

～有明海の有用二枚貝類の整理と検討～

サルボウ

生物・水産資源・水環境問題検討作業小委員会

提出資料

■小委員会で収集すべき項目(有用二枚貝)

- ① 生息域(漁場における分布)
- ② 生息状況(密度、生残率、サイズ、成熟度など)
- ③ 漁業種類、漁獲場所、漁獲量・サイズ
- ④ 底質状態等漁場環境
- ⑤ 生態・食性・餌料生物
- ⑥ 幼生発生量・着底状況
- ⑦ 食害生物の状況
- ⑧ 対策技術(漁場改善、増殖)
- ⑨ その他(採捕規制等)

赤字は収集できた資料を示す(サルボウ)

1. 平成18年評価委報告書での指摘

サルボウの問題点として以下の項目が指摘された

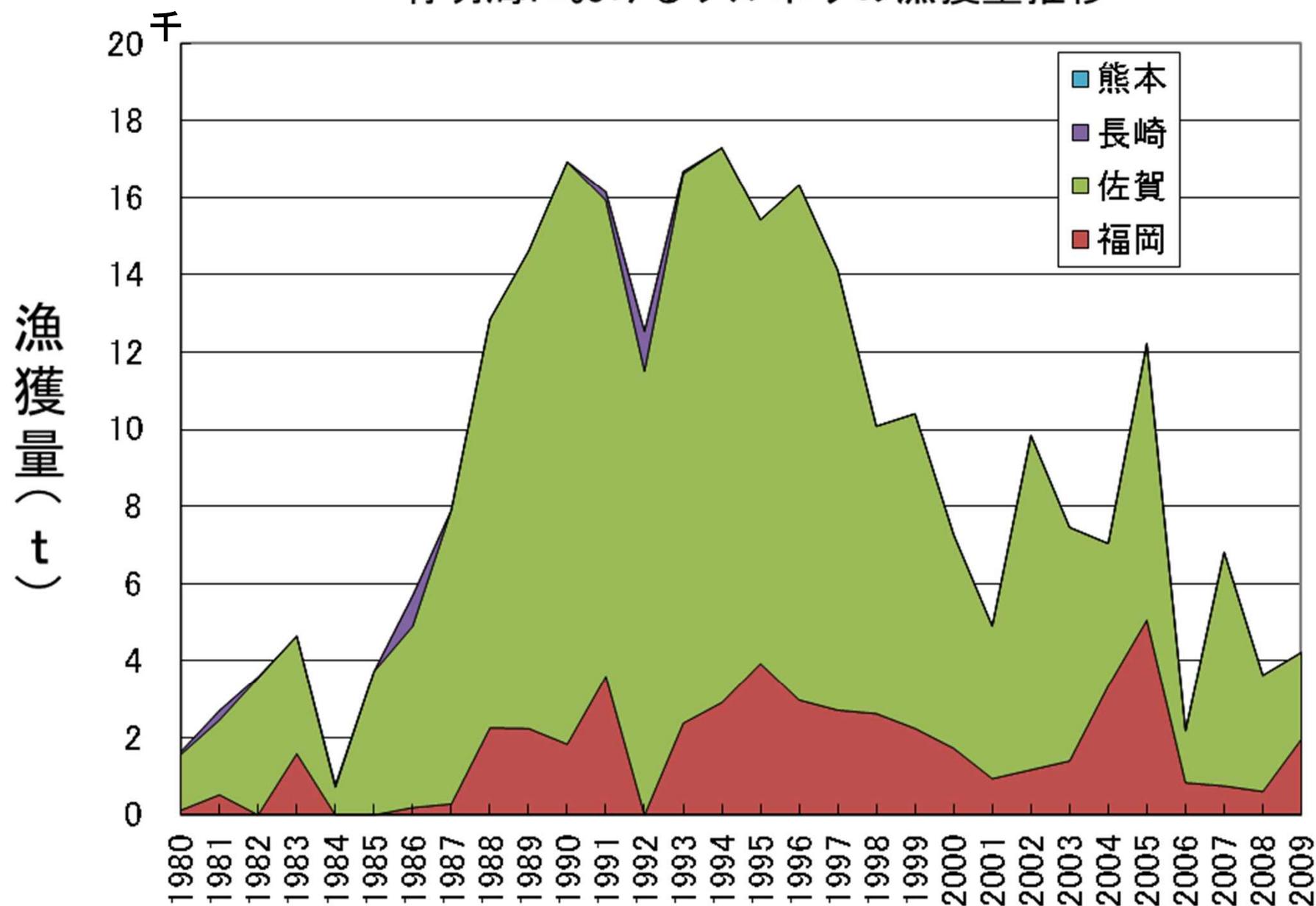
- ・1970年代後半の原因不明のへい死
- ・資源の漸減傾向、変動幅の増大
- ・貧酸素水塊の影響
- ・ナルトビエイによる食害
- ・有害赤潮 (*Chattonella* 等)

■ 収集した資料の概要(サルボウ)

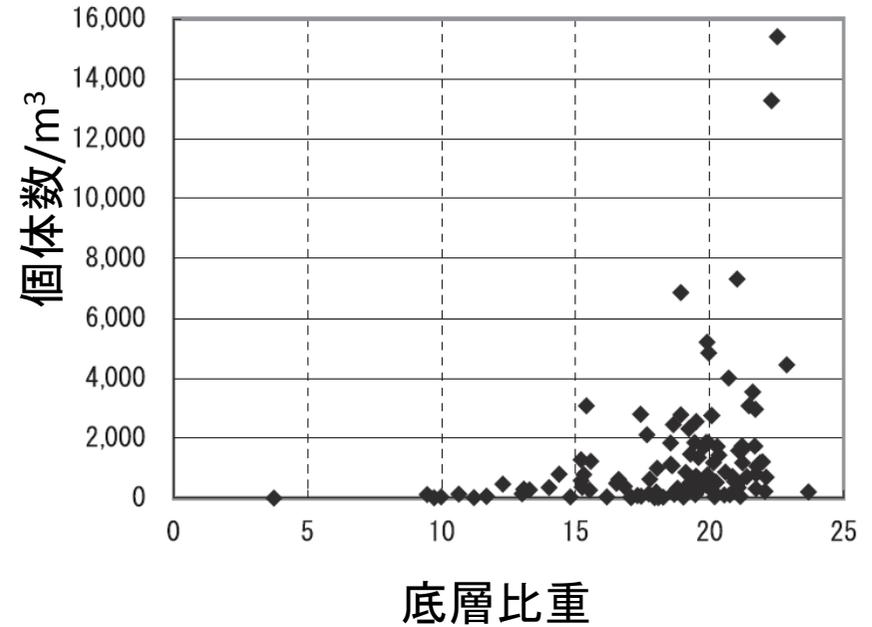
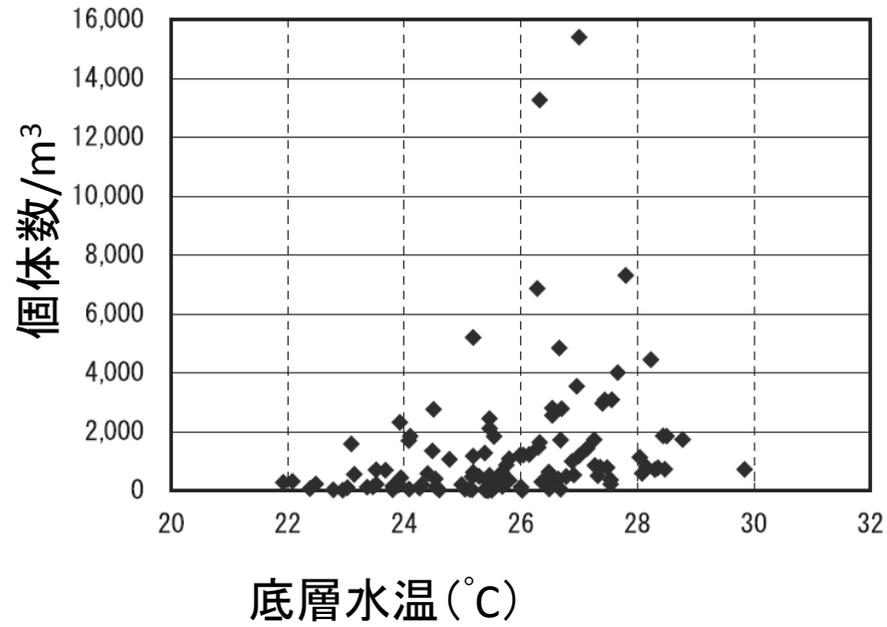
- ① 資源の近況に関する調査結果
- ② 資源低下要因に関する調査結果
- ③ 効率的な資源管理手法に向けて

①資源の近況に関する調査結果

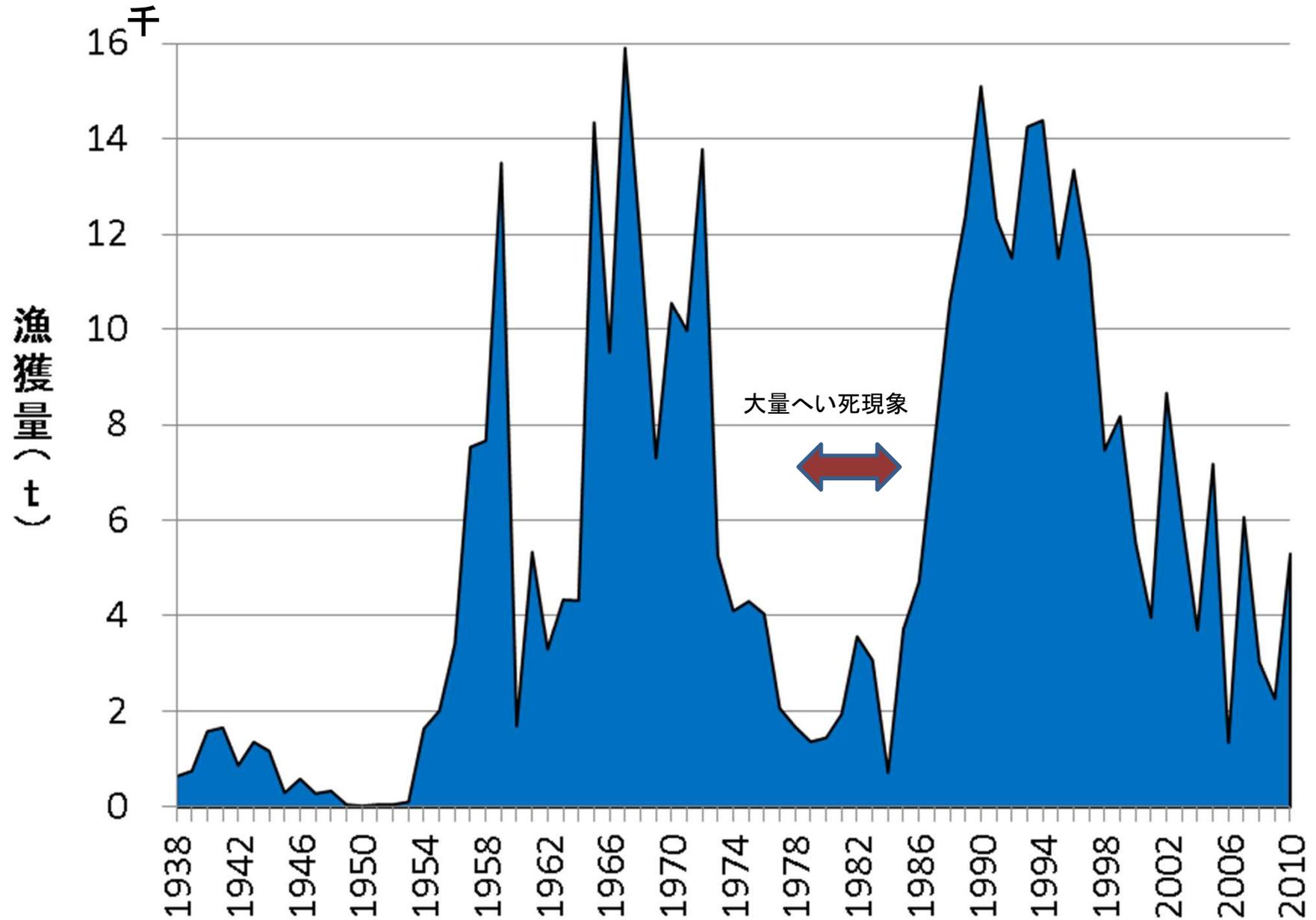
有明海におけるサルボウの漁獲量推移



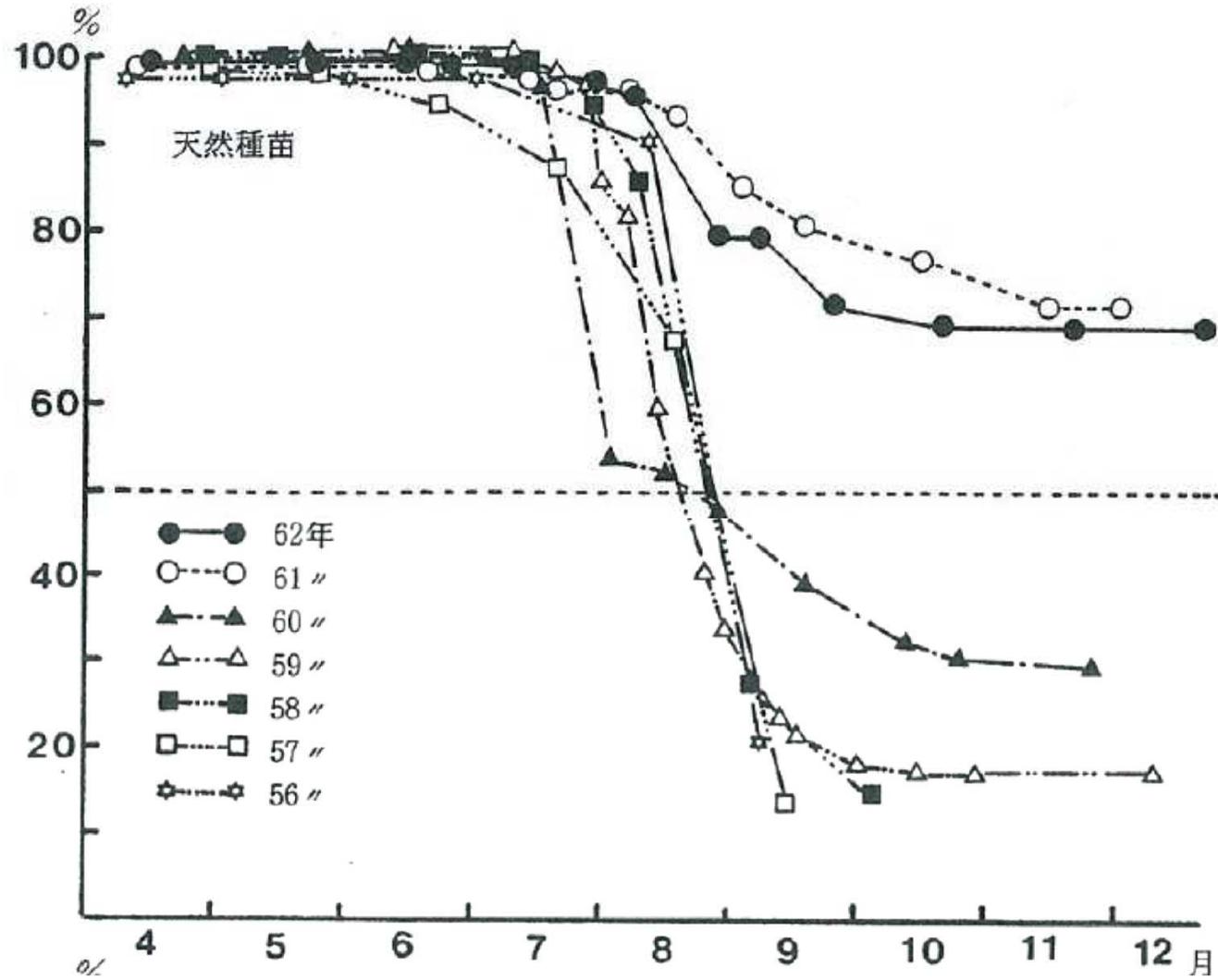
有明海佐賀県海域におけるサルボウ浮遊幼生出現密度と環境要因との関係



有明海佐賀県海域におけるサルボウ漁獲量の長期変動



サルボウ資源量低下時に観察された夏期の大量へい死現象



②資源低下要因に関する調査結果

委員会報告書での指摘事項のうち

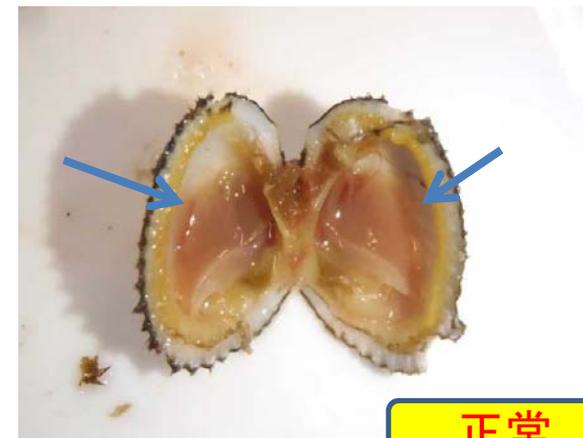
ナルトビエイによる食害

- サルボウ漁場では食害の影響調査は行われていない
- 後述のように、サルボウの減耗は主に環境要因に左右され、食害の影響は認められるものの、資源量の全体を左右するほどではないと判断されている

有害赤潮 (*Chattonella* 等)

- サルボウに対する致死的作用は認められない※
- 赤潮直後に発達する貧酸素水塊によるへい死は資源量に影響している

平成23年10月に発生したサルボウ大量へい死現象



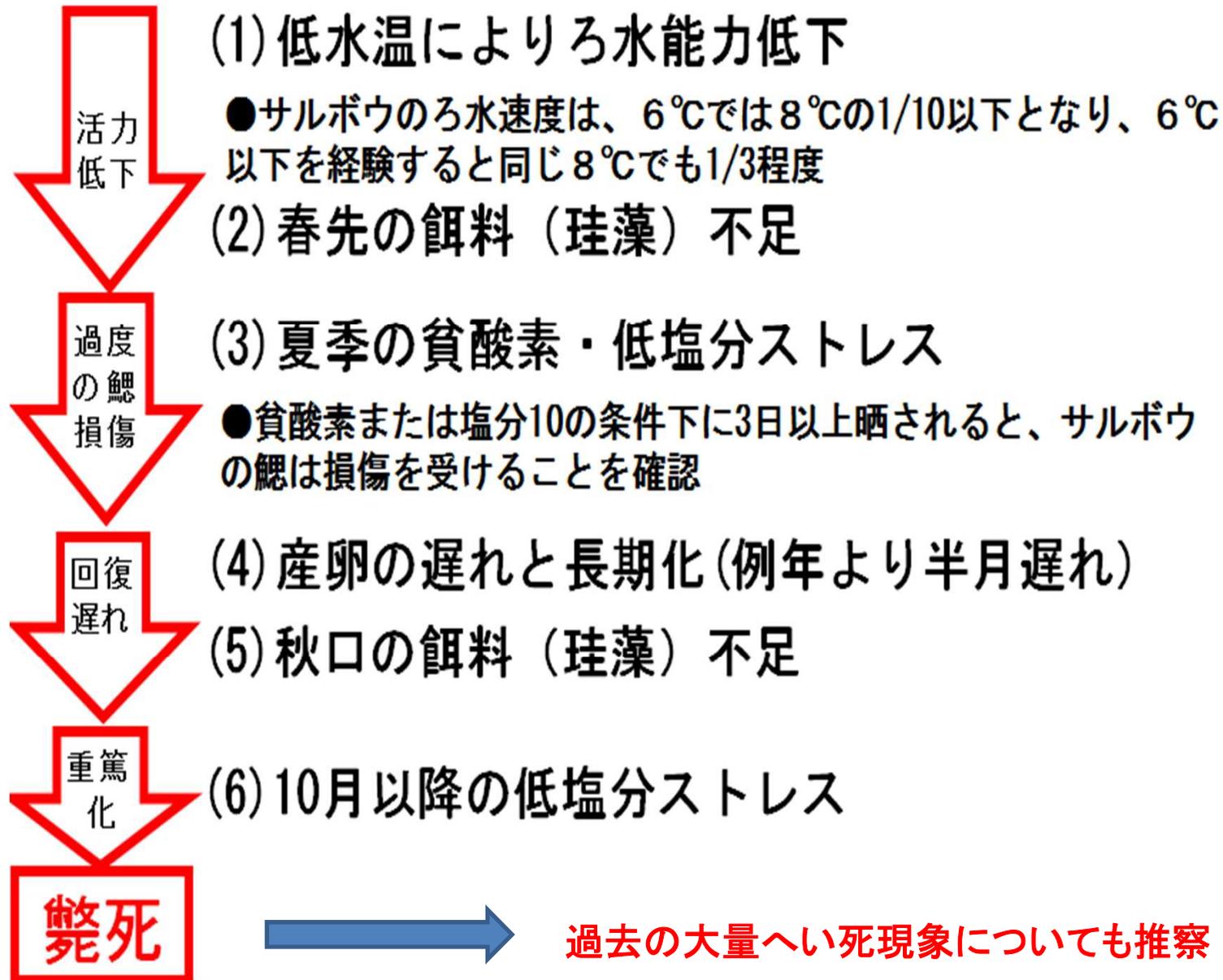
- ・湾奥部漁場全域で40～70%が死亡(資源量1/5へ急減)
- ・やせている
(通常殻付き10kgでむき身3kg→平成23年は1.2kg)
- ・鰓が壊死・崩壊
- ・産卵期が遅れ, 目立ったピークがなかった

アサリ・カキでも身入りの悪い状況

二枚貝
共通

環境要因は？

○平成23年サルボウへい死の発生プロセス（仮説）



有明海佐賀県海域サルボウ区画漁業権漁場におけるサルボウの斃死状況

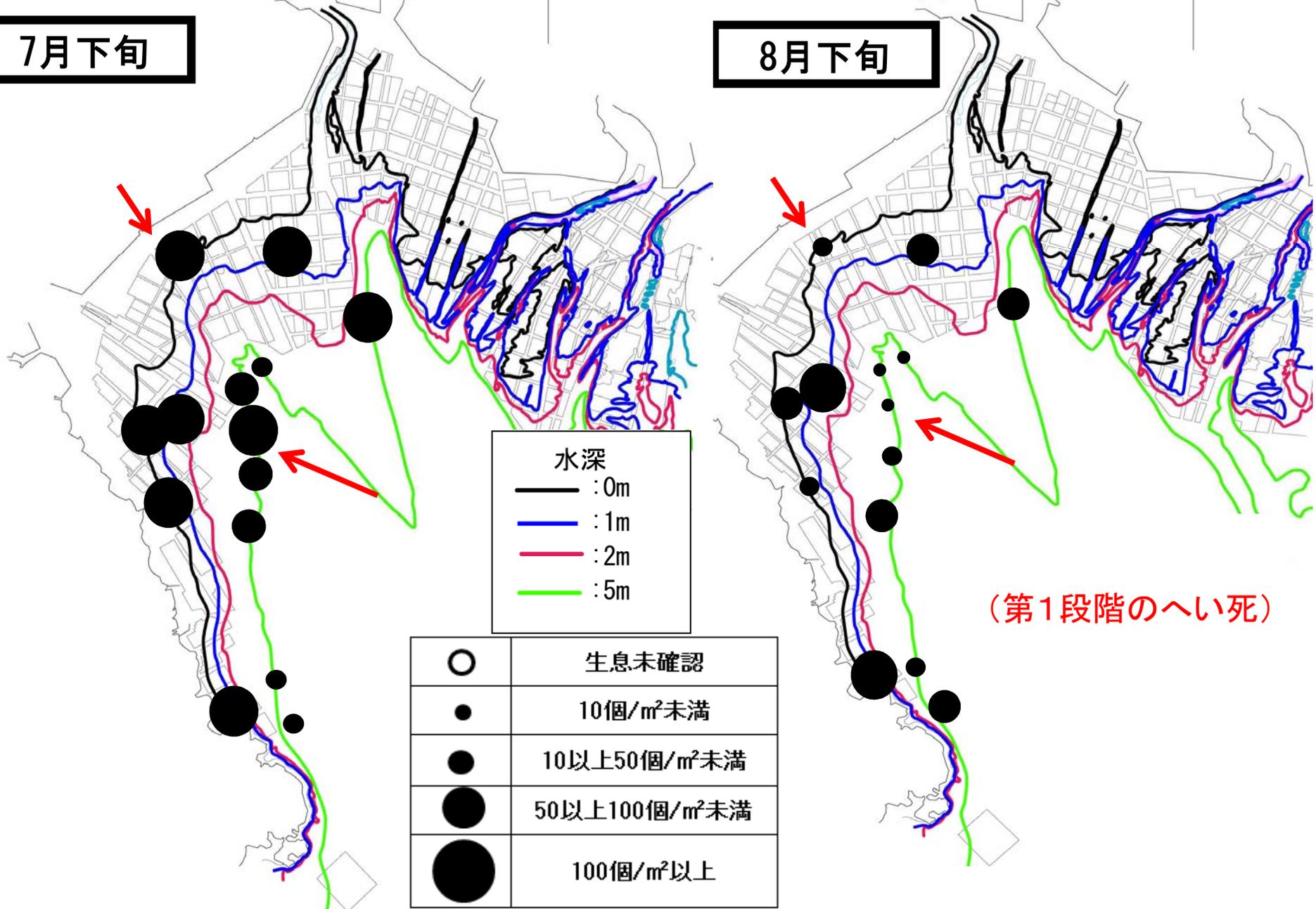
月	旬	S50年代の斃死状況 (期間斃死率：%)	直近斃死率(%)		
		S58年(垂下養殖)	H22(漁場)	H23(漁場)	H24(漁場)
7	上	0%			
	中	0%		7.12~7.17大量斃死(聞き取り)	
	下	26%	0~98%(30地点 平均21%)	0~95%(30地点 平均20%)	9~58%(6地点 平均34%)
8	上	33%	8~100%(8地点 平均48%)	4~23%(6地点 平均16%)	5~78%(6地点 平均31%)
	中		3~96%(8地点 平均45%)	4~61%(6地点 平均17%)	14~57%(6地点 平均32%)
	下		4~97%(8地点 平均45%)	7~81%(6地点 平均27%)	12~56%(6地点 平均27%)
9	上	1%		3~70%(6地点 平均20%)	
	中		0~100%(30地点 平均24%)	5~88%(6地点 平均27%)	
	下			0~78%(30地点 平均22%)	
10	上	5%			0~57%(30地点 平均9.5%)
	中			10.19初認(浜タワー40%)	
	下			0~67%(29地点 平均19.7%)	
11	上	5%			
	中				
	下				
12	上	5%			
	中			0.2~29%(30地点 平均7%)	30地点の調査予定
	下				
1	上		0~56%(30地点 平均5%)		
3	上			0.0~10%(30地点 平均2%)	30地点の調査予定

長期にわたってだらだらと斃死

○平成23年夏期のサルボウ生息状況

7月下旬

8月下旬



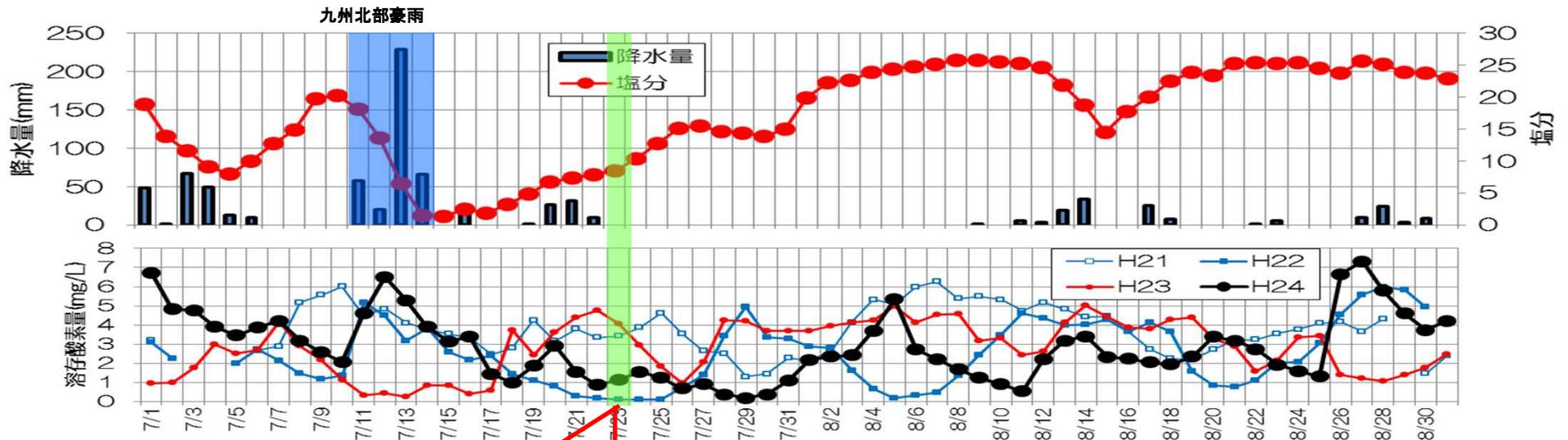
水深

—	: 0m
—	: 1m
—	: 2m
—	: 5m

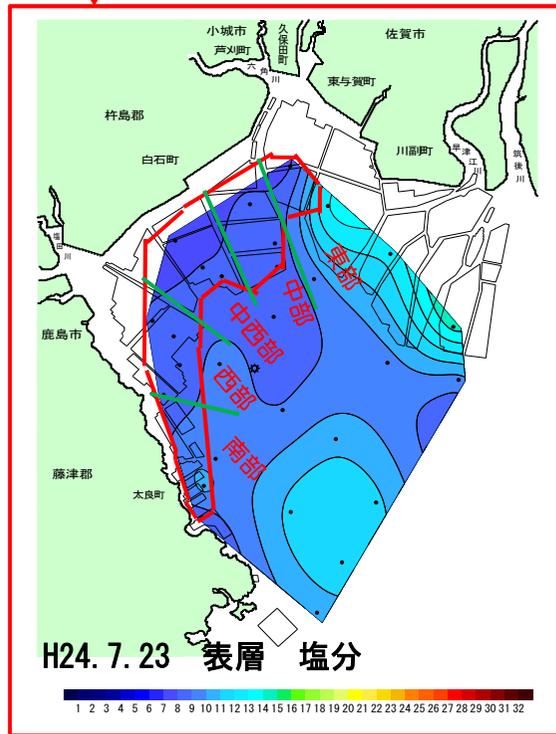
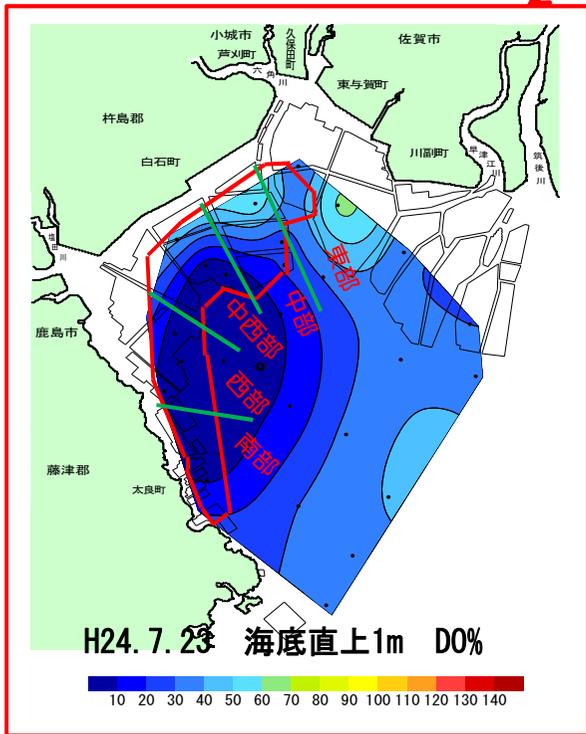
○	生息未確認
●	10個/m ² 未満
●	10以上50個/m ² 未満
●	50以上100個/m ² 未満
●	100個/m ² 以上

(第1段階のへい死)

○平成23年7, 8月の貧酸素発生状況(1)



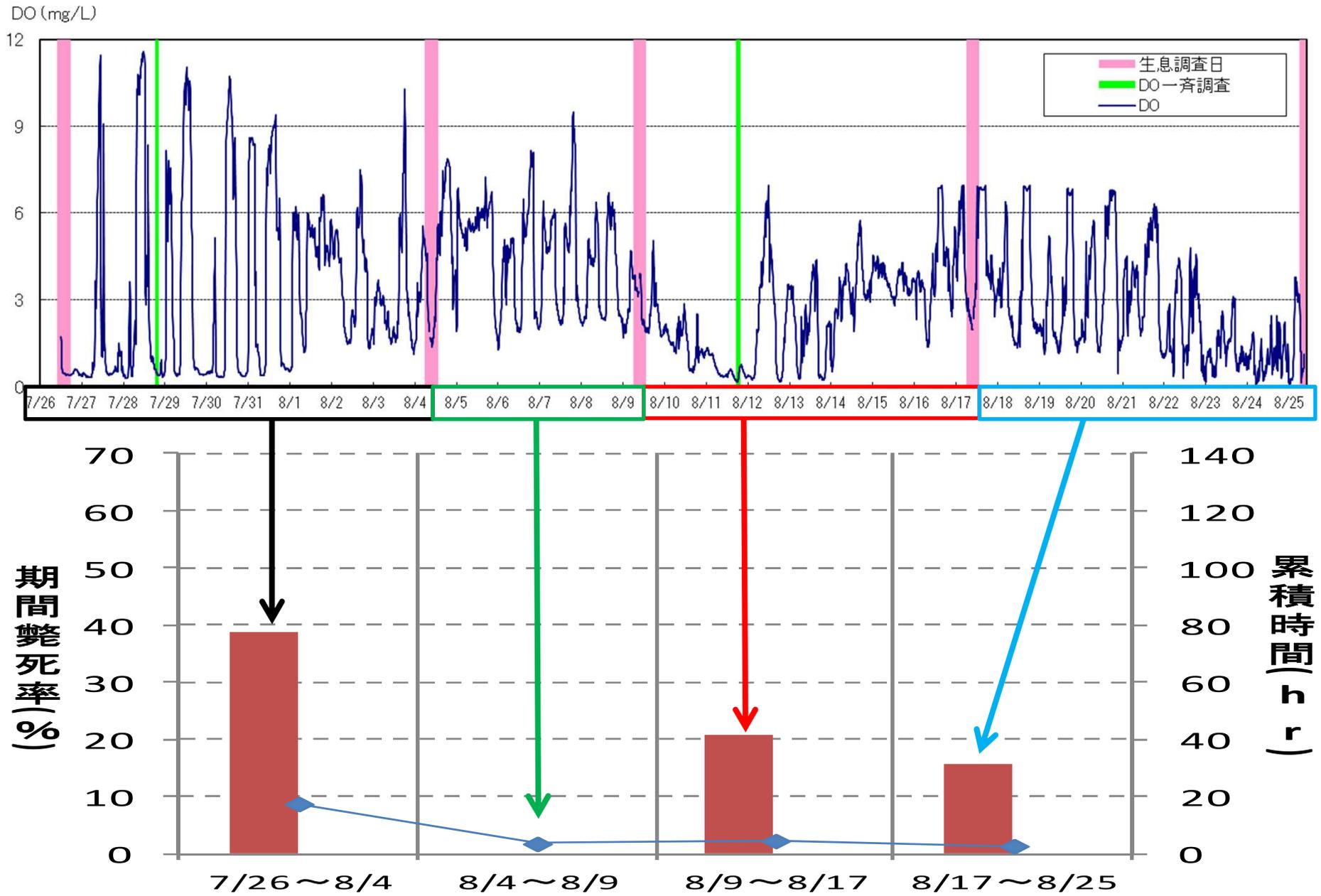
佐賀地方における降水量および有明海灣奥部(浜川沖)における塩分、溶存酸素量の推移



○7月11から14日にかけて発生した九州北部豪雨により、8月上旬にかけて、サルボウ漁場全域が著しく低塩分化した。

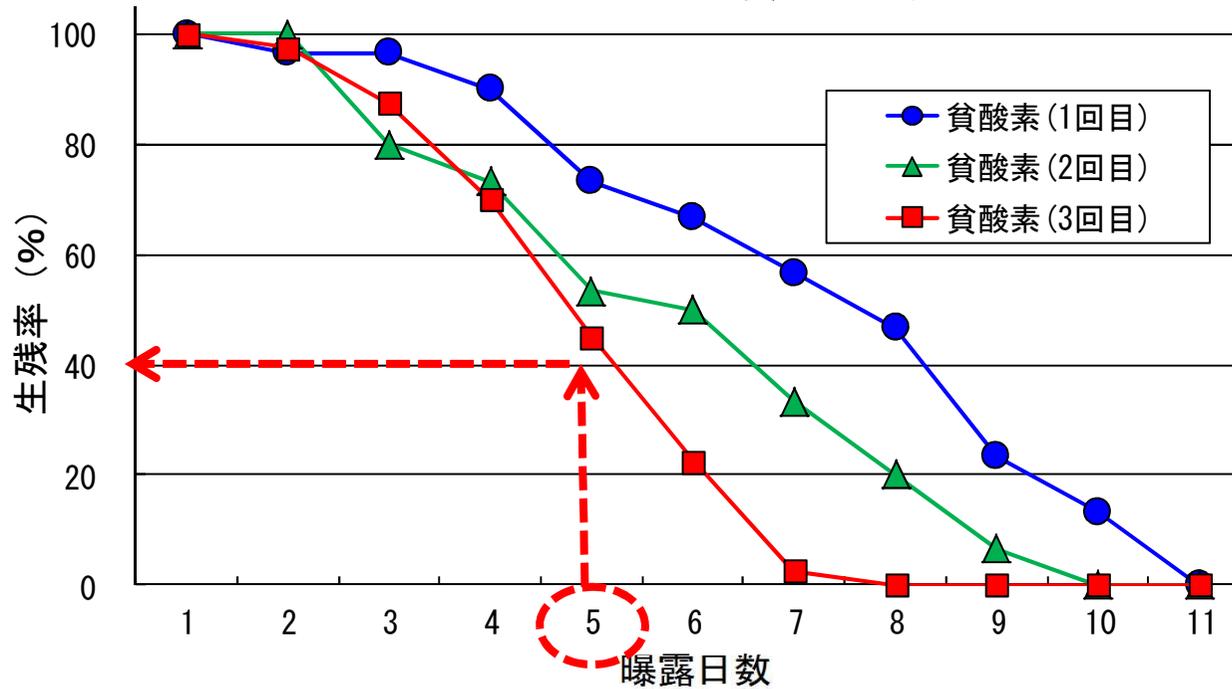
○上記豪雨とその後の猛暑の影響により、著しい成層が発達するなど、7月中旬から8月上旬にかけて塩田川海底水道周辺の中西部・西部漁場沖合を中心に大規模な貧酸素水塊が形成された。

○里地先漁場の貧酸素発生および沈下カゴで飼育したサルボウのへい死状況

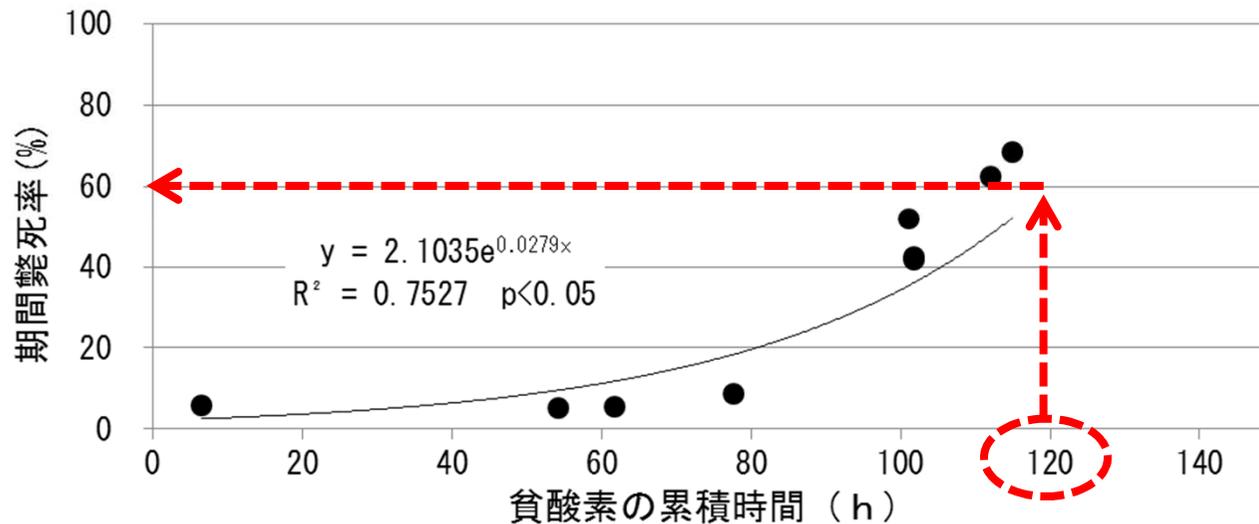


○サルボウへい死と貧酸素との関係

水温27℃、塩分25条件下における貧酸素暴露試験(室内試験)

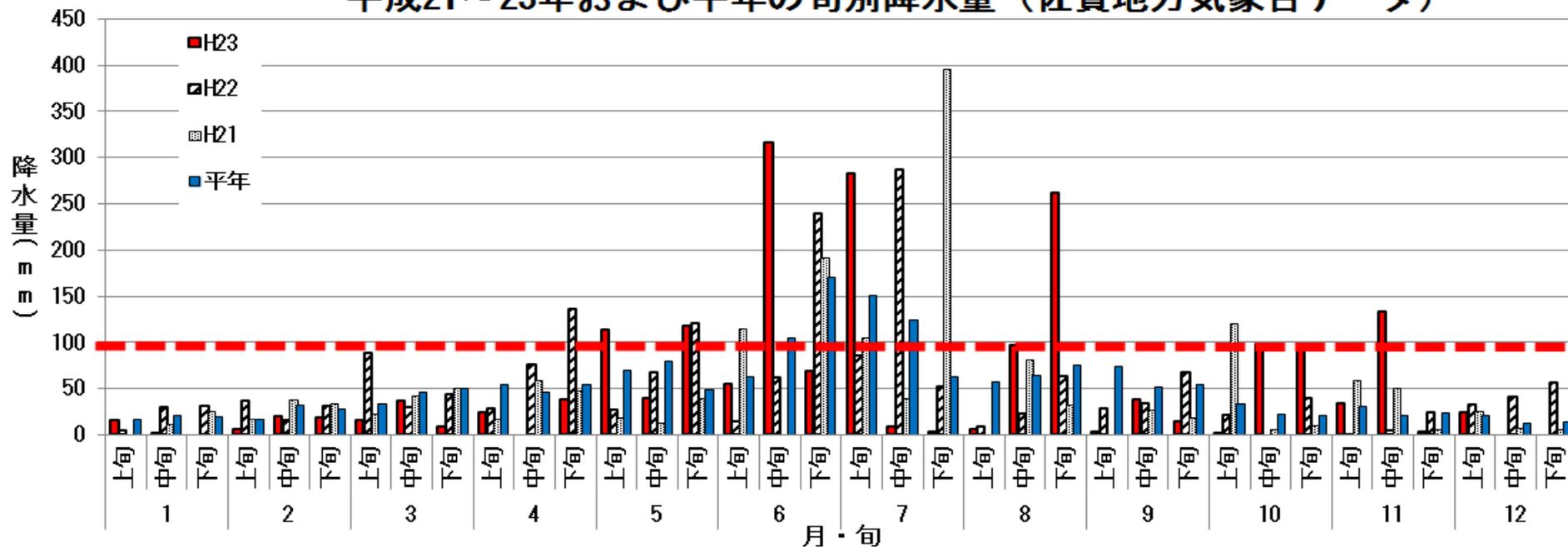


サルボウ期間斃死率と貧酸素(D01mg/L以下)累積時間との関係

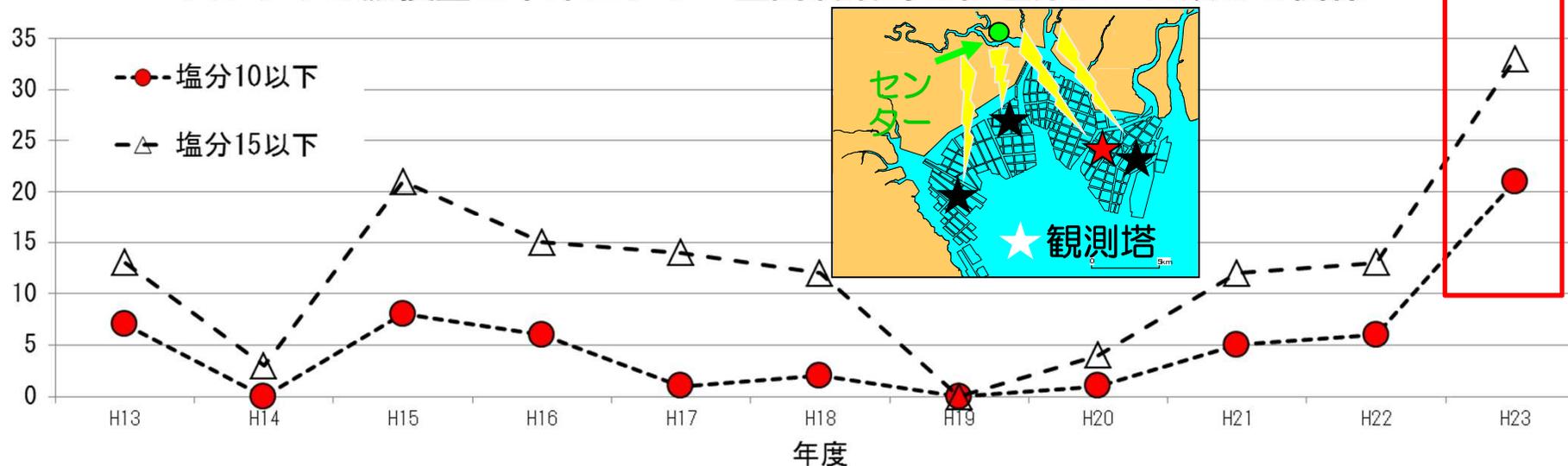


【海域の低塩分化】

平成21～23年および平年の旬別降水量（佐賀地方気象台データ）



サルボウの漁獲量と早津江タワー昼間満潮時の低塩分延べ日数との関係



鰓の損傷再現試験について

【試験方法】

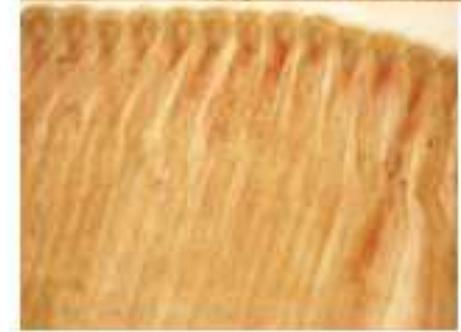
●任意の塩分濃度(10, 15, 25%)に調整した海水300mlを入れたプラスチック容器に養殖試験で高生残であった大浦地先のサルボウ(平均殻長26.0mm)を水温馴致後にそれぞれ1個体ずつ收容し、25°C通気条件および貧酸素条件下で、3日間飼育した後、下記の基準で鰓の損傷レベルを判定した。

鰓の損傷レベル判定基準

レベル1→外見上鰓の縁辺部が明瞭、100倍観察時に鰓の支持組織が明瞭でうっ血みられず繊毛運動が活発な状態



レベル2→外見上鰓の縁辺部が明瞭、100倍観察時に鰓の支持組織が明瞭だがうっ血がみられ繊毛運動が不活発



レベル3→外見上鰓の縁辺部が不明瞭、100倍観察時に鰓の支持組織が不明瞭でうっ血がみられ繊毛運動が不活発



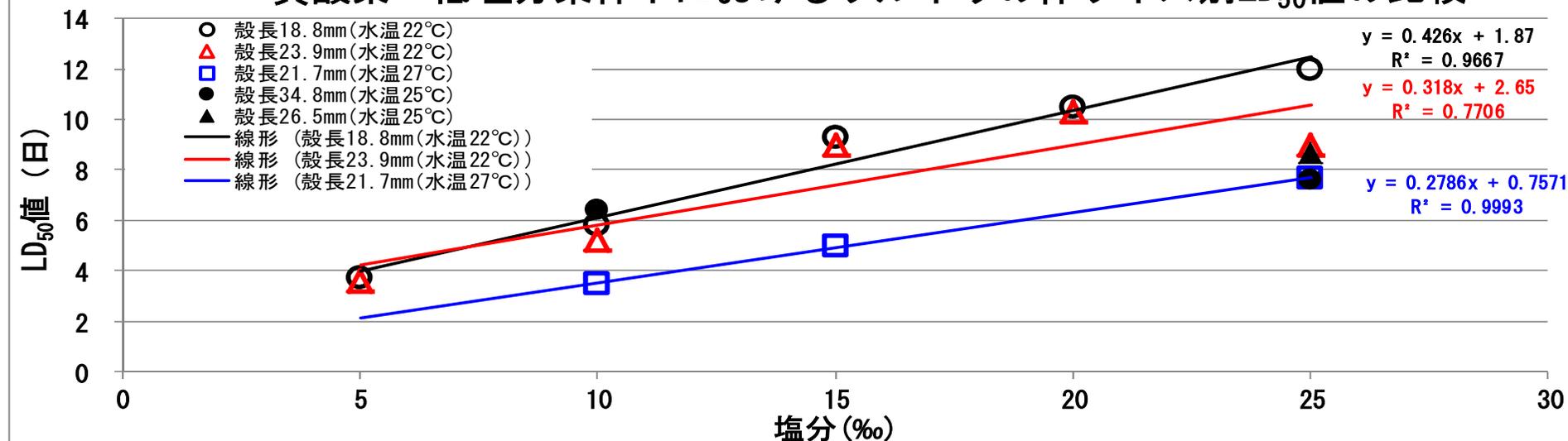
鰓の損傷再現試験（結果）

● 下記条件で3日間飼育後に鰓の損傷程度を観察(n=20)

水温 (°C)	塩分 (‰)	貧酸素	体腔液 の pH	鰓の損傷レベル 毎の出現率(%)		
				1	2	3
25	10	有	6.8 ± 0.1	0.0	31.6	68.4
	15		6.9 ± 0.1	16.7	55.5	27.8
	25		6.9 ± 0.1	68.7	31.3	0.0
	10	無	7.0 ± 0.3	21.0	57.9	21.1
	15		7.3 ± 0.2	78.9	21.1	0.0
	25		7.3 ± 0.2	100.0	0.0	0.0

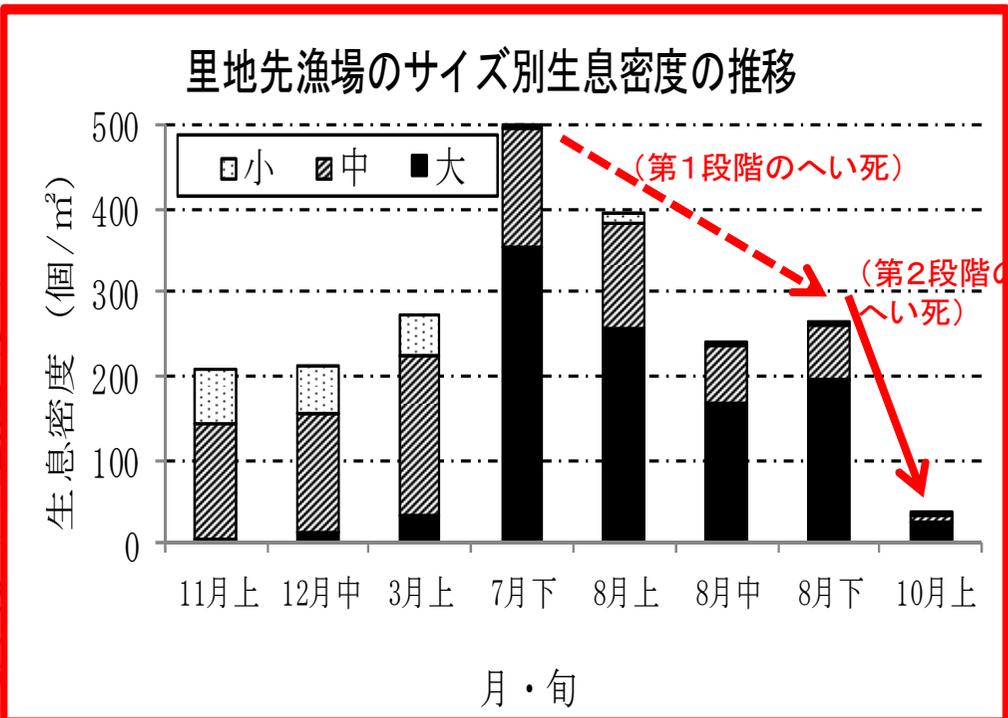
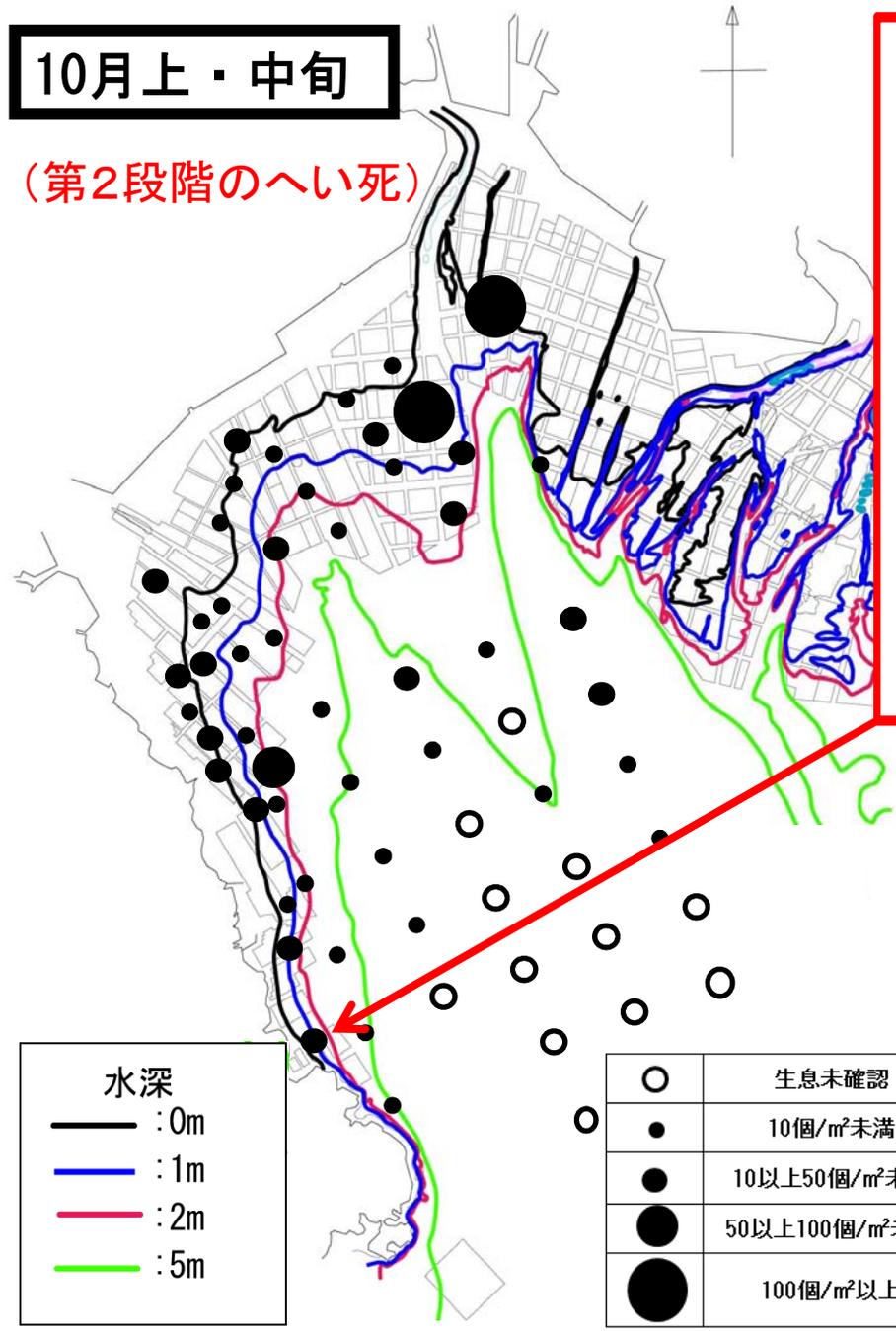
● 金子らは、三河湾においてサルボウの初期成長に及ぼす貧酸素の影響を調査→溶存酸素飽和度が50%を下回ると濾過速度が低下し、成長も停滞する

貧酸素・低塩分条件下におけるサルボウの体サイズ別LD₅₀値の比較



10月上・中旬

(第2段階のへい死)

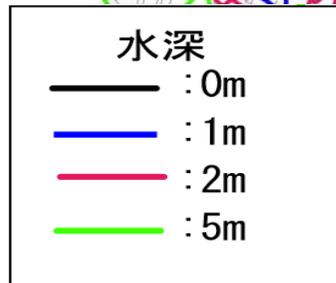
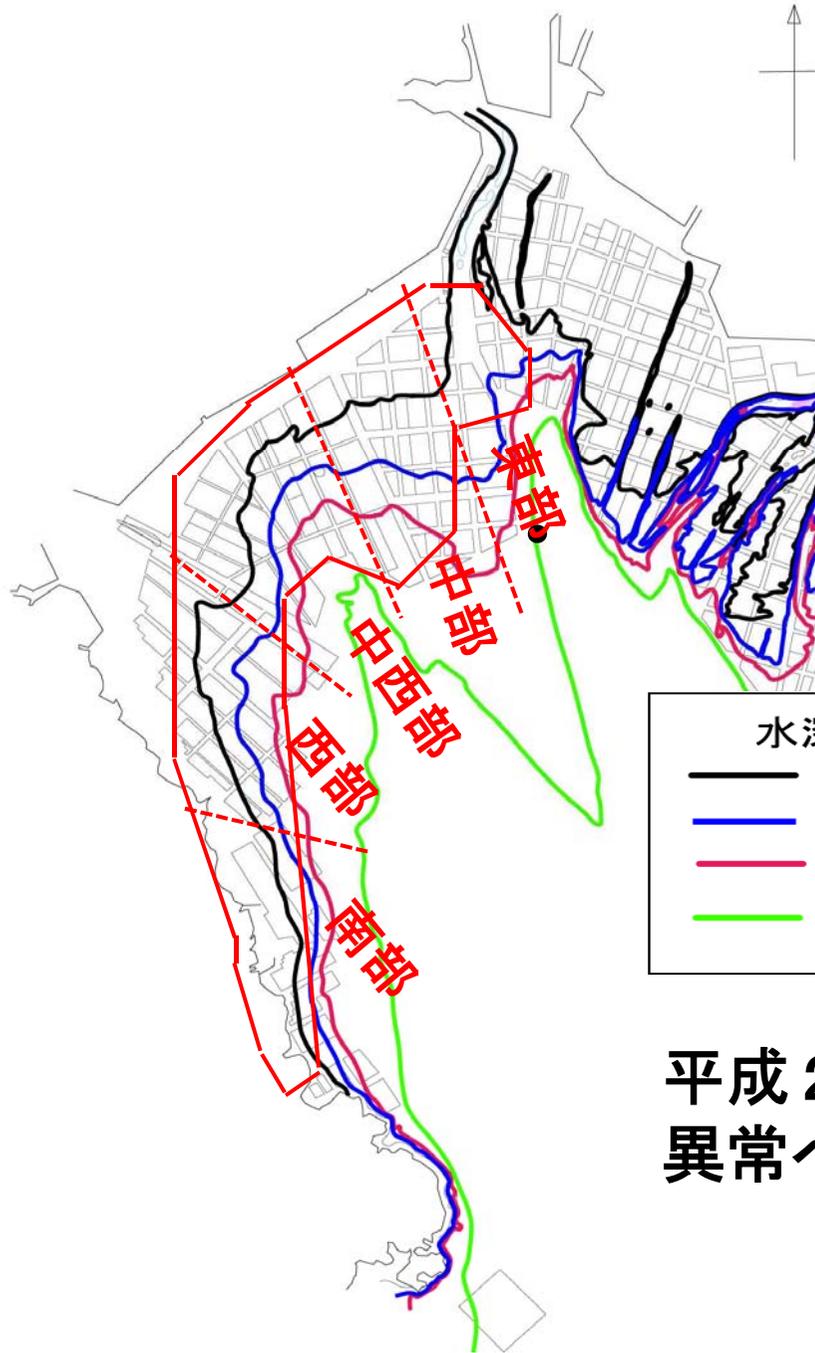


生息密度(3.5分あたり)の推移 (区画漁業権漁場)

地区	H23. 7	H23. 9	H23. 11	H23. 12	H24. 3	H24. 10
東部	17	1>	14	14	56	86
中部	365	43	36	24	32	36
中西部	109	68	24	39	47	7
西部	88	137	28	16	20	15
南部	96	280	83	91	123	24
全体	153	104	34	31	42	24

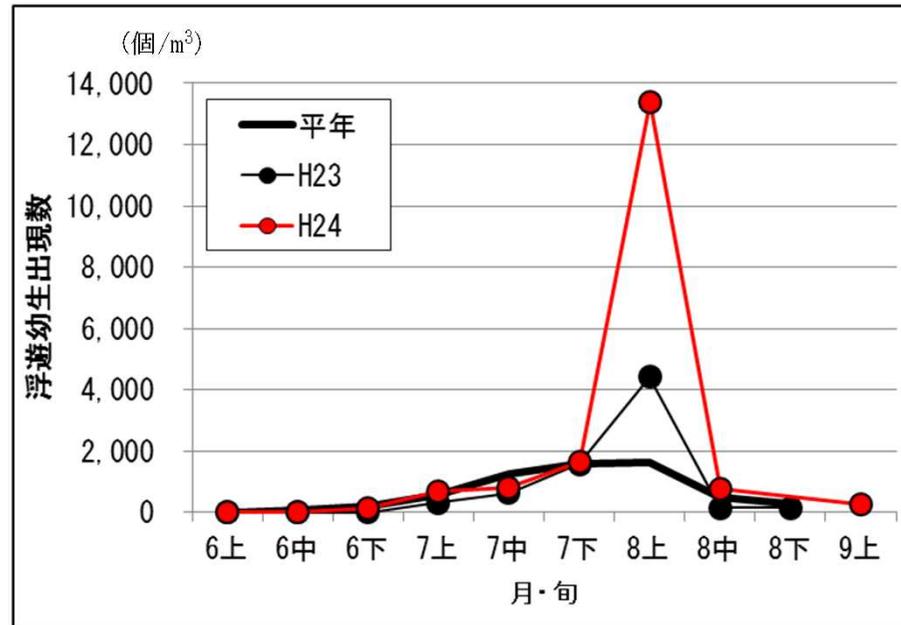
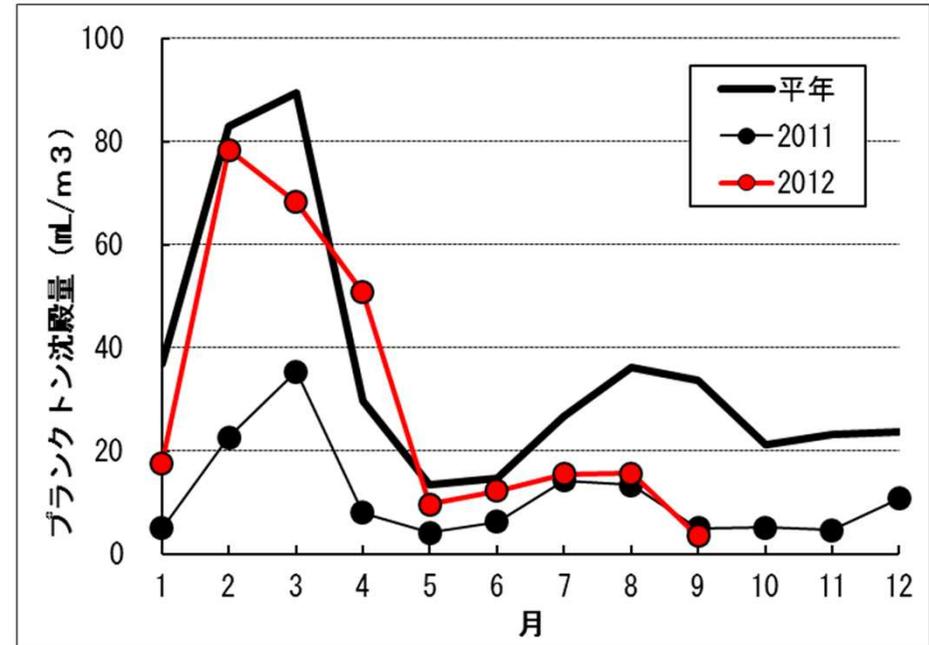
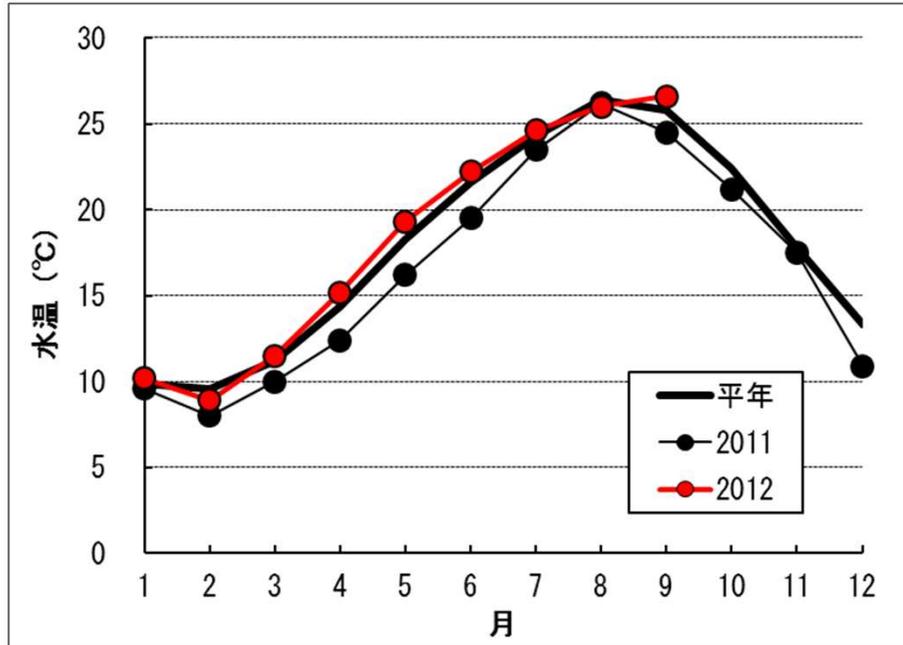
肥満度の推移

地区	H23. 11	H23. 12	H24. 3	H24. 10
東部	10.6	12.0	15.0	13.0
中部	12.7	12.8	17.9	16.0
中西部	13.0	13.0	20.2	19.5
西部	12.0	11.5	18.1	16.3
南部	13.6	13.0	21.2	15.5
全体	12.6	12.5	18.7	16.7



平成23年に発生したサルボウの秋期異常へい死時における漁場別の肥満度

○平成23年と24年調査結果の比較検討

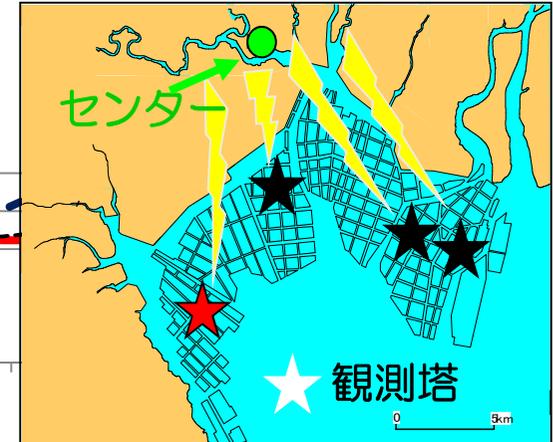
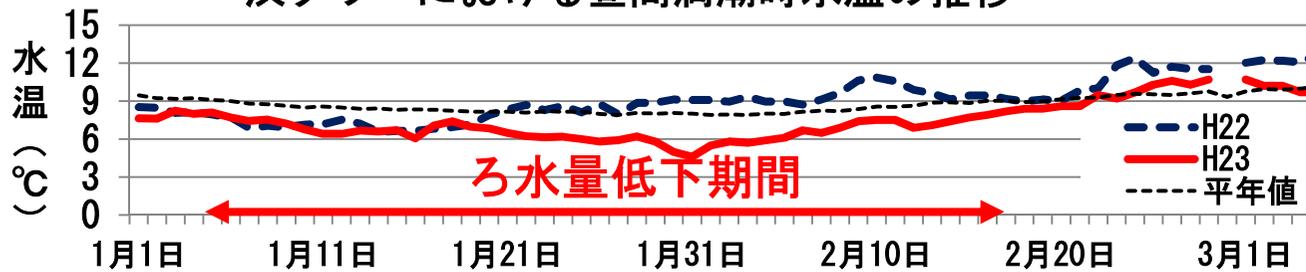


「たらたらへい死」の発生要因（仮説と検証）

仮説：低水温、貧酸素および低塩分などの環境ストレスと、餌料不足、産卵等の生理的なストレスが長期間継続したことにより、鰻に異常が生じ、衰弱死したもの

【低水温の影響】

浜タワーにおける昼間満潮時水温の推移

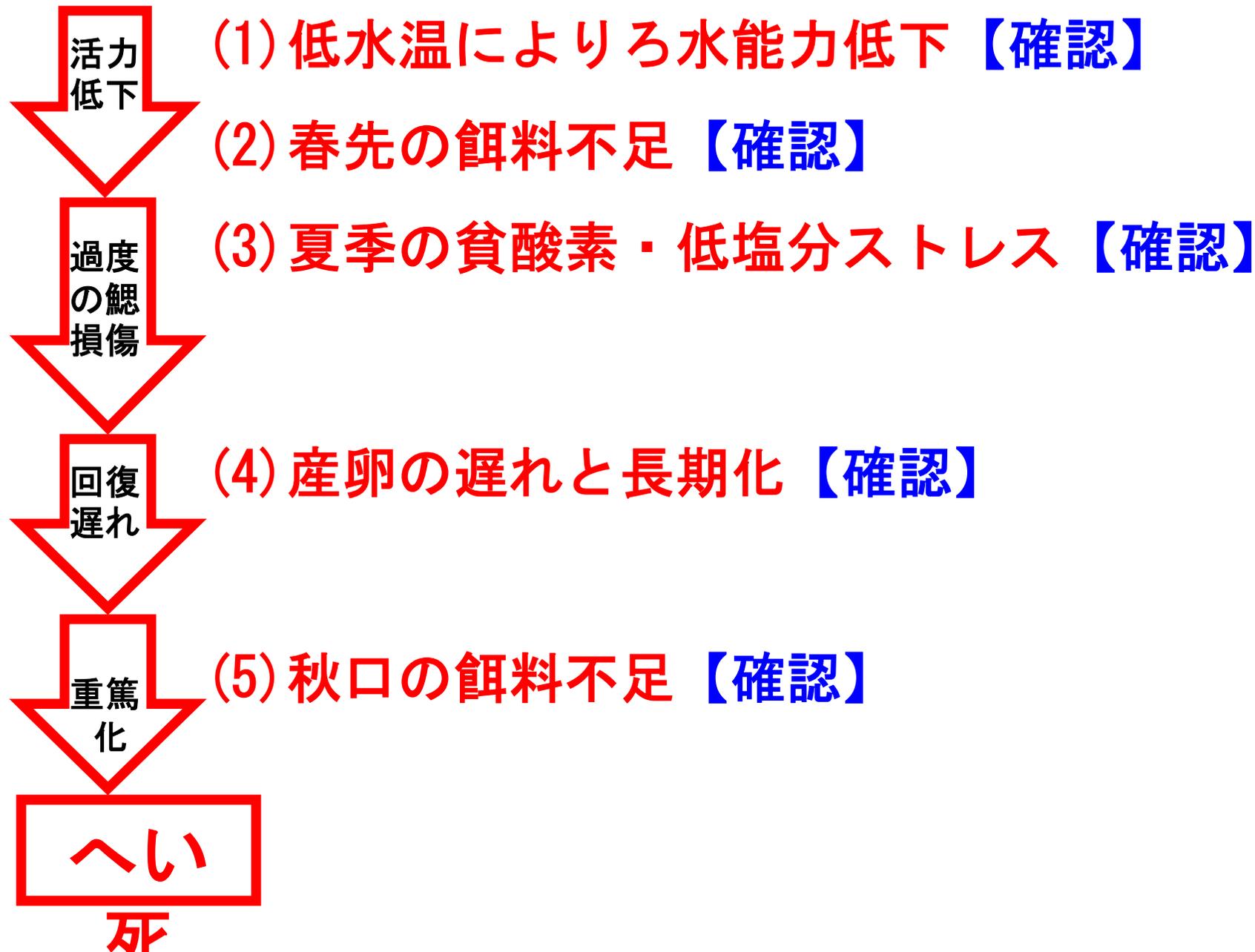


サルボウのサイズ別・水温別の濾水速度

殻長 (mm)	剥き身乾燥 重量(g)	ろ水速度 (ml/hr/ind)					
		6°C	8°C (6°C)	8°C	12°C	16°C	20°C
5	0.0021	9	18	21	48	29	40
10	0.0150	20	53	83	155	124	193
15	0.0477	31	100	188	308	294	483
20	0.1082	43	158	335	502	540	925
25	0.2042	56	224	525	732	866	1,532
30	0.3431	69	299	758	998	1,275	2,312
35	0.5322	82	381	1,034	1,296	1,767	3,275
40	0.7783	96	470	1,354	1,625	2,345	4,427
45	1.0884	109	566	1,716	1,985	3,009	5,776
50	1.4691	123	669	2,121	2,373	3,761	7,327

●サルボウのろ水速度は、6°Cでは8°Cの**1/10以下**となり、6°C以下を経験すると同じ8°Cでも**1/3程度**となる

「平成23年大量へい死」の発生プロセス



【まとめ】

- サルボウの異常へい死：10月～12月にかけて発生
- へい死終息時の資源量：漁期終了時の約1/5
- 異常へい死の主因：鰓の損傷
- 鰓損傷の主因：貧酸素、低塩分ストレス
- 重篤化の要因：低水温、餌料不足、産卵の遅れ

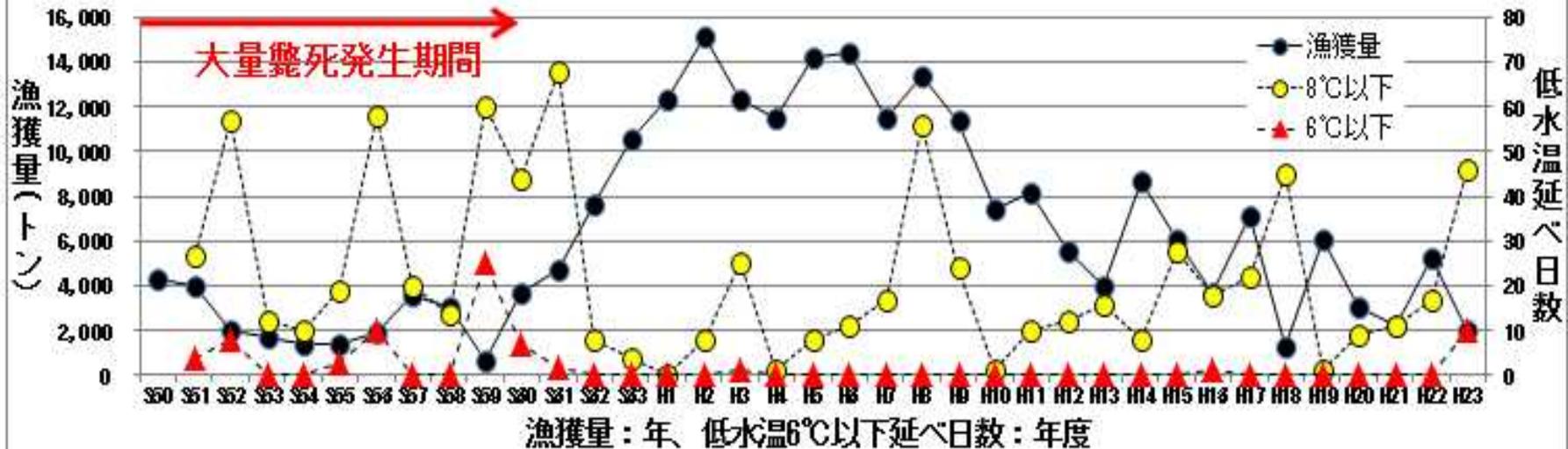
【残された課題】

- 予察可能か？その対応策は？
- 過去の資源量低下との因果関係

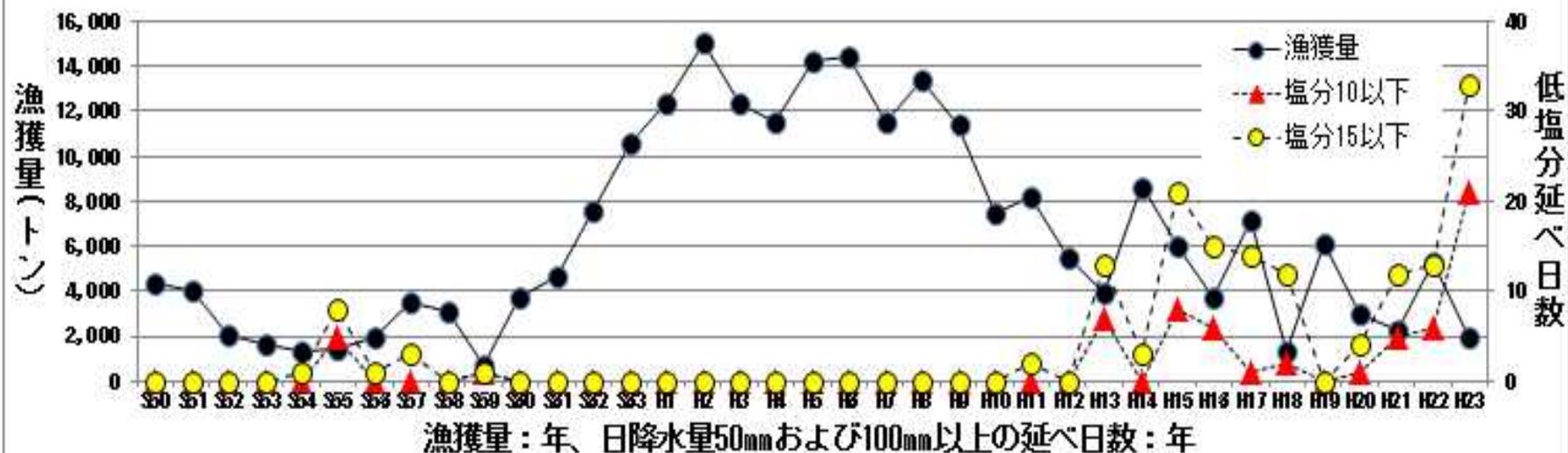
③効率的な資源管理手法に向けて

昭和50年代の漁獲減少要因について

サルボウの漁獲量と浜タワー昼間満潮時の低水温延べ日数との関係



サルボウの漁獲量と早津江タワー昼間満潮時の低塩分延べ日数との関係



昭和50年代の漁獲減少要因（推論）

●冬期の低水温が引き金となり、その後の環境条件（低塩分・貧酸素・餌料環境）および産卵状況が複合的に関与してサルボウ資源の変動を誘発している可能性が大きい。特に、冬期（1～2月）の平均水温が7℃を下回った年は漁獲が激減している。また、8℃を下回った年で他の環境要因が複合した年も漁獲が減少している。

【必要な検証項目】

- 精度の高いデータが不足、特に貧酸素データ
- へい死および身入り低下に伴う漁獲減少リスクのみの評価となっており、当歳貝の加入量等が考慮されて
- 本巻法が過去の資源量低下時にも適応可能であるか検証する必要あり

漁獲減少要因の解析手法について

- T. L. サーティによって開発されたマーケットリサーチによる商品開発等で活用されている**階層構造分析法 (analytic hierarchy process: AHP法)**に準じた手法を用い、サルボウの漁獲減少要因の解析を試みた。
- 具体的には、サルボウの漁獲減少要因を**低水温、貧酸素、低塩分**および**餌料環境**の4つの階層に分け、それぞれの階層毎に別に定める基準で**1~10のレベル**付けした後、**階層毎に1~5の重み係数**を乗じ、**100点満点の漁獲減少リスク評価点**とし、漁獲量および漁獲減少率との相関を試みた。

漁獲減少リスク評価基準

◎低水温(重み係数：5)

レベル	1,2月の昼間満潮時平均水温(°C)	8°C以下の日数	8°C以下の日数
10	7°C未満	10日以上	60日以上
9	8°C未満	5日以上	50日以上
8	8°C未満	有	40日以上
7	-	-	40日以上
6	-	-	30日以上
5	8°C以上	有	30日未満
4	8°C以上	無	30日未満
3	8.5°C以上	無	30日未満
2	8.5°C以上	無	20日未満
1	8.5°C以上	無	10日未満

◎貧酸素(重み係数：2)

レベル	1ppm以下の日数	3ppm以下の日数
10	10日以上	20日以上
9	5日以上	20日以上
8	有	20日以上
7	有	15日以上
6	有	10日以上
5	有	10日未満
4	無	10日以上
3	無	5日以上
2	無	5日未満
1	無	無

◎低塩分(重み係数：2)

レベル	塩分10PSU以下の日数	塩分15PSU以下の日数
10	20日以上	-
9	15日以上	-
8	10日以上	-
7	5日以上	-
6	有	10日以上
5	有	10日未満
4	無	10日以上
3	無	5日以上
2	無	5日未満
1	無	無

◎餌料環境(重み係数：1)

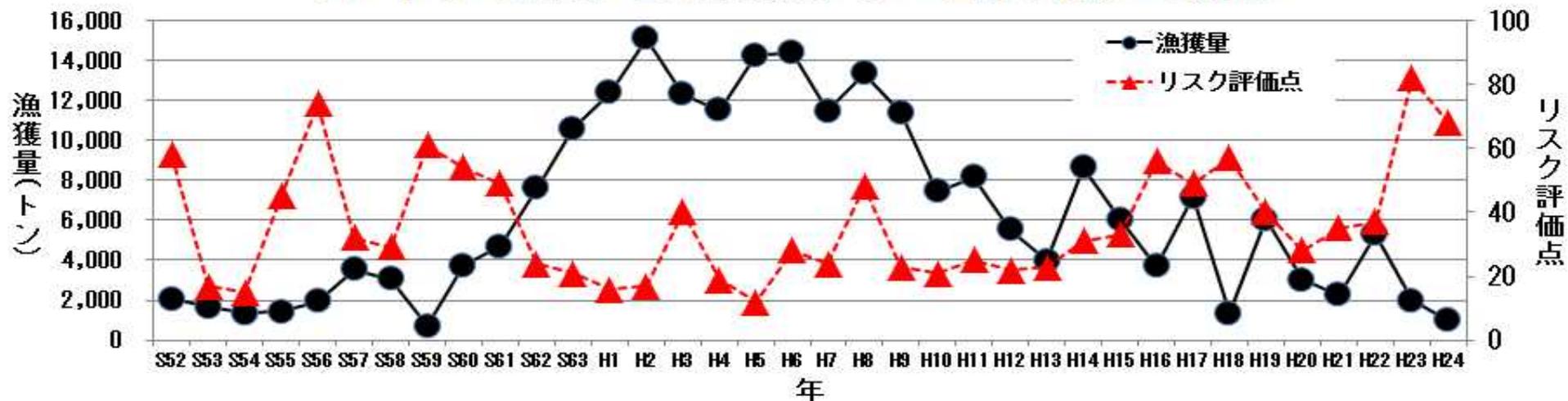
レベル	【産卵前】 4~6月の沈殿量(ml/m ³)	【冬季】 1~3月の平均沈殿量(ml/m ³)
10	10未満	冬季水温8°C以上(10未満)、8°C未満(20未満)
9	10未満	冬季水温8°C以上(10以上)、8°C未満(20以上)
8	10未満	冬季水温8°C以上(20以上)、8°C未満(30以上)
7	20未満	冬季水温8°C以上(10未満)、8°C未満(20未満)
6	20未満	冬季水温8°C以上(10以上)、8°C未満(20以上)
5	20未満	冬季水温8°C以上(20以上)、8°C未満(30以上)
4	20以上	冬季水温8°C以上(10未満)、8°C未満(20未満)
3	20以上	冬季水温8°C以上(10以上)、8°C未満(20以上)
2	20以上	冬季水温8°C以上(20以上)、8°C未満(30以上)
1	30以上	冬季水温8°C以上(20以上)、8°C未満(30以上)

AHP法による解析結果

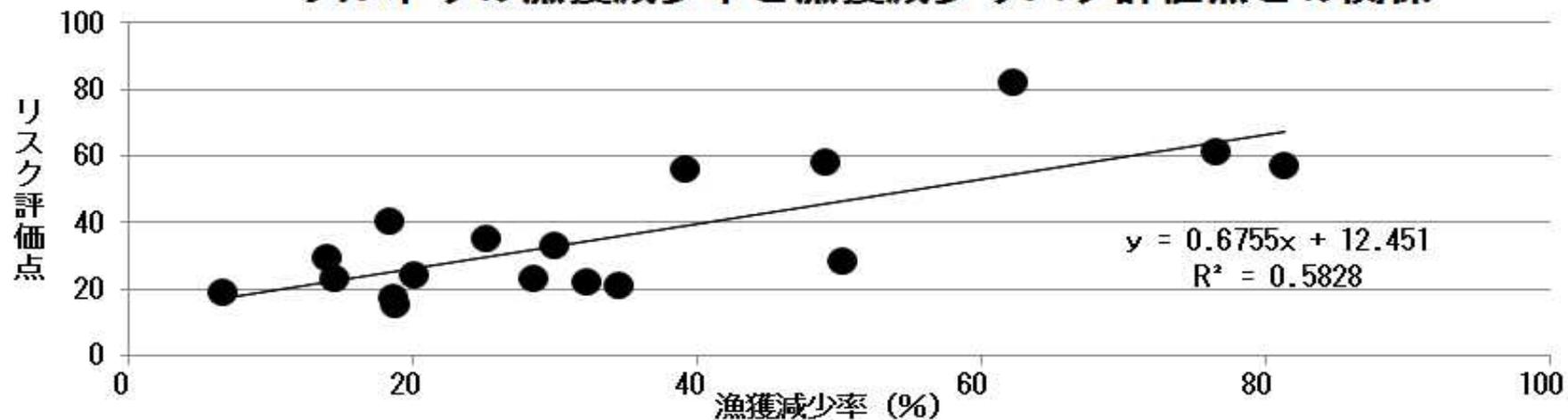
年	換算量 (トン)	評価点 (100点 満点)	環境ストレス				低水温			低塩分		貧酸素		餌料			
			低水温 (10段階評価で 重み係数5)	低塩分 (10段階評価で 重み係数2)	貧酸素 (10段階評価で 重み係数2)	餌料不足 (10段階評価で 重み係数1)	低水温			低塩分		貧酸素		産卵後の 餌料環境 (1-10月の大ま な換水時(1日平均 換水量: ml/ m ³)	冬季の餌 料環境 (1-10月の大ま な換水時(1日平均 換水量: ml/ m ³)	産卵前の 餌料環境 (1-10月の大ま な換水時(1日平均 換水量: ml/ m ³)	
							平均 水温	6℃ 以下	8℃ 以下	10 以下	15 以下	1mg/L 以下	5mg/L以 下				
S50	4.302	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S51	4.037	—	5	1	5	1	8.4	4	27	0	0	—	—	2.9	10	166	29
S52	2.057	58	9	1	2	1	6.6	8	57	0	0	—	—	4.0	34	191	76
S53	1.673	17	2	1	1	1	9.0	0	12	0	0	—	—	5.2	28	82	20
S54	1.360	15	2	2	4	1	9.3	0	10	0	1	—	—	3.1	29	155	60
S55	1.443	45	5	7	5	8	8.5	3	19	5	8	—	—	2.9	14	141	8
S56	1.936	74	9	2	4	5	7.1	10	58	0	1	—	—	3.5	26	95	10
S57	3.552	32	3	2	5	5	8.5	0	20	0	3	—	—	2.8	28	138	19
S58	3.056	29	2	1	4	5	8.7	0	14	0	0	—	—	3.5	103	214	19
S59	717	61	10	5	4	1	6.4	25	60	1	1	—	—	3.9	48	162	70
S60	3.723	54	7	1	3	1	7.5	7	44	0	0	—	—	4.3	20	42	32
S61	4.706	49	8	1	5	1	7.2	2	68	0	0	—	—	1.6	33	82	32
S62	7.618	24	1	1	3	7	9.3	0	8	0	0	—	—	4.2	17	3	10
S63	10.591	21	1	1	4	8	9.1	0	4	0	0	—	—	3.2	27	28	9
H1	12.383	16	1	1	3	1	9.9	0	0	0	0	—	—	4.5	13	142	32
H2	15.105	17	1	1	4	4	9.4	0	8	0	0	—	—	3.0	13	9	27
H3	12.329	40	5	1	5	5	8.1	1	25	0	0	—	—	2.9	28	29	14
H4	11.504	19	1	1	2	2	9.3	0	1	0	0	—	—	5.1	10	141	20
H5	14.253	12	1	1	5	1	9.2	0	8	0	0	—	—	1.8	2	181	30
H6	14.390	28	2	1	2	6	8.9	0	11	0	0	—	—	4.3	7	16	12
H7	11.496	24	2	1	4	8	8.5	0	17	0	0	—	—	3.2	24	149	8
H8	13.349	48	6	1	2	8	7.3	0	56	0	0	—	—	4.7	11	31	9
H9	11.403	23	3	1	3	2	8.5	0	24	0	0	—	—	4.3	61	43	20
H10	7.466	21	1	1	4	8	9.9	0	1	0	0	—	—	3.9	35	86	9
H11	8.171	25	2	2	3	5	8.8	0	10	0	2	—	—	4.1	30	136	11
H12	5.539	22	2	1	3	2	8.9	0	12	0	0	—	—	4.9	50	87	23
H13	3.961	23	2	7	5	5	8.6	0	16	7	13	—	—	1.3	51	78	18
H14	8.660	31	1	2	4	2	9.2	0	8	0	3	—	—	4.0	48	27	25
H15	6.058	33	3	7	5	6	8.5	0	28	8	21	—	—	2.9	31	14	18
H16	3.685	56	5	7	3	7	8.7	1	18	6	15	0	8	4.1	15	6	10
H17	7.174	49	4	6	2	9	8.4	0	22	1	14	0	4	4.5	9	15	8
H18	1.342	57	7	6	9	6	8.1	0	45	2	12	5	21	3.3	11	11	13
H19	6.062	40	1	1	8	5	9.7	0	1	0	0	2	20	5.4	9	38	14
H20	3.019	28	1	5	5	5	8.7	0	9	1	4	2	7	3.0	9	70	10
H21	2.258	35	2	7	4	5	9.3	0	11	5	12	0	11	3.2	8	21	15
H22	5.301	37	2	7	9	5	8.8	0	17	6	13	8	27	4.8	4	85	18
H23	2.000	82	8	10	6	10	7.3	10	46	21	33	1	18	4.6	6	13	6

昭和50年代の漁獲減少要因(結果)

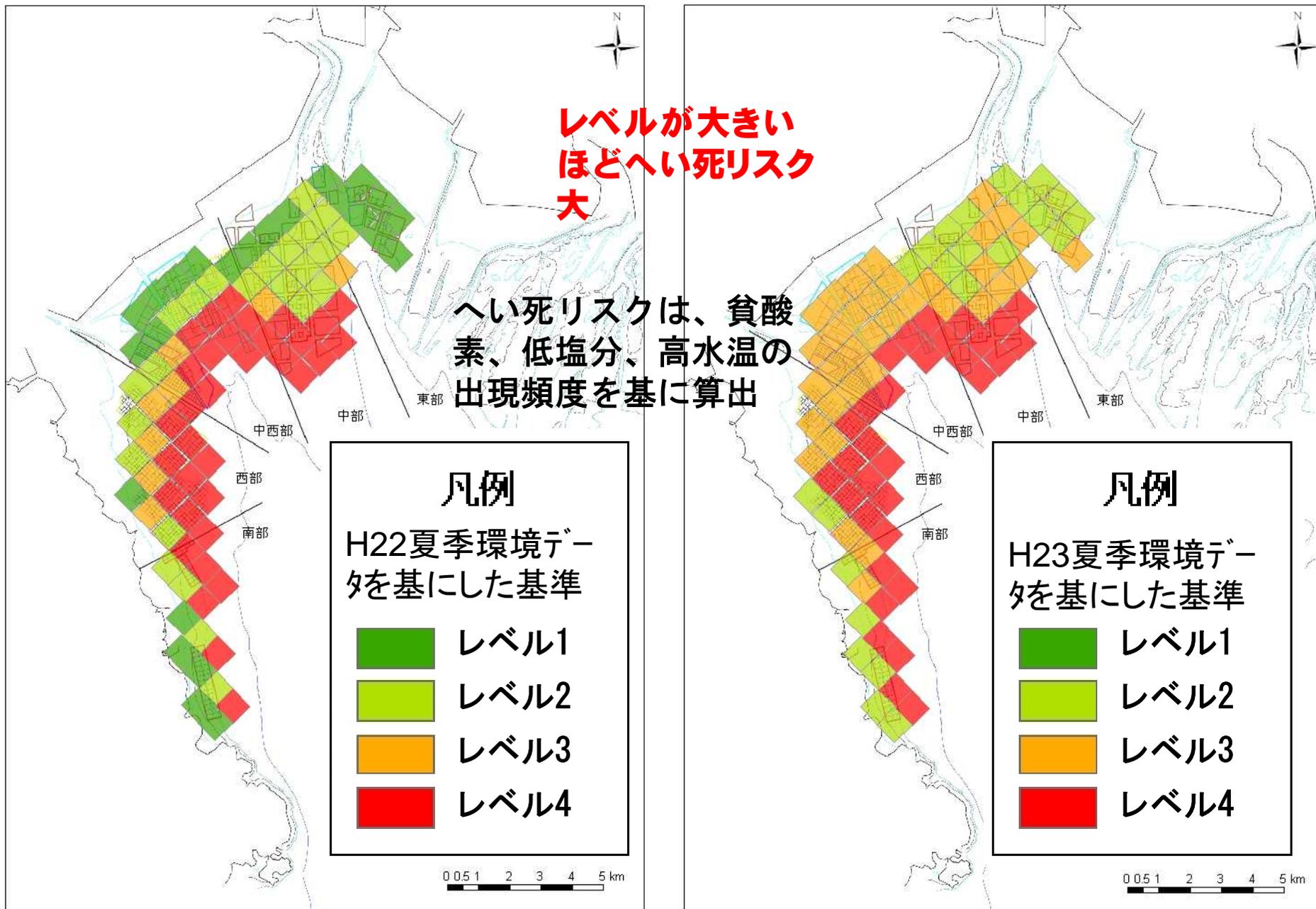
サルボウの漁獲量と漁獲減少リスク評価点との関係



サルボウの漁獲減少率と漁獲減少リスク評価点との関係

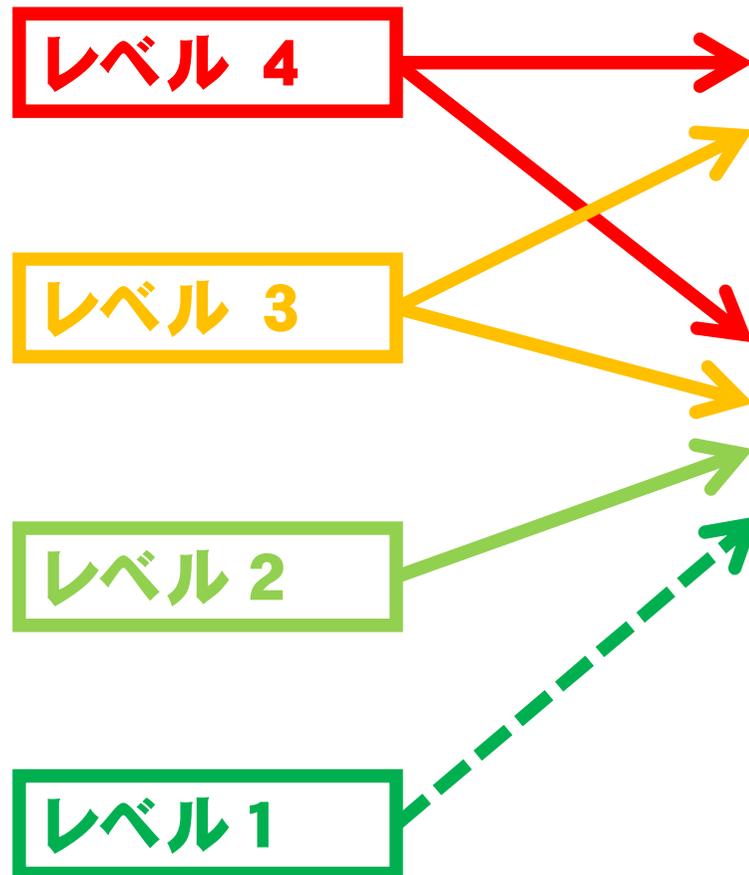


○サルボウ漁場の漁場特性（夏季のへい死リスクマップ）



○漁場特性に応じた管理手法

【レベル区分】



【漁獲管理手法】

①優先漁獲(殻長3cm超の個体)

レベル高い漁場から優先的に漁獲する。特に、レベル4の漁場は、6月末までに漁獲を終了する。

②移植(密度調整；3cm未満の個体)

殻長3cm超の個体漁獲後、適正な生息密度(250個/m²、1kg/m²)以下となるように密度調整を実施する。レベル3, 4の漁場については、レベル1, 2の漁場に移植する