については太平洋側の他県においては多くの報告があるが、本県を含む日本海側ではほとんど報告がない。このため本県沿岸においてアユ稚仔魚の生残に関与している要因を解明し、アユ資源の増大を計ることを目的として高津川周辺において海洋でのアユ稚魚の生態調査を実施した。

海洋でのアユ稚仔魚生息量の推測により翌年の稚魚遡上量を予測することが可能であれば、より効率的な稚魚放流も可能となる。今年度は、昨年度に引き続き冬季のアユ稚仔魚の採集方法について検討を加え、採集された稚魚について成長やふ化日の推定を行った。さらに高津川の東隣、河口距離にして1.5kmの所に益田川があるが、アユについては両河川で資源を共有していると思われるため、益田川の産卵状況を把握するために高津川と同一日に調査をⓀ行って比較した。その結果は文章の後半に記述する。

なお、稚魚の採捕をはじめ諸々協力していただいた高津川漁業協同組合の石川組合長、田中課長に感謝します。

材料及び方法

高津川で実施した流下仔魚調査及び沿岸アユ調査の調査場所を図1に示した。調査は高津川周辺の砂浜の海岸および漁港、河口内で行った。飯浦港、小浜港、大浜港はいずれも小規模な漁港である。また、持石海岸、高津川河口外左岸、高津川河口外右岸は外洋に面した砂浜であり、土田浜は湾奥で冬の北西季節風の影響を受けにくい比較的静穏な砂浜である。

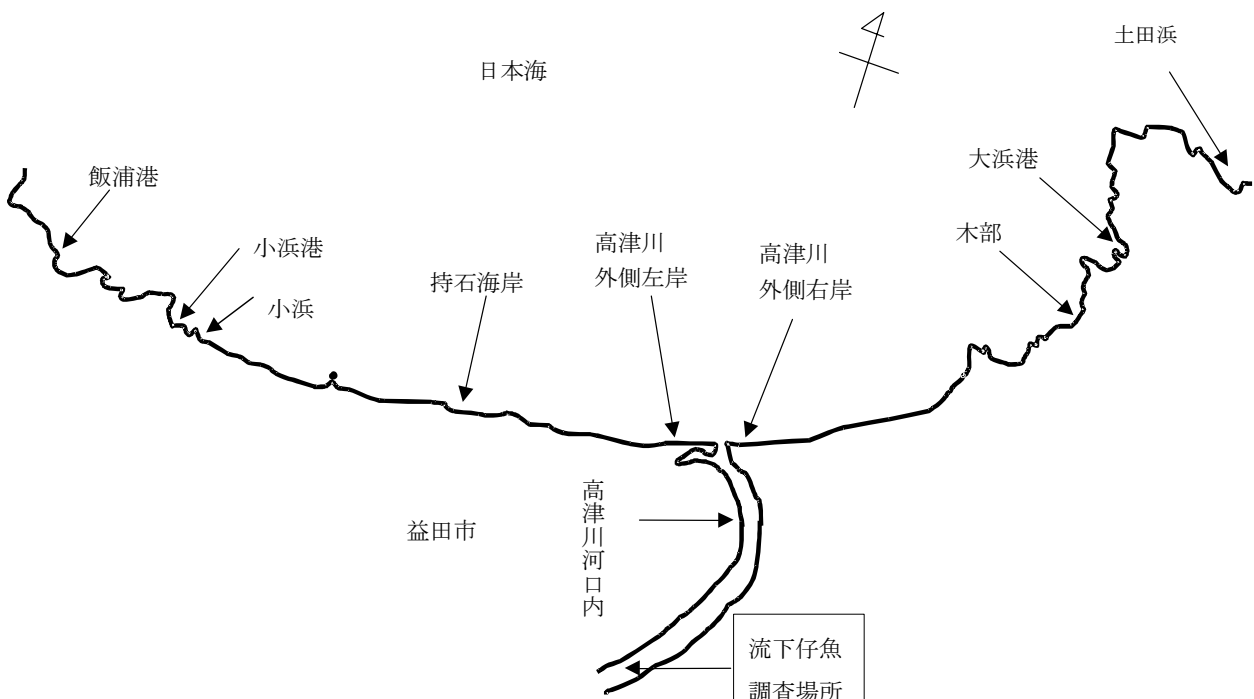


図1 調査場所

(1) 流下仔魚調査

高津川でのふ化仔魚の流下量、流下時期、時刻を把握するために、高津川最下流のアユ産卵場である飯田橋(河口から約3km上流)付近で流下仔魚調査を行った。調査を実施した月日は、10月16日、10月31日、11月20日、12月10日、12月25日である。

流下仔魚の採集には、口径45cm、長さ180cmの稚魚ネットを使用した。この稚魚ネットを水面直下に浮かべて夕刻からおよそ2~3時間おきに左岸、中央、右岸の3点で各5分間の採集を行った。ネットにはろ水計を取り付けてろ過水量を読み取った。

採集した流下仔魚はホルマリンで固定して後日計数を行った。流下仔魚の推定は次の手順で行った。

- 1) サンプル瓶中の仔アユを計数し、3地点の仔魚数を合計する。
- 2) ろ水計の数値よりろ過した水量を読みとり、3地点のろ水流量を合計する。
- 3) 3地点の仔魚数の合計を3地点のろ水流量合計で割り、水1トンあたりの仔魚数を算出する。
- 4) 建設省の流水量資料より調査日時における1秒間の流水量を求め、水1トン当たりの仔魚数と1秒当たりの流水量を乗じてその調査日時の1秒間当たり流下仔魚量とした。
- 5) 1秒間の流下仔魚数を3600倍し、調査時1時間の流下仔魚量とした。
- 6) 調査日の欠測時刻の流下仔魚数はその前後の調査時刻の流下仔魚数が直線的に変化すると仮定して1時間当たりの数を計算した。
- 7) 1時間ごとの流下仔魚数を合計してその調査日の流下数とした。
- 8) 調査日とその次の調査日との間の流下仔魚数は、その間の流下仔魚数が直線的に変化すると仮定して求めた。
- 9) 10月1日から12月25日(各々0尾と仮定する)までの1日ごとの流下仔魚数を合計してその期間内の総流下仔魚数を求めた。

(2) 沿岸アユ稚魚調査

平成13年11月から14年4月まで月1回の頻度で高津川周辺の沿岸海域(図1)においてアユ稚魚の採集を行った。調査を実施した日は11月21日、12月18~19日、1月30~31日、2月14日、3月14日、4月16日である。稚魚の採集に使用した漁具は下記のとおりである。

① 小型ひき網(図2)

11月と2月の調査で使用した。小型ひき網は砂浜の水深0~1mの海浜(砕波帯)で使用し、岸と平行に数人によって人力で曳網した。夜間採集の場合は灯火(500W)の照射を併用した。1地点につき150~200mの距離を曳網した。

② 投網

12月以降の調査で2分目の投網を使用した。調査時間は日中や夜間に行ったが、夜間の場合は灯火(500W)と組み合わせて使用した。

③ 刺網

1月と2月の調査では目合2分、幅30m、丈1.5mの刺網2枚を高津川河口内(図1)で使用した。調査は夕方から翌朝までに設置及び揚網を数回行った。

これとは別に2月~3月にかけて高津川河口内で漁業者の雑魚刺網でアユが採集されたので検体とした。また、3月に高津川中流部に遡上していたアユ群を投網で採集して検体とした。

いずれの採集方法においても、採集したアユ稚魚はアルコールで直ちに固定して後日、全長、体長及び体

重の計測を行い、採集した個体の一部について耳石の日輪数計数によるふ化時期の推定を行った。

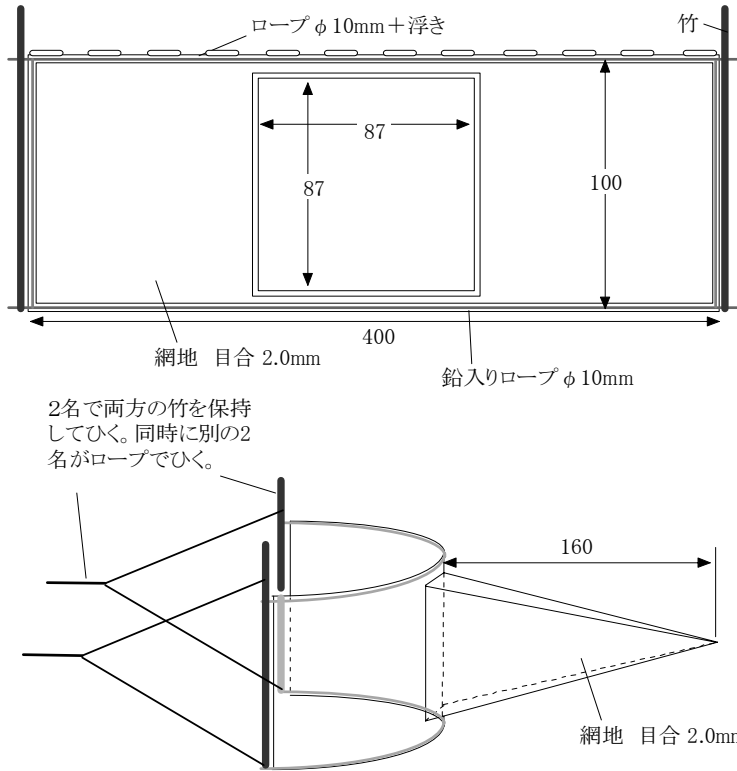


図2 小型ひき網

結果及び考察

(1) 流下仔魚調査

各調査日の調査結果から平成13年度の高津川流下仔魚量の変化を図3に示した。10月16日を除く各調査日の流下仔魚量の経時変化を図4に示した。

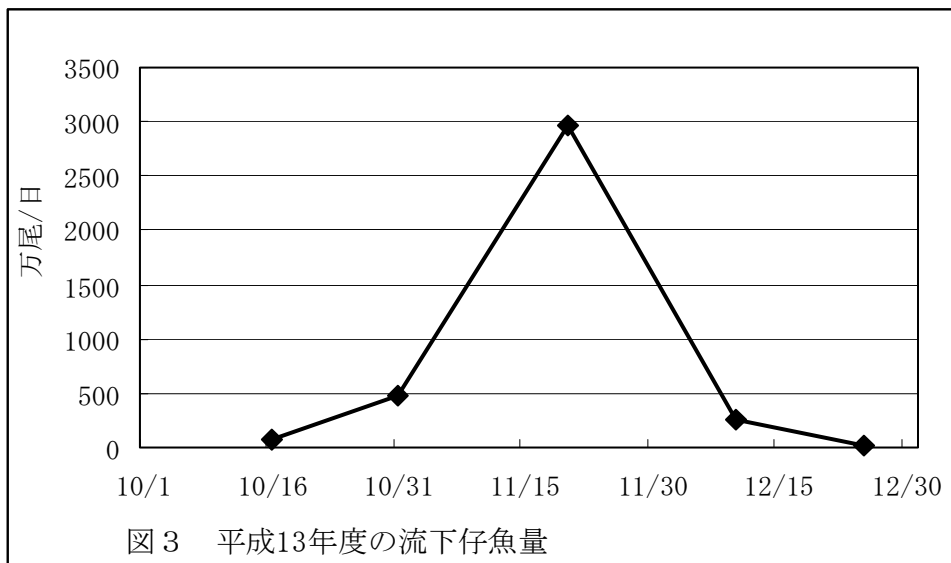


図3 平成13年度の流下仔魚量

流下仔魚は初回の10月16日にはすでに若干出現していた。第2回目調査の10月31日では第1回目の調査より多数流下していたが、ピークには至らなかった。ピークとなったのは第3回目の11月20日で1日に約3000万尾の仔魚が流下した。その後減少したが、12月25日にも若干の流下量があった。期間を通じて流下は11月中旬がピークの単峰型であった。平成11年度、12年度の流下ピークは10月中下旬であったが、今年度それよりも1ヶ月遅れたのが特徴的であった。流下総量は7.3億尾で平成11年度の7億尾、平成12年度の5.4億尾と比較して多い結果となった。

ふ化仔魚の流下時間は午後5時頃より開始して午前0時過ぎまで続いた。また、流下のピークは午後8時頃であった。この傾向は平成11年度、12年度と同様であった。

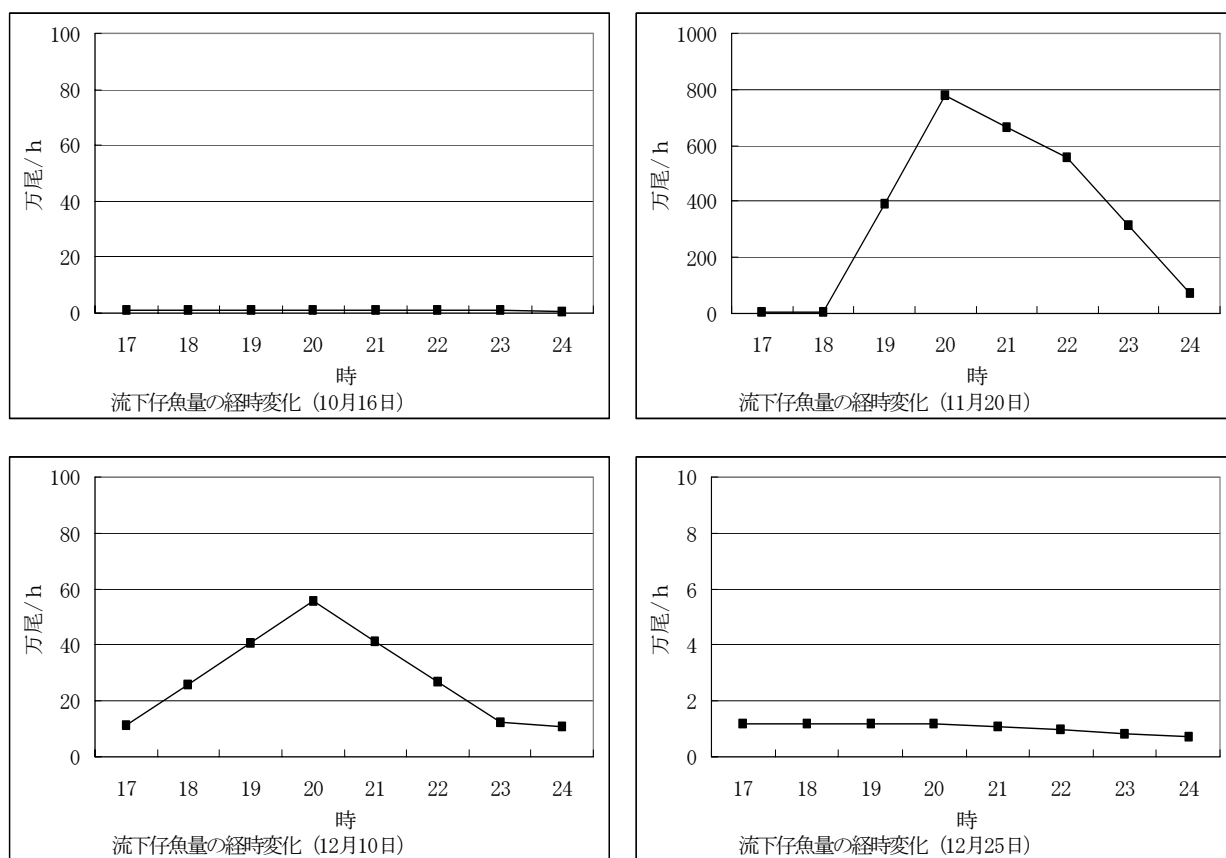


図4 流下仔魚量の経時変化

(2) 沿岸アユ稚魚調査

沿岸で実施したアユの採集結果を表1に示した。表を海浜（砕波帯）6カ所と港湾・河口内4カ所に分割した。表中の白色部分が実際に調査を実施したことを示しており、採集方法や採集尾数等を記した。

海浜については、冬期北西の季節風が強くて調査できる機会が少なかったが、土田のみは湾奥のために他の海浜に比較して波浪が穏やかで全調査日について調査できた。

小型ひき網調査では11月21日に各所でアユが多数採集された。AMとPMを通じて多かったのは土田で、その他AMの小浜、PMの高津川外側右岸で多数採集された。一方木部や持石海岸ではAMとPMともにほとんど採集できなかった。この時期のアユは日中も夜間も好適な場所には濃密に分布しているものと思われる。

12月18日の海浜の調査は、土田、木部及び持石海岸で実施したが何れも採集できなかった。また、1月15

表1 採集結果一覧（塗りつぶし部分は実施していないことを示す）

海浜（砕波帯）

採集月日	土田	木部	高津川外側右岸	高津川外側左岸	持石海岸	小浜
H13, 11, 21 AM9～12	小型ひき網を 100m曳網、 多数採集	小型ひき網を 100m曳網、採 集なし	小型ひき網を 100m曳網、5 尾採集	小型ひき網を 100m曳網、7 尾採集	小型ひき網を 100m曳網、採 集なし	小型ひき網を 100m曳網、多 数採集
PM6～10	小型ひき網を 150 m 曳網、 500W点灯 多数採集	小型ひき網を 100 m 曳網、 500W点灯 採集なし	小型ひき網を 100 m 曳網、 500W点灯 多数採集	小型ひき網を 100 m 曳網、 500W点灯 13 尾採集	小型ひき網を 100 m 曳網、 500W点灯 1 尾採集	小型ひき網を 100 m 曳網、 500W点灯 18 尾採集
H13, 12, 19 AM9～12	小型ひき網を 100m曳網 採集なし	小型ひき網を 100m曳網、採 集なし			小型ひき網を 100m曳網、採 集なし	
H14, 1, 15 PM6～8	夜間 500W点 灯小型ひき網 100m曳網 2尾採集					
H14, 2, 14 PM6～8	夜間 500W点 灯小型ひき網 100m曳網 採集なし					

港湾・河口

採集月日	大浜港	高津川河口内	小浜港	飯浦港
H13, 12, 18 PM6～10	夜間 500W点 灯投網 採集なし	夜間 500W点 灯投網 採集なし	夜間 500W点 灯投網 採集なし	夜間 500W点 灯投網 採集なし
H14, 1, 15 PM6～10	夜間 500W点 灯、採集なし	夜間 500W点 灯、採集なし	夜間 500W点 灯、多数採集	夜間 500W点 灯、採集なし
H14. 1. 30～31 PM3～AM9		刺網4回 PM3:30 ～AM8:30 採集なし		
H14, 2, 14	夜間 500W点 灯、13 尾採集	刺網3回 PM3:30 ～AM8:30 水温5℃ 採集なし	夜間 500W点 灯、多数採集 水温12℃	夜間 500W点 灯、採集なし
H14, 3, 14	夜間 500W点 灯、1 尾採集	日中投網 34 尾採集 水温河口内は 11.5℃、河口 外は13.7℃	夜間 500W点 灯、多数採集 水温14℃	
H14, 4, 16	夜間 500W点 灯、18 尾採集			夜間 500W点 灯、多数採集

日及び2月14日の調査は土田で夜間500W電照して実施したが、1月15日に2尾が採集されたのみであった。昨年度のひき網調査では12月、1月、2月とも土田だけは多数採集されていることから今年度の土田湾内のア

ユ生息数は少なかったと思われる。

港湾・河口内の調査は、12月18日に4カ所とも採集がなかった。1月15日以降の調査では小浜港に最も多く密集しており、その他4月16日の飯浦港でも多数採集された。これに比較して高津川の河口内や東側の例年多数採集されている大浜港では採集尾数が少なかった。

海浜と港湾の調査結果から判断すると今年度は高津川の東側で生息数が少なく、西側が多かったと思われるが、その原因は不明である。

高津川河口内で2月に漁業者の雑魚刺網で採集されたアユの提供を受けた。内訳は、2月13日1尾、2月21日1尾、2月23日6尾の合計8尾であった。2月14日に河口内水温を測定したところ4.5℃、一方の沿岸域水温は12.2℃であった。この頃には既にアユ稚魚の一部が河口内に侵入していることが判明した。また、3月にも漁業者の雑魚刺網で採集されたアユの提供を受けた。内訳は3月3日4尾、3月5日4尾、3月11日1尾の合計9尾である。3月14日に河口内水温を測定したところ11.5℃、一方の沿岸域水温は13.7℃であった。

高津川の河口から約10km程上流へ遡上群泳しているアユ稚魚を3月11日及び3月14日に投網で25尾採集した。この頃には成長の早いものが逐次遡上を始めているものと思われる。

C. 採集されたアユ稚魚の成長と推定ふ化日

採集された稚魚の調査日毎の体長組成を図5に示した。

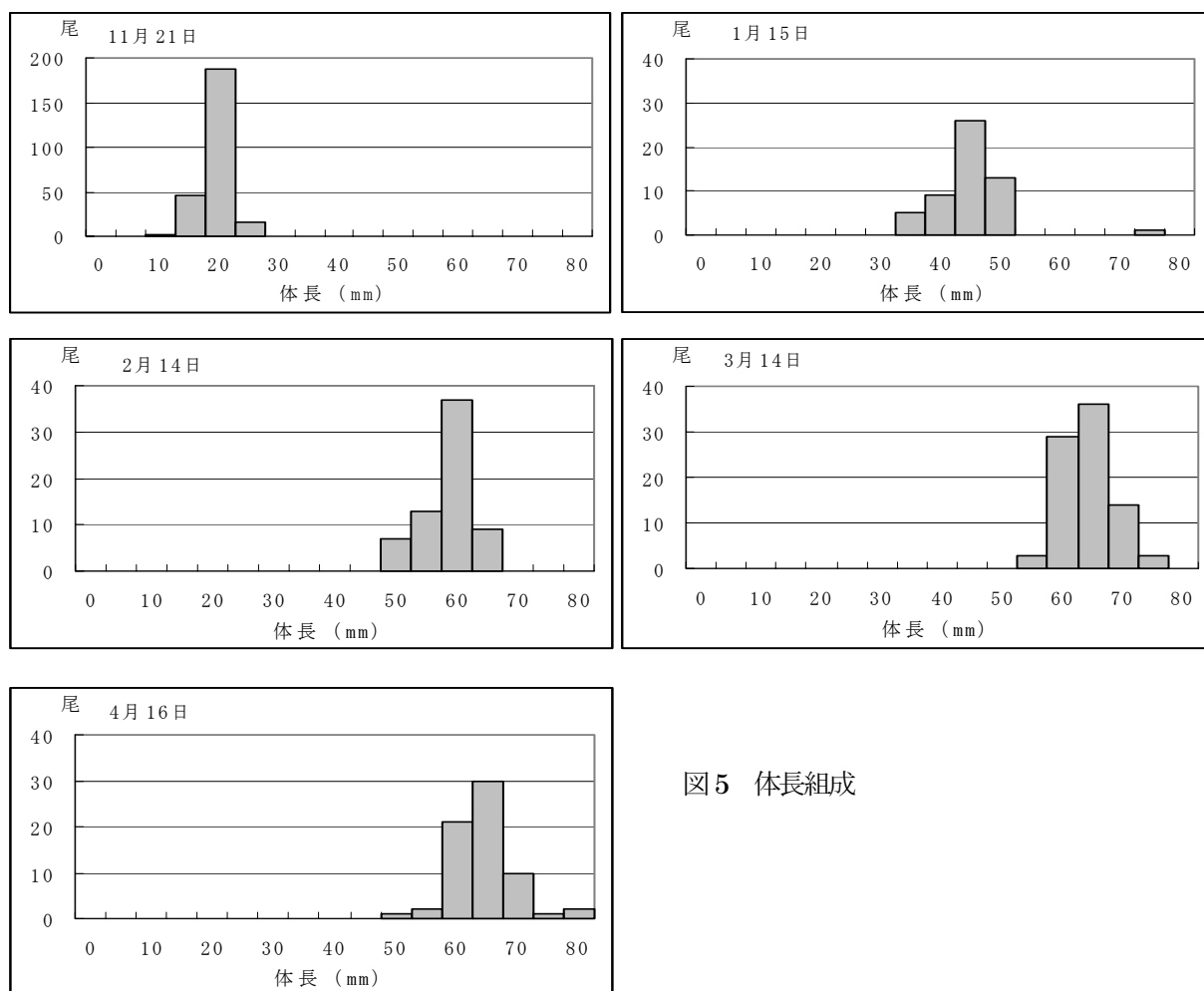


図5 体長組成

各月の体長測定を行った尾数は11月249尾、1月54尾、2月75尾、3月85尾、4月68尾で各々の平均体長は11月21.7mm、1月47.6mm、2月60.8mm、3月66.2mm、4月66.8mmであった。過去2年間の調査と同様に3月、4月に採捕されたアユのサイズはほぼ同じであった。

一方2月に漁業者の刺網により河口内で採捕された8尾の平均体長は66.1mmで、同時期に港湾内で採捕されたものと比較すると若干大きかった。3月に漁業者の刺網により河口内で採捕された9尾の平均体長は69.5mmで、同時期に港湾内で採捕されたものより若干大きかった。また、3月に河口より10km上流で採捕された25尾の平均体長は78.1mmで同時期に港湾内で採捕されたものより大型であった。

採集されたアユ稚魚の調査日毎のふ化日を推定した結果を図6に示した。

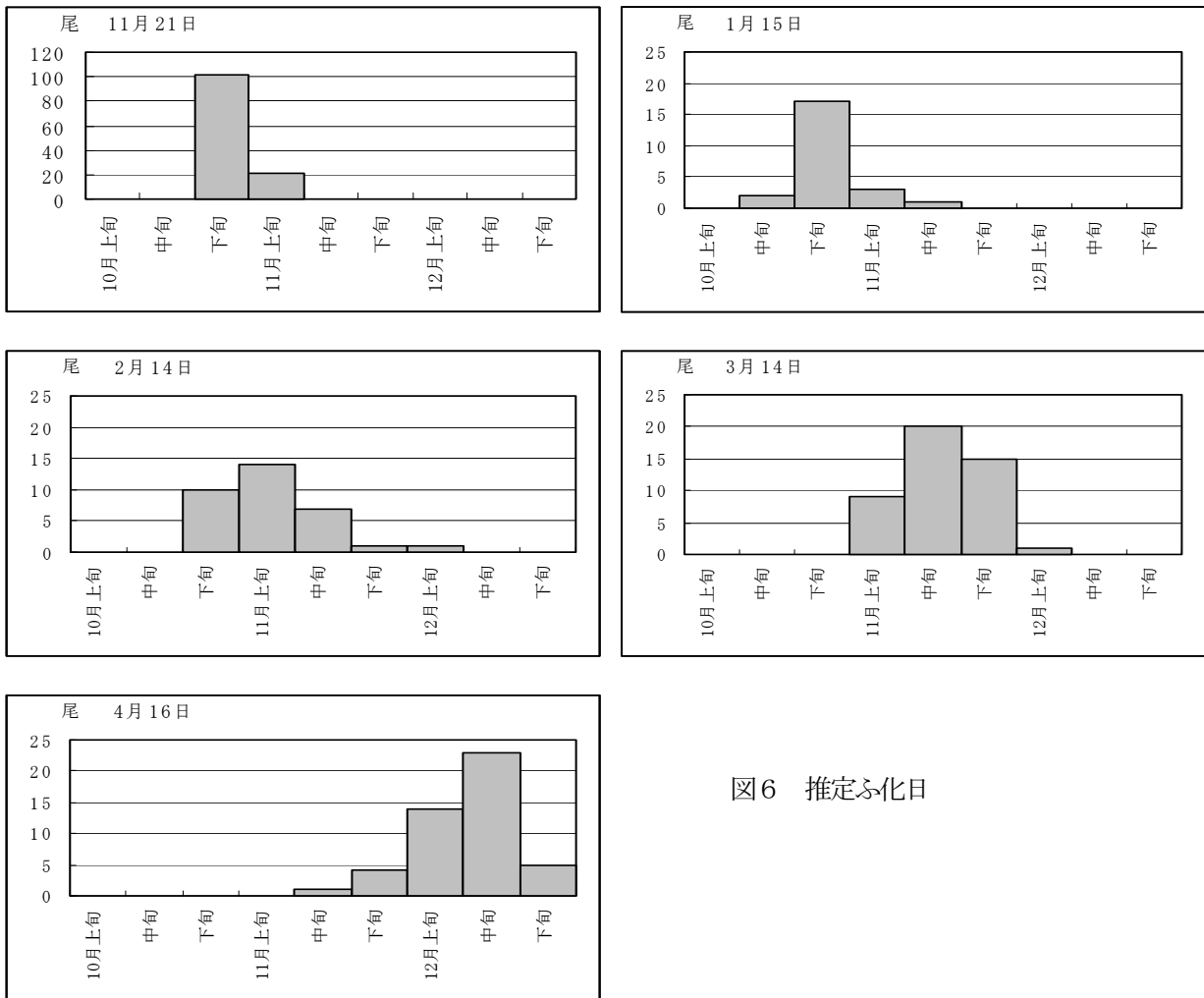


図6 推定ふ化日

港湾等で採捕された稚魚の推定ふ化日は11月、1月に採集したものは10月下旬にふ化したものの割合が高かった。2月からは10月生まれのもの割合が減少し、3月14日にはほぼ11月生まれのもの、4月にはほぼ12月生まれのもので占められた。

2月及び3月に漁業者の刺網により河口内で採捕された稚魚や3月に河口より約10km上流で投網により採捕された稚魚のふ化日は全て11月生まれのもので10月生まれや12月生まれのものはいなかった。ちなみに3月に上流で採捕された25尾(うち1尾推定不能)の内訳は、11月上旬生まれ4尾(21%)、11月中旬生まれ16尾(58%)、11月下旬生まれ4尾(21%)であった。10月生まれの稚魚は11月や1月の沿岸域に高い割合で生息するのに対して、最も早い時期に遡上する稚魚の中に10月生まれのものが含まれていないことがわかつ

た。今年度はふ化日を推定した尾数が24尾と少なかったため、来年度はより詳細に早期遡上群を調査してみる必要がある。

益田川のアユ産卵状況調査

益田川は美濃郡美都町春日山（989m）山麓より発し嵯峨ダムに注ぎ、流下して益田平野を北西流し、益田市街を貫流して日本海に注ぐ流長30kmの河川である。冒頭に記述した様に高津川との距離は河口で1.5kmしか離れておらず、アユは両河川で共通の資源となっていると思われる。そこで益田川の産卵状況を把握することを目的とした調査を行った。

方 法

①親魚調査

産卵期の初期と思われる10月11日に投網により親魚の採捕を行った。

調査場所は転倒堰の下流である多田川との合流点付近と転倒堰の上流にある札幌橋及び久々茂橋付近で採捕した。採捕したアユは全長と体重を測定した。

②流下仔魚調査

高津川の流下仔魚調査と同一日に稚魚ネットでアユ仔魚の採集を行った。調査を行った月日は、10月15日、10月31日、11月20日、12月10日、12月25日であった。

採集場所は産卵場の上流にある大橋及び産卵場の下流にある雪舟新橋で行った。

ネットの浸漬は夕方から真夜中にかけて数時間おきに5分間づつとした。

親魚調査と流下仔魚調査を行った場所の概略を図7に示した。

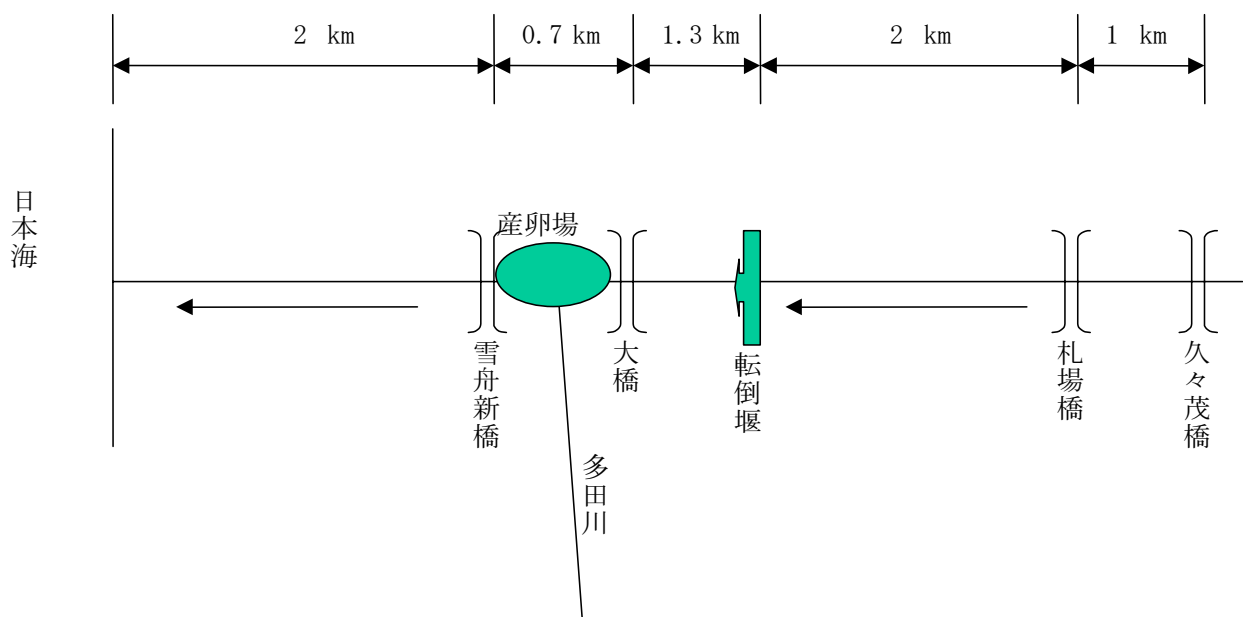


図7 益田川調査地点略図

結果及び考察

① 親魚調査

投網により多田川合流点付近（転倒堰下流）で38尾、札幌橋と久々茂橋付近（転倒堰上流）で9尾を採捕した。採捕したアユの大きさの平均は、多田川合流点付近が全長160.1mm、体重40.9g、札幌橋と久々茂橋付近が全長199.4mm、体重91.7gであった。両者の全長組成を図8に示した。

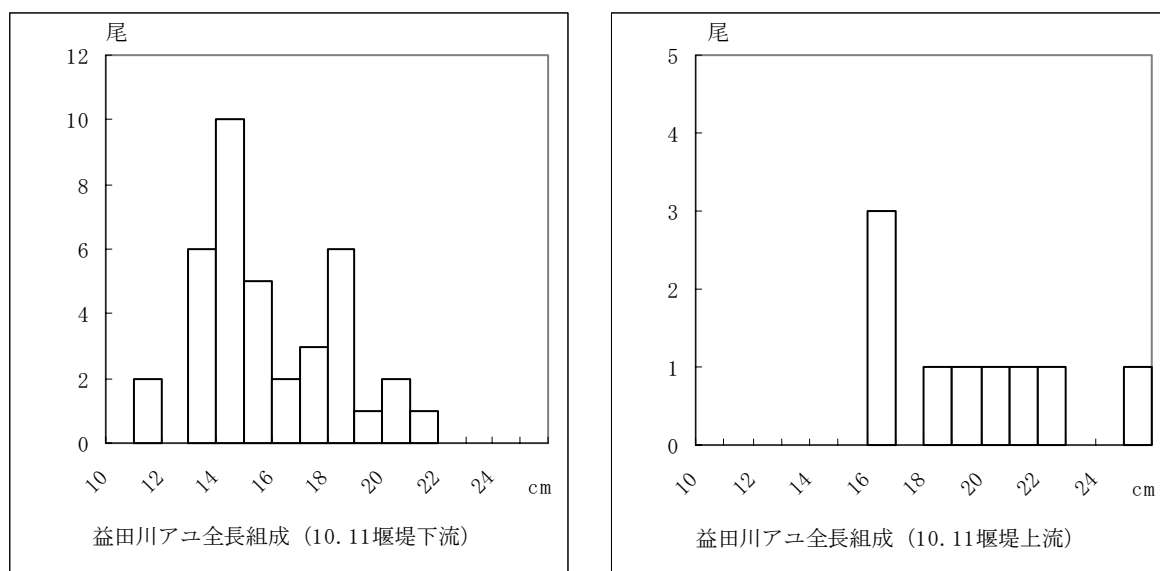


図8 全長組成

益田川は河口から4km上流に転倒堰があり、大水の時には転倒するが、平水時には遮蔽物となってアユを含む水生生物の移動を妨げている。

益田川に生息するアユの由来は放流が行われていないので天然遡上のみである。海から遡上してきた稚アユは、普段この転倒堰に妨げられてこれより上流に上れないが、大雨による増水時にはこれが転倒するためにアユの一部が上流へ遡上することは可能である。また、今年度は各河川とも天然遡上数が多く、益田川にも例年以上のアユが遡上してきたものと思われる。

このような理由から調査時には転倒堰下流に多くのアユが認められたが、適正な生息場所の面積に比較して過密に生息した為に成長はあまり良くなかった。一方堰が転倒した時に上流へ遡上したアユは良好な環境で順調に成長したものと思われる。なお、堰より下流は市街地のため河床が汚れているのが目についたが、堰より上流は郊外なので河床はきれいであった。

② 流下仔魚調査

益田川と高津川の調査結果を表2に記した。益田川については管轄する益田土木事務所が流量を把握していないため、日間流下仔魚量と総流下仔魚量を算出することができなかった。図9に水1tあたりの流下仔魚量を示したが、第1回目調査では濾水計の調子が悪くろ過水量を算出することができなかった。

調査は10月15日から12月25日までに5回実施したが、益田川では流下仔魚が出現したのは雪舟新橋で、大橋では出現しなかった。第1回目の10月15日は高津川ではすでに若干のふ化が始まっていたが、益田川ではまだふ化はしていなかった。第2回目の10月31日では、益田川は調査を開始した18:00にすで

に1トンあたり40尾弱の流下量があった。

表2 流下仔魚調査

月日	時間	高津川			時間	益田川	
		左岸	中央	右岸		上流部	下流部
		採捕数	採捕数	採捕数		採捕数	採捕数
10月15日 19.0~19.7℃	19:00	2	5	0	18:00 20:00	0	0
	21:00	130	15	14		0	0
	23:30	86	14	8			
10月31日 14.5~16.0℃	18:00	52	38	73		0	798
	20:00	223	123	36		0	263
	23:00	73	36	106		0	124
11月20日 11.5~13.2℃	17:30	18	4	23	18:00 20:00 22:00	0	1244
	19:30	4685	1632	613		0	1695
	21:30	2713	1854	828		0	383
	23:30	332	227	100			
12月10日 10.0~10.7℃	17:00	73	28	36	18:00 21:00 23:00	0	1941
	20:00	266	203	115		0	699
	23:00	62	34	52			61
12月25日 6.5~7.3℃	17:00	1	1	4	18:00 20:00	0	16
	20:00	0	4	5		0	2

第3回目調査の11月20日には流下量は益田川、高津川とも19:30に120尾/tの仔魚量で今シーズンのピークを迎えた。第4回目の12月10日には高津川は流下がほぼ終了し、10尾以下/tの低レベルとなっていたが、益田川は17:00で80尾/tの高いレベルを依然として持続していた。第5回目の12月25日には益田川も最高0.7尾/tとシーズンを終了していた。

第1回目を除いて益田川の流下仔魚は水1tあたりでは高津川より高密度でしかも長期間であった。また、大橋では流下仔魚が出現しなかったことにより、産卵場は図1に示した場所のみで行われ、これより上流では全く産卵はされていないことが判明した。

流水量が把握できないため流下仔魚の総量は不明だが、今年度は相当多数の仔魚が海へ流下したものと思われる。高津川と距離的に近いこと、海を通じて両河川のアユは互いに密接な関係を有しているものと思われる。すなわち益田川のアユ資源を保護増殖していくことは、高津川のアユ資源の増殖を計る上で有効な手段となるものと考えられる。

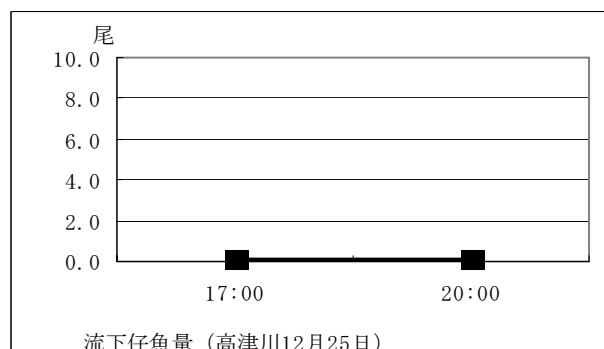
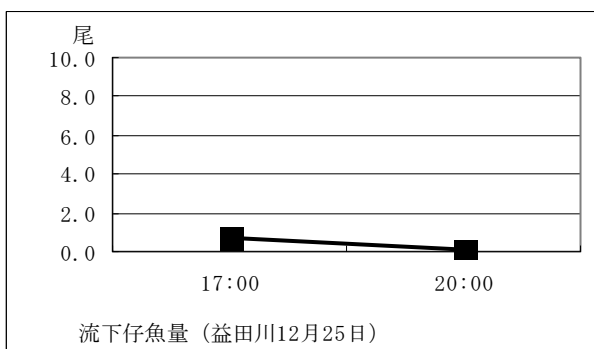
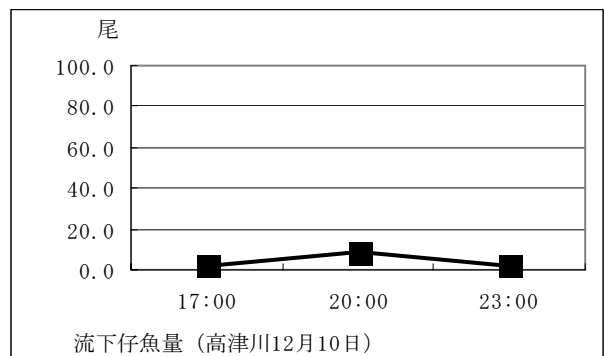
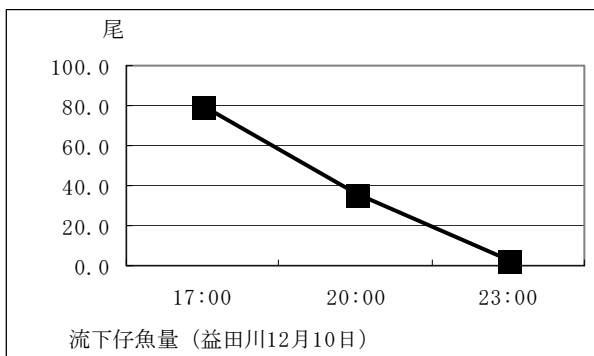
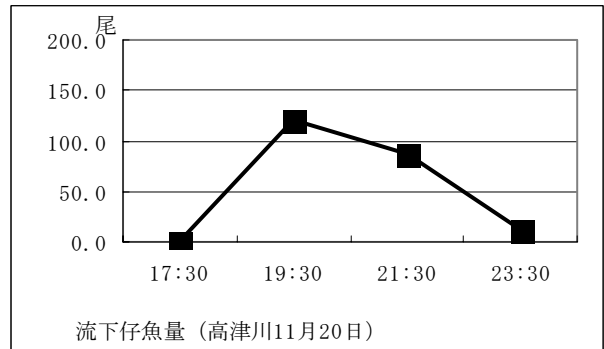
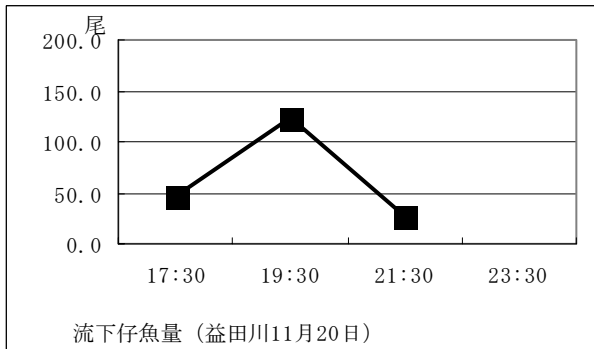
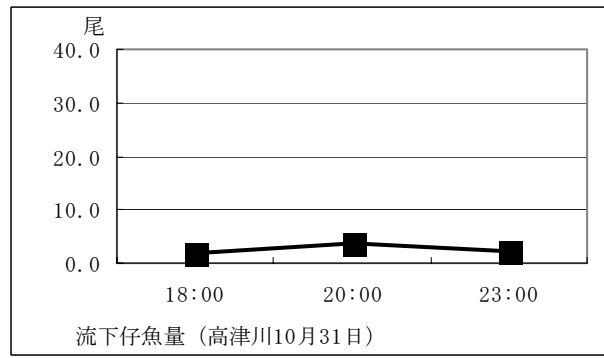
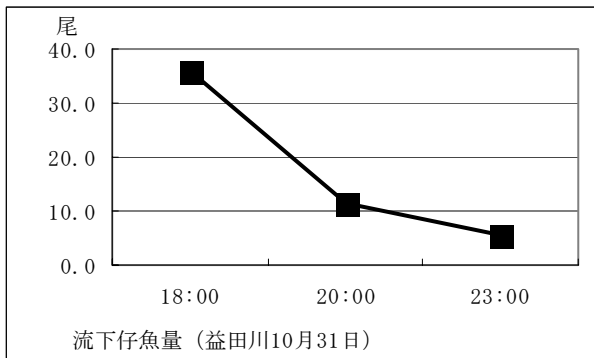


図9 水1tあたりの流下仔魚量

淡水魚増殖試験

— ゴギ種苗生産試験 —

後藤悦郎・三浦常廣・森山 勝

材料及び方法

1. 目的

ゴギの分布は中国地方の一部だけに生息し、山陰では島根県の斐伊川から高津川まで、山陽では岡山県の吉井川から山口県の錦川までが、自然分布の範囲として知られている。分布域と生息量共に島根県が一番多く生息適地となっている。また、もっとも西に分布するイワナ属として貴重である。

しかし、最近は山林の伐採などで生息環境が悪化し、乱獲なども影響して生息数が減少している。そこで増殖を計るために種苗生産放流を行うことを目的として親魚から採卵して種苗生産することを試みた。

なお、親魚から稚魚の飼育までを実施していただいた杉迫養魚場並びに親魚を採捕するにあたり協力いただいた地元の高津川漁業協同組合の石川組合長、田中課長及び浜田水産事務所水産課の方々に深謝します。

2. 方法

親魚は高津川水系伊源谷川から釣獲により採捕し、近くの杉迫養魚場のヤマメ飼育池に収容して産卵期まで飼育を行った。

10月31日に親魚の腹部圧搾により採卵し、アトキンス式水槽内に設置したカゴに卵を収容して飼育を開始した。卵の飼育中に発生した死卵は適時ピンセットで除去した。

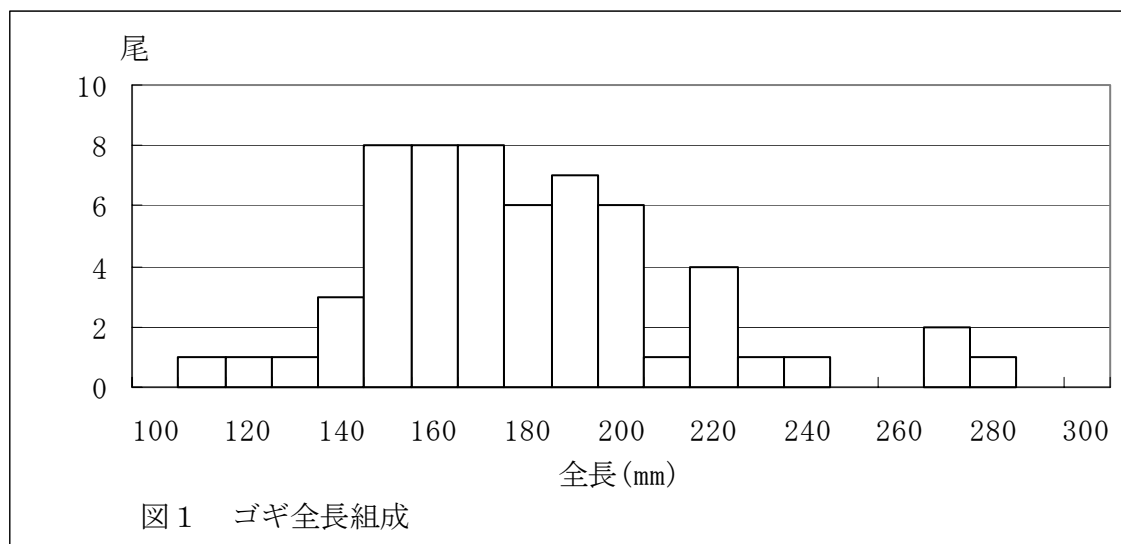
卵黄が吸収されて小さくなった頃より稚魚の餌付けを行った。餌付け当初は卵黄をすり潰したものを主体とした。餌付け開始後2ヶ月経過頃よりミミズ磨砕ミンチ、マス餌付け用配合飼料、カゲロウ、トビケラなどの水生昆虫等を適時混合して投与した。

3. 結果及び考察

伊源谷川からの親魚採捕は5月22日、10月12日及び10月25日の3回実施した。5月22日に26尾、10月12日に17尾、10月25日に16尾の合計59尾を採捕できた。産卵期間近の10月12日と10月25日は雌雄が判別しやすくなっており、判別を行った結果33尾中雌12尾、雄17尾、不明4尾であった。

採捕した親魚の全長組成を図1に示した。

採捕された59尾の全長の最小は115mm、最大は285mm、平均は186mmであった。10月に採捕した雌雄別全長平均では雌が178mm、雄が181mmで差がなかったが、最も大きい275mmと次に大きい227mmとも雄であった。



10月31日に雌3尾より腹部圧搾で約1,000粒の採卵に成功したが、採卵することができた親魚は長期間飼育された個体であった。釣獲された多くの個体は飼育期間中に池でへい死したり、生き残った個体も十分成熟せずに採卵するまでには至らなかった。今後安定的かつ確実に受精卵を得るために早い時期より親魚の適正な仕立て方を考慮する必要がある。

10月31日にアトキンス式水槽中の飼育カゴに収容したゴギの卵は、12月21日頃に700粒が発眼した。

ふ化は1月7日より始まり1月22日頃に終了したが、適時除去した死卵から推察すると約600尾がふ化したものと思われる。

2月に入ると浮上する個体が多くなってきたので2月7日から卵黄による餌付けを開始したが、餌づきが悪くようやく2月下旬頃から少しずつ摂餌する個体が認められるようになった。

3月になると摂餌する個体の割合が増加する一方で浮上当初より卵黄に餌付かない個体も多く、個体による成長差が次第に顕著になってきた。最終的に餌付くことができなかった個体は、徐々にやせて斃死した。

おおよその生残尾数を計測したところ3月15日に500尾となり、3月末には400尾前後となった。代々採卵を繰り返して家魚化した養殖ヤマメと異なり、野生のゴギは餌付けのタイミングや餌料種類の投与パターンが確立されておらず、成長や生残率において満足できる結果とはならなかった。

— 魚病 —

後藤悦郎

目的及び方法

県外の内水面における魚病被害を軽減するため、巡回による養魚・魚病指導を行った。魚病発生時には病魚の検査を行い、その結果をもとに養殖漁業者に対し治療・対策方法及び水産用医薬品の適性使用等について指導を行った。

結 果

魚病発生及び調査指導状況の結果を表1に示した。なお、冷水病関係は別に冷水病対策研究に記述した。

県内の主要養殖魚種はマス類（ヤマメ）であるが、12月に県内のマス類養殖漁業者を集めて、魚病等の講習会を実施、また各養鱒現場の飼育状況を巡回し、防疫や飼育方法等について指導、情報交換を行った。

ヤマメは8月6日に白点病の発生を確認したが、夏期の渇水時であったため換水率を高める等の有効的な対策がとれず稚魚から成魚まで大きな被害があった。冬期の2月18日にも1経営体で白点虫の発生を確認したが、被害を受けたのはアトキンス式ふ化槽で飼育中の稚魚であった。過密飼育、低換水率など飼育条件が悪かったためと思われる。1月23日に初めて養殖に取り組んだ経営体でふ化仔魚の調子が悪いとため検査を行った。累積のへい死率が高かったが、病原体等は確認されず原因不明であった。

その他発生した魚病としてはアユのビブリオ病とコイのカラムナリス病であったが、投薬の効果により被害を最小限に押さえることが出来た。

6月12日に県内の希少魚であるゴギの増殖を計るため、種苗生産、養殖に取り組んでいる広島県に養殖状況の視察を行った。

表1 魚病発生及び調査指導状況

月日	魚種	場所	調査内容等	備考（対策・指導等）
4/24	アユ	三刀屋町	飼育種苗疾病検査	ビブリオ病
5/24	コイ	出雲市	飼育種苗へい死原因検査	カラムナリス病
5/25	ドジョウ	安来市	巡回指導	
6/6	ヤマメ	赤来町、吉田村	巡回指導	
6/7	アユ	三刀屋町	養殖魚へい死原因検査	ビブリオ病
6/12	ゴギ	広島県	養殖状況調査	先進地視察
6/12	ヤマメ	大東町	養殖魚へい死原因検査	輸送の不備によるへい死
6/18	コイ	出雲市	飼育種苗へい死原因検査	パイプ内のアク流入によるへい死
6/22	ヤマメ	石見町	巡回指導	
6/25	アユ	三刀屋町	養殖魚へい死原因検査	ビブリオ病
8/6	ヤマメ	赤来町	養殖魚へい死原因検査	白点虫
8/31	アユ	三刀屋町	巡回指導	
9/6	ドジョウ	安来市	巡回指導	
9/11	ヤマメ	匹見町、柿木村	巡回指導	
10/1	ヤマメ	赤来町、大東町	巡回指導	

月日	魚種	場所	調査内容等	備考 (対策・指導等)
10/2	ヤマメ	頓原町	巡回指導	
10/10	ヤマメ	掛合町	巡回指導	
11/1	ヤマメ	頓原町	巡回指導	
11/20	スジエビ	赤来町	巡回指導	
12/3	ヤマメ	石見町	講習会	
12/10	ゴギ	匹見町	巡回指導	
1/11	ヤマメ	頓原町	巡回指導	
1/17	ドジョウ	安来市	巡回指導	
1/23	ヤマメ	頓原町	飼育種苗への死原因検査	不明
2/4	サケ	出雲市	巡回指導	
2/18	ヤマメ	邑智町	養殖魚への死原因検査	白点虫
3/15	ゴギ	匹見町	巡回指導	
3/25	ヤマメ	大東町、吉田村等	巡回指導	
3/26	ヤマメ	弥栄村	巡回指導	

—内水面外来魚管理等対策事業—

藤川裕司・後藤悦郎・森山 勝

近年、本県における河川、湖沼のオオクチバス、ブルーギルの分布範囲は広がりつつあると考えられる。オオクチバス、ブルーギルの分布状況を把握するとともに、駆除手法について検討を加えた。

方法

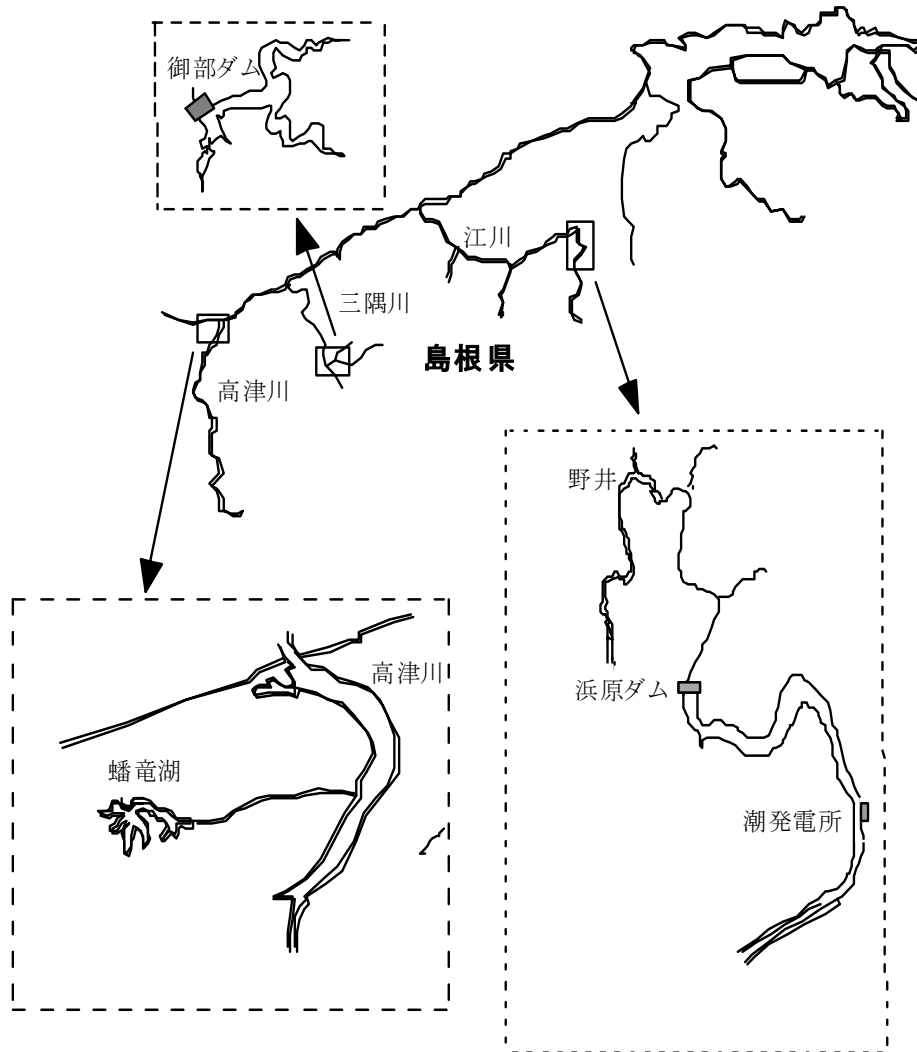


図1 調査実施状況

1. 蟠竜湖

平成13年4月16日に高さ1.2m長さ20mの刺網10張を設置し、翌日取り上げた。9月19日に刺網、籠を設置し、翌日取り上げた。籠は、4個設置した。3個の籠には、その内側にオキアミを入れた袋をつるしたが、残りの1個には、その処理は施さなかった。用いた籠は高さ60cm、直径60cmであった(図1)。また、9月19日には、浅場で目視されたオオクチバスに対し投網による採捕を試みた。9月19日の水温は、26℃であった。採捕されたオオクチバスについて体長、体重、生殖腺熟度、胃内容物についての測定を行った。

2. 三隅川

平成13年4月17日に、三隅川下古和地区および御部ダム湖において、それぞれ刺網を4張、5張設置し翌日取り上げた。平成13年9月20日には、三隅川御部ダムに刺網および籠を設置し、翌日取り上げた。籠は、4個設置した。2個の籠には、その内側にオキアミを入れた袋をつるし、残りの2つ籠には、イワシを入れた袋をつるした。また、平成13年9月20日には、浅場で目視されたオオクチバスに対し投網による採捕を試みた。9月20日の御部ダムの水温は、23.2℃であった。採捕されたオオクチバスについて、体長、体重、生殖腺熟度、胃内容物についての測定を行った。



図 1

3. 江川

平成13年5月10日に、浜原ダム魚道上流部において、ミミズを餌にした釣りによる釣獲試験を行った。また、平成13年5月10日には、浜原ダム湖内に刺網20張を設置し翌日取り上げた。5月11日の水温は、19.8℃であった。5月21日に、江川野井地区と浜原ダム湖内に、刺網をそれぞれ4張、10張設置し翌日取り上げた。5月21日の江川野井地区の水温は20.6℃、5月22日の浜原ダム湖の水温は23℃であった。8月27日には浜原ダム湖内に刺網14張と籠4個を設置し、翌日取り上げた。これら籠のうち、2個の籠には、その内部にオキアミを入れた袋をつるし、1つ籠にはスズキ魚肉を入れた袋をつるし、残りの1籠には、それらの処理は施さなかった。8月27日の浜原ダム湖内の水温は27.8℃であった。採捕されたオオクチバスとブルーギルは、体長、体重、生殖腺熟度、胃内容物の測定に供した。

結果

1. 蟠竜湖

4月16～17日、9月19～20日に実施した刺網による捕獲試験では、オオクチバスはそれぞれ10張当たり9尾、12張当たり5尾の採捕が認められた。9月19～20日に実施した籠による捕獲試験では、オオクチバス、ブルーギルは採捕されなかった。9月19日には、沿岸の浅場において、当歳魚と推測される小型オオクチバス

表1 使用漁具とオオクチバスとブルーギルの採捕結果

日付	漁具	目合い等*	使用漁具数	オオクチバス		ブルーギル	
				尾数	体長範囲(mm)	尾数	体長範囲(mm)
4月16～17日	刺網	主に5寸2寸 1.2×20m	10張	9	183～363	0	
9月19～20日	刺網	5寸2寸 1.2×20m	3張	0		0	
9月19～20日	刺網	4寸1.5寸 1.2×20m	3張	0		0	
9月19～20日	刺網	4寸1寸 1.2×25m	3張	4	217～228	0	
9月19～20日	刺網	1寸 1.2×25m	3張	1	195	0	
9月19～20日	籠		4個	0		0	
年9月19日	投網	3cm	6投	4	99～116	0	

*5寸2寸とは3枚網の外網の目合いが5寸で身網の目合いが2寸であることを示し、1寸とは1枚網の身網の目合いが1寸であることを示す。目合いは、刺網では結節から結節までの長さを示し、投網では、外径を示す。

が船上より目視でしばしば確認された。これらに対し、投網による採捕を試みたところ、6投当たり4尾の採捕が認められた。

2. 三隅川

4月17～18日に、刺網による捕獲試験を下古和地区および御部ダムにおいて実施したが、オオクチバスを採捕することはできなかった。9月20～21日には、御部ダムにおいて刺網による捕獲試験を実施し、12張当たり3尾採捕した。9月20～21日には、籠による捕獲を試みたが、オオクチバス、ブルーギルは採捕されなかった。9月20日には、沿岸の浅場で当歳魚と推測される小型オオクチバスが船上より目視でしばしば確認された。これらに対し、投網による採捕を試みたところ、5投当たり5尾のオオクチバスの採捕が認められた。

表2 漁具の使用状況

日付	場所	漁具	目合い等*	使用 漁具数	オオクチバス		ブルーギル	
					尾数	体長範囲 (mm)	尾数	体長範囲 (mm)
4月17～18日	下古和	刺網	主に5寸2寸 1.2×20m	4張	0		0	
4月17～18日	御部ダム	刺網	主に5寸2寸 1.2×20m	5張	0		0	
9月20～21日	御部ダム	刺網	5寸2寸 1.2×20m	6張	1	278	0	
9月20～21日	御部ダム	刺網	4寸1.5寸 1.2×20m	2張	0		0	
9月20～21日	御部ダム	刺網	4寸1寸 1.2m×25m	2張	2	180～188	0	
9月20～21日	御部ダム	刺網	1寸 1.2×25m	2張	3	191～220	0	
9月20～21日	御部ダム	籠		4個	0		0	
9月20日	御部ダム	投網	3cm	5投	5	93～142	0	

*5寸2寸とは3枚網の外網の目合いが5寸で身網の目合いが2寸であることを示し、1寸とは1枚網の身網の目合いが1寸であることを示す。目合いは、刺網では結節から結節までの長さを示し、投網では、外径を示す。

3. 江川

5月10日に、浜原ダム魚道上流出口において、目視によりオオクチバスの存在が確認された。これらを対象にミミズを餌とした釣獲試験を実施し、6尾のオオクチバスを採捕した。5月10～11日に刺網による捕獲試験を浜原ダム湖で実施し、20張当たり49尾のオオクチバスの採捕が認められた。5月21～22日に江川野井地区において刺網4張による捕獲試験を実施したが、オオクチバスの採捕は認められなかった。また、5月21～22日には、浜原ダム湖においても刺網による捕獲試験を実施し、10張あたり2尾のオオクチバスが採捕された。浜原ダム湖における、5月10～11日と5月21～22日の刺網1張当たりオオクチバス採捕尾数は、それ

表3 漁具の使用状況

日付	場所	漁具	目合い等*	使用 漁具数	オオクチバス		ブルーギル	
					尾数	体長範囲 (mm)	尾数	体長範囲 (mm)
5月10日	浜原ダム魚道	釣り		2人で90分	6	332～400	2	142～165
5月10～11日	浜原ダム湖	刺網	主に5寸2寸 1.2×20m	20張	49	172～413	15	113～177
5月21～22日	野井地区	刺網	主に5寸2寸 1.2×20m	4張	0		0	
5月21～22日	浜原ダム湖	刺網	5寸2寸 1.2×20m	8張	2	277～376	5	151～173
5月21～22日	浜原ダム湖	刺網	4寸1.5寸 1.2×20m	2張				
8月27～28日	浜原ダム湖	刺網	5寸2寸 1.2×20m	5張	2	262～277	0	
8月27～28日	浜原ダム湖	刺網	4寸1.5寸 1.2×20m	3張	0		0	
8月27～28日	浜原ダム湖	刺網	4寸1寸 1.2×25m	3張	1	217	1	128
8月27～28日	浜原ダム湖	刺網	1寸 1.2×25m	3張	1	220	0	
8月27～28日	浜原ダム湖	籠		4個	0		1	136

*5寸2寸とは3枚網の外網の目合いが5寸で身網の目合いが2寸であることを示し、1寸とは1枚網の身網の目合いが1寸であることを示す。目合いは、刺網では結節から結節までの長さを示す。

それぞれ2.5尾、0.2尾であり、両者に大きな違いが認められたのは特徴的である。8月27～28日に浜原ダム湖において、刺網による捕獲試験を実施し、14張当たり4尾のオオクチバスが採捕された。8月27～28日にかけて

実施した籠による捕獲試験では、オキアミを収容した袋を内部につるした籠にブルーギル1尾が入網した。

4 遊漁人口調査

表4 蟠竜湖における月別遊漁者数（平成13年4月～14年2月）

4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
80	300	130	330	303	301	122	110	110	30	30

蟠竜湖における月別遊漁者数を表4に示した。遊漁者は春から夏にかけて多く、年間のべ人数は1,846人であった。これら遊漁者はすべてバス釣りであった。オオクチバスの1日当たり平均釣獲尾数は1～2尾程度である。釣られたオオクチバスは、一部の大型個体を除きほとんどが再放流される。遊漁者の年齢別割合は、小学生、中学生、高校生が2割、20～40歳が7割、40歳以上1割程度であった。

考察

浜原ダム湖における5月10～11日の刺網試験操業では、刺網1張当たり2.5尾のオオクチバスの採捕が認められたが、5月21～22日には1網当たり0.2尾の採捕が認められたのみであり、両者に大きな違いが認められた。同時に採捕されたニゴイ、フナ等の採捕尾数を比較すると、5月10～11日は1張当たり4.5尾であったが5月21～22日は1張当たり2.4に減少した。5月10～11日と5月21～22日の水域環境の違いは、前者はそれまでの好天が引き続く安定した環境にあったが、後者は5月21日より雨天となり、5月22日には、ダム放水により水位が前日より30cm下がっていた。5月21～22日は、この環境変化により、オオクチバスを始めとした、魚類全般の回遊性が低下し、そのため刺網に罹網しにくくなった可能性が考えられる。

従来、本県では、試験操業に用いる刺網は、3枚網を用いてきた。しかし、3枚網では、魚類が複雑に罹網するため、その処理に多くの労力を要する。また、混獲される在来種の魚体損傷も激しい。本試験において、身網目合い1寸の3枚網と1寸の1枚網について、オオクチバスの1張当たり罹網尾数を比較した所、それぞれ0.9尾、0.6尾であった。今後は身網1.5寸、2寸の3枚網と1枚網についても同様な比較を行い、それぞれの漁具特性について検討を加えたい。

オオクチバスを駆除する場合、産卵経験のある大型魚を駆除するより、初回産卵を行う前の小型魚を駆除することが重要だと考えられる。蟠竜湖や浜原ダム湖における9月調査で、沿岸の浅場で当歳魚と推測されるオオクチバスがゆったりと遊泳している姿が、目視により観察された。特に、日当たりの良い浅場において、多く観察された。これらを、投網11投により9尾採捕した。投網によるオオクチバス当歳魚の採捕は、前述した未成熟小型魚に高い漁獲圧力をあたえることの重要性とあいまって効率的と考えられ、平成14年度も引き続き検討したい。

ゼオライト覆砂によるヤマトシジミ育成環境と

水質改善効果の実証研究（要旨）

森脇晋平・森山 勝・大北晋也・大島和浩・

平成11年度から横断的連携推進の一環として県立の試験研究機関による標記テーマの「共同研究」を実施した。参画研究機関は当水試のほか保健科学環境研究所と産業技術センターである。

以上の研究によって得られた成果（要旨）は、以下のとおりであった。研究開始当初に設定した研究の達成目標と対比する形で示した。

①ゼオライト覆砂による底質改善効果の検証

- a) ゼオライト覆砂により底質が粗粒化し、ヤマトシジミの育成に適した底質に改善された。
- b) 試験区の水流が比較的強いため、ヘドロの再堆積がなく覆砂区は健全なまま維持された。

②ゼオライト覆砂によるヤマトシジミの増産

- a) 全ての覆砂区で稚貝の生息が確認され、その個数は周辺の非覆砂区より多かった。また、ヤマトシジミ以外の底生生物数も覆砂区が多かった。
- b) 飼育調査によるヤマトシジミの生残率は、覆砂区が非覆砂区に比べて高い傾向にあった。
- c) 覆砂区と非覆砂区におけるヤマトシジミ個体群の調査結果からは、覆砂区においてヤマトシジミが増加しているという確証は得られなかった。

③ゼオライト覆砂とヤマトシジミ育成による水質改善効果の検証

- a) 室内における人工水路実験により、ゼオライト覆砂とヤマトシジミの組み合わせによる水質改善効果が実証できた。特にゼオライトとシジミの組み合わせによるSS成分の低減効果が大きく、シジミによる水質のろ過速度も算出できた。
- b) 覆砂試験区における水質は汽水であり、ナトリウムイオン濃度が極めて高く、アンモニウムイオン濃度は0.1mg/L程度と非常に低い。バッチ実験でゼオライトによるアンモニウムイオンの吸着除去効果が確認できた。

④堀川・京橋川の水質改善

- a) 覆砂試験区周辺の水流が強いため、直接的な水質改善効果の検証は不可能であった。
- b) 試験区はポンプ場による強制水流が起きており、その水質は夏場でも底層は貧酸素化しにくくシジミ生育にとって良い環境であった。
- c) 覆砂区へのヤマトシジミ散布後に存在する個体数のシジミが京橋川概略地形(筋違橋～東橋)の川延長1500mに分布したと仮定して、水質改善効果(SSの除去)をモデル的に計算した。その結果、ポンプ稼働時は最下流部で2/5のSSが除去されるが、夜間等のポンプ停止時にはシジミのろ過作用により、5時間後にSS濃度は半減する事が判明した。

詳細については、「ゼオライト覆砂によるヤマトシジミ育成環境と水質改善効果の実証研究」研究報告書と同研究報告書資料集（何れも平成14年3月発行）を作成しているのでそれを参考にしてください。

— 冷水病対策研究 —

後藤悦郎

目 的

全国でアユに甚大な被害をもたらしている冷水病は、当県の各河川においても相当の被害をもたらしているためその被害の軽減を計る。

方 法

県内産人工種苗は定期的に江川漁協種苗生産施設及び高津川漁協中間育成施設を巡回して冷水病菌の保菌検査を行った。また、琵琶湖産種苗及び他県産海産種苗は放流時或いは放流後にできるだけ速やかに冷水病菌保菌検査を行った。

種苗の河川放流後は、各河川漁協等と情報交換を行い、へい死魚発生時には冷水病によるへい死かどうかを検査した。なお、冷水病菌の検出方法は改変サイトファーガ培地による培養法か PCR 法のいずれかで実施した。

今年度は冷水病の発生と感染の拡大防止を計るために、各河川漁業協同組合及びアユ養殖業者への指導、防疫の強化を行うための取り組み方針を検討した。

結 果

冷水病検査及び調査指導状況の結果を表 1 に示した。

各河川におけるアユ冷水病発生状況は例年の発生動向と同様であり、6月中旬から7月中旬までと夏場の回復期を経て水温が低下する 10 月から 11 月までの 2 回の山が見られた。

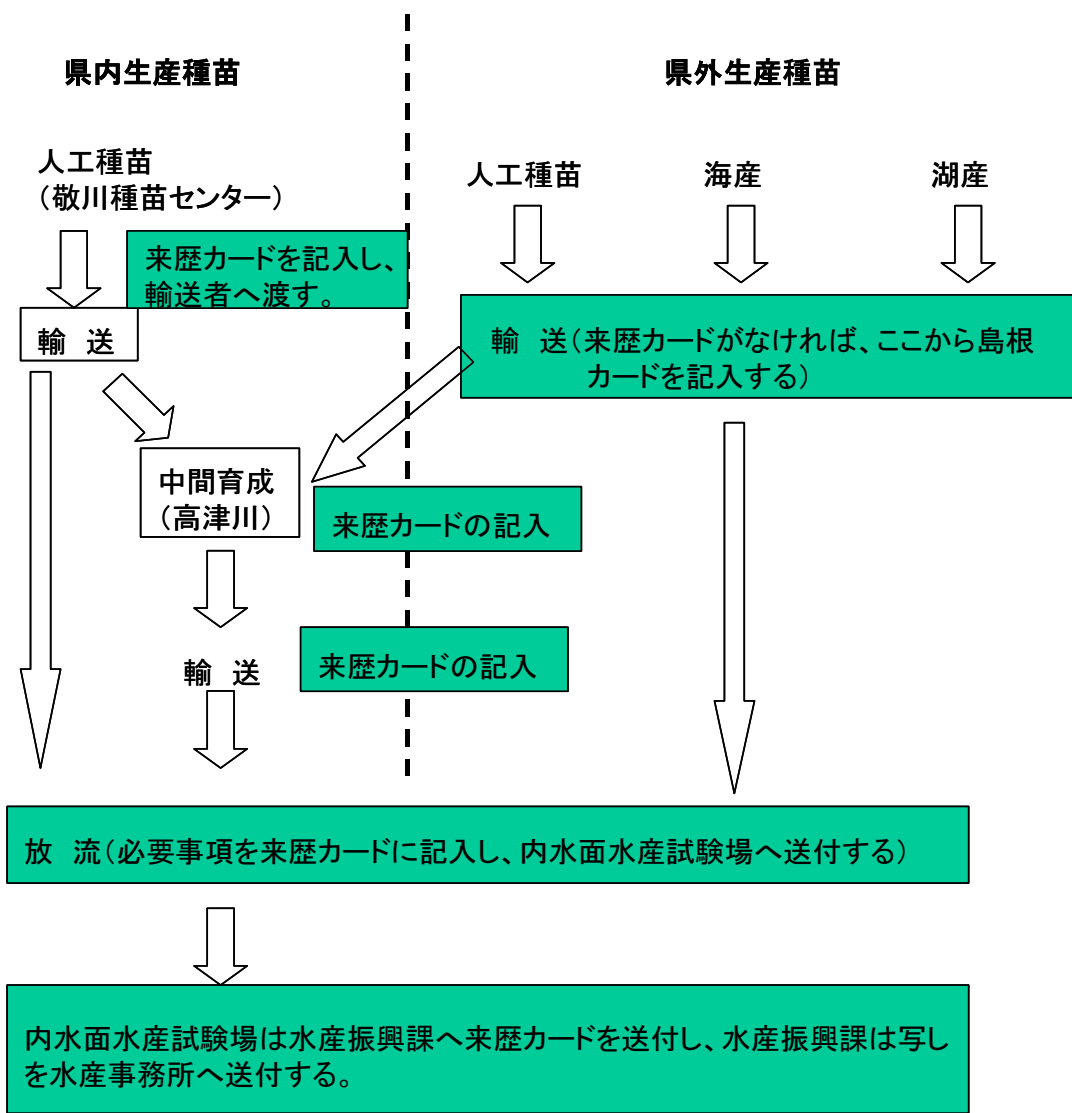
数河川では上流部において解禁後にアユの魚影が少ないため調査を行った。原因は冷水病による斃死被害と降雨増水により衰弱したアユが流下して生息量が減少したものと思われる。

アユ養殖業者には冷水病が発生せず、良好な成績で推移した。

次年度以降の冷水病への取り組み方針を検討した結果、年度末に方針を策定することが出来た。具体的には冷水病はこれまで内水面水産試験場がほぼ単独で対応していたが、今後は内水面水産試験場を中心として行政を含めた体制で実行すること、各河川に放流されるアユ種苗（特に県外産）の来歴把握の徹底を計ること等である。来歴の把握については「島根県あゆ種苗来歴カード」を作成し各河川漁業協同組合に配布、記入してもらうこととした。来歴カードの流れの概略を図 1 に示した。年度末には策定した取り組み方針について各河川漁業協同組合及び養殖業者を巡回して説明を行った。

表1 冷水病対応状況

月日	魚種	場所	調査内容等	備考（対策・指導等）	
4/11	アユ	出雲市	放流用種苗冷水病保菌検査	冷水病症状あり	
4/19	アユ	益田市	飼育種苗疾病検査		
4/19	アユ	旭町	放流用種苗冷水病保菌検査		
4/23	アユ	旭町	放流用種苗冷水病保菌検査		
4/23	アユ	三刀屋町	巡回指導		オゾン効果試験指導
4/27	アユ	旭町、三隅町	放流用種苗冷水病保菌検査		
4/26	アユ	三刀屋町	放流用種苗冷水病保菌検査		
5/1	アユ	三刀屋町	放流用種苗冷水病保菌検査		
5/5	アユ	旭町	放流用種苗冷水病保菌検査		
5/7	アユ	三刀屋町	放流用種苗冷水病保菌検査		
5/9	アユ	出雲市	放流用種苗冷水病保菌検査		
5/11	アユ	川本町	放流用種苗冷水病保菌検査	オゾン効果試験指導	
5/14	アユ	三刀屋町	巡回指導		
5/18	アユ	金城町、三隅町	放流用種苗冷水病保菌検査		
6/11	アユ	益田市	河川内へい死原因検査	冷水病	
6/12	アユ	佐田町	河川内へい死原因検査	冷水病	
6/28	アユ	瑞穂町	河川内へい死原因検査	冷水病	
7/9	アユ	三刀屋町	巡回指導	冷水病	
7/11	アユ	旭町	河川内へい死原因検査		
10/25	アユ	桜江町	河川内へい死原因検査	冷水病	
12/4	アユ	江津市	放流用種苗冷水病保菌検査	グルギア症	
1/15	アユ	益田市	放流用種苗冷水病保菌検査		
1/31	アユ	益田市	放流用種苗冷水病保菌検査		
2/15	アユ	益田市、江津市	放流用種苗冷水病保菌検査		
3/15	アユ	益田市、江津市	放流用種苗冷水病保菌検査		
3/25	アユ	三刀屋町	巡回指導		
3/26	アユ	金城町	巡回指導		
3/27	アユ	益田市	巡回指導		



しまねの豊かな川づくり事業 —河川環境評価手法検討調査—

向井哲也・後藤悦郎・森脇晋平

近年の自然環境の保全に配慮する風潮がから、河川改修に際しても「多自然型川づくり」と呼ばれる環境や生物の生息に配慮した改修工法が取り入れられるようになってきた。しかし、多自然型川づくりに関する河川環境調査の手法についてはまだ十分に検討されているとは言えず、有効な調査手法を取り入れることで「魚のすめる川づくり」をさらに普及させてゆくことが必要である。本事業ではそのために河川環境評価についての最新の調査手法について情報収集と実地調査を実施している。

平成13年度はPHABSIM（ピー・ハブシム：生息場の物理環境評価法）という比較的新しい河川環境調査手法について試験を実施した。PHABSIM（Physical Habitat Simulation、生息場の物理環境評価モデル）とは河川環境評価手法の一つで、河川における「魚のすみやすさ」を客観的な数値として表すことを目的とする。方法は、河川を細かいセルに区切り、各セルにおける魚類の生息状況と河川環境を分析してゆく。その結果から魚種ごとの生息適性（その魚種にとってどのような環境が住みやすいか？）を流速、水深、水温、隠れ場所などの要素ごとに分析してゆく。魚種ごとの生息適性基準が分かれば、評価対象とする河川区間にそれを関数としてあてはめ、理論的・客観的に河川生物環境（その河川区間がある魚種についてどの程度住みやすいか）を評価することができる。また、河川改修の際、ある魚種を対象に想定してそれが住みやすい河川環境を設計することも可能となる。このような手法は海外特にアメリカではかなり普及しているが、国内においてはまだ研究段階であり魚種ごとの生息適性についてもまだ十分に調査されていないのが現状である。本事業ではPHABSIMの第一歩として、県内河川における魚種毎の生息適正基準の測定について河川で試験的に調査を実施し、実際の調査における課題について検討した。なお、本調査に当たっては豊橋技術科学大学の中村俊六教授に現地での技術指導、調査のまとめについての助言指導、コンピュータプログラムの提供など多大なご協力をいただいた。

調査方法

調査地点

調査は三刀屋町古城の斐伊川水系三刀屋川において実施した（図1）。

調査日時

調査日は平成13年9月24日である。

調査方法

調査については下記の手順で行った。

(1) 調査区間の設定

現地の状況を見て調査区間を設定した。調査区間は早瀬を含む約150mの区間に設定した。

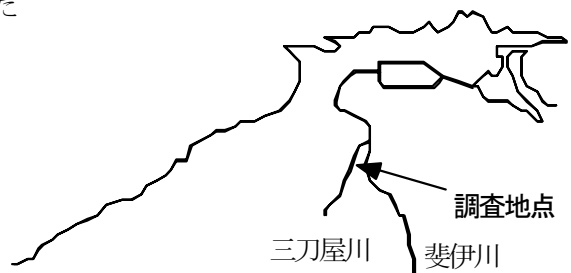


図1 調査地点

(2) 横断杭と量水標の設置

河川横断面を設定するため、調査区間内に3点ほど両岸に木の横断杭を打って横断面を設定した。また、水位を正確に計るため、調査区間内の最上流部に量水標を設置した。

(3) 平板測量による河川形状図の作成

現場で測量器を用いて平板測量を行い、調査区間の河川形状をその場で方眼紙上に正確に図化した。測量にはSOKIA製トータルステーション SET6S と反射プリズムを用いた。

(4) 潜水目視による魚類生息状況調査

潜水目視調査により調査区間内の魚類生息状況を記録した。潜水時には水中ノートとタグ（長さ15cmのチェーンの重り付きの番号札）を準備し、魚類を発見した場合はその場にタグを投入し、水中ノートにタグの番号・魚種・大きさ・個体数・底質を記録した。

(5) タグ・ロケーションマップ (TL-MAP) の作成

測量器を用いて潜水調査時に投入したタグの位置を測量し、河川形状図に記入した。

(6) 各横断線上での水理計測

河川横断面図の作成のため、(2)で設定した3本の横断線において水深と流速を測定した。水深と流速は各横断面につき河底の形状や流況を見て5~10点測定し、各測定点は測量器で測量して位置を図に記入した。流速は平均値として水面から $d \times 0.6$ (d は底までの水深)の深さで測定した。流速の計測にはプロペラ式流速計（東邦電探社製CM-1BN）を用いた。

(7) 魚種毎の魚類生息場適正基準(HSC)の推定

河川形状図に基づき河川をセルに区切り、測定結果を元に各セルにおける水理（水深・流速・底質・カバー（隠れ場所））を算出した。セル分割には横断線を水深0.5mごとに区切り、その点を基点として横断線から垂直に線を引いてセルの境界とした。タグロケーションマップから各セルにおける生息魚種・個体数を出し、各セルの水理状況と合わせて魚種ごとの生息場適正基準(HSC)を作成した。適正基準作成方法には、測定された魚種毎の環境の選好度合いに対して補正を行い、環境要因の供給割合（面積）が同一の状況を想定した場合の選好度合いを評価する第3種適正基準(HSC3)を採用した。HSCの作成にあたってはまず魚種毎にそれぞれの水理条件（水深・流速・底質・カバー（隠れ場所））ごとに生息する魚類個体数の頻度分布を出した。水理条件のうち水深と流速については%分布を参照して、中央50%以上の階級をSI=1に、中央95%の階級をSI=0.5に、それ以外をSI=0とし、底質とカバーについては%の大きい順に足して50%以上の階級をSI=1に、足しても5%にならない階級をSI=0に、それ以外をSI=0.5に設定した。以上述べた適正基準の計算には豊橋技術科学大学作成の魚類生息場適正基準作成用エクセルワークシート「PH_Study」プログラムを用いた。



調査結果

1. 河川の形状図とタグロケーションマップ

調査方法（１）～（３）において作成した調査区間の河川形状図を図２に示す。図２には調査方法（６）で設定した横断線と調査方法（４）の潜水調査において投入したタグの位置も記録してある。

現場は川幅 10～20m 程度の Bb 型の河川形態を成し、上流側の川幅の狭い早瀬と下流側の川幅の広い緩やかな流れの部分からなる。河底は主にレキで形成されている。河岸は左岸側はコンクリート・蛇籠・土・草の急傾斜の護岸であり、右岸側は砂礫のなだらかな河原となっている（図３参照）。水深は左岸側が深くなっており最深 1.4m あった。また、横断線 No. 2～No. 4 における河川断面図を図４に示す。

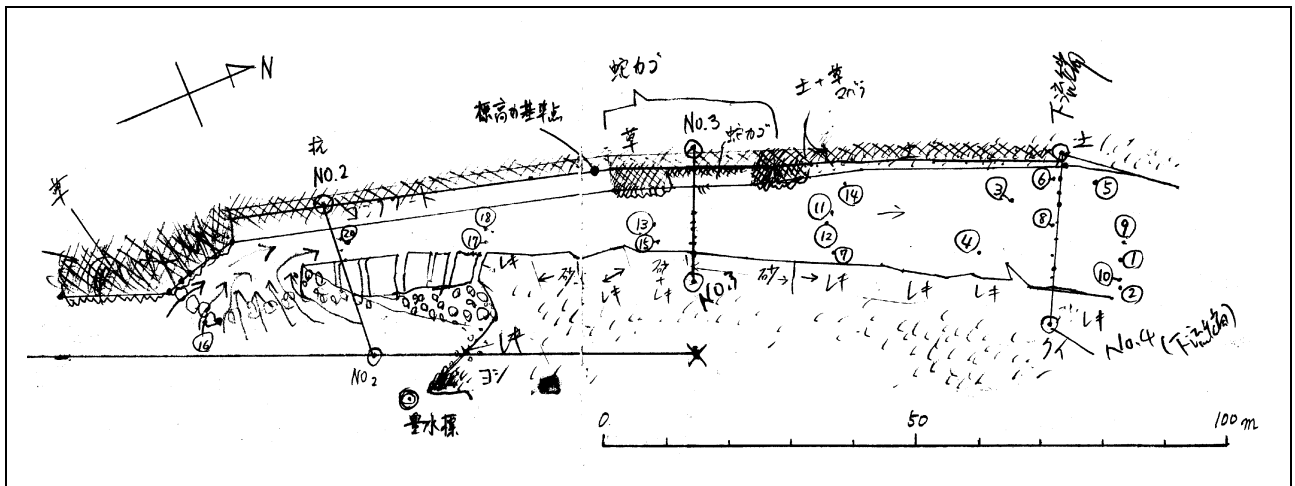


図２ 調査区間の河川形状図（タグロケーションマップ） No. 2～No. 4：横断線 ①～⑱：潜水調査時のタグ



図３ 調査区間の写真

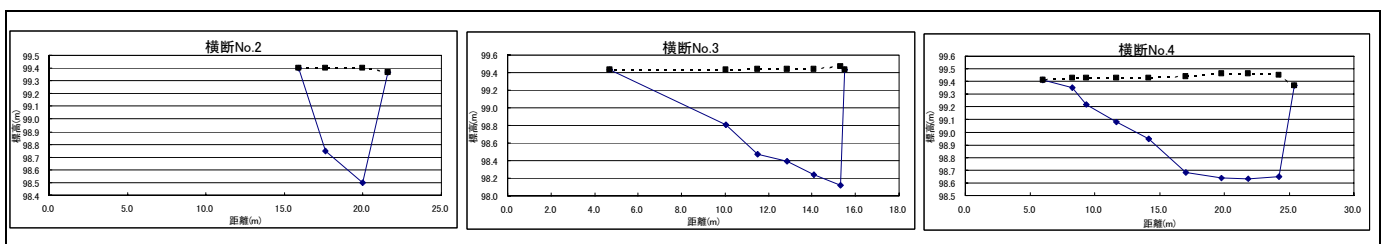


図４ 横断線 No. 2～No. 4 における河川断面の形状（点線：水面、実線：河底）

横断面図を元に水深0.5mごとに横断線上に境界を設定し、河川をセルに分割した図を図5に示す。図中のa1~a3, b1~b3, c1~c3が分割したセルである。

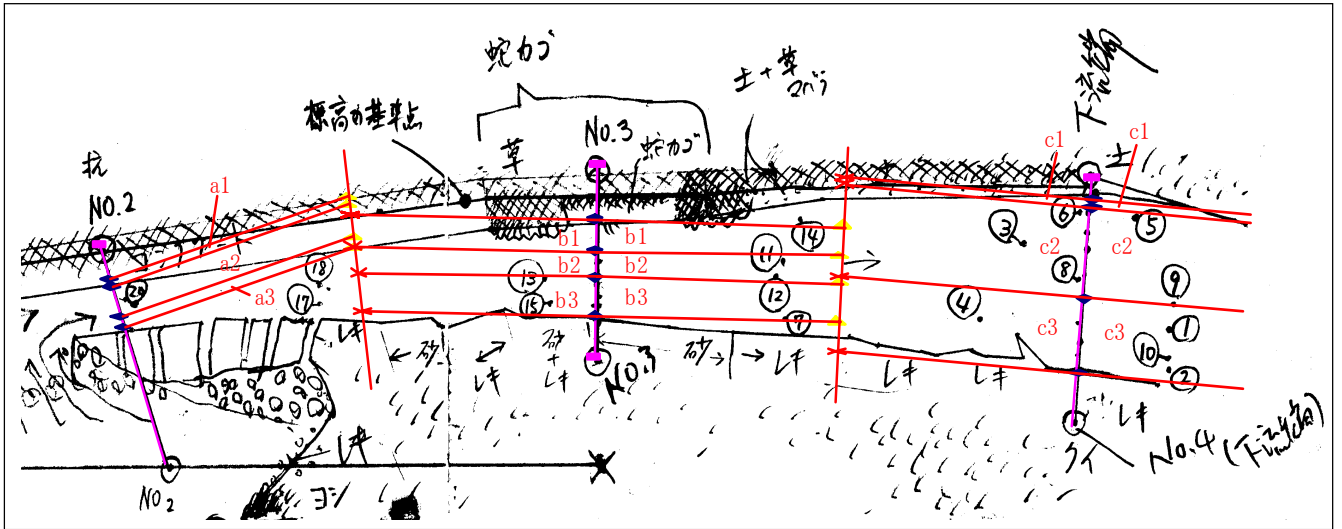


図5 セルで分割したタグロケーションマップ

2. 観察された魚種・生息数

調査において観察された魚種一覧を表1に示す。調査区間では8種の魚類が観察された。多く観察されたのはオイカワ、カワムツ、ムギツク、ヨシノボリの4種であった。

表1 魚種と各セルにおいて観察された個体数

魚類	魚種	アユ	ウグイ	オイカワ	カマツカ	カワムツ	コイ	ムギツク	ヨシノボリ
	尾数	2	1	93	1	93	1	18	63
	平均体長	20.0	20.0	3.9	3.0	3.9	30.0	8.6	4.6
	標準偏差	0.0	-	2.9	-	2.9	-	2.3	1.5
セル	a1								
	a2								1
	a3			15				3	10
	b1	1				6	1	3	
	b2			15			20		18
	b3			55	1	35			15
	c1								
	c2	1	1	5		32		12	7
c3			3					12	

3. 水理条件による魚類の個体数頻度分布と第3種適正基準 (HSC3)

魚類生息調査で観察された魚種のうち個体数の多かったオイカワ、カワムツ、ムギツク、ヨシノボリについて生息場適正基準を作成した。

観察された結果から魚種毎の各水理条件における個体数の%分布を出し、調査方法(7)で述べた方法によって得た第3種適正基準(HSC3)を作成した結果を図6に示した。HSC3の値は0、0.5、1の3段階で示し、値が1に近いほどその魚種がその水理条件を選択的に好んで生息していることを示す。結果から、オイカワは水深0.76~1.0m、流速0.65m/sec以下の部分を好み、カワムツは水深0.76~1.0m、流速0.02m/sec以下の緩やか

な流れの部分、またムギツクは水深0.5～0.75m、流速0.65m/sec以下の浅い部分を好み、ヨシノボリは水深0.5～1.0m、流速0.65m/sec以下の部分を好むという結果になった。なお、底質については全て礫（サイズ6～12cm）であったため、%分布・HSC共に礫での値のみが示されている。同様にカバーについても、今回の調査区間ではほとんどカバーとなる巨石や水中植生がなかったため、%分布・HSC共に全てカバーなしの値のみが示されている。

考察

今回の調査では現場調査を実施し手順に乗っ取って試験的に魚類生息適正基準の作成を行ったが、その結果はかなり精度が低いもので各魚種の生息場所についての経験的な実感と合致しない部分がある。その要因として現場でのデータの取得にあたって下記のような点が問題であったと考えられ、今後実際の調査において信頼性のある適正基準を作成するためには下記のような点に注意する必要がある。

まず今回の調査では1つのセル面積がかなり広く、同一セル内で水深や流速がかなり異なると思われるケースがかなりあった。生息場適正基準の算出にあたっては、各セル内の環境がほぼ同じであることを前提としており、そのようにセルを区切る必要がある。従って調査の最初に現場の河底や流況を見た上で、セルを区切る時の基点となる横断線の位置とその間隔についてよく考慮する必要がある。今回の調査で言えば横断線の間隔をより狭く取るのが適当であった。

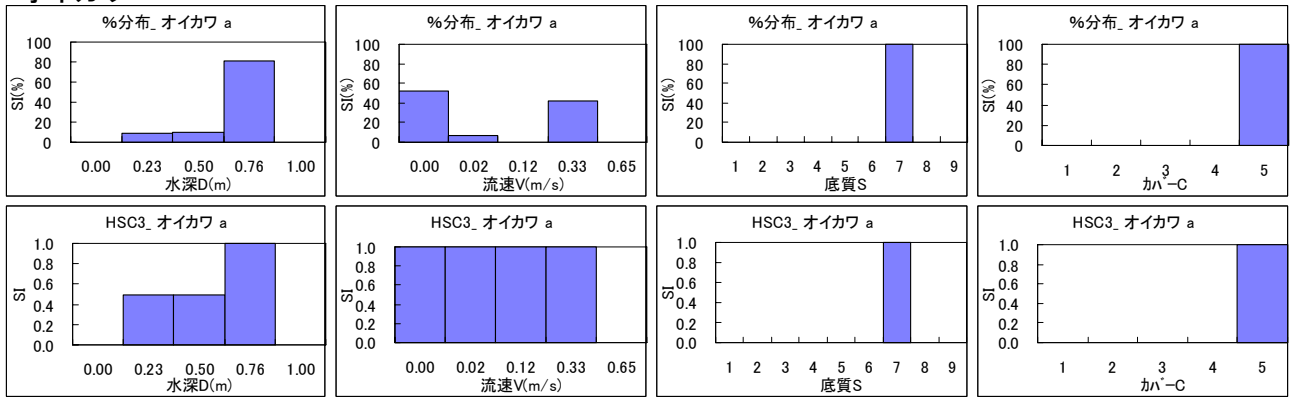
また、信頼できる魚種適正基準を作成するためには、出来る限りいろいろな環境における魚類の生息状況を記録する必要がある。今回の調査では魚類の生息調査にあたって底質やカバーの状況がほとんど同じで、これらの環境要因に対する評価ができなかった。また魚類観察では潜水調査にあたった人数が1名と労力的に過小であったため調査点（タグを落とした位置）が少なく、調査区間内の種々の河川環境や魚類生息状況を適正基準にきちんと反映できなかった可能性がある。実際の調査にあたってはできるだけ多様な河川環境を含むように調査区間を設定し、その調査区間内で細かく均一に調査点を設ける必要性が感じられた。

同様に様々な環境における魚類の生息状況を記録して適正基準に反映させるという意味で、最終的にある魚種の統一的な適正基準を作成するという段階では、できるだけ多くの河川・地点・時期における調査結果を総合して判断する必要があると考えられる。

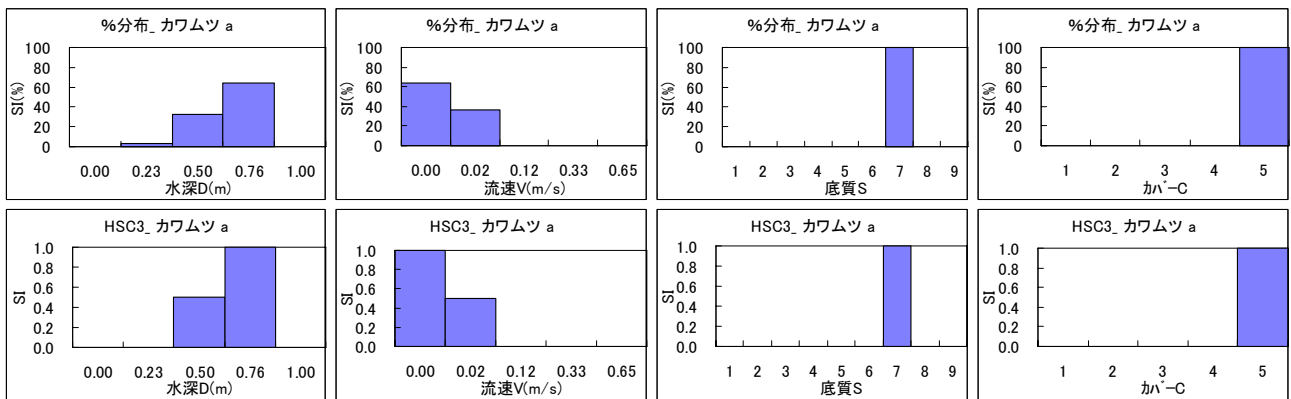
参考文献 IFIM 入門（アメリカ合衆国内務省／国立生物研究所原著、リバーフロント整備センター発行）
IFIM（正常流量増分法）をベースとした河川生態環境評価法に関する研究（中村俊六他、平成7、8年度科学研究費補助金研究成果報告書）
河川生態環境評価法（玉井信行他、東京大学出版会）

オイカワ

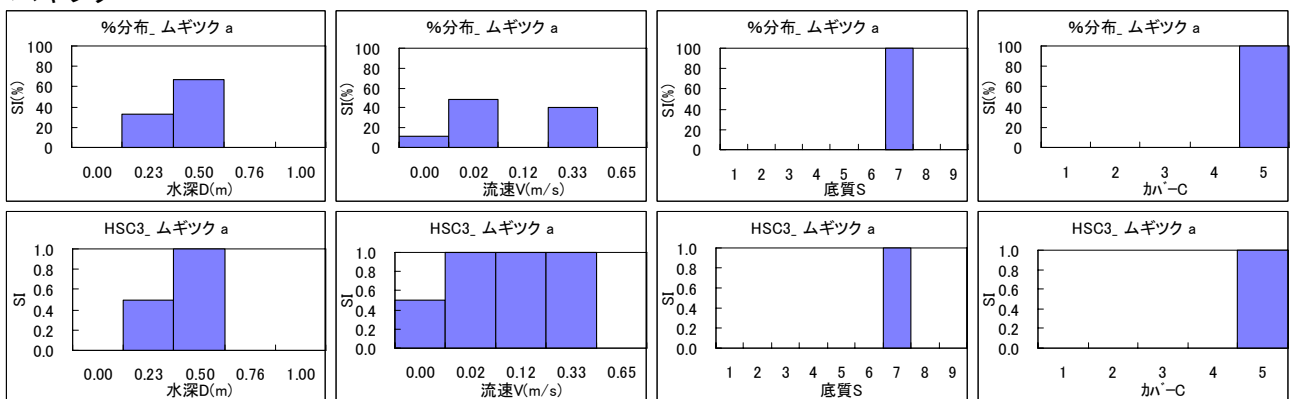
*底質 7 : 礫 (サイズ6~12cm) *カバー 5 : カバーなし



カワムツ



ムギツク



ヨシノボリ

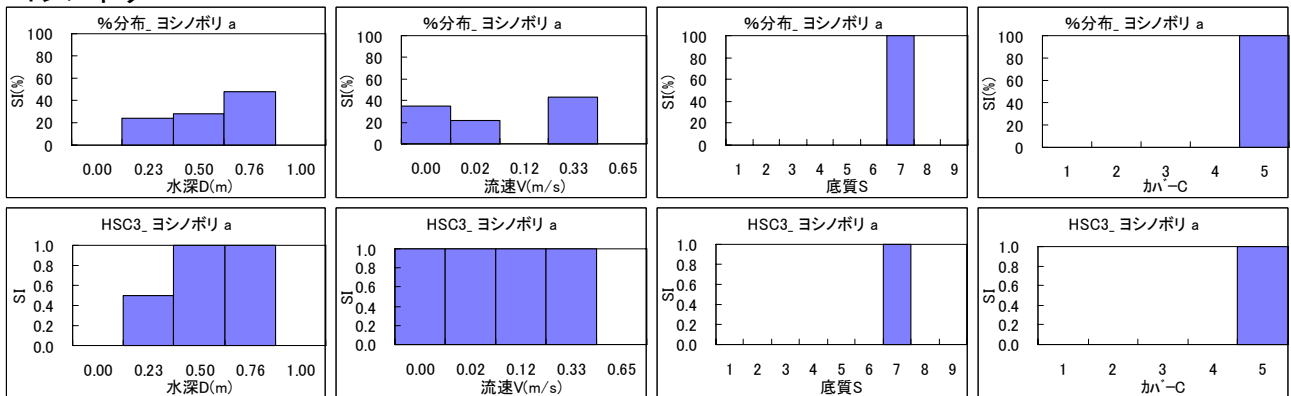


図6 魚種ごとの各水理条件における個体数頻度分布と第3種適正基準(HSC3)

しまねの豊かな川づくり事業

－普及啓発活動－

内水面水産試験場では内水面の環境保全について理解してもらうため、漁業者や一般県民、小中学生などを対象として、各種の普及啓発活動や一般向けのサービスを実施している。以下に平成13年度の実績を示す。

1. 水辺の教室、各種研修等についての対応

平成13年度は、7月24日に旭町（八戸川）において旭町内小学生を対象に「水辺の学級」を、10月21, 22日に平田市サンレイクにおいて平田市近辺小学生を対象に「シジミ体験学習」をそれぞれ開催したほか、小中学生の総合学習や各種イベントへの講師派遣、施設見学への協力等を実施した。

また、小中学生対象の水辺の教室（水生生物観察会）に使用する小冊子「川はともだち」の内容を全面改訂して発行した。

内水面水産試験場 普及啓発活動記録（平成13年度）

年月日	名称	主催	対象	人数	場所	内容
H13.5.6	水辺の教室	平田市立鱒淵小学校	平田市立鱒淵小学校生徒 1-6年生	4	平田市内猪目川	水生昆虫の採集と水質評価の学習(小学校主催)
H13.5.11	施設見学・学習	松江市立古江小学校	3,4年生	112	内水面水産試験場	施設見学とお話
H13.6.8	施設見学・学習	出雲市ふたば園	園生15名	15	内水面水産試験場	施設見学とお話
H13.6.10	魚釣り教室	仁多町中央公民館	仁多町内小学生 1-6年生	30	仁多町内斐伊川・大馬木川	魚釣り教室(川の魚や生き物の説明)
H13.6.22	水辺の教室	吉田村立吉田中学校	吉田中学校1年生	31	斐伊川水系深野川	水生昆虫の採集と水質評価の学習
H13.7.14	水辺の学級	内水面水産試験場	旭町内小学生(1～6年)	61	八戸川支流都川川都川水辺公園(旭町)	水生昆虫の採集、アユやウナギのつかみ取り、クイズ、食事(アユ塩焼き)、川遊び
H13.8.26	みずみ川フェスタ	みず澄まし三隅	三隅町内小学生	30	三隅町内三隅川河川敷	水生生物の観察、川の生物の話
H13.9.5-6	職場体験学習	平田市立旭丘中学校	旭丘中学校生徒2名	2	内水面水産試験場	職場体験学習
H13.9.5	総合学習(川の生き物)	平田市立東小学校	東小学校3年生	28	東小学校	総合学習(川の生き物の採集と飼い方)
H13.9.5	サン・レイク楽校	島根県立青少年の家	頓原小学校6年生	26	内水面水産試験場	ふるさとの自然(川の自然と生き物について講演)
H13.10.10	出雲アカデミー中央教室「環境ルネサンス」	出雲市	出雲市内在住成人	11	内水面水産試験場	宍道湖の環境について
H13.10.10	宍道湖の生物・環境についての研修	松江市立母衣小学校	母衣小学校3年生	40	内水面水産試験場	宍道湖の生物・環境についての研修
H13.10.15	宍道湖についての総合学習	平田市立灘分小学校	灘分小4年生	30	宍道湖岸	宍道湖の生き物・水質についての体験学習
H13.10.20-21	サンレイクフェスティバル シジミ体験学習	内水面水産試験場 宍道湖漁協平田観会	小学生・一般県民	250	サンレイク	シジミの話・シジミ選別体験・つかみ取り・クイズなど
H13.11.13	視察研修	安来市吉田を語る会	吉田を語る会 会員	18	内水面水産試験場	河川環境保全の話、場内見学
H14.1.28	総合学習(宍道湖のシジミ)	平田市立松山小学校	松山小学校4年生	2	内水面水産試験場	総合学習(宍道湖のヤマトシジミについて)
H14.3.25	アオノリ養殖試験について視察	内能美漁協	広島県 内能美漁協 漁業者他	5	内水面水産試験場	今年度のアオノリ養殖試験について視察
H14.3.28	宍道湖・中海の水産資源の動向についての研修	霞ヶ浦・北浦水産加工連合会	霞ヶ浦・北浦水産加工連合会 会員	28	内水面水産試験場	宍道湖・中海の水産資源の動向についての研修

2. インターネット、FAXでの情報発信

(1) インターネット (URL <http://www2.pref.shimane.jp/naisuisi/>)

島根県のホームページ内に内水面水産試験場のホームページを開設し、内水面水産試験場の紹介、宍道湖・中海の水質情報、内水面魚貝類の解説、研究成果等を掲載している。平成13年度は約3,500件のアクセスがあった。

(2) 水質情報システム (FAX番号 0853-63-5109)

宍道湖・中海水産振興対策検討調査事業の貧酸素水関連調査で大橋川に設置している水質計のリアルタイムの水質データ(水温、塩分、溶存酸素等)をFAXで一般県民に公開している。また、貧酸素水関連調査の毎月の結果は月報として希望する機関・個人に無料配布している。

3. その他

一般県民、漁業者等からの内水面漁業、水産生物等に関する各種電話等での問い合わせに対応している。



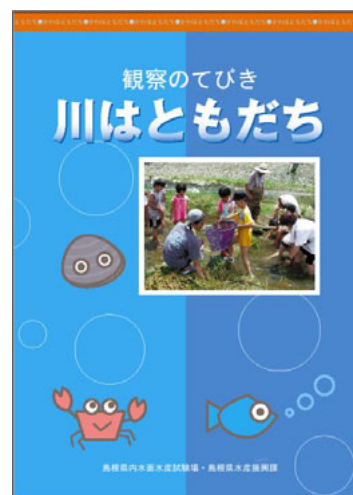
水辺の学級 (旭町、八戸川)



シジミ体験学習 (平田市サンレイク)



水辺の教室 (宍道湖)



小冊子「川はともだち」

調 査 資 料
(付 表)

付表1 ワカサギ、シラウオ底質調査結果

St1~18 : 平成14年1月16日 船外機船によりエクマン採泥器で

St31、32、34、35、38 : 平成14年1月21日陸よりスミス・マッキンタイヤで

St36~37、33、30 : 平成14年1月28日試験船ゴズによりスミス・マッキンタイヤで

St19~29 : 平成14年2月4日に船外機船によりエクマン採泥器で

*底質の粒径は、主たる砂~礫を対象にした万能投影機による計測、位置は日本測地系による

St.no	位置	水深 (m)	採泥 回数	現場でのメモ	底質*
1	35° 27.092 132° 52.401	1.3	2	細砂の上に泥(ヘドロ)が、被っている。2回目の採泥位置は、更に河口方向で行ったが、泥の状態は同じであった。	粒径 0.1~1mm 極細砂~粗砂 礫なし、泥多い
2	35° 27.000 132° 52.211	0.8	2	シルトである。ヘドロは少ない。2回目の採泥位置は、更に河口方向で行ったが、泥の状態は同じであった。	粒径 0.05~0.2mm シルト~細砂 礫なし、泥含む
3	35° 26.812 132° 52.199	0.8	1	細砂で、表面は少し色が黒い。	粒径 0.1~0.5mm 極細砂~中砂 礫なし、泥含む
4	35° 26.685 132° 52.240	1	1	細砂で、表面は少し色が黒い。	粒径 0.1~0.5mm 極細砂~中砂 礫なし、泥非常に多い
5	35° 26.554 132° 52.415	1.4	2	細砂で、ヘドロが混じっている。2回目は、更に河口奥で行ったが、ヘドロの割合多かった。	粒径 0.1~1mm 極細砂~粗砂 礫少なく、泥非常に多い
6	35° 26.489 132° 52.410	1.2	1	細砂、ヘドロ少ない。	粒径 0.1~1mm 極細砂~粗砂 礫含み、泥多い
7	35° 26.507 132° 52.641	2		欠測 南側埋め立てられており、深くて泥採れない。	
8	35° 26.480 132° 52.933	1.8	1	砂で、表面は少し泥に覆われている。	粒径 0.1~1mm 極細砂~粗砂 礫少なく、泥多い
9	35° 26.464 132° 52.758	1.8	1	砂で、表面は少し泥に覆われている。	粒径 0.1~1mm 極細砂~粗砂 礫含み、泥多い
10	35° 26.302 132° 52.820	1	1	細砂で、表面少し黒い泥で被われている。	粒径 0.1~1mm 極細砂~粗砂 礫含み、泥多い
11	35° 26.127 132° 53.030	1.6	1	細砂で、表面少し黒い泥で被われている。	粒径 0.1~0.8mm 極細砂~粗砂 礫なし、泥含む
12	35° 26.039 132° 53.012	1	1	粗砂	粒径 0.5~5mm 粗砂~礫 泥含む
13	35° 26.137 132° 52.874	0.5	1	粗砂	粒径 0.5~7mm 粗砂~礫 泥含む
14	35° 26.065 132° 52.827	1.5	1	きれいな粗砂	粒径 0.5~6mm 粗砂~礫 泥非常に少ない

St.no	位置	水深 (m)	採泥 回数	現場でのメモ	底質
15	35° 26.006 132° 52.827	0.5	1	きれいな粗砂	粒径 0.5~6mm 粗砂~礫 泥非常に少ない
16	35° 26.021 132° 52.713	0.5	1	きれいな粗砂	粒径 0.5~8mm 粗砂~礫 泥非常に少ない
17	35° 26.011 132° 52.650	0.7	1	きれいな粗砂	粒径 0.5~5mm 粗砂~礫 泥非常に少ない
18	35° 26.004 132° 52.686	0.5	1	きれいな粗砂	粒径 0.5~6mm 粗砂~礫 泥非常に少ない
19	35° 25.827 132° 52.943	0.7	1	泥の比較的少ない中砂。還元泥含む。	粒径 0.1~2mm 極細砂~極粗砂 泥比較的少ない
20	35° 25.675 132° 52.927	0.6	1	中砂から細砂。泥比較的少ないが表面にうっすらへドロ状の物質認められる。	粒径 0.1~0.8mm 極細砂~粗砂 泥比較的少ない
21	35° 25.559 132° 52.937	0.5	1	中砂~細砂で泥は少ない。雲母含む	粒径 0.1~0.8mm 極細砂~粗砂 泥非常に少ない
22	35° 25.424 132° 53.069	0.5	1	浅場造成による人工砂浜中の砂。粗砂~礫 斐伊川の砂?	粒径 0.2~5mm 粗砂~礫 泥少し含む
23	35° 25.240 132° 53.252	1.5	1	中砂~礫で泥は比較的多い	粒径 0.05~1mm シルト~粗砂 泥比較的多い
24	35° 25.037 132° 53.328	1.4	1	泥混じりの粗砂	粒径 0.1~1mm 極細砂~粗砂 泥比較的多い
25	35° 24.736 132° 53.091	1.4	2	泥多い中砂。左岸は右岸より泥多い。	粒径 0.1~1mm 極細砂~粗砂 泥多い
26	35° 24.909 132° 53.693	0.6	1	泥混じりの粗砂~礫	粒径 0.1~3mm 極細砂~礫 泥少し含む
27	35° 24.670 132° 53.966	1.3	1	泥混じりの粗砂	粒径 0.2~2mm 細砂~極粗砂 泥少し含む
28	35° 24.270 132° 54.325	0.5	1	きれいな粗砂~礫	粒径 0.2~2mm 細砂~極粗砂 泥非常に少ない
29	35° 24.418 132° 54.538	1.2	2	シジミ殻多い。このあたりは、シジミ殻の 投棄場所のようだ。	粒径 0.1~2mm 極細砂~極粗砂 泥多い
30	来待川河口沖 合い 35° 25.293 132° 56.666	2.2	2	還元泥含む中砂。表面はきれい。	粒径 0.1~2mm 極細砂~極粗砂 泥非常に少ない

St.no	位置	水深 (m)	採泥 回数	現場でのメモ	底質
31	来待川河口	0.8	2	中砂で表面はきれい	粒径 0.1~5mm 極細砂~礫 泥少し含む
32	来待川上流	0.5	2	きれいな砂	粒径 0.5~4mm 粗砂~礫 泥非常に少ない
33	玉湯川河口沖 合い 35° 26.077 133° 00.631	2.3	2	還元泥含む中砂。表面比較的きれい	粒径 0.1~3mm 極細砂~礫 泥少し含む
34	玉湯川河口	0.6	2	泥混じり中砂	粒径 0.2~3mm 細砂~礫 泥非常に少ない
35	玉湯川上流	0.5	2	きれいな粗砂	粒径 0.5~7mm 粗砂~礫 泥非常に少ない
36	嫁ヶ島の南	2.0	1	きれいな中砂。底質は嫁ヶ島北よりは、明らかに粗い。	
37	嫁ヶ島の北 35° 27.220 132° 02.954	1.8	3	還元泥含む中砂。他の2点も同様の砂。砂の粒径揃っている。	粒径 0.3~1mm 中砂~粗砂 泥非常に少ない
38	大野(ワカサギ 孵化場)の沖	0.6	2	泥混じり中砂	粒径 0.1~3mm 極細砂~礫 泥少ない

付表（有用水産動物生態調査ヤマトシジミ）

付表1-1. 平成13年度(2001年8月)宍道湖シジミ資源量調査における水質測定結果(1/4)。

地点 番号	水深 (m)	透明度 (m)		水温 (°C)	塩分 (psu)	DO		備考
						(ppm)	(%)	
1	1.1	底まで	表層	28.72	3.26	5.49	72.80	
			底層	28.71	3.25	5.44	71.70	
2	2.0	底まで	表層	28.62	3.25	5.89	78.90	
			底層	28.60	3.25	6.11	78.40	
3	3.2	底まで	表層	28.15	3.15	6.20	80.40	
			底層	28.09	3.17	6.16	78.10	
4	4.1	1.5	表層	27.85	3.19	7.72	102.00	
			底層	27.65	3.24	6.34	81.10	
5	1.5	底まで	表層	28.13	3.35	5.02	71.10	
			底層	28.14	3.64	4.60	57.20	
6	2.7	2.0	表層	28.07	3.45	5.22	68.70	
			底層	28.29	6.34	4.74	58.60	
7	3.2	2.3	表層	28.10	3.35	5.34	70.70	
			底層	28.96	11.64	3.24	42.70	
8	4.2	2.5	表層	28.04	3.31	5.03	67.70	
			底層	28.91	12.09	3.13	38.60	
9	1.2	底まで	表層	27.95	3.32	5.37	71.10	
			底層	27.91	3.32	5.86	74.50	
10	2.4	底まで	表層	28.08	3.32	5.71	69.50	
			底層	28.07	3.31	5.23	66.80	
11	1.6	底まで	表層	28.00	3.29	6.26	85.90	
			底層	27.81	3.32	6.13	72.70	
12	2.4	1.7	表層	28.24	3.28	6.81	92.00	
			底層	28.00	3.28	6.10	75.60	
13	3.7	1.6	表層	28.24	3.28	6.97	92.20	
			底層	27.71	3.30	5.71	72.80	
14	1.4	底まで	表層	27.20	3.10	5.35	68.70	採泥できずサンプルなし
			底層	26.98	3.06	5.40	67.90	
15	2.4	底まで	表層	27.02	3.01	5.95	76.50	
			底層	27.03	3.03	5.49	68.40	
16	3.4	2.6	表層	27.19	3.01	6.16	78.70	
			底層	27.04	3.06	5.45	69.00	
17	1.8	底まで	表層	26.70	3.00	4.95	64.70	
			底層	26.68	3.00	5.67	67.30	
18	2.5	1.5	表層	27.25	3.00	6.60	82.30	
			底層	26.83	3.00	5.32	65.10	
19	3.5	1.6	表層	27.25	3.01	6.41	77.70	
			底層	26.64	3.00	4.88	60.30	
20	4.5	1.4	表層	27.30	3.00	6.29	80.90	
			底層	26.76	3.00	5.32	60.90	
21	1.2	底まで	表層	26.64	2.92	4.67	59.30	
			底層	26.60	2.93	5.06	61.60	
22	2.2	底まで	表層	26.75	2.92	4.52	58.40	
			底層	26.58	3.00	4.66	59.00	
23	3.3	2.5	表層	26.69	2.93	4.73	61.70	
			底層	26.63	2.99	4.96	63.40	

付表（有用水産動物生態調査ヤマトシジミ）

付表2-1. 平成13年度(2001年8月)宍道湖シジミ資源量調査における水質測定結果(2/4)。

地点 番号	水深 (m)	透明度 (m)		水温 (°C)	塩分 (psu)	DO		備考
						(ppm)	(%)	
24	4.4	2.1	表層	27.09	3.02	5.44	68.80	
			底層	26.60	3.00	4.97	60.50	
25	1.4	底まで	表層	27.26	2.94	6.10	66.70	
			底層	27.26	2.95	6.40	68.30	
26	2.2	底まで	表層	27.62	3.00	5.62	71.70	
			底層	27.47	2.98	5.30	68.00	
27	3.8	1.6	表層	27.86	3.01	6.12	77.70	
			底層	27.28	3.21	4.02	36.60	
28	4.7	1.5	表層	27.96	3.03	6.44	82.80	
			底層	27.53	3.69	2.51	25.40	
29	1.5	底まで	表層	27.19	2.90	5.12	66.80	採泥できずサンプルなし
			底層	27.17	2.87	5.62	69.40	
30	2.4	底まで	表層	27.41	2.91	5.34	70.30	
			底層	27.42	2.91	5.84	73.10	
31	3.2	1.6	表層	28.06	3.01	6.58	86.40	
			底層	27.77	3.01	7.51	86.90	
32	4.3	1.6	表層	28.09	3.01	6.87	88.80	
			底層	27.81	3.01	6.82	83.10	
33	1.5	底まで	表層	27.53	2.94	5.26	71.20	
			底層	27.92	2.92	5.46	69.70	
34	2.4	底まで	表層	27.90	3.00	6.05	78.60	
			底層	27.83	3.00	6.41	78.20	
35	3.4	1.6	表層	27.98	2.98	6.38	84.40	
			底層	27.90	2.99	6.58	83.00	
36	4.3	1.3	表層	28.11	2.97	7.00	88.50	
			底層	27.92	3.44	3.91	45.40	
37	1.5	底まで	表層	27.68	2.92	5.43	69.50	
			底層	27.42	2.90	5.61	68.40	
38	2.5	2.0	表層	27.88	2.92	6.32	82.20	
			底層	27.84	2.92	6.39	82.00	
39	3.2	1.5	表層	27.92	2.91	6.63	84.10	
			底層	27.87	2.92	6.19	78.20	
40	4.3	1.3	表層	27.93	2.87	6.82	85.50	
			底層	27.92	2.91	6.13	69.60	
41	1.5	底まで	表層	26.82	2.62	4.44	57.00	
			底層	26.85	2.66	4.74	56.80	
42	2.4	底まで	表層	27.11	2.72	4.49	58.00	
			底層	27.10	2.74	4.62	58.20	
43	3.2	1.3	表層	27.14	2.63	5.31	68.60	
			底層	27.14	2.65	5.44	66.80	
44	4.2	1.2	表層	27.88	2.83	6.16	76.80	
			底層	27.96	3.01	4.13	52.20	
45	1.5	-	表層	28.07	2.37	5.14	67.10	シジミ掻きで砂が舞い上がり
			底層	28.18	2.62	5.02	64.80	透明度が30cmだった
46	2.5	1.0	表層	27.72	2.30	6.58	82.00	
			底層	28.02	2.79	5.20	62.40	

付表 (有用水産動物生態調査ヤマトシジミ)

付表1-3. 平成13年度(2001年8月)宍道湖シジミ資源量調査における水質測定結果(3/4)

地点 番号	水深 (m)	透明度 (m)		水温 (°C)	塩分 (psu)	DO		備考
						(ppm)	(%)	
47	3.6	0.9	表層	27.42	2.36	6.74	79.90	
			底層	27.82	3.10	2.47	25.00	
48	1.7	0.9	表層	27.79	2.49	5.61	73.60	
			底層	28.13	2.80	5.53	66.80	
49	2.6	1.2	表層	28.00	2.62	6.29	75.00	
			底層	28.07	2.87	4.06	45.70	
50	3.4	1.0	表層	27.74	2.46	6.50	79.60	
			底層	28.03	2.93	4.86	54.20	
51	4.2	1.1	表層	27.51	2.42	6.60	80.30	
			底層	27.97	3.68	2.60	28.30	
52	1.5	底まで	表層	27.89	2.68	6.20	79.10	
			底層	27.89	2.69	6.57	83.80	
53	2.2	1.9	表層	27.90	2.68	6.10	78.60	
			底層	28.03	2.87	5.83	75.50	
54	3.5	1.8	表層	27.86	2.67	6.07	80.10	
			底層	28.03	3.01	5.04	63.80	
55	4.5	1.4	表層	27.66	2.58	6.52	85.90	
			底層	28.00	3.23	4.20	49.30	
56	2.2	1.1	表層	27.87	2.07	6.54	82.50	
			底層	27.98	2.43	5.99	81.90	
57	3.4	1.0	表層	27.55	1.80	6.33	82.50	
			底層	28.06	3.06	5.10	65.00	
58	4.2	1.4	表層	27.77	2.80	6.00	78.00	
			底層	28.01	3.20	4.92	58.30	
59	1.5	0.9	表層	27.72	1.99	6.29	84.70	コアサンプルのみ
			底層	27.91	2.75	5.45	68.40	
60	2.5	0.8	表層	27.08	1.79	6.22	78.60	コアサンプルのみ
			底層	28.06	3.00	5.87	76.20	
61	3.2	0.5	表層	26.66	1.38	5.24	66.30	
			底層	28.07	3.01	5.31	69.50	
62	4.2	1.0	表層	27.74	2.46	6.85	86.50	
			底層	27.99	3.01	6.74	87.40	
63	1.2	底まで	表層	27.56	2.78	5.37	70.40	
			底層	27.53	2.72	5.40	67.70	
64	2.4	1.9	表層	27.74	2.80	5.63	72.10	
			底層	27.74	2.79	5.71	72.40	
65	3.3	1.6	表層	27.82	2.77	5.62	72.20	
			底層	27.85	2.79	5.34	68.30	
66	4.5	1.9	表層	27.77	2.73	6.32	80.70	
			底層	28.09	3.02	6.29	81.40	
67	1.5	底まで	表層	28.26	2.98	5.31	68.70	
			底層	28.26	2.97	5.38	69.30	
68	2.3	底まで	表層	28.30	2.99	5.50	71.10	
			底層	28.16	2.97	5.36	69.20	
69	3.2	底まで	表層	28.28	3.00	5.48	70.90	
			底層	28.19	2.98	5.36	68.80	

付表 (有用水産動物生態調査ヤマトシジミ)

付表1-4. 平成13年度(2001年8月)宍道湖シジミ資源量調査における水質測定結果(4/4)

地点 番号	水深 (m)	透明度 (m)		水温 (°C)	塩分 (psu)	DO		備考
						(ppm)	(%)	
70	4.3	1.7	表層	28.34	3.01	6.51	86.10	
			底層	28.27	3.00	6.20	79.60	
71	1.4	底まで	表層	27.68	2.94	5.61	72.20	
			底層	27.65	2.94	5.68	73.20	
72	2.2	底まで	表層	28.01	2.98	5.66	71.90	
			底層	27.93	2.98	5.68	73.70	
73	3.2	1.9	表層	28.14	3.04	6.65	86.90	
			底層	28.09	3.04	6.11	84.40	
74	4.5	1.6	表層	28.04	3.04	6.98	91.10	
			底層	28.04	3.05	6.25	80.20	
75	1.5	底まで	表層	28.09	3.01	5.57	73.80	
			底層	28.01	3.05	5.50	70.90	
76	2.3	底まで	表層	28.10	3.03	5.83	75.00	
			底層	27.82	3.06	5.76	74.00	
77	3.3	底まで	表層	27.98	3.08	5.52	68.30	
			底層	27.60	3.06	5.58	72.10	
78	4.5	1.9	表層	27.89	3.02	6.01	78.70	
			底層	27.75	3.04	5.35	67.20	
79	1.2	底まで	表層	27.83	3.00	5.36	68.90	
			底層	27.74	3.01	5.45	70.20	
80	2.3	底まで	表層	27.94	3.04	5.30	69.10	
			底層	27.72	3.01	5.24	67.80	
81	3.4	3.0	表層	27.84	3.00	5.50	73.80	
			底層	27.75	3.02	4.78	60.60	
82	4.4	2.5	表層	27.84	3.00	6.21	80.40	
			底層	27.56	3.00	6.15	79.10	
83	1.4	底まで	表層	27.71	2.74	5.74	74.50	
			底層	27.72	3.02	5.73	73.50	
84	2.3	底まで	表層	28.09	3.11	5.75	74.70	
			底層	28.00	3.11	5.65	72.30	
85	3.2	2.5	表層	27.90	3.12	5.85	76.70	
			底層	27.83	3.09	5.53	71.90	
86	4.2	1.6	表層	28.11	3.07	7.02	91.60	
			底層	27.51	3.01	6.40	80.60	
87	1.5	底まで	表層	28.33	3.08	5.73	75.20	
			底層	2.82	3.12	5.69	74.60	
88	2.2	底まで	表層	28.24	3.16	5.70	75.50	
			底層	28.21	3.16	5.50	71.80	
89	3.2	底まで	表層	28.32	3.17	5.83	79.20	
			底層	27.78	3.12	4.77	60.10	
90	4.2	1.9	表層	28.11	3.15	7.00	91.90	
			底層	27.59	3.20	7.02	89.30	

付表（有用水産動物生態調査ヤマトシジミ）

付表 2-1. 2001 年宍道湖シジミ資源量調査における水深別シジミの生息量（1/2）。

水深1m級							水深2m級						
		スミスデータ				コアデータ			スミスデータ				コアデータ
調査	水深	個体数	重量	二枚	ガボ	稚貝	調査	水深	個体数	重量	二枚	ガボ	稚貝
地点	(m)	個/m ²	g/m ²	個/m ²	個/m ²	個/m ²	地点	(m)	個/m ²	g/m ²	個/m ²	個/m ²	個/m ²
St.1	1.1	3,380	1,675.8	420	70	29,600	St.2	2.0	4,840	3,035.1	90	0	2,400
St.9	1.2	9,900	6,373.9	920	90	56,000	St.22	2.2	3,360	1,899.2	120	20	106,600
St.21	1.2	1,900	1,627.4	80	0	30,600	St.26	2.2	8,340	2,556.5	1,010	630	1,400
St.63	1.2	750	424.3	390	340	171,200	St.53	2.2	3,860	1,787.1	110	10	290,400
St.79	1.2	4,060	2,366.0	1,060	30	67,200	St.56	2.2	7,880	4,485.2	450	170	500,600
St.14	1.4						St.72	2.2	7,150	3,167.3	440	2,270	116,600
St.25	1.4	4,840	2,155.3	880	10	1,600	St.88	2.2	6,450	4,894.1	710	300	9,000
St.71	1.4	3,130	2,060.9	730	260	51,400	St.68	2.3	6,860	2,296.9	800	130	104,400
St.83	1.4	2,540	2,492.8	510	230	57,400	St.76	2.3	6,630	1,695.9	420	440	51,800
St.5	1.5	10,490	4,873.9	520	100	9,600	St.80	2.3	6,760	2,496.6	230	170	26,000
St.29	1.5						St.84	2.3	4,880	3,478.2	760	50	46,200
St.33	1.5	4,220	1,855.2	540	580	800	St.10	2.4	5,220	3,461.4	380	130	6,800
St.37	1.5	9,140	2,253.7	1,240	180	600	St.12	2.4	7,430	3,230.0	850	40	230,400
St.41	1.5	1,490	891.5	500	60	200	St.15	2.4	2,880	1,359.7	180	90	21,800
St.45	1.5	260	102.8	60	30	12,200	St.30	2.4	6,860	2,861.6	740	250	600
St.52	1.5	3,650	1,593.6	150	80	334,400	St.34	2.4	9,400	1,639.4	350	330	3,600
St.59	1.5			0	0	148,200	St.42	2.4	3,300	1,204.3	20	100	4,000
St.67	1.5	7,250	4,103.6	660	70	190,000	St.64	2.4	3,050	2,372.2	260	150	242,400
St.75	1.5	8,150	2,768.9	670	350	1,800	St.18	2.5	13,060	2,999.0	1,000	450	1,400
St.87	1.5	3,220	2,475.0	410	190	16,800	St.38	2.5	7,560	3,890.6	1,250	110	8,600
St.11	1.6	4,910	2,736.0	310	170	12,600	St.46	2.5	20	3.5	0	0	0
St.48	1.7	3,730	3,079.6	190	20	4,000	St.60	2.5	-	-	10	0	513,000
St.17	1.8	4,800	3,220.2	1,510	120	7,000	St.49	2.6	530	344.8	50	10	1,200
							St.6	2.7	7300	4,910.3	810	40	7400
平均		4,591	2,456.5	560	142	57,295	平均		5,810	2,611.7	460	245	95,692

* 個体数、重量は、生貝についての値。

* 重量は湿重量。

* 二枚とは左右の殻がつながった貝殻で、最近死亡した個体と考えられるもの。ガボとは殻が閉じているが、中に泥がつまったもののこと。

* 稚貝は殻長1mm未満の個体。

付表（有用水産動物生態調査ヤマトシジミ）

付表2-2. 2001年宍道湖シジミ資源量調査における水深別シジミの生息量（2/2）。

水深3m級							水深4m級						
スミスデータ						コアデータ	スミスデータ						コアデータ
調査	水深	個体数	重量	二枚	ガボ	稚貝	調査	水深	個体数	重量	二枚	ガボ	稚貝
地点	(m)	個/m ²	g/m ²	個/m ²	個/m ²	個/m ²	地点	(m)	個/m ²	g/m ²	個/m ²	個/m ²	個/m ²
St.3	3.2	6,280	2,174.1	490	220	4,400	St.4	4.1	1,610	439.4	180	0	2,000
St.7	3.2	11,160	6,668.1	580	720	3,600	St.8	4.2	450	552.9	10	50	200
St.31	3.2	10,550	2,575.6	1,090	910	5,800	St.44	4.2	140	43.5	40	60	400
St.39	3.2	13,640	3,110.1	1,290	640	17,000	St.51	4.2	240	101.1	60	80	1,600
St.43	3.2	1,550	1,043.2	30	60	5,400	St.58	4.2	70	51.8	70	20	400
St.61	3.2	500	401.3	230	310	1,800	St.62	4.2	0	0.0	10	40	400
St.69	3.2	7,560	2,811.1	870	80	6,800	St.86	4.2	1,210	762.6	120	20	800
St.73	3.2	9,140	3,931.7	540	40	58,000	St.90	4.2	120	47.9	90	70	400
St.85	3.2	5,180	2,335.5	400	430	7,800	St.32	4.3	2,110	528.7	830	710	0
St.89	3.2	6,350	4,507.8	620	300	62,000	St.36	4.3	1,770	470.5	3,030	580	0
St.23	3.3	3,310	1,249.1	140	440	5,400	St.40	4.3	600	184.5	710	60	200
St.65	3.3	8,770	3,115.9	350	170	162,800	St.70	4.3	2,200	793.6	130	30	27,400
St.77	3.3	9,950	1,770.3	1,430	220	25,800	St.24	4.4	320	215.2	80	90	0
St.16	3.4	3,310	827.5	240	200	15,800	St.82	4.4	3,940	1,586.9	30	300	1,400
St.35	3.4	3,840	753.2	470	130	7,200	St.20	4.5	20	7.6	40	100	0
St.50	3.4	630	348.4	170	240	3,000	St.55	4.5	30	26.2	50	40	0
St.57	3.4	1,010	518.1	50	10	34,200	St.66	4.5	360	103.1	60	170	29,800
St.81	3.4	7,050	2,948.8	260	10	68,400	St.74	4.5	4,050	684.9	1,250	120	5,200
St.19	3.5	100	16.7	90	0	1,400	St.78	4.5	6,840	4,010.5	1,800	90	75,600
St.54	3.5	250	202.5	20	0	200	St.28	4.7	140	59.1	50	100	0
St.47	3.6	270	102.2	50	10	0							
St.13	3.7	3,900	914.6	20	180	10,600							
St.27	3.8	2,650	949.1	210	100	0							
平均		5,085	1,881.5	419	236	22,061	平均		1,311	533.5	432	137	7,290

* 個体数、重量は、生貝についての値。

* 重量は湿重量。

* 二枚とは左右の殻がつながった貝殻で、最近死亡した個体と考えられるもの。ガボとは殻が閉じているが、中に泥がつまったものこと。

* 稚貝は殻長1mm未満の個体。

付表1-1 5月環境調査結果

調査地点	調査日	調査時刻	水温 (°C)	pH	SS (ppm)	石への付着物				
						沈殿量 (cc)	乾重量 (g)	強熱残渣量 (g)	灰分量 (%)	強熱減量 (g)
日原(高津川)	5.23	10:00	20.2	8.5	3.4	2.5	0.00775	0.00451	58.2	0.00324
桜江(江川)	6.5	16:00	21.8	8.5	5.5	10.0	0.06928	0.00909	13.1	0.06019
猪越(濁川)	6.5	14:05	20.0	8.0	2.0	3.0	0.03001	0.00642	21.4	0.02359
本郷(八戸川)	6.5	13:10	18.0	8.5	3.5	8.5	0.03789	0.01711	45.2	0.02078
温泉(斐伊川)	5.22	15:30	20.3	8.4	13.4	1.0	0.03045	0.01363	44.8	0.01682
朝山(神戸川)	5.22	14:30	20.2	9.1	3.1	2.0	0.06317	0.01121	17.7	0.05196

付表1-2 8月環境調査結果

調査地点	調査日	調査時刻	水温 (°C)	pH	SS (ppm)	石への付着物				
						沈殿量 (cc)	乾重量 (g)	強熱残渣量 (g)	灰分量 (%)	強熱減量 (g)
日原(高津川)	8.8	8:15	26.5	8.3	3.6	1.0	0.04319	0.00939	21.7	0.03380
桜江(江川)	8.27	14:50	28.4	8.5	8.5	13.0	0.23478	0.04832	20.6	0.18646
猪越(濁川)	8.27	13:35	25.6	8.3	3.6	8.0	0.62941	0.07556	12.0	0.55385
本郷(八戸川)	8.27	12:20	23.3	8.1	1.6	31.5	0.19304	0.12729	65.9	0.06575
温泉(斐伊川)	8.23	15:50	25.5	8.0	5.4	3.7	0.38925	0.18643	47.9	0.20282
朝山(神戸川)	8.23	14:30	26.0	7.7	5.8	3.8	1.27531	0.83437	65.4	0.44094

付表1-3 11月環境調査結果

調査地点	調査日	調査時刻	水温 (°C)	pH	SS (ppm)	石への付着物				
						沈殿量 (cc)	乾重量 (g)	強熱残渣量 (g)	灰分量 (%)	強熱減量 (g)
日原(高津川)	11.21	14:00	12.9	8.3	0.2	6.4	0.09510	0.03453	36.3	0.06057
桜江(江川)	11.21	15:20	11.0	7.5	0.2	16.5	0.42379	0.10823	25.5	0.31556
猪越(濁川)	11.21	14:10	10.1	7.8	0.5	15.7	0.84196	0.44639	53.0	0.39557
本郷(八戸川)	11.21	13:10	10.6	7.7	0.2	15.9	0.36836	0.08939	24.3	0.27897
温泉(斐伊川)	11.22	15:40	9.6	7.6	1.9	11.2	0.57338	0.13719	23.9	0.43619
朝山(神戸川)	11.22	14:00	11.2	7.7	0.9	12.3	1.47895	0.71748	48.5	0.76147

付表 (内水面漁場保全対策推進調査)

* 水質階級

I: 貧腐水性 II: β 中腐水性III: α 中腐水性 IV: 強腐水性

付表2-1 調査地点(河川): 日原(高津川)

上段: 個体数 下段: 重量(g)

	底生生物名\調査年月日	5月22日	8月8日	11月21日	計	指標生物*
カワゲラ目	カワゲラ類	3	16	7	26	I
		0.022	0.36	0.194	0.576	
カゲロウ目	ヒラタカゲロウ類 ^{*1}	21	20	2	43	I
	サホコカゲロウ類 ^{*2}				0	
					0	
	*1, *2以外のカゲロウ類	76	20	24	120	II
		0.666	0.101	0.086	0.853	
小計	97	40	26	163		
		0.862	0.307	0.118	1.287	
トビケラ目	ナガレトビケラ類 ^{*3}	1			1	I
					0	
	ヤマトビケラ類 ^{*4}				0	
	*3, *4以外のトビケラ類	19	67	5	91	II
		0.797	0.42	0.2	1.417	
小計	20	67	5	92		
		0.808	0.42	0.2	1.428	
広翅目	ヘビトンボ類	1	1		2	I
		1.137	0.284		1.421	
トンボ目	トンボ類	3	2		5	
		0.353	0.375		0.728	
鞘翅目	ヒラタドロムシ類	4	6		10	II
	その他の鞘翅類	5			5	
					0	
小計	9	6	0	15		
		0.167	0.008	0	0.175	
双翅目	ブユ類	1			1	I
					0	
	ガガンボ類	11		1	12	
					0	
	アミカ類				0	I
					0	
	ユスリカ類	1		9	10	
				0	0.004	
その他の双翅類				0		
				0		
小計	13	0	10	23		
		0.078	0	0.004	0.082	
その他	ウズムシ類				0	I
					0	
	貧毛類(イトミミズ類)				0	IV
					0	
	ヒル類	1	1		2	III
		0.09	0.012		0.102	
	貝類				0	
				0		
甲殻類				0		
				0		
その他				0		
				0		
小計	1	1	0	2		
		0.09	0.012	0	0.102	
合計		147	133	48	328	
		3.517	1.766	0.516	5.799	

* 水質階級

I: 貧腐水性 II: β中腐水性

III: α中腐水性 IV: 強腐水性

付表2-2 調査地点(河川): 桜江(江川)

上段: 個体数 下段: 重量(g)

底生生物名\調査年月日		6月5日	8月27日	11月21日	計	指標生物*
カワゲラ目	カワゲラ類	3			3	I
		0.018			0.018	
カゲロウ目	ヒラタカゲロウ類*1	14	1	7	22	I
		0.082	0.007	0.02	0.109	
	サホコカゲロウ類*2				0	III
					0	
	*1,*2以外のカゲロウ類	43	25	28	96	II
	0.185	0.05	0.09	0.325		
小計	57	26	35	118		
	0.267	0.057	0.11	0.434		
トビケラ目	ナガレトビケラ類*3				0	I
					0	
	ヤマトビケラ類*4			1	1	I
				0.001	0.001	
	*3,*4以外のトビケラ類	32	16	11	59	II
	0.712	0.23	0.302	1.244		
小計	32	16	12	60		
	0.712	0.23	0.303	1.245		
広翅目	ヘビトンボ類				0	I
					0	
トンボ目	トンボ類				0	
					0	
鞘翅目	ヒラタドROMシ類	20	17	67	104	II
		0.65	0.247	1.596	2.493	
	その他の鞘翅類	2			2	
		0			0	
小計	22	17	67	106		
	0.65	0.247	1.596	2.493		
双翅目	ブユ類				0	I
					0	
	ガガンボ類	5		5	10	
		0.013		0	0.013	
	アミカ類			1	1	I
				0	0	
	ユスリカ類				0	
				0		
その他の双翅類				0		
				0		
小計	5	0	6	11		
	0.013	0	0	0.013		
その他	ウズムシ類				0	I
					0	
	貧毛類(イトミミズ類)			3	3	IV
				0	0	
	ヒル類				0	III
					0	
	貝類				0	
					0	
甲殻類				0		
				0		
その他				0		
				0		
小計	0	0	3	3		
	0	0	0	0		
合計		119	59	123	301	
		1.66	0.534	2.009	4.203	

付表 (内水面漁場保全対策推進調査)

* 水質階級

I: 貧腐水性 II: β 中腐水性III: α 中腐水性 IV: 強腐水性

付表2-3 調査地点(河川): 猪越(江川水系濁川) 上段: 個体数 下段: 重量(g)

	底生物名\調査年月日	6月5日	8月27日	11月21日	計	指標生物*
カワゲラ目	カワゲラ類	1			1	I
		0.008			0.008	
カゲロウ目	ヒラタカゲロウ類 ^{*1}	31	6		37	I
		0.258	0.048		0.306	
	サホコカゲロウ類 ^{*2}				0	III
					0	
	*1, *2以外のカゲロウ類	21	61	45	127	II
	0.032	0.109	0.135	0.276		
	52	67	45	164		
	0.29	0.157	0.135	0.582		
トビケラ目	ナガレトビケラ類 ^{*3}				0	I
					0	
	ヤマトビケラ類 ^{*4}				0	I
					0	
	*3, *4以外のトビケラ類	37	19	152	208	II
	0.691	0.052	4.504	5.247		
	37	19	152	208		
	0.691	0.052	4.504	5.247		
広翅目	ヘビトンボ類				0	I
					0	
トンボ目	トンボ類			2	2	
				0.6	0.6	
鞘翅目	ヒラタドロムシ類	4	23	18	45	II
		0.103	0.028	0.143	0.274	
	その他の鞘翅類	2			2	
		0			0	
	6	23	18	47		
	0.103	0.028	0.143	0.274		
双翅目	ブユ類				0	I
					0	
	ガガンボ類	17	3		20	
		0.06	0.004		0.064	
	アミカ類				0	I
					0	
	ユスリカ類		2		2	
		0.016		0.016		
					0	
					0	
	17	5	0	22		
	0.06	0.02	0	0.08		
その他	ウズムシ類				0	I
					0	
	貧毛類(イトミミズ類)				0	IV
					0	
	ヒル類			1	1	III
				0.178	0.178	
	貝類				0	
					0	
甲殻類				0		
				0		
その他				0		
				0		
	0	0	1	1		
	0	0	0.178	0.178		
合計		113	114	218	445	
		1.152	0.257	5.56	6.969	

* 水質階級

I: 貧腐水性 II: β中腐水性

III: α中腐水性 IV: 強腐水性

付表2-4 調査地点(河川): 本郷(江川水系八戸川) 上段: 個体数 下段: 重量(g)

底生生物名\調査年月日		6月5日	8月27日	11月21日	計	指標生物*
カワゲラ目	カワゲラ類	2	6	7	15	I
		0.014	0.014	0.332	0.36	
カゲロウ目	ヒラタカゲロウ類*1	10	26	6	42	I
	サホコカゲロウ類*2				0	
	*1,*2以外のカゲロウ類	32	55		87	II
		0.077	0.072		0.149	
	小計	42	81	6	129	
	0.164	0.251	0.051	0.466		
トビケラ目	ナガレトビケラ類*3		2		2	I
			0.017		0.017	
	ヤマトビケラ類*4	1			1	I
		0.015			0.015	
	*3,*4以外のトビケラ類	95	51	49	195	II
	4.17	0.723	2.706	7.599		
小計	96	53	49	198		
	4.185	0.74	2.706	7.631		
広翅目	ヘビトンボ類				0	I
					0	
トンボ目	トンボ類				0	
					0	
鞘翅目	ヒラタドロムシ類	1	1	2	4	II
		0.023	0	0.039	0.062	
	その他の鞘翅類				0	
					0	
小計	1	1	2	4		
	0.023	0	0.039	0.062		
双翅目	ブユ類				0	I
					0	
	ガガンボ類	10	5	1	16	I
		0.083	0.009	0.005	0.097	
	アミカ類	2			2	I
		0.012			0.012	
	ユスリカ類	1			1	I
	0			0		
その他の双翅類		1		1	I	
		0		0		
小計	13	6	1	20		
	0.095	0.009	0.005	0.109		
その他	ウズムシ類				0	I
					0	
	貧毛類(イトミミズ類)				0	IV
					0	
	ヒル類				0	III
					0	
	貝類				0	III
					0	
甲殻類				0	III	
				0		
その他				0	III	
				0		
小計	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
合計		154	147	65	366	
		4.481	1.014	3.133	8.628	

付表 (内水面漁場保全対策推進調査)

* 水質階級

I: 貧腐水性 II: β 中腐水性III: α 中腐水性 IV: 強腐水性

付表2-5 調査地点(河川): 温泉(斐伊川)

上段: 個体数 下段: 重量(g)

	底生生物名\調査年月日	5月22日	8月23日	11月22日	計	指標生物*
カワゲラ目	カワゲラ類		1	9	10	I
			0.001	0.068	0.069	
カゲロウ目	ヒラタカゲロウ類 ^{*1}	1		1	2	I
		0.007		0	0.007	
	サホコカゲロウ類 ^{*2}				0	III
					0	
	*1, *2以外のカゲロウ類	18	47	5	70	II
	0.097	0.08	0.021	0.198		
	小計	19	47	6	72	
		0.104	0.08	0.021	0.205	
トビケラ目	ナガレトビケラ類 ^{*3}				0	I
					0	
	ヤマトビケラ類 ^{*4}				0	I
					0	
	*3, *4以外のトビケラ類	8	109	31	148	II
	0.29	0.384	0.794	1.468		
	小計	8	109	31	148	
		0.29	0.384	0.794	1.468	
広翅目	ヘビトンボ類				0	I
					0	
トンボ目	トンボ類				0	
					0	
鞘翅目	ヒラタドロムシ類	10	15	65	90	II
		0.37	0.196	1.49	2.056	
	その他の鞘翅類				0	
					0	
	小計	10	15	65	90	
		0.37	0.196	1.49	2.056	
双翅目	ブユ類				0	I
					0	
	ガガンボ類		4	1	5	
			0.004	0	0.004	
	アミカ類				0	I
					0	
	ユスリカ類				0	
				0		
	その他の双翅類	1			1	
		0.009			0.009	
	小計	1	4	1	6	
		0.009	0.004	0	0.013	
その他	ウズムシ類				0	I
					0	
	貧毛類(イトミミズ類)				0	IV
					0	
	ヒル類				0	III
					0	
	貝類				0	
					0	
甲殻類				0		
				0		
	その他				0	
					0	
	小計	0	0	0	0	
		0	0	0	0	
合計		38	176	112	326	
		0.773	0.665	2.373	3.811	

* 水質階級

I: 貧腐水性 II: 中腐水性

III: 中腐水性 IV: 強腐水性

付表2-6 調査地点(河川): 朝山(神戸川)

上段: 個体数 下段: 重量(g)

底生生物名\調査年月日		5月22日	8月23日	11月22日	計	指標生物*
カワゲラ目	カワゲラ類	9	13	8	30	I
		0.086	0.044	0.165	0.295	
カゲロウ目	ヒラタカゲロウ類 ^{*1}	2			2	I
		0.004			0.004	
	サホコカゲロウ類 ^{*2}				0	III
					0	
	*1, *2以外のカゲロウ類	52	21	8	81	II
	0.287	0.109	0.033	0.429		
小計	54	21	8	83		
	0.291	0.109	0.033	0.433		
トビケラ目	ナガレトビケラ類 ^{*3}	19			19	I
		1.414			1.414	
	ヤマトビケラ類 ^{*4}	1			1	I
		0.007			0.007	
	*3, *4以外のトビケラ類			6	6	II
			0.043	0.043		
小計	20	0	6	26		
	1.421	0	0.043	1.464		
広翅目	ヘビトンボ類	1			1	I
		0.093			0.093	
トンボ目	トンボ類		1	2	3	
			0	0.147	0.147	
鞘翅目	ヒラタドロムシ類	5	6	52	63	II
		0.267	0.035	2.032	2.334	
	その他の鞘翅類	13			13	
		0.007			0.007	
小計	18	6	52	76		
	0.274	0.035	2.032	2.341		
双翅目	ブユ類				0	I
					0	
	ガガンボ類	4		1	5	
		0.009		0	0.009	
	アミカ類				0	I
					0	
	ユスリカ類	2			2	
	0.001			0.001		
その他の双翅類	7			7		
	0.128			0.128		
小計	13	0	1	14		
	0.138	0	0	0.138		
その他	ウズムシ類				0	I
					0	
	貧毛類 (イトミミズ類)				0	IV
					0	
	ヒル類				0	III
					0	
	貝類				0	
					0	
甲殻類				0		
				0		
その他				0		
				0		
小計	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
合計		115	41	77	233	
		2.303	0.188	2.42	4.911	

付表 内水面漁場保全対策推進調査(神西湖定期観測調査)

調査日:2001/4/26 天候:晴れ 海況:なぎ

地点	調査時刻	水深	層	水温(℃)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	13:50	1.0	表層	17.0	34.2	7.54	99.5	欠測
			1					
			底層	17.0	34.2	7.18	95.0	
2	13:55	1.0	表層	17.4	33.8	7.11	93.0	欠測
			1					
			底層	17.4	33.8	6.53	86.7	
3	14:03	1.5	表層	17.5	33.3	6.22	83.5	欠測
			1	17.5	33.4	5.92	78.3	
			底層	17.5	33.3	5.98	79.3	
4	14:09	1.5	表層	18.0	11.8	13.10	151.6	欠測
			1	18.1	26.8	8.38	106.2	
			底層	17.6	30.9	7.12	93.0	
5	14:25	1.7	表層	18.4	10.1	13.40	153.8	欠測
			1	17.6	14.5	12.80	149.8	
			2					
			底層	17.6	28.4	7.32	94.2	
6	14:32	1.0	表層	17.8	7.6	10.22	112.6	欠測
			1					
			底層	17.4	8.4	10.13	111.1	

調査日:2001/5/22 天候:晴れ 海況:なぎ

地点	調査時刻	水深	層	水温(℃)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	13:42	1.0	表層	22.6	7.5	6.4	75.0	欠測
			底層	22.1	12.5	4.8	60.0	
2	13:48	1.0	表層	22.6	6.8	7.0	81.8	欠測
			底層	22.5	6.8	5.9	70.7	
3	13:55	1.0	表層	22.6	7.1	7.8	95.0	欠測
			底層	22.6	7.1	7.4	89.6	
4	14:02	0.9	表層	22.6	7.2	8.3	101.0	欠測
			底層	22.6	7.3	7.7	94.5	
5	14:15	1.7	表層	22.6	7.7	9.0	110.0	欠測
			1	22.6	7.7	9.2	111.6	
			底層	22.5	8.1	6.7	83.0	
6	14:26	0.8	表層	23.4	7.6	7.6	94.0	欠測
			底層	23.5	7.6	7.2	88.9	

調査日:2001/6/21 天候:曇り 海況:なぎ

地点	調査時刻	水深	層	水温(℃)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	13:42	1.0	表層	21.1	1.2	7.2	81.4	0.4
			底層	21.1	1.2	6.9	78.4	
2	13:48	1.0	表層	21.1	0.9	7.2	81.4	0.4
			底層	21.1	0.9	7.2	80.9	
3	13:53	1.0	表層	21.1	0.9	7.4	83.2	0.4
			底層	21.1	0.9	7.2	82.0	
4	13:59	0.9	表層	21.0	0.8	7.1	80.3	0.4
			底層	27.2	6.6	7.8	102.9	
5	14:15	1.7	表層	21.0	1.0	7.2	81.2	0.4
			1	21.0	1.0	7.3	82.9	
			底層	20.9	1.1	6.7	82.9	
6	14:30	0.8	表層	21.3	0.5	7.0	79.3	0.4
			底層	21.2	0.5	6.8	77.3	

付表 内水面漁場保全対策推進調査(神西湖定期観測調査)

調査日:2001/7/19

天候:曇り

海況:なぎ

地点	調査時刻	水深	層	水温(°C)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	13:40	1.5	表層	28.2	13.3	6.39	90.9	1.1
			1	27.4	29.0	6.41	99.8	
			底層	27.4	29.0	6.41	100.1	
2	13:46	1.2	表層	27.9	6.6	7.10	95.2	0.5
			1	27.1	25.7	6.91	103.1	
			底層	27.1	29.1	6.74	104.4	
3	13:52	1.5	表層	28.0	4.5	7.13	94.5	0.5
			1	27.5	5.9	8.02	106.2	
			底層	27.4	7.3	8.43	112.9	
4	13:57	1.0	表層	28.3	4.2	6.95	92.5	0.5
			1					
			底層	27.2	6.6	7.78	102.9	
5	14:10	2.0	表層	28.7	3.7	7.40	98.3	0.5
			1	28.6	3.7	7.78	103.5	
			底層	26.5	23.2	7.59	111.7	
6	14:20	1.0	表層	29.7	3.2	6.69	90.3	0.5
			1					
			底層	29.5	3.2	7.30	98.4	

調査日:2001/8/23

天候:晴れ

海況:少し波

地点	調査時刻	水深	層	水温(°C)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	11:20	1.0	表層	27.4	16.4	6.84	97.5	1
			1					
			底層	27.4	16.5	7.09	100.9	
2	11:30	1.0	表層	27.8	16.0	7.91	112.4	0.8
			1					
			底層	27.7	16.1	8.14	114.8	
3	11:36	1.5	表層	27.8	16.8	9.64	133.8	0.6
			1	27.7	17.8	8.92	128.1	
			底層	27.2	20.0	7.32	105.7	
4	11:40	1.0	表層	28.2	17.7	7.51	108.7	0.6
			1					
			底層	27.4	20.9	6.98	102.1	
5	11:45	2.0	表層	28.1	15.5	8.28	118.2	0.6
			1	28.1	15.6	8.42	119.6	
			2					
6	11:50	1.3	表層	28.2	13.7	8.10	114.7	0.6
			1	28.1	14.3	7.70	109.5	
			底層	26.1	26.2	7.07	105.0	

調査日:2001/9/19

天候:晴れ

海況:少し波

地点	調査時刻	水深	層	水温(°C)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	14:35	1.3	表層	25.0	30.7	6.23	93.8	底まで
			1	25.0	32.0	6.34	96.0	
			底層	25.0	31.8	6.48	98.3	
2	14:40	1.3	表層	25.2	31.3	6.25	94.7	底まで
			1	25.2	31.3	6.61	100.3	
			底層	25.2	31.3	6.74	102.4	
3	14:44	1.4	表層	25.1	30.8	6.75	100.6	底まで
			1	25.0	30.8	6.45	97.3	
			底層	25.0	30.8	6.41	96.4	
4	14:48	1.0	表層	25.9	8.1	7.81	102.1	0.5
			1					
			底層	25.9	29.9	6.91	104.1	
5	14:54	1.9	表層	25.7	10.7	9.49	122.5	1.0
			1	25.8	11.6	8.96	120.5	
			2					
6	15:01	1.0	表層	25.6	5.2	10.69	130.4	0.5
			1					
			底層	25.4	10.6	10.08	127.8	

付表 内水面漁場保全対策推進調査(神西湖定期観測調査)

調査日:2001/10/24 天候:晴れ 海況:少し波

地点	調査時刻	水深	層	水温(°C)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	13:40	1.2	表層	19.3	5.4	8.62	97.2	底まで
			1	19.2	5.4	8.67	97.9	
			底層	19.2	5.4	8.79	99.3	
2	13:48	1.2	表層	19.3	5.8	10.30	111.8	1.1
			1	19.3	5.8	9.11	103.3	
			底層	19.4	5.8	9.06	102.8	
3	13:55	1.4	表層	19.6	5.4	9.26	105.5	1.1
			1	19.8	6.1	9.07	103.9	
			底層	19.6	8.5	8.77	102.9	
4	14:00	1.0	表層	19.9	5.1	9.05	102.9	1.1
			1					
			底層	20.1	19.5	7.11	90.4	
5	14:12	1.8	表層	19.8	4.5	10.00	113.4	1.3
			1	20.0	17.0	7.34	90.6	
			2					
			底層	20.6	24.9	3.56	47.2	
6	14:22	0.8	表層	19.3	3.4	9.96	110.8	0.6
			1					
			底層	19.1	6.3	8.01	91.2	

調査日:2001/11/22 天候:晴れ 海況:なぎ

地点	調査時刻	水深	層	水温(°C)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	11:20	1.0	表層	12.9	9.5	11.1	113.0	底まで
			1					
			底層	13.5	12.5	10.3	107.3	
2	11:27	1.0	表層	12.0	5.8	12.9	125.4	0.6
			1					
			底層	13.2	10.5	12.0	123.9	
3	11:31	1.2	表層	11.5	3.9	13.4	127.0	1.0
			1	12.3	6.7	14.8	145.6	
			底層	13.3	9.5	14.3	147.0	
4	11:35	0.8	表層	11.4	3.3	12.3	115.3	底まで
			1					
			底層	14.6	11.2	12.6	134.9	
5	11:39	1.4	表層	11.6	4.2	13.7	130.7	1.0
			1	15.0	14.4	12.9	143.1	
			2					
			底層	16.3	24.3	6.9	83.1	
6	11:45	1.0	表層	11.7	1.4	12.9	118.4	0.7
			1					
			底層	15.0	13.7	11.2	122.3	

調査日:2001/12/18 天候:曇り 海況:少し波

地点	調査時刻	水深	層	水温(°C)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	14:02	1.0	表層	7.3	10.7	9.9	89.3	底まで
			1					
			底層	7.3	10.8	10.0	90.3	
2	14:06	0.8	表層	7.3	10.9	12.1	109.1	底まで
			1					
			底層	7.5	11.5	10.9	98.6	
3	14:10	1.0	表層	7.0	9.2	12.1	105.3	1.0
			1					
			底層	7.3	11.1	11.4	103.3	
4	14:14	0.9	表層	7.1	9.5	10.7	95.8	0.9
			1					
			底層	8.2	13.9	10.1	94.8	
5	14:18	1.5	表層	6.7	8.5	11.4	99.7	0.9
			1	8.5	14.5	9.7	90.3	
			2					
			底層	11.2	25.2	5.7	62.0	
6	14:23	0.8	表層	6.4	6.5	12.4	104.7	底まで
			1					
			底層	6.4	6.5	10.9	93.4	

付表 内水面漁場保全対策推進調査(神西湖定期観測調査)

調査日:2002/1/21

天候: 雨

海況: 少し波

地点	調査時刻	水深	層	水温(°C)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	14:09	1.0	表層	7.6	2.8	10.1	86.0	1.0
			1					
			底層	7.6	2.8	9.6	82.4	
2	14:16	1.0	表層	7.5	2.8	12.1	100.4	1.0
			1					
			底層	7.4	2.8	10.5	89.0	
3	14:22	1.0	表層	7.7	4.3	11.5	98.6	0.6
			1					
			底層	8.4	7.8	11.1	100.7	
4	14:26	1.0	表層	7.7	4.3	10.8	93.4	0.6
			1					
			底層	9.2	14.7	11.2	109.1	
5	14:30	1.7	表層	7.4	2.2	11.2	94.3	0.6
			1	10.0	17.2	10.5	109.0	
			2					
			底層	11.5	23.9	5.4	58.0	
6	14:36	0.9	表層	7.6	1.4	11.8	98.8	0.5
			1					
			底層	7.5	1.6	10.8	91.1	

調査日:2002/2/14

天候: 曇り時々雨

海況: なぎ

地点	調査時刻	水深	層	水温(°C)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	13:45	0.8	表層	5.0	12.3	10.0	85.7	底まで
			1					
			底層	5.1	12.4	9.5	81.7	
2	13:54	0.8	表層	5.0	11.9	10.4	88.6	底まで
			1					
			底層	5.0	11.9	10.0	85.3	
3	14:00	1.0	表層	5.1	11.7	10.1	86.4	1.1
			1					
			底層	5.0	11.8	10.4	88.8	
4	14:03	0.8	表層	5.2	11.6	9.7	84.4	底まで
			1					
			底層	5.3	13.5	10.3	90.0	
5	14:08	1.3	表層	5.4	13.5	9.7	84.9	1.1
			1	7.7	23.1	8.9	88.5	
			2					
			底層	9.8	27.5	9.5	83.2	
6	14:13	0.7	表層	5.3	12.9	9.6	84.3	底まで
			1					
			底層	5.6	13.4	10.2	89.4	

調査日:2002/3/26

天候: 曇り時々雨

海況: なぎ

地点	調査時刻	水深	層	水温(°C)	塩分(PSU)	DO(mg/l)	DO(%)	透明度(m)
1	14:13	1.0	表層	13.2	24.4	8.1	89.9	底まで
			1					
			底層	13.7	28.7	6.4	74.2	
2	14:19	0.9	表層	12.4	14.8	8.9	90.7	底まで
			1					
			底層	12.4	16.5	8.3	87.0	
3	14:24	1.2	表層	12.3	12.4	9.2	93.3	底まで
			1	12.3	12.4	9.4	94.9	
			底層	12.3	12.4	9.3	94.2	
4	14:28	0.9	表層	12.0	12.4	14.5	145.8	0.6
			1					
			底層	12.2	14.9	15.2	155.9	
5	14:34	1.5	表層	11.9	11.7	14.4	143.3	0.8
			1	12.0	12.0	14.7	147.5	
			底層	12.7	23.8	2.9	29.0	
6	14:38	0.8	表層	11.4	6.5	12.9	123.7	0.8
			1					
			底層	11.2	9.4	13.5	130.9	