

ホタテガイ稚貝夏季大量へい死対策試験

工藤 敏博・田村 亘・早川 豊・小坂 善信・川村 要

近年、陸奥湾で頻発している採取直後のホタテガイ稚貝の大量へい死について、その原因の究明と対策の確立を目的に、漁場の環境条件調査、養殖施設の動揺状況調査及び動揺に対する稚貝の耐性試験を実施したので、その結果を報告する。

I 環境条件調査

材料と方法

昨年に引き続き、久栗坂、蓬田及び野辺地の各定点（図1）で、試験船「なつどまり」によりクロロフィルa、フェオフィチンa（蛍光法）等の項目に関する漁場環境調査等を実施した。

また、水温状況を把握する目的で、久栗坂実験漁場に隣接するブイロボットにより、水深15m層及び30m層の水温を観測し、平年との比較を行った。

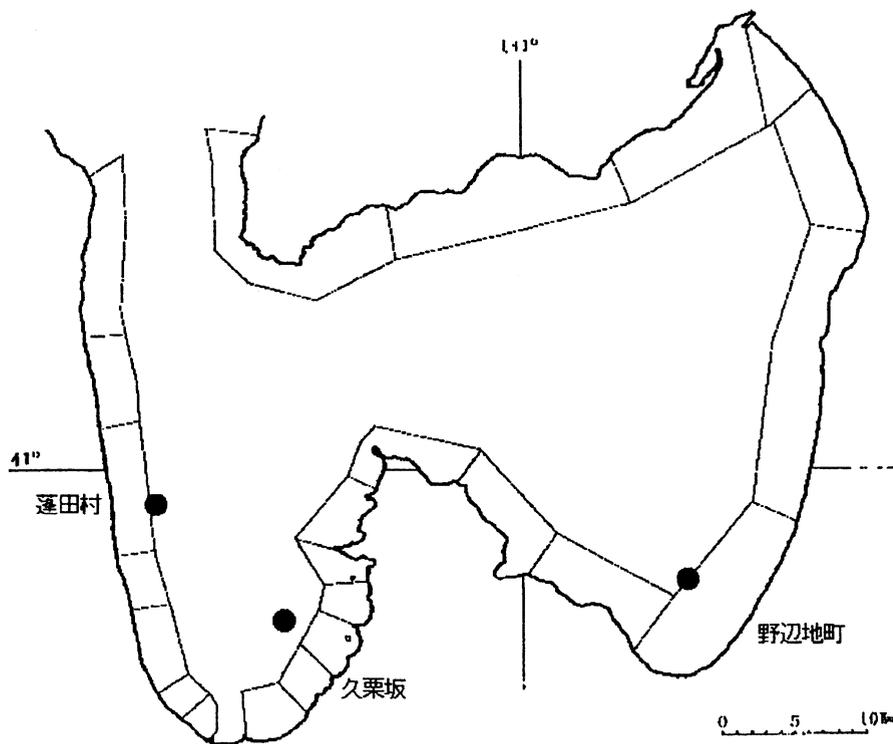


図1 環境条件調査定点

結 果

各定点における試験船による環境条件調査結果を表1～3に示した。また、各定点におけるクロロフィルa及びフェオフィチンa量の推移を図2～4に示した。クロロフィルaは、平成7年4月及び平成8年1月～3月は欠測であったが、それ以外の時期は例年同様の季節変化を示した。

図5に久栗坂実験漁場での15m層、30m層における日平均水温の周年変化とその平年偏差を示したが、15m層の日平均水温は5.4～24.7℃の範囲（平成8年2月8日最低、平成7年8月24日最高）、30m層の日平均水温は5.4～23.9℃の範囲（平成8年2月8日最低、平成7年9月7日最高）で、平成7年7月上旬と12月下旬以降を除き1～3℃高めに推移した。

表1 調査船による環境条件調査結果(久栗坂)

調査月日	5月1日	5月30日	6月6日	6月19日	7月11日	8月1日	8月17日	9月7日	9月14日	9月26日	10月12日	10月24日	12月4日
透明度(m)	14	13	13	11		14	14		12	13	14	15	12
水深0m	11.6	14.1	15.8	15.4	19.3	22.6	23.8	24.0	23.3	22.2	19.9	19.6	13.1
5	11.1	13.7	14.5	15.3	18.0	22.2	23.6	23.8	23.2	22.3	19.8	19.7	13.1
水温(°C)	10.4	13.6	13.7	14.7	17.2	21.6	23.3	23.8	23.1	22.2	19.7	19.7	13.2
20	9.9	12.5	13.1	13.6	16.7	20.8	22.4	23.8	23.0	22.2	19.7	19.6	13.2
30	8.9	11.8	12.4	13.3	15.7	19.3	21.6	23.9	23.0	21.4	20.4	19.7	13.2
40	8.3	11.6	10.8	12.9	14.9	17.1	19.7	23.8	23.0	18.7	19.6	19.6	13.3
平均値	10.0	12.9	13.4	14.2	17.0	20.6	22.4	23.9	23.1	21.5	19.9	19.7	13.2
水深0m	0.57	0.36	0.58	1.11	0.58	0.58	0.41	0.50	0.67	0.66	0.71	0.68	1.01
5	0.69	0.31	0.38	0.80	0.28	0.54	0.41	0.54	0.76	0.62	0.64	0.62	0.66
クロロフィルa量	0.64	0.43	0.39	0.35	0.24	0.40	0.29	0.47	0.94	0.61	0.79	0.55	0.69
(mg/トン)	0.29	0.33	0.50	0.50	0.44	0.61	0.44	0.50	0.95	0.59	0.72	0.64	0.77
20	0.24	0.81	0.80	0.83		1.04	1.16	0.44	0.52	1.21	1.57	0.59	0.84
30	0.61	2.23	0.82	1.81	0.33	0.74	0.42	0.40	0.49	0.11	0.12	0.84	0.78
40	0.51	0.75	0.58	0.90	0.37	0.65	0.52	0.48	0.72	0.63	0.76	0.65	0.79
平均値	0.62	0.21	0.28	0.26	0.19	0.30	0.22	0.32	0.66	0.47	0.40	0.66	0.64
水深0m	0.56	0.17	0.21	0.17	0.12	0.28	0.21	0.37	0.66	0.43	0.38	0.71	0.55
5	0.87	0.29	0.22	0.12	0.21	0.26	0.14	0.37	0.64	0.43	0.56	0.61	0.86
フェオフィチンa量	0.93	0.18	0.38	0.22	0.46	0.52	0.44	0.35	0.57	0.56	0.45	0.60	0.52
(mg/トン)	0.72	0.78	0.68	0.49		0.72	0.18	0.28	0.44	0.85	0.49	0.63	0.57
20	1.29	0.13	0.74	1.23	0.30	0.56	0.57	0.53	0.40	0.40	0.16	0.62	0.56
30	0.83	0.29	0.42	0.42	0.26	0.44	0.29	0.37	0.56	0.52	0.41	0.64	0.62
40													
平均値													

表2 調査船による環境条件調査結果(蓬田)

調査月日	5月2日	5月30日	6月6日	6月19日	7月10日	8月1日	8月17日	9月7日	9月14日	9月26日	10月12日	10月24日	12月4日	
透明度(m)	9	12	13	20	14	13	12		10	13	13	12	11	
水温(°C)	水深0m	11.1	13.6	15.0	15.6	19.1	21.7	23.7	23.8	23.0	21.7	19.9	19.4	13.3
	5	10.4	13.1	13.9	15.2	18.1	21.4	23.5	24.1	23.0	21.8	19.8	19.5	13.3
	10	10.4	12.8	13.2	15.1	17.9	21.2	23.4	24.1	22.9	21.7	19.7	19.5	13.4
	20	10.3	12.7	13.5	14.3	17.2	21.0	21.9	24.1	22.9	21.7	20.4	19.5	13.3
	30	10.0	12.5	12.9	13.7	16.0	19.2	20.9	24.1	22.9	21.6	20.3	19.6	13.4
	38	9.9	12.5	12.6	13.7	15.7	18.3	19.9	24.0	22.8	20.3	20.0	19.8	13.3
平均値	10.4	12.9	13.5	14.6	17.3	20.5	22.2	24.0	22.9	21.5	20.0	19.6	13.3	
クロロフィルa量 (mg/トン)	水深0m	0.52	0.36	0.40	0.67	0.57	0.47	0.32	0.31	0.67	0.96	0.76	0.94	0.73
	5	0.41	0.45	0.28	0.38	0.25	0.41	0.25	0.34	0.76	0.74	0.74	0.90	0.53
	10	0.52	1.02	0.33	0.28	0.41	0.48	0.26	0.34	0.94	1.04	0.78	1.00	0.50
	20	0.58	1.32	0.52	0.48	0.54	0.63	0.58	0.32	0.95	1.11	1.80	1.00	0.71
	30	0.54	1.16	1.06	1.56	0.43	0.96	0.82	0.36	0.52	0.70	0.51	0.89	0.51
	38	0.38	1.13	1.44	0.86	0.75	0.99	0.40	0.37	0.49	0.24	0.57	0.87	0.61
平均値	0.49	0.91	0.67	0.71	0.49	0.66	0.44	0.34	0.72	0.80	0.86	0.93	0.60	
フェオフィチンa量 (mg/トン)	水深0m	0.82	0.29	0.19	0.22	0.20	0.25	0.21	0.22	0.66	0.82	0.44	0.82	0.50
	5	0.84	0.39	0.18	0.12	0.13	0.24	0.14	0.24	0.66	0.74	0.46	0.71	0.49
	10	0.83	0.70	0.23	0.10	0.24	0.33	0.16	0.23	0.63	1.00	0.49	0.67	0.31
	20	1.28	1.00	0.34	0.29	0.37	0.32	0.73	0.22	0.57	1.08	0.75	0.72	0.51
	30	1.34	0.99	0.65	0.60	0.40	0.87	0.91	0.29	0.44	0.77	0.45	0.59	1.22
	38	1.45	0.87	0.99	0.44	0.73	0.60	0.49	0.38	0.40	0.41	0.43	0.58	0.40
平均値	1.09	0.71	0.43	0.30	0.35	0.44	0.44	0.26	0.56	0.80	0.50	0.68	0.57	

表3 調査船による環境条件調査結果(野辺地)

調査月日	5月1日	5月30日	6月6日	6月19日	7月11日	7月25日	8月1日	8月17日	9月7日	9月13日	9月26日	10月12日	10月24日	12月4日	
透明度(m)	13	18	15	15	19	15	20	13	12	12	11	12	11	13	
水温(°C)	水深0m	9.8	13.3	14.2	15.8	18.3	22.2	23.4	23.6	22.7	22.4	21.5	19.5	18.8	13.1
	5	9.4	12.9	13.8	15.7	17.3	22.0	23.3	23.4	23.0	22.6	21.6	19.8	20.0	12.8
	10	9.4	12.3	13.3	14.8	15.2	21.6	23.3	23.3	23.0	22.4	21.6	19.8	20.0	12.8
	20	8.4	10.9	11.0	12.1	14.4	18.0	21.8	23.3	23.1	22.4	21.7	19.8	19.9	12.6
	30	7.3	9.3	10.2	11.7	14.0	17.0	19.8	21.7	23.1	22.4	21.7	19.8	19.9	12.5
平均値	8.9	11.7	12.5	14.0	15.8	20.2	22.3	23.1	23.0	22.4	21.6	19.7	19.7	12.8	
クロロフィルa量 (mg/トン)	水深0m	0.19	0.35	0.34	0.32	0.38	0.24	0.25	0.40	0.68	0.66	1.18	1.20	1.20	1.06
	5	0.16	0.28	0.26	0.28	0.34	0.22	0.25	0.40	0.60	0.53	1.18	0.97	0.97	0.78
	10	0.16	0.16	0.20	0.20	0.19	0.19	0.25	0.40	0.66	0.71	1.23	1.00	1.00	1.03
	20	0.21	0.36	0.26	0.47	0.35	0.21	0.37	0.49	0.59	1.21	1.09	0.96	0.96	1.22
	30	0.28	0.94	0.87	1.16	0.45	0.26	0.51	0.53	0.70	0.96	1.03	0.48	0.48	1.08
平均値	0.20	0.42	0.39	0.49	0.34	0.22	0.33	0.44	0.65	0.81	1.14	0.92	0.92	1.03	
フェオフィチンa量 (mg/トン)	水深0m	0.27	0.27	0.20	0.14	0.20	0.17	0.21	0.23	0.40	0.39	1.06	0.97	0.97	0.70
	5	0.22	0.19	0.20	0.13	0.15	0.10	0.18	0.21	0.37	0.30	1.00	0.85	0.85	0.54
	10	0.22	0.17	0.15	0.10	0.11	0.12	0.22	0.22	0.43	0.37	0.96	0.75	0.76	0.62
	20	0.43	0.38	0.21	0.22	2.00	0.12	0.37	0.26	0.44	0.61	0.95	0.72	0.72	0.77
	30	0.62	0.71	0.63	0.68	0.28	0.28	0.38	0.43	0.47	0.38	0.78	0.47	0.47	0.78
平均値	0.35	0.34	0.28	0.25	0.55	0.16	0.27	0.27	0.42	0.41	0.95	0.75	0.75	0.68	

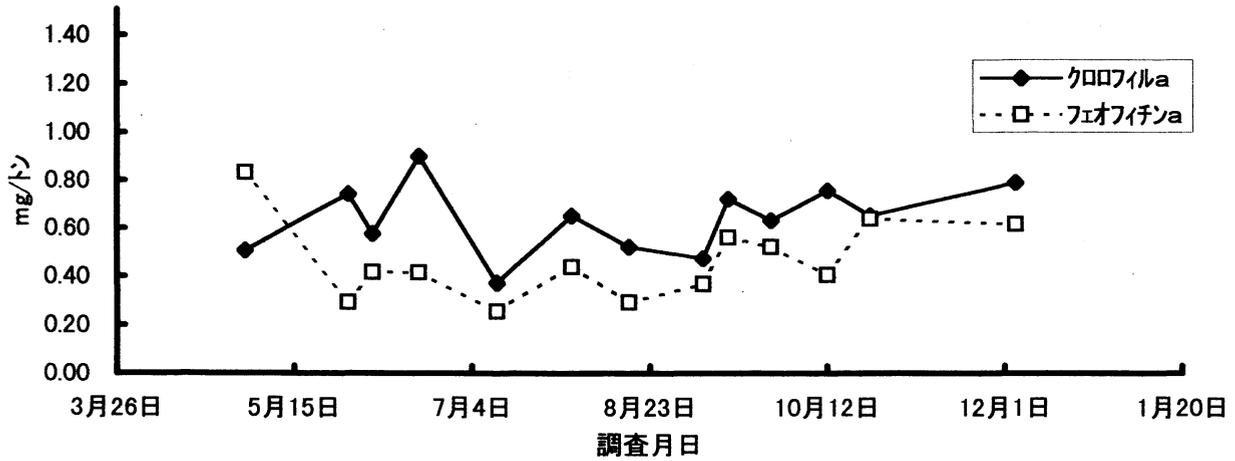


図2 久栗坂定点におけるクロロフィルa及びフェオフィチンa量の推移(全層平均)

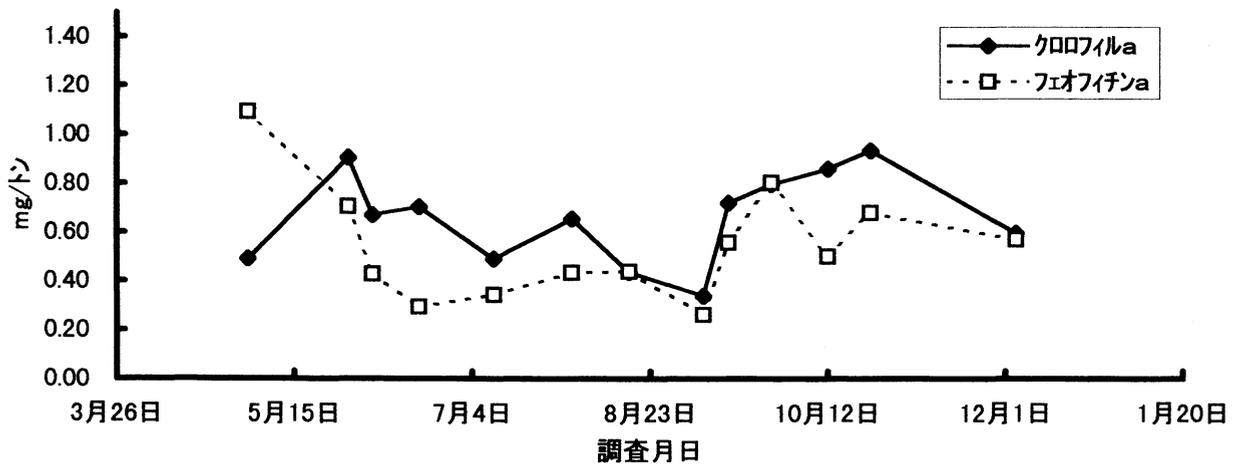


図3 蓬田定点におけるクロロフィルa及びフェオフィチンa量の推移(全層平均)

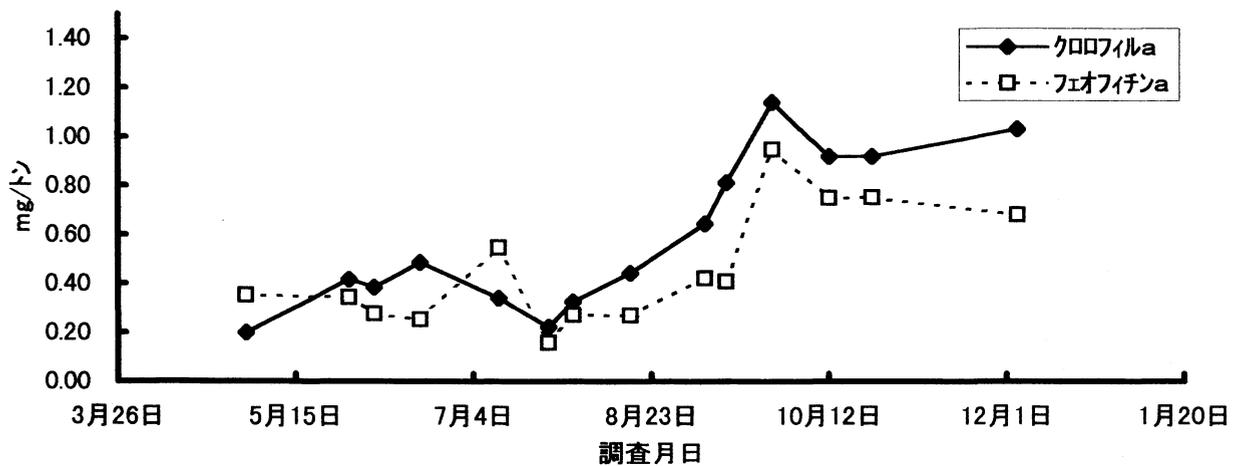


図4 野辺地定点におけるクロロフィルa及びフェオフィチンa量の推移(全層平均)

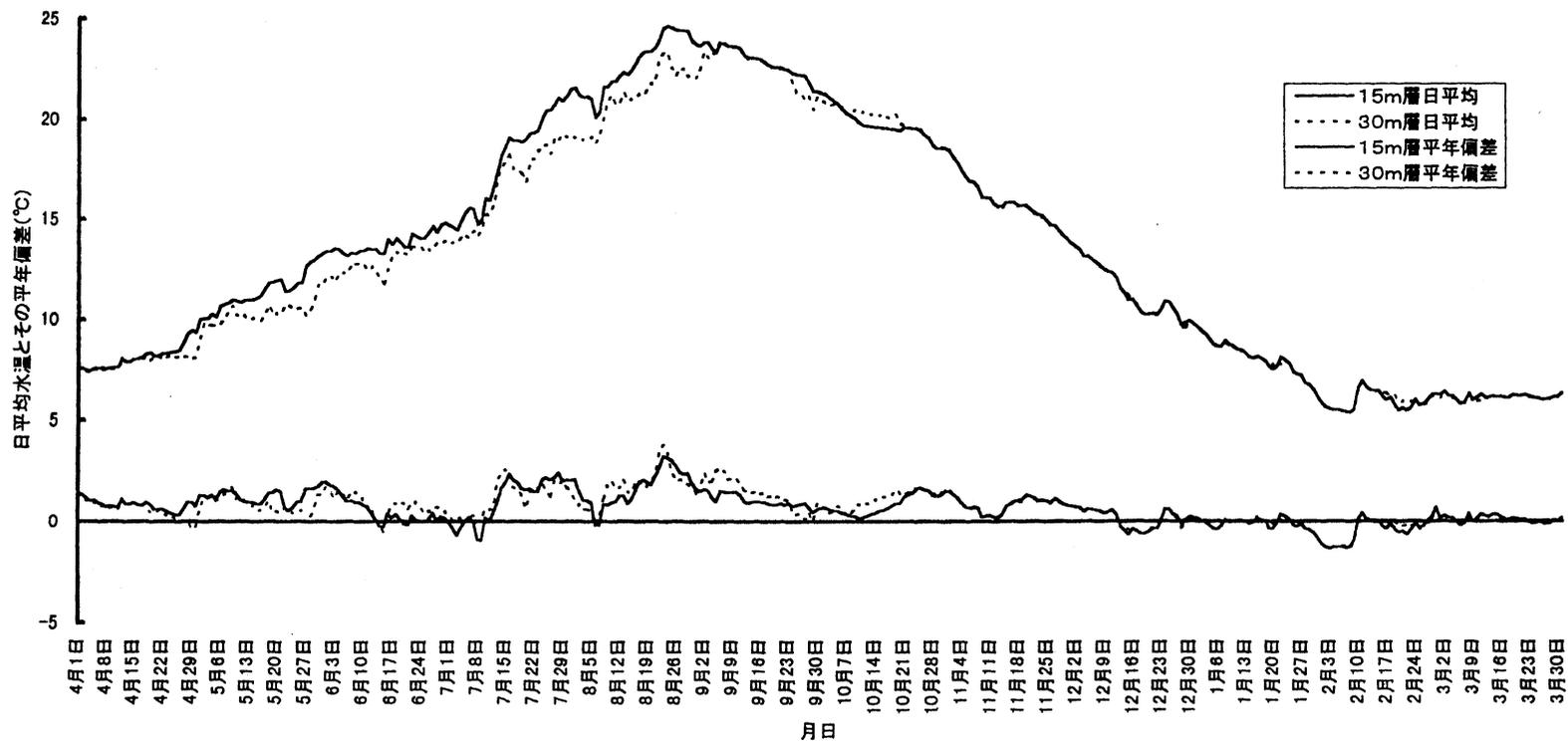


図5 久栗坂定点における水温の周年変化とその平年偏差

II 養殖施設の動揺状況調査

陸奥湾に導入されている中層延縄式のホタテガイ養殖施設は、波浪の影響を受けにくく、特に中層以深では時化に際しても安定性に優れる特徴を持つと言われているが、最近、稚貝や半成貝のへい死について、養殖施設もしくはネット等の動揺が原因と疑われる事例が散見されている。

このため、昨年度は東田沢沖の養殖施設2ヶ統の幹綱に垂下したパールネットの最下段に水深計を設置し、その動揺状況を調査したが、今年度は久栗坂の実験漁場において幹綱と養殖籠の動揺状況を調査した。

材料と方法

7月18日に久栗坂実験漁場の養殖施設(平成7年産貝を垂下)の幹綱(設置水深10m)、幹綱に垂下したパールネットの最下部(ネットの段数11段、幹綱からの距離6m、以下籠という。)及び施設の下海底(水深46m)にそれぞれRMD水深計(離合社製)を設置し、9月22日までそれぞれ10分間隔で深度変化を連続観測した。

結果と考察

① 図6-1~3に幹綱、籠及び海底の水深の推移を示した。海底の水深は平均46.4mで、潮汐と考えられる周期的な動きが見られた。幹綱と籠の水深の推移を見ると、ほぼ6m程度の差を保ち、同様の動き方を示したが、時折急激に水深が深くなるのが観察された。

② 本水深計の実測値は、水面からの深さを示しており、幹綱及び籠の水深の値は潮汐の影響を受けている。このため、潮汐の影響を取り除き、幹綱と籠本来の動きを調べるため、海底と幹綱及び籠の水深差を計算し、図7-1~3にその結果を示した。

これによると、幹綱、籠とも時折急激に深くなるのが観察され、特に7月23~24日、8月16日、8月21日、9月4~5日に顕著な例が見られた。この幹綱等が急激に深くなるという現象は、ホタテガイ養殖施設がアンカーで海底に固定されており、浮き玉及び調整玉で浮力を得ていることから、潮流によって施設に抵抗がかかり、アンカーを支点として幹綱が斜めに倒れた状態になっているものと考えられた。

③ 幹綱と籠の間の長さは6mなので、パールネットが垂直に下がっている状態では、その水深の差は常に6mとなるはずであり(長期的に見て付着物や貝の成長により重さが変わった場合は除く)、それ以下の水深差になるということは、パールネットが幹綱を支点とした振り子運動(斜め方向に上昇している)を行っていると考えられる。このため、図8-1~3に幹綱と籠の水深差を計算し、その結果を示した。

これを見ると、幹綱と籠の水深差は概ね6mで推移したが、時折急激にその差が小さくなるのが観察され、幹綱が急激に沈降した7月23~24日、8月16日、8月21日、9月4~5日には特にその差が小さくなるのが観察された。このうち9月4日は、幹綱と籠の水深差が4m程度にまでになっており、この時の籠の傾きは(籠のロープが真っ直ぐになっていると仮定すると)、三角関数により計算すると45度以上傾いているものと考えられた。

なお、長期的に見ると、当初幹綱と籠の水深差は6mで推移したものの、8月中旬以降徐々にその差が広がり、9月22日の試験終了時には6.6m程度となったが、これはパールネット内のホタテガイが成長したこと及びパールネットに付着した付着生物が成長したため重量が増加し、ロープが徐々に伸びたためと考えられた。

④ 以上のことから、試験期間中に潮流の影響と考えられる養殖施設の動揺が数回観察されたが、この時には幹綱の沈降だけでなく、パールネットも振り子状の動きをしているものと考えられた。

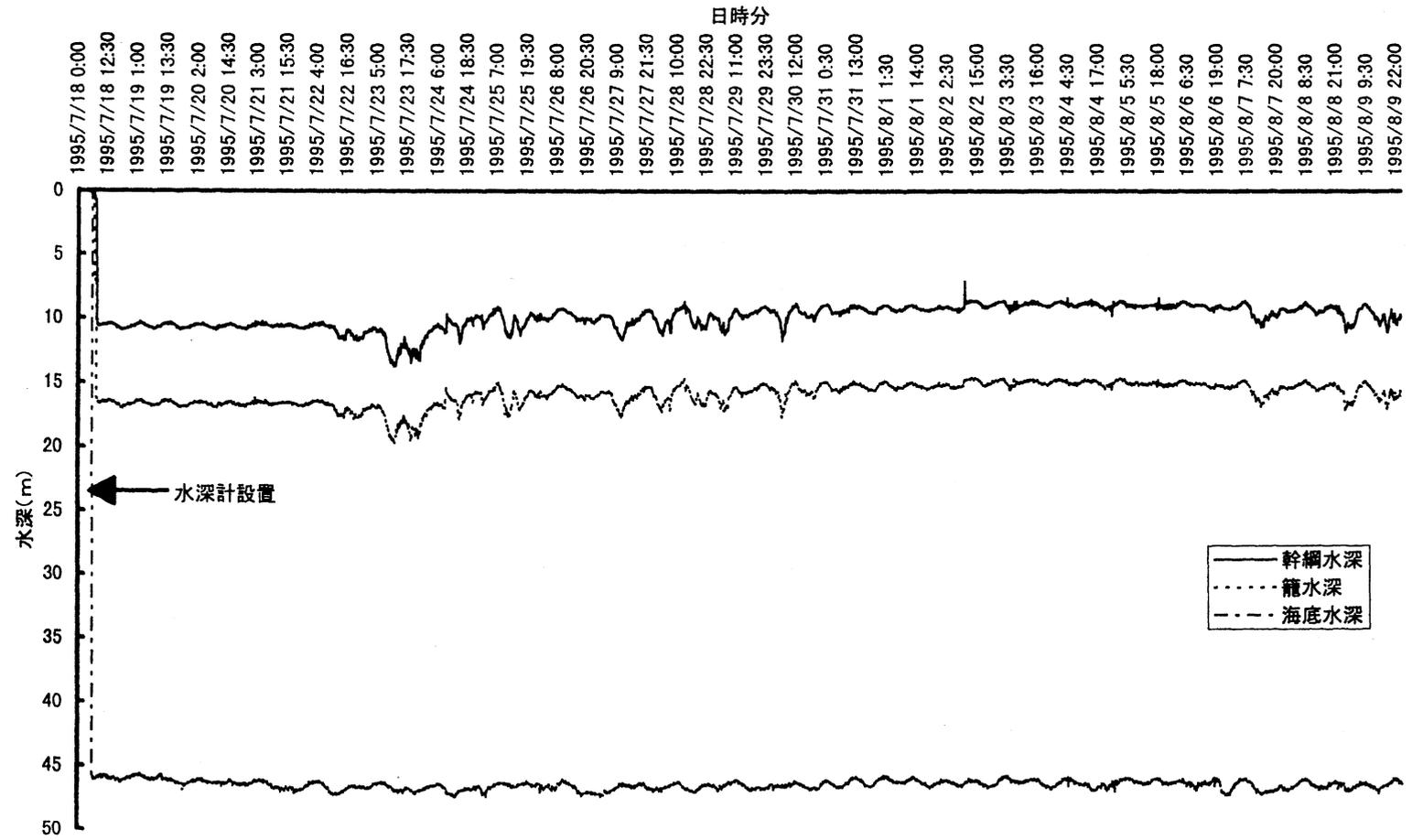


図6-1 久栗坂実験施設の幹綱、籠及び海底の水深の推移(7月18日~8月9日)

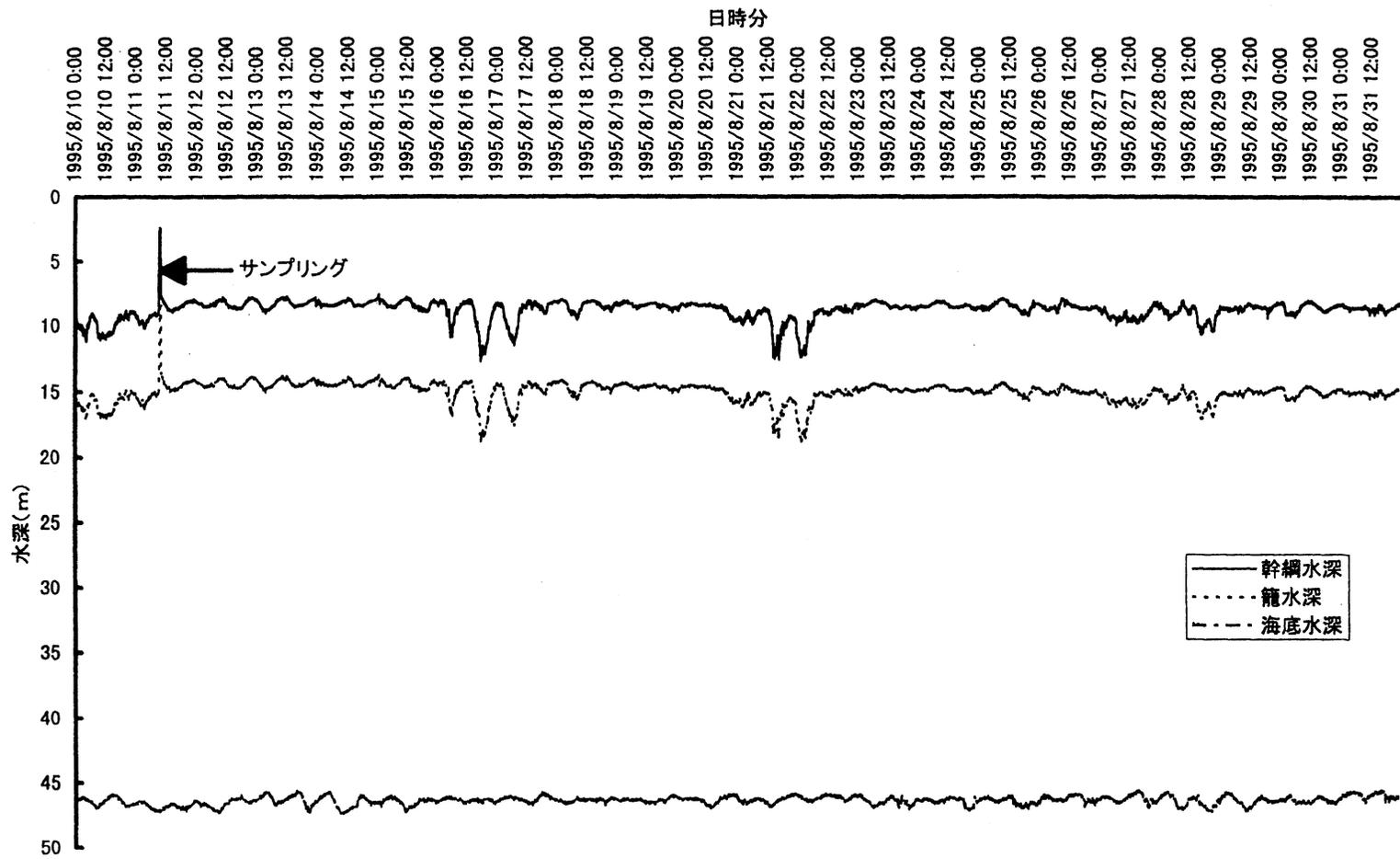


図6-2 久栗坂実験施設の幹網、籠及び海底の水深の推移(8月10日~8月31日)

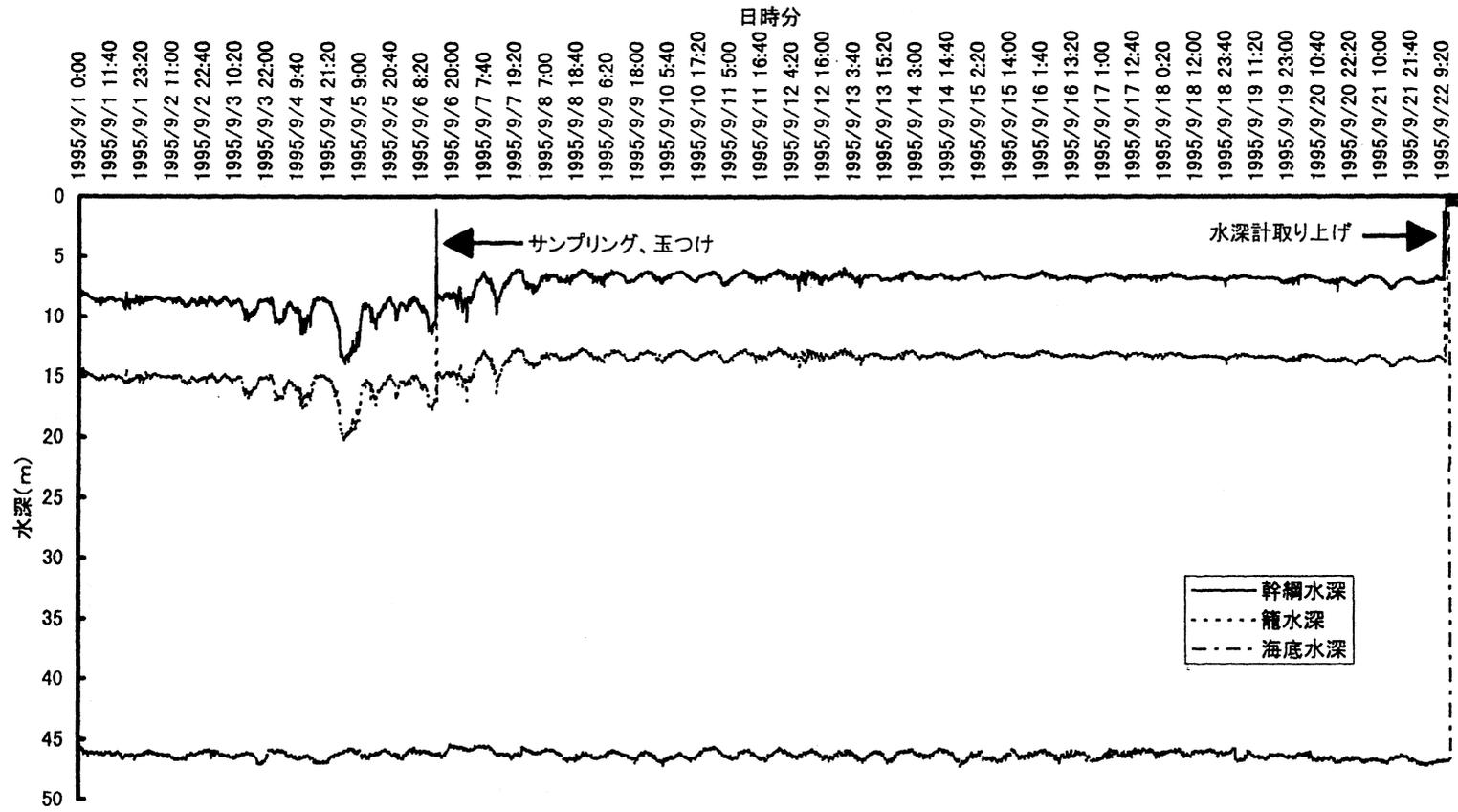


図6-3 久栗坂実験施設の幹綱、籠及び海底の水深の推移(9月1日~9月22日)

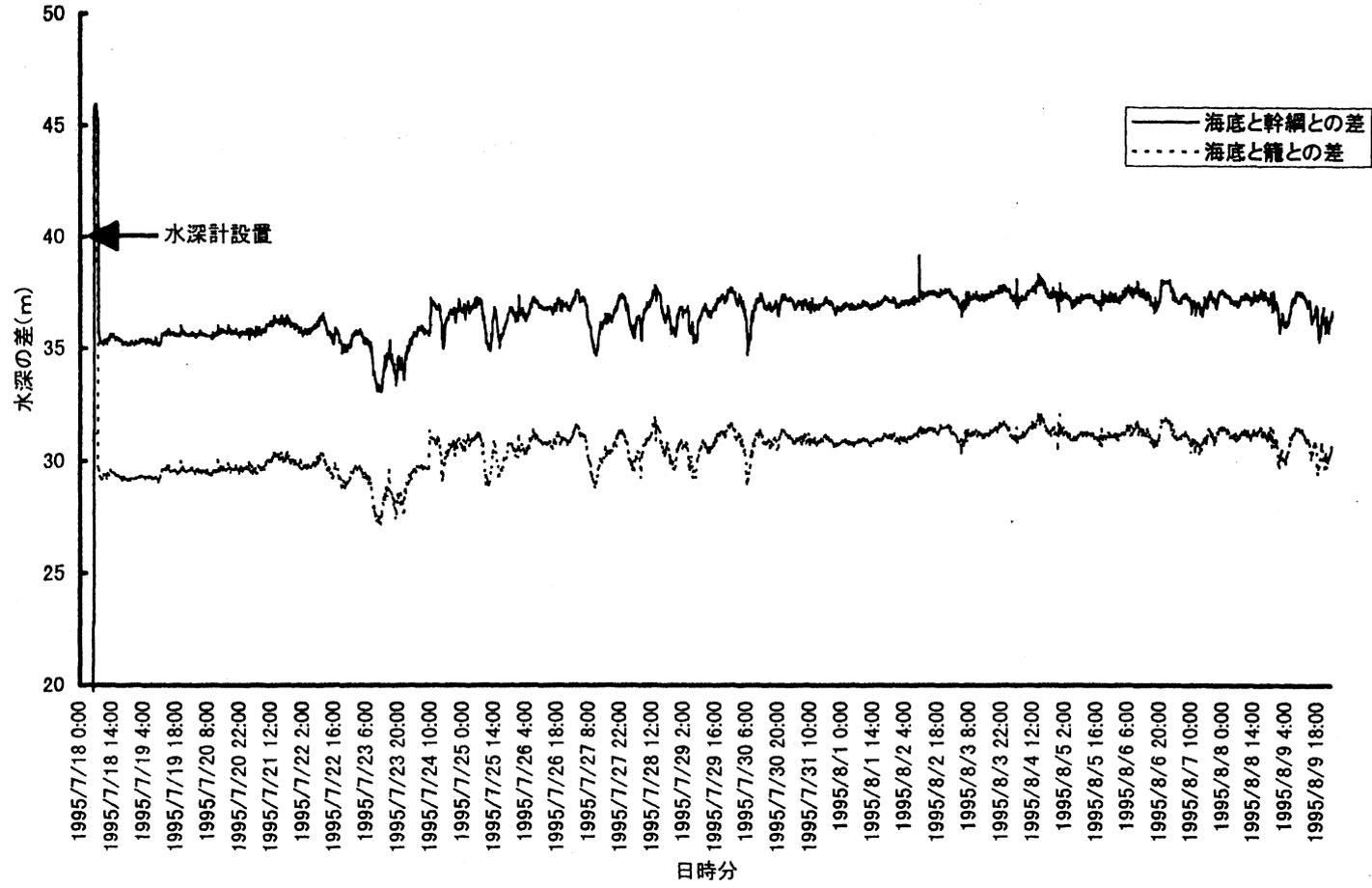


図7-1 久栗坂実験漁場における海底からの幹網及び籠の位置の推移(7月18日~8月9日)

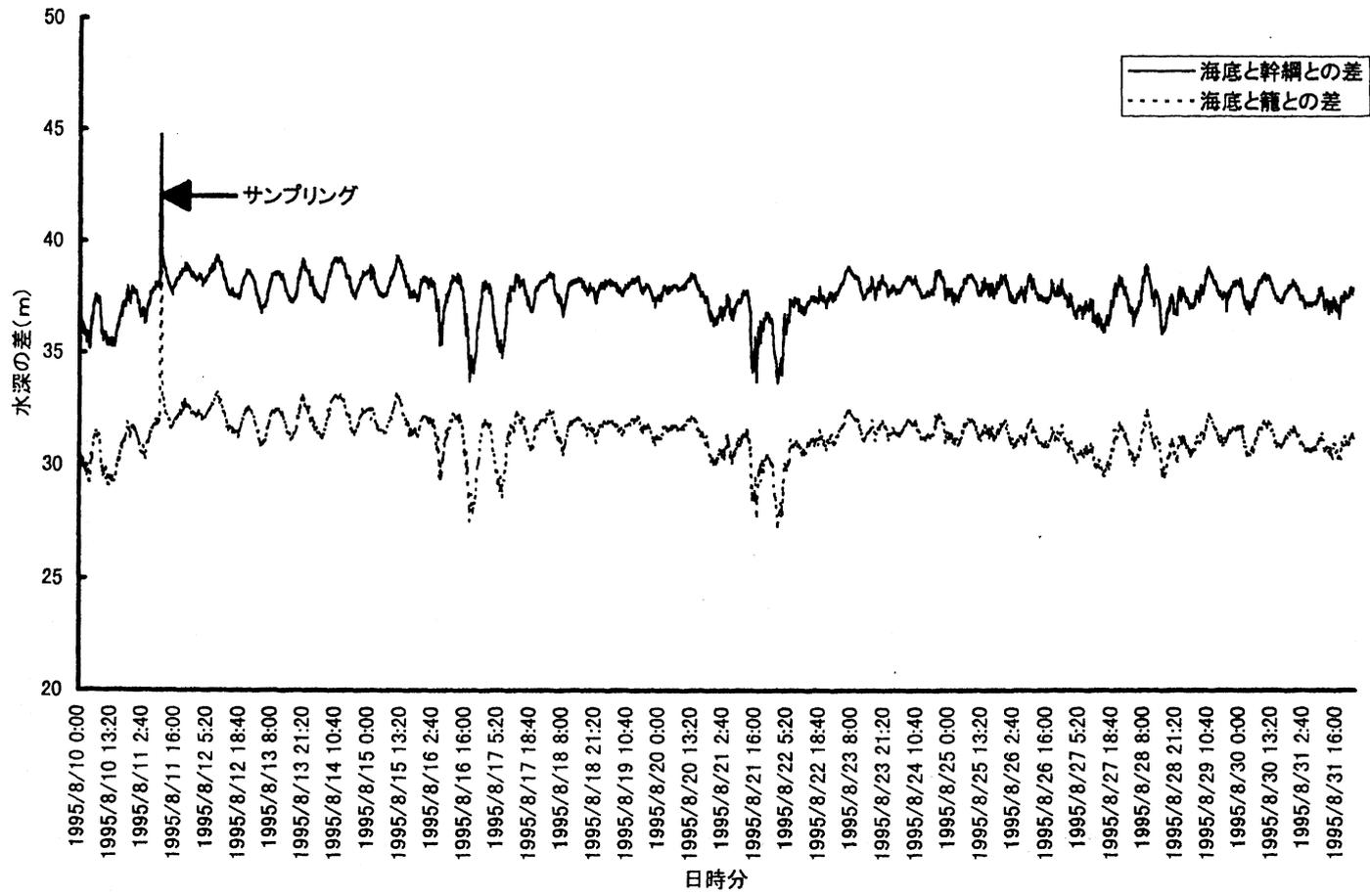


図7-2 久栗坂実験漁場における海底から幹網及び籠の位置の推移(8月10日~8月31日)

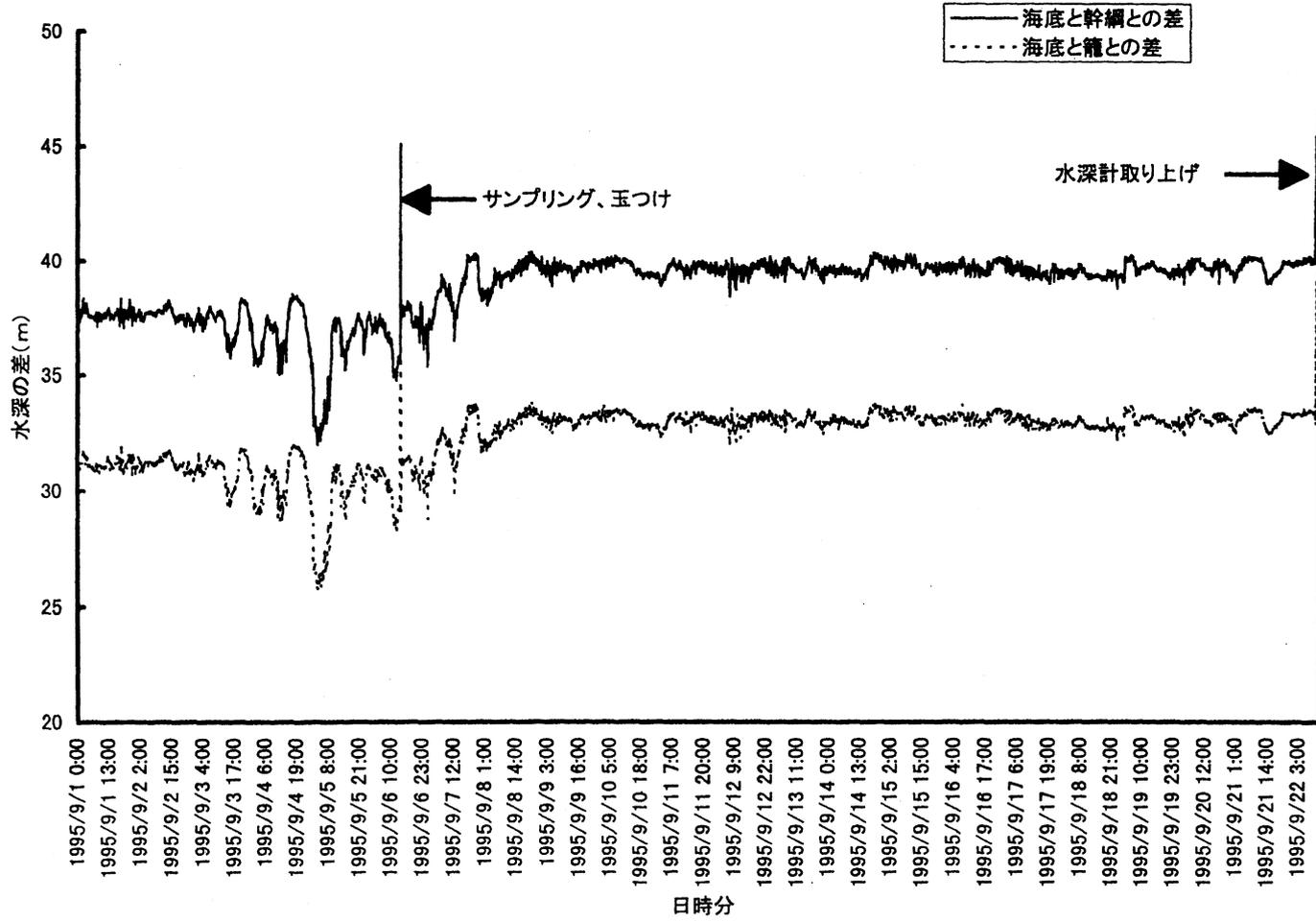


図7-3 久栗坂実験漁場における海底から幹綱及び籠の位置の推移(9月1日~9月22日)

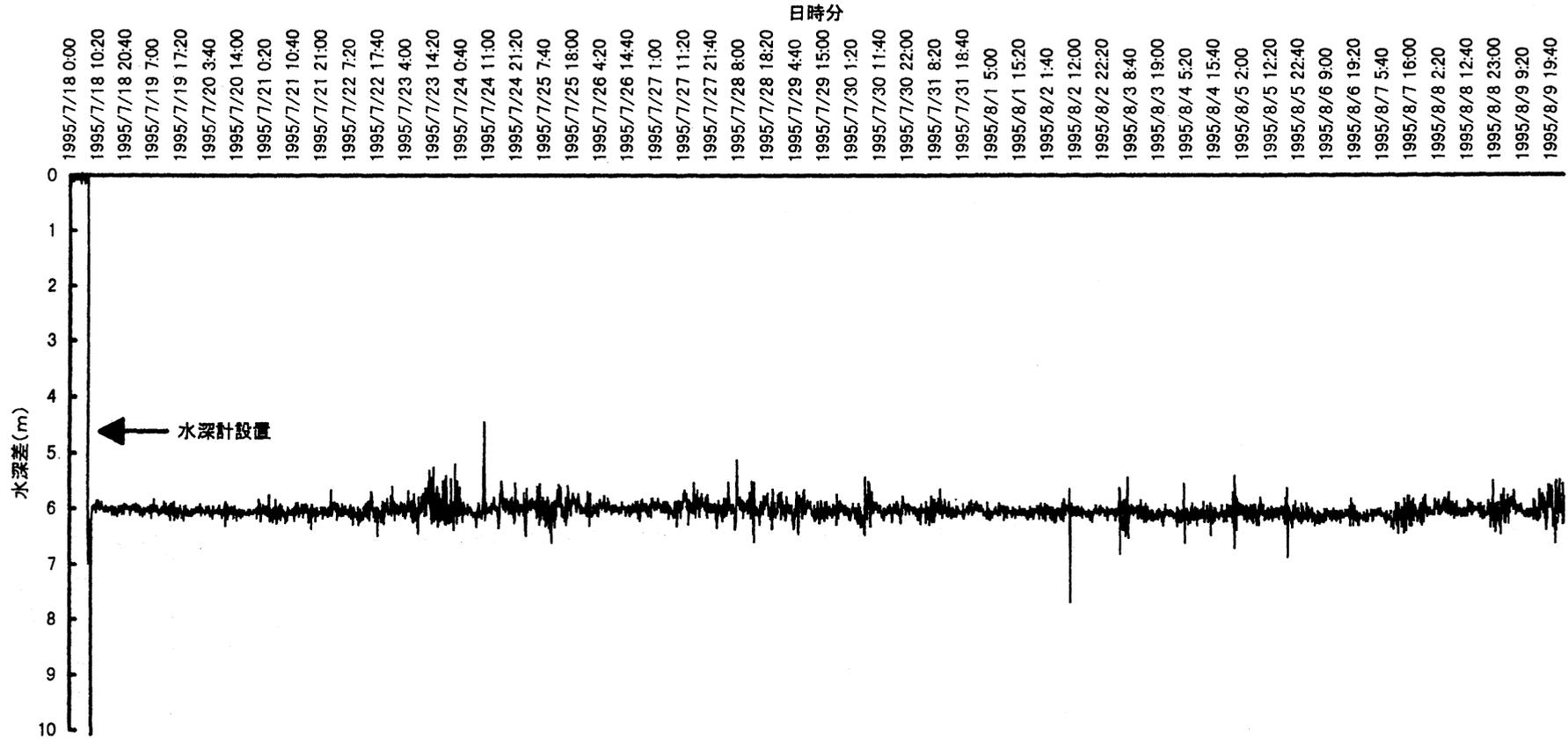


図8-1 久栗坂実験施設における幹綱と籠の水深差の推移(7月18日~8月9日)

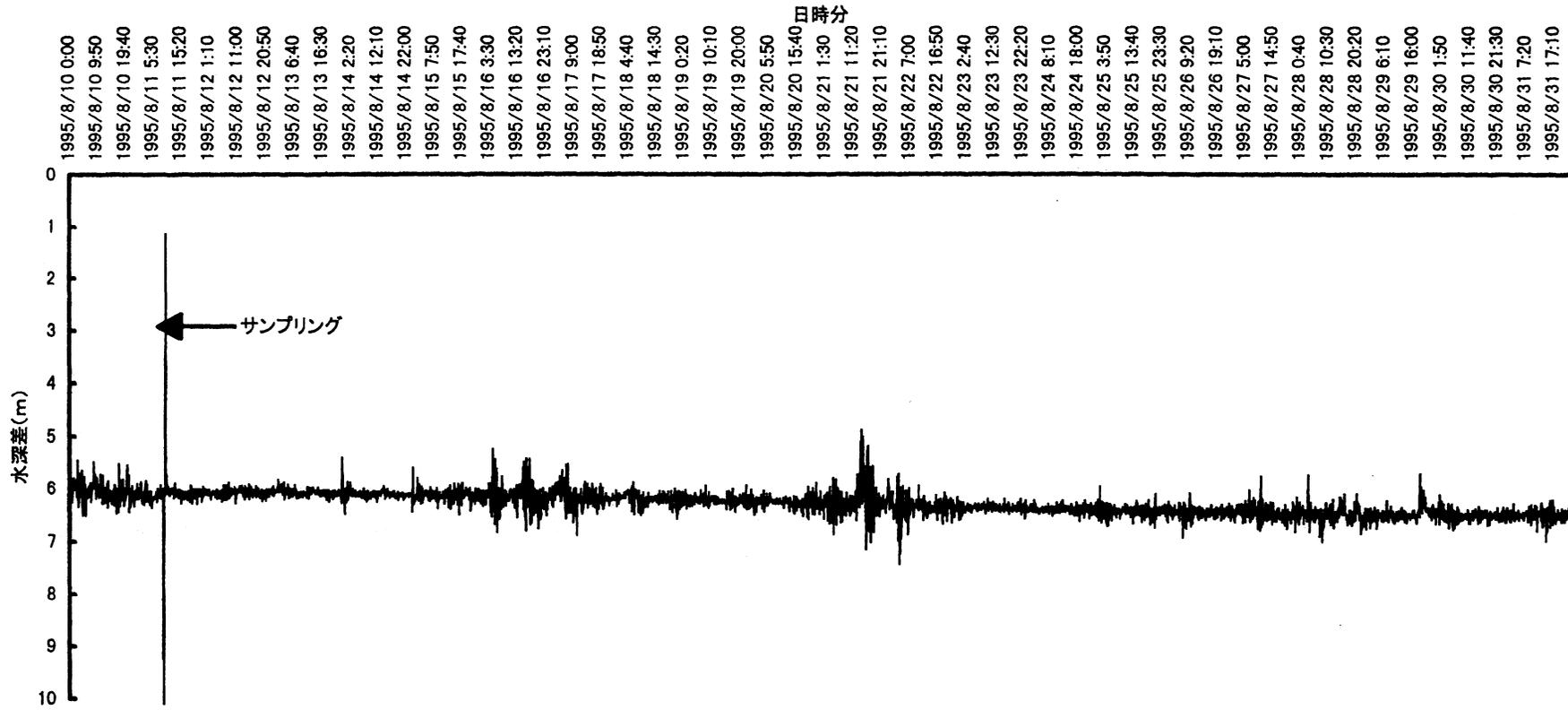


図8-2 久栗坂実験施設における幹網と籠の水深差の推移(8月10日~8月31日)

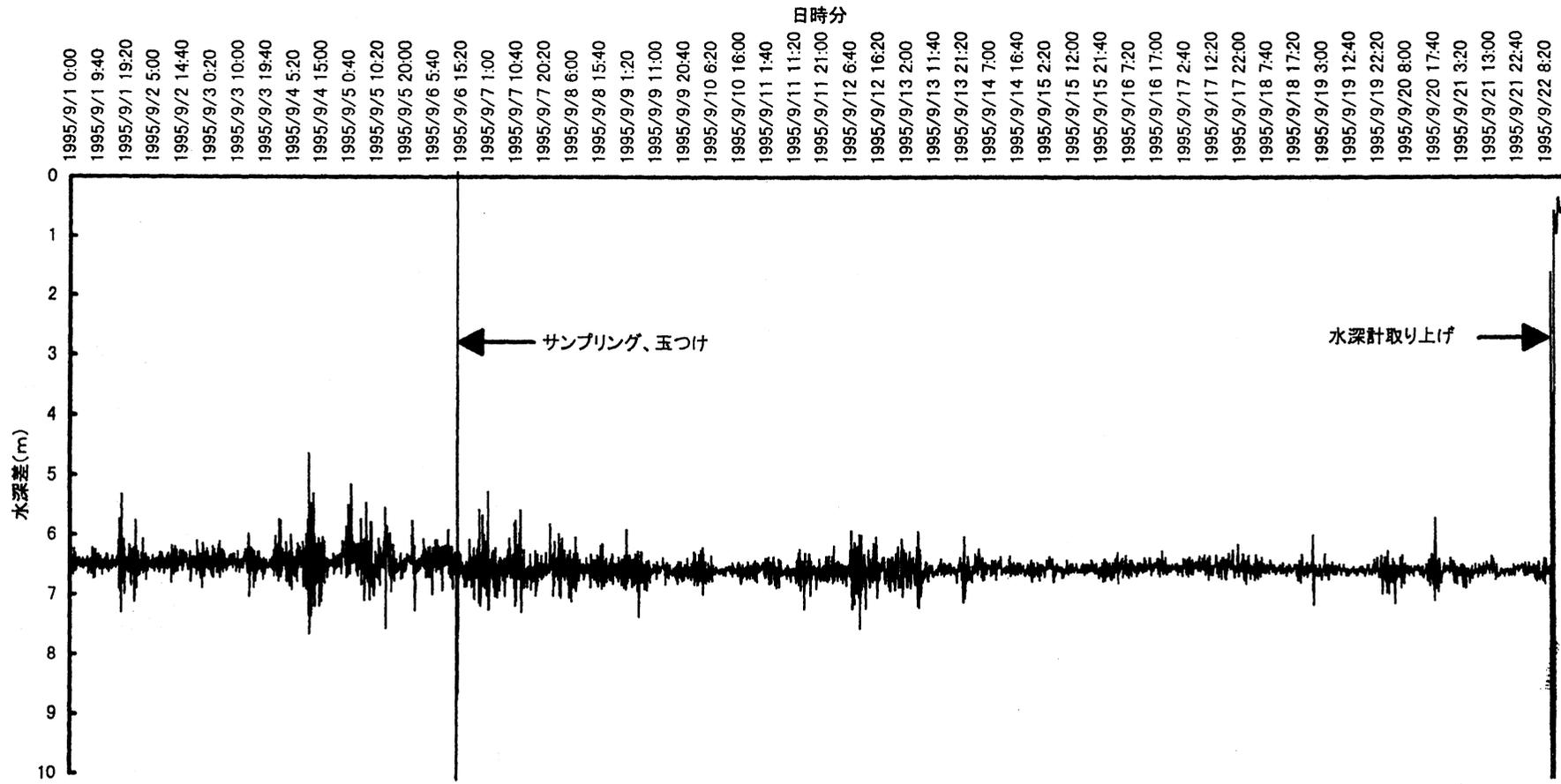


図8-3 久栗坂実験漁場における幹綱と籠の水深差の推移(9月1日~9月22日)

しかし、当施設の稚貝にはへい死や異常は観察されず、今回観察された程度の動揺では稚貝はへい死しないものと考えられた。

Ⅲ 循環水槽による稚貝動揺試験

昨年度は、稚貝や半成貝のへい死について、ネット等の動揺が原因と考えられることから、上下方向の動揺試験を行ったが、顕著な影響は認められなかった。

このため、今年度は循環水槽内でホタテガイ稚貝を収容したパールネットに強い流れを与え、実際の養殖施設で強い潮流を受けた場合に想定される、振り子状の動きによる動揺試験を実施した。

材 料 と 方 法

試験は対照区と試験区を設け、2回実施した。

図9及び写真1、2に試験施設を示した。

対照区は、長さ140cm・幅65cm・深さ27cm（水深23cm）の水槽にパールネット2つを垂下し、ろ過海水を毎時約0.4トンほどかけ流して飼育した後、試験区と同様筏に垂下し、貝の状態や成長状況を測定した。

試験区は、容量10トンの循環水槽（水深55cm）に2分目のパールネット2つを垂下し（久栗坂実験漁場で育成した平成7年産稚貝を30個収容、2つのネットのてんぼう同士の間隔25cm）、水面から23cmの深さに設置した直径65mmのパイプから、ろ過海水を毎時約15トン程度噴流させ、ネットを動揺させた後、筏に垂下し、貝の状態や成長状況を測定した（試験期間は表4に示したとおり）。

随時、水温を測定するとともに、動揺期間中は水槽内の流速を測定したが、流速は東邦電探CM-10SD小型流速計のAUTOモード（5秒）を用いて図9に示したst. 1～3の水面、水深10、20、30cmの各点の計12点を測定した。

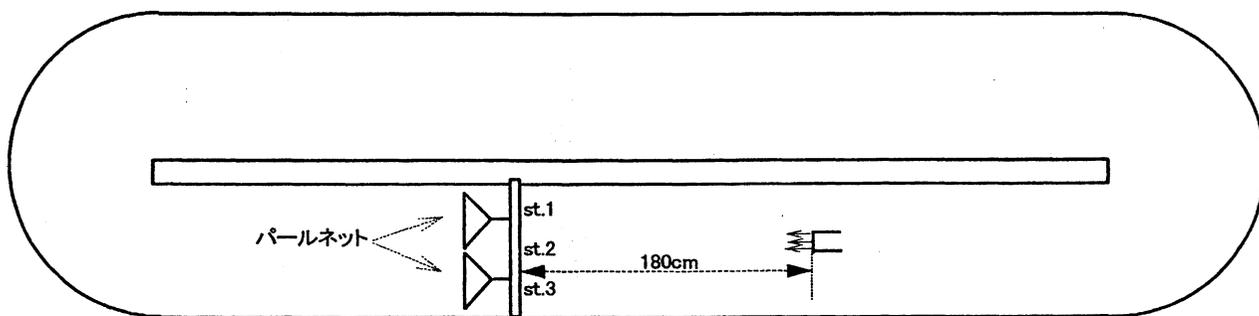


図9 稚貝動揺試験施設平面図

表4 試験区の試験期間

	動揺期間	筏での垂下期間
第1回目	11月15～17日	11月18～29日
第2回目	12月7～11日	12月12～25日

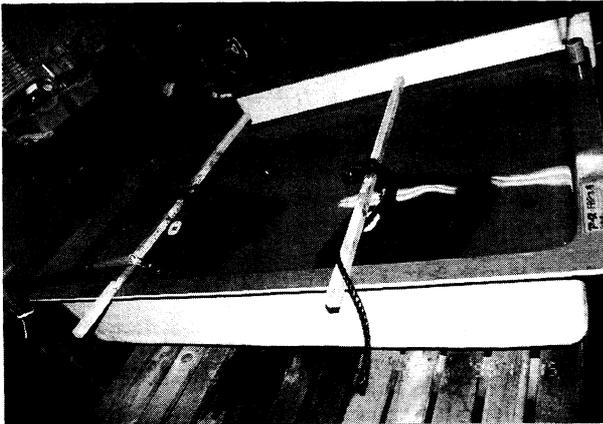


写真1 稚貝動揺試験施設（対照区）

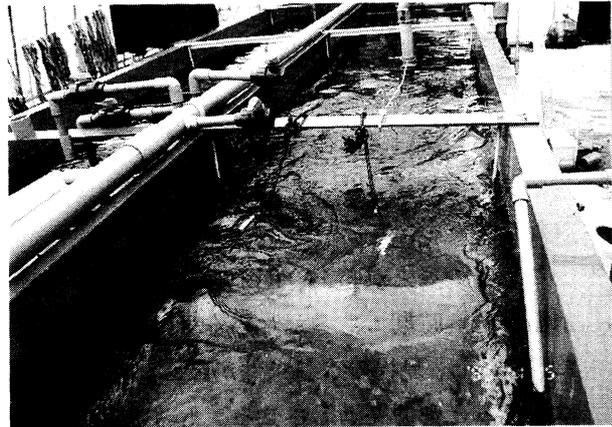


写真2 稚貝動揺試験施設（試験区）

結果と考察

第1回目試験における水温は、11月15～17日の間は対照区が13.0～13.8℃、試験区が12.8～13.5℃、筏に移動した11月18～29日の間は11.3～13.9℃の範囲内であった。また、第2回目試験における水温は、12月7～11日の間は対照区が10.2～11.7℃、試験区が9.9～11.4℃、筏に移動した12月12～25日の間は7.0～9.8℃の範囲内であった。

表5、6に第1回目及び2回目試験の試験区の流速測定結果を示したが、場所によって流速がかなり異なり、さらにパールネットが動く毎に流向、流速が微妙に変化するため、パールネットは30秒程度のゆっくりとした周期で振り子状に振幅運動を繰り返し、その最大の傾きは50度以上に達した。2つのパールネット同士によるぶつかり合いは見られなかったが、この影響で収容した稚貝がパールネットの一方に寄せられ、ぶつかりあっているのが観察された。なお、最も流速が速かったのはst. 2の水深10cmの点で、毎秒0.51～0.76m（約1～1.4ノット）であった。

表5 第1回目試験における試験区の流速測定結果

測定月日	測定場所	水面からの深さ			
		0cm	10cm	20cm	30cm
11月16日 9:00	st. 1	0.205	0.171	0.113	0.074
	st. 2	0.620	0.634	0.492	0.264
	st. 3	0.211	0.089	0.092	0.089
11月17日 9:00	st. 1	0.353	0.201	0.162	0.144
	st. 2	0.702	0.763	0.542	0.310
	st. 3	0.209	0.090	0.100	0.096
11月17日 13:00	st. 1	0.277	0.233	0.220	0.123
	st. 2	0.620	0.771	0.607	0.361
	st. 3	0.277	0.098	0.109	0.085

注)値は3回測定した平均値

単位:m/秒

表6 第2回目試験における試験区の流速測定結果

測定月日	測定場所	水面からの深さ			
		0cm	10cm	20cm	30cm
12月7日 13:00	st. 1	0.341	0.232	0.093	0.071
	st. 2	0.620	0.508	0.303	0.100
	st. 3	0.319	0.236	0.107	0.060
12月8日 9:00	st. 1	0.271	0.191	0.151	0.100
	st. 2	0.627	0.599	0.363	0.133
	st. 3	0.333	0.247	0.143	0.103
12月11日 9:00	st. 1	0.277	0.172	0.084	0.074
	st. 2	0.591	0.521	0.308	0.153
	st. 3	0.407	0.356	0.184	0.125

注)値は3回測定した平均値

単位:m/秒

写真3、4に第2回目試験時の対照区及び試験区の試験終了時の稚貝の状況を示した。対照区は順調に成長しており、異常は見られなかった。試験区は稚貝同士がぶつかり合った際の障害輪が明確に確認されたが、その後順調に回復しており、内面着色や欠刻等の異常は認められなかった。

また、表7、8に第1回及び第2回目試験のホタテガイ測定結果を示したが（各60個体全数測定）、平均殻長、平均全重量、平均軟体部重量とも若干対照区の方が大きいものの、 $\alpha > 0.05$ で有意な差は見られなかった。

これらのことから、今回の動揺試験では、確かに振り子状の動きにより稚貝に障害を与えたものの、水温が低い時期であったため稚貝は順調な回復を示し、最終的には差が見られなかったものと考えられた。しかし、夏場の水温条件が厳しい時期に本試験を実施した場合、違う結果が出る可能性があり、今後は、もっと長期間動揺させる、もっと激しく動揺させる等も含めて検討する必要があるだろう。

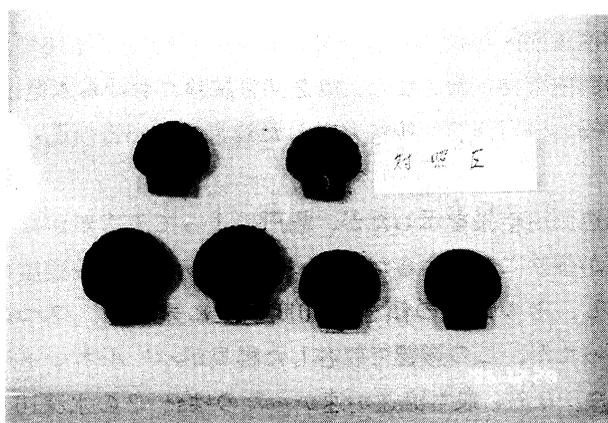


写真3 第2回目稚貝動揺試験終了時の稚貝の状況（対照区）
稚貝に異常は見られない

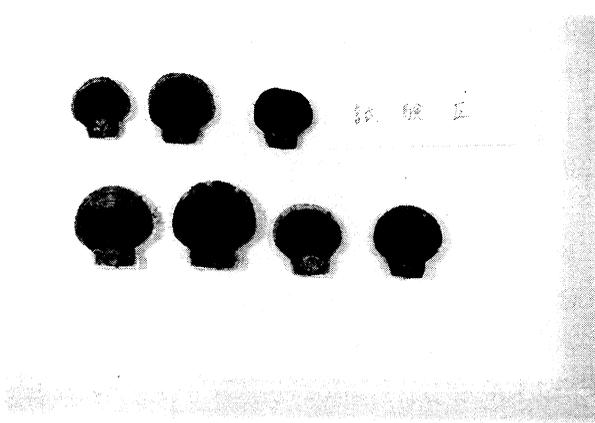


写真4 第2回目稚貝動揺試験終了時の稚貝の状況（試験区）
障害輪が明確に確認できるが、その後回復したのがわかる

表7 第1回目試験のホタテガイ測定結果

項目	試験開始時	終了時	
		対照区	試験区
へい死率(%)	0	0	0
異常貝出現率(%)	0	0	5.0
平均殻長(mm)	42.16	43.81	42.83
平均全重量(g)	9.36	10.95	10.50
平均軟体部重量(g)	3.03	3.66	3.43

表8 第2回目試験のホタテガイ測定結果

項目	試験開始時	終了時	
		対照区	試験区
へい死率(%)	0	0	0
異常貝出現率(%)	0	0	0
平均殻長(mm)	36.58	39.85	38.92
平均全重量(g)	6.48	8.28	7.71
平均軟体部重量(g)	1.97	2.75	2.49

参考文献

- 1) 永峰 文洋ほか (1992) : ホタテガイ稚貝夏季大量へい死対策試験、青森県水産増殖センター事業報告第22号 (平成3年度)、171-184

- 2) 永峰 文洋ほか (1993) : ホタテガイ稚貝夏季大量へい死対策試験、青森県水産増殖センター事業報告第23号 (平成4年度)、145-164
- 3) 小倉 大二郎ほか (1994) : ホタテガイ稚貝夏季大量へい死対策試験、青森県水産増殖センター事業報告第24号 (平成5年度)、138-161
- 4) 小倉 大二郎ほか (1995) : ホタテガイ稚貝夏季大量へい死対策試験、青森県水産増殖センター事業報告第25号 (平成6年度)、150-176