総説 REVIEW

水産工学は海岸生態系保全に何ができるか

谷野 賢二

北海道東海大学工学部海洋環境工学科 〒005-8601 札幌市南区南沢5-1-1

Kenji YANO¹⁾: Roles of fishery engineering in conservation of coastal ecosystems. *Ecol. Civil Eng.* 3(1), 21-27, 2000.

1) Department of Marine Sciences and Technology, School of Engineering, Hokkaido Tokai University, 5-1-1-1 Minami-sawa, Minami-ku, Sapporo 005-8601, Japan

Abstract : The author examined roles of fishery engineering in conservation of coastal ecosystems. Fishery engineering is a field whereby the marine environment is controlled. It focuses on the physical elements among non-biological factors in order to develop methods for habitat rehabilitation and restoration through environmental control in the coastal environment. In this paper I presented a method for environmental assessment that clarifies relations between marine organisms and their environment. Waves, which are a major physical environmental factor for coastal marine organisms, can be treated as a flow. Regarding the influence of flow on marine organisms, I showed examples of the tests made in oscillating flow tanks and discussed on what should be considered in applying the results. Environmental control by a structure will exert side effects that are not always anticipated before the installation of the structure. Finally, I showed that concrete, a major material of artificial structures, could enhance habitat function as substratum for marine organisms when efforts would be made toward this end.

Key words: coastal ecosystem, littoral environment, fishery engineering, habitat restoration, habitat creation

はじめに

海岸における生態系保全の重要性についての認識が高まっている。1999年、43年ぶりに海岸法が改正された。改正海岸法では、目的に「防災」のほか、「環境」、「利用」が新たに加えられ、3者の向上が求められた。また、1997年度に制定された環境影響評価法に基づく1997年度環境庁告示87号は環境への負荷の回避、低減と代償するための措置の検討を規定しており、アメリカにおけるミティゲーションと同様な考え方になっている（磯部 1999）。

海岸生態系保全、代償を何らかの工学的手法によって行おうとするならば、工学と生物のそれぞれの側からの視点を有機的に結びつけ、広い視野で総合的に追求することが重要である。そこで、工学と生物学の学際的領域にある水産工学の立場あるいは視点から海岸域の生態系保全にどのように寄与できるのか考えてみたい。

水産工学の立場

議論をはじめの前に、水産工学の立場を紹介しておく。水産工学とは何か。一言で定義するのは難しいが、中村（1991a）は、農業土木学会水産土木研究部会の改組によ

2000年1月19日受付, 2000年4月19日受理

1) e-mail: yanoken@dm.htokai.ac.jp

Table 1. Technologies of Fisheries (civil) engineering.

Characteristics	Technologies
Changing the current patterns utilizing ocean energy (water quality changes)	Training facilities utilizing wave energy Water-exchange breakwaters Circulating flow works by submerged breakwater Vertical circulation flow works by submerged structure Tidal current control by training jetty
Changing wave patterns	Breakwaters Artificial barrier reefs
Improvement (modification) tideland	Sand banking/cutting Water-route making Tidal current control by training jetty Flow control by artificial seaweed, resistance board, etc
Improvement (modification) sandy beach	Nursery reef works Littoral drift control works
Providing substrate for attaching organisms	Rubble works Concrete substrate blocks and related structures
Increasing habitat complexity (fish attracting structures)	Artificial reefs using chamber structures.

る日本水産工学会設立の挨拶の中で、水産工学が取り扱う対象として次のようなものを挙げている。

- 1) 漁場造成、栽培漁業に係わる水産土木
- 2) 資源管理、計画生産のための漁労技術、計測機器、漁船、新漁業システムなど
- 3) 根拠地としての漁港、漁村、水産都市計画
- 4) 海岸保全やウォーターフロント計画等における生物的自然環境に調和した工学技術

- 5) 水圏浄化機能の評価とその向上のための工学技術

このうち、本特集の内容と関連が強いのは水産土木である。再び中村 (1991b) のことばを借りれば、「水産土木とは、生物環境を物理的立場から解明し、最適物理環境を作るための工学技術である。」すなわち、生物のための環境制御技術である。

それでは、水産土木による環境制御技術としてはどのようなものがあるのだろうか。列記すると Table 1 のようなものがある。

Table 1 の内容から分かるように、海岸生態系保全における水産土木の役割は、生息地の修復と創造である。

生物と水産土木

それでは、水産土木は生物に対しどんな配慮のもとに成り立っているのだろうか。魚礁を例にとって述べる。人工魚礁は水中の物体に対する生物の行動特性を利用して、対象とする生物を特定な場所に誘導あるいは蟄集せしめ、それらを漁獲したり保護したりするものである(柿元 1998)。

魚類の行動は水質、水温、流動などの物理化学的環境要因、餌生物、天敵生物、競合生物などの生物的環境要因、そして生殖、摂餌などの生理的要因によって変化する。多くの魚種が人工魚礁に集まる理由としては魚礁のもつ餌料効果、陰影効果、渦流効果、音響効果および逃避の目標や接触走性の対象としての機能などが挙げられる。これらは魚の魚礁に対する行動を解析することによって明らかになるものであり、多くの知見が魚礁研究者によって蓄積された(魚礁総合研究会 1976a, 1976b; 柿元 1984)。現在の人工魚礁の構造、規模、配置はこうした知見に基づくものである。

海岸生物と物理的環境

水産土木技術が海岸生態系保全にいかにか寄与できるかを論ずるには、海岸生態系と物理化学的環境要因で構成される非生物的環境との係わりを明らかにする必要がある。

沿岸の主要な漁場である藻場や干潟については多くの調査がなされ、漁場開発計画に役立てられている（たとえば、増殖場造成指針作成委員会編 1982；増殖場造成計画指針編集委員会編 1997）。

一方、砂浜海岸についてはヒラメ *Paralichthys olivaceus*（増殖場造成計画指針編集委員会編 1997）を除けば、ウバガイ *Spisula sachalinensis* など有用水産資源の二枚貝に関する調査（たとえば、上村ほか 1999）がほとんどであり、生態系の視点での調査事例は少ない。これは、調査解析に多くの費用と労力を必要とすることおよびこれまでは結果が何らかの評価に活用されるような状況が少ないことによると考えられる。

多くの環境構成因子の組み合わせの中から最適環境を求めたり、生物への影響の支配的な因子を知ることはきわめて重要である。個々の生物については、中村（1991a）が生息環境条件を評価するため、生物に与える影響の強い因子を抽出する方法を提案し、これを環境要因評価法と名づけた。

この手法の概要は以下のとおりである（岩瀬洋一郎ほか 1994）。各地点の目的変数（たとえば対象生物の個体数） y を大中小に区分する。説明変数（環境因子） X_i についてもそれぞれ大中小に区分し表を作成する。表より、目的変数が大の地点のみ共通する環境因子、同じく小の地点のみ共通する環境因子を抽出することにより、好適環境条件、不適環境条件をそれぞれ導き出す。説明変数 X_i が好適環境条件にも関わらず目的変数が大とならない地点では、生物的、物理的知見に基づきながら他の説明変数 X_j よりその理由を推察する。 X_j は X_i の効果を阻害する因子と考えられる。したがって、 X_j を改善することにより y を大とすることが可能となる。岩瀬ほか（1994）は本手法をエゾアワビ *Haliotis discus hannai* の生息環境評価に適用し、生物的、物理的知見を考慮に入れた本手法が有用であるとの結果を得た。

松原ほか（1997）は、人間の脳の働きをコンピュータ上で再現したニューラルネットワーク法により環境因子の評価を試みた。説明変数として、22項目の地形・物理・化学的環境データを用い、評価項目はアマモ *Zoeta marina* の株密度とした。まず、35ケースのデータを与え

てニューラルネットワークに学習させ、環境条件の変化に伴うアマモ場造成後の株密度を A～C までの3段階で評価させた。その後、未学習の5ケースに対するアマモ密度の認識結果と実測値（正解値）との比較で認識率を検証した。その結果、ニューラルネットワークを用いた環境要因評価法はアマモ場造成に必要な環境条件を提示し得ることが示された。

このようにして得られた主要因子は非生物的環境因子と生物的環境因子とに大別される。後者（無機的環境）のうち、物理的因子の量的制御（適正化）が水産土木技術の対象となる。

生態系モデルと環境影響評価

前出の環境要因評価法は、生物と環境の関係を現在ある事象から帰納的に求めるものである。生物と環境の関係を生理生態的な観点から解明し、これから演繹的に動態を数学的な方法で記述するのが生態系モデルである。生態系モデルは環境変化後の環境影響評価に有効となる。

湾の生態系モデルについて J. N. クレーマーほか（1987）の著書に詳しく書かれている。また、干潟の生態系モデルについては J. バレッタほか（1995）の著書が詳しい。後者では、物理サブモデルのパラメータが48、浮遊サブモデル、底生サブモデル、表在ベントスサブモデルのパラメータがそれぞれ129、121、53と膨大な数に上る。

大島ら（1994）は、東京湾の盤州干潟を対象として、バレッタのモデルのうち影響の小さいサブモデルを省略することにより簡略化した生態・物質循環モデルを検討した。

数学的手法を取らない単純な方法として、田中ほか（1995）は海岸構造物設置が生態系に与える影響について全国8箇所海岸保全施設の調査結果を取りまとめ、施設設置による生態系変化予測手法を示した。予測モデルは物理的因子ごとの生態系関連図を組み合わせることによって得られるもので、直感的に理解しやすいが適用は限定されるだろう。

物理的環境因子としての流れと生物の反応

海岸における主要な物理的環境因子に波や波によって生じられる海浜流がある。生物に作用する外力として波を捉え、波長に比べ代表長さ（たとえば、人では身

長など) が十分に小さい生物に作用する波力はモリソン式によって流速の関数として表すことができる。したがって、海岸生物の環境因子として、波は波の水粒子速度で表すのが適当である。

最近、流れの強さと生物の反応を直接実験により調べることが行われるようになってきた。これを可能にしたのは、従来漂砂研究に用いられていた振動流水槽の海生生物への応用と装置の高性能化によるものである。工学実験では、相似則に基づいて適当な縮尺実験を行うことができるが、(有機物でない生きた)生物を対象とする場合、実尺度での実験しか意味をなさない。したがって、実験では実際の流れの強さを再現できることが要求される。北海道開発局開発土木研究所水産土木研究室では、生物実験のために最大流速振幅 4 m/s の振動流水槽を整備した。この流速は人工リーフ上での強制碎波による流れの規模に相当する。

振動流水槽を使った生物の挙動に関する定量化の試みは、ウニ *Strongylocentrotidae* や砂浜性二枚貝のウバガイ等を対象として行われている。川俣 (1994) はキタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* の摂餌行動と流れの強さとの関係を調べ、摂餌の限界が流速 40 cm/s 程度であることを示した。谷野ほか (1994) は、第 1 種漁港内で 85 日間に渡って冬期のキタムラサキウニの摂餌行動を水中ビデオで観察し、川俣と同様な結果を得た (Fig. 1 参照)。

エゾバフンウニ *Strongylocentrotus intermedius* は変態着底後の稚ウニ期から成体までの発育段階によって棲み場が変化し、稚仔期のウニは転石帯に多く分布することが報告されている (川村 1973)。しかし、これまでこのような基質が棲み場としてなぜ適しているのか、また棲み場をどのような指標でどのように評価したらいいのか、といった知見はきわめて乏しかった。町口ほか (1999) は、振動流中におけるエゾバフンウニ稚仔の行動と基質形状について実験を行い、振動流中のウニの隠れ場としての有効性が基質形状と寸法に大きく影響されることを示唆した。

砂浜域においては底生生物の分布は底質の移動と関連する。山下ほか (1995) は、ウバガイとバカガイ *Macrarchinensis* の潜砂速度と波浪による底質侵食速度を比較することで、貝の露出・移動限界を設定し、海中に露出した稚貝の形状に対する移動特性を実験的に明らかにした。

こうした知見は、工学的な対応策を講ずる際の条件設定に大いに役立つ。しかし、結果の数値を短絡的に適用

Fig. 1. Criteria for movement types of *Strongylocentrotus nudus* as a function of current velocity and water temperature (Yano et al. 1999). Level A: active-feeding movements. Level B: some sea urchins moving near the initial point. Level C: no movement. The solid line in the figure indicates the threshold of levels A and B against currents.

することは避けなければならない。環境は一定ではなくさまざまな時間尺度の中で変動する。したがって、波の定義ひとつとってもさまざまな選択肢がある。年最大波なのか、平均波なのか。そしてそれは有義波なのか、平均波なのか。最も適切な選択は、生態の理解の上になされる。

また、環境条件の評価では、生物の能力を一面的に捉えてはならない。その例をウニにとってみよう。先の町口ほかの実験で述べられているように、流れが強くなるとウニは逃避行動を起こし、自ら安全な場所を探して避難する。避難場所があるとき、剥離限界流速は大きくなる。

ウニの保全にとって大事なのはウニの剥離流速の制御ではなく、避難場所があるかどうかということである。単なる流速の制御はウニの摂餌活動を活発化し、磯焼けの原因を作りかねない。コンブ *Laminariaceae* とウニの共存を図ろうとするならば、移動が外力によって行われるウバガイなどの二枚貝とは明らかに異なった視点での物理環境評価がなされなければならないのである。

水産土木技術の適用と留意点

先に示したように、水産土木技術は水質改善のためを含む流動環境と底質環境の改変技術である。海岸生態系の保全あるいは新たな創造に必要な環境改変をこれらの技術を応用して行うことが可能である。現在、水産土木技術のなかで調査・計画・施工技術の体系化が進んでいるのが底質改善技術である藻場および干潟造成技術である。現在までの知見は増殖場造成計画指針編集委員会(1997)、増殖場造成指針作成委員会(1982)、エコポート(海域)技術WG(1998a, 1998b)、北海道開発局(1998)等によって取りまとめられている。

水産土木の手法がそうであるように、沿岸域の環境を変化させ、その変化を持続させるものは沿岸の構築物である。盛土による大規模な干潟の造成や砂浜海岸における投石による築磯(着定基質工)などは実施される場のもととの環境を喪失させる。特に、着定基質工は「未利用砂浜域の有効利用」として実施される例がある。今後は、こうした施設についてもその効果のみならず、周辺への影響についても評価の対象とする必要があろう。

また、構築物によって環境を制御する場合、副作用もあることを認識すべきである。たとえば、防波堤で波浪を制御する場合、背後の静穏域では波動の持っていた機能のいくつかを失うことになる。

波動の機能とは何か、大気と海との間で酸素や二酸化炭素などの物質移動を促進する(角野ほか 1997; 鳥羽良明 1991)。波による攪乱が大きい場合には、温度躍層を破壊し、水温の鉛直分布を均一化する。沿岸の浅水域では海底の砂を巻き上げ移動する。

したがって、静穏域では波による底質の浮揚力が弱まりあるいは失われ、漂砂海岸では堆積が進行する。港内水質保全のため、海水交換を促進して港内埋没が進行した例が指摘されている(谷野 1998a)。また、港内ではヤリイカ *Loligo bleekeri* の卵のうへの浮泥の付着による成長阻害の例(谷野ほか 1998b)もある。

水産土木材料としてのコンクリート

海岸保全や生態系保全のための環境制御を土木構築物によって行おうとした場合、「環境保全」で必ず問題となるのは使用する材料である。材料がコンクリートの場合、表面から溶出する強アルカリ成分により、海生生物の幼稚仔に悪影響を与えることが危惧されている(鈴木ほか 1992)。コンクリートが生物に悪いとすれば、施工初年度

に表面への海藻着生が最もよいことを説明できない。コンクリートが着底基質として問題のないことはいくつかの研究で明らかにされている(たとえば、明田ほか 1997)。

もともと、土木工事においてはコンクリートはなめらかな表面もつのがよい施工とされている。これは、フレッシュコンクリートの品質が均一で、なおかつ、適切な打ち込みと閉め固めにより型枠のすみずみまでコンクリートが十分に行き渡っている結果である。それには、適切な品質管理、施工管理が前提となる。

ひるがえって、自然の岩礁の表面はどうであろうか。大小さまざまな凹凸や空隙が存在する。人工岩礁と天然岩礁のそうした違いを無視して、両者の付着生物の種組成や種の多様性の違いを議論することはあまり意味がない。以下に示すように、コンクリートも工夫によって生物の生息場としての機能を高めることができる。

綿貫ほか(1987)はコンクリート天端面を石区、溝区、筋区、平滑区の4種類に加工したブロックにより海藻の着生状況を調査し、ツルアラメ *Ecklonia stolonifera* などのコンブ科の藻場造成用ブロックには、大きな粗さの起伏に加えて、小さな穴や溝の微小地形のある形状が有効であることを確認した。凹凸があると海藻の着生がよいのは「突起背後に形成される流れの滞流域(古河ほか 1994)での遊走子の捕捉—着生」という機構によると考えられている。このような凹凸の効果について、寺脇(1988)はコンクリート天端上の突起物の角度が大きいほどカジメ *Ecklonia cava* の生育密度が高くなると報告している。さらに、谷野ほか(1998c)はコンクリートブロック表面上の珪藻に対するウニの摂餌行動が凹凸部を回避していることに注目し、表面に凹凸のある其質のほうが滑らかな基質よりホソメコンブ *Laminaria religiosa* 現存量の多い理由として、凹凸がウニの摂餌圧を減少させるとともに、凹部内の幼芽は摂餌を免れ、生き残る確率が増加するためと考えた(Fig. 2 参照)。

多孔質(ポーラス)コンクリートは、自然水域において、連続した内部空隙に生物膜層が形成されることから、水質浄化機能を高め、また多孔質内部や表面には水生生物や藻類が付着し、新たな生物環境を創造する(松川ほか 1994)とされている。堺ほか(1995)は河川水中に暴露された多孔質コンクリートにはハエ目 Diptera, カゲロウ目 Ephemeroptera, トビゲラ目 Trichoptera などの多数の水生昆虫および *Diatoma* sp., *Fragilaria* sp. などの珪藻類やヒビミドロ *Ulothrix flacca* などの緑藻類が付着し、昆虫の数は普通コンクリートと比べ明らかな差

Fig. 2. Relation between blade-weight and blade-length of *Laminaria religiosa* Miyabe adhered three types of concrete blocks -- blocks with smooth surface, grooved blocks and porous blocks (in June, two years after installation).

があることを示した。

おわりに

全人口の約半分にあたる5600万人が海岸線を有する市町村に居住しており、既にかなり都市化されているわが国の沿岸域(島崎 1999)の状況下で、まったく自然な状態の海岸線を維持することは不可能である。いうまでもなく、海岸の人工化は開発行為のみによって生じているのではなく、住民や施設、国土を保全するという防災上の理由にもよる。さらに、今後地球温暖化による海面上昇が沿岸域とその生態系にもたらす影響を考えると、海岸生態系保全を開発行為の縮減という方向だけで済まされない。

温暖化による沿岸影響に対する短期的対応と長期的対応について、当面考慮すべき対応策が検討されている(地球環境問題研究会 1994)。対応策は、いずれも土木工学的手法が中心である。ここに、沿岸環境保全の難しさがあり、これからの水産工学の重要性および海岸環境課題の解決を担うべき宿命がある。

摘要

本文では、水産工学のうち、水産土木が海岸生態系保全に果たす役割を考察した。まず、水産土木は海域環境制御技術であること、その制御対象が非生物的環境要因のうちの物理的因子であることを示した。水産土木の役割は環境制御によって生息地の保全、修復と創造を行うことである。

次に、生物と物理化学的環境の関係を明らかにする方

法として環境評価の手法を示した。生物にとって海岸における主要な物理的環境因子である波は流れとして取り扱える。流れが生物に与える影響について、振動流水槽実験により直接調べた例を示し、結果の適用にあたっての留意点を論じた。構造物によって環境を制御する場合、副作用(予定しない影響)のあることを指摘した。構造物の主要な材料であるコンクリートは工夫によって生息場としての機能が高まることを示した。

引用文献

- 明田定満・山本泰司・小野寺利治・鳴海日出人・斎藤二郎・谷野賢二(1997)複断面を有する港湾構造物への海藻群落形成について。海岸工学論文集第44巻(2): 1131-1135。
- 地球環境問題研究小委員会(1994)地球温暖化の沿岸影響,【海面上昇・気候変動の実態・影響・対応戦略】。土木学会。
- エコポート(海域)技術WG編(1998a)港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル。(財)港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所。
- エコポート(海域)技術WG編(1998b)港湾における干潟との共生マニュアル。(財)港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所。
- 古川恵太・善一郎・細川恭史(1994)港湾構造物への生物着生一凸部周辺の流速分布に関する検討。港湾技術研究所報告第33巻第3号。
- 魚礁総合研究会(1976a)人工魚礁の理論と実際(Ⅰ)基礎篇。水産増養殖叢書26。社団法人日本水産資源保護協会。
- 魚礁総合研究会(1976b)人工魚礁の理論と実際(Ⅱ)基礎篇。水産増養殖叢書27。社団法人日本水産資源保護協会。
- 磯部雅彦(1999)海岸法改正とその周辺事情および今後の海岸保全のあり方。沿岸域Vol.12 No.1: 5-15。
- 岩瀬洋一郎・池田稔・沖政和・坪田康信・中村充(1994)環境要因評価法を用いたエゾアワビの生息環境条件の評価とそれに基づく改善方法の提案。水産工学Vol.31 No.2: 79-86。
- 柿元 皓(1984)新潟県沿岸域の人工魚礁漁場における魚類の行動学的研究。新潟県水産試験場。
- 柿元 皓(1998)人工魚礁の生物学的機能解析に関する研究。水産工学Vol.35 No.1: 1-7。
- 角野昇八・重松孝昌(1997)比砂波面における酸素取り込み速度の現地スケールでの値の推定。海岸工学論文集第44巻: 1231-1235。
- 上村竜一・広松和親・田永軍・大島 巖・都築 進(1999)生活史モデルによる海岸構造物のホッキガイ資源への影響評価。水産工学Vol.36 No.1: 75-85。
- 川俣 茂(1994)キタムラサキウニに及ぼす波浪の影響。平成6年度日本水産工学会学術講演会講演論文集: 85-88。
- 川村一廣(1973)エゾパフンウニの漁業生物学的研究。北海道立水産試験場報告16: 1-54。
- クレーマー J. N.・S. W.ニクソン(1978)(中田喜三郎監訳, 1987)沿岸生態系の解析。生物研究社。
- 町口裕二・山下卓也・伊東公人・谷野賢二(1999)波浪環境下におけるエゾパフンウニ稚仔の棲み場の評価。海岸工学論文集, 第46巻(2): 1151-1155。
- 松原雄平・野田英明・依藤正典・中谷英明(1997)ニューラル

- ネットワークを利用したアマモ場造成手法に関する研究, 海岸工学論文集第 44 巻(2): 1206-1210.
- 松川 徹・玉井元治 (1994) ポーラスコンクリートの性質と生物付着. 土木学会第49回年次学術講演会: 244-245.
- 中村 充 (1991a) 日本水産工学会設立のご挨拶, 水産工学第 27 巻第 1 号: p. 1.
- 中村 充 (1991b) 改訂水産土木学—生態系海洋環境エンジニアリング, 工業時事通信社.
- 界 孝司・進藤邦雄・阿刀田光紹・佐々木 達 (1995) 河川沈積多孔質コンクリートの生物付着. 自然環境との調和を考慮したエココンクリートの現状と将来展望に関するシンポジウム論文報告集. (社)日本コンクリート工学協会エココンクリート研究委員会: 103-110.
- 島崎敏一 (1991) 沿岸域ゾーニングの方法. 新しい沿岸域の創造. 土木学会土木計画学研究委員会シンポジウム講演集: 79-88.
- 水産庁監修 (1993) 沿岸漁場整備開発事業施設設計指針 (平成 4 年度版). (社) 全国沿岸漁業振興開発協会.
- 田中茂信・岩崎福久 (1995) 海岸保全施設が生態系に及ぼす影響に関する調査報告書. 土木研究所資料第3346号. 建設省土木研究所.
- 寺脇利信 (1988) 海中林造成技術の基礎的検討第 2 報カジメ幼体の入植と人工基盤の表面形状. 電力中央研究所報告 U88037.
- 鳥羽良明 (1991) 風と波—大気と海との相互作用. 「海と地球環境—海洋学の最前線」(日本海洋学会編), pp. 11-21. 東京大学出版会.
- 山下俊彦・和田 彰・松岡 学・谷野賢二・明田定満 (1995) 振動流場での二枚貝の挙動に関する実験的研究. 海岸工学論文集第 42 巻: 506-510.
- 谷野賢二・明田定満・佐藤 仁・松山恵二・吾妻行雄・中多章文 (1994) ウニの摂餌行動におよぼす物理環境要因について. TECNO OCEAN'94 Proceedings Vol. 1: 195-198.
- 谷野賢二 (1998a) 防波堤における環境共生技術の現状と課題, 北海道東海大学紀要理工学系第 11 号: 61-75.
- 谷野賢二・鳴海日出人・佐々木秀郎・北原繁志・本間明宏・黄金崎清人 (1998b) 港湾域におけるヤリイカの産卵に関する研究, 海岸工学論文集第 45 巻(2): 1156-1160.
- 谷野賢二・黄金崎清人・佐々木秀郎・北原繁志・袖野宏樹・鳴海日出人 (1998c) 基質の表面微地形による藻類着生促進と摂餌圧軽減効果について. TECNO OCEAN'98 Proceedings: pp. 353-356.
- Yano K., Sasaki H. & Soden H. (1999) Technologies of Artificial Formation of Seaweed Bed—Measures Against Predation by Sea Urchins—. Proceedings of the 2nd Joint Meeting of the Coastal Environmental Science and Technology (CEST) Panel of UJNR (in press).
- 綿貫 啓・山本秀一・新井章吾 (1987) ツルアラメ幼体の入植に及ぼす基質表面形状の影響. 水産増養殖第 35 巻2号: 69-75.
- 増殖場造成計画指針編集委員会編 (1997) 沿岸漁場整備開発事業増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ編 (平成 8 年度版). (社) 全国沿岸漁業振興開発協会.
- 増殖場造成指針作成委員会編 (1982) 増殖場造成指針 (昭和58 年度版). (社) 全国沿岸漁業振興開発協会.