

我が国における主要貝類の生物量と生物機能の分布特性

中村 義 治*・金綱紀久恵**・磯野 良 介***・三村 信 男****

ホタテガイ(養殖および地蒔き), マガキ(養殖), アサリ, ヤマトシジミ, サザエ, ウバガイ, サルボウ, アコヤガイ(真珠養殖)の個体群を対象に, 炭素収支による生物機能の全国評価を行なった結果, 8種の生物量は1.7 Mt (143 ktC) あり, 炭素収支は排出が 420 ktC/y, 固定が 467 ktC/y で, 差し引き年間 47 ktC の炭素が貝類によって固定される。有機物を固定する機能は生物量の大きいホタテガイが卓越し, 水中懸濁物の除去機能はアサリが最も大きい。海区域では, 生物量の大きいオホーツク海区に次いで富栄養化の進んだ太平洋中区と養殖主体の瀬戸内海区における炭素の排出と固定が大きい。

1. はじめに

化石燃料の燃焼による地球温暖化に対して, 海洋における炭素循環の解明が注目されている。海洋の物理的循環に比べて生物過程を通した物質循環は複雑であり, 高い生物生産と生物多様性を有する沿岸域における炭素循環の解明が課題となっている。中でも沿岸域に高密度に分布する貝類は, 個体群への物質貯留, 濾水による水質浄化, 漁獲による物質の系外除去等の生物機能によって, 沿岸環境に極めて重要な役割を果たしている。

我が国沿岸域に生息する貝類資源は, 沿岸漁業の1割以上を占める水産物であると共に, 摂餌や貝殻形成等の生物活動が周囲の海域環境に及ぼす影響も大きい重要な生物資源である。しかし水産有用種といえども, これまで漁獲統計以外の全国的な生物量に関するデータベースはなく, さらに生産性や浄化機能, 物質固定能といった生物機能を全国的に評価した研究例も見あたらない。

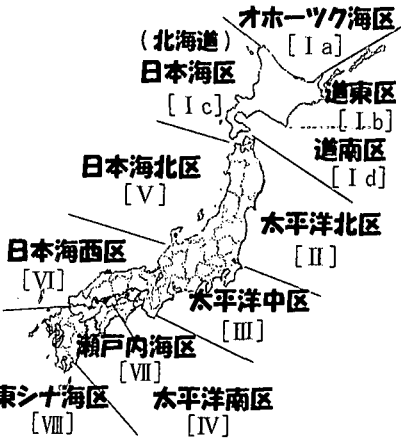
前報で著者らは北海道東岸の砂浜性二枚貝の一種であるウバガイ (*Pseudocardium sachalinensis*) 個体群を対象に成長段階別の代謝特性のモデル化による生物機能評価法を提案し, 全国のウバガイ個体群について炭素収支の試算により評価した(中村他, 2001, 2002)。この成果を基に我が国沿岸域の主要な有用貝類8種について, 分布範囲, 生物量, 代謝特性等についてのデータベースを作成し, 炭素収支による貝類個体群の生物機能に関する解析等から, 生物活動が水域環境に果たす役割について全国評価を行なった。

2. 貝類の機能評価方法

(1) 海 区 区 分

我が国沿岸域及び汽水域に分布する有用貝類および養殖対象貝8種について, 全国沿岸域を11海区に区分し(図一), 種類別・海区域に年間の炭素収支を算定し生物機能を評価した。貝類の評価対象は①生物量が大きく沿

* 水博 (独法)水産工学研究所水産土木工学部長
** 日本海洋(株)環境調査事業部
*** (財)海洋生物環境研究所実証試験所
**** 正会員 工博 茨城大学教授広域水圏環境科学教育センター



図一 海区域区分図

岸域の炭素収支に及ぼす影響が大きいこと, ②機能評価を行うためのパラメータなど既往知見が多いこと, ③有用水産生物であり生産活動における資源管理が可能であることを基準に選定した。

評価対象種は, ホタテガイ (*Patinopecten yessoensis*), マガキ (*Crassostrea gigas*), アサリ (*Ruditapes philippinarum*), ヤマトシジミ (*Corbicula japonica*), サザエ (*Turbo cornutus*), ウバガイ, サルボウ (*Scapharca kagoshimensis*), アコヤガイ (*Pinctada martensii*) である。アコヤガイを除く7種は1998年度の貝類漁獲量上位7種に該当し, 貝類全漁獲量の9割以上を占めている。

評価対象のうち, サルボウ, シジミ, ウバガイ, ホタテガイ(地蒔き)については, 主要漁場の資源量調査を元に算出し, アサリ, サザエ, アコヤガイ, ホタテガイ(養殖), マガキについては, 主要都道府県の漁獲量から現存量を推定して算出した。

(2) 生物機能の評価

生物機能は外部環境と生活史の各段階によって変化する生物の内在的生理作用から影響を受ける。貝類では稚貝, 未成貝, 成貝でそれぞれ摂餌, 排泄, 呼吸, 成熟等に関係する生理反応速度や死亡率等が異なる。一方環境条件は季節や漁場による差が大きく, 代謝特性に関係す

表-1 種類の代謝パラメーター一覧

評価対象種	呼吸量 (mgC/d)	摂餌量 (mgC/d)
ホタテガイ	$1.9731 \cdot e^{0.0785 \cdot T_{\text{emp}}} \cdot DW^{0.7817}$	$0.3302 \cdot e^{0.0527 \cdot T_{\text{emp}}} \cdot DW^{0.6819} \cdot POC$
マガキ	$0.645 \cdot (-8.96 + T_{\text{emp}}) \cdot DW^{0.78}$	$0.32 \cdot (-5 + T_{\text{emp}}) \cdot WW^{0.65} \cdot POC$
アサリ	$0.5036 \cdot (10^{0.03115 \cdot T_{\text{emp}}}) \cdot WW^{0.7}$	$6.3 \cdot (10^{0.03115 \cdot T_{\text{emp}}}) \cdot WW^{0.62} \cdot POC$
ヤマトシジミ	$1.728 \sim 4.311 \cdot ((T_{\text{emp}} - T_{\text{min}}) / (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}))^{1.7 \sim 2.8}$ $\cdot (1 - ((T_{\text{emp}} - T_{\text{min}}) / (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}))^{1.7 \sim 2.8})$	$504 \sim 448 \cdot ((T_{\text{emp}} - T_{\text{min}}) / (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}))^{1.2 \sim 2.0}$ $\cdot (1 - ((T_{\text{emp}} - T_{\text{min}}) / (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}))^{1.2 \sim 2.0})$ $\cdot DW \cdot POC$
サルボウ	$0.0789 \cdot (10^{0.0431 \cdot T_{\text{emp}}}) \cdot WW^{0.80}$	$1.350 \cdot (10^{0.0431 \cdot T_{\text{emp}}}) \cdot WW^{0.6} \cdot POC$
サザエ	$0.188 \cdot (10^{0.0199 \cdot T_{\text{emp}}}) \cdot WW^{0.9139}$	$0.8 \sim 2.64 \cdot WW^{-0.287} \cdot (0.0429 \cdot T_{\text{emp}} - 0.154)$
ウバガイ	$0.224 \cdot T_{\text{emp}}^{0.785} \cdot DW^{0.74}$	$7.1 \cdot (10^{0.0406 \cdot T_{\text{emp}}}) \cdot WW^{0.446} \cdot POC$
アコガイ	$0.0067 \cdot T_{\text{emp}}^{2.4932} \cdot DW^{0.78}$	$(2.568 - 0.5451 \cdot T_{\text{emp}} + 0.03597 \cdot T_{\text{emp}}^2 - 0.000667 \cdot T_{\text{emp}}^3) \cdot (1 + e^{-0.535(5-23)})^{-1} \cdot 2.11 DW^{0.4513} \cdot POC$

注) ここに, T_{emp} : 水温 (°C), DW : 軟体部乾燥重量 (g), WW : 軟体部湿重量 (g), S : 塩分, T_{min} , T_{max} : 最低水温, 最大水温, POC : 有機懸濁物 (mgC/l) である。

る生理反応も時間的・空間的に一様でなく, これらの要因が複合した結果, 生産, 再生産, 浄化等の生物機能は季節, 空間, 年令に対し特異的に作用する。前報では環境条件に対する代謝特性の特異性に注目し, 水温と餌料環境の変化に対するウバガイ個体群の代謝特性の定式化を元に, 全国の漁場に適用し得るモデルを作成した(機能評価モデルの詳細は前報中村ら(2001)を参照)。本報では全国の主要な有用貝類について, ウバガイ個体群の機能評価モデルを元に貝の種類毎の代謝特性を考慮して作成したモデルを用いている(表-1)。藻食性のサザエの摂餌速度については二枚貝のモデルを適用できないため, 日間摂餌率を用いて定式化を行った。

3. 主要貝類の生物量分布

主要貝類の生物量を表-2に示した。我が国沿岸に生息する主要8種の1998年における漁獲量は0.8Mtで

あり, 生物量はおよそ1.7Mtと推定された。生物量のうちホタテガイが7割近くを占め, 次いでウバガイ, マガキが各々1割, アサリ, ヤマトシジミが各々3%を占めている。ウバガイは1995年の大量発生群の加入により生物量が大きくなっているが, 漁獲量には反映されていない。アコガイは1997年以降数年続いた大量斃死により収獲量が小さくなっている。分布面積は全国で延べ3000km²で, ウバガイや地時きホタテガイなど砂浜に生息する貝類の面積が大きい。海区別にみると, 主要貝類の生物量は北海道オホーツク海区が卓越しており, その9割以上がホタテガイで占められる。次いで太平洋中区と道東区の生物量が大きく, 太平洋中区はアサリが8割を, 道東区はホタテガイ(6割)とウバガイ(4割)が占めている。瀬戸内海区はこれに次いで生物量が大きく, 9割以上がマガキの養殖である(図-2)。

4. 主要貝類の機能評価

(1) 主要貝類の生産力

貝類の種類毎の炭素収支を図-3に, 炭素収支より算出した有機生産速度および無機生産速度を表-2に示した。評価対象種8種のうち, ホタテガイ(地時き), ウバガイは外海砂浜性の貝類であり, サザエは岩礁性, アサリ, サルボウは内海砂泥性, ヤマトシジミは汽水性, ホタテガイ, マガキ, アコガイは垂下養殖である。人為的管理下にある養殖貝と天然貝を単純に比較することはできないが, 生息域の環境や生活様式によって生産力に差が生じていることが伺われる。

高密度な垂下養殖等で育成されるホタテガイやマガキは単位面積当たりの生産力が卓越して高いのは当然であるが, 真珠生産を目的とするアコガイ養殖は身肉の生産を目的とする他の養殖種とは異なり単位面積当たりの生産力は小さい。次いで生産力が高いのは地時きのホタテガイ, ヤマトシジミ, サルボウである。後二者は天然貝とはいえ閉鎖的な海域で高密度に生息している種であ

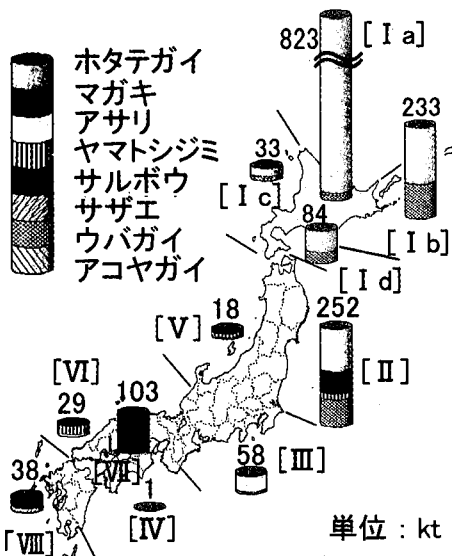


図-2 主要貝類の生物量

表-2 主要貝類の生物量と生産力

魚 種	分布面積*1 (km ²)	総個体数 (10 ⁶ 個)	生物量 (t)	収穫量** 漁獲量 (t)	回転率 P/B 比	有機生産 生産力 (gC/m ² /y)	無機生産 生産力 (gC/m ² /y)
ホタテガイ垂下養殖	39.3	5,664	331,975	226,142	1.23	325	536
地蒔き	1,067.0	19,544	802,571	287,802	0.85	21	34
マガキ 養殖	13.9	3,275	171,096	199,460	2.26	440	820
アサリ	390.8	25,304	55,487	36,807	1.21	4	14
ヤマトシジミ	148.9	47,247	55,753	19,932	2.48	18	37
サザエ	566.8	298	20,185	12,556	0.75	0.8	1
ウバガイ	881.0	1,051	206,528	8,227	0.26	1	2
サルボウ	48.4	4,553	23,871	5,364	0.98	18	34
アコヤガイ真珠養殖	21.5	194	5,998	1,962	0.55	2	6
合 計	3,177.5	107,131	1,673,465	798,252			

注) *1の合計欄は、延べ数である。

**は計算年次 (1998 年) の漁獲量。

アコヤガイは収容量、サルボウは計算年次の 2001 年度佐賀県漁獲量を示す。

る。アサリ、サザエ、ウバガイ等の天然貝は単位面積当たりの生産力は他に比べて小さく、特に外海性のウバガイと岩礁性のサザエは生産力が小さい。

P/B 比 (回転率) は海域に生存する年数が短いほど高いことは容易に想定されることであるが、成長の鈍い高年齢貝が収穫により除去される養殖貝は高い。天然貝を比較すると、ヤマトシジミ>アサリ>サルボウ>サザエ>ウバガイの順となっている。これは概ね体サイズにも対応している。

(2) 貝の種類による炭素収支の特性

生物量中の炭素は 143 ktC あり、炭素収支は排出側 420 ktC/y、固定側 467 ktC/y で、いずれも僅かに固定側が大きくなっている。養殖貝と他の貝を同一に並べることはできないが、種類毎に比較すると以下の通りである。

個体群への炭素の出入りは生物量に概ね対応するが、濾水速度や呼吸速度などの代謝機能の大きい種は生物量に比して炭素の出入りが大きい。ヤマトシジミとアサリは生物量がほぼ同等であるにもかかわらずアサリの炭素の出入りが大きいのは濾水速度の違いによるものである。

機能毎にみると、呼吸、産卵、分解及び貝殻形成は生物量を反映しているが、養殖のマガキとホタテガイは天然貝に比べて呼吸が大きい。天然貝のうち生息水温が低く個体の大きいウバガイは、ヤマトシジミやアサリに比べて代謝機能が相対的に小さい。摂餌及び排泄は富栄養化の進んだ内湾域に生息するアサリが卓越している。

(3) 貝類生物機能の種間比較

貝類の生物機能として最も重要視されているのは、濾過による海水中 POM の除去機能である。濾過摂食による機能が大きい種はホタテガイ、マガキ、アサリであるが、垂下養殖されるホタテガイ、マガキや外海砂浜性の地蒔きホタテガイは排泄物として多くが海域に回帰する

ことから、内海性砂浜に埋在するアサリの濾過機能が最も大きいと考えられる。全国のアサリによる有機物濾過機能は年間約 80 ktC であり、1 m²あたり 0.01~2 kgC/m²/y、平均で約 0.2 kgC/m²/y に相当する。この最大値は東京湾の値で東京湾内湾における 1 m²あたりの海水中の基礎生産量とほぼ同じオーダーであった。

次に貝類の生物機能として大きいのは、有機物生産による有機物固定機能と漁獲による除去機能である。これは養殖のホタテガイ、マガキが卓越して大きく、この 2 種で年間約 80 ktC の有機物が生産され、その半分ほどが漁獲によって海域から除去される。これらの養殖貝は過密養殖による自家汚染の問題があるが、適正な管理を行うことにより沿岸水域の環境への重要な役割を担うことができると考えられる。

炭素を長期間貯留する機能として、貝殻形成による炭素固定量が年間で 84 ktC ある。海水中では石灰化に伴う CO₂ 生成が見込まれるため地球環境の面からは貝殻形成の機能は評価されていないが、大気中 CO₂ への寄与については海域の基礎生産を含めた生態系での評価を待たなければならない。

5. 貝類生物機能の海区別特性

(1) 炭素収支の海区別特性

海区毎の炭素収支は図-4 に示すとおり、いずれの海区も僅かに固定側が大きい。海区別炭素収支は生物量と環境条件を反映し、生物量が最大のオホーツク海区は貝類個体群への炭素の出入りが最も大きく、排出側で 155 ktC/y、固定側で 161 ktC/y、収支は固定側で 6 ktC/y となっており、ほぼ両者が均衡している。この海区はホタテガイが大部分を占めており、呼吸及び分解による排出と貝殻形成は全国で最大である。排出される炭素のうち約半分为呼吸による排出で、次いで分解、排泄となって

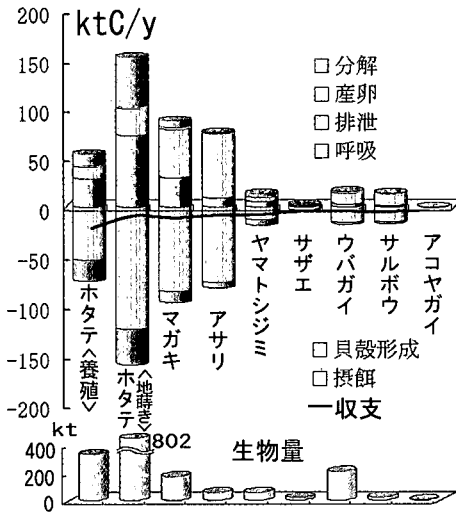


図-3 貝の種別生物量と炭素収支の特性

いる。固定側では約2割を貝殻形成が占めている。道東区および太平洋北区はオホーツク海区に次いで生物量が大きい。炭素の出入りは太平洋中区や瀬戸内海区に比べて小さい。この2海区はホタテガイ、ウバガイ、マガキ、アサリ等で構成され、ホタテガイの占める割合が大きい海区である。

太平洋中区は排出側で72 ktC/y、固定側で76 ktC/yであり、アサリが大部分を占める海区である。アサリの主な生息地である東京湾と伊勢・三河湾の富栄養化が進んでいることと、アサリの濾水速度が比較的大きいことから、有機物濃度の高い環境条件を反映して摂餌および排泄による炭素の出入りが最も大きい海区となっている。瀬戸内海区はマガキが主体で、東京湾等の内湾に比べて *Chl.a* 濃度が低いため、生物量が太平洋中区より大きいにも係わらず炭素の出入りは同区より若干小さい。

(2) 生物生産の海区別特性

表-3 に海区別の生物量、漁獲量、 P/B 比、有機物・無機物生産量および環境条件を水温と *Chl.a* の年平均値で表した。我が国沿岸の貝類による生物機能を生産力の面からみると、北海道から太平洋北区にかけての寒流の影響を受ける海域と、本州から南の暖流の影響を受ける海域の2つの海域に大別される。

寒流の影響を受ける北海道から太平洋北区にかけての海域における貝類の生物生産は、生物量が大きく生産力も高い一方で、 P/B 比（回転率）が暖流域に比べて小さいことが特徴である。これは海域の水温が低く生物の生息域として厳しい環境にあることが要因と考えられる。特にオホーツク海区や道東区のように低水温の海域では、このような環境条件に耐えるホタテガイやウバガイ等の大型の貝類が他の貝類を凌駕し、極めて大きな生物

量をもつ。これらの大型種は寿命が比較的長く、低水温の海域でゆっくり成長するため、 P/B 比（回転率）が暖流域に比べて小さくなっているものと考えられる。この海域では南の海区ほど水温が高く生物量が小さくなるかわりに、生産速度（ P/B 比）が大きくなる傾向がみられ、地理的な条件を反映した生物生産の様式を表している。

一方暖流の影響を受ける本州から南の海域では、温暖な環境下で様々な貝類が競争状態にあり、比較的小型で寿命の短い貝類が多く生物量は寒流域に比して小さい。この海区で最も生物量が大きいのは瀬戸内海区で、マガキ養殖が主体であるため生産力および P/B 比がいずれも高い。次いで餌料濃度が高い太平洋中区や東シナ海区の生物量が大きい。この海域における生物生産の空間分布は、地理的な要因よりも海区毎の構成種や栄養条件が生物生産に反映したものとなっている。

6. 終わりに

ホタテガイ、マガキ、アサリ、ヤマトシジミ、サザエ、ウバガイ、サルボウ、アコヤガイの8種について、成長段階別の代謝特性をモデル化した生物機能評価法により、個体群の生物機能について炭素収支を試算し、生物活動が水域環境に果たす役割について全国評価を行った。

上記8種の生物量は合計1.7 Mt、炭素換算で143 ktCあり、合計の炭素収支は排出側で420 ktC/y、固定側で467 ktC/y、差し引きの収支は固定側で47 ktC/yであった。

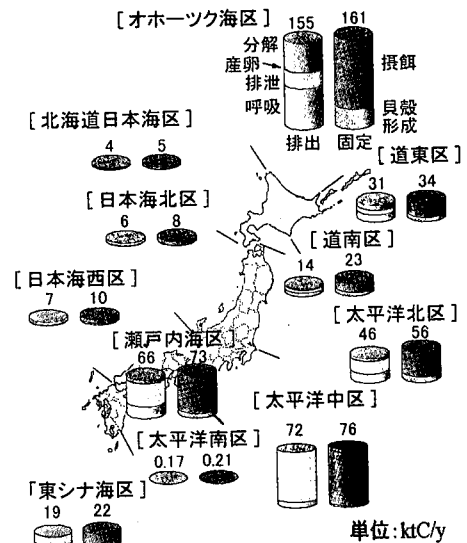


図-4 貝類炭素収支の海区特性

表-3 貝類生物機能の海区別特性

海区	生物量 (t)	収獲量 漁獲量 (t)	有機物生産		無機物生産		生産比 有機/無機	水温 年平均值 (°C)	Chl.a 年平均值 (mg/m ³)
			P/B 比	生産量 (tC/y)	生産量 (tC/y)	生産量 (tC/y)			
北海道 オホーツク海区	823,473	258,071	0.85	23,083	36,243	0.64	8.1	1.3	
道東部	233,120	38,326	0.75	4,835	7,867	0.61	7.4	3.3	
日本海区	33,092	5,643	0.85	721	1,175	0.61	10.2	1.6	
道南部	83,741	109,800	1.35	4,143	7,360	0.56	10.0	2.5	
太平洋北区	251,858	194,990	1.39	6,167	10,397	0.59	10.7	4.3	
太平洋中区	58,395	37,402	1.07	1,205	4,399	0.27	19.0	12.0	
太平洋南区	1,340	1,153	1.60	22	59	0.37	21.3	3.9	
日本海北区	17,923	11,366	2.28	858	1,567	0.55	16.3	1.1	
日本海西区	28,826	11,135	2.07	1,205	2,736	0.44	19.0	5.0	
瀬戸内海区	103,199	118,913	2.20	4,580	9,044	0.51	17.8	4.1	
東シナ海区	38,498	15,958	1.07	1,375	2,688	0.51	17.3	8.5	
全 国	1,673,465	802,757	1.02	48,194	83,535				

種類別の炭素収支はホタテガイ>マガキ>アサリ>ウバガイ>ヤマトシジミ>サルボウ>サザエ>アコヤガイの順で炭素の出入りが大きく、いずれも固定側がわずかに上回った。有機物除去機能はアサリが最も大きかった。

海区別の炭素収支は、生物量の大きいオホーツク海区に次いで、富栄養化の進んだ太平洋中区と養殖主体の瀬戸内海区における炭素の出入りが大きい。生物機能は、有機物の大きい内湾のアサリが多い太平洋中区に有機懸濁物の除去機能が卓越し、次いで養殖主体の瀬戸内海区における有機物除去機能が大きい。

生物生産の空間分布特性は寒流域と暖流域に大別され、生物量の大きい寒流域に対して暖流域のP/B比が大きいことが特徴的であった。

なお、本研究は農林水産技術会議プロジェクト研究の一環として実施されたものである。

参 考 文 献

- 相崎守弘・盛岡美津子・木幡邦夫 (1998): ヤマトシジミを利用した汽水域の水質浄化に関する基礎的研究, 用水と排水, 40 (2), pp. 34-39.
- 阿保勝之・杜多 哲 (2001): アコヤガイの生理と餌料環境に基づく養殖密度評価モデル, 水産海洋研究, 第 65 巻, 第 4 号, pp. 135-144.
- 磯野良介 (1998): 東京湾盤洲干潟のアサリによる窒素摂取量の推定とその季節変動に係わる要因, 水環境学会誌, 第 21 巻, 第 11 号, pp. 751-756.
- 磯野良介・中村義治 (2000): 二枚貝による海水濾過量の推定とそれにおよぼす温度影響の粗間比較, 水環境学会誌, 第 23 巻, 第 11 号, pp. 683-689.
- 加藤泰久 (1976): 上磯におけるウバガイ *Spisula sachalinensis* (Schrenck) の生態学的研究, 北海道大学水産学部学位論文, pp. 1-108.
- 環境省 (1994): 自然環境保全基礎調査, 第 5 回干潟・藻場調査, 自然環境情報 GIS (CD-ROM).
- 蔵田 護・干川 裕・西浜雄二 (1991): サロマ湖における垂下幼生ホタテガイの摂餌量, 北海道立水産試験場研究報告, 第 37 号, pp. 37-57.
- 角田信孝 (1999): 地域重要水産資源管理技術開発総合報告書(対馬暖流域のサザエ資源), 第 3 章, 143 p.
- 中村義治・金網紀久恵・磯野良介・三村信男 (2001): 生活史に沿った二枚貝個体群の生物機能評価法, 海岸工学論文集, 第 48 巻, 土木学会, pp. 1231-1235.
- 中村義治・金網紀久恵・磯野良介・三村信男 (2002): 貝類の生物機能と水域環境への影響に関する全国評価, 海岸工学論文集, 第 49 巻, 土木学会, pp. 1371-1375.
- 広島水試 (2001): かき養殖体系再構築技術開発事業一平成 10~12 年度とりまとめ報告書一, 海面養殖業高度化推進対策事業.
- 山元憲一・田村征生・梶野元秀 (1997): サザエの酸素消費量と鰓纖毛運動に及ぼす水温の影響, 水産大研報, 第 46 巻, 第 1 号, pp. 33-37.