

ヤマトシジミへい死要因調査

(宍道湖・中海水産振興対策検討調査事業)

後藤悦郎・三浦常廣・品川 明^{※1}・戸田顕史^{※2}・江角陽司・大北晋也

1. 研究目的

宍道湖のヤマトシジミ（以下「シジミ」という）は資源量調査の結果、平成 14 年秋季は 77,000 トンと過去調査と比較して最高レベルにあると推定された。しかしながら、生物資源であるシジミ資源はその生息環境や漁獲等の影響を強く受けることから、恒常的に安定した資源とは考えにくい。

平成 9 年度に 63,000 トンから 25,000 トンに激減したのをはじめ、その後も中小規模のへい死事象が散発的に認められていることから、資源レベルの高い現在の状況からすると今後も大規模なへい死が起こる可能性は十分にあると考えられる。平成 9 年度に起きた大量へい死発生直後に、へい死原因究明のための調査が行われているが¹⁾、事後的調査が主体で原因の特定には不十分であった面は否めない。

そこで、大量へい死の発生機構をより詳細に解明するためには、資源量調査に加え通常からのシジミ健康状況や生息環境を把握しておくことが肝要であると捉え、データの蓄積化を図ることにより、万一大量へい死事象が発生した場合には、これを活用してより迅速で正確な原因の絞り込みを行うとともに、へい死被害をできるだけ押さえるための対応策の検討や資源管理等にも活用することことを目的として本調査を導入した。

本調査の実施にあたって、シジミの健康度を把握する上で用いた体液成分（有機酸）分析については学習院女子大学の品川明教授と島根県環境保健公社と共同研究で実施し、その他の調査遂行上も数々のアドバイスも頂いた事を申し添える。

2. 研究方法

(1) モニタリング調査

モニタリング調査定点を図 1 に示した 11 定点に設定し実施した。併せて各定点の概要について表 1 に記載した。これら定点は、漁協や漁業者からの聞き取りにより、特にへい死が起こりやすいとされる大橋川から宍道湖東部にかけて多く設けた。

これら定点において、後述する各種調査を 4 月から 1 年間継続的に実施した。調査頻度は、4 月から 5 月は調査計画を立てるための事前的な準備調査として各月 1 回、水温が高くへい死が起きやすい 6 月から 10 月は各月 2 回、へい死の可能性の低い 11 月から 3 月までは各月 1 回実施した。また、定点ではないが来待地区の K-1、K-2、K-3 を予備的な調査地点として加えた。

水質については、調査に併せて測定したデータだけでなく中海からの貧酸素水の流出入状況を把握するために大橋川に設置してある連続水質計のデータも活用した。更に、玉湯地区では連続観測水質計（YSI 社製 Model6000UPG）を沈設して高水温期の水質連続観測を行った。

※1 学習院女子大学、※2 島根県環境保健公社

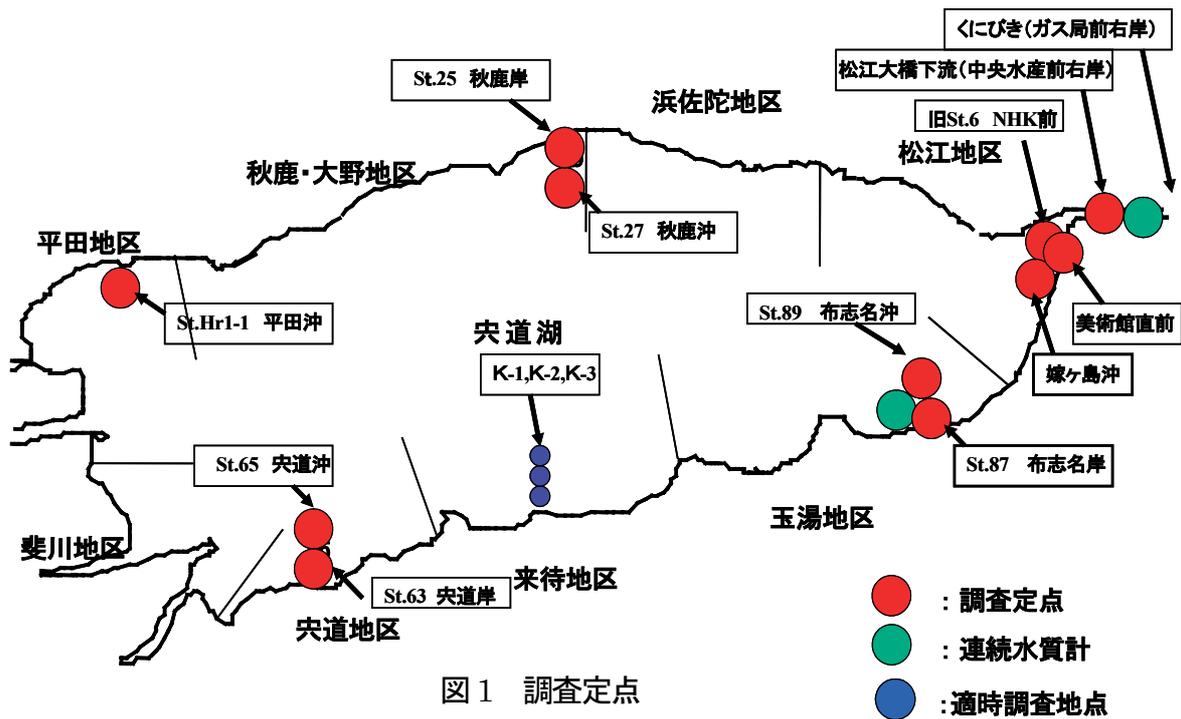


図1 調査定点

表1 調査定点概要

調査定点	資源量調査の St.	水深帯 (m)	H14 秋の生息密度 (g/m ²)
くにびき(ガス局前右岸)	新規	4	
松江大橋下流 (中央水産前右岸)	新規	4	
旧 St6 (NHK 前)	St6 付近	2	7,746
美術館前	新規	1.5	
嫁ヶ島沖	新規	3	
玉湯町布志名岸	St87	1.5	6,033
玉湯町布志名沖	St89	3	2,530
宍道町岸	St63	1.5	980
宍道町沖	St65	3	3,630
秋鹿岸	St25	2	3,079
秋鹿沖	St27	3.5	1,034
平田沖	Hr1-1	2	3,611

※資源量の St とは資源量調査に対応させた地点である。新規はこの調査で独自に設けた定点である。

モニタリング調査の調査月日と実施した調査項目の概要を表2に、表3に表2中の語句(①～⑥)を説明したものを示した。

表2 調査の概要

	調査月日	項目	概要
モニタリング調査	・準備調査 4月17日 5月14日	1次ソーティング	定点で船上からスミスマッキンタイヤ型採泥器にてサンプリングし、8mm目フルイを通過させ、残存したシジミを持ち帰り2次ソーティングに供した。また、船上において無作為にシジミ50個体を抽出して口開け(①)の状況を調査した。
	・本調査 6月26日 7月9日、23日 8月4日、25日 9月10日、24日 10月21日 11月12日 12月9日 1月26日 2月12日 3月7日	2次ソーティング	8mmの平スリットを通して残存物(殻幅8mm以上)と通過物(殻幅8mm未満)に区分。各々の全内容物について生貝数、ガボ(②)数、蝶番未分離死貝(③)数、口開け数を計数した。また、殻幅8mm以上のうち大きめの40個体を抽出し空中露出試験と軟体部率測定に用いた。
		水質測定	表層と底層の水温、塩分、DO、pHを測定した。
		空中露出試験(④)	20個体を一定条件下で空中にさらすことでその生残率を求めた。
		軟体部調査(⑤)	20個体の殻入重量と軟体部肉重量等を測定した後、軟体部指数を求めた。
		健康度調査－体液分析(⑥)	シジミ健康度の判定のため環境保健公社が船上においてシジミ体液採取を行い、学習院女子大学においてコハク酸、酢酸、プロピオン酸、蟻酸等を分析測定した。
	水質調査	6月末～10月中旬	水質連続観測

表3 表2中の語句説明

語句番号	語句の説明
①口開け	中身があるもので完全に殻が閉まらない貝。衰弱またはへい死直後のものであると判断した
②ガボ	2枚の殻が、生時のようにかみ合わさっていて殻中に水か泥しか入っていない貝
③蝶番未分離死貝	蝶番が連結しているが開殻し、内容物がないもので、死後の経過時間が少ない貝と判断した
④空中露出試験	シジミを同一の悪条件下において生残率を求めることで活性度の指標になるのではないかと考えた
⑤軟体部率測定	シジミ活力にも影響を及ぼすとも考えられる放卵・放精に伴い身がやせることから産卵時期等を推定するための指標とした
⑥体液分析	戸田、品川 ⁷⁾ よると体液中の有機酸を測定することでシジミの健康度や環境が与えている影響を推定できる。コハク酸、プロピオン酸が増大した場合は貧酸素の影響があり、酢酸、蟻酸が増大した場合はそれ以外の環境要因の影響があるとされる。

(2) 室内水槽試験

生息密度が生存に及ぼす影響を把握するために密度別の試験区を設定し、生残率の比較試験を行った。平成14年度秋季資源量調査²⁾によると、水深0から4mまでの湖内シジミ平均生息密度は約3,200 g/m²、最高生息密度は10,000 g/m²強であったので、試験では1,000 g/m²、3,000 g/m²、10,000 g/m²の密度を設定した。試験区の設定条件概要は、表4のとおりである。なお、1回次では試験途中の5月31日から6月12日の間貧酸素下におけるシジミの状況を観察するために注水、通気をストップして行った。

表4 試験区の設定条件

回次	期間	水槽NO	水槽容量(L)	収容密度(g/m ²)	開始時の個数	使用水の種類	水温条件	他条件	備考
1	5/22~6/12	1	180	1,000	100	宍道湖水	自然	注水 1回転/1h 通気有 底砂あり	5/31以降は注水、通気なし
		2	180	3,000	300				
		3	180	10,000	1,000				
		4	180	3,000	300	井戸水			
2	9/25~10/6	5	6	1,000	14	宍道湖水	30°C加温	止水 通気有 底砂なし	
		6	6	3,000	39		自然		
		7	6	10,000	133				
		8	3	1,000	9				
		9	3	3,000	28				
		10	3	10,000	98				
3	10/24~11/12	11	6	10,000	126	宍道湖水	30°C加温	止水 通気有 底砂なし	水槽NO11,13は大野地区採集 水槽NO12,14は平田地区採集
		12	6	10,000	147				
		13	6	3,000	36				
		14	6	3,000	46				

3. 研究結果と考察

(1) モニタリング調査

表2の項目中の1次ソーティング、2次ソーティング、水質測定及び水質連続観測を生息環境調査として、空中露出試験、軟体部率測定、及び体液分析を健康度調査として以下に記述した。

A. 生息環境調査

表5は、船上での1次ソーティング時に各定点で無作為に50個体を抽出し、口開けの個数を調査日毎に記したものである。口開けの多い時期は、7月から8月にかけてと2月から3月にかけて多くみられた。

7月から8月にかけて多かったのは、この時期に湖内で大量へい死がおこっていたことから、へい死寸前の弱ったシジミがカウントされたためであり、2月から3月にかけて多かったのは、低水温による活力低下が関係しているのではないかと考えられた。

口開け個体の年間合計の多い定点は、くにびき、秋鹿岸、秋鹿沖など、逆に少ない定点は、NHK前、美術館前、嫁ガ島沖、布志名沖などがあつた。なお、地区別、密度別及び水深別の関係でははっきりした傾向はみられなかった。

表5 口開け状況（口開け個数/50個体）

調査月日	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/21	11/21	12/9	1/26	2/12	3/8	年計 (個)
くにびき (ガス局前右岸)	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	4	3	14
松江大橋下流 (中央水産前右岸)	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	3	0	7
旧St.6 NHK前		2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5
美術館前 B	0	1	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6
嫁が島沖 YG	0	0	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	5
St.89 布志名沖	0	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	1	6
St.87 布志名岸	0	3	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	10
St.27 秋鹿沖	0	4	0	0	2	0	0	0	0	1	0	3	3	13
St.25 秋鹿岸	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4	6	13
St.65 宍道沖	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	9
St.63 宍道岸	0	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	2		7
Hr1-1 平田岸	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	3	3	11
調査日別合計	2	15	7	14	8	5	3	0	1	3	4	21	23	106

また、図2にサンプルを試験場に持ち帰って行った2次ソーティング時に計測した生貝率を示した。ただし、

$$\text{生貝率 (\%)} = \frac{\text{生貝数}}{\text{生貝数} + \text{死貝数}} \times 100$$

$$\text{死貝数} = \text{口開け数} + \text{ガボ数} + \text{蝶番未分離死貝数}$$

とした。

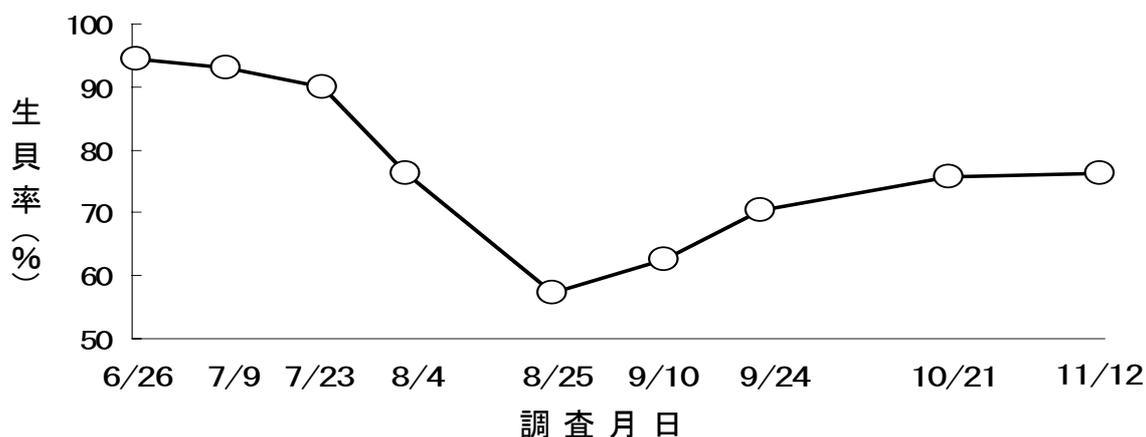


図2 生貝率の推移

これによるとシジミの生貝率は、シジミの主産卵時期である7月から8月にかけて急激に減少しており、この時期に大量の死が起っていたと判断できる。なお、表5でもこの時期に口開け数が多かったのは、死が起っていた可能性を裏付けている。9月以降に生貝率が再び上昇している点については、死が止まるとともに、口開け貝や蝶番未分離死貝の蝶番が劣化により徐々に分離されたために、死貝数としてカウントされなくなったためであると考えられた。

更に、図3及び図4に6月及び10月の資源量調査で得られた殻長組成のデータを示した。

これによると、殻長12mm以上の大型個体は6月の調査に比較して10月の調査では非常に減少している。このことから、漁獲による減少の外に産卵可能なサイズである殻長12mm以上の成貝で大量へい死が起きていたことを示しており、産卵とへい死の強い相互関係が示唆された。

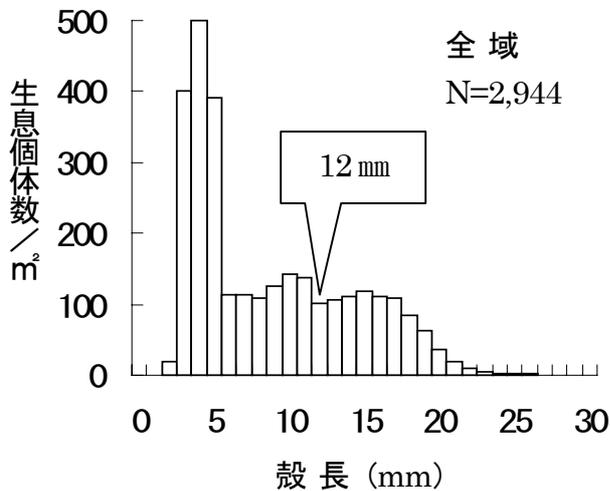


図3 資源量調査による殻長組成 (6月)

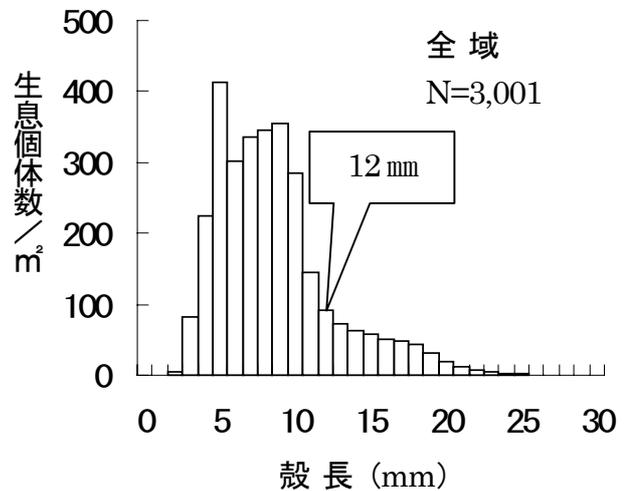


図4 資源量調査による殻長組成 (10月)

次に水質の調査結果について述べる。

図5に大橋川の水深5mの所に設置した連続水質計の記録のうちで、最も貧酸素が起こりやすいとされる7~8月の溶存酸素と塩分の測定結果を示した。

中海からの断続的な高塩分水の流入と、それに伴う断続的な貧酸素化が見られた。しかし、両月ともシジミの生残に影響を及ぼすような極端なレベルの貧酸素化は観察されなかった。

その他玉湯町布志名の水深3mに設置した連続観測水質計の記録、各調査日に測定した各調査定点の底層溶存酸素測定結果のいずれも極端な貧酸素化は観察されなかった。

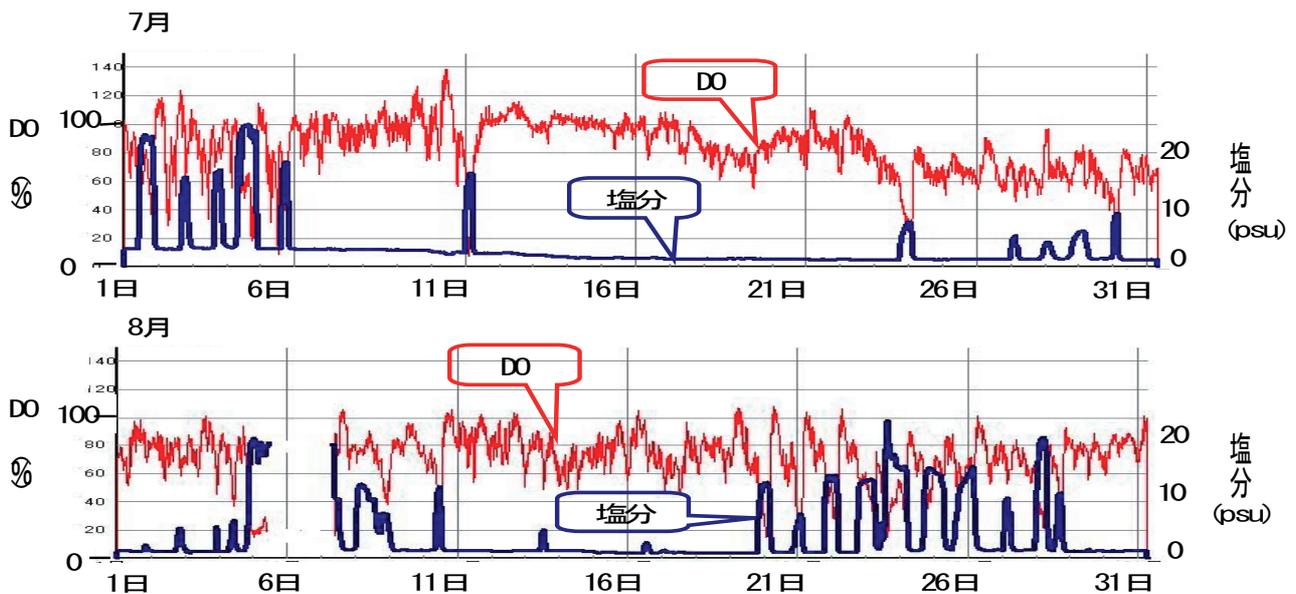


図5 大橋川水質連続観測結果

各調査日毎の底層塩分を表 6 に示した。今年度は春から秋にかけて降雨が非常に多く、その期間の宍道湖の底層塩分は、中海からの高塩分水が逆流する大橋川内や宍道湖内の大橋川に近い一部の場所を除いて、ほとんどの場所でシジミの生息に好適な塩分の下限に近い 3psu 以下³⁾の低い状態が長く続いていた。また、加えてシジミの産卵に必要な塩分は 2~3psu 以上とされている⁴⁾ので、ほぼ宍道湖全域で長期にわたってシジミが産卵できない状態にあったのではないかと推定された。

表 6 底層塩分

	4/17	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/8	10/21	11/12	12/7	1/26	2/12
くにびき	-	-	25.9	2.6	1.0	7.0	13.8	1.2	2.0	2.2	15.9	3.8	4.1	5.7	19.2
松江大橋	-	-	25.9	2.6	1.0	6.6	14.0	1.2	1.9	2.1	15.7	3.8	4.1	3.8	14.8
NHK前	1.9	2.2	3.6	2.6	1.0	1.7	13.6	1.2	1.9	1.9	13.5	3.4	4.0	3.1	18.2
美術館前B	-	-	-	2.5	1.0	1.4	12.3	1.2	1.8	2.0	3.6	3.5	3.7	3.2	19.6
嫁が島沖YG	-	2.5	12.7	2.4	1.1	1.3	10.1	1.3	1.8	1.9	11.2	3.9	3.8	3.1	19.0
玉湯布志名岸	1.9	1.8	2.5	2.3	1.1	0.8	0.8	1.1	1.9	1.9	2.2	3.4	3.5	3.3	3.4
玉湯布志名沖	1.8	2.2	2.6	2.4	1.2	0.8	1.0	1.2	1.9	2.0	2.2	3.4	3.7	3.3	3.6
宍道岸63	1.5	1.6	2.2	0.9	0.5	0.6	0.8	0.9	1.3	1.7	2.1	3.0	3.3	3.4	3.2
宍道沖65	1.4	1.6	2.2	1.2	-	0.6	0.7	0.9	1.3	1.7	2.1	2.9	3.4	3.4	3.3
平田岸Hr1-1	1.0	1.5	2.1	1.9	0.6	0.7	0.7	0.6	1.1	1.2	1.9	2.4	3.4	2.9	3.0
秋鹿岸25	1.5	1.7	2.2	2.4	1.2	0.9	0.8	1.0	1.8	1.7	2.0	3.2	3.6	3.0	3.6
秋鹿沖27	1.5	1.7	2.2	2.3	1.1	0.9	0.8	1.2	1.7	1.7	2.1	3.2	3.8	3.1	3.6

1psu未満 1~3psu

表 7 は、内水面水産試験場が別事業で行っている環境保全のモニタリング調査結果⁵⁾のうち平成 4 年から平成 15 年までを記述したものである。これによると、大量へい死を起こした平成 9 年にも主産卵期である夏に、大雨の宍道湖内流入により急速的な低塩分化がおこっている。平成 15 年は、雪解けの進む春先から 6 ヶ月以上の長期間にわたりシジミの生息においては厳しい低塩分濃度の環境状態が継続していたことが観測された。なお、平成 5 年にも 7 月から低塩分化が進み 3 ヶ月間かなりの低塩分化が見られているが、大規模なへい死現象は起きておらず、シジミの異臭化(カビ臭)が問題となった年である。

表 7 定期調査 St1 (宍道湖西側水深 5m) の底層塩分 (PSU) の周年変化

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
平成4年				0.8	2.9	2.9	5.8	6.8	5.4	8.0	5.9	5.9	4.9
平成5年	7.1	3.9	3.4	2.6	4.1	5.1	2.7	0.2	0.5	0.5	2.8	2.6	3.0
平成6年	8.6	2.9	1.0	0.9	2.8	8.9	9.0	8.8	7.9	9.5	8.3	12.2	6.7
平成7年	10.4	7.2	4.2	2.3	2.5	3.0	6.1	2.1	4.4	4.2	5.3	9.3	5.1
平成8年	5.4	4.1	4.0	2.3	9.0	7.0	3.4	3.1	4.0	3.5	4.6	6.6	4.8
平成9年	4.7	4.7	4.4	4.7	3.8	4.2	5.0	0.8	1.1	0.7	3.0	3.0	3.3
平成10年	3.1	1.8	1.8	1.6	2.1	3.5	2.5	3.9	3.4	2.9	1.5	5.8	2.8
平成11年	10.5	6.8	7.1	4.4	8.7	6.0	3.5	2.9	4.2	3.9	4.6	6.8	5.8
平成12年	6.5	6.0	4.5	3.0	4.2	4.9	6.0	10.9	16.1	8.2	6.1	3.7	6.7
平成13年	5.2	5.2	3.5	4.6	3.8	4.7	2.9	3.6	3.0	2.3	3.7	4.5	3.9
平成14年	1.8	1.5	1.5	1.8	3.1	3.4	7.6	4.0	12.1	10.9	8.4	10.5	5.5
平成15年	6.6	4.3	2.8	1.8	1.7	1.9	2.2	0.5	0.5	1.3	2.9	3.6	2.5
月平均	6.4	4.4	3.5	2.6	4.1	4.6	4.7	4.0	5.2	4.7	4.8	6.2	
標準偏差	2.7	1.9	1.7	1.4	2.4	2.0	2.2	3.3	4.7	3.6	2.2	3.1	

B. 軟体部調査

シジミが放卵、放精すると軟体部分がやせることを利用して、軟体部指数を産卵開始時期推定のための指標とした。各調査定点でサンプリングしたシジミのうち大型のもの 20 個ずつを抽出して測定を行い、軟体部指数を次式により求めた。

$$\text{軟体部指数} = \text{軟体部重量} \div (\text{軟体部重量} + \text{殻重量}) \times 100$$

全域の軟体部指数の年間平均が 22 であったことから、これを産卵前後の基準とした。

一例として図 6 に嫁ヶ島沖における軟体部指数の推移を示した。8 月 4 日の調査まで軟体部指数 22 以上の個体が多かったが、8 月 25 日調査では大部分が軟体部指数 21 以下に減少しているので産卵が開始されたのは、この頃であったと判断した。

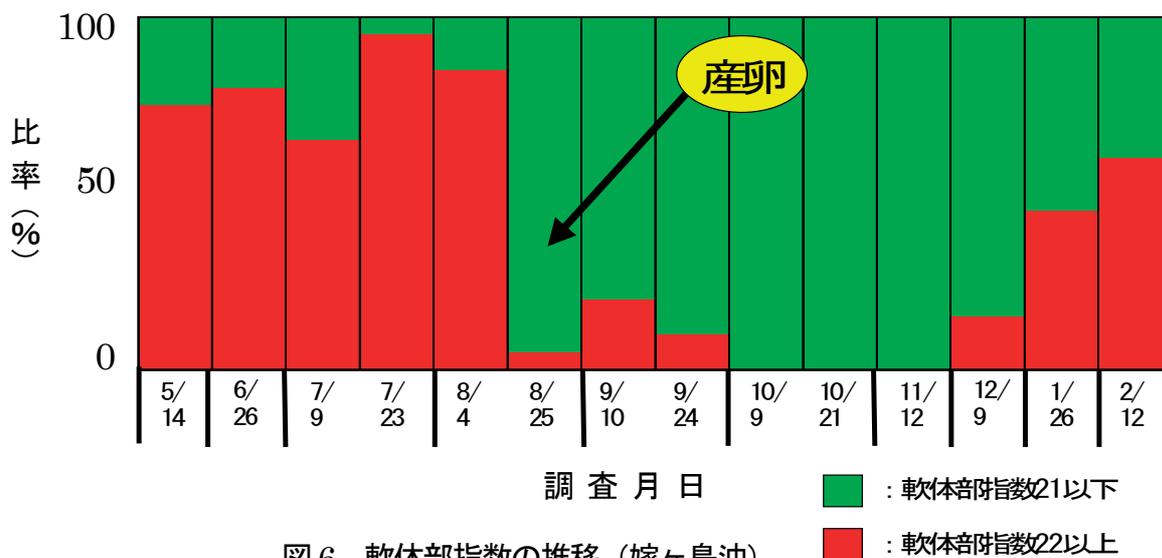


図 6 軟体部指数の推移 (嫁ヶ島沖)

このようにして調査定点別に産卵開始時期を推定したのが図 7 である。産卵開始時期は、大橋川内で 7 月下旬、大橋川にごく近い宍道湖東部で 8 月下旬であったものの、それ以西の宍道湖では 9 月中旬頃と推定された。(各調査地点毎の軟体部指数表を別表として本稿の最後部に添付した。)

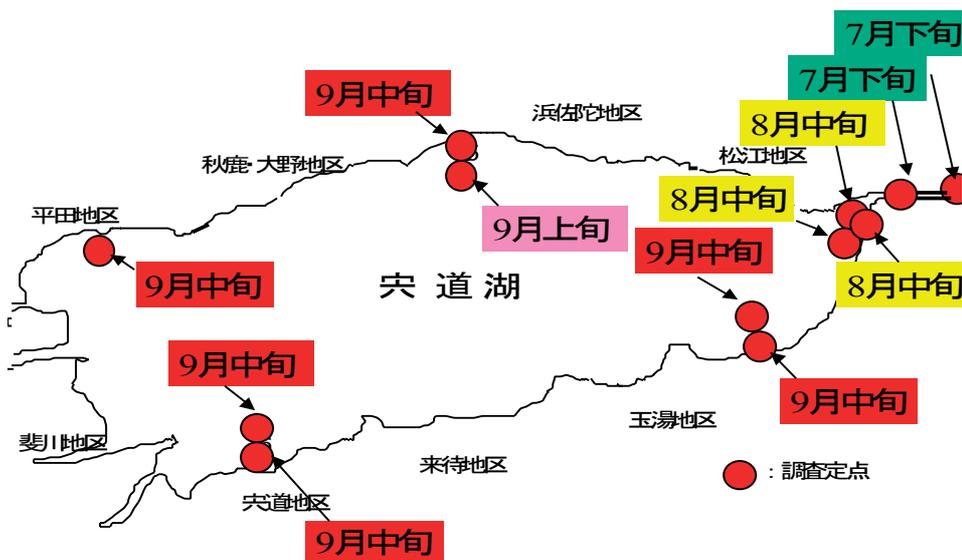


図 7 推定産卵開始時期

次に、図8はシジミの産卵開始時期について平成15年度と平均的な年であったと思われる平成13年度の平田地区を比較したものである。平成15年は、比較的適塩分だった平成13年より、産卵開始時期が宍道湖の西部では2ヶ月程度遅れていたが、これは前述した低塩分環境の長期化が原因であると推察された。

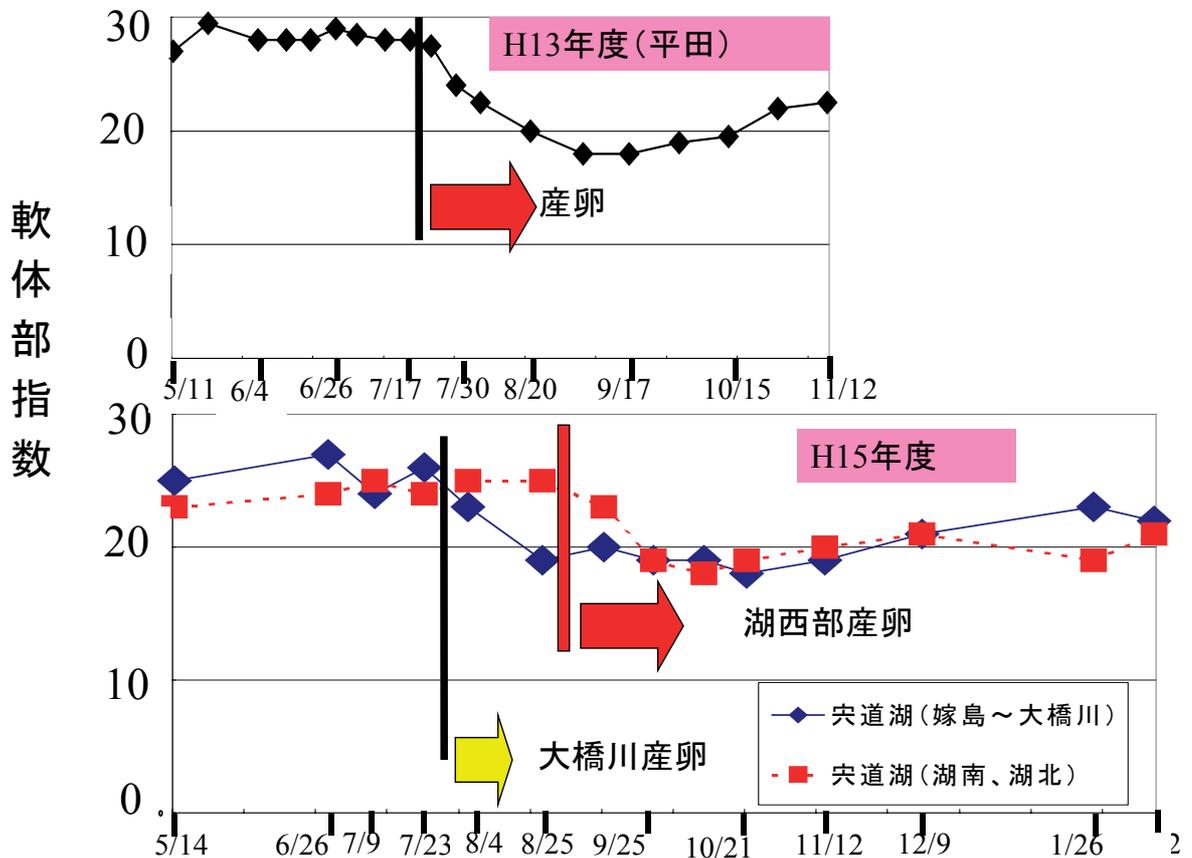


図8 推定産卵開始時期の比較

2枚貝のカキにおいては、大量へい死がかなり昔から知られており、産卵前後に起きやすいことが報告されている⁶⁾。シジミにおいては産卵不可によるへい死事例は報告されてはいないが、産卵抑制期間が長期にわたればかなりのストレスに繋がり、カキと同様に生理的活性の低下に結びつくと予見された。

C. 空中露出試験

空中露出試験は、厳しい条件下でシジミを空中に露出した場合、活性度の良い貝は、悪い貝に比較して高い生残率になるであろうという前提で行った試験である。他に同様な試験事例がほとんど見られなかったために、様々に試行錯誤した結果、最終的には20個体を水なしで蓋付タッパーに収容して密閉し、これをインキュベーター内で36°C24時間、13°C~15°C48時間空気に露出させる方法で試験を実施することとした。

図9は、6月から翌年2月にかけての調査でサンプリングした殻長12mm以上のシジミについて、縦軸に空中露出試験生残率を、横軸にその時の各定点現場の塩分濃度をプロットしたものである。

概括すると 5psu の塩分濃度を境に、5psu 以上では生残率が 60%を下回る事例はみられないが、5psu 以下であった場合は、生残率のバラつきが大きくなり 60%を下回る事例が多くみられた。

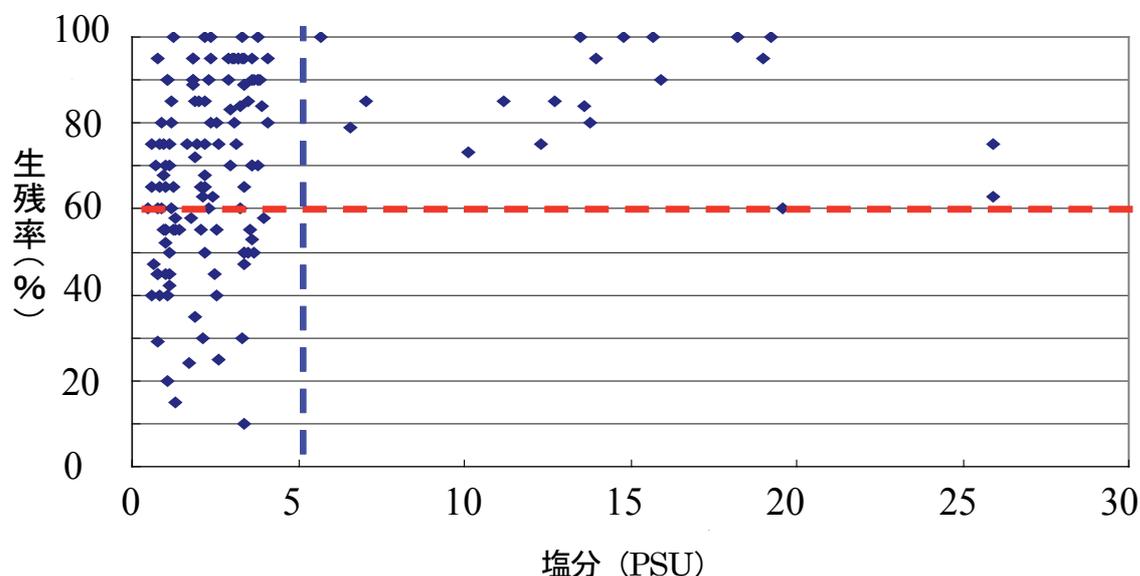


図9 空中露出試験の生残率と採取地点塩分濃度

D. シジミ健康度調査 (体液成分 (有機酸) 分析) …学習院女子大、環境保健公社共同研究

表8は5月14日から9月10日までの間、シジミ体液中の有機酸を分析し、その結果を評価したものである。延べ地点数は60点となったが、シジミの健康状態を5段階評価した結果、状態が「やや良」はわずか6点のみで、残り54点は、「やや不良」から「かなり不良」の状態であった。

戸田、品川ほか(2001)の研究結果⁷⁾によると、シジミ体液中のコハク酸、プロピオン酸が増大した場合は貧酸素の影響があり、酢酸、蟻酸が増大した場合はそれ以外の環境要因による影響が大きいとされる。この60点について貧酸素の影響があったのかどうか検討してみると、その影響が疑われるものは全体の4割の24点であった。逆に言えば、今回調査した半分以上の地点で貧酸素以外の原因でシジミの健康度が低下していたと判断できた。

表8 体液中の有機酸分析結果

シジミ健康度の評価	地点数 (A)	うち貧酸素の影響が疑われるもの (B)	B/A×100 (%)
A: 良好	0	0	0
B: やや良	6	2	33
C: やや不良	18	7	39
D: 不良	30	11	37
E: かなり不良	6	4	67
計	60	24	40

(2) 室内水槽試験

5月22日から6月12日にかけて実施した1回次試験では、通気と注水を施した開始後9日目まで宍道湖生湖水区、井戸水区ともほとんどへい死がなかった。その後、故意に貧酸素環境下のシジミの状況を観察するために、10日目に通気、注水とも停止した。その結果、溶存酸素は収容密度に相応した形で13日目で10,000 g/m³区で数%、3,000 g/m³区で20~30%、1,000 g/m³区で20~50%まで低下した。10,000 g/m³区(図10)では、17日目にこれまで潜っていた砂から一斉に表面に出てきた。20日目には、少数のへい死が確認され、21日目には、ほとんどの個体が口開け貝の状態になり、22日目には、硫化水素の影響で飼育水が黒変して相当数がへい死したので試験を終了した。一方、3,000 g/m³の2区は、最終22日目に口開け貝状態の個体が見られた程度でへい死はなく、1,000 g/m³区は最終22日目でも全くシジミの状況に変化は認められなかった。これらのことから、シジミは20~30%までの貧酸素環境下ではかなり長期の耐性があるものの、数%の濃度では1~2週間で生存が困難になることが伺われた。



図10 1回次10,000 g/m³区の状況

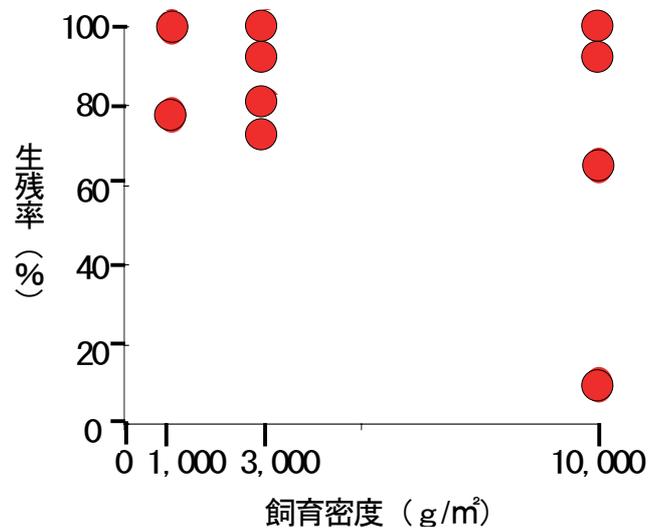


図11 室内水槽試験結果

2回次と3回次の試験結果をまとめて図11に示した。高密度になると生存率にバラツキが生じ不安定となった。最も生存率が悪かったのが、12日間実施した2回次の10,000 g/m³区(表4の水槽NO.10)で、試験開始時98個体が終了時10個体まで減少、生存率は10.2%であった。次に悪かったのが、20日間実施した3回次の10,000 g/m³区(表4の水槽NO.12)で、試験開始時147個体が終了時95個体まで減少、生存率は64.6%であった。

以上、今回の調査結果を列記したが、室内水槽試験では通気や通水量等諸々の条件設定が難しく老廃物による水質悪化も考えられ、収容密度での単純比較が非常に困難であることが分かった。今後は野外調査も含め、様々な多面的な角度から生息密度とへい死との関連性を検討する必要があると思われた。

4. まとめ

本年度から開始した、このへい死要因調査は、平成14年度秋のシジミ資源量レベルが平成9年度の夏季を中心に大量へい死を起こした直前の春の資源量を上回る水準となったため、いつ大量へい死が起こるかもしれないという危機感から生まれたものであるが、全国的に見てもこの類の調査はあまり事例がないため、4月の事前的な準備調査当初から諸々のことについて試行錯誤的に実施することも多かった。

また、実際に調査の途中で大量へい死事象が起こって資源の約3割がへい死した。モニタリング調査結果等に基づき本年度のシジミへい死要因を検討した結果、今回のへい死においては貧酸素との因果関係

はあまり考えられず、資源レベルが非常に高水準にあったことに加え、春先からの降雨による低塩分の長期化による活力低下、それに伴う産卵ストレス等が複合的に関連しあって引き起こされた可能性が強いと推測された。

しかしながら、へい死要因としては貧酸素を筆頭に高密度によるストレス・餌不足・老廃物堆積等による要因も複雑に絡まって年々状況が異なっていると考えられる。

シジミの大量へい死事象は、シジミの安定生産や資源管理を行うにあたって非常に大きな問題であり、その原因究明のためには継続的にモニタリング調査等を行い、調査事例を地道に積み重ねていくことが重要である。

5. 研究成果

- 調査で得られた結果は、宍道湖・中海水産振興対策委員会及び内水面調査研究協議会で報告された。

6. 文献

- 1) 中村幹雄 他. 宍道湖におけるシジミ大量へい死対策緊急調査報告書, 島根県水産試験場三刀屋内水面分場, 1998.
- 2) 後藤悦郎 他. 島根県内水面水産試験場事業報告 (平成 14 年度) 2002 ; 43-52.
- 3) 田中彌太郎. ヤマトシジミの塩分耐性, Bull.Natl.Inst.AquacultureNo.6, 1984 ; 29-32.
- 4) 馬場勝寿 他. ヤマトシジミ天然採苗試験, 平成 8 年度北海道立網走水産試験場事業報告書 1997 ; 78-86. 平成 9 年度北海道立網走水産試験場事業報告書 1998 ; 203-208.
- 5) 島根県内水面水産試験場事業報告書 (平成 4~14 年度).
- 6) 森勝義 他. 浅海完全養殖 (今井丈夫監修) 1971 ; 136-144.
- 7) 戸田顕史, 品川明 他. 二枚貝の代謝産物による湖水環境評価. 2001 ベントス学会講演要旨.

別表 平成15年度シジミへい死要因調査各調査地点毎の軟体部指数の推移

くにびき(6月以降調査定点移動)

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1		19	19	25	14	12	17	13	14	12	11	15	18	14	20
2		20	20	25	19	14	18	14	17	13	17	16	20	18	21
3		21	21	25	19	15	18	14	17	14	17	16	22	19	22
4		22	22	26	19	15	19	14	17	16	18	16	22	19	22
5		23	23	26	19	15	19	15	18	16	18	16	22	20	22
6		23	23	27	20	16	19	15	18	16	18	17	22	20	22
7		25	23	27	20	16	19	15	19	17	18	18	22	20	22
8		26	24	27	21	16	19	17	19	17	19	18	22	20	22
9		26	24	28	21	17	19	17	19	17	19	19	23	20	23
10		27	25	28	21	17	21	17	19	18	19	19	23	21	23
11		28	25	28	22	18	21	18	19	19	19	19	23	21	24
12		28	26	29	23	18	21	18	20	20	20	19	23	23	25
13		28	26	30	23	19	22	18	20	20	21	19	23	23	25
14		28	27	31	23	20	22	20	20	21	21	19	24	23	25
15		29	27	31	24	20	22	22	20	21	21	20	24	25	26
16		29	28	31	24	21	22	23	20	21	22	21	24	25	26
17		29	28	31	25	21	23	23	20	22	22	21	24	26	26
18		33	29	32	25	21	23	24	23	22	23	22	24	27	26
19		33	29	33	26	23	24	26	24	22	23	22	25	28	27
20		38	30	36	28	25	29	30	25	25	24	23	25	29	29
平均		27	25	29	22	18	21	19	19	19	20	19	23	22	24

松江大橋

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1		19	17	16	17	12	15	16	11	14	16	17	18	20	23
2		23	19	20	19	13	16	16	14	14	16	18	20	21	24
3		24	20	21	19	14	17	17	15	15	17	19	22	21	25
4		25	22	22	19	15	17	18	15	15	17	19	22	24	26
5		26	23	22	19	15	18	18	16	15	18	21	23	24	26
6		27	23	23	20	15	18	18	17	16	18	21	24	25	26
7		27	23	23	20	16	18	19	19	17	18	21	24	25	26
8		27	23	24	20	16	19	19	19	17	19	21	25	25	27
9		27	23	25	20	16	19	19	19	17	19	21	25	25	27
10		27	24	26	21	16	19	19	20	18	19	21	25	25	27
11		27	24	27	22	17	20	20	20	18	20	22	25	26	28
12		28	25	27	22	17	20	20	20	18	20	22	25	26	29
13		28	27	28	22	18	21	20	20	18	20	22	26	27	29
14		29	27	28	23	18	21	21	20	18	20	23	26	27	29
15		29	28	29	23	19	21	21	20	19	21	23	26	27	29
16		29	28	29	23	20	23	21	21	19	21	23	27	27	30
17		30	28	30	25	20	25	22	22	19	21	24	28	27	30
18		32	28	32	25	21	26	22	22	19	22	26	28	29	32
19		33	28	32	25	23	27	25	23	21	22	26	28	29	33
20		35	29	33	27	24	27	26	24	22	22	27	29	32	34
平均		28	24	26	22	17	20	20	19	17	19	22	25	26	28

NHK前

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1	17	21	21	19	20	12	16	15	13	14	13	17	14	14	20
2	21	24	21	20	21	14	17	16	16	15	14	18	15	15	20
3	23	24	22	22	21	16	17	17	17	15	15	18	18	17	21
4	23	24	23	22	22	17	17	17	18	15	16	19	19	18	22
5	24	26	24	22	23	17	17	18	18	16	17	20	19	18	22
6	24	26	24	23	23	18	18	18	18	16	18	22	20	18	23
7	25	27	24	23	23	18	18	18	19	16	18	23	21	19	23
8	26	28	24	23	23	19	19	18	19	16	18	23	21	20	23
9	26	28	24	23	24	20	21	18	19	17	19	23	21	20	24
10	26	29	25	24	24	21	21	18	19	18	19	23	22	20	24
11	26	29	25	24	24	21	21	19	19	18	19	24	22	20	24
12	27	29	25	24	26	22	21	19	20	18	19	24	22	20	24
13	27	30	26	24	26	22	22	19	20	18	20	24	23	20	24
14	27	30	26	24	26	23	22	20	20	19	21	25	24	21	25
15	27	30	27	25	26	25	22	20	21	19	21	25	24	22	26
16	29	31	27	25	26	25	22	21	21	20	21	27	24	22	26
17	29	31	27	26	27	25	24	21	22	20	21	27	24	24	26
18	29	31	28	26	27	26	24	21	22	20	22	27	26	25	27
19	30	32	30	27	27	26	25	21	23	22	23	28	27	27	27
20	30	34	32	28	28	26	25	25	24	23	25	28	27	28	28
平均	26	28	25	24	24	21	20	19	19	18	19	23	22	20	24

※ 斜体の数字は軟体部指数年間平均値(22)以上を示す

美術館前

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1			19	21	17	18	16	11	16	14	15	17	19	17	15
2			20	22	20	18	18	13	17	14	17	17	20	17	20
3			20	22	21	19	19	14	17	15	17	19	20	18	20
4			21	22	21	19	19	14	18	15	18	19	20	18	20
5			21	22	21	19	19	15	19	16	18	20	21	18	20
6			21	23	22	20	20	16	19	16	18	20	21	19	20
7			21	24	22	20	20	16	19	16	19	22	22	19	21
8			22	24	22	20	20	16	20	17	20	22	22	19	22
9			22	25	23	21	21	16	20	17	20	22	22	20	23
10			22	25	23	22	21	17	20	18	20	22	22	20	23
11			23	25	23	22	21	17	20	18	20	23	23	21	23
12			23	26	23	23	22	17	20	18	20	23	23	21	24
13			24	27	24	23	22	18	20	18	20	23	24	21	24
14			25	27	25	23	23	18	20	18	21	23	24	22	25
15			25	27	26	23	23	18	21	19	21	23	24	23	25
16			26	27	26	23	23	19	21	19	21	25	24	24	27
17			26	28	26	24	24	21	22	21	21	26	24	25	29
18			27	28	26	24	24	25	22	21	22	26	24	26	29
19			29	30	27	26	25	26	23	21	22	26	25	26	31
20			29	30	28	28	25		24	22	24	27	27	29	32
平均			23	25	23	22	21	17	20	18	20	22	23	21	24

嫁が島沖

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1	17	15	19	20	13	15	14	14	10	12	13	12	13	14	16
2	19	20	20	22	17	16	15	15	12	13	14	14	16	15	17
3	20	21	20	22	20	16	16	15	12	14	14	14	16	18	18
4	21	21	21	22	22	17	17	16	13	14	14	14	19	18	18
5	21	23	21	23	23	17	17	16	14	15	14	15	20	18	19
6	22	23	21	23	23	17	18	17	14	15	15	15	20	19	20
7	22	23	21	24	23	17	18	17	15	15	15	17	21	21	20
8	23	23	22	24	23	18	19	17	15	15	15	18	21	21	20
9	23	24	23	25	25	18	19	17	15	15	16	18	21	22	20
10	23	24	24	25	25	18	19	18	15	15	16	19	21	22	21
11	24	24	24	26	25	18	19	19	16	16	16	19	21	22	21
12	24	25	25	26	25	19	19	19	17	16	17	19	22	23	22
13	24	25	25	26	26	19	20	19	17	16	17	19	22	23	22
14	25	25	25	27	26	19	20	19	18	16	18	20	22	23	23
15	25	25	25	27	27	19	21	20	18	16	18	20	22	24	23
16	26	26	26	27	28	19	21	20	18	16	18	21	23	24	23
17	26	26	26	28	29	21	22	21	19	16	18	21	23	24	23
18	26	26	27	29	29	21	23	21	19	18	18	22	23	25	23
19	27	27	27	29	30	21	23	22	21	19	19	23	25	26	24
20	31	28	28	30	35	24	24	23	21	20	20	24	25	29	24
平均	23	24	24	25	25	18	19	18	16	16	16	18	21	22	21

玉湯町布志名岸st.87

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1	11	21	21	9	21	20	20	13	14	13	16	15	15	18	16
2	17	22	21	16	23	21	21	14	15	14	17	16	16	19	16
3	18	22	23	20	23	22	21	14	15	15	18	16	17	19	17
4	19	22	23	20	23	23	23	14	16	16	18	17	17	20	18
5	19	22	24	21	23	23	24	14	16	16	18	17	18	20	18
6	20	23	24	21	24	23	24	16	16	17	18	18	19	21	19
7	20	24	24	21	24	23	24	16	16	17	18	19	19	21	20
8	21	24	24	22	24	24	24	16	16	17	19	19	19	21	20
9	22	24	25	22	25	24	25	17	17	17	19	20	20	22	20
10	22	24	25	23	25	24	25	17	17	17	19	20	20	22	20
11	22	24	25	23	25	24	25	17	17	18	20	21	21	22	20
12	23	24	25	23	25	25	26	17	17	18	20	21	21	23	21
13	23	25	26	24	26	25	26	17	17	18	20	22	22	23	21
14	23	25	27	24	26	25	26	18	17	18	21	22	23	23	21
15	23	26	27	24	27	25	27	18	18	18	21	23	24	23	22
16	24	26	27	25	27	25	27	19	18	19	21	24	24	24	22
17	24	26	28	25	28	25	28	20	18	20	21	24	25	25	23
18	24	26	28	26	29	26	28	20	19	20	22	26	25	25	24
19	24	27	30	27	29	28	29	21	19	21	24	26	26	25	26
20	25	28	33	28	33	29	31	23	20	24	26	30	28	26	27
平均	21	24	25	22	25	24	25	17	17	18	20	21	21	22	21

※ 斜体の数字は軟体部指数年間平均値 (22) 以上を示す

玉湯町布志名沖St.89

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1	14	18	21	19	20	19	16	16	14	12	13	15	15	18	15
2	17	19	21	20	22	20	18	16	14	13	14	17	15	19	17
3	18	19	22	21	22	21	18	16	15	14	14	17	16	19	18
4	21	20	22	22	22	21	20	16	15	14	15	18	16	20	19
5	21	20	22	22	22	22	20	16	15	15	15	19	16	20	19
6	21	21	24	22	23	22	21	17	16	15	16	19	16	20	19
7	23	22	24	23	23	22	22	18	16	15	16	20	16	21	20
8	23	22	24	23	24	23	22	18	16	16	16	20	18	21	20
9	23	24	25	23	24	23	22	18	16	16	16	20	19	21	21
10	24	24	25	23	24	23	23	19	16	16	16	20	19	21	21
11	24	24	25	24	25	23	23	19	16	17	17	21	19	21	21
12	24	25	25	24	26	24	23	19	17	17	17	23	20	22	22
13	25	25	25	25	26	24	24	20	17	17	19	23	20	23	22
14	25	25	25	25	26	24	24	20	18	17	19	24	21	23	23
15	25	25	26	26	26	24	24	20	18	17	20	25	22	23	23
16	26	27	26	26	26	25	29	20	18	18	20	25	22	23	23
17	26	27	26	27	27	25	29	21	18	19	21	25	23	24	23
18	26	28	27	27	29	26	29	21	18	19	24	26	24	24	25
19	26	28	27	27	29	27	30	25	21	20	24	26	25	25	25
20	29	30	27	28	30	30	33	25	22	20	24	27	28	28	30
平均	23	24	24	24	25	23	23	19	17	16	18	21	19	22	21

宍道岸St63

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1	17	19	19	21	15	16	18	10	15	15	15	16	15	14	12
2	17	20	20	23	22	20	21	15	17	16	16	17	17	16	14
3	18	21	20	23	23	23	21	16	17	17	16	17	18	17	14
4	18	22	21	24	25	23	21	16	18	17	17	18	19	17	16
5	18	23	22	24	25	24	21	17	18	17	17	18	19	17	16
6	18	23	22	24	25	24	22	17	18	18	17	19	20	18	18
7	19	24	22	25	25	25	22	17	18	18	18	19	20	18	18
8	19	24	23	25	26	26	22	17	18	19	18	20	20	18	18
9	20	25	24	26	26	27	22	17	18	20	18	20	20	19	18
10	21	25	24	26	26	27	23	18	18	20	19	20	20	19	18
11	21	25	25	26	27	27	24	18	18	20	19	20	20	19	18
12	21	25	25	27	27	28	24	18	19	20	19	21	21	20	19
13	21	26	25	27	27	28	25	18	19	20	19	21	21	20	19
14	21	26	25	27	27	28	25	18	19	21	19	22	22	20	19
15	21	26	26	27	28	28	25	18	19	22	20	23	22	20	20
16	22	27	26	27	28	29	26	19	20	22	20	23	22	20	21
17	24	27	26	27	28	30	26	19	20	22	20	24	22	22	21
18	25	28	27	28	29	30	26	20	20	23	20	24	22	22	22
19	25	29	29	28	30	32	27	20	20	23	21	25	24	23	23
20	26	32	33	31	30	33	36	20	20	24	21	26	25	26	
平均	21	25	24	26	26	26	24	17	18	20	19	21	20	19	18

宍道沖65

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1	20	19	22	15	17	20	20	15	11	14	18	11	8	15	10
2	20	19	22	15	22	24	20	15	12	15	18	14	9	16	11
3	21	20	22	17	22	24	21	17	13	15	19	14	9	17	12
4	21	20	22	18	23	24	22	17	13	16	20	14	10	17	13
5	22	21	23	18	23	24	22	18	16	17	20	15	11	17	14
6	22	22	23	18	23	24	22	19	16	17	21	15	13	17	14
7	23	22	24	18	23	25	23	19	17	18	21	15	14	18	16
8	23	22	26	19	23	25	23	19	17	18	21	16	14	18	17
9	23	23	26	19	25	26	24	19	17	19	21	16	14	19	17
10	23	23	26	19	25	26	24	19	18	19	22	17	14	20	17
11	23	23	27	20	26	27	24	19	18	19	22	17	15	20	17
12	24	23	27	20	27	27	24	20	18	20	22	17	16	20	19
13	25	23	27	21	27	27	25	22	20	21	22	18	17	21	19
14	25	23	28	21	28	27	25	23	20	21	22	19	17	22	19
15	25	24	28	22	28	28	25	24	20	21	22	20	18	22	20
16	29	25	28	22	29	29	25	24	20	21	24	22	19	23	21
17	29	26	28	23	29	29	26	25	22	22	24	22	22	23	21
18	31	26	29	26	29	30	26	25	23	24	24	22	22	24	22
19	32	31	30	28	32	30	28	25	25	24	26	25	23	25	23
20	32	31	31	30	34	30	32	26	30	27	26	36	23	26	24
平均	25	23	26	21	26	26	24	20	18	19	22	18	15	20	17

※ 斜体の数字は軟体部指数年間平均値 (22) 以上を示す

平田Hr1-1

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1	14	21	19	18	18	19	16	15	欠測	15	19	18	15	15	20
2	19	21	21	20	19	19	19	15		15	20	19	15	19	20
3	19	21	21	20	20	20	21	16		16	20	19	18	19	20
4	20	22	22	21	20	20	22	17		16	21	19	18	20	20
5	20	23	22	21	21	20	22	17		19	21	21	19	20	21
6	20	24	22	21	21	21	22	18		19	22	21	19	21	21
7	21	25	23	22	22	21	23	19		19	22	21	20	21	22
8	21	25	23	22	22	21	23	19		19	22	21	20	21	22
9	22	25	24	23	22	22	23	19		20	22	21	20	21	23
10	22	25	24	23	22	22	23	19		21	22	22	20	21	23
11	23	25	24	23	23	23	23	20		22	23	22	20	22	23
12	23	25	24	23	23	23	23	20		23	23	22	21	22	23
13	24	26	25	23	23	24	23	21		23	23	23	21	22	24
14	24	26	25	24	23	24	24	21		23	23	23	21	22	24
15	24	26	26	25	24	24	25	21		23	25	24	22	23	24
16	25	27	27	25	25	24	25	23		23	26	24	22	23	25
17	25	27	27	25	25	25	25	24		23	26	25	22	24	25
18	26	27	27	26	26	25	26	24		23	26	25	24	26	26
19	26	27	29	26	28	25	26	24		25	27	26	25	26	26
20	28	30	29	29	28	25	33	28		28	27	27	28	26	27
平均	22	25	24	23	23	22	23	20		21	23	22	21	22	23

秋鹿岸St.25

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1	16	18	17	19	19	20	17	14	13	13	14	19	10	15	16
2	16	19	18	21	20	22	18	16	15	14	16	20	11	16	19
3	18	19	19	23	21	22	19	16	15	14	16	20	14	16	19
4	19	19	20	24	21	22	20	17	16	15	17	21	15	18	19
5	20	20	20	24	23	22	21	17	16	15	17	21	16	18	19
6	20	21	21	24	23	22	21	18	16	15	17	21	17	19	20
7	21	22	21	24	23	22	21	19	17	17	18	21	17	20	20
8	21	22	22	24	23	23	22	19	17	17	18	22	17	20	21
9	21	23	22	25	23	23	23	19	18	17	19	23	17	21	21
10	21	23	23	25	23	24	25	20	18	17	19	23	17	21	22
11	22	23	23	26	24	24	25	20	19	18	20	23	18	21	22
12	22	24	24	26	25	25	25	20	19	18	20	24	19	22	22
13	22	24	24	27	26	25	26	20	19	19	20	24	19	22	22
14	22	24	24	27	26	26	27	21	19	19	20	24	19	22	22
15	23	24	24	28	26	26	27	24	20	19	20	24	20	23	22
16	24	24	24	28	27	26	27	25	20	19	20	25	20	23	23
17	24	25	25	29	27	26	27	25	20	20	20	25	21	23	23
18	24	25	26	29	28	26	29	25	21	20	21	26	22	24	23
19	24	25	26	31	29	29	29	25	23	21	21	26	22	24	27
20	25	30	26	32	31	29	30	28	33	21	21	27	27	25	29
平均	21	23	22	26	24	24	24	21	19	17	19	23	18	21	22

秋鹿沖St.27

個体NO.	5/14	6/26	7/9	7/23	8/4	8/25	9/10	9/24	10/9	10/21	11/12	12/9	1/26	2/12	3/8
1	23	22	20	23	22	21	15	14	13	11	14	13	17	16	16
2	23	22	20	23	23	21	16	15	13	15	16	14	18	16	16
3	23	23	22	26	23	21	18	15	14	16	18	16	18	19	19
4	25	23	22	27	24	23	18	15	15	17	18	17	18	19	19
5	25	25	23	27	24	23	19	15	15	17	18	19	19	19	19
6	26	26	23	28	25	24	19	16	15	17	18	19	20	20	20
7	26	26	24	28	25	25	19	17	16	18	19	20	20	21	21
8	27	26	25	28	25	25	20	17	16	18	19	20	20	21	21
9	27	26	25	29	26	26	20	17	16	18	19	20	20	21	21
10	27	26	25	29	26	26	20	18	16	18	19	20	21	22	22
11	27	28	26	29	26	27	21	18	17	18	19	20	21	22	22
12	27	28	27	30	26	27	21	18	18	19	20	20	21	23	23
13	28	28	27	31	26	27	21	18	19	19	20	21	21	23	23
14	28	28	27	32	26	28	21	18	20	20	20	21	22	24	24
15	28	30	27	32	27	28	21	19	20	21	21	22	22	25	25
16	28	30	27	33	28	28	21	20	21	21	21	22	23	26	26
17	29	32	28	33	28	28	21	21	25	22	22	23	23	26	26
18	29	32	29	33	28	29	22	24	25	26	22	24	24	26	26
19	30	34	29	34	29	29	25	27	27	31	22	25	24	27	27
20	30	35	33	36	29	29	25	30	30	33	25	25	27	28	28
平均	27	27	25	30	26	26	20	19	19	20	20	20	21	22	22

※ 斜体の数字は軟体部指数年間平均値 (22) 以上を示す