

浚渫土を利用した資源循環型人工干潟の造成実験

上野成三*・高橋正昭**・原条誠也***
高山百合子****・国分秀樹*****

1. はじめに

一般に, 人工干潟の造成には清純な山砂や海砂が使用されるが, 良質な砂の不足に加えて, 砂採取地での環境破壊が懸念されている(風呂田, 1996). 一方, 底泥浄化事業として実施される汚濁底泥の浚渫では, 浚渫土の処分地の確保が大きな問題となっている. このような観点から, 浚渫土を利用した人工干潟の実施例が増加してきた(港湾環境創造研究会, 1997; 今村, 1997). その造成方法としては, 浚渫土を干潟の内部に敷設し, その上から清純な山砂あるいは海砂を覆砂する方法が一般に採用されている(図-1(a)参照). この場合, 浚渫土は干潟の「あんこ」として地下に封印され, 単なる嵩上げ材料として利用されているにすぎない. また, 干潟表面に清純な砂で覆砂を行うと栄養分が不足して底生生物の復活が遅れるとの指摘もある(岡田, 2000).

一方, 浚渫土に多量に含まれる有機物は生物の栄養源であることから, 重金属やダイオキシンの問題がなければ, 浚渫土は干潟生態系への栄養供給材料として利用できる可能性がある. さらに, 好気的環境にある干潟生態系では浚渫土中の有機物の酸化分解が促進され自然浄化が進むと期待される. これは, 従来, 不要物として処分されてきた浚渫土を有効な資源と見なして再利用するもので, 資源循環型の新しい人工干潟造成方法と言えよう.

そこで, 本研究では, 浚渫土を地下に封印せず, 現地盤土と混合して干潟を造成することにより, 干潟生態系への栄養供給を確保しつつ, 浚渫土自体の浄化を行う人工干潟の造成実験を実施した(図-1(b)参照). 現在, 健全な干潟環境が実現できる浚渫土の混合方法を明らかにするために, 浚渫土の混合割合が異なる実験区を設けて, 水質・底質の変化, 底生生物の復活状況, 放流アサリの成長を継続調査中であり, 本論文では造成後6ヶ月までの途中経過を取りまとめた. なお, この干潟造成実験は, 地元の漁業者と研究者が共同で実施しており, 漁

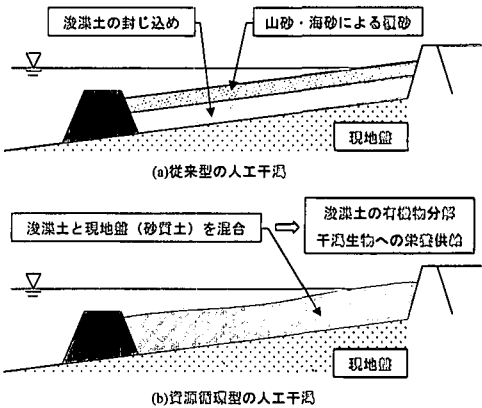


図-1 浚渫土を用いた人工干潟の造成概念図

業者が主体となった環境修復事例としても注目されている(日経コンストラクション, 2000).

2. 人工干潟の造成方法および調査方法

2.1 現況調査

人工干潟の造成実験は英虞湾の立神浦で実施した. 造成場所の地形と調査点を図-2に示す. 造成工事に先立ち, 干潟造成地周辺の現況調査を平成12年9月1日に実施した. 調査項目は, 水質(S, T, DO, 濁度, pH, SS, COD, 全窒素 TN, 全リン TP), 底質(pH, 酸化還元電位 ORP, 含水比, 粒度分布, COD, 有機炭素 TOC, 全窒素 TN, 硫化物 H_2S , 酸揮発性硫黄 AVS), 底生生物(種・数・湿潤重量)である. 水質は干潟内 L2 と干潟から沖合い 200 m の干潟外 L6 の計 2 点とし, 底質・底生生物は L1 から L5 の計 5 点を調査点とした. また, 底質は, 表層から 2 cm, 2~6 cm, 6~12 cm の 3 層で採掘・分析を実施した. なお, L2 の調査位置は人工干潟の造成場所に当たる.

2.2 人工干潟造成方法

実験用に造成した人工干潟の平面図と断面図を図-3, 図-4に示す. 仕切り板と土留潜堤で囲まれた長さ 5 m×幅 5 m の実験区を 5 区画設け, 各実験区で浚渫土と現地盤土(砂質土)を所定の割合で混合して干潟土壌を作成した. 浚渫土は英虞湾立神浦の真珠養殖漁場で浚渫

* 正会員 工修 大成建設(株)技術センター土木技術研究所
** 工修 三重県科学技術振興センター保健環境研究部
*** 立神真珠研究会
**** 正会員 大成建設(株)技術センター土木技術研究所
***** 理修 三重県科学技術振興センター保健環境研究部

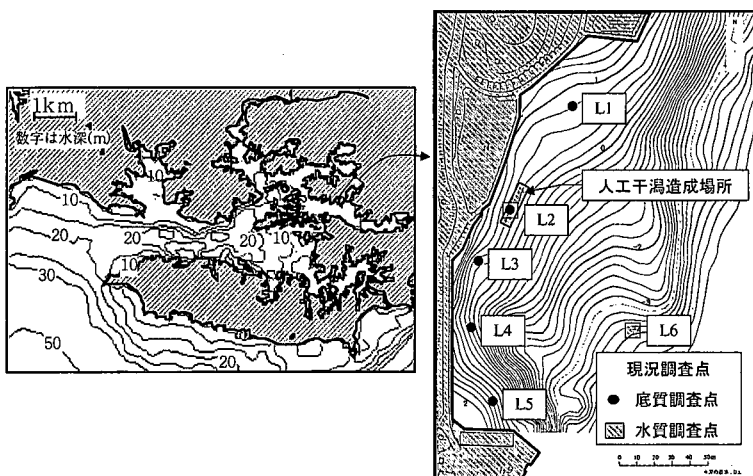


図-2 人工干潟造成地周辺の地形と調査点位置

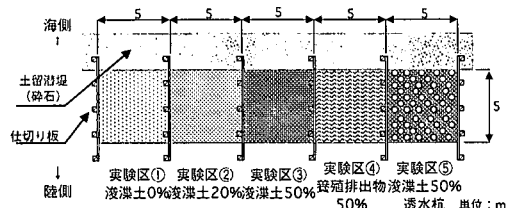


図-3 人工干潟の平面図

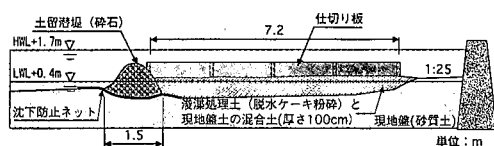


図-4 人工干潟の断面図

表-1 浚渫処理土の性状

項目	分析値
COD (mg/gDW)	36.9
TOC (mgC/gDW)	41.9
TN (mgN/gDW)	2.7

表-2 追跡調査の項目

項目	調査点	計測・調査項目
水質	実験区内1点 実験区外1点	S, T, DO, 濁度, pH, SS, COD, TN, TP
底質	5実験区	pH, ORP, 含水比, 粒度分布 IL, TOC, TN, H2S, AVS
アサリ	5実験区	密度, 湿潤重量, 殻長
底生生物	5実験区	マクロベントスの種, 数, 湿潤重量

され脱水処理されたものを粉碎して用いた。浚渫処理土の性状を表-1に示す。COD, TOC, TNとも高く、長年の養殖漁場利用により有機汚濁が進行した底泥であると言える。各実験区の浚渫土の混合割合は、実験区①で浚渫土0%（現地盤土のみ）、実験区②で浚渫土20%、実験区③で浚渫土50%とした。実験区④では養殖排出物50%と現地盤土を混合した。養殖排出物とは、真珠養殖の過程で多量に発生する廃棄物であり、アコヤガイに付着するカサネカンザシやフジツボなどが主な構成物である。養殖排出物は底泥汚濁の原因

の一つであり（上野ら，2000a，2000b），英虞湾の汚濁負荷削減のため適正な処理が必要とされている。実験区⑤では浚渫土50%の干潟材に多孔質コンクリート製の透水杭（ $\phi 20 \times L 30$ cm）を約100本打ち込んだ。この透水杭の設置は、地盤の透水性を高め有機物の酸化解を促進することを目的としたものである。

人工干潟の造成工事は平成12年9月11日から開始し、9月29日に完了した。造成手順は、各実験区の仕切り板を設置し、碎石により土留潜堤を構築した後、干潮時に浚渫処理土と養殖排出物を各実験区に投入し、約1mの厚さで現地盤土と混合した。人工干潟完成後の10月12日には地元の立神小学校の全児童が参加してアサリの放流（約40000個）を行った。

2.3 追跡調査

実験干潟造成直後（平成12年10月13日）から2カ月毎に、水質・底質・底生生物・放流アサリの追跡調査を実施した。追跡調査の項目を表-2に示す。水質調査は、現況調査と同様に、干潟内L2と干潟外L6の計2点とした（図-2参照）。底質調査は、各実験区の沖側部、中央部、岸側部の3点で、現況調査と同様に、3層の採泥・分析を行った。底生生物調査は、各実験区の中央部で表面積0.05 m²、深さ0.15 mの底泥を採取し、1 mm 目のふるいに残存するマクロベントスの種類・数・湿潤重量を調べた。放流アサリの成長調査は、各実験区の沖側部（表面積0.025 m²）、中央部（表面積0.05 m²）、岸側部（表面積0.025 m²）の3点（深さは0.15 m）で採取したアサリについて、数量、殻長、湿潤重量を計測した。なお、前述のベントス計数にはアサリを除いている。本追跡調査は現在も継続中で、ここでは、造成後6ヶ月が経過した平成13年4月までの調査結果をとりまとめた。

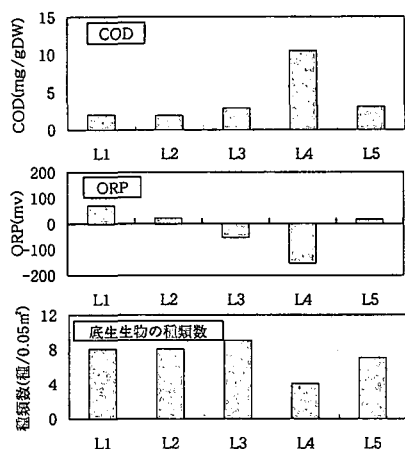


図-5 底泥 COD・ORP・底生生物の分布 (現況調査)

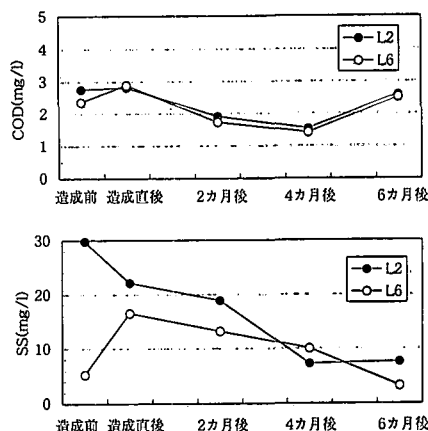


図-6 COD・SSの経時変化

3. 調査結果および考察

3.1 現況調査結果

現況調査結果の内、底質の COD・ORP (3 層平均値) と底生生物の種類数を図-5 に示す。COD は、L4 で約 10 mg/gDW と高く、その他の点では 2~3 mg/gDW と低かった。ORP は、L3 と L4 で還元状態になり、その他の地点では酸化状態となった。また、底生生物の種類数は、L4 は 4 種/0.05 m² と少なく、その他の地点では 7~9 種/0.05 m² と多かった。以上より、L4 は他点と比較して底泥の有機汚濁が進行し底生生物の生育に適さない場所

と言える。一方、人工干潟の造成地点である L2 は、底泥の有機汚濁が少なく好気的環境が維持されており、底生生物の種類数が比較的多い地点である。浚渫土を用いた人工干潟の基本条件として、浚渫土中の有機物の酸化分解を促進するために好気的環境が維持される必要がある。よって、本実験の造成地として、L4 は不適であり、その他の地点の代表点として L2 を採用した。

また、本調査結果から、わずか 200 m しか離れていない L2 から L4 の間で、底泥環境に依存して底生生物の構成が大きく変化することから、干潟生物の生育環境にとって底質条件が重要なことが示された。

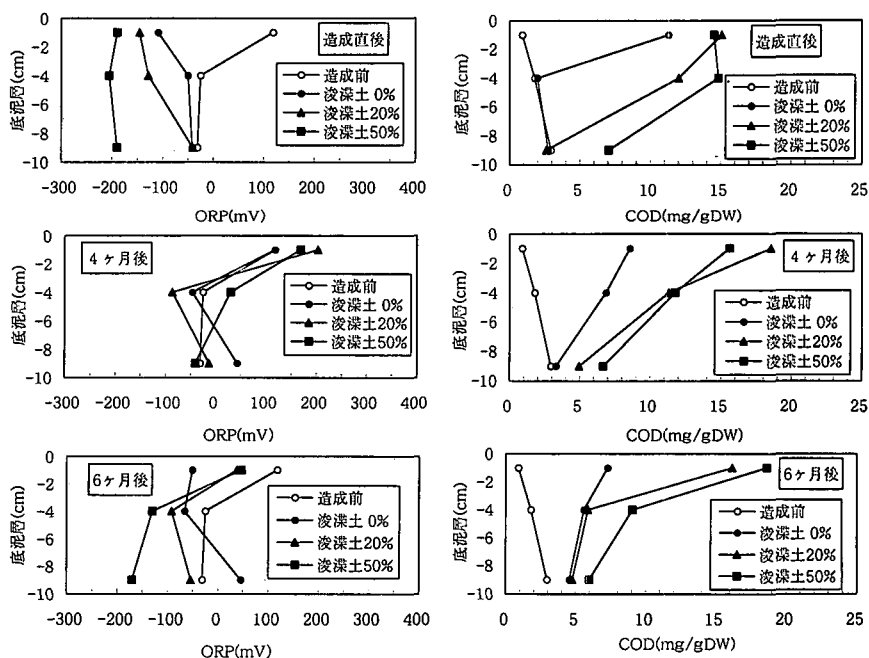
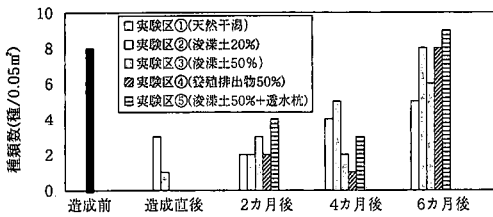


図-7 底泥の ORP・COD の鉛直分布の経時変化



図—8 底生生物の種類数の経時変化

3.2 干潟造成後の追跡調査結果

a) 水質

水質調査結果の内、干潟内外の L2, L6 における COD・SS の経時変化を図—6 に示す。COD は L2 と L6 でほぼ同様になった。ここでは示していないが、TN, TP などの他の水質項目も有意な差は生じなかった。SS は、L6 に比べて L2 で高くなった。ただし、この傾向は干潟造成前にも認められ、L2 が潮間帯の浅い水域であるため底質の巻き上げが起り SS が常時増大したと判断される。一般に、有機物の多い浚渫土を用いた人工干潟では、栄養塩の溶出による水域の富栄養化や、細粒分の流出による濁りの発生が懸念される。本干潟の造成範囲が小規模であるものの、干潟内外での水質変化はほとんどなく干潟造成による水域環境への悪影響は認められなかった。

b) 底質

底質調査結果の内、各実験区中央部における ORP, COD の鉛直分布の経時変化を図—7 に示す。同図には、浚渫土 0%, 20%, 50% の結果について、造成直後 (平成 12 年 10 月)、4 カ月後 (平成 13 年 2 月)、6 カ月後 (平成 13 年 4 月) の変化を示した。また、参考のために、造成前 (平成 12 年 9 月) のデータもあわせて示した。

まず、ORP について述べる。造成直後の ORP は造成前に比べ低下し、浚渫土の割合が高いほど低下幅が大きくなった。しかし、4 カ月後になると、各ケースとも造成前の状態と同様になり、造成直後に発生した嫌気的状

態は早い時期で好気的狀態へ回復することが分かった。なお、6 カ月後では、各ケースとも ORP がやや低下した。この低下幅は浚渫土の割合が高いほど大きい傾向が見られる。6 ヶ月後に ORP が低下した理由としては、季節が冬から春に向い底泥温度が上昇するのに伴って、底泥中の微生物活性が高まり酸素消費が増大したため、底泥環境が還元側に移行しつつあることが上げられる。

COD は、造成直後から 4, 6 カ月後の間で有意な差は認められず、造成後 6 カ月の期間では有機物分解の明確な効果が検出できていない。また、本調査期間は秋から冬にかけた微生物活性が低い時期であることから、微生物の活性が高まる夏季を経過した調査結果も含めて、有機物分解を評価する必要がある。なお、造成直後から 6 カ月後までを通して表層の COD が高い傾向にあるのは、造成時の混合作業中に浚渫土の細粒分が表層に堆積したためと考えられる。

以上より、浚渫土を用いた人工干潟の底質評価には、微生物活性が高まる夏季のデータが重要であり、ORP が最も低下する夏季においても底生生物が生育可能な状態を維持し、かつ、有機物の酸化分解活性を発揮することがポイントとなる。今後、一年を通した調査データを用いた検討を進めることとする。

c) 底生生物

底生生物調査の内、底生生物の種類数の経時変化を図—8 に示す。干潟土壌を混合した造成直後では各実験区ともほとんど底生生物が見られなかったのに対して、2 ヶ月後から底生生物の移入が確認され、その後次第に種類数が増大した。6 カ月後では各実験区とも造成前の状態と同程度までに生物種数が復活した。特に、4 カ月後から 6 カ月後にかけては、冬から春に向けた季節変化により生物種の大幅な増加が見られた。6 ヶ月後の各実験区の種類数を比較すると、実験区①と実験区③で若干少ない傾向が見られるものの、ベントス計数の誤差を考

表—3 底生生物同定結果 (6 カ月後)

門	綱	学名	和名	実験区①		実験区②		実験区③		実験区④		実験区⑤	
				個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量
紐形動物	—	NEMERTINEA fragments	紐形動物目 破片							1	0.01	1	>0.01
	渦虫	Polycladida	多岐腸目			1	0.03						
扁形動物	多毛	Ceratonereis erythraeensis	コケゴカイ					1	0.02				
		Lumbrineris sp.	ギボシソメ科の一属	3	0.16	2	0.10	1	0.02	1	0.06	1	0.02
		Scolecopsis sp.	スピオ科の一属					2	>0.01				
		Capitella capitata	イトゴカイ科の一属							12	0.02		
軟体動物	二枚貝	Pilucina pisidium	ウメノハナガイ	1	0.02	1	0.02			1	0.08	1	0.05
		Anomalodiscus squamosa	シオヤガイ									1	0.09
		Thecla fragilis	シズクガイ					1	0.05				
		Moerella rutila	ユウシオガイ			1	0.06	1	0.13			1	0.10
節足動物	軟甲	Ampithoe valida	モズミヨコエビ	4	0.04	1	0.01			7	0.08		
		Gammaropsis sp.	ソコエビ属の一属							4	0.03	1	>0.01
		Alpheus sp.	テッポウエビ属の一属							1	0.30	1	0.57
		Upogebia major	アナジャコ									1	0.06
		Philyra pisum	マメコブシガニ	1	2.22								
		Hemigrapsus penicillatus	ケフサイソガニ	1	0.12	1	1.64	2	0.86	2	0.34	1	0.02
脊椎動物	硬骨魚	Pholidae sp.	ニシキギンボ科の一属			1	0.02						
合計				10	2.56	10	2.21	8	1.08	29	0.92	9	0.91
出現種類数				5		8		6		8		9	

単位: 個体数: 個体/0.05 m², 湿重量: g/0.05 m²

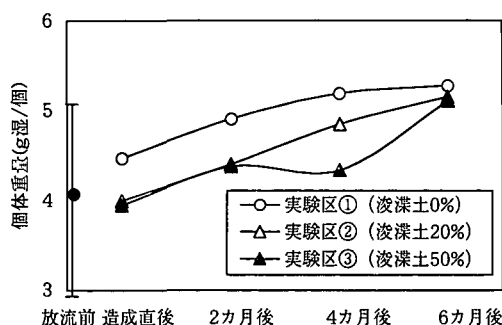


図-9 放流アサリの個体重量の経時変化

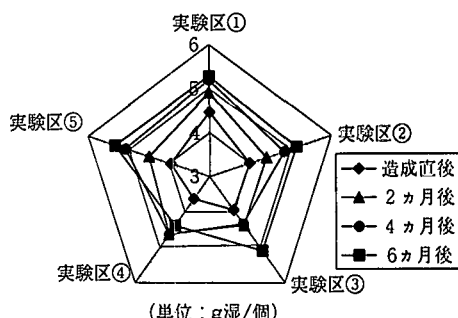


図-10 放流アサリの個体重量の比較

慮すると現時点では有意な差とは言えない。6ヵ月後の底生物同定結果を表-3に示す。一般に、有機汚濁が進行した底泥中では多毛類が優先するのに対して、浚渫土や養殖排出物を混入した各実験区②③④⑤の全てにおいて、多毛類だけでなく、二枚貝、甲殻類など多様な底生生物が棲息していることが分かる。

以上より、浚渫土を用いた人工干潟においても、6ヶ月という比較的短期間で、天然干潟と同様レベルの多様性を維持した干潟底生生物の生育環境が形成されることが確認できた。

放流アサリの平均個体重量の経時変化を図-9に示す。同図には、参考値として、放流時の個体重量の平均値と標準偏差を示した。個体重量の標準偏差は±約1gと大きく、個体重量の平均値の評価には注意が必要である。浚渫土0%、20%、50%の実験区で、アサリの個体重量が順調に増加した。なお、通常のアサリの成長過程と同じく(全国沿岸漁業振興開発協会, 1996)、冬季を経過する4ヶ月後から6ヶ月後の成長がやや鈍化する傾向にある。各実験区における平均個体重量の比較を図-10に示す。全ての実験区で個体重量が増大し、アサリが順調に成長していることが確認された。なお、実験区④において、4ヵ月後から6ヵ月後に個体重量の減少が見られるが、前述の計測誤差を考慮すると有意とは言えない。

以上より、全ての実験区で浚渫土を投入していない天然干潟と同様レベルのアサリの成長が確認されたことから、浚渫土を用いた人工干潟においても良好なアサリの生育環境が形成されていると判断された。

4. 結 論

本研究では、浚渫土を用いた資源循環型の人工干潟として、浚渫土を地下に封印せず、現地盤土と混合して干潟を造成することにより、干潟生態系への栄養供給を確保しつつ、浚渫土自体の浄化を行う人工干潟造成実験を実施した。主要な結論を以下に示す。

- ①現況調査結果により小規模な空間でも底質に依存して干潟生物の構成種が変化することが示された。

- ②干潟造成直後に生じた底泥の嫌気状態は、4ヵ月後には好気状態へ回復した。今後、微生物活性が高まる夏季における還元状態への移行に注意する必要がある。

- ③造成後6ヵ月の期間では、人工干潟に含まれる有機物の分解効果が認められなかった。今後、微生物の活性が高まる夏季の分解効果を評価する必要がある。

- ④底生生物の復活や放流アサリの成長は全実験区で同様なレベルとなり、浚渫土を用いた人工干潟でも健全な生物生育環境が形成可能であることが確認できた。

謝辞：本人工干潟造成事業は三重県環境創造活動助成金の補助を受けて立神真珠研究会が実施したものである。人工干潟の計画・調査は三重県科学技術振興センターと大成建設技術センターの共同研究により実施した。人工干潟造成工事や現地調査では、県内外からのボランティア、立神漁協、立神真珠組合、阿児町、出馬重機、芙蓉海洋開発株式会社の皆様から多大な協力を得た。ここに謝意を表す。

参 考 文 献

- 今村 均 (1997): 浚渫土の生物生息環境創造への有効利用, 用水と廃水, Vol. 39, No. 7, pp. 603-610.
- 上野成三・灘岡和夫・片倉徳男・勝井秀博・山田二久次 (2000a): 英虞湾の真珠養殖漁場における底泥の汚濁流動層に関する現地調査, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 1046-1050.
- 上野成三・灘岡和夫・高山百合子・勝井秀博・山田二久次 (2000b): 英虞湾の真珠養殖漁場におけるアコヤガイの成長過程と汚濁負荷に関する現地調査, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 1206-1210.
- 岡田光正 (2000): 干潟・藻場の創出ならびに保全に関するバイオレメディエーション技術, 第27回環境保全・公害防止研究発表会講演要旨集, pp. 9-11.
- 港湾環境創造研究会 (1997): よみがえる海辺 環境創造21, 山海堂, 230 p.
- 全国沿岸漁業振興開発協会 (1996): 増殖場造成計画指針—ヒラメ・アサリ編—, 平成8年度版, 316 p.
- 風呂田利夫 (1996): 生態系修復としての人工干潟の問題点, 沿岸海洋研究, 第33巻, 第2号, pp. 163-167.
- 日経コンストラクション (2000): 特集 地域のゴミを現場で生かす 英虞湾立神浦人工干潟造成工事, 日経コンストラクション, 2000. 12. 8号, pp. 63-65.