

山口県アマモ場造成指針

平成18年3月

山 口 県

はじめに

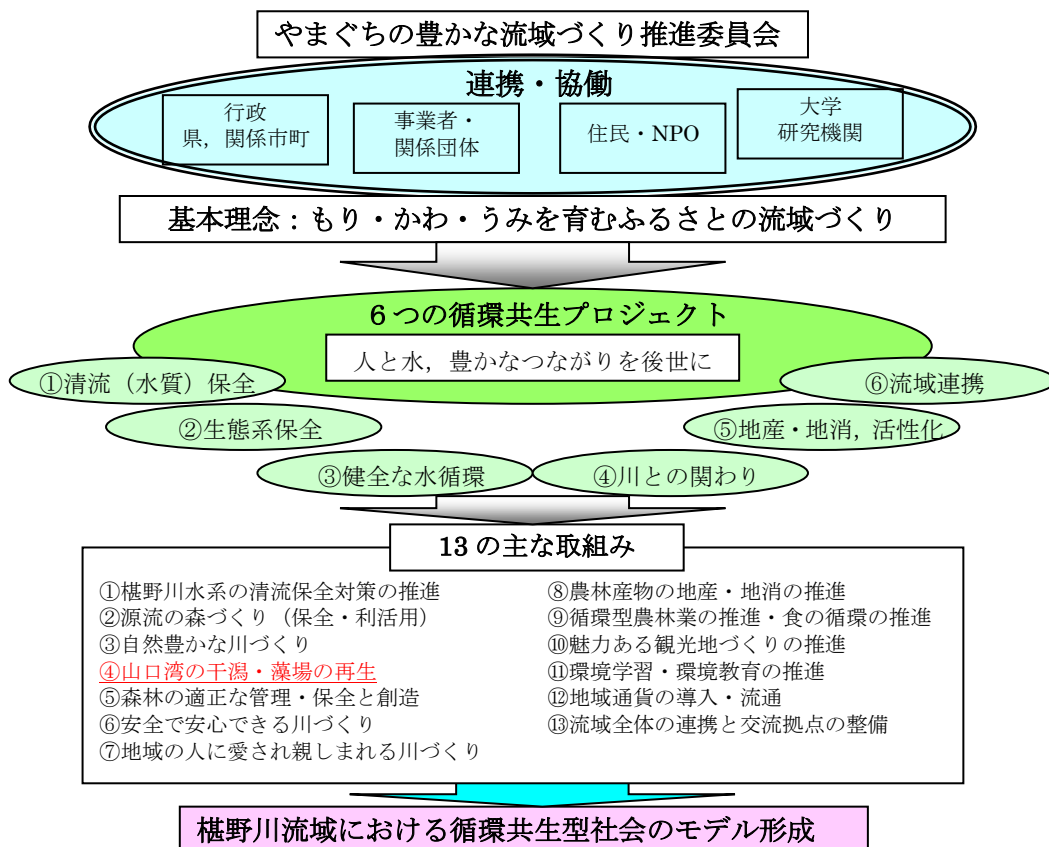
この山口県アマモ場造成指針は、山口湾をモデルケースとして県内に豊かなアマモ場を再生することを目的に作成した。

山口湾には、山口市北部に源を発し、山口市街地を流れる榎野川が注いでいる。河口域には西瀬戸内地域有数の広大な干潟が広がり、渡り鳥や絶滅危惧種であるカブトガニの生息地にもなっているほか、さし網、小型底びき網、小型定置網漁業や採貝・採藻漁業が盛んで、かつて「宝の海」と呼ばれていた。

しかしながら、上中流域からの浮泥流入や干拓・埋立工事の影響等により、魚介類や野鳥など生息している生物の量、種類がともに減少し、かつては山口湾のほぼ全域に繁茂していたアマモ場が激減してきた上、湾内の漁業生産も著しく低下してきている。

本県ではこうした状況を改善するため、県行政の、環境生活・農林・水産・土木建築の各部局連携の下で、上流域から下流域までの流域に関わりを持つ多様な主体が協働して「里海」としての再生に取り組む『やまぐちの豊かな流域づくり構想（榎野川モデル）』を策定し、各主体が様々な取組みを実施しているところである。

山口湾をモデルケースとして捉えたのは、アマモ場の減少や漁業生産の低下傾向は山口県内のいずれの浅海域においても同様の状況であるが、とりわけ山口湾ではそれが象徴的に表れており、また、その改善を図るために流域という大きな単位を対象として、関係団体・住民が連携して取り組むという仕組みが形成されていることから、モデルケースとしてふさわしいものと考えられるためである。



アマモ場には多種多様な生物が生息し、魚類やイカ類の保育・摂餌、産卵場としての水産資源の保護培養機能、あるいは水質浄化などの海域の環境保全機能がある。

このため、アマモ場の造成は水産資源の保護培養や海域の環境保全に極めて重要であり、かつての宝の海を取り戻すために不可欠な取組みである。

また、アマモ場を造成するに当たり、流域の多様な主体が協働して取り組むことは、市民が地域の環境を見つめ直すことによる環境保全意識の高揚や、地域の水産物の消費促進、さらには地域の水産業の発展にも繋がることが期待できる。

以上の状況も踏まえつつ、本造成指針の基本的な考え方を以下に示した。

1. 平成 14 年度～17 年度に実施した山口湾のアマモ場造成実証試験の結果を基に、山口県内の他地点の成果、及び一般的知見などを補足してとりまとめ、山口県におけるアマモ場造成の技術的な指針を策定する。
2. 本造成指針は樫野川河口域・干潟自然再生構想における豊かなアマモ場・浅場の再生の技術的なよりどころとなることも目指す。
3. 本造成指針の対象（利用者）として、地元住民、漁業関係者、NPOなど含む地域の多様な主体を想定し、わかりやすくかつ地域特性を重視して作成する。
4. アマモ場造成の目標は、①経済面及び技術面で達成可能な手法により実施する短期的目標、②産学公の連携・協働の下で上流域から下流域まで流域全体での環境改善を進めることでアマモの生育環境を改善する中長期的目標、の二つを設定する。すなわち、やまぐちの豊かな流域づくり構想に基づく流域連携・協働という「山口方式」によるアマモ場造成を推進する。

1. 山口県瀬戸内海におけるアマモ場

1.1 アマモ場の変遷

山口県瀬戸内海側のアマモ場面積は、1960年代の約1090ha、1970年代の約800ha台から1990年の約490haまで減少した。その後、1995年には約680haにまで回復している。

山口湾のアマモ場は1950年代まで約720haの面積で分布していたが、1960年代から衰退し始め、1970～1980年代にかけては壊滅状態になった。その後、1990年頃から回復傾向が認められ、2005年にはアマモ場面積が153haまで回復した。

解説

山口県内のアマモ場面積の変遷を表1-1、山口県瀬戸内海側および山口湾のアマモ場面積の変遷を図1-1に示す。

山口県瀬戸内海側のアマモ場面積は、1960年代の約1090ha、1970年代の800ha台から1990年の約490haまで減少した。その後、1995年には約680haにまで回復している。山口県内のアマモ場については1) 詳細に追跡した過去の文献が少ないこと、2) 山口湾のアマモ場面積は1960年代に山口県内のその約半分を占めていたことから山口湾の詳細なアマモ場の変遷について、山口県などの調査結果および地元漁業関係者からのヒアリングをもとにして取りまとめた。山口湾のアマモ場の変遷を以下に列記する。

- ① 1950年代までは山口湾のほぼ全域に濃密なアマモ場が形成され、その面積は約720haであった¹⁾ (図1-2a)。
- ② 1960年代からアマモ場は急激に衰退して面積は半減し、1970～1980年代には山口湾のアマモ場は壊滅状態となり (図1-2b)、その面積は最盛期の約1/20の30ha未満となった^{2) 3) 4) 5)}。
- ③ 1990年頃からアマモ場再生の兆候があらわれ、1995年のアマモ場面積は91haまで回復していた⁶⁾。
- ④ 1999年に山口県に大きな災害をもたらした台風18号の影響によりアマモ場は再び壊滅状態となった。
- ⑤ 翌年の2000年からアマモ場はふたたび回復し始め、2002年のアマモ場面積は32haまで回復した⁷⁾ (図1-2c)。
- ⑥ その後アマモ場の著しい回復傾向がみられ^{*}、2005年のアマモ場面積は最盛期の約1/5である153haとなった⁸⁾ (図1-2d)。

※2003年から山口湾の長浜地先においてアマモ栄養株の移植試験を実施しているが^{7) 8)}、アマモ場の回復傾向は山口湾内のほぼ全域でみられたことから、移植による回復ではなく自然現象によるものであると考えられる。

表 1-1 山口県内のアマモ場面積の変遷

調査年(出典)		1952 ¹⁾	1966 ²⁾	1971 ³⁾	1978 ⁴⁾	1990 ⁵⁾	1995 ⁶⁾	2002 ⁷⁾	2005 ⁸⁾
瀬戸内海側	山口湾	720	450	188	30	0	91	32	153
	秋穂湾	-	170	44	0	0	9	-	-
	大海湾	-	60	292	28	0	0	-	-
	田布施・平生	-	-	2.2	95	80	88	-	-
	柳井湾	-	-	81.8	174	97	72	-	-
日本海側	油谷湾	-	-	-	5	20	28.4	-	-
	その他	-	-	-	7	6	1.3	-	-
山口県全体		-	-	-	820	512	704.7	-	-
山口県瀬戸内海側全体		-	1089	884.5	808	486	675	-	-

注1) - : 調査なし, または記載なし

注2) 日本海側のスガモ混じりのアマモ場は面積不明

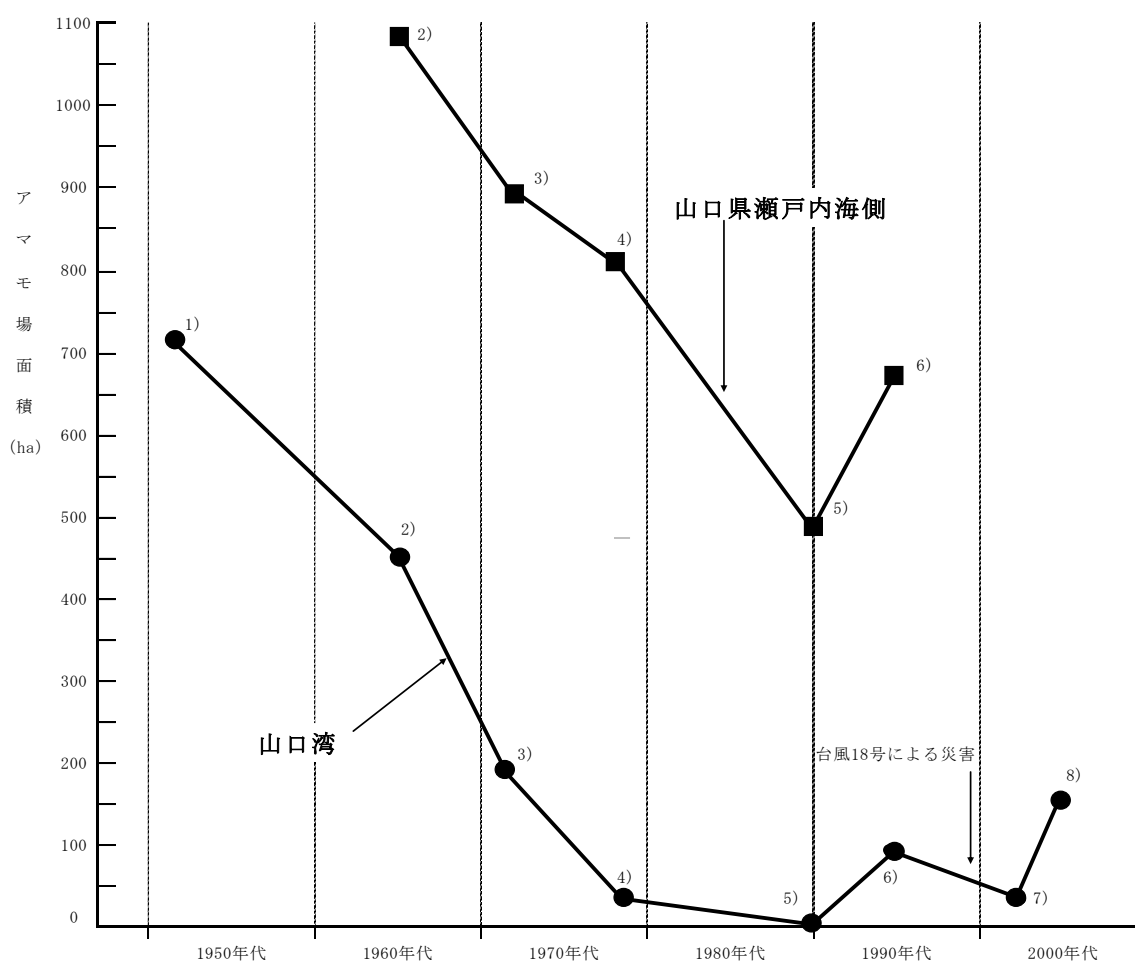
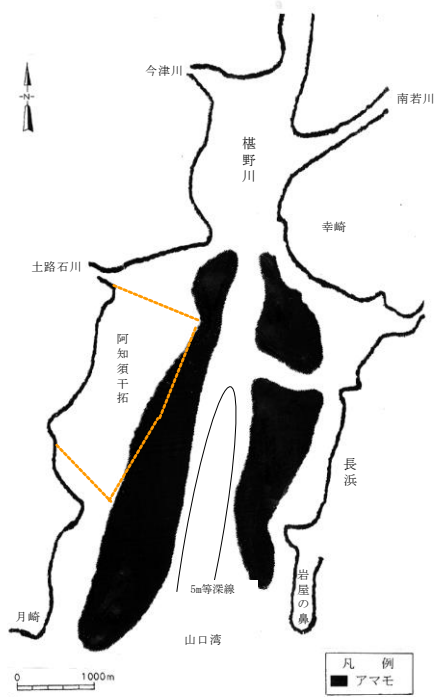
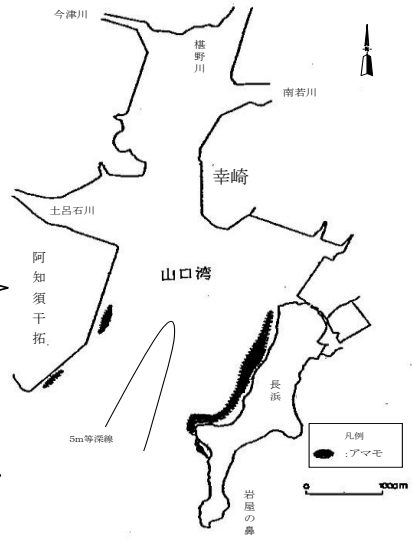


図 1-1 山口県瀬戸内海側および山口湾のアマモ場面積の変遷



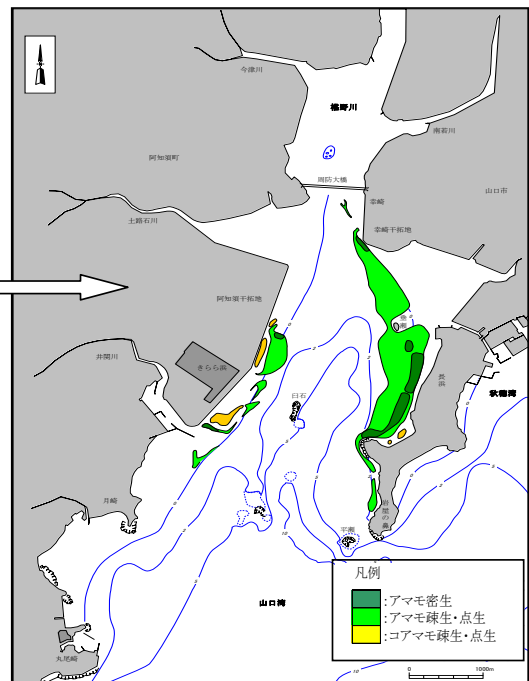
a 1950年代(宇都宮1954¹⁾より作成)



b 1980年代(河本ら1985⁹⁾より作成)



c 2002年(山口県2002⁷⁾)



d 2005年(山口県2006⁸⁾)

図 1-2 山口湾のアマモ場の変遷

1.2 社会経済情勢の変化とアマモの生育環境

山口湾のアマモ場は、日本の高度経済成長期にあたる 1960 年代頃から衰退していった。開発が優先される時代背景のもとで、干拓工事による濁り発生などが主な原因であると推察される。その後、開発と環境保全の調和を目指す気運が高まり、数々の公害防止や環境保全に関する法律が制定され、干拓工事の終了や生活系・産業系負荷などの経年的な減少を経て、1990 年頃からアマモ場の回復傾向がみられている。2005 年のアマモ場面積は 1950 年代の約 1/5 にまで回復した。

解説

山口湾および国内外の環境年表を表 1-2 に示す。

山口湾のアマモ場が衰退し始めた 1960 年から 1970 年代にかけては、日本の高度経済成長期に当たり、各地で干拓・埋立や工場排水などによる環境汚染が発生して社会問題化していた時期に一致する。この時期の 1965 年から 1971 年にかけて、瀬戸内海のアマモ場面積は 11,174ha から 5,574ha に半減している³⁾。このため、国内では公害対策基本法、大気汚染防止法、水質汚濁防止法など数々の公害防止に関する法律が制定され、国際的には国連人間環境会議などが開催され、それまでの開発優先の方向から開発と環境保全との調和を目指す気運が生まれた。その後、1990 年代になって国内では環境基本法、環境影響評価法、自然再生推進法など数々の環境保全に関する法律が制定され、国際的には国連環境開発会議が開催され生物多様性条約などが批准され、環境と開発との調和に関する社会的意識がより一層高まってきたところである。

榎野川河口域や下流域では 1500 年頃から主に米麦と塩の生産のための干拓工事が精力的に実施されていた¹⁰⁾。近年は、山口湾西部において、阿知須干拓地造成工事が 1947～1964 年、北側工区の干拓地埋立工事が 1987～1997 年に行われ¹¹⁾、干拓面積は計 376.4ha に及んでいる¹⁰⁾。特に阿知須干拓地造成工事では濁り発生により、干拓地周辺一帯に浮泥の堆積をきたした¹⁰⁾。また、山口湾北部においても幸崎干拓地造成工事が 1947～1963 年に実施されている¹⁰⁾ (干拓面積 61.4ha)。

一方で、生活排水の負荷に関しては 1985 年以降、下水道整備により BOD 発生負荷量は軽減されている¹²⁾ (図 1-3, 1-4)。また、農業分野では 1950 年頃から除草剤が普及しはじめていたが、農業の生産性向上をめざす旧農業基本法が 1961 年に施行されて農薬の使用が 1960 年代に本格化していった。その後、1971 年、2002 年の農薬取締法の改正により劇物・毒物的要素の強い農薬は規制され生物濃縮性や環境残留性の弱い農薬に置き換えられつつあり、山口県における農薬出荷量は 1985 年にピークを迎えその後減少傾向が続いている¹²⁾ (図 1-5)。さらに、農薬・肥料の適正使用、地力の増進などにより環境と調和した農業生産の展開をめざす食料・農業・農村基本法が 1999 年に制定されている。

これらの社会経済情勢の変化を踏まえ、山口湾におけるアマモ場の変遷と推察されるその原因について以下に列記する。

表1-2 山口湾および国内外における環境などに関する年表

年代	山口湾の環境		国内の環境動向		国際的な環境動向	
	アママモ	その他	プラス要因	マイナス要因	プラス要因	
1950年代	健全なアママモ場	干拓による濁り 阿知須干拓地造成(1947～1964) 幸崎干拓地造成(1947～1963)		製糸工場周辺の水質悪化顕在化 除草剤が本格的に普及 ひ素混入による食品公害事故 イタイタイ病発生 水俣病が保健所に初報告		
1960年代	アママモ場の衰退が始まる	顕在化	公害対策基本法 大気汚染防止法、騒音規制法	高度経済成長期 PCB混入による食品公害事故	国際自然保護連合レッドデータブック作成 米国家環境政策法	
1970年代	アママモ場の衰退顕著		水質汚濁防止法 海洋汚染・海上災害防止法 悪臭防止法 農薬取締法改正 化学物質等の審査、製造等規制法 瀬戸内海環境保全特別措置法 振動規制法		湿地保全のためのラムサール条約 国連人間環境会議(ストックホルム会議) 世界文化・自然遺産保護条約 野生動物種の商取引に関するワシントン条約	
1980年代	アママモ場が最も衰退	山口県の 農業出荷量のピーク 阿知須干拓地埋立(1987～1997)	湖沼水質保全特別措置法		ナイロビ宣言(地球環境悪化に警告) オゾン層保護のためのウィーン条約 オゾン層破壊物質に関するモントリオール議定書 有害廃棄物の越境移動規制のバーゼル条約	
1990年代	アママモ場の回復が始まる	生活系・産業系・畜産系負荷の減少	日本版レッドデータブック刊行 自動車NOX・PM法 環境基本法 生物多様性国家戦略 環境影響評価法 河川法改正 特定化学物質の排出量の把握・管理促進法 タイオキシシン類対策特別措置法 海岸法改正 食料・農業・農村基本法		国連環境開発会議(地球サミット) 生物多様性条約 気候変動枠組条約	
2000年代	アママモ場の回復傾向	経年的な減少	水産基本法、循環型社会形成推進基本法 有明海・八代海再生特別措置法 自然再生推進法 土壌汚染対策法 農薬取締法改正 環境保全・環境教育推進法 環境配慮事業活動推進法		温室効果ガス削減に関する京都議定書 Bio-safetyに関するカルタヘナ議定書 環境開発サミット	

- ① 1947～1964 年頃に実施された阿知須干拓地造成工事や幸崎干拓地造成工事に伴う濁り発生により山口湾のアマモ場は衰退し始めた。
- ② 干拓地造成工事終了後も農薬や生活排水の負荷増大等の影響によりアマモ場は衰退を続けた。
- ③ 農薬負荷の量的・質的軽減や下水道の整備・普及による汚濁負荷低減によりアマモの生育環境は改善され、1990 年頃からアマモ場の回復傾向が認められるようになった。
- ④ 山口県などに災害をもたらした 1999 年台風 18 号の波浪の影響によりアマモ場は一時的に衰退したものの、2002 年から 2005 年にかけては著しい回復傾向がみられ、2005 年のアマモ場面積は 1950 年代の約 1/5 まで回復した。

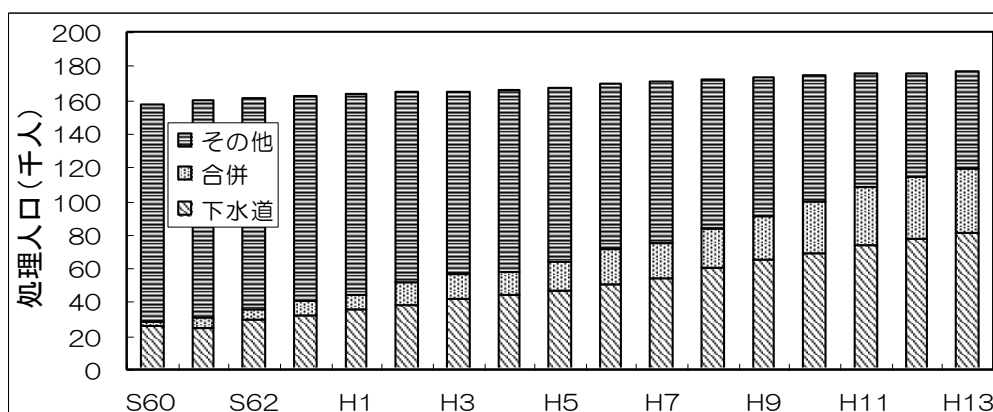


図 1-3 関係 1 市 3 町における生活排水の処理人口の推移 (山口県生活環境部 2004¹²⁾)

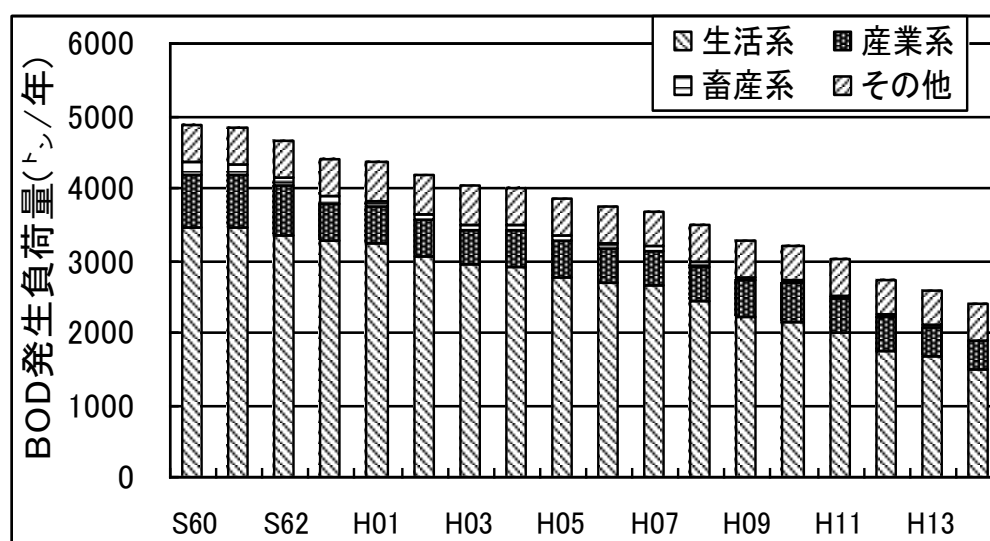


図 1-4 山口湾における発生負荷量の構成要素の変化 (山口県生活環境部 2004¹²⁾)

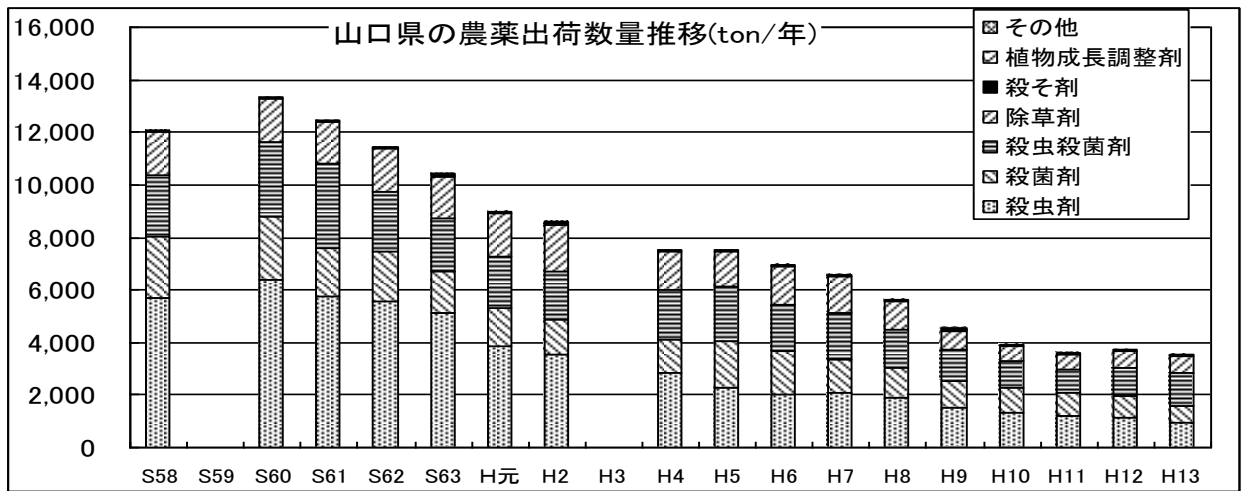


図 1-5 山口県の農薬出荷数量の推移（山口県生活環境部 2004¹²⁾）

出典

- 1) 宇都宮正 1954 藻場に出現する生物について，山口県内海水産試験場事業報告，第 16 巻 4 号：25-30
- 2) 内海水産研究所資源部 1967 瀬戸内海における藻場の現状，内水研刊行物 C：21-38
- 3) 水産庁南西海区水産研究所 1974 瀬戸内海の藻場 昭和 46 年の現状
- 4) 山口県 1978 干潟・藻場・サンゴ礁分布調査報告書，第 2 巻藻場，第 2 回自然環境保全基礎調査
- 5) 環境庁 1994 海域生物環境調査報告書，第 2 巻藻場，第 4 回自然環境保全基礎調査
- 6) 山口県 1995 干潟・藻場・サンゴ礁分布調査報告書，第 2 巻藻場，第 5 回自然環境保全基礎調査
- 7) 山口県 2002 平成 14 年度山口湾アマモ場移植業務報告書
- 8) 山口県 2006 平成 17 年度アマモ場造成検討・実証業務報告書
- 9) 河本良彦ら 1985 浅海，干潟，藻場の底質変化，浅海域の海岸・海底形状変化に伴う影響調査，昭和 58 年度報告書，139-148
- 10) 山口県 1961 自然環境の人為的影響による変化，山口県内海水産試験場調査研究業績，第 11 巻 1 号：59-117
- 11) 中田榮一郎 2002 きらら浜自然観察公園ー自然と人との共生，新・生物多様性国家戦略セミナー配布資料
- 12) 山口県環境生活部 2004 平成 15 年度樺野川河口干潟自然再生推進計画調査報告書

参考資料 A (岡山県内のアマモ場の変遷)

相生 (2003) によれば、岡山県におけるアマモ場変遷の概要とその原因は以下のとおりである。

岡山県のアマモ場面積は大正 14 年 (1925 年) には 4,000ha 以上もあったが、昭和 46 年 (1971 年) には 800ha、昭和 52 年 (1977 年) には 700ha、平成元年 (1989 年) には 600ha に減少し (図 A-1)、平成 7 年 (1995 年) 時点でもほぼ同じ値である。

アマモ場の衰退原因として光環境に着目し、児島湾湾口部の透明度のデータを用い生育下限水深の変遷について調査したところ、大正時代には透明度が 3~4 m で生育水深が 3.5~4.5 m であったが、昭和 40 年以降の調査では透明度が 2 m 前後、計算上の生育水深が 2~3 m に低下していた (図 A-2, 図 A-3 a, b)。このことから、アマモ場の衰退原因は透明度低下による光環境の悪化と考えられる。しかし、実際のアマモ場では光環境の悪化の程度を超える分布下限水深の上昇や消滅がみられている。結論として、岡山県下のアマモ場衰退原因として光環境の悪化および昭和 40 年代から大量に使用されるようになった農薬の負荷増大と推察している。

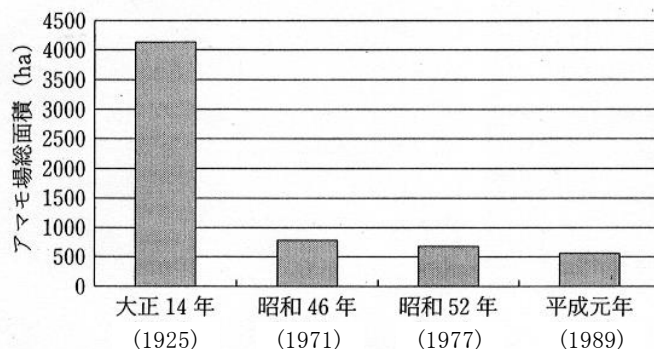


図 A-1 岡山県のアマモ場面積の変遷 (相生 2003)

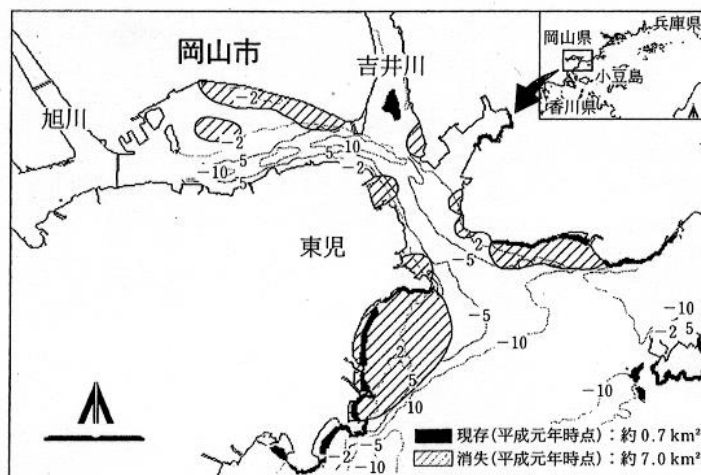


図 A-2 岡山県児島湾湾口部における大正 14 年 (1925 年) のアマモ場と平成元年 (1989 年) 時点のアマモ場の変遷 (相生 2003)

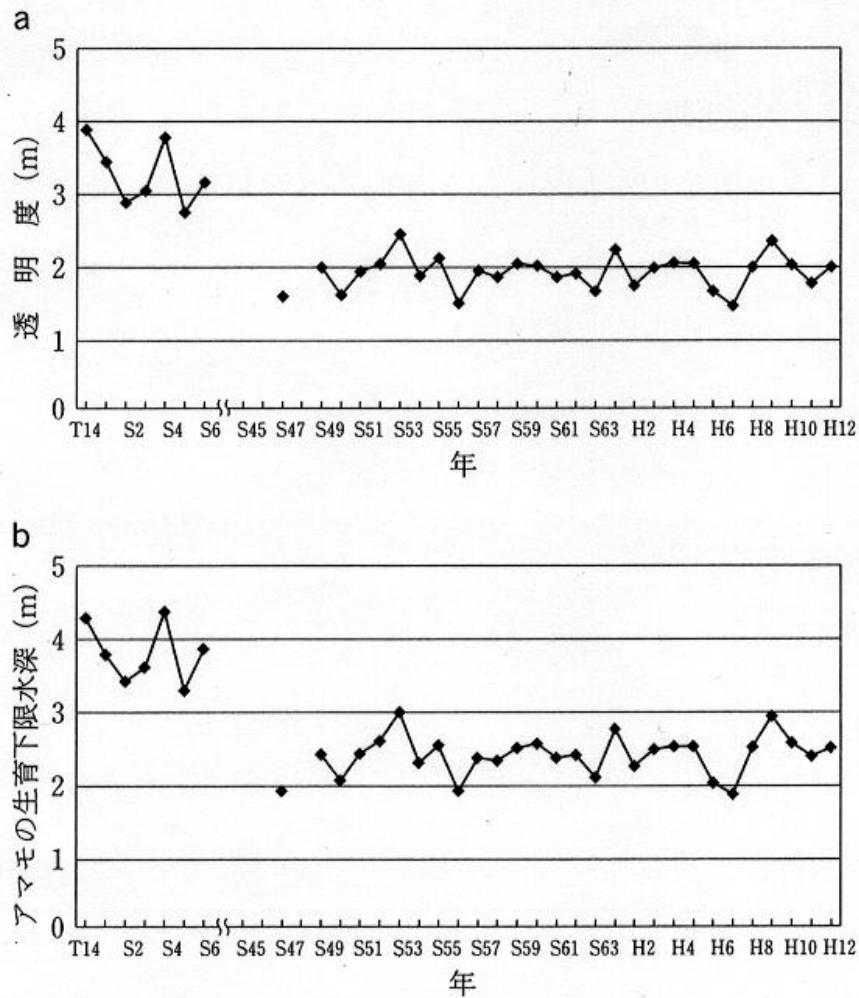


図 A-3 a:児島湾湾口部におけるアマモ場の透明度の変遷, b:児島湾湾口部における光環境から算出したアマモの生育下限水深 (T, S, H はそれぞれ大正, 昭和, 平成を表す, 相生 2003)

注) 児島湾湾口部のアマモ場における透明度低下の原因について

相生 (2003) には記載されていないが, 岡山市に隣接する児島湾湾口部では, 人口増加や生活排水対策の遅れなどにより透明度が低下したものと推察される。

出典

相生啓子 2003 藻場生態系と地球環境, 遺伝, 第 57 巻, 第 2 号 : 53-58

2. 山口県瀬戸内海の事例を中心とするアマモの生物学的特性

2.1 アマモの種類

アマモは海草の1種で陸上の高等植物と同様の形態や生活史をもつ。これがまとまって生えている場所はアマモ場（アジモ場）と呼ばれている。

日本沿岸に分布する海草は合計16種であり、北海道から九州まで広く分布し大規模な群落を形成するのはアマモ（*Zostera marina* L.）のみである。

解説

アマモは海草の1種で、花を咲かせ、種子をつくり体に維管束をもち、体のつくりや生殖のしくみは陸上の高等植物と同様である。アマモがまとまって生えている場所がアマモ場（古くはアジモ場）と呼ばれている。日本沿岸に分布する海草は表2-1に示すように3科16種が知られている。山口県内ではアマモ、コアマモ、エビアマモ（二見から萩にかけての日本海側）、ウミヒルモの4種の生育が確認されている（水産大学校村瀬講師私信）。アマモとスガモ以外の多くが絶滅危惧種もしくは準絶滅危惧種としてレッドデータブックに記載されている。海草の多くは砂泥中に地下茎と根を張って生育しているが、スガモとエビアマモの2種だけは岩礁の隙間や割目に根を張って生育する岩礁性の海草である。

ウミショウブ、リュウキュウスガモ、ベニアマモ、リュウキュウアマモなどの熱帯・亜熱帯性種は南西諸島にのみ分布し、北海道から九州まで広く分布し大規模な群落を形成しているのはアマモ（学名：*Zostera marina* L.）のみである。したがって、一般にアマモ場という場合はアマモ1種による純群落を指す場合が多く、本指針でもアマモ1種を造成の検討対象とした。

表2-1 日本産海草一覧（環境省2004¹⁾より作成）

科名	和名（希少性）	分布域
トチカガミ科	ウミショウブ（絶滅危惧Ⅱ類）	熱帯～亜熱帯
	リュウキュウスガモ（準絶滅危惧）	熱帯～亜熱帯
	ウミヒルモ（準絶滅危惧）	熱帯～亜熱帯～温帯
	ヒメウミヒルモ（絶滅危惧Ⅱ類）	熱帯～亜熱帯
アマモ科	アマモ	温帯
	オオアマモ（絶滅危惧Ⅱ類）	温帯～亜寒帯
	タチアマモ（絶滅危惧Ⅱ類）	温帯
	スゲアマモ（準絶滅危惧）	熱帯～亜熱帯～温帯
	コアマモ（情報不足）	熱帯～亜熱帯～温帯～亜寒帯
	スガモ	熱帯～亜熱帯～温帯（岩礁性）
ヒルムシロ科	エビアマモ（準絶滅危惧）	温帯（岩礁性）
	ベニアマモ（準絶滅危惧）	熱帯～亜熱帯
	リュウキュウアマモ（準絶滅危惧）	熱帯～亜熱帯
	ウミジグサ（準絶滅危惧）	熱帯～亜熱帯
	マツバウミジグサ（準絶滅危惧）	熱帯～亜熱帯
	ボウバアマモ（準絶滅危惧）	熱帯～亜熱帯

2.2 アマモの生活史

アマモは雌雄同株で栄養株と花枝がある。冬から初夏に伸長し、花枝は初春から初夏にかけて形成され、種子は晩秋から冬にかけて発芽する。

解説

アマモは雌雄同株で地下茎の生長・分枝による繁殖（無性生殖）を行って増殖する栄養株と有性生殖を行って種子をつくる花枝がある（図 2-1, 写真 2-1）。アマモの種子は冬季に発芽し、冬から初夏に伸長し、分枝の活発な時期を迎える（図 2-2）。アマモの花枝は初春から初夏にかけて形成される。アマモは通常多年生の海草であるが、発芽後 1 年以内に種子を作って枯死する一年生の生活史を示すアマモの生育する地域（静岡県浜名湖, 鹿児島県与次郎ヶ浜など）もある¹⁾。

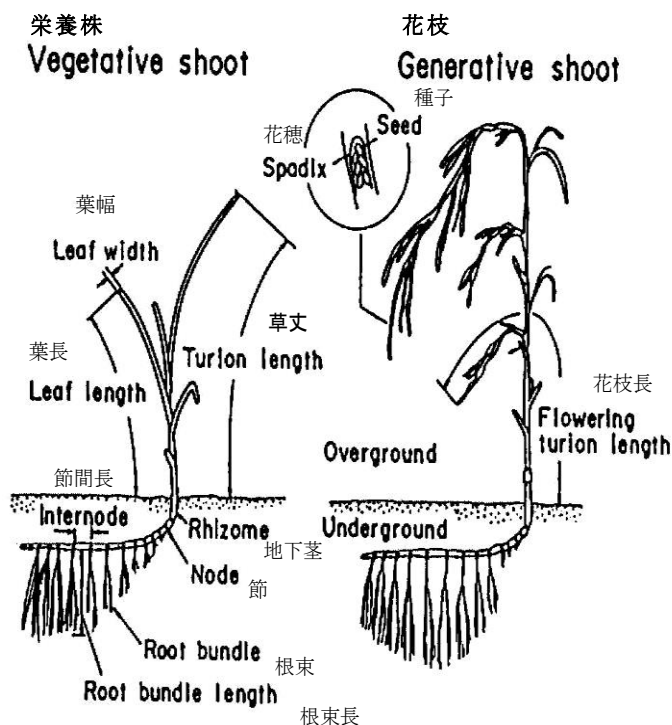


図 2-1 アマモの形態と各部の名称 (川端ら 1990²⁾) 写真 2-1 山口湾のアマモ栄養株 (上) と花枝 (下)

月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
発芽期												
生長期												
栄養株の分枝期												
種子の放出期												
種子の休眠期												

図 2-2 山口県柳井湾におけるアマモの生活史 (川端ら 1990²⁾ より作成)

2.3 アマモ場形成の阻害要因とアマモの生育条件

アマモ場の形成には様々な環境要因が関与しているが、これらは光合成環境要因（分布下限の決定要因）、水理環境要因（分布上限などの決定要因）、底質環境要因および生物学的要因に区分される。

解説

アマモ場の形成には様々な環境要因が関与しているが、これらは光合成環境要因、水理環境要因、底質環境要因および生物学的要因に区分される（表 2-2、図 2-3）。光合成環境要因によりアマモの分布下限水深が決定され、光条件の悪いところではアマモ場形成が阻害され分布水深が浅くなる。波浪や干出などの水理環境要因は主にアマモの分布上限を決定する。ただし、波浪が強すぎる場合にはアマモの分布そのものが阻害される。底質環境要因では、シルト・粘土分が卓越した軟泥地盤ではアマモ草体の支持強度不足からアマモの分布が阻害される。生物学的要因では、アオサ属やホトトギスガイが優占する場合にもアマモの分布が阻害される。

アマモ場形成・維持条件の例は表 2-3 に示すとおりである。なお、山口湾のアマモ場形成・維持条件については、第 3 章で詳細に述べる。

表 2-2 アマモ場の環境要因³⁾

環境要因	
光合成環境要因	<ul style="list-style-type: none"> ■ 光量（光合成速度） ■ 水温（呼吸速度）
水理環境要因	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地形 ■ 波浪・航跡波 ■ 潮流・潮位 ■ 砂面変動 ■ 干出
底質環境要因	<ul style="list-style-type: none"> ■ 粒度組成・密度 ■ 酸化還元電位 ■ 一般項目（COD, IL, 全硫化物） ■ 健康項目（有害物質） ■ 地盤支持強度（ベーンせん断強度）
生物学的要因	<ul style="list-style-type: none"> ■ 食害・競合生物

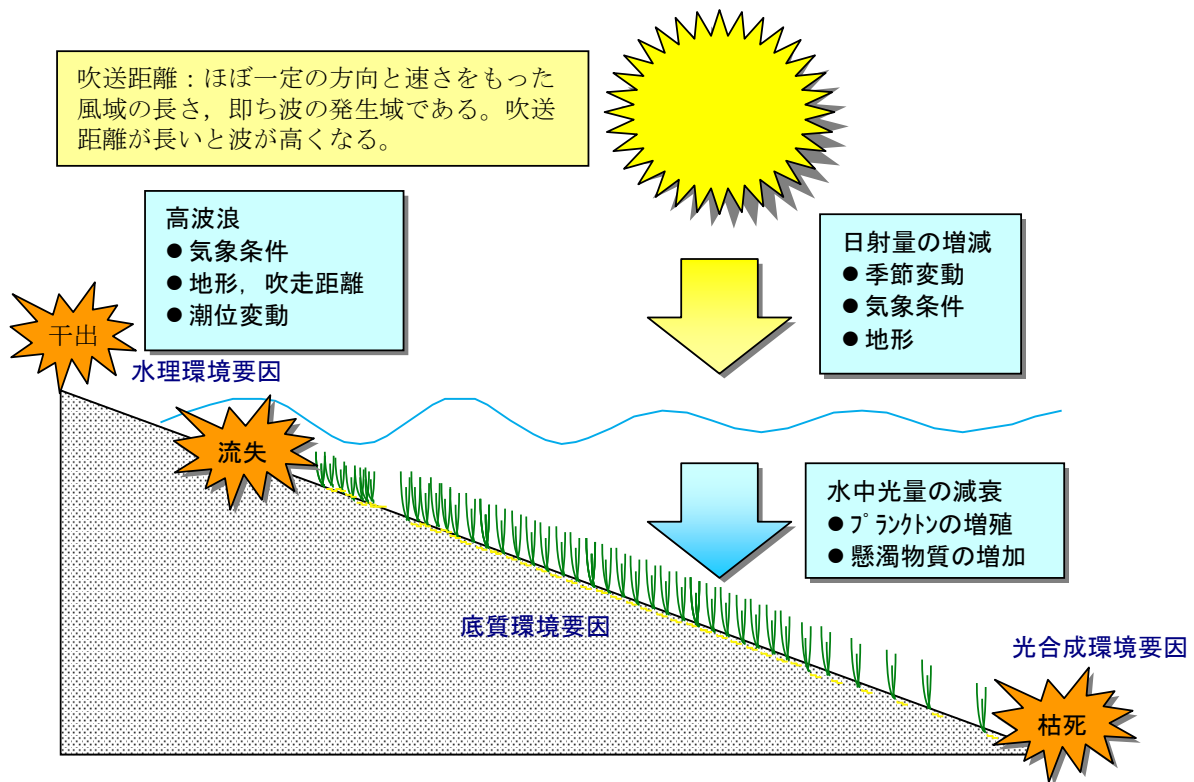


図 2-3 アマモの鉛直分布とアマモの生育に影響を与える環境要因³⁾

表 2-3 アマモ場形成・維持条件の例

項目	一般的な例 ³⁾	山口湾の例 ⁴⁾
光量	年平均 $3E \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$ 以上	年平均 $5.8E \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$ 以上
水温	8月の平均水温 $28^{\circ}C$ 以下	$27.2^{\circ}C$ (平成17年8月)
塩分	17~34	19~33
海底勾配	1/50以下	1/50以下
底質	中央粒径 0.14~0.39mm	0.06未満~0.91mm
	その他 シルト・粘土分30%以下 I.L.(強熱減量)5%以下 COD10mg/g以下 全硫化物1mg/g以下	シルト・粘土分8~97% I.L.(強熱減量)5%以下 COD12mg/g以下 全硫化物0.3mg/g以下

2.4 アマモ場の生物とアマモ場の機能

アマモ場には多種多様な生物が生息し、魚類やイカ類の保育・摂餌、産卵場としての水産資源の保護培養機能、あるいは水質浄化など海域の環境保全機能がある。

解説

アマモ場にはアマモ葉上動物としての小型甲殻類（ヨコエビ・ワレカラ類，エビ類）がおびたしい数で生息し、これらを餌にする水産有用種の幼稚魚（メバル，アイナメ，マダイ，スズキなど）やアマモに産卵するイカ類（アオリイカ，コウイカ，カミナリイカ）などが蝟集し、水産上有用で多様な沿岸浅海域の生態系を構成している（表 2-4，図 2-4，図 2-5）。

表 2-4 山口県のアマモ場に生息する魚類（八柳 1981⁵⁾）

海 域		周 防 灘		伊 予 灘		
湾 名		山 口 湾	秋 穂 湾	平 生 湾	柳 井 湾	
出 現 種 (T')		33 (68.7%)	25 (52.0%)	22 (45.8%)	19 (39.5%)	
有 用 種 (U')		25 (64.1%)	17 (43.5%)	15 (38.4%)	15 (38.4%)	
共 通 種		メバル，アイナメ，キュウセン，ギンポ，ハオコゼ，アサヒアナアゼ，アミメハギ				
優 占 種		アミメハギ	アミメハギ	アミメハギ	アミメハギ	
標 兆 種		タケノコメバル	タケノコメバル	ヨロイメバル	マトウトラギス	
生 態 区 分	藻場定住性	ハオコゼ，ヨウジウオ，クダヤガラ，アサヒアナハゼ，アミメハギ	ハオコゼ，ヨウジウオ，クダヤガラ，アサヒアナハゼ，アミメハギ	ハオコゼ，ヨウジウオ，クダヤガラ，アサヒアナハゼ，アミメハギ，クジメ，クロソイ	ハオコゼ，アサヒアナハゼ，アミメハギ，クロソイ	
	内 湾	定住性	クロダイ，クサフグ，ヒガンフグ，スジハゼ，マハゼ，ヒイラギ	クロダイ，クサフグ，ヒガンフグ，ニクハゼ，スジハゼ，キヌバリ，ヒイラギ	クロダイ，クサフグ，ニクハゼ，キヌバリ，ヒイラギ	セトヌメリ，オキタナゴ，イトヒキハゼ
		滞留性	ウミタナゴ，スズキ，アイゴ	ウミタナゴ，スズキ，アイゴ	アイゴ	ウミタナゴ，カタクチイワシ
	沿 岸	岩礁性	メバル，タケノコメバル，アイナメ，キュウセン，ギンポ	メバル，タケノコメバル，アイナメ，キュウセン，ギンポ	メバル，アイナメ，キュウセン，ギンポ，ヨロイメバル	メバル，アイナメ，キュウセン，ギンポ
砂・泥底性		マダイ，コシヨウダイ，マゴチ，イネゴチ，メゴチ，ヌメリゴチ，アカカマス，キス，マコガレイ，トカゲエソ，マアナゴ，オニオコゼ，テンジクダイ	マダイ，ウマヅラハギ，ヌメリゴチ，マアナゴ，オニオコゼ，テンジクダイ	マダイ，ウマヅラハギ，ネズッポ，カワハギ	オニオコゼ，テンジクダイ，カナド，マトウトラギス，ササウシノシタ，アオギス	

注 1) 表中の数字は種数を，%は各湾の全海域の総種数（T：48種，U：39種）に対する比率を示す。

注 2) 調査期間：山口湾・秋穂湾は周年，平生湾は5～10月，柳井湾は7月。

No.	種	調査月												大きさの範囲			
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	山口湾	秋穂湾		
1	ウミタナゴ															3.8 ~ 17.3	3.8 ~ 15.2
2	スズキ															3.6 ~ 19.8	3.3 ~ 22.4
3	マダイ															2.1 ~ 9.3	5.2 ~ 10.0
4	コショウダイ															9.1 ~ 10.6	
5	メバル															1.5 ~ 11.7	1.9 ~ 12.4
6	タケノコメバル															1.9 ~ 7.8	2.0 ~ 13.3
7	ウマヅラハギ																6.3 ~ 11.7
8	マゴチ															5.6 ~ 18.4	
9	イネゴチ															3.9 ~ 5.1	
10	メゴチ															11.2 ~ 14.9	
11	ヌメリゴチ															1.5 ~ 6.0	2.2 ~ 3.0
12	アイナメ															1.5 ~ 10.5	3.4 ~ 16.3
13	アイゴ															2.5 ~ 12.4	1.9 ~ 13.0
14	アカカマス															10.0	
15	クロダイ															8.1 ~ 14.0	8.7 ~ 11.3
16	キス															2.1	
17	マコガレイ															4.9	
18	トカゲエソ															3.7 ~ 3.9	
19	マアナゴ															28.0	32.8
20	キュウセン															15.4	4.9 ~ 8.6
21	ギンポ															3.1 ~ 22.7	3.7 ~ 18.9
22	オニオコゼ															4.3 ~ 7.4	10.7
23	ハオコゼ															2.6 ~ 5.3	2.1 ~ 7.3
24	クサフグ															3.9 ~ 10.7	2.1 ~ 6.4
25	ヒガンフグ															4.1 ~ 9.9	1.2 ~ 15.1
26	ヨウジウオ															7.5 ~ 25.2	7.7 ~ 25.4
27	クダヤガラ															6.7 ~ 12.0	5.3 ~ 13.5
28	アサヒアナハゼ															1.6 ~ 10.5	1.7 ~ 14.0
29	ニクハゼ															2.0 ~ 5.4	2.6 ~ 5.0
30	スジハゼ															1.9 ~ 6.1	2.7 ~ 7.7
31	マハゼ															12.9 ~ 14.0	
32	キヌバリ																3.6 ~ 7.9
33	ヒイラギ															1.7 ~ 8.4	
34	テンジクダイ															1.2 ~ 7.0	6.8
35	アミメハギ															1.1 ~ 5.8	1.2 ~ 5.0
36	ギンガメアジ															10.7	
37	タツノオトシゴ															3.2 ~ 6.5	2.4 ~ 6.5
38	スソウミヘビ																64.3

図 2-4 (1) 山口湾・秋穂両藻場に生息する生物の出現期と大きさ (山口県 1961⁶⁾)
 大きさの範囲は魚類・エビ類については体長(cm), その他は体重(g)を, 一は山口湾, …は秋穂湾の出現を示す。

No.	種	調査月												大きさの範囲		
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	山口湾	秋穂湾	
39	マダコ														221.3 ~ 545.6	214.5 ~
40	テナガダコ														210.0	121.5
41	イイダコ														48.2 ~ 364.0	203.0
42	コウイカ														1.1 ~ 68.2	10.0
43	シシイカ														0.5 ~ 3.1	11.3 ~ 16.3
44	ミミイカ														0.3 ~ 21.2	0.2 ~ 0.9
45	ジンドウイカ														0.3 ~ 14.8	0.3 ~ 4.6
46	アオリイカ														13.3 ~ 60.6	26.2 ~ 35.2
47	ヒメイカ														0.1 ~ 0.5	0.1 ~ 0.7
48	クルマエビ														1.9 ~ 14.1	
49	クマエビ														2.2 ~ 6.1	3.5 ~ 5.1
50	ヨシエビ														3.5 ~ 10.2	
51	シバエビ														3.4 ~ 7.5	
52	トラエビ														2.4 ~ 2.7	
53	アカエビ															3.5
54	キシエビ														1.6 ~ 4.8	
55	サルエビ														1.5 ~ 5.9	
56	エビジャコ														1.0 ~ 3.4	1.4 ~ 3.1
57	ホソモエビ														0.9 ~ 2.0	0.9 ~ 2.1
58	ヘラモエビ														1.0 ~ 3.8	1.3 ~ 3.1
59	ホソツノモエビ														1.4 ~ 3.4	1.3 ~ 3.9
60	コシマガリモエビ														1.9 ~ 2.6	1.3 ~ 2.9
61	アシナガモエビ														0.8 ~ 2.6	1.0 ~ 3.2
62	アシナガスジエビ														2.0 ~ 2.4	1.2 ~ 2.6
63	スジエビモドキ														1.0 ~ 3.3	1.1 ~ 3.8
64	イシガニ														10.1 ~ 85.1	74.0
65	フタホシイシガニ															2.1 ~ 5.7
66	ヒシガニ														0.4	
67	イボカイカムリ															1.7
68	ドロイシガニ															2.2
69	オオワレカラ														1.0 ~ 4.0	1.0 ~ 4.0
70	ウミセミ														0.1 ~ 0.4	0.1 ~ 0.4
71	サンショウウニ														0.1 ~ 28.0	0.3 ~ 28.0
72	ハマトビムシ類														0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2
73	ヤドカリ類														—	—
74	ゴカイ類														—	—
75	ヒトデ類															0.1 ~ 2.0
76	アメフラシ類														—	—

図 2-4 (2) 山口湾・秋穂両藻場に生息する生物の出現期と大きさ (山口県 1961⁶⁾)
 大きさの範囲は魚類・エビ類については体長(cm), その他は体重(g)を, 一は山口湾, …は秋穂湾の出現を示す。

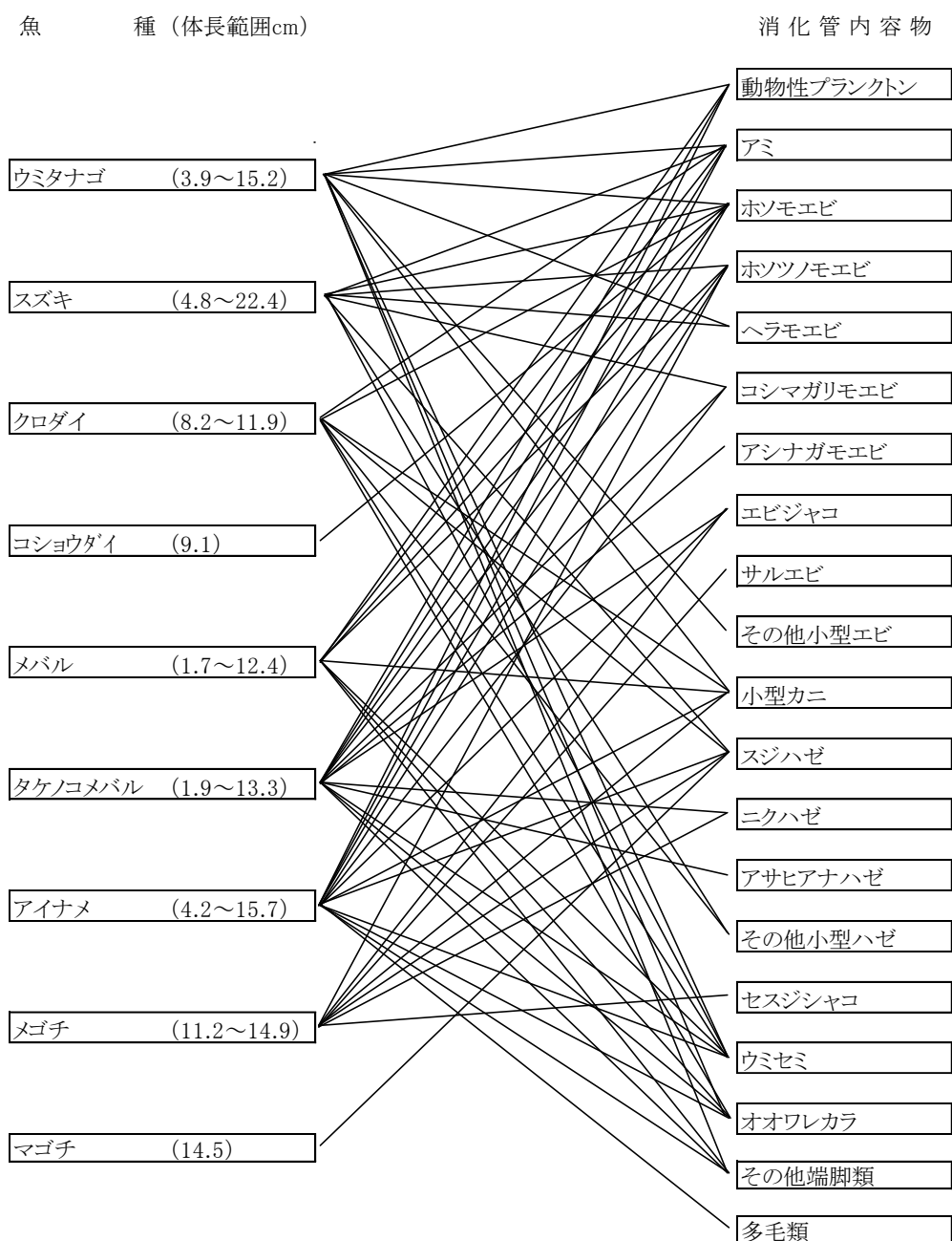


図 2-5 主要稚仔魚の藻場における食性 (山口県 1961⁶⁾)

アマモ場には、魚類やイカ類の保育・摂餌、産卵場としての水産資源の保護培養機能 (生活圈藻場)、あるいは水質浄化など海域の環境保全機能がある (表 2-5, 図 2-6)。

アマモ場の直接価値としては保護培養機能を通じた有用魚介類の漁獲量の増加で評価される。間接価値としては水質浄化、炭酸ガスの吸収、海浜地盤の安定化など水域環境の向上で評価される。例えば、アマモ場の水質浄化能力の経済的価値は、下水処理による窒素 1 kg の除去にかかる費用に換算し、年間 25,984 円と評価される³⁾ (注 1, 注 2 参照)。

表 2-5 藻場の生息生物と機能（運輸省 1998⁷⁾ より作成)

区分	機能	対象魚種など	藻場の種類
生活圏藻場 [※]	① 幼稚仔の保育場 及び摂餌場	・メバル, アイナメ, タイ, スズキ, ベラ等の魚類 ・ウニ, ナマコ, サザエ等	アマモ場・ガラモ場 ガラモ場・海中林
	② 産卵場	・トビウオ, ハタハタ, サヨリ, クジメ等の魚類 ・イカ類	アマモ場・ガラモ場 藻場全般
	③ 流れ藻の供給源	・ブリ, イシダイ, メバル, ウスメバル, カニ類等 の稚仔が付随	ガラモ場
餌料藻場 ^{※※}	① 直接的餌料	・アワビ, サザエ, ウニ類	海中林
	② 間接的餌料	・ナマコ, 小型甲殻類等	藻場全般
海域の環境保全	① 水質浄化: 栄養塩類・二酸化炭素の吸収 ^{※※※}		藻場全般
	② 生物多様性: 多様な生物が生息する生態系を形成		藻場全般
	③ 物質循環: デトリタスフードチェーンに貢献		アマモ場
	④ 養浜効果: アマモ・コアマモの根茎が土壌を堅持		アマモ場
	⑤ 藻場の存在により景観・親水性が増加		藻場全般

※ : 魚類やイカ類の保育・摂餌場, 産卵場, 及び流れ藻の供給源としての役割をもつ藻場。

※※ : 藻場構成種自体がアワビ・サザエ・ウニ類の直接的な餌料源としての役割を持つ藻場,
あるいは藻場の付着珪藻やデトリタスがナマコなどの間接的な餌料源として役立つ藻場。

※※※ : 富栄養化防止・地球温暖化防止に貢献することが期待される。

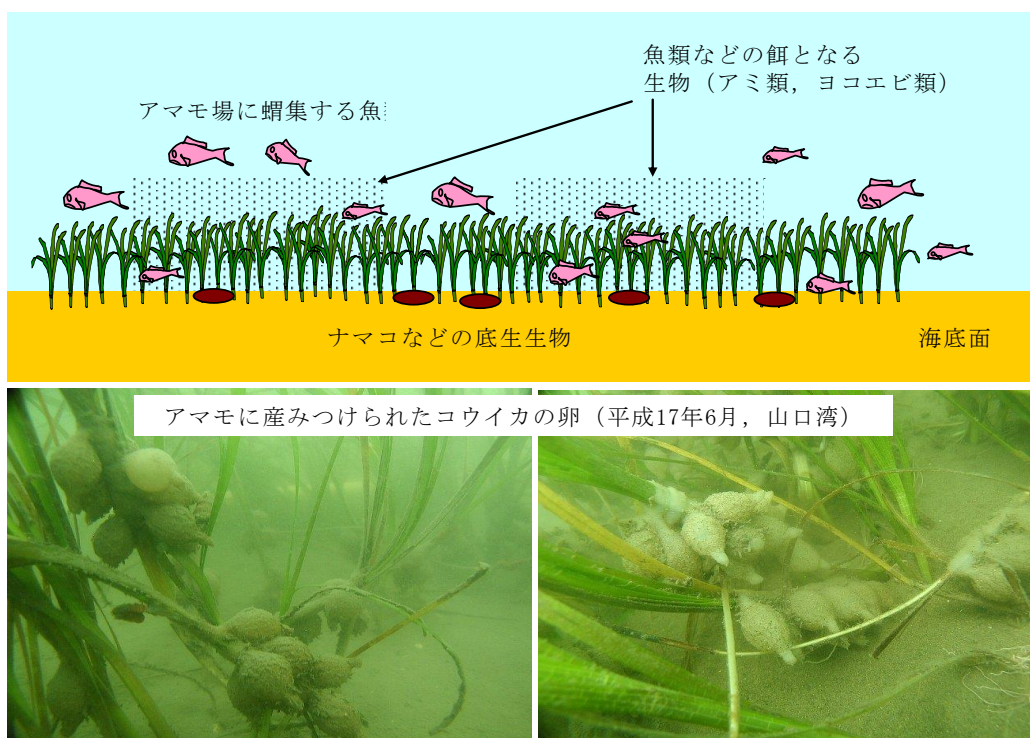


図 2-6 アマモ場の水産資源の保護培養機能

注1) 水質浄化効果の算定について³⁾

アマモ場造成によって見込まれる水質浄化効果（造成アマモ場による窒素処理量）は，造成アマモ場の年間最大現存量（整備方針で定めた目標値）等から造成アマモ場の増加生産量を推定し，これに草体の窒素含有率（窒素3%）を乗じて算定する。

$$\text{水質浄化効果（造成アマモ場による窒素）} = \text{造成アマモ場の増加生産量} \times \text{窒素含有率}$$

① 造成アマモ場の増加生産量の推定方法

造成アマモ場の増加生産量は次式を用いて推定する。

$$\text{造成アマモ場の増加生産量} = \text{年間最大現存量（乾重量 t）} \times \text{年間生産量} / \text{最大現存量比率}$$

※1 年間最大現存量＝整備方針で定めた目標値

※2 年間生産量／最大現存量比率＝1.2³⁾

② 水質浄化効果の貨幣換算の方法

水質浄化効果の貨幣換算は，造成アマモ場による窒素の処理量に下水道の窒素除去量当たりの年間経費（表2-6）を乗じて行う。

表 2-6 窒素除去量当たりの年間経費

項目	除去量当たりの年間経費 (円/kg・年)
全窒素	25,984

注2) 山口湾における水質浄化効果について

山口湾のアマモ場の水質浄化効果を試算すると，窒素除去量は年間2.3トンであった（表2-7）。これを貨幣換算すると約6,000万円と試算された。

表 2-7 窒素除去量の試算（山口湾）

$$\text{最大現存量} = 153 \times 10^4 \times 38 \times 1.1 \times 10^{-6} = 64 \text{トン}$$

$$\text{年間生産量} = \text{最大現存量} \times 1.2 = 77 \text{トン}$$

$$\text{窒素除去量} = \text{最大生産量} \times 0.03 = 2.3 \text{トン}$$

条件1) 平成17年6月の山口湾アマモ場面積: 153ha

条件2) 平成17年6月の山口湾アマモの平均株密度: 38株/m²

条件3) 1株当たりの乾燥重量: 1.1g (東京久栄技術資料)

注3) 山口湾の漁獲量の変遷について⁸⁾

山口湾およびその周辺の漁獲量の変遷について、統計資料の様式が統一されている1973年から2003年までの山口市、阿知須町、秋穂町の市町村別漁獲量から調査した(図2-7)。

調査期間中の山口湾のアマモ場は衰退期から回復期にあたり(図1-1参照)、全般的に漁獲量の低迷が続くなかで、こういか類やなまこ類などではアマモ場回復に同調した増加傾向がうかがえた。

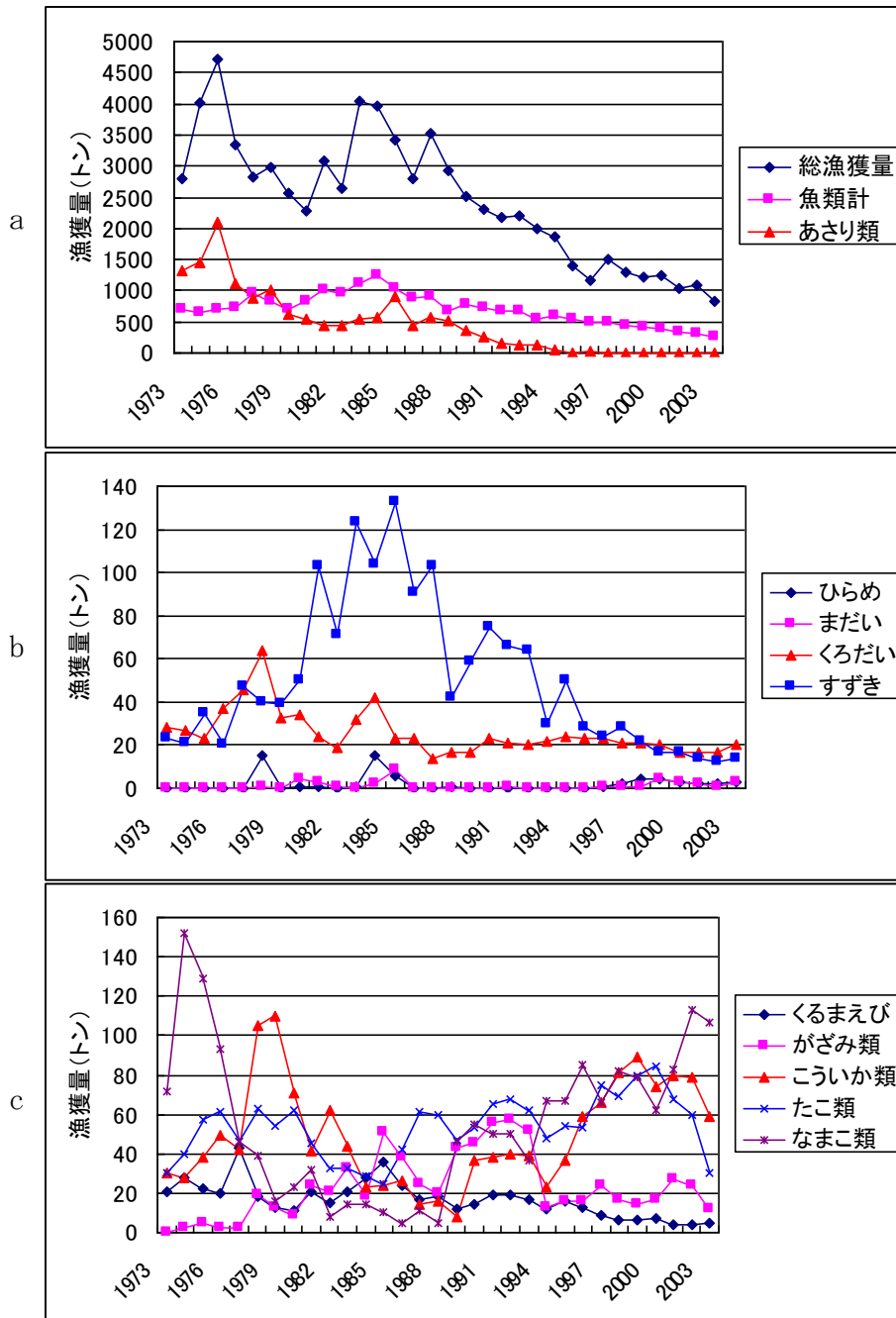


図2-7 山口湾および周辺における漁獲量の変遷
(山口県農林水産統計年報⁸⁾より作成)

出典

- 1) 環境省 2004 藻場の復元に関する配慮事項
- 2) 川端豊喜ら 1990 柳井湾におけるアマモの生長様式とアマモ場造成試験, 沿岸海洋研究ノート, 第27巻, 第2号, 146-156
- 3) マリノフォーラム 21 海洋環境保全研究会, 浅海域緑化技術開発グループ編 2001 アマモ場造成技術指針, MF21 技術資料 No. 49
- 4) 山口県 2006 平成17年度アマモ場造成検討・実証業務報告書
- 5) 八柳健朗 1981 山口県の内海域における漁業と資源, 山口県内海水産試験場報告, 9
- 6) 山口県 1961 藻場の保存, 山口県内海水産試験場調査研究業績, 第11巻1号: 328-337
- 7) 運輸省港湾局監修, エコポート(海域)技術WG編集 1998 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発行
- 8) 山口県 1973-2003 山口県農林水産統計年報

3. 山口県瀬戸内海におけるアマモの生育環境

3.1 物理的環境

山口湾ではアマモの生育に十分な水中光量が認められ（既存のアマモ場）、沖合の周防灘では透明度の経年的な回復傾向がうかがえた。

山口湾の底質は概ねアマモの生育に適していたが、アマモ場の粒度組成はシルト・粘土分の比率が高い地域特性が認められた。波浪や潮流による砂の移動の指標である地盤高の変動は、アマモの生育に支障のない程度の±10cm以下であった。

山口湾の阿知須干拓地先の一部では波浪がアマモ分布の制限要因になっていることが示唆された。

解説

3.1.1 光

山口湾におけるアマモ生育環境の調査位置を図 3-1 に示す。天然アマモ場の調査点 1～4 の概要を表 3-1 に示す。

アマモの生育に必要な光量とされる底層の日積算光量子束密度は年平均で $3E/m^2 \cdot 日$ 以上とされている¹⁾。底層の日積算光量子束密度は最寄りの気象台の日射量の値から海面下での光の減衰の比率（消散係数）などを乗じて求めることができる²⁾。

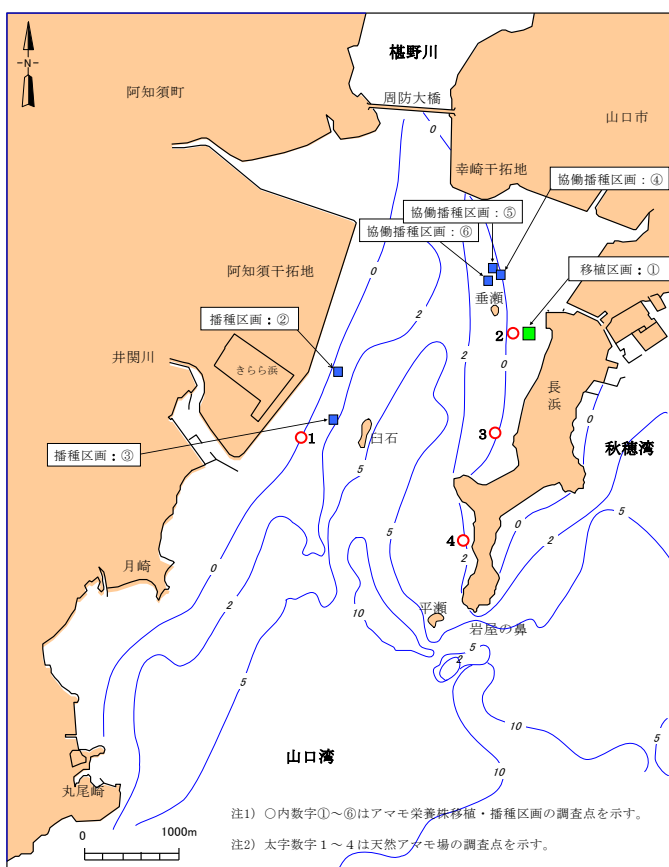


図 3-1 アマモ生育環境調査位置

表 3-1 天然アマモ場の調査点の概要

調査点	アマモ場の変遷などの概要	具体的な場所
1	かつて繁茂していたが、分布下限の水深は浅くなり消長が比較的激しい	阿知須干拓地先
2	かつては繁茂していたが、1960年頃から衰退したが、現在は繁茂しつつある	垂瀬周辺
3	過去から現在に至るまで繁茂しているが、分布下限の水深が浅くなる	長浜地先
4	過去から現在に至るまで繁茂しているが、分布下限の水深が浅くなる	岩屋の鼻北側

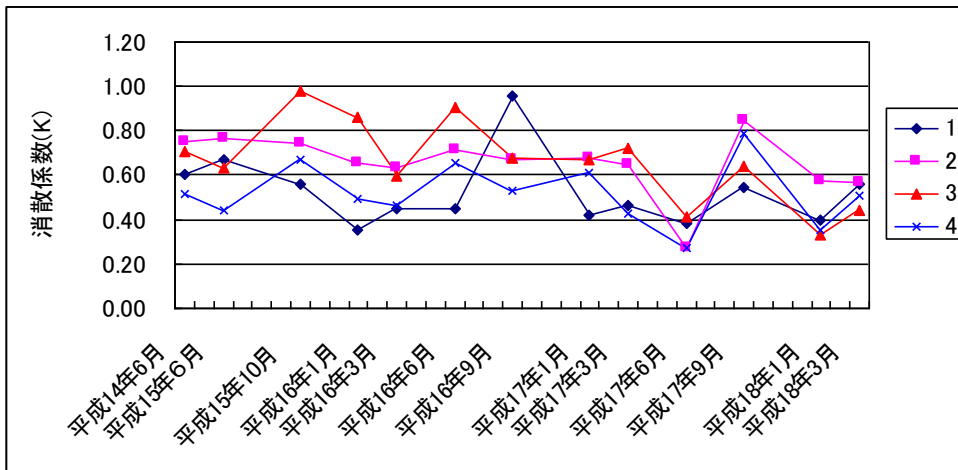


図 3-2 山口湾の光消散係数

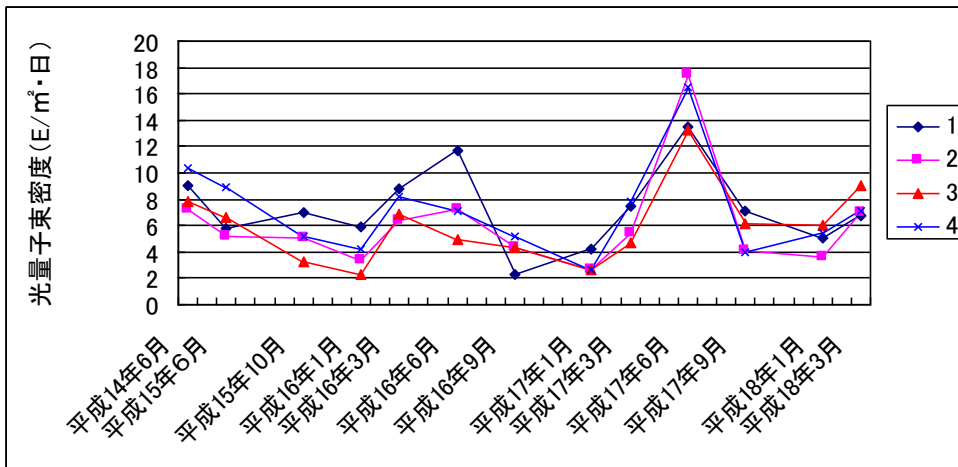


図 3-3 山口湾のアマモ場底層の日積算光量子束密度

消散係数は湾口に近い調査点1や4で低い場合が多かったが、調査時期による値の変動も大きかった(図3-2)。各調査時期の平均値は0.43~0.76の範囲にあり概ね0.6前後の消散係数を示した。底層の日積算光量子束密度は6月に高く1月に低くなる季節変動がみられた(図3-3)。各調査点とも、アマモの生育に必要な光量とされる年平均 $3\text{E}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 以上の値²⁾が得られていた。

山口湾内のアマモ分布域付近に設定した調査点では、透明度板は概ね着底したため透明度は測定不能であった。山口湾口から周防灘にかけての透明度の変遷は図3-4、3-5に示すとおりである。沖合の旧St.2では1950年代のデータしかないが透明度は10~13mと高い。沖合の旧St.2に比較的近いSt.6,7では、透明度は1970年代以降のデータしかないが、1970年代は1950年代の旧St.2より4~5m低い約6~8mであった。しかし、近年は約8~10mに高くなる傾向がうかがえる。一方、岸よりのSt.1,2の透明度は1970年代以降、約4~6mと横ばい状態であった。

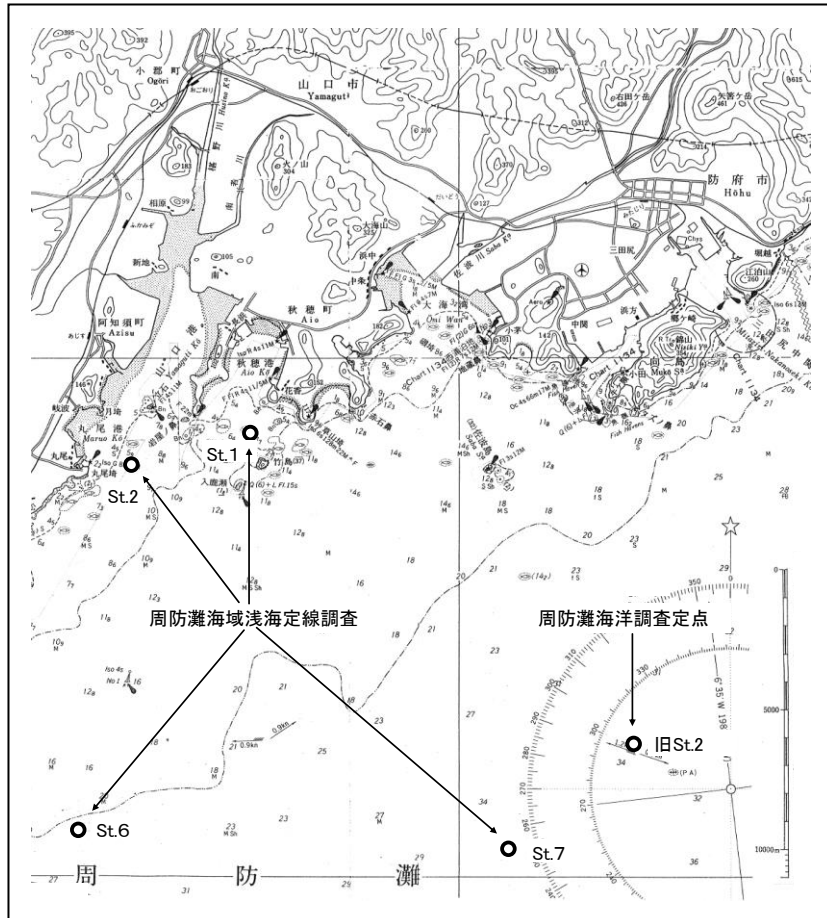


図 3-4 山口県周防灘海域の透明度調査点位置
 (山口県 1951~1960³⁾, 海鳴りネットワーク 1972~2006⁴⁾ より作成)

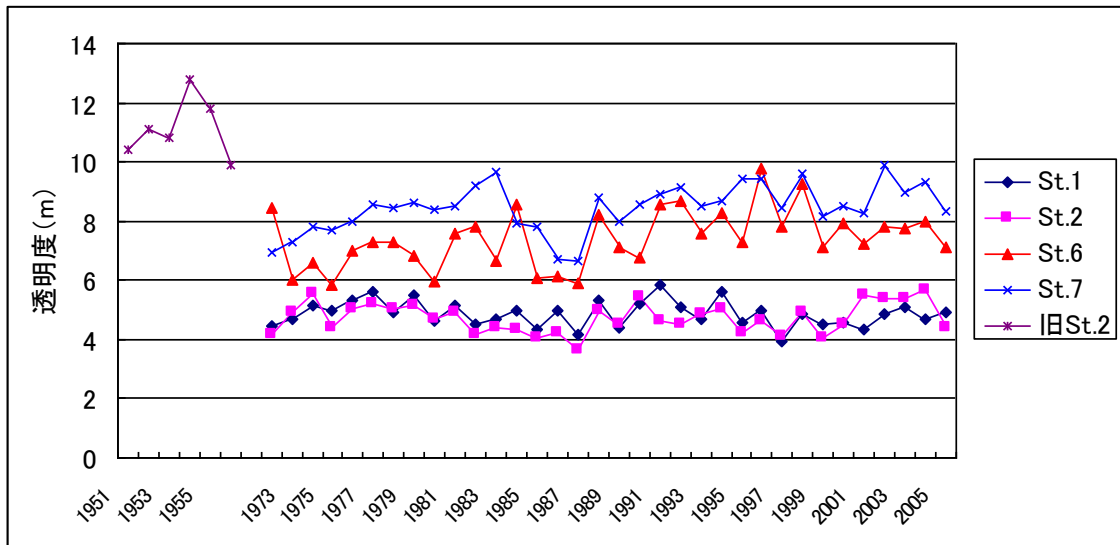


図 3-5 山口県周防灘海域の透明度の変遷
 (山口県 1951~1960³⁾, 海鳴りネットワーク 1972~2006⁴⁾ より作成)

3.1.2 底質

山口湾の底質および粒度組成を図 3-6～3-7 に示す（調査点は図 3-1 参照）。

強熱減量，全硫化物，COD は湾口に近いアマモ場の調査点 1，4 で低く，長浜側の調査点 2，3 で高い傾向を示した。粒度組成においても同様な傾向がみられ，調査点 1，4 で粒径 125 μm 以上の砂の比率が高く，調査点 2，3 で粒径 125 μm 以下のシルト・粘土分の比率が高かった。

底質の成分は各調査点ともアマモの生育条件とされる強熱減量 5 % 以下，全硫化物 1 mg/gdry，COD10mg/gdry 以下の値¹⁾ をほぼ満足していた。

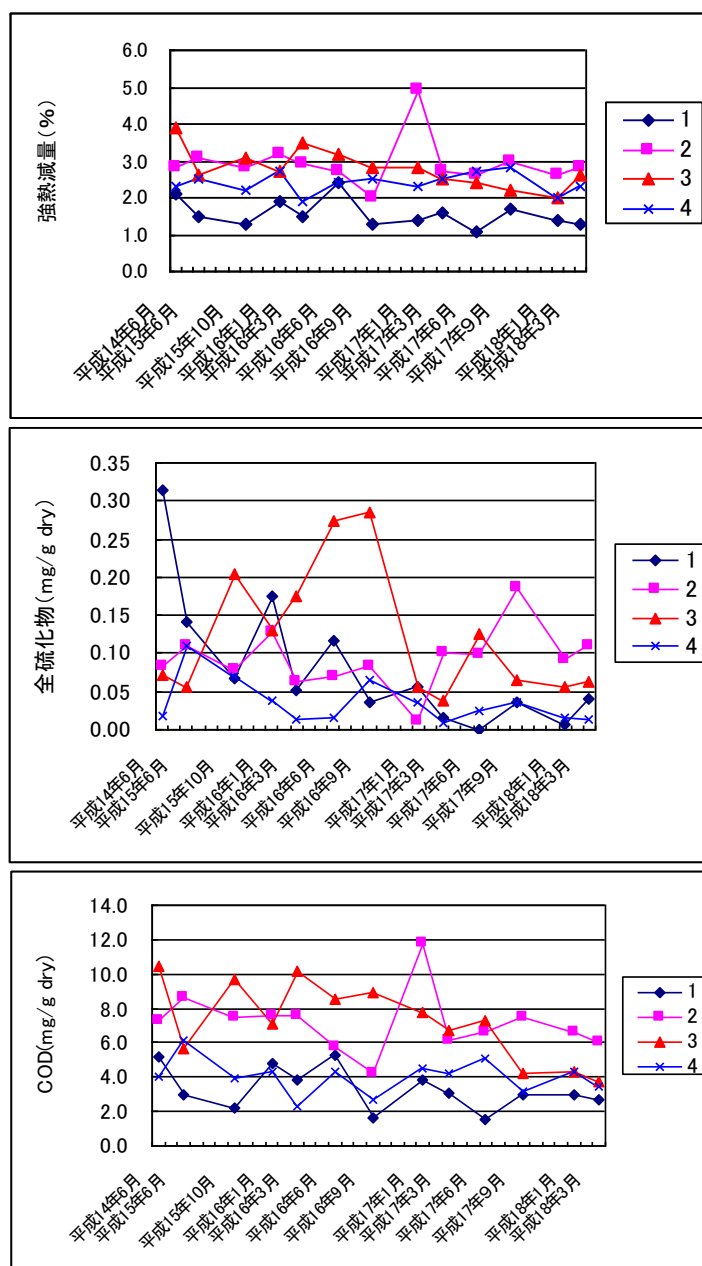


図 3-6 山口湾の底質（強熱減量，全硫化物，COD）

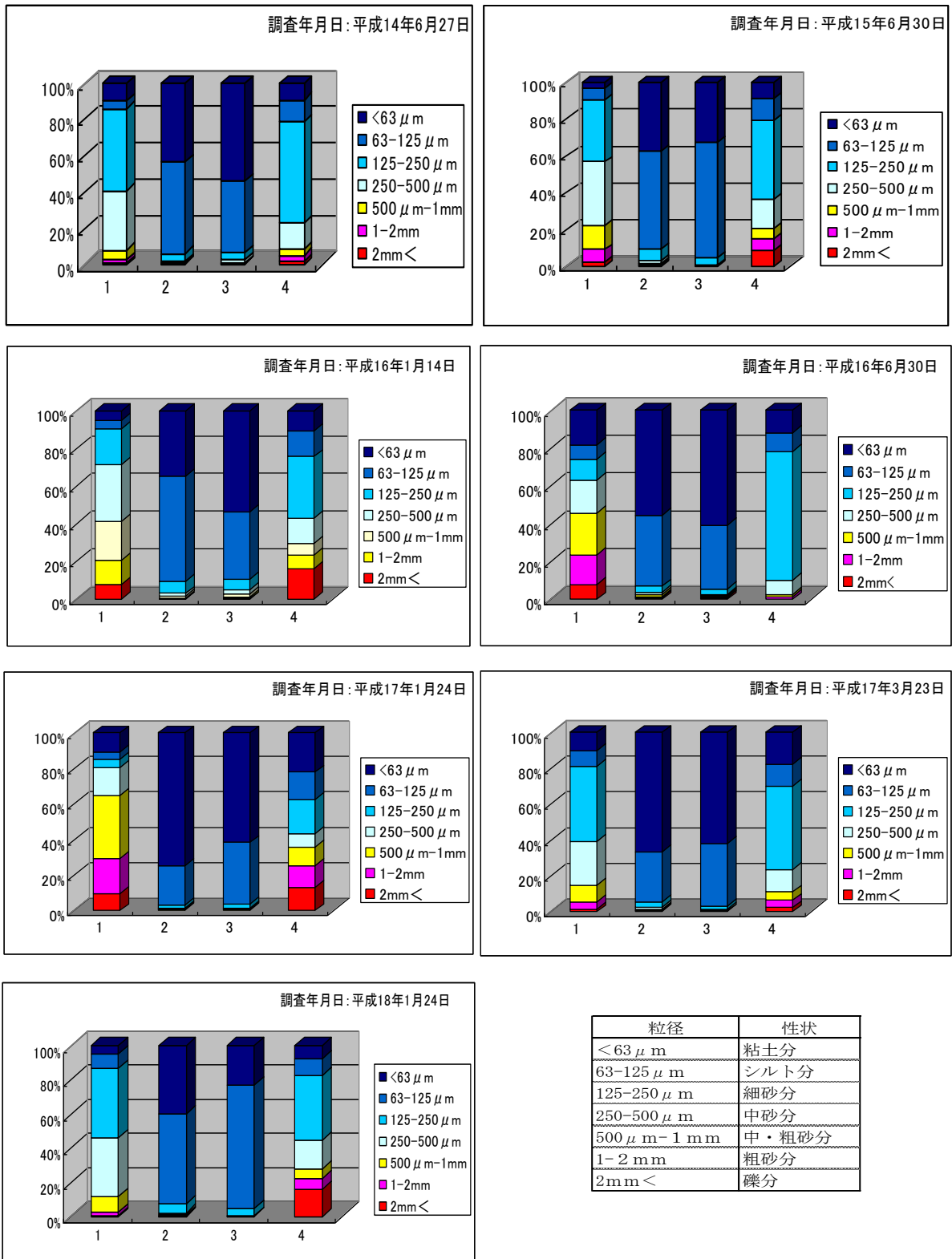


図 3-7 山口湾の底質粒度組成

アマモの生育する場所の底質の特徴として、一般的に底質粒度組成のシルト分は 30% 以下とされている²⁾。しかし、山口湾のアマモ繁茂域の調査点 2, 3 の底質粒度組成はシルト・粘土分（粒径 $125\mu\text{m}$ 以下）が各調査時とも 80% を超えており瀬戸内海に位置する山口湾の地域特性がうかがえた。

山口湾のアマモ移植区画や天然アマモ場における地盤高の変動を図 3-8～3-9 に示す（調査点は図 3-1 参照）。

移植区画内及び天然アマモ場における地盤高の変動範囲は $\pm 10\text{cm}$ 以下で、全般に洗掘傾向がみられた。地盤高が短期間に 10cm 以上変動する場所はアマモ場造成に不適⁵⁾ とされることから、山口湾の各調査点における波浪や潮流による砂の移動は、アマモの生育に特段の問題を与えないものと考えられる。

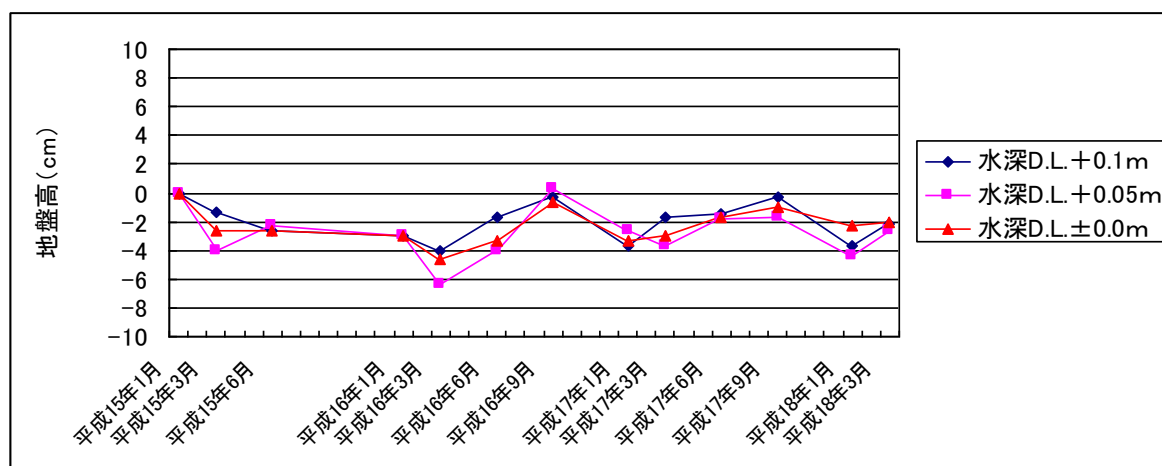


図 3-8 山口湾のアマモ移植区画における地盤高の変動

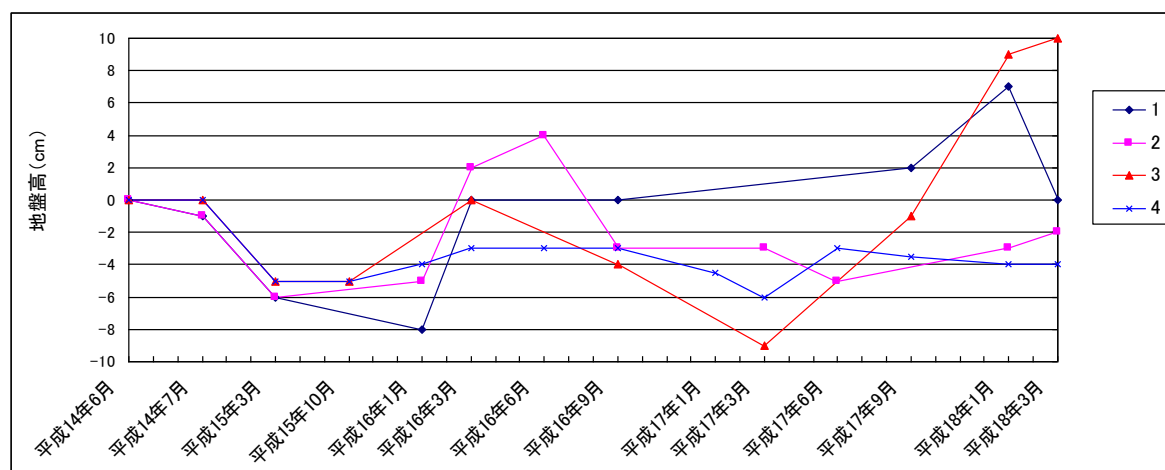


図 3-9 山口湾のアマモ場における地盤高の変動

3.1.3 波浪

山口県ほか（2005）は風データと有効吹送距離から沖波を推算し（SMB法）、波浪変形計算により山口湾阿知須干拓地前面の波浪を求めている⁶⁾。これによると年数回程度の再現性を有する荒天時の沖波の波高，周期，波向はそれぞれ 1.3m，4.9 秒，117° であり，阿知須干拓地前面の波高は 0.4～0.9mとなっている（図 3-10）。また，この結果を用いて底質の安定性を示す指標であるシールス数を求めたところ，阿知須干拓地前面の値は 0.1～0.5 であった（図 3-11）。なお，シールス数を求める際の砂の中央粒径を 0.5mm，比重を 2.65，海水密度を 1.02 g/cm³（水温 18℃，塩分 30）とした。

アマモが分布可能な場所の目安として有義波高は 0.5m以下，シールス数は 0.2 以下とされている²⁾。山口湾の阿知須干拓地先の一部では波浪がアマモ分布の制限要因になっていることが示唆される。現在のアマモ分布においても，阿知須干拓地先では東側の長浜地先に比べてアマモの分布範囲が狭く被度が小さくなっていることから波浪の影響がうかがえる（図 1-2 b, c, d 参照）。

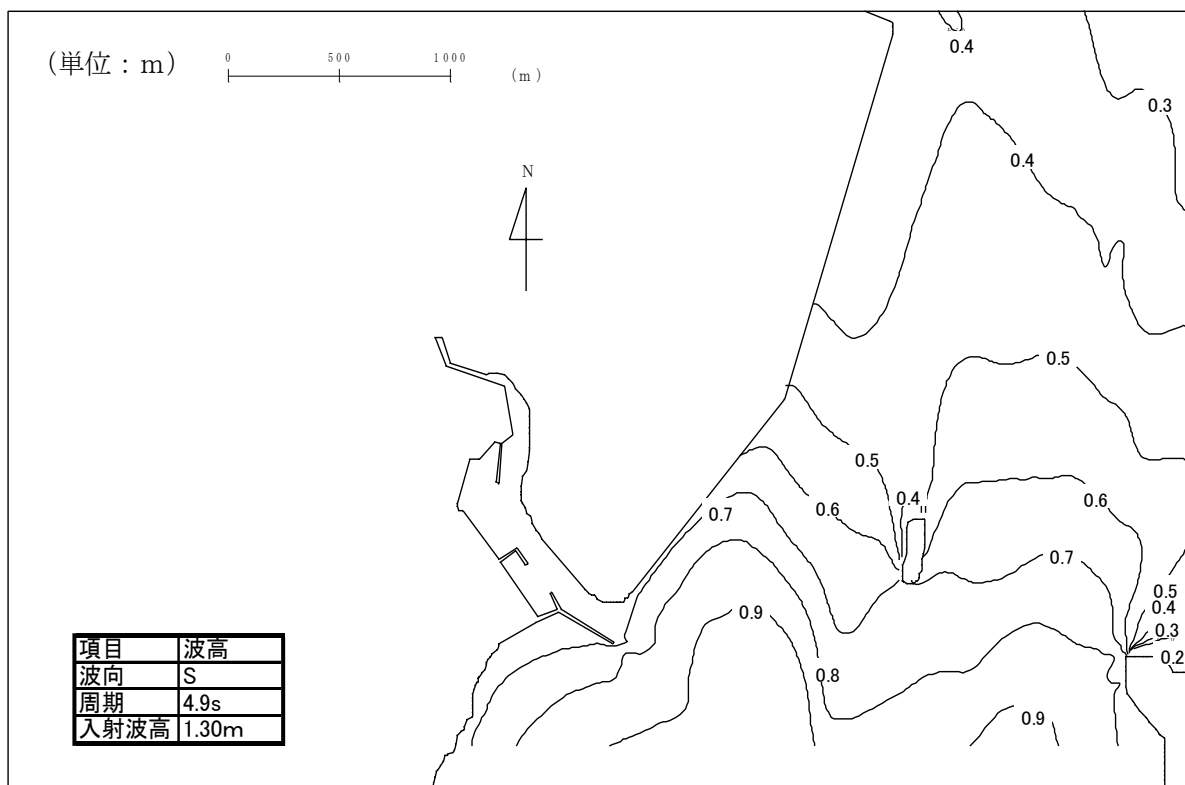


図 3-10 波浪変形計算結果 (換算沖波波高分布：波向 S，山口県ほか 2005 より作成)

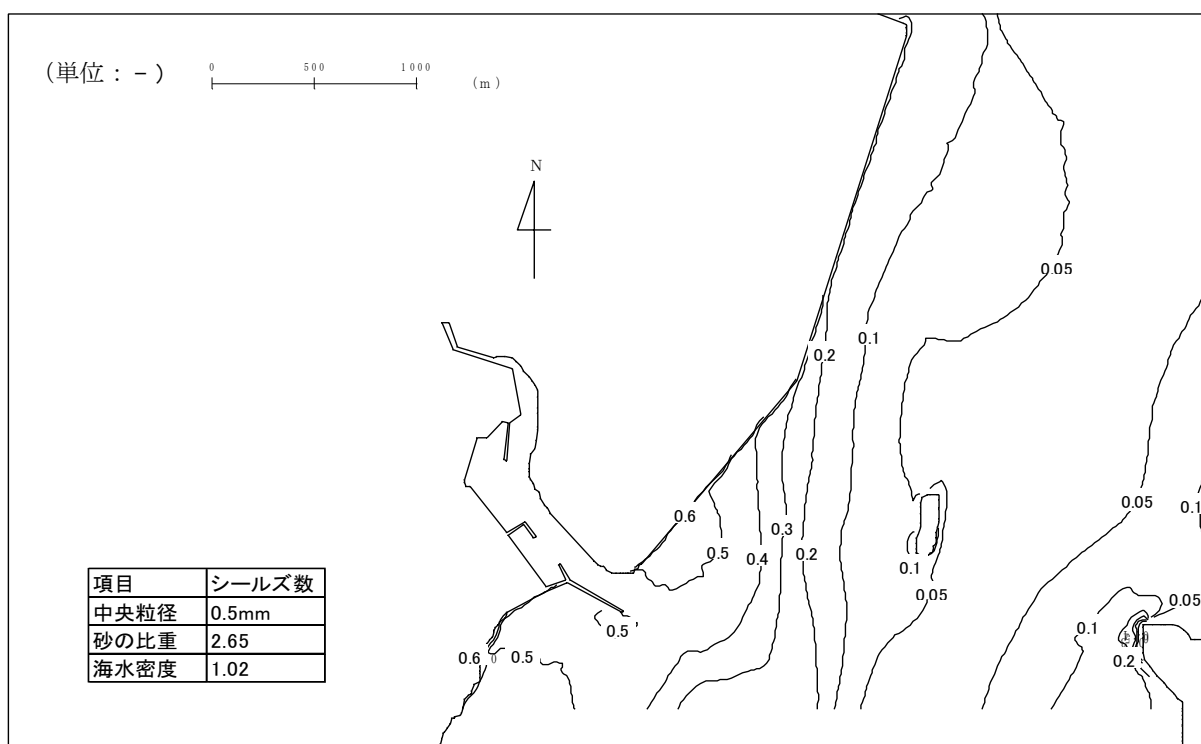


図 3-11 シールドズ数分布 (山口県ほか 2005 より作成)

3.2 化学的環境

山口湾の水質（水温，塩分，COD，NH₄-N，DIN，PO₄-P）は，各項目とも概ねアマモの生育に好適とされる値や各地のアマモ場の実測値の範囲内にあり，アマモ場の生育環境としては良好であった。

解説

山口湾の水質を図 3-12～3-13 に示す（調査点は図 3-1 参照）。

水温は各調査点とも1月と3月に10℃前後と低く，9月に27℃前後の最高値を示した。塩分は各調査点とも概ね29～31の値であったが，平成16年6月と平成17年3月に調査点3などで29以下の値を示した。測定値は，アマモの生育に好適とされる水温（8月の平均値で28℃以下，表 2-3 参照）や塩分（17～34）⁷⁾の範囲内にあった。

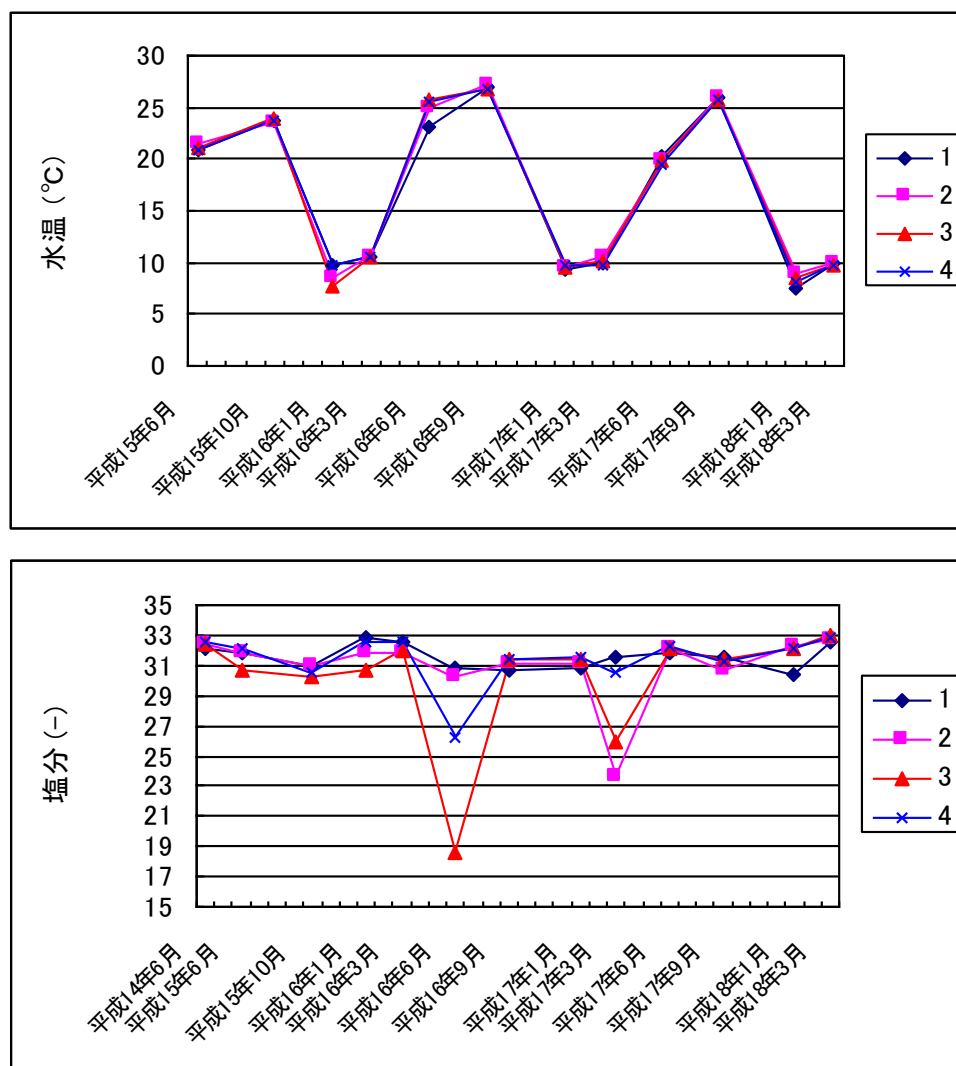


図 3-12 山口湾の水質（水温・塩分，海底上1m層）

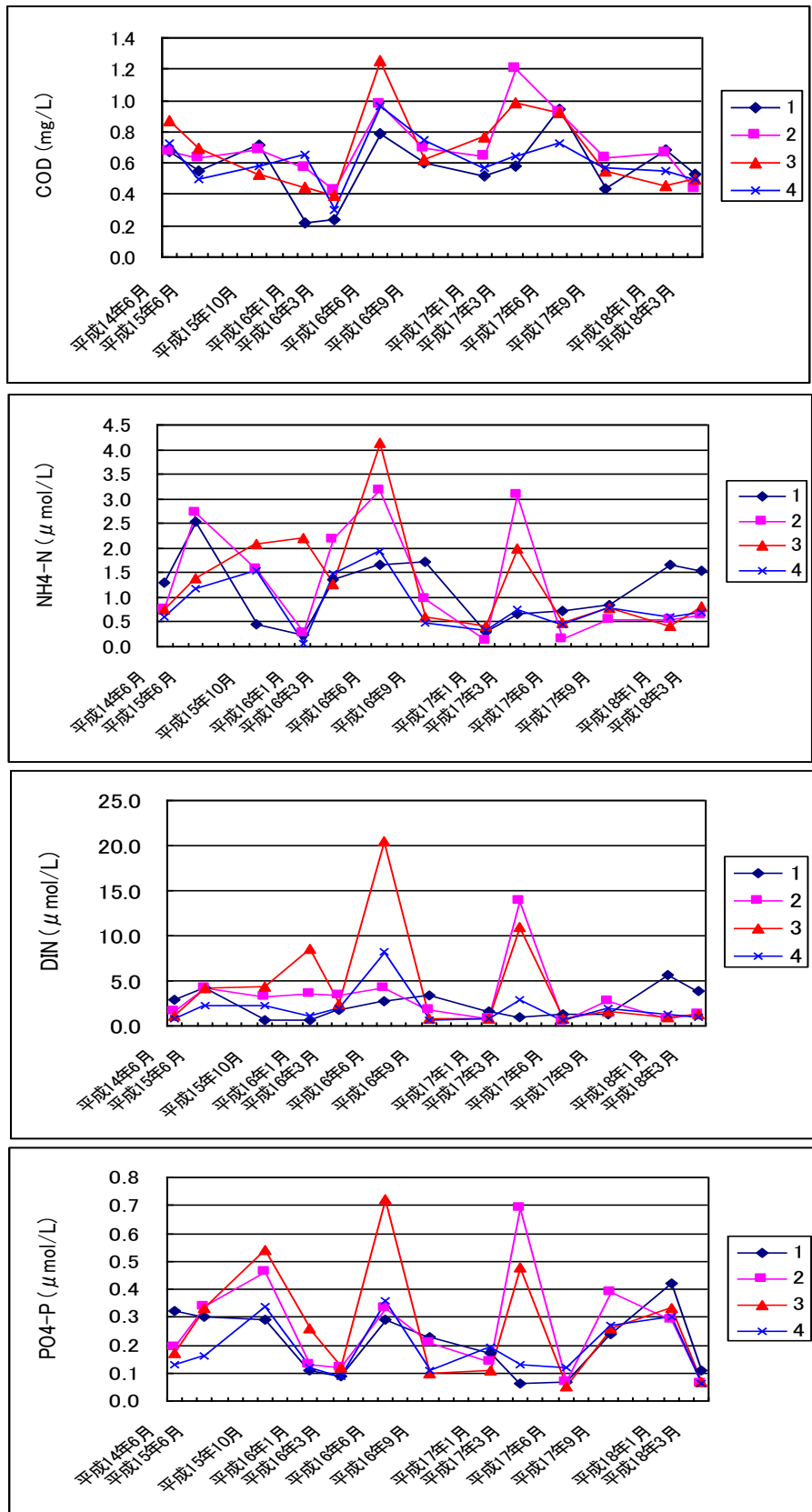


図 3-13 山口湾の水質 (COD・NH₄-N・DIN・PO₄-P, 海底上 1 m 層)

優良なアマモ場が保全されている場所での COD (化学的酸素要求量) の実測値の年平均は $0.5\sim 2.4\text{mg}/\ell$, 各藻場で測定された最大値が $1.4\sim 7.6\text{mg}/\ell$, 年平均でほぼ $2.3\text{mg}/\ell$ 以下とされている⁷⁾。山口湾の COD は全調査点でその範囲内の値を示した。

アマモ場の栄養塩濃度は、富栄養化の進んだ海域では $\text{NH}_4\text{-N}$ (アンモニア態窒素) が最高 $36\ \mu\text{mol}/\ell$, 年平均 $5\ \mu\text{mol}/\ell$ 前後, DIN (溶存無機態窒素) が最高 $83\ \mu\text{mol}/\ell$, 年平均 $10\ \mu\text{mol}/\ell$ 前後, $\text{PO}_4\text{-P}$ (リン酸態リン) が最高 $3\ \mu\text{mol}/\ell$, 年平均 $0.7\ \mu\text{mol}/\ell$ とされている⁵⁾。一方, 富栄養化の著しくない海域のアマモ場では $\text{NH}_4\text{-N}$ が最高 $5\ \mu\text{mol}/\ell$, 年平均 $2\ \mu\text{mol}/\ell$, DIN が最高 $10\ \mu\text{mol}/\ell$, 平均 $4\ \mu\text{mol}/\ell$, $\text{PO}_4\text{-P}$ が最高 $0.9\ \mu\text{mol}/\ell$, 年平均 $0.4\ \mu\text{mol}/\ell$ とされている⁷⁾。山口湾の各調査点の栄養塩の濃度は、概ね富栄養化の著しくない海域のアマモ場の値の範囲内にあった。

3.3 生物的環境

山口湾では、アマモの生育を阻害する可能性のある競合生物として緑藻植物のアオサ属や棘皮動物のハスノハカシパンが一時的に卓越していた。

解説

アマモ移植区画および天然アマモ場におけるアオサ属の被度の変遷を図 3-14 に、播種区画におけるハスノハカシパン（棘皮動物）の密度の変遷を図 3-15 に示す。

緑藻植物のアオサ属は海底面を被覆してアマモの生育を阻害する競合生物として知られている²⁾。山口湾のアオサ属は年により異なるが3月から6月に増加する場合が多かった。平成15年と平成16年3月には、アオサ属の卓越が移植アマモの分枝による増殖を妨げたことが示唆される（図 5-2 参照）。

播種区画②においては、平成17年1月に棘皮動物のハスノハカシパンが28~144 個体/m²（平均 77 個体/m²）と高い密度で蟄集し（写真 3-1），その後急激に散逸していった。ハスノハカシパンはデトリタス食性で、直接アマモの実生や葉上付着生物を食害する動物ではないが⁸⁾，高い密度で分布して海底面を覆うことにより実生の発芽を阻害した可能性がある。

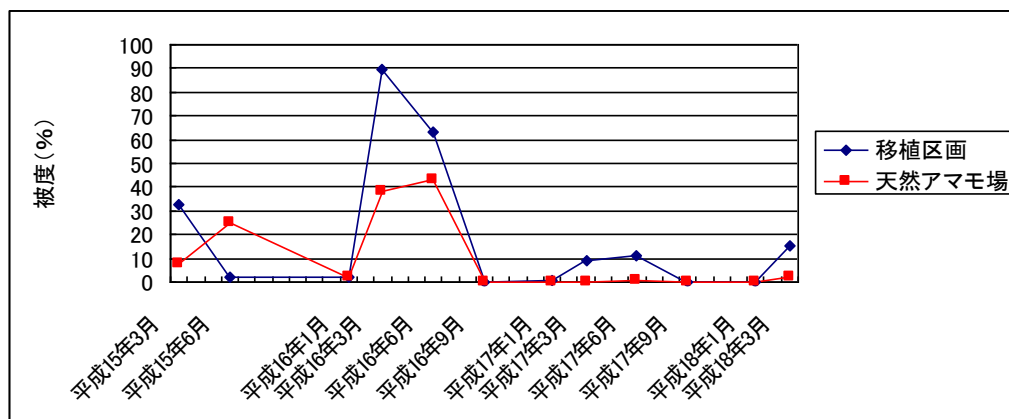


図 3-14 アオサ属被度の変遷

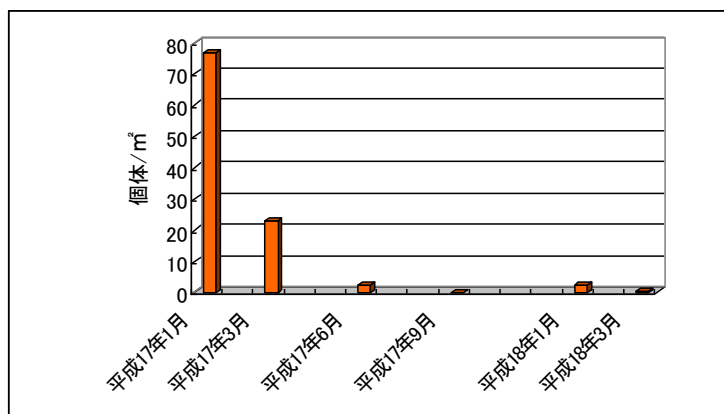


図 3-15 ハスノハカシパンの個体密度の変遷（播種区画②）

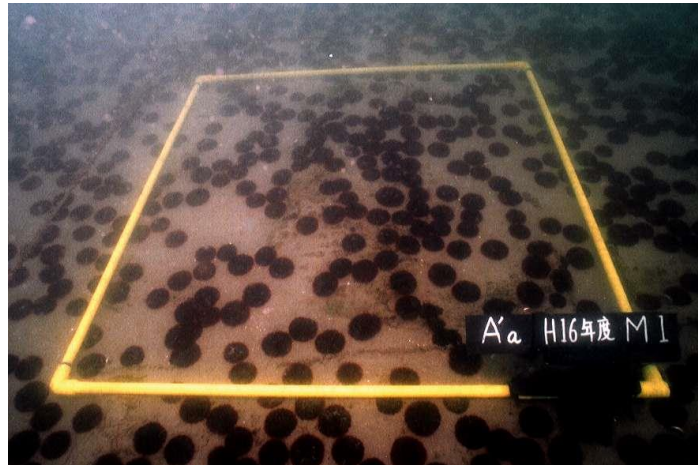


写真 3-1 播種区画に蝟集したハスノハカシパン（平成 17 年 1 月）

近年、アイゴなどの植食性魚類によるアマモに対する食害について、山口県田布施町馬島⁹⁾、下関市彦島（水産大学校村瀬講師私信）、長崎県壱岐¹⁰⁾など西日本各地で報告されている。山口湾では、平成 14 年度以降の調査ではアマモの葉に採食痕はほとんど確認されていないが¹¹⁾、今後の植食性魚類による食害の影響について十分に留意する必要があると思われる。

出典

- 1) マリノフォーラム 21 海洋環境保全研究会，浅海域緑化技術開発グループ編 2001 アマモ場造成技術指針，MF21 技術資料 No. 49
- 2) 石川雄介ら 1988 水中の光条件に基づくアマモ場造成限界深度の推定，電源立地地点の藻場造成技術の開発第 9 報，電力中央研究所報告，No. U88010，1-20
- 3) 山口県 1951～1960 周防灘海洋調査，山口県内海水産試験場事業報告
- 4) 海鳴りネットワーク 1972～2006 山口県周防灘海域の水温・塩分・透明度観測結果
- 5) 川崎保夫ら 1990 アマモ場造成の適地選定法，沿岸海洋研究ノート，第 27 巻，第 2 号，136-145
- 6) 山口県山口土木建設事務所ほか 2005 山口港付随単独港湾改修工事に伴う自然再生工法検討業務委託（第 2 工区）報告書
- 7) 運輸省港湾局監修，エコポート（海域）技術 WG 編集 1998 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発行
- 8) マリンネット北海道 1990 ホッキ，バカガイ漁場のカシパンの生態と貝類に与える影響について，試験研究は今 No. 047
- 9) 村瀬昇 2004 基盤を用いたアマモ群落の造成，海苔と海藻，No. 67, 30-44
- 10) 中山恭彦ら 2005 漂着アマモに認められた藻食性魚類の採食痕，藻類 53, 141-144
- 11) 山口県 2006 平成 17 年度アマモ場造成検討・実証業務報告書

参考資料 B (油谷湾のアマモ場)

油谷湾のアマモ場分布

油谷湾は山口県日本海側の下関市豊北町，長門市油谷地先に位置している。湾内には湾口部を中心にガラモ場，湾奥部を中心にアマモ場が分布している（図 B-1）。油谷湾内のアマモ場面積は，一部ガラモ場と混在するが 1990 年が 20ha，1995 年が 28.4ha である（表 1-1 参照）。

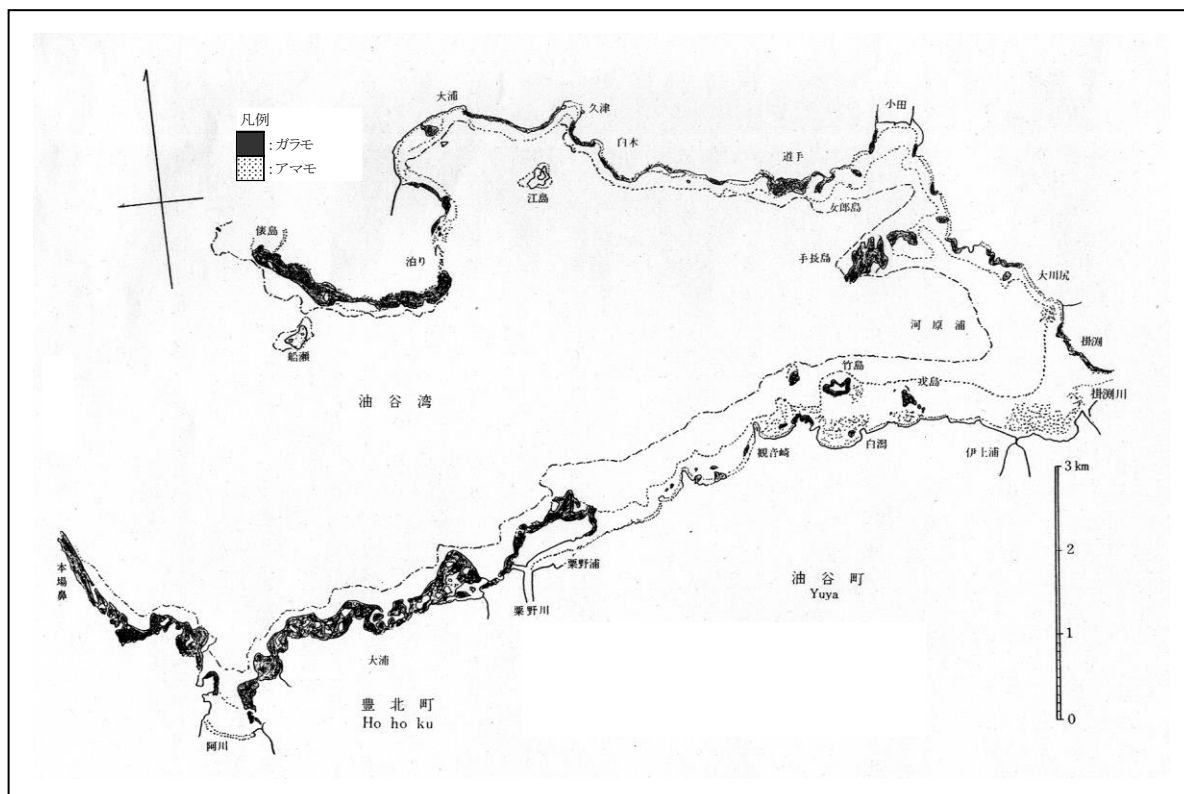


図 B-1 油谷湾のアマモ場分布（水産庁，1975¹⁾）

油谷湾の水質

油谷湾の底層の水質・底質分布は図 B-2～B-5 に示すとおりである。

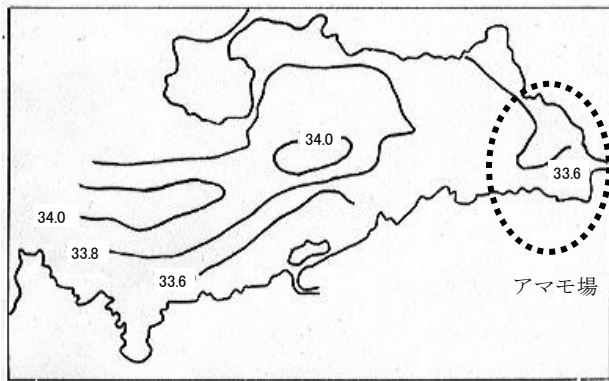
塩分は 33～34 ‰ の値を示し，高塩分海水が湾口中央部よりやや北に張り出しているが，湾口部と湾奥部の差は少ない。

透明度は湾口部で 10m 以上と高く，湾奥部においても 4m 以上の透明度がある。

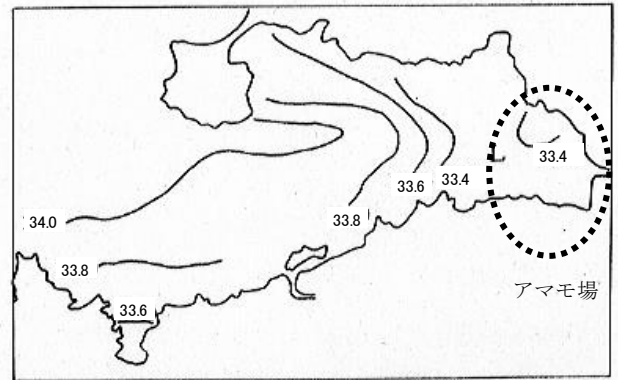
COD は全般に 0.4～0.6ppm 程度の値であり，湾奥部では 1.0ppm を超える場合もみられる。

栄養塩濃度 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) は調査時によりかなり変動がみられたが，昭和 46 年 3 月調査時には湾奥部で高くなる傾向がみられた。

油谷湾は対馬暖流系水の影響を受けるため塩分や透明度が高く，山口湾に比べて清澄な水質であった。

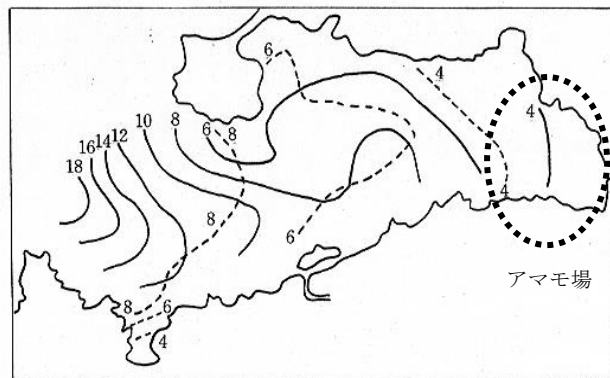


底層水の塩分の分布 (S.49.7.2)



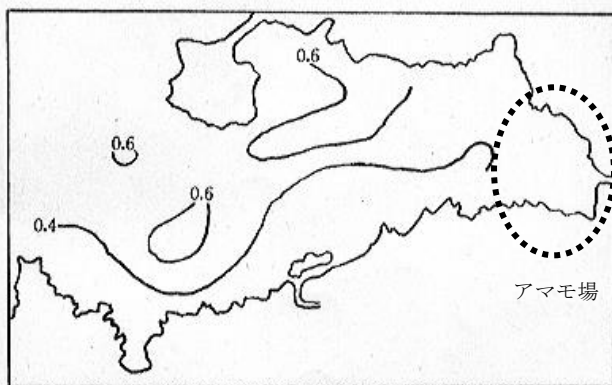
底層水の塩分の分布 (S.49.10.25)

図 B-2 油谷湾の塩分 (水産庁 1975¹⁾ の塩素量を塩分に換算)

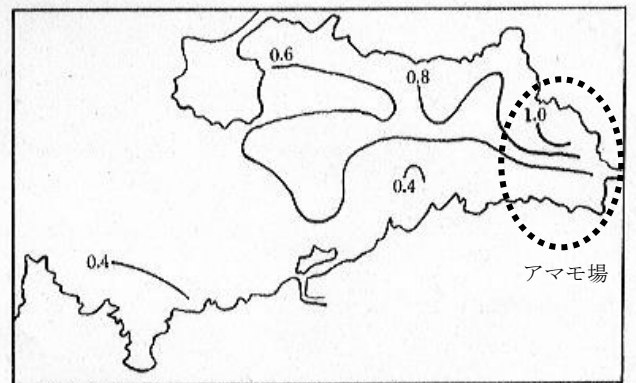


(S. 49. 7. 2 ———)
 (S. 49. 10. 25 - - - - -)

図 B-3 油谷湾の透明度¹⁾

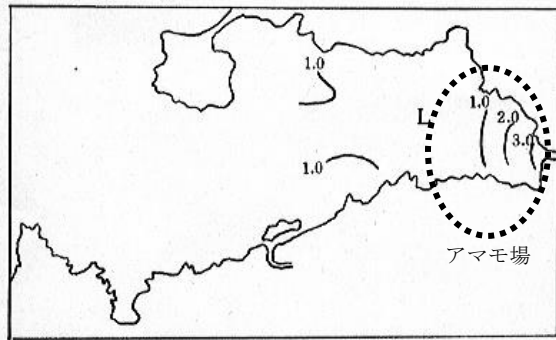


底層水のCOD (ppm)の分布 (S.49.7.2)

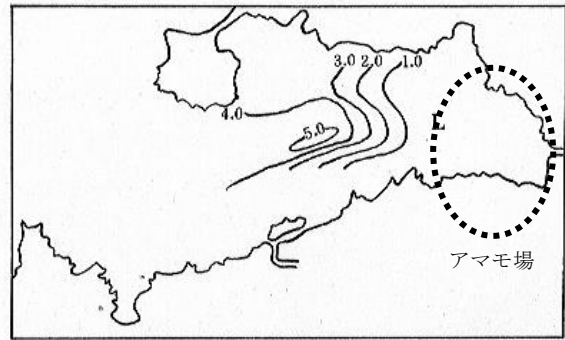


底層水のCOD (ppm)の分布 (S.49.10.25)

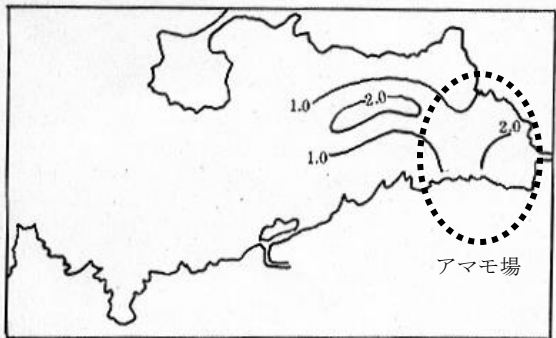
図 B-4 油谷湾のCOD¹⁾



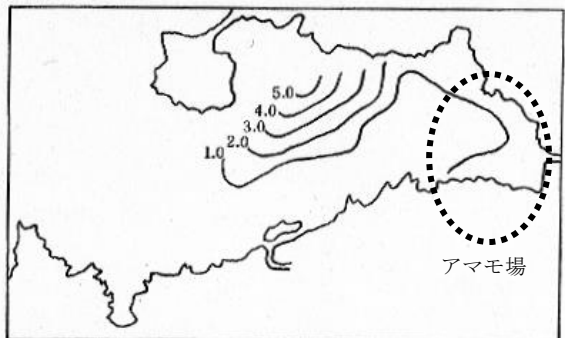
底層水の $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g-at}/\ell$)の分布 (S.46.3.11)



底層水の $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g-at}/\ell$)の分布 (S.47.9.20)

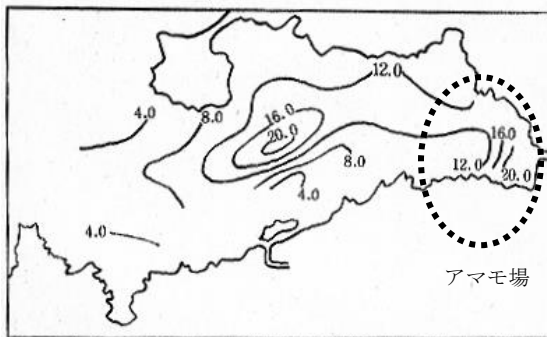


底層水の $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\mu\text{g-at}/\ell$)の分布 (S.46.3.11)

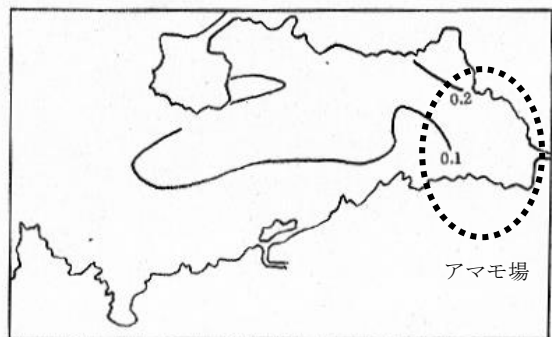


底層水の $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\mu\text{g-at}/\ell$)の分布 (S.46.9.20)

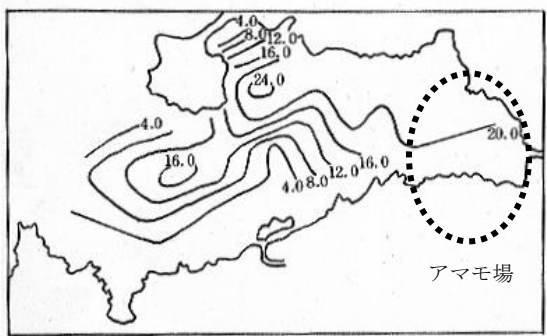
図 B-5 油谷湾の栄養塩類¹⁾



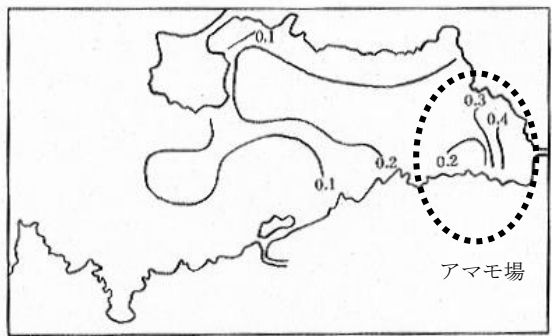
底質のCOD (mg/g)の分布 (S.49.7.2)



底質の硫化物 (mg/g)の分布 (S.49.7.2)



底質のCOD (mg/g)の分布 (S.49.10.25)



底質の硫化物 (mg/g)の分布 (S.49.10.25)

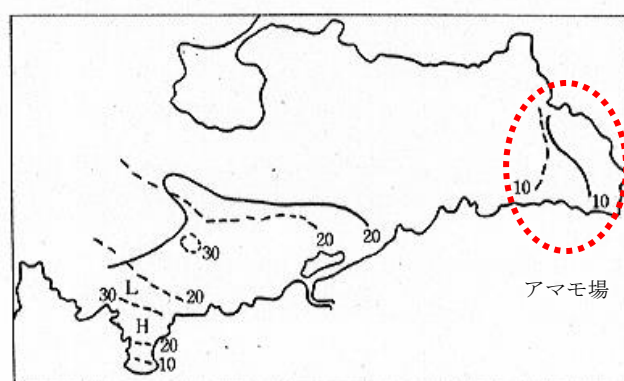
図 B-6 油谷湾の底質 (COD, 硫化物)¹⁾

油谷湾の底質

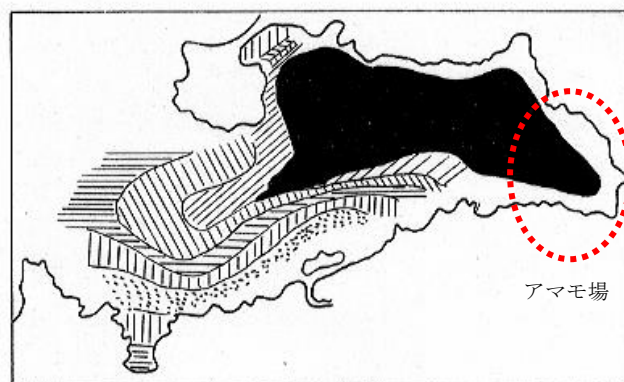
油谷湾の底質分布は図 B-6～B-7 に示すとおりである。

湾口部から湾奥部にかけて粒度組成は連続的に細くなり、COD, 硫化物, 強熱減量の値も概ね湾口部から湾奥部にかけて高くなっている。

アマモ・コアマモの分布している干潟部の底質は図 B-8, 表 B-1 に示すとおりで, 山口湾のアマモ場の値と同一レベルであった。



強熱減量(%)の分布
(S 49.7.2 ———)
(S 49.10.25 ·····)



粒度組成の分布

2-0.495	0.495-0.250	0.250-0.147	0.147-0.104	0.104-0.074	0.074>

粒径単位: mm

図 B-7 油谷湾の底質 (強熱減量, 粒度組成) ¹⁾

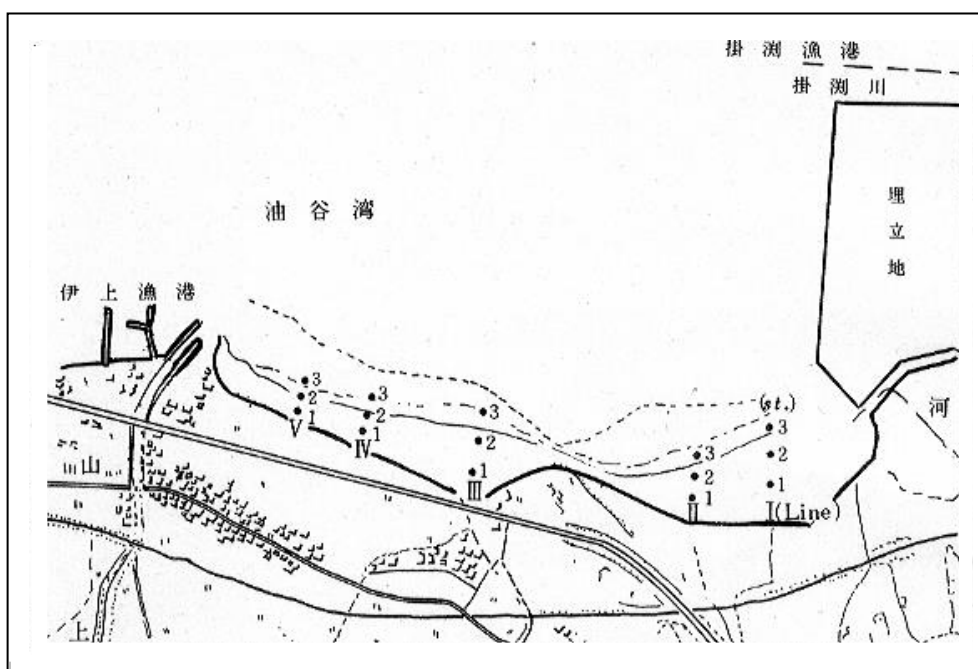


図 B-8 油谷湾湾奥部の干潟の底質調査点¹⁾

表 B-1 油谷湾干潟部の底質¹⁾

調査年月日	時間	地点	I.L. (%)	硫化物 S _{mg/g} 乾泥			泥質
				遊離	結合	Total	
S ₄₉ 7. 9	18:00	I - 1	3.19	0.018	0.055	0.073	灰砂泥
		2	3.14	0.038	0.062	0.100	灰砂泥
		3	3.00	0.044	0.047	0.091	灰砂泥
		II - 1	2.52	0.024	0.020	0.044	灰砂泥
		2	2.21	0.021	0.021	0.042	灰砂泥
		3	3.96	0.011	0.043	0.054	灰砂泥
		III - 1	3.46	0.010	0.050	0.060	灰砂泥
		2	3.68	0.024	0.051	0.075	灰砂泥
		3	4.28	0.033	0.046	0.079	灰砂泥
		IV - 1	4.21	0.031	0.029	0.060	灰砂泥
		2	5.25	0.012	0.044	0.056	灰砂泥
		3	4.99	0.023	0.076	0.099	灰砂泥
		V - 1	6.07	0.024	0.076	0.100	灰砂泥
		2	6.61	0.024	0.066	0.090	灰砂泥
		20:00	3	6.36	0.027	0.160	0.187

出典

1) 水産庁 1975 特定地域(油谷湾)漁業振興および環境整備基本計画調査報告書,
昭和 49 年度国土総合開発事業調整費調査

4. アマモ場造成手法

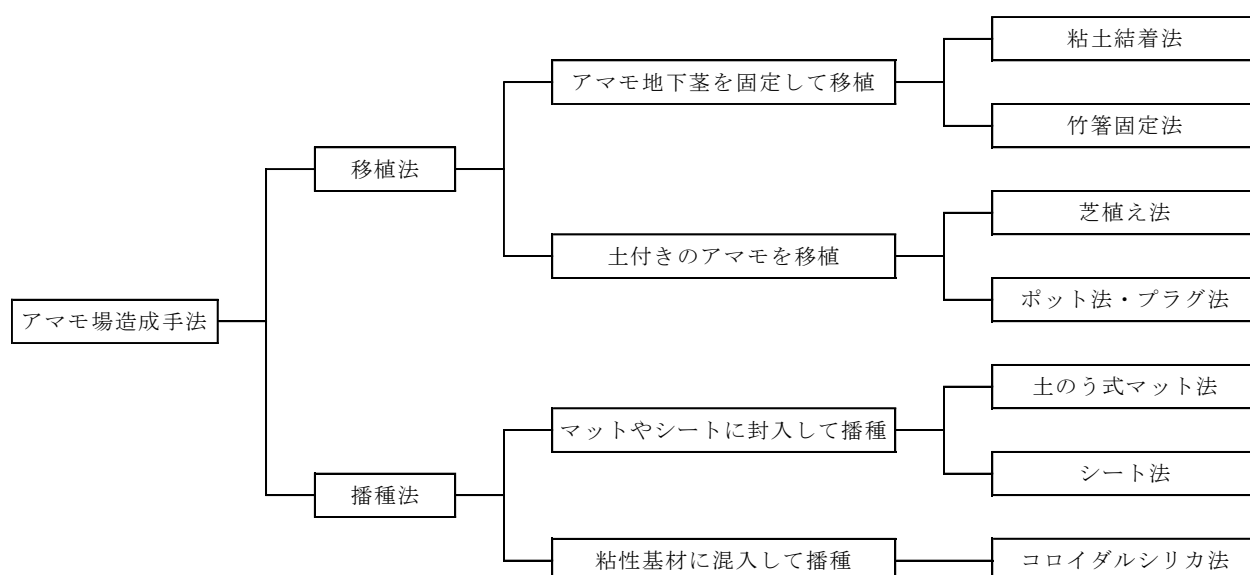
4.1 移植法と播種法

アマモ場造成手法は、移植法と播種法に大別される。移植法にはアマモの地下茎を固定して移植する方法、播種法にはアマモ種子をマットやシートに種子を封入して播種する方法などがある。

解説

主なアマモ場造成手法を図 4-1 に示す。

アマモ場造成手法は移植法と播種法に大別される。移植法にはアマモの地下茎を固定して移植する粘土結着法や竹箒固定法、土付きのアマモを移植する芝植え法、ポット法・プラグ法がある。播種法にはアマモ種子をマットやシートに封入して播種する方法と、粘性基材に混入して播種する方法がある。前者は土のう式マット法やシート法、後者はコロイダルシリカ法である。



注) 移植法でアマモの地下茎を固定しない場合には浮力により草体が流失しやすい。

移植	粘土結着法	アマモ地下茎に流失防止用の粘土を結着して移植する方法。
	竹箒固定法	アマモ地下茎に流失防止用の竹串や割り箸を結着して移植する方法。
	芝植え法	アマモを土付きのまま移植する方法。
	ポット法・プラグ法	アマモを園芸用ポットなどに入れて移植する方法。
播種	土のう式マット法	アマモ種子を封入した土のう状のマットを海底に敷設して播種する方法。
	シート法	アマモ種子を付着させた繊維シートを海底に展開して播種する方法。
	コロイダルシリカ法	アマモ種子を封入したコロイド状のシリカを海底に絞り出して播種する方法。

図 4-1 主なアマモ場造成手法（運輸省港湾局 1998¹⁾ より作成)

4.2 栄養株と種子の確保など

移植法ではアマモ栄養株，播種法ではアマモ種子の確保が必要となるが，遺伝的多様性維持等の見地から近傍のアマモ場のアマモ栄養株や種子を確保することが大切である。そして栄養株や花枝採取による天然アマモ場へのダメージを避けるため事前にアマモ場の現況を詳細に把握したうえで慎重かつ効率的に栄養株・花枝採取を実施し，事後のモニタリングにより影響を評価しつつ順応的*に実施することが望ましい。

解説

移植法ではアマモ栄養株，播種法ではアマモ種子の確保が必要となる。その際，遺伝的多様性の維持，遺伝的攪乱の防止の見地から近傍のアマモ場のアマモ栄養株や種子を確保することが大切である。山口湾においては，アマモ場が安定維持されている東岸の長浜地先で栄養株や花枝を採取することが望ましい（図 1-2 参照）。また，栄養株や花枝採取による天然アマモ場へのダメージを避けるため事前にアマモ場の現況（栄養株数，花枝数，面積など）を詳細に把握したうえで慎重に栄養株・花枝採取を実施し，事後のモニタリングにより影響を評価しつつ順応的に実施することが不可欠である。

移植法では移植直前にアマモ栄養株を地下茎ごとと徒手採取し，地下茎に粘土・竹箬加工，粘土結着あるいは竹箬固定などの前処理を経てできる限り速やかに移植に供する。採取に際しては間伐の要領で間引き採取することによりアマモ群落へのダメージを回避することとする（図 4-2）。

※自然は複雑でつねに変化し続けていることから，その管理と利用について臨機応変にかつ柔軟に対処すること

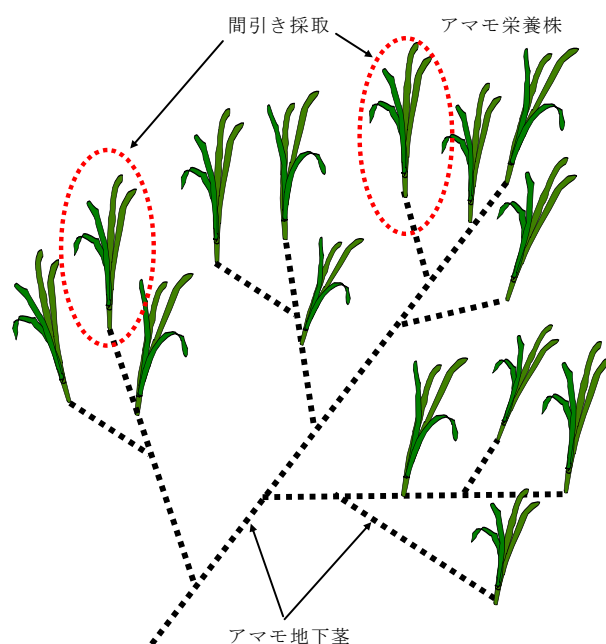


図 4-2 アマモ栄養株の間引き採取のイメージ

播種法では、6月頃の成熟期にアマモ花枝を徒手採取し、アマモ種子の追熟・選別・保管を経て播種に供する。花枝採取に際しては、図 4-3 に示す種子成熟度判定図に従い、種子が膨らみはじめたVII段階の花穂の多い花枝を採取することとする。

Stage 花穂ステージ	State of Inflorescence 花穂の状態	View 観察面
I	immature anthers and pistils 花穂形成中のもの	Top 上面
II	mature anthers and pistils 花穂が完全に形成されており、開花前のもの	Top 上面
II	mature anthers and pistils with erected style 柱頭が仏炎包より露出しているもの	Lateral 側面
IV	mature anthers and pistils without style 柱頭が脱落しており、花粉放出前のもの	Lateral 側面
V	flattening thecae 花粉のうが裂開しているもの	Lateral 側面
VI	no anthers and undeveloped seeds 葯がなく、子房が膨らんでいないもの	Top 上面
VII	ripe fruit 結実しているもの	Top 上面
VIII	release of seeds 種子が花穂から放出されているもの	Lateral 側面

図 4-3 アマモ種子成熟度判定図 (川崎ら 1988²⁾)

花穂
ステージ

II

III

VII

VIII

VIII



図 4-4 山口湾のアマモ種子成熟度の例

4.3 各手法のメリットとデメリット，コストの試算

移植法の粘土結着法は、定着率が高く確実な手法で事業規模の実績も多い。播種法の土のう式マット法やシート法は大規模造成に好適な手法である。小規模造成の場合、コロイダルシリカ法やシート法は住民参加型の造成（協働作業）に適した手法である。各手法とも施工のコストには大差はみられない。

解説

主な造成手法である粘土結着法（移植），土のう式マット法，シート法，コロイダルシリカ法（播種）についてメリット・デメリットを表 4-1 に，100 m²当たりの施工コストの概要を試算して表 4-2 に示す。

移植法の粘土結着法は定着率が高く確実な手法で事業規模の実績も多い。アマモ栄養株を徒手で採取したり，採取したアマモ栄養株の地下茎に粘土を結着するなど手作業的な要素が多く，環境やアマモに優しい手法で住民参加型の造成（協働作業）に好適である。しかし，大規模造成にはやや不向きな手法である。

播種法の土のう式マット法やシート法は大規模造成に好適な手法であるが，マットやシートの構成素材が環境に長期間残存するデメリットがある。コロイダルシリカ法は手作業的要素が多く大規模造成には不向きであるが，環境に優しく住民参加型の造成（協働作業）に適した手法である。なお，小規模な造成の場合，シート法も住民参加型の造成（協働作業）に適した手法である。

表 4-1 主な造成手法のメリット・デメリット

手法		メリット	デメリット
移植	粘土結着法 特許1980023	定着率が高く事業規模の実績も多い。手作業的要素が多く住民参加型の造成に好適。粘土は容易に溶出し，環境に無害。	栄養株採取による天然アマモ場への影響を考慮する必要がある。大規模移植にはやや不向き。
播種	土のう式マット法 特許2024597	岡山県で事業規模の実績が多い。大規模造成や軟弱地盤での造成に好適。	花枝採取による天然アマモ場への影響を考慮する必要がある。マットの繊維が環境に長期間残存する。
	シート法 特許3183829	発芽率が高く場の環境に左右されにくい。機械化により大規模造成が可能。小規模の住民参加型造成（協働作業）にも適している。	花枝採取による天然アマモ場への影響を考慮する必要がある。菱形金網は生鉄であり最終的には分解されるが，環境に長期間残存する。
	コロイダルシリカ法 特許1629680	手作業的要素が多く住民参加型の造成に好適。シリカは容易に溶出し，環境に無害。	花枝採取による天然アマモ場への影響を考慮する必要がある。発芽率が場の環境（特に波浪）に左右されやすい。大規模造成には不向き。

アマモ場造成の100 m²当たりの施工概要は表4-2に示すとおりであり、各手法とも施工のコストには大差はみられなかった。そして、アマモ場造成の100 m²当たりの各手法の資材費は¥152,000～586,000の範囲にあった（㈱東京久栄，東和科学㈱，東洋建設㈱の内部資料より，ただし，①本造成指針作成当時のコストであり，②100 m²あたりのコストで面積が増減すれば額も変動する）。

表4-2 アマモ場造成の施工概要³⁾（100 m²当たり）

粘土結着法100m²当たりの施工概要

	粘土結着	運搬及び移植	備考
作業員	2.0人	1.0人	—
潜水土	—	2.0人	—
車両	1.0台	—	—
船舶	—	1.0隻	船外機，ダイバー船

土のう式播種マット124枚（100m²）当たりの施工概要

	マット製作	マット運搬・設置	備考
作業員	5.0人	2.1人	—
潜水土	—	0.7人	—
車両	1.0台	0.4台	トラック，攪拌機
船舶	—	1.4隻	船外機，ダイバー船

コロイダルシリカ法100m²当たりの施工概要

	材料調整及び製作	運搬及び設置	備考
作業員	2.0人	1.0人	—
潜水土	—	2.0人	—
車両	1.0台	—	—
船舶	—	1.0隻	船外機，ダイバー船

播種シート法100m²当たりの施工概要

	シート製作	シート運搬・設置	備考
作業員	2.0人	1.0人	
潜水土	—	2.0人	
車両	1.0台	—	
船舶	—	1.0隻	船外機，ダイバー船

注) マリノフォーラム21「アマモ場造成技術指針」などを参考に作成

出典

- 1)運輸省港湾局監修，エコポート（海域）技術WG編集 1998 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発行
- 2)川崎保夫ら 1988 アマモ場造成法に関する研究，電力中央研究所報告，総合報告U14
- 3)マリノフォーラム21 海洋環境保全研究会，浅海域緑化技術開発グループ編 2001 アマモ場造成技術指針，MF21 技術資料 No.49

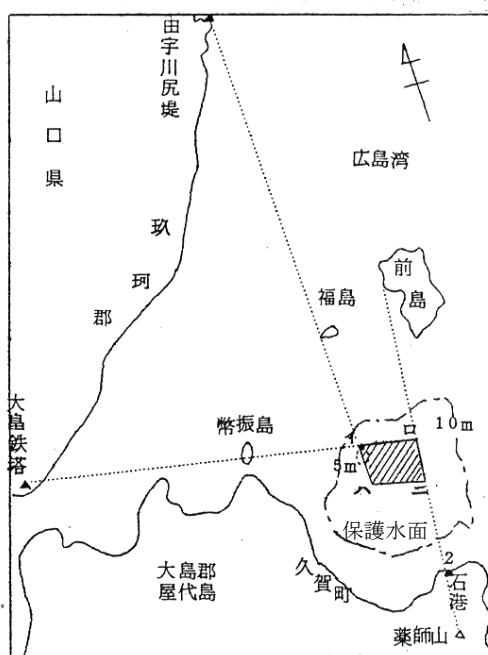
参考資料C (山口県内のアマモ場造成試験事例)

1. 山口県久賀沖のアマモ移植試験

山口県は、戦前は濃密なアマモ場が存在したが戦後急激に衰退した周防大島町（旧久賀町）の「沖の藻海域」において、アマモ場の復元を目的とするアマモ場造成試験を実施した^{1) 2) 3) 4)} (図C-1)。以下に試験の概要を示す。

アマモ移植手法の予備試験を経て、1965年2月～3月に、保護水面中央部の24.4ha(700m×400mの梯形、水深7～9m)において、地下茎の7節以上付いたアマモ栄養株など計150,000株を移植した。アマモ栄養株は柳井湾から採取し、地下茎部に重さ80～90gの小石を輪ゴムで結着して船上から投入して移植した。移植したアマモの活着は1965年5月、7月の追跡調査時には認められたが、以後の1966年、1967年、1968年の追跡調査では確認できなかった。

「沖の藻海域」のアマモ場の衰退原因については、1945年頃から盛んになった底びき網漁業の影響、移植アマモの消滅については、移植場所の水深が深く光環境が悪いことおよび底質が軟泥質であったためと考えられている。



図C-1 久賀沖のアマモ場造成位置 (斜線部)

出典

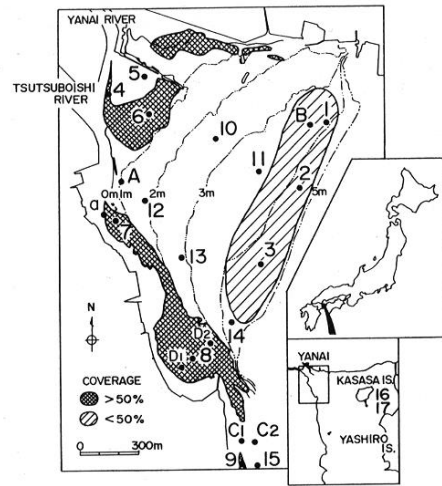
- 1) 山口県内海水産試験場 1965 久賀沖の藻場造成調査報告書
- 2) 山口県内海水産試験場 1966 久賀沖の藻場造成調査経過報告書
- 3) 山口県内海水産試験場 1967 久賀沖の藻場造成調査経過報告書
- 4) 山口県内海水産試験場 1969 昭和43年度 藻場保護水面調査報告書

2. 柳井湾におけるアマモ播種・移植試験

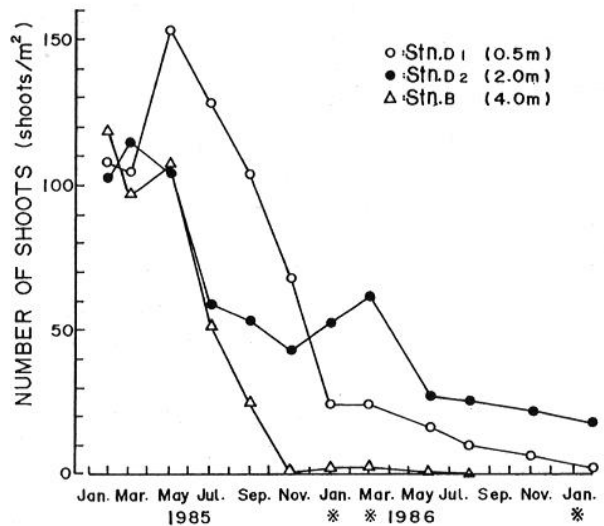
中国電力は柳井湾においてアマモ場の造成手法の開発を目的とするアマモ播種・移植試験を実施した⁵⁾。以下に試験の概要を示す。

アマモ移植手法などの予備試験を経て、1985年2月にアマモ栄養株を土付きの状態で水深の異なる3ヶ所に約100株/m²の密度で移植した(図C-2, C-3)。Stn. D2(水深2m)の移植アマモの活着が良好で、2年後の1987年2月にも20株/m²のアマモが残存した。水深4mのStn. Bでは光量不足により、水深0.5mのStn. D1ではアナアオサの堆積による影響を受けて減耗が比較的大きかった。播種についても、栄養株移植場所と同一の場所に300~1500粒/m²の密度で種を蒔き埋め戻すことにより実施し(1984年11月)、株移植とほぼ同様の結果が得られている。

図C-2 柳井湾のアマモ場と播種・移植試験位置
斜線部のアマモ場は急激に衰退し
1982年に消滅した(原因不明)



図C-3 移植アマモの株密度の変遷
※: 実生が含まれる



出典

5) 川端豊喜ら 1990 柳井湾におけるアマモの生長様式とアマモ場造成試験, 沿岸海洋研究ノート, 第27巻, 第2号, 146-156

5. 山口湾におけるアマモ場造成（モデル事例）

経緯

榎野川河口域・干潟などを含む山口湾を「里海」として再生することを目的とする「やまぐちの豊かな流域づくり構想」や「榎野川河口域・干潟自然再生構想」が策定され、多様な主体が参加するさまざまな活動が実施されているところである。モデル事例としてとりあげる山口湾のアマモ場造成実証試験や住民参加によるアマモ場造成の試みは、これらの構想に含まれる豊かなアマモ場再生のための技術的なよりどころを提示するための基礎的知見を収集することなどを目的として実施された。

5.1 アマモ場造成実証試験の成果

アマモ場造成実証試験としてアマモ栄養株移植および播種試験を実施した。

移植したアマモ栄養株の生育は順調で、季節変動をしながら増え続け、移植から3年後の平成18年1月に、アマモ株数は移植時の約10倍の40株/m²となった。

播種したアマモの生育状況は場所や手法による差異がみられた。発芽率は協働播種区画④で高く、手法別にみるとシート法やコロイダルシリカ法が高かった。発芽後のアマモの生育はコロイダルシリカ法が良好で（協働播種区画④）、播種から1年以上経過した平成18年1月、3月にもアマモ株数が60株/m²以上で維持されていた。

解説

5.1.1 アマモ栄養株移植試験

1) 移植

平成15年1月に山口湾東岸の水深D.L. +0.1～±0.0mの砂泥底の裸地において、移植株密度や移植間隔を変えた9移植試験区を設定し、アマモ栄養株計4,365株を計1,152m²の区画に粘土結着法により潜水土の手作業で移植した（図5-1、移植場所は図3-1参照）。なお、アマモ栄養株は山口湾長浜地先の天然アマモ場において、潜水土により間引き採取したものを移植に用いた。

2) 追跡調査

追跡調査は潜水土の目視観察により平成15年3月から平成18年3月までの3年間に計12回実施した（調査月：原則として1月、3月、6月、9月）。調査項目はアマモ生育状況（アマモの被度・株密度・草丈・葉幅・花枝密度・色合い、付着生物被度）、競合生物（アオサ属、ホトトギスガイの被度、巣穴の密度）などである。

平成15年1月に約4株/m²（株密度は全て平均値、以下同様）の密度で移植したアマモは、移植直後の平成15年3月にアオサ属の繁茂や初期減耗により株数が若干減少したが、1年半後の平成16年6月には30株/m²に達した。そして、平成16年9月には、中国地方に上陸して猛威を振るった台風18号の波浪の影響により株数が減少した。しかし、季節変化をしながら順調に増え続け、移植から3年後の平成18年1月に、株数は移植時の約10倍の40株/m²となった（図5-2、5-3、写真5-1）。

平成 15 年 1 月の移植時点には移植区画付近は裸地であったが，追跡調査期間中に天然アマモ場の経年的な回復傾向がみられ，平成 17 年 6 月以降には周辺の天然アマモと移植区画のアマモが融合した状態になっていた。

これらの結果から，回復しつつあるアマモ場近傍の裸地はアマモの移植適地と考えられる。そして，3 年以上にわたり移植株由来のアマモ群落を維持することができたことから，粘土結着法は好適な移植手法であると評価できる。

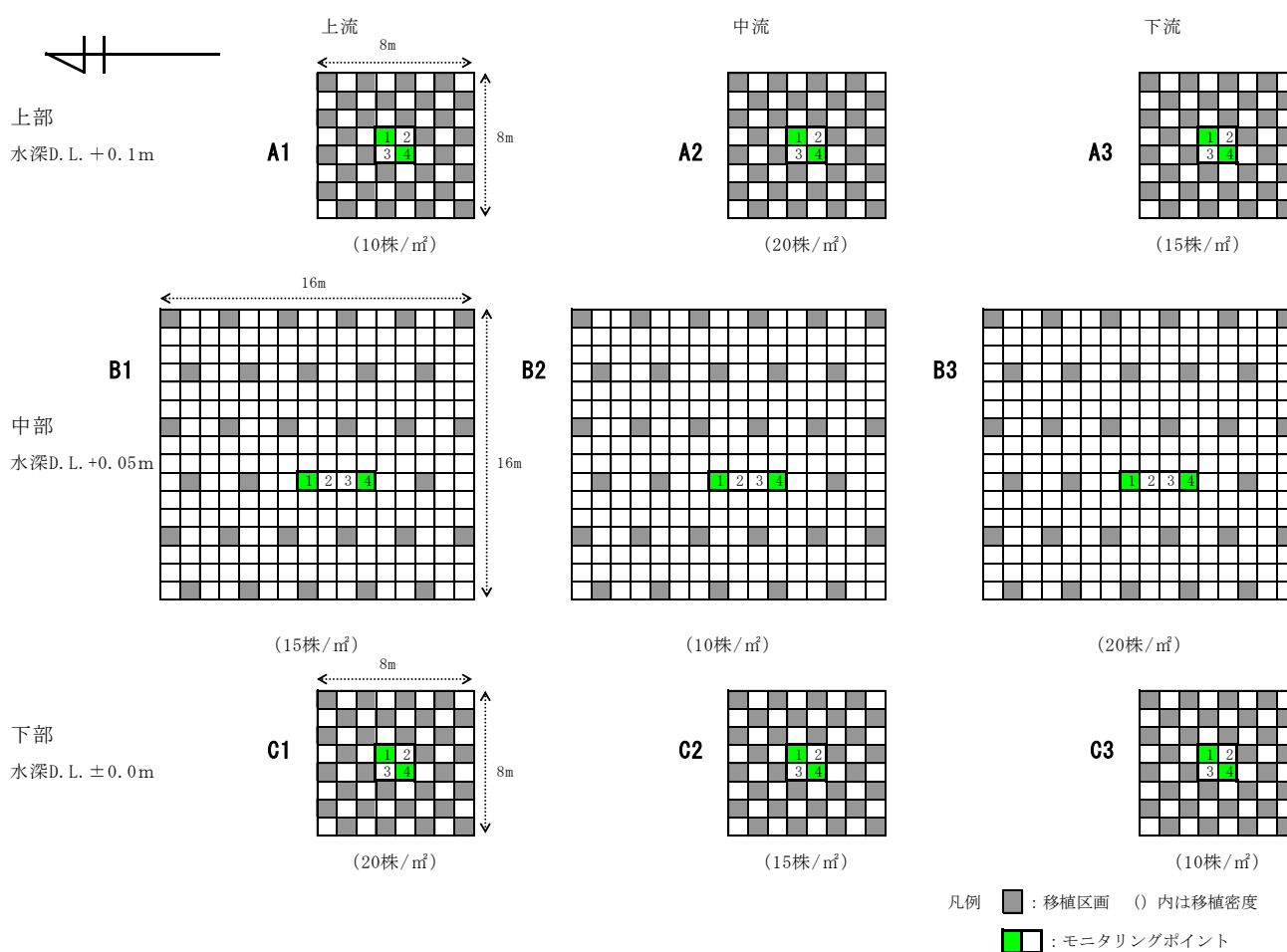


図 5-1 移植試験区の配置とモニタリングポイント (平成 15 年 1 月移植)

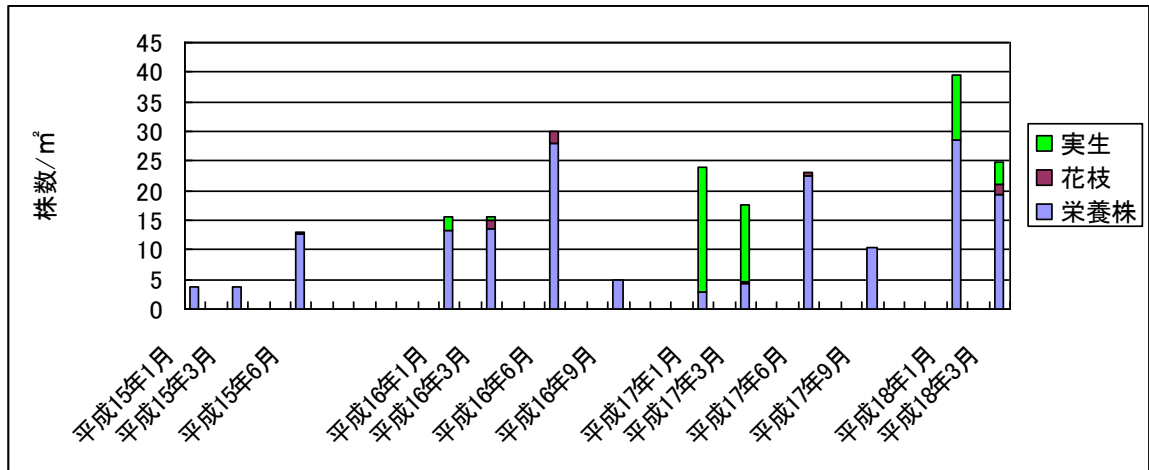


図 5-2 移植アマモの株数の変遷

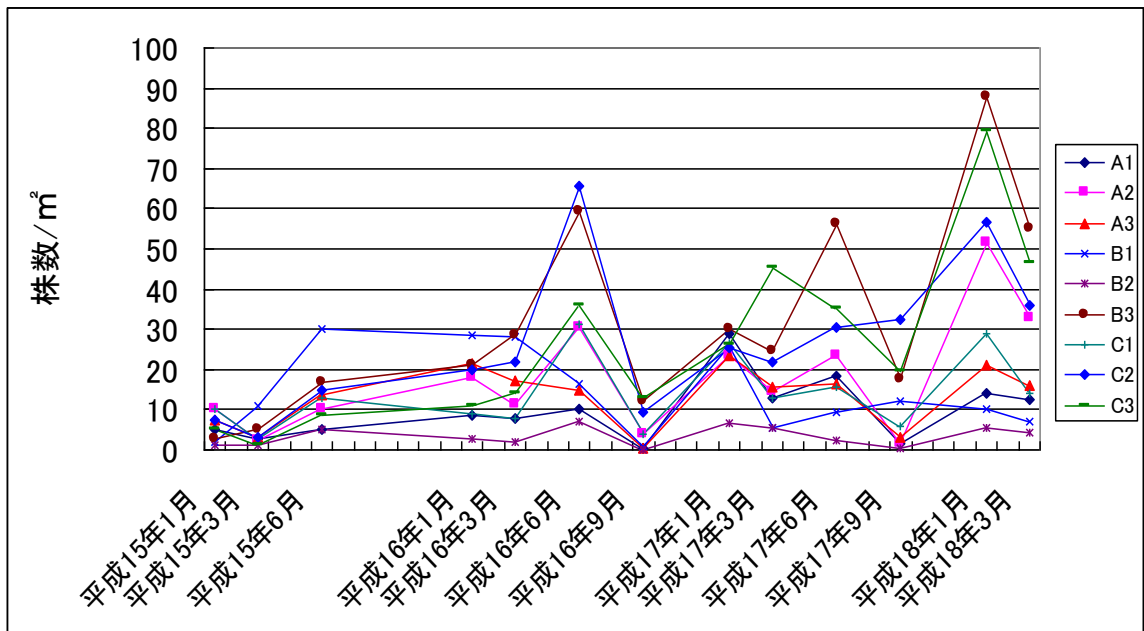


図 5-3 移植アマモの区画別株数の変遷

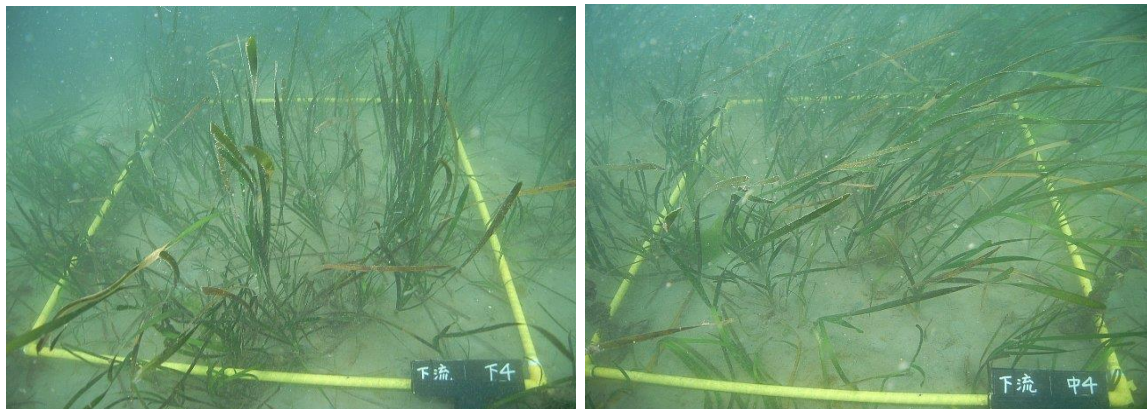


写真 5-1 移植3年後のアマモの生育状況 (平成18年1月)

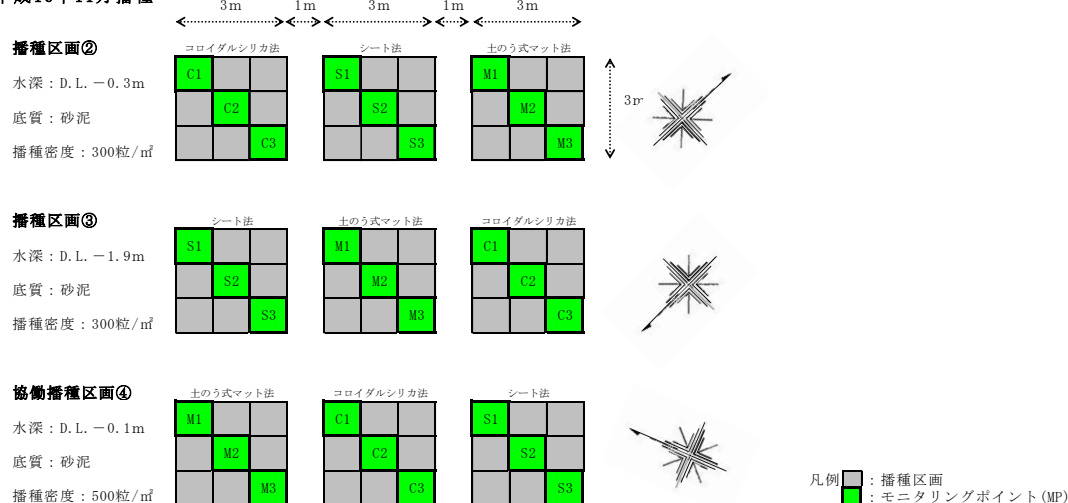
5.1.2 アマモ播種試験

1) 播種

平成15年11月に山口湾西岸で、シート法・コロイダルシリカ法・土のう式マット法による播種を行ったが、いずれも発芽率が約0.4%と低かった。同時に実施した室内発芽試験の結果も約5.5%と低く、種子自体の生理的な問題が原因と推察された。このため、平成16年11月に、同様の3手法による播種を山口湾西岸および東岸の水深D.L.-0.1～-1.9mの砂泥底の3箇所の裸地で実施した(図5-4, 播種場所は図3-1参照)。さらに、平成17年11月にシート法・コロイダルシリカ法による播種を山口湾東岸の水深D.L.-0.4m, -1.0mの砂泥底の2箇所の裸地で実施した(図5-4, 播種場所は図3-1参照)。

播種に用いた種子は、山口湾長浜地先の天然アマモ場で平成16年6月および平成17年5月に採取した花枝由来の種子を追熟・選別・保管したものである。協働播種区画④～⑥では、地域住民などと協働で花枝を採取し、播種前処理作業を実施した。

平成16年11月播種



平成17年11月播種

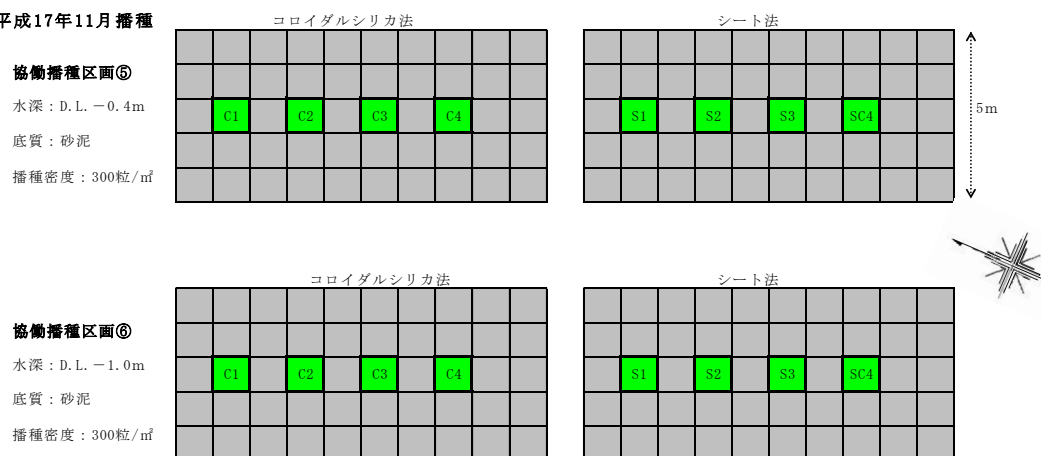


図5-4 アマモ播種区画の配置とモニタリングポイント

2) 追跡調査

追跡調査は潜水士が目視観察により平成17年1月から平成18年3月までの2年間に計6回実施した(調査月:1月, 3月, 6月, 9月)。調査項目は移植試験と同様である。

アマモの発芽率を図5-5, 表5-1に示す。場所別の発芽率は2.0~12.0%の範囲にあり播種区画②で低く協働播種区画④で高かった。手法別の発芽率は1.9~7.4%の範囲にあり土のう式マット法が低く, シート法とコロイダルシリカ法が高かった。播種区画②で発芽率が低かったのは, 水深がD.L. -0.5mと浅いうえ波浪環境が厳しいことが原因と考えられる(図3-10, 3-11参照)。コロイダルシリカ法の発芽率が播種区画②で0.0%と極端に低かったのは, 種子を覆土するだけの手法が波浪の影響を受けやすいことを反映したものと考えられる。シート法の発芽率が協働播種区画⑤で低かったのは, 生分解性シートに付着珪藻が着生して発芽を阻害したものと推察される。

発芽後のアマモの生育状況も場所・手法により異なっていた。協働播種区画④でコロイダルシリカ法により播種したアマモの生育が順調で, 播種から1年以上経過した平成18年1月, 3月にもアマモ株数が60株/m²以上で維持されていた(図5-6, 写真5-2)。

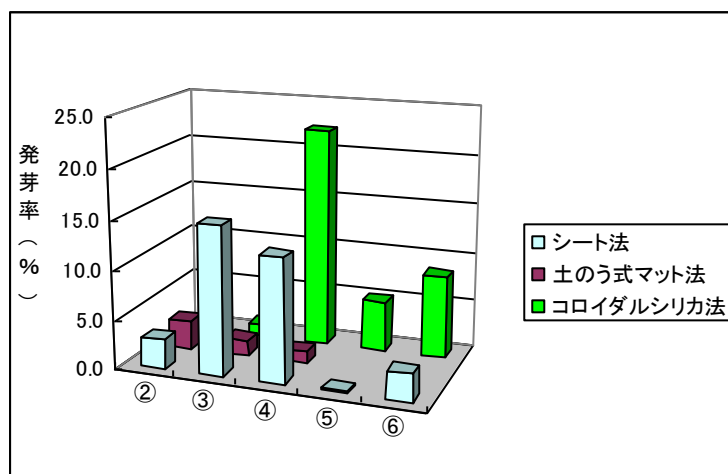


図5-5 アマモの発芽率

(播種区画②~④:平成17年1月, ⑤~⑥:平成18年1月)

表5-1 アマモの発芽率

手法 \ 場所	平成17年1月			平成18年1月		手法別平均
	②	③	④	⑤	⑥	
シート法	3.0	15.1	12.6	0.2	2.8	6.7
土のう式マット法	2.9	1.6	1.2	未実施	未実施	1.9
コロイダルシリカ法	0.0	1.2	22.2	5.1	8.4	7.4
場所別平均	2.0	6.0	12.0	2.7	5.6	

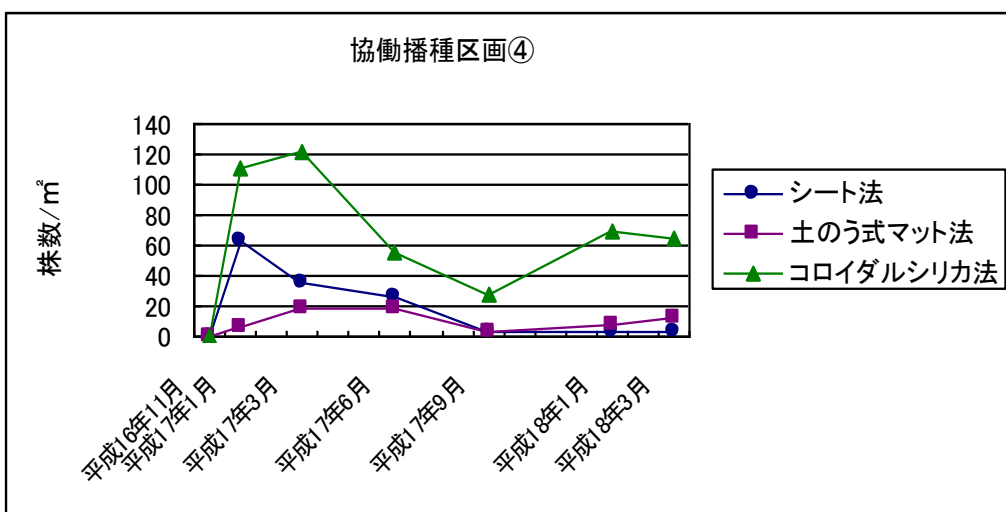
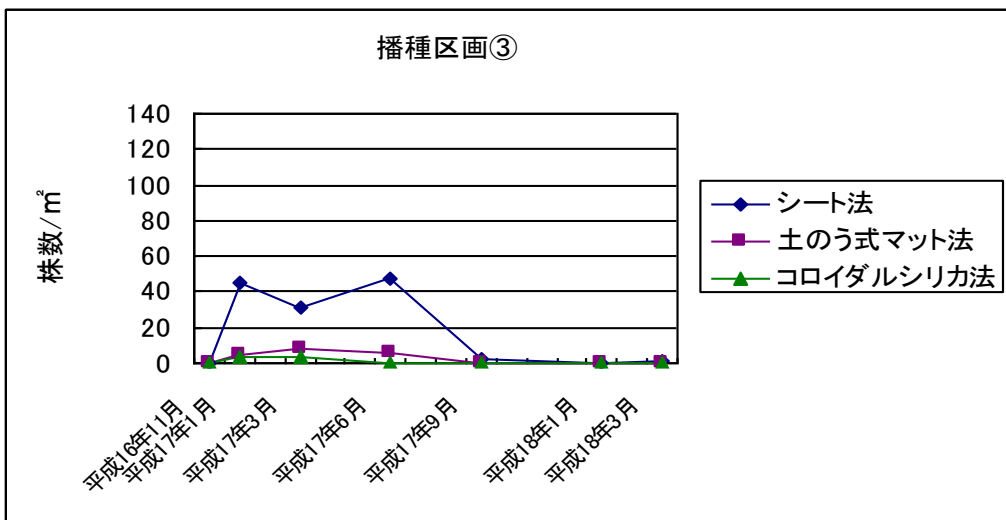
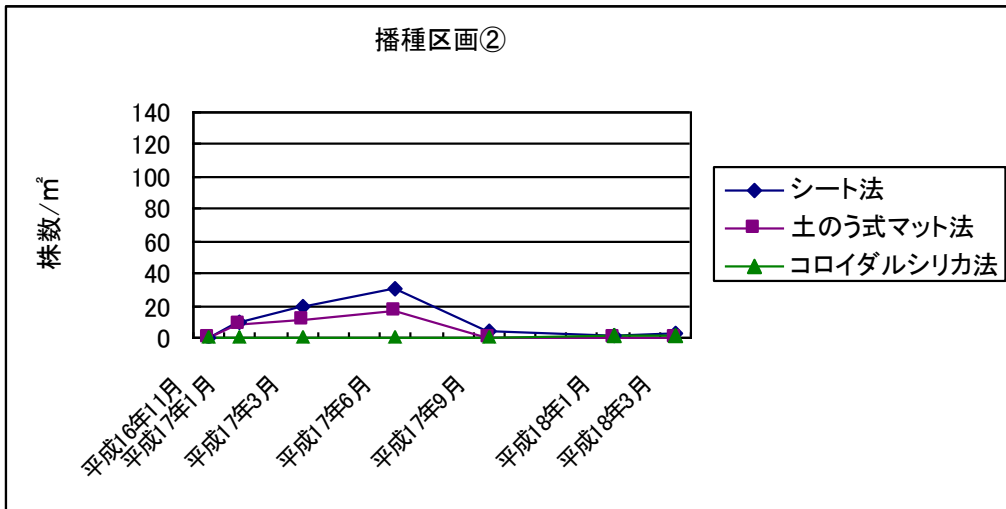


図 5-6 播種アマモの場所・手法別株数の変遷

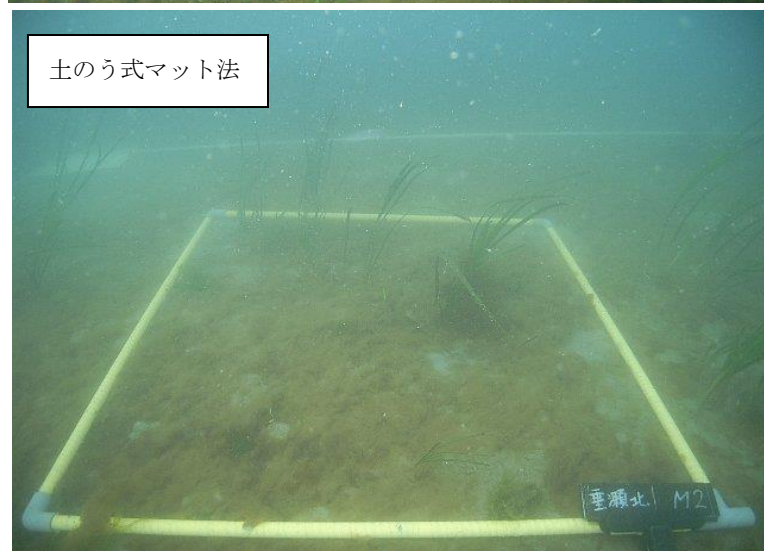
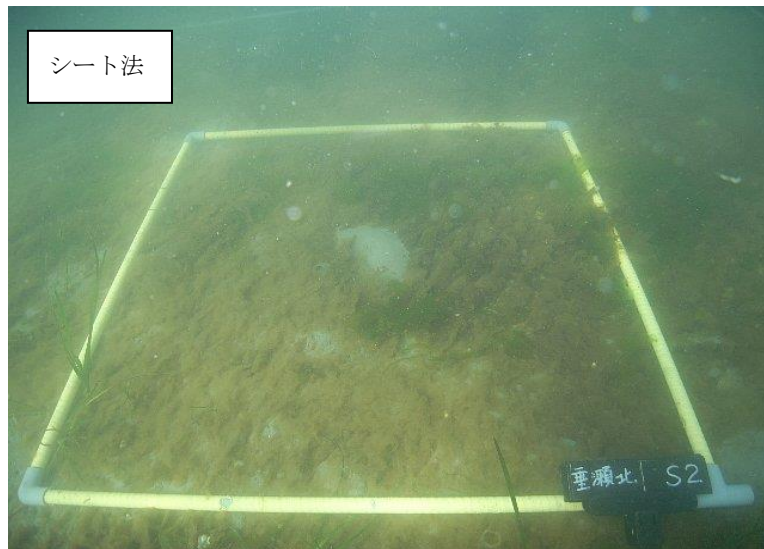


写真 5-2 協働播種区画④における手法別アマモの生育状況（平成 18 年 1 月）

5.2 住民参加によるアマモ場造成の試み（山口県資料より作成）

住民参加によるアマモ場造成の試みとして、地域の多様な主体が参加したアマモ学習会、現地観察会、協働によるアマモ播種作業やアマモ苗移植が実施されている。

解説

住民参加によるアマモ場造成の試みの工程と内容は表 5-2、5-3 に示すとおりである。

これらの試みは、山口県の主催により、地域住民に平成 14 年度から実施中のアマモ場の造成検討・実証事業の成果を説明するとともにアマモ場のもつ機能等についての理解促進を図り、地域住民と連携した事業展開を模索することを目的として実施されている（写真 5-3～5-6）。参加者は榎野川河口域・干潟自然再生協議会、榎野川流域活性化交流会（山口県漁業協同組合嘉川支店、同山口支店、同榎野川支店、山口中央森林組合、JA 山口中央女性部で構成）、山口県漁業協同組合阿知須支店、NPO 法人水環境地域ネットワークなど多様な主体からなっている。

表 5-2 住民参加型アマモ場造成の試みの工程

項目	年 月	平成16年						平成17年															
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
アマモ学習会																							
現地観察会																							
協働によるアマモ播種作業																							
協働によるアマモの苗移植																							

表 5-3 住民参加型アマモ場造成の試みの内容

アマモ学習会	<ul style="list-style-type: none"> アマモについての基礎的かつ生物学的な解説をおこなう。 アマモ場造成検討・実証事業の実施状況を報告する。
現地観察会	<ul style="list-style-type: none"> 干潟のアマモ群落で、アマモの草体（生殖株と栄養株の違い）やアマモ場に生息する生物等を観察し、アマモの種子を採取する。 山口県水産研究センターで増殖技術開発中のイシガレイに標識を施し、天然アマモ場に試験放流をする。
協働によるアマモ播種作業 （陸上での播種前処理作業）	<ul style="list-style-type: none"> 3手法の播種前処理作業をおこなう。 シート法：①アマモ種子の計数，②生分解性シート上への種子のノリ付け， ③生分解性シートとヤシマットの挟み込み 等 コロイダルシリカ法：①アマモ種子の計数，②コロイダルシリカの調製， ③種子とコロイダルシリカ等の混ぜ合わせ 等 土のう式マット法：①アマモ種子の計数，②スクイーズポンプからマットへの 充填 等
協働によるアマモの苗移植	<ul style="list-style-type: none"> 現地観察会で採取したアマモ種子から得られた苗[※]を協働で移植する。 ※山口県水産研究センターで追熟・選別・保管（参考資料D参照）

多様な主体からなる地域住民がアマモ場造成の試みをとおして、地域の環境について見つめ直すことにより環境保全意識が高揚し、地域の水産物の消費促進、ひいては地域の水産業の発展に繋がることが期待される。これらの活動実績を蓄積して、将来は小中学生の総合学習における「アマモ場造成体験学習」の場として提供することが望まれる。将来の地域環境保全の担い手である小中学生に対し、アマモ場造成を含めた樫野川自然再生事業への関心を喚起し、積極的な参加を促すことが大切である。



写真 5-3 アマモ学習会（山口県水産研究センター，平成 17 年 5 月）



写真 5-4 現地観察会
（山口湾長浜地先の天然アマモ場，
平成 16 年 6 月）



写真 5-5 協働によるアマモ播種作業（山口県水産研究センター，平成 17 年 11 月）



写真 5-6 協働によるアマモの苗移植（山口湾南潟，平成 17 年 5 月）

参考資料 D (住民参加の取組みにおけるアマモの追熟・選別・保管)

1. 花枝の採取・管理

平成17年5月23日に、山口湾長浜地先において開催されたアマモ場観察会で住民参加者がアマモ花枝 1,267 株を採取した(写真 D-1)。

花枝の平均草丈は 127cm, 1株当たりの種子数は 120 個/株であり, 152,000 個の種子を含んでいると推定した(表 D-1)。

表 D-1 アマモ花枝測定結果

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
草丈(cm)	177	120	126	110	120	120	129	160	100	115	127.7
花穂数(本/株)	16	11	10	18	12	12	14	15	9	13	13.0
種子数(粒/株)	204	123	89	109	137	107	148	126	86	75	120.4
平均種子数(粒/花穂)	13	11	9	6	11	9	11	8	10	6	9.4

平成17年(2005年)5月23日採取 10株測定



写真 D-1 アマモ花枝採取風景(山口湾長浜地先の天然アマモ場, 平成17年5月)

採取した 600 本の花枝はタマネギ袋 12 袋(目合い 1mm)に入れ, 山口漁港内で海中に垂下するとともに, 667 本の花枝は山口県水産研究センター内海研究部の流水槽に設置した小割生簀(4小割, 3m×1m×0.5m)に入れた。更に, 実験用の種子として 100 本の花枝を 1kℓカーボネイト水槽の小割網に入れて管理した(写真 D-2)。

(タマネギ袋垂下)

(流水槽小割網)

(1kℓカーボネイト水槽小割網)

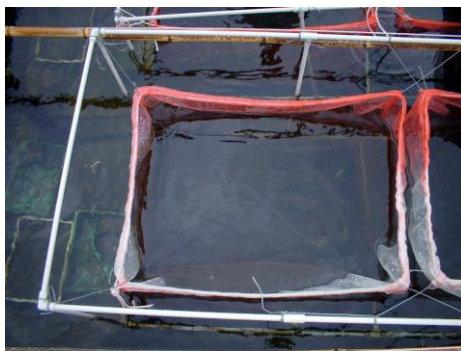


写真 D-2 花枝管理

2. 花枝回収・種子選別

平成 17 年 7 月 21 日～28 日にタマネギ袋, 流水槽小割網及び 1kℓカーボネイト水槽底のデトリタス化した堆積物を 30ℓパンライト水槽の中で攪拌して, 浮遊したゴミと種子を海水で洗い流しパンライトの底にたまった種子だけを回収した。

合計 1,367 本の花枝から 109,000 粒の種子を回収した。1 花枝当たりの種子回収率は 80 個/花枝であった(表 D-2)。

表 D-2 アマモ花枝から採取した種子数

花枝管理方法	A 採取した種子個数	B 使用した花枝数	種子/花枝
タマネギ袋垂下	53,560	667	80.3
流水槽小割網	46,504	600	77.5
1kℓカーボネイト水槽小割網	9,008	100	90.1
合計	109,072	1,367	79.8

3. 種子の保存・発芽誘因

回収した種子は, 室内流水槽中に置いた 30ℓパンライト(平成 17 年 7 月末～11 月 22 日), 木綿ネット(平成 17 年 8 月 9 日～11 月 22 日), 上部をタマネギネットで覆った 300cc プラスチック容器(平成 17 年 8 月 9 日～11 月 22 日)に入れて保存した(写真 D-3)。

水温が 20℃以下に下がった平成 17 年 11 月 9 日から流水槽に加えて, 種子の発芽を抑制するために止水槽(15° 以上に加温設定)で種子を 30ℓパンライトと木綿ネットに入れて保存した。また, 試験として冷蔵庫準備室(5℃前後)に 300cc プラスチック容器に種子をいれ保存した。



写真 D-3 種子の保存

4. 種子の取り上げ

平成 17 年 11 月 22 日に合計 79,000 個の種子を取り上げ, そのうち 60,000 個を協働によるアマモ播種作業に提供した。

採取した花枝 1 本当たりの種子数は 57.7 個/株であり, 採取時からの歩留まりは 72%であった。

6. 山口県アマモ場造成計画（山口湾モデル）

6.1 基本的な考え方

山口湾の地域特性を踏まえて、山口湾のアマモ場造成の方策を策定した。県内他地点のアマモ場造成において、山口湾モデルとして活用してもらうことを想定している。

山口湾のアマモ場造成は「開発行為や人間活動によるダメージから回復途上のアマモ場において、地域の多様な主体が参加して、環境に優しい手法を用いて自然の自己回復を手助けする」ことを理念として実施する。

山口湾のアマモ場造成は、健全で濃密なアマモ場が存在していた 1950 年代のアマモ場の構造と機能を復元することを最終的な目標に設定する。

解説

6.1.1 アマモ場造成指針の位置づけ

アマモ場造成の一連の流れとしてアマモ場現況調査、適地選定、造成手法の決定、事業実施、モニタリングなどが考えられるが、あくまで地域の特性が重視されるべきであり地域ごとに独自のアマモ場造成の施策決定がなされるべきである。山口県は、山口湾において平成 14 年度から 17 年度までアマモ場造成に関する各種調査や播種・移植試験を実施し、それらの結果を踏まえてアマモ場造成の方策を策定した。県内他地点においてアマモ場造成を実施する場合には、その地域独自の方策を策定するために山口湾モデルを参考資料として活用してもらうことを想定している。

6.1.2 アマモ場造成の理念

山口湾においては 1950 年代までは 700ha を超える濃密なアマモ場がほぼ全域に分布していたが、阿知須干拓工事に伴う濁り発生や農薬・生活排水の負荷増大などにより 1970～1980 年代にはアマモ場は壊滅状態となった。その後、農薬負荷の質的・量的軽減や下水道の整備・普及などによりアマモ場の生育環境は改善され、1990 年頃からアマモ場の回復傾向が認められるようになった（図 1-1～1-2 参照）。2005 年のアマモ場面積は 1950 年代の約 1/5 にまで回復している。

「はじめに」で述べたように、榎野川河口域・干潟などを含む山口湾を「里海」として再生することを目的とする「やまぐちの豊かな流域づくり構想（榎野川モデル）」や「榎野川河口域・干潟自然再生構想」が策定されている。山口湾のアマモ場造成の方策は、これらの構想を実現するための技術的なよりどころとなるべきものである。

これらの経緯を踏まえ、山口湾のアマモ場造成は「開発行為や人間活動によるダメージから回復途上のアマモ場において、地域の多様な主体が参加して、環境に優しい手法を用いて自然の自己回復を手助けする」ことを理念として実施することとする。

6.1.3 アマモ場造成の目標

1950年代の山口湾のアマモ場は、面積700ha以上と大規模で生息する魚類、イカ・タコ類、エビ類、端脚類も豊富で複雑な食物連鎖を形成しており（表2-4、図2-4～2-5参照）、海域の環境保全とともに有用魚介類の生活圏として水産上極めて重要な役割を果たす場であった。このため、山口湾のアマモ場造成は、健全で濃密なアマモ場が存在していた1950年代のアマモ場の構造と機能を衰退以前と同じ状態にまで復元することを最終的な目標として設定する。

しかし、この目標を短期間に達成することはきわめて困難であり、達成期間が1～数年の短期的な目標から数年～数十年の中長期的目標を一步步順応的な姿勢で達成し、最終的に1950年代のアマモ場を復元するという手順を踏むことが不可欠と考えられる（表6-1）。

表6-1 段階的な目標達成の考え方

目標	達成期間	考え方
短期的目標	1～数年	経済的で技術的に達成可能な手法で実施 (環境改善を伴わない)
中長期的目標	数年～数十年	短期的目標を達成する過程の技術的蓄積や造成技術の進展を経て順応的に実施するとともに、産学公の連携・協働の下、榎野川流域全体の環境改善を進める (環境改善を伴う)

6.1.4 アマモ場造成の流れ

アマモ場造成の流れとその際の配慮事項を図6-1に示す。

アマモ場造成事業における配慮事項として、計画段階では地域住民を中心とした幅広い関係者との合意形成や専門家の関与が、事業実施段階では専門家の関与や情報の公開が不可欠である。そして、流域の様々な主体による榎野川流域全体の環境改善の取り組み（やまぐちの豊かな流域づくり構想）によりアマモ場の造成を目指すことも極めて大切である。

実施場所の選定に際しては、アマモ場分布の経年的な回復傾向に着目し、回復傾向にある場合には、環境改善の伴わない短期的な目標を設定してアマモ場の自然回復を助長することとする。一方、回復傾向がみられない場合には、生育基盤整備により環境を改善してアマモ場形成阻害要因を除去することとする。手法については、山口湾における播種・移植試験結果などを参考にして適切な手法を採用することとする。

アマモ場形成阻害要因を除去するための環境改善（基盤整備）技術の検討において、実施予定場所が造成不可能な場合には実施場所の選定に、事業の評価において目標を達成できていない場合には維持・管理計画の立案にそれぞれ戻り、再検討することが必要となる。

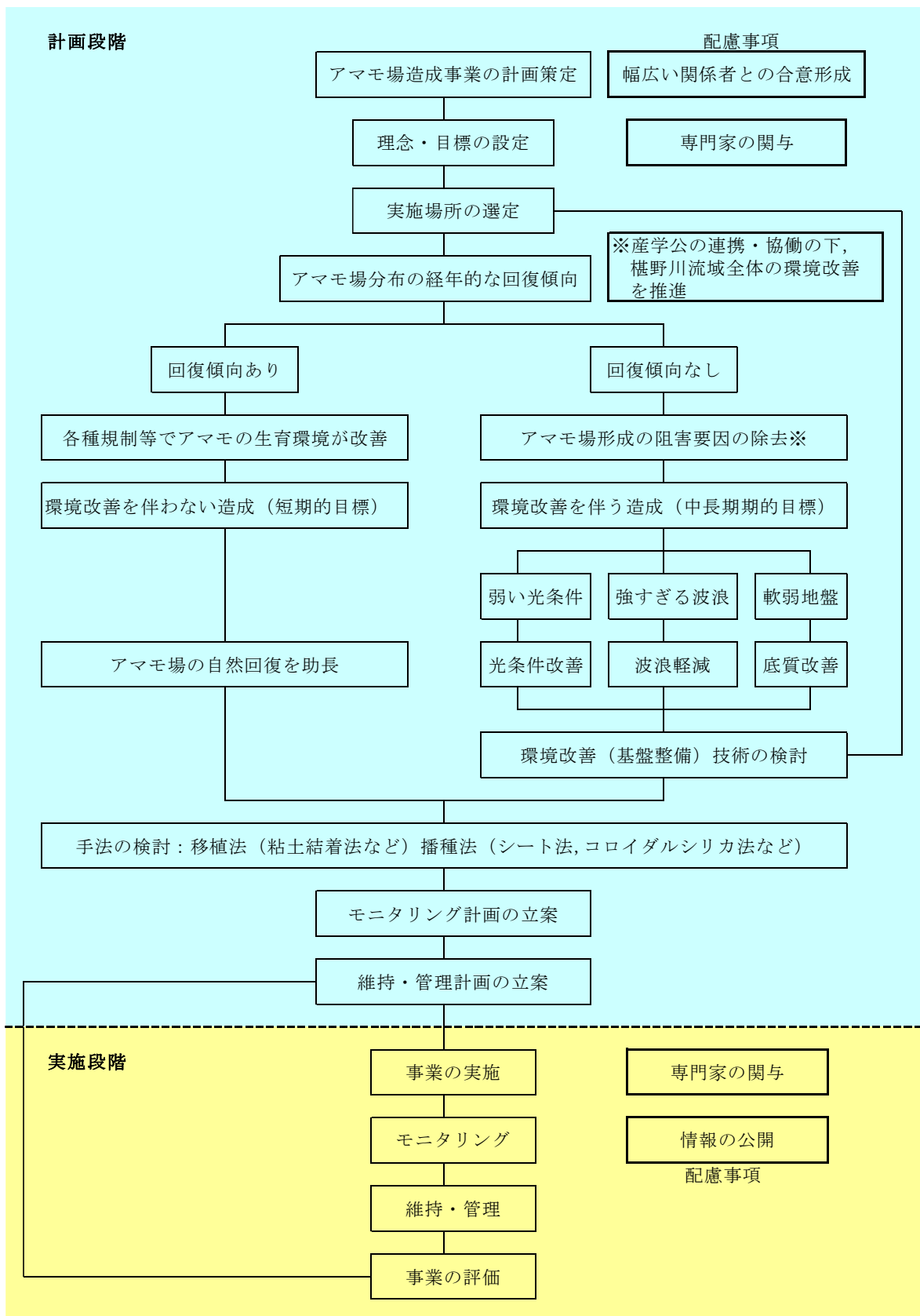


図 6-1 アマモ場造成の流れと配慮事項

6.2 山口湾のアマモ場形成阻害要因

山口湾のアマモ場の変遷は以下の5つのケースに類別できた。

- ①過去から現在に至るまで繁茂しているが、分布下限の水深が浅くなる。
- ②かつて繁茂していたが、現在は何らかの理由で生育していない。
- ③かつて繁茂していたが、分布下限の水深が浅くなり消長が比較的激しい。
- ④かつて繁茂していたが、1960年頃から衰退し、現在は再び繁茂しつつある。
- ⑤過去から現在に至るまで生育していない。

ケース毎に変遷の原因を検討した結果、アマモ場形成阻害要因として光条件の悪化（ケース①，ケース⑤-2）や強い波浪（ケース②-2，ケース③，ケース⑤-3）などが想定された。なお、各ケースの番号は図6-3，6-4に示す場所に対応する。

解説

山口湾のアマモ場は、第1章で述べたように1950年代から現在に至るまでに著しい変遷を経て、1990年頃からは全般に回復傾向が認められている。1950年代のアマモ場は、分布下限の水深が全般に浅くなり、阿知須干拓地地先北側や井関川河口南側では消滅し、湾北東部の垂瀬北側では一旦消滅して最近では回復傾向がみられている（図6-2）。1950年代のアマモ場分布図と2002年および2005年のアマモ場分布図を比較すると、アマモ場の変遷などは5つのケースに類別できた（図6-3，図6-4）。

ケース毎にアマモ場の変遷などの概要、具体的な場所、および想定されるアマモ場形成阻害要因などをとりまとめて表6-2に示す。

表6-2 山口湾のアマモ場の変遷などと想定されるアマモ場形成阻害要因など

ケース	アマモ場の変遷などの概要	具体的な場所	想定されるアマモ場形成阻害要因など
①	過去から現在に至るまで繁茂しているが、分布下限の水深が浅くなる	長浜地先	透明度低下による光条件悪化
②-1	かつて繁茂していたが、現在は何らかの理由で生育していない	阿知須干拓地先北側	反射波，濁りの滞留
②-2		井関川河口南側	強い波浪（有義波高0.7m以上），光条件悪化
③	かつて繁茂していたが、分布下限の水深は浅くなり消長が比較的激しい	阿知須干拓地先南側	強い波浪（有義波高0.5～0.8m），光条件悪化
④	かつては繁茂していたが、1960年頃から衰退したが、現在は繁茂しつつある	垂瀬北側	生活排水や農薬の負荷軽減
⑤-1	過去から現在に至るまで生育していない	阿知須干拓北護岸地先	干出による乾燥（干潟）
⑤-2		山口湾中央部	水深が深く光条件が悪い
⑤-3		月崎南側	強すぎる波浪

注）ケース②-1，③では阿知須干拓護岸形成により反射波が強くなっている。

ケース①は、山口湾の長浜地先など山口湾全般が該当する。分布下限水深が浅くなったためアマモ場面積が縮小している(図 6-2~6-4)。山口湾内の透明度の 1950 年代以降の継続的データは存在しないものの、山口湾沖の周防灘の旧 St.2 と St.6, 7 の透明度の変遷をみると、1950 年代に比べて 1970 年代以降は透明度が 4~5m 程度低下している(図 3-5 参照)。このことから、透明度低下による光条件の悪化がアマモ分布下限の水深が浅くなった要因と考えられる。

ケース②は、昔繁茂したものの今は裸地になっている阿知須干拓地先北側や井関川河口南側が該当する。ケース②-1 の阿知須干拓地先北側では現在もアマモが分布していないが、対岸

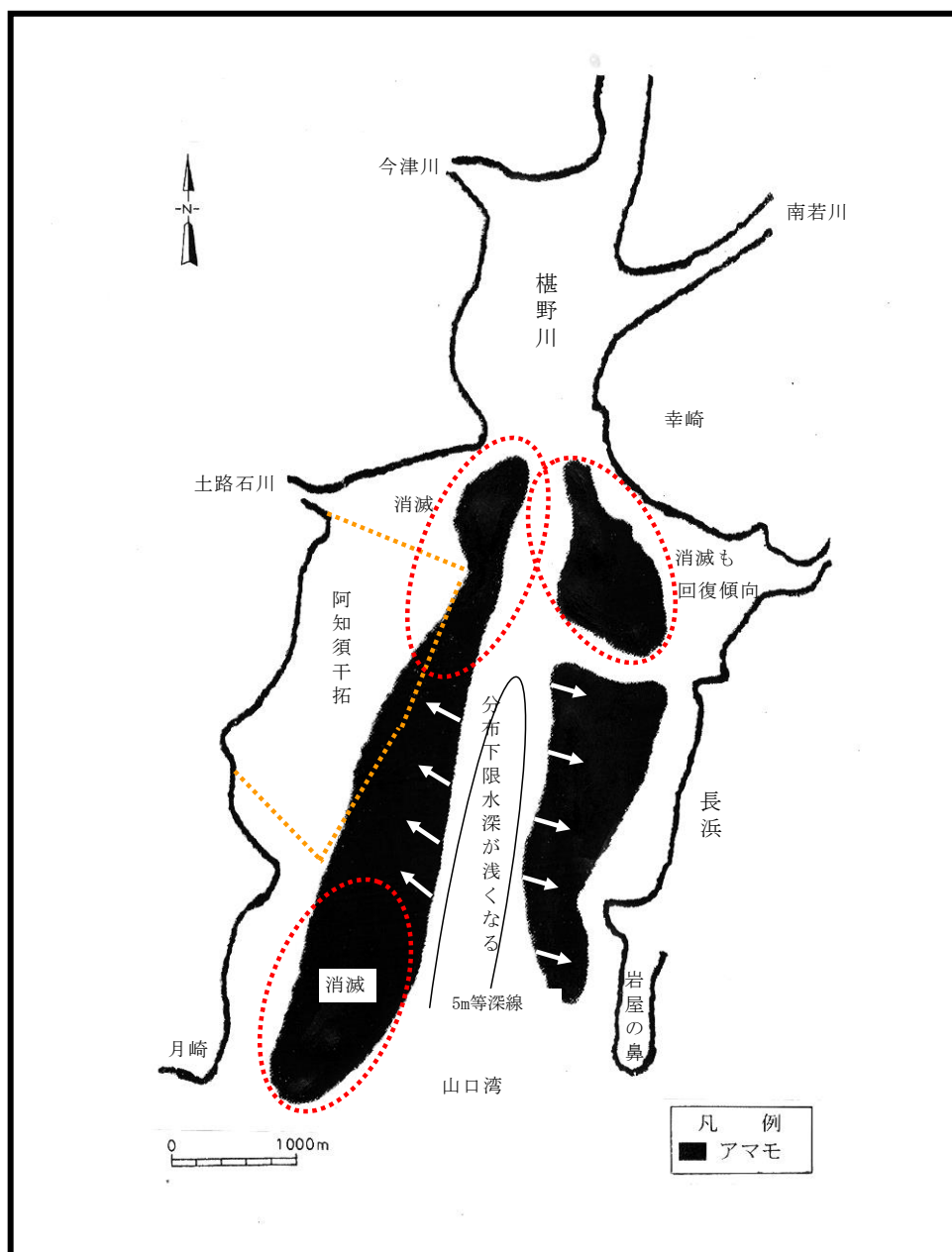


図 6-2 1950 年代の山口湾のアマモ場と 50 年後の変遷の傾向

の垂瀬北側ではアマモ場の回復がみられている。ケース②-1 では干拓地護岸の反射波の影響を受けやすく、濁りの滞留しやすい地形特性がアマモ場の形成を阻害しているものと推察される。ケース②-2 の井関川河口南側では、有義波高0.7m以上の強い波浪と光条件の悪化によりアマモ場形成が阻害されている^{1),2)}ものと考えられる(図 3-10, 3-11 参照)。

ケース③は、昔繁茂したものの今はアマモの消長が激しく不安定な阿知須干拓地先南側が該当する。有義波高 0.5~0.8mの強い波浪と光条件の悪化が安定的なアマモ場の形成を阻害しているものと考えられる。

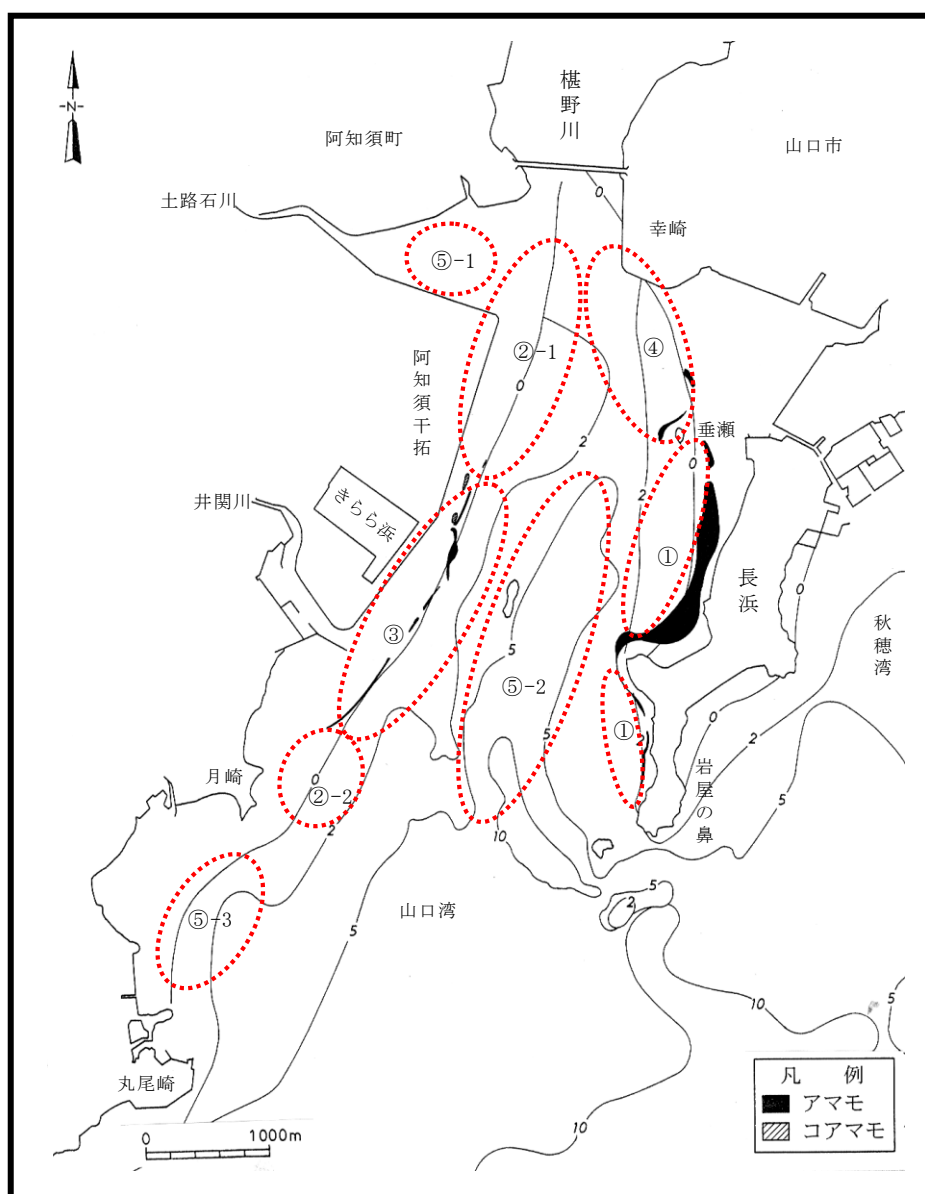


図 6-3 2002 年の山口湾のアマモ場と変遷のケース

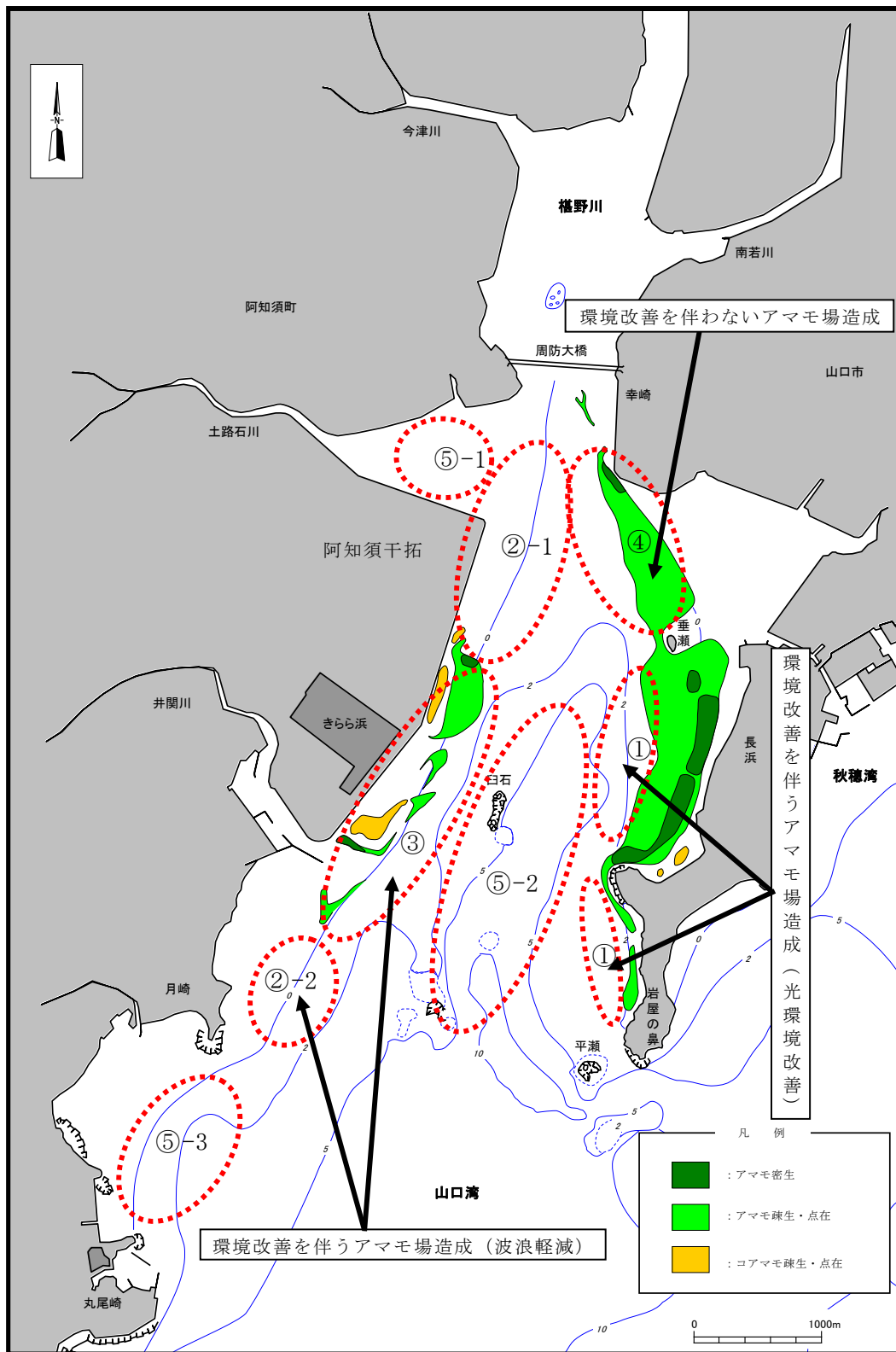


図 6-4 2005 年の山口湾のアマモ場と変遷のケースおよびアマモ場造成の方策

ケース④は、衰退したアマモ場が回復しつつある垂瀬北側が該当する。下水道整備や農薬規制の強化などにより生活排水や農薬の負荷が軽減したことがアマモ場の回復に結びついた³⁾ものと考えられる(図 1-3~1-5 参照)。

ケース⑤は、今も昔もアマモが分布していない阿知須干拓北護岸地先、山口湾中央部、月崎南側が該当する。ケース⑤-1 の阿知須干拓北護岸地先は干潟部であり干潮時に干出することがアマモ場の形成を阻害している²⁾ものと考えられる。ケース⑤-2 の山口湾中央部は水深が5m以上と深く、光条件が悪いためアマモ場形成を阻害しているものと考えられる。ケース⑤-3 の月崎南側は、最も湾口部に位置しているため、強すぎる波浪がアマモの生育を阻害し続けているのであろう。

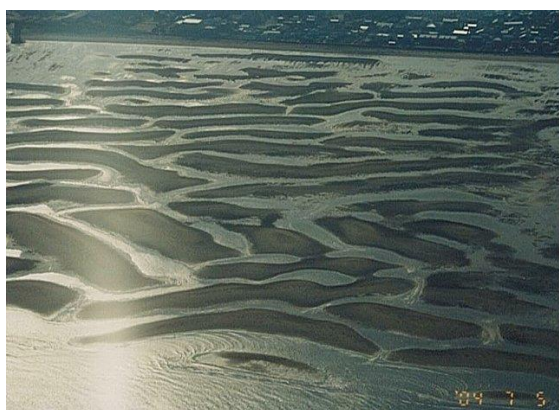
波浪の強さの場所による差異に関しては、平成17年7月に山口県の消防防災ヘリから撮影した干潟部の波状地形からも確認できた(写真 6-1)。強い波浪によりアマモ場形成が阻害されている月崎南側(ケース⑤-3)や井関川河口付近(ケース②-2, ③)では明瞭なサンドウエーブが形成され、波浪の影響の少ない垂瀬北側(ケース④)や長浜地先(ケース①)ではサンドウエーブはほとんど形成されていない。



井関川河口(ケース②-2, ③)



垂瀬北側(ケース④)



月崎南側(ケース⑤-3)



長浜地先(ケース①)

写真 6-1 山口湾の干潟部の航空写真(平成17年7月)

6.3 山口湾におけるアマモ場造成

6.3.1 環境改善(基盤整備)を伴わない造成事業

光条件の改善や波浪の軽減などの環境改善(基盤整備)を伴わない造成事業は、過去に衰退したアマモ場で現在回復傾向の確認されている場所を実施することとなる。比較的経済的で短期間に実現可能であることからアマモ場造成の短期的目標として設定することができる(表 6-1)。ただし、造成したアマモ群落の持続性など技術的な課題もあることから、モニタリングを通して造成藻場の維持・管理に配慮するなど順応的に対処することが不可欠である。

造成手法は、山口湾の播種・移植試験で実績のある粘土結着法によるアマモ栄養株移植や播種法(コロイダルシリカ法、土のう式マット法、シート法)が想定される。実施主体、事業予算、造成規模などに応じて適切に選択されるべきものである。

環境改善(基盤整備)を伴わない場合と伴う場合のアマモ場造成場所の概念は図 6-5 に示すとおりである(図 6-4 参照)。

環境改善(基盤整備)を伴わない場合には、アマモの生育にとって限界の光や波浪条件の範囲内で、既存の天然アマモ場に隣接して造成することが基本となる。現状では垂瀬北側のケース④が造成場所として想定されるが、今後のアマモ場の変遷により他の場所でも環境改善なしに造成できる可能性も考えられる。

6.3.2 環境改善(基盤整備)を伴う造成事業

光条件の改善や波浪の軽減などの環境改善(基盤整備)を伴う造成事業は、過去に衰退したアマモ場で現在も回復傾向の確認されていない場所を実施することとなる。比較的事業費や技術的難易度が高く、環境への十分な配慮が不可欠である。これらの課題をクリアするために慎重な対応が求められ、アマモ場造成の中長期的な目標として設定することが望ましい。

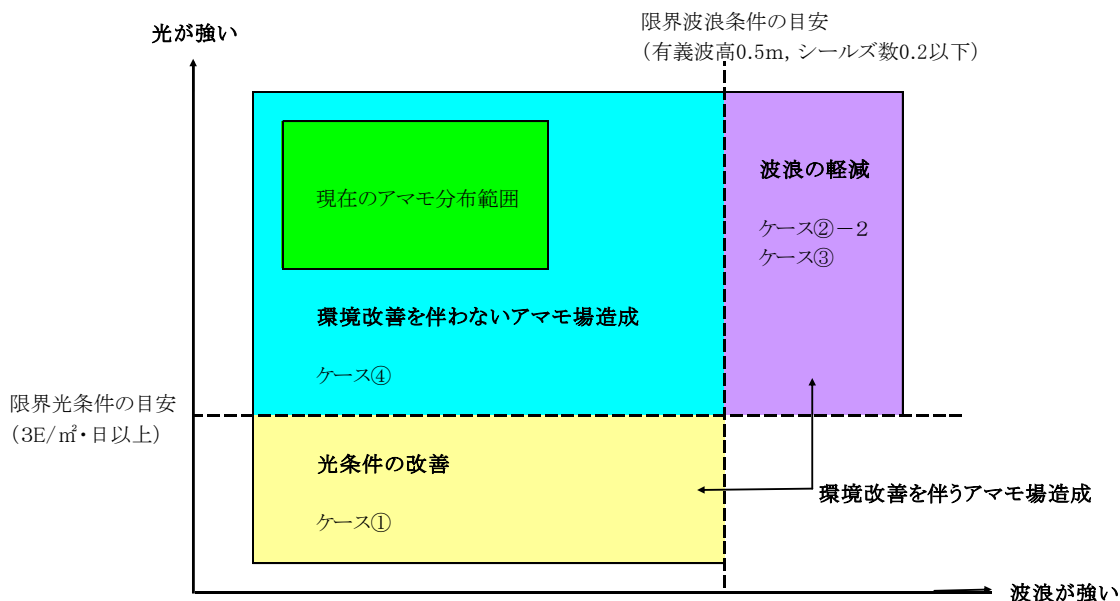


図 6-5 環境改善(基盤整備)を伴わない場合と伴う場合のアマモ場造成場所の概念

事業規模が大きいことが想定されるため、造成手法としては山口湾で実績のある粘土結着法によるアマモ栄養株移植やシート法による播種が想定される。

基盤整備により光条件を改善する場合には、マウンドの構築などにより海底面を嵩上げしてマウンド上端を分布好適水深に一致させて、あるいは光量 $3E/m^2 \cdot 日$ 以上に光条件を改善することとなる。造成場所は長浜地先の天然アマモ場沖側のケース①が想定される。さらに、海底面の嵩上げによる光条件の改善以外にも、榎野川河口域・干潟などを含む山口湾を「里海」として再生することを目的とする「やまぐちの豊かな流域づくり構想」や「榎野川河口域・干潟自然再生構想」などによる住民参加型の取組により、中長期的に山口湾全体の光条件を改善することも極めて大切である。

基盤整備により波浪を軽減する場合には、消波施設を構築して波浪条件を改善することとなる。造成場所は、井関川河口南側のケース②-2 や阿知須干拓南側のケース③が想定される。その際、波浪条件の改善の程度は有義波高 0.5m以下、シールズ数 0.2 以下が目安となるが、それを実現するための消波施設の規模などについては今後の検討課題である。月崎南側のケース⑤-3 は、波浪が強すぎで昔からアマモが分布していないことから波浪軽減の実施には経済的・技術的困難が伴うものと考えられる。

環境改善(基盤整備)を伴うアマモ場造成では、事業主体が必要に応じて幅広い専門家の助言や指導を受けつつ、社会・経済情勢や技術的難易度などを総合的に検討・選択して、慎重にかつ順応的に実施することが肝要である。

山口県の瀬戸内海側と日本海側においても、アマモ場形成の阻害要因は基本的には弱い光条件、強い波浪、軟弱地盤に集約される。このため、山口湾モデルを参考にして各地域の特性に応じて、アマモ場造成実施場所や手法あるいは基盤整備(光条件の改善や波浪の軽減、底質改善など)の技術について検討したうえで、アマモ場造成事業の計画を策定すべきものと考えられる。

出典

- 1) 山口県山口土木建設事務所ほか 2005 山口港付随単独港湾改修工事に伴う自然再生工法検討業務委託(第2工区)報告書
- 2) マリノフォーラム21 海洋環境保全研究会, 浅海域緑化技術開発グループ編 2001 アマモ場造成技術指針, MF21 技術資料 No.49
- 3) 相生啓子 2003 藻場生態系と地球環境, 遺伝, 第57巻, 第2号:53-58

参考資料 E (環境改善 (基盤整備) を伴うアマモ場造成事例)

1. 広島市似島二階地先 (事業主体: 広島市経済局農林水産部) ^{1) 2)}

二階地先は、もとの水深が 10~20m と深く、底質もシルト・粘土分が厚く覆う未利用海域であった。ここに広島市漁業協同組合が事業主体となってアサリ漁場、潮干狩り場、ガラモ場造成を目的に建設残土とカキ殻を使用して人工干潟を造成した。

広島市は二階地先に造成した人工干潟の前面水域において、クロダイなどの放流種苗に対するヨコエビ・ワレカラ類などの天然餌料の供給を目的として、粘土結着法によりアマモの移植事業を実施した。

解説

広島市は移植事業に先立ち、新規の移植・播種の開発を含めた造成手法の比較検討試験を行い、粘土結着法による移植が最も確実な手法であることを確認した。そして、広島市近傍海域でアマモの生育適地調査を行い、以下の基準で移植適地を選定した。

- ①海面に対して 10%以上の光量のある水深とする。
- ②細砂質の底質で砂面変動が少ないこと。
- ③アオサ等の競合海藻が繁茂しないこと。

その結果、二階地先の人工干潟の D.L. -0.5m~-2.5m の範囲をアマモの生育適地と判断し、粘土結着法によるアマモ栄養株移植を実施した (図 E-1)。

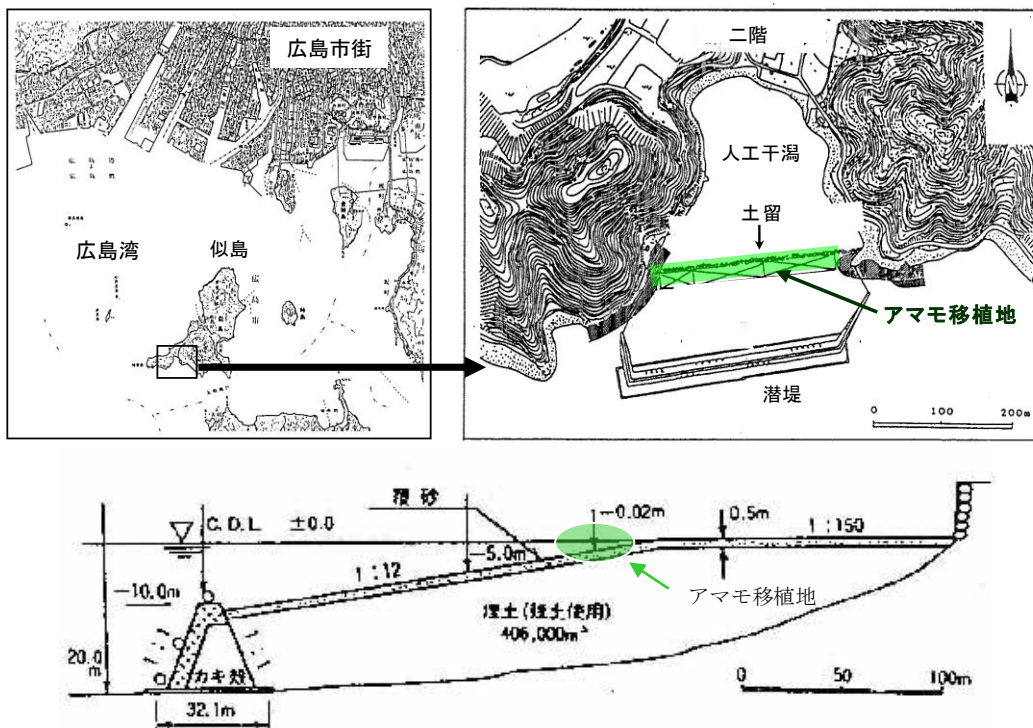
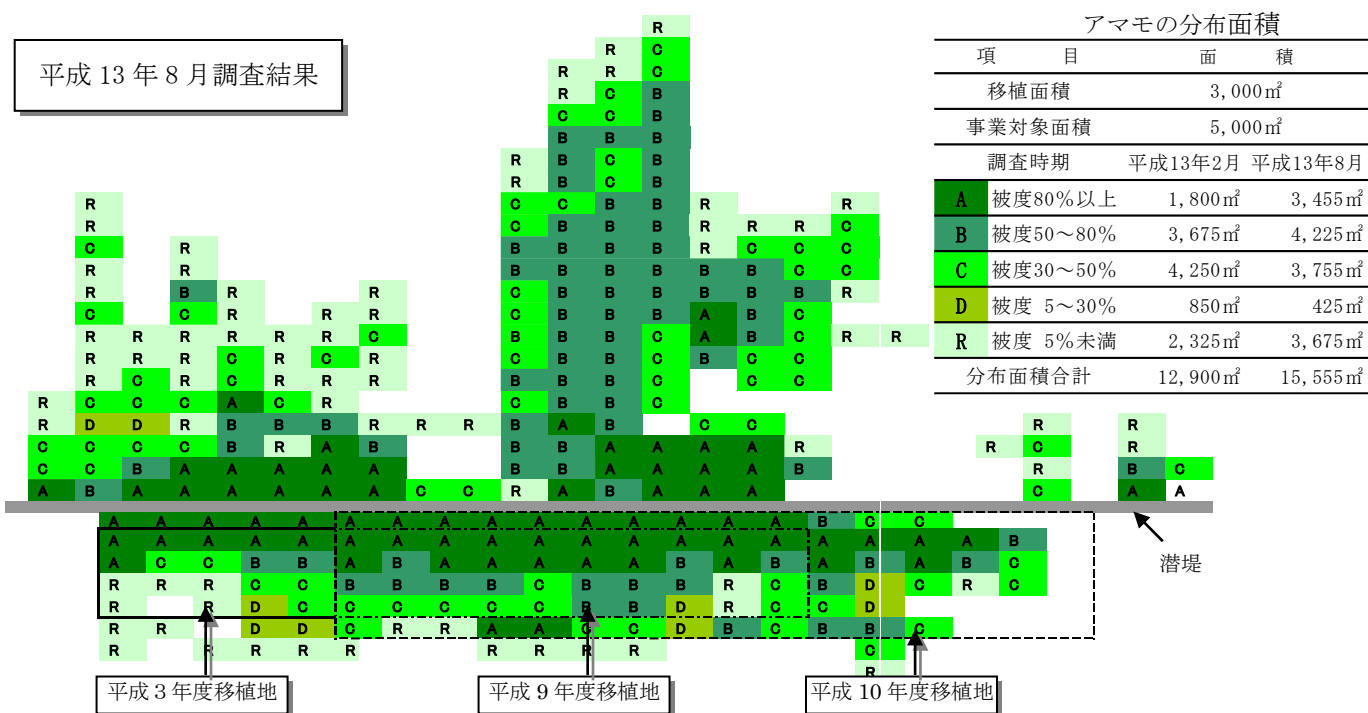


図 E-1 広島市二階地先のアマモ移植場所

年度別のアマモ移植事業対象面積は、平成3年度：1,000 m²、平成9年度：2,000 m²、平成10年度：2,000 m²で、合計5,000 m²の範囲に20株/m²の密度で総計60,000株のアマモ栄養株が移植された（平成9,10年度は1m間隔で市松状に移植を行なったため、実質的な移植面積は2,000 m²に相当）。

移植後2～9年が経過した平成13年8月には事業対象面積の3倍以上に拡大し、魚介類の餌料をはじめとする多種多様な生物の生息も確認されている（図E-2、写真E-1）。



注1) 罫線で囲った範囲：移植場所，注2) 被度を表示する1マスは原則として5×10mの範囲を示す

図E-2 二階地先の移植アマモの被度分布



写真E-1 造成した二階地先のアマモ場に蟬集したメバル

2. 熊本県樋合島地先（事業主体：熊本県天草事務所水産課）²⁾

熊本県は、樋合島をリゾートアイランドとして総合的に開発する計画を立案した。海水浴場予定地内にはアマモの群落が分布しており、同海域の生態系に重要な「藻場」としての機能を果たしていると考えられた。そのため、海水浴場建設により消失するアマモを計画地内に移植して代替のアマモ場 1,900 m²を造成した（図 E-3）。

解説

代替藻場造成に際しては、事前に計画地内にあるアマモの生育環境を把握し、課題の抽出・検討を行なったうえで造成事業を実施した。取り組み内容は以下に示すとおりである。

1. アマモの生育環境の把握

アマモの分布範囲、形状とともに周辺海域を含めて水質、底質、水中光量の調査を行い、移植地の設計条件を以下の通りとした。

- ・ 移植地の水深は L.W.L±0.0m～-1.0mの範囲で、船舶等の航行に支障がない範囲で可能な限り浅くするとの考えから、L.W.L-0.5m～-1.0mの範囲とした。
- ・ 移植地の底質は砂質を主体とし、中央粒径は可能な限り生育地の粒径に近づけるとの考えから、中央粒径 0.2～0.3 mmの海砂を用いた。

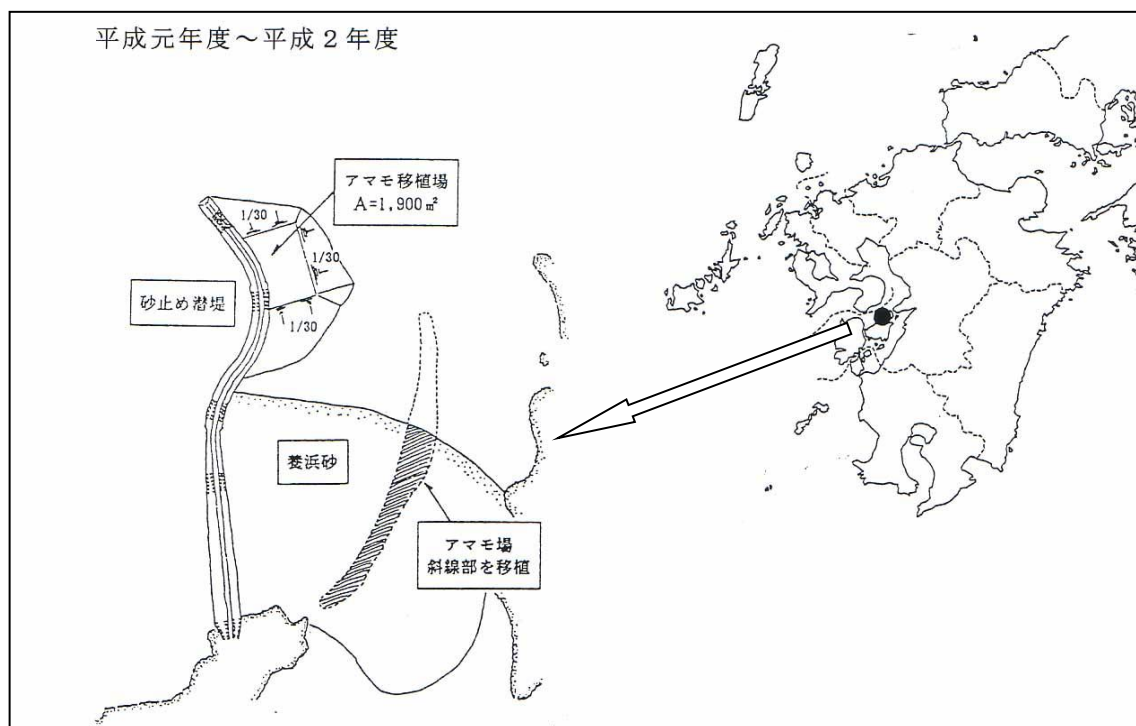


図 E-3 熊本県樋合島地先のアマモ場造成場所

2. 生育基盤の安定性

アマモの根の深さは海底面から 10cm 程度しかないため、地盤が洗掘されると流出する。したがって、移植造成したアマモ場を恒久的に維持するには、生育基盤の安定性が欠かせない。そのため、アマモ移植地は砂止め堤に接する位置とし、また移植地に接する砂止め堤のレベルは当初の L.W.L-1.5m から計画を変更し、アマモ移植地の上限水深である L.W.L-0.5m まで嵩上げした。

3. 移植方法

アマモの移植方法には様々なものがあるが、ここでは、粘土結着法（アマモの地下茎に粘土を巻きつけて海底中に埋め込む方法）が導入された。なお、この手法の有効性を確認する為に、計画地内の一部において移植試験を実施した。結果、移植したアマモは半年間で 1.3~3.0 倍に増殖した。

4. 移植時期

我が国沿岸に分布するアマモの一般的な生活史を踏まえ、アマモの移植時期は生長が活発で花枝を形成する前の冬季に実施することとした。

5. 移植密度と移植株数

移植密度による生育状況の違いを比較した結果をもとに、移植密度は 25 株/m² とし、合計 47,500 株とした。

6. メンテナンス

アマモ移植後に地盤沈下や波浪による洗掘が発生することも予想されたことから、移植地内の代表箇所に鉄筋棒を打ち込み、その先端から海底面のレベルを記録することで、地盤変動の結果を把握できるようにした。

7. 移植地の設計

移植地の設計は造成の技術的課題を考慮し、養浜砂の沖合への流出を防止し造成後の安定向上を図るため、潜堤に隣接する位置とした。また、潜堤に接しない部分については現地盤までの勾配を 1/30 の緩傾斜構造とした。

8. モニタリング

1991 年 1 月に 25 株/m² の密度で移植したアマモは、移植 1 年後で平均 20 株/m²、2 年後で平均 51 株/m² と増加した。移植地内にはメバル、ウミタナゴ、アミメハギが観察されたほかに、アオリイカやアメフラシの卵塊、ハゼ科やネズッコ科の幼稚魚もみられ、沿岸生物の産卵場、生育場として機能していることが確認された。

出典

- 1) 海の自然再生ワーキンググループ 2003 海の自然再生ハンドブック, その計画・技術・実践, 3 藻場編
- 2) 環境省 2004 藻場の復元に関する配慮事項

7. 地域住民と協働したアマモ場造成

7.1 種子の確保と培養，保管¹⁾

播種は，天然のアマモ場から春季に花枝を採取し，種子の管理を陸上で行い，冬季に種子を播く方法である。アマモ種子の採集・保管の具体的な方法と手順を以下に記載する（マリノフォーラム 21 海洋環境保全研究会，2001¹⁾を修正して作成）。

地域住民が作業を行えるのは 1)，2)，4)であり，3)，5)は水槽，海水が確保できる機関（山口県水産研究センター，漁協等）との協働作業となる。

地域住民と協働したアマモ場造成では①遺伝子攪乱を防ぐため移植場所付近でのアマモ母草を確保する，②漁協等の地元団体やNPO，行政等を通じて幅広い参加を求める，③移植内容によっては安全面・技術面等からアマモ場造成技術保有企業の参加を求める，④協働の経過と成果のモニタリングを行い報告会等の場で適宜公表する，等の配慮が必要である。

解説

1) 花枝採集

花枝採取は表層の海水温が 20℃になり，種子の成熟が進む 5 月下旬から 6 月上旬を目安に行う。

潜水もしくは大潮の干潮時に，遊泳や歩行をしながら徒手で採取する。

注意点！

成熟度の判定は成熟度判定図（図 4-3，4-4 参照）に従い，花穂内の種子が膨らみはじめたⅦの段階のものを採取する。



2) 花枝運搬

採取したアマモの花枝は，株数の管理や水槽への収容を容易にするため，50 本程度に束ねて運搬する。

注意点！

運搬する際は，花枝が乾燥したり極端に温度が上がらないよう注意する。



3) 花枝追熟

採取した花枝は、水槽もしくは生簀内に置いた錘にくくりつけて保管する。簡便な方法として、ネットに花枝を入れ、海水中に垂下しておく方法もある。

注意点！

水槽内で保管する場合は、採光・換水・通気を十分に行い、死水を作らないように注意する。

水槽や生簀の深さが浅いと花枝が表面に浮かんで海水の交換が悪くなる。水深はアマモの草丈以上にすることが望ましい。



4) 種子回収・選別

保管した花枝が枯れ、全て底に沈んだら種子の回収を行う。

枯れた枝や葉などの夾雑物と動物はフルイ等で取り除き、飽和食塩水で洗浄する。

成熟して発芽能力を有する種子は比重が大きくなるため、原則として飽和食塩水中で沈んだ種を回収・保管する。

注意点！

アマモの種子は乾燥したり高塩分の海水中に長く漬けておくと発芽能力を失うため、取り扱いに注意する。



5) 種子保管

回収した種子は冬季に播種するまで保管する。水温 20~23℃、塩分 30~35 の海水中で活性炭を被覆して保存する方法と水温 5℃以下で冷蔵保存する方法がある。

海水と活性炭は1ヶ月に1回程度交換する。

活性炭は目の粗い袋に詰めておくと交換しやすい。

注意点！

保管中に白い綿状のカビが発生した場合は、速やかに腐敗した種子を取り除き、洗浄した後に海水を交換する。



7.2 他県の取り組み事例①²⁾

鹿児島県鹿屋市地先において、鹿児島県水産試験場と鹿児島県鹿屋市漁協青年部は、協働で地域水産振興を目的としてアマモマット法によるアマモ場造成の試みに取り組んでいる。

解説

【背景】

鹿屋市漁協地先においては、昭和 50 年代半ばから磯焼け現象が起こり、現在に至るまで回復していない海域がある。従来は、豊富なガラモ場及びアマモ場は、アオリイカを始めとする魚介類の産卵場所、摂餌場所、棲息場所などとして機能していたが、磯焼け現象によりこれらが減少したことにより水産資源の減少を招いている。このため、漁協及び漁業者はこれらの藻場の回復、造成を強く要望している。

藻場造成技術の研究、開発を行っている鹿児島県水産試験場は藻場造成に強い関心をもつ鹿屋市漁協青年部と協働で、鹿屋市地先に人工的に藻場を造成することを目的とした取り組みを実施している（図 7-1）。

【成果】

アマモ場造成については、平成 5 年度より播種法等で試験してきたが、アマモを着生させることは出来なかった。そのため平成 7 年度より、岡山県で実施しているアマモマット法を導入して造成試験を実施した。当初は、マットにアマモを繁茂させることは出来たものの、マット外の海域までアマモを生育させることが出来ず、単年度限りのアマモ場造成しか出来なかった。そのため、毎年試験箇所を変更し、より条件のよい海域を探索していたところ、平成 12 年春に、沖消波堤内側の静穏域でアマモを継続的に繁茂させることに成功した。これは、平成 10 年度の試験でアマモマットに繁茂したアマモの種子が、周辺の海底に落下して発芽したものと思われる。

この海域では、平成 12 年秋の調査でもアマモの発芽・生長が確認されており、アマモ場が継続的に維持できたものと考えられる。そして、藻場造成の様々な作業を行うことにより、漁協青年部の結束が強まりグループ活動の強化が図られた。

アマモ場造成については、鹿屋市地先でのアマモマットに繁茂した試験結果を受け、県内の他地区(喜入町、笠沙町等)でも平成 11 年度から取り組んでいる。



図 7-1 鹿屋市荒平地先（離岸堤内）でのアマモ場造成試験実施状況

7.2 他県の取り組み事例②³⁾

瀬戸内海の岡山県日生町地先において、産・官・学で構成した「マリノフォーラム 21」と地元の日生町漁業協同組合が協働で地域水産振興や水質浄化を目的として、カキ殻増殖礁・消波施設の設置、海底面の嵩上げなどの基盤整備によるアマモ場づくりに取り組んでいる。

解説

岡山県や日生町の調べでは、昭和 20 年ごろには 590ha あった日生沖のアマモ場が、埋め立てや生活・工場廃水などにより年々消滅し、平成 7 年には 70ha までに減少している。

藻場づくりは、メバルをはじめとする各魚種の漁獲量の減少に危機感を募らせた日生町の小型定置網の漁師や漁協青壮年部が、昭和 60 年に無報酬でアマモの種子をまくことから始まった。平成 10 年度から産・官・学で構成した「マリノフォーラム 21」と地元漁協が協働で、浅い海域での「アマモ再生」の研究開発を行い、藻場の育成にめどがたったのを受け、岡山県は平成 14 年度から「東備地区広域漁場整備事業」（海の森づくり）として 750ha の海域で、平成 21 年度までの 8 年間で総事業費 26 億 5 千万円をかけて藻場づくりを実施している。平成 14 年度はかき殻にアマモの種子を入れた「増殖礁」193 基を沈め、平成 15 年度からは風波による藻の流失を防ぐ消波施設を 500m にわたって設置したり、太陽光が届く水深 1.4m まで海底を嵩上げしてアマモが生育できる環境を整える予定である。

地元漁協は、「この事業は藻場を再生させ、水質浄化や魚類資源の復活につながるの、漁業や観光振興のためにぜひ実現してもらいたい」と期待している。

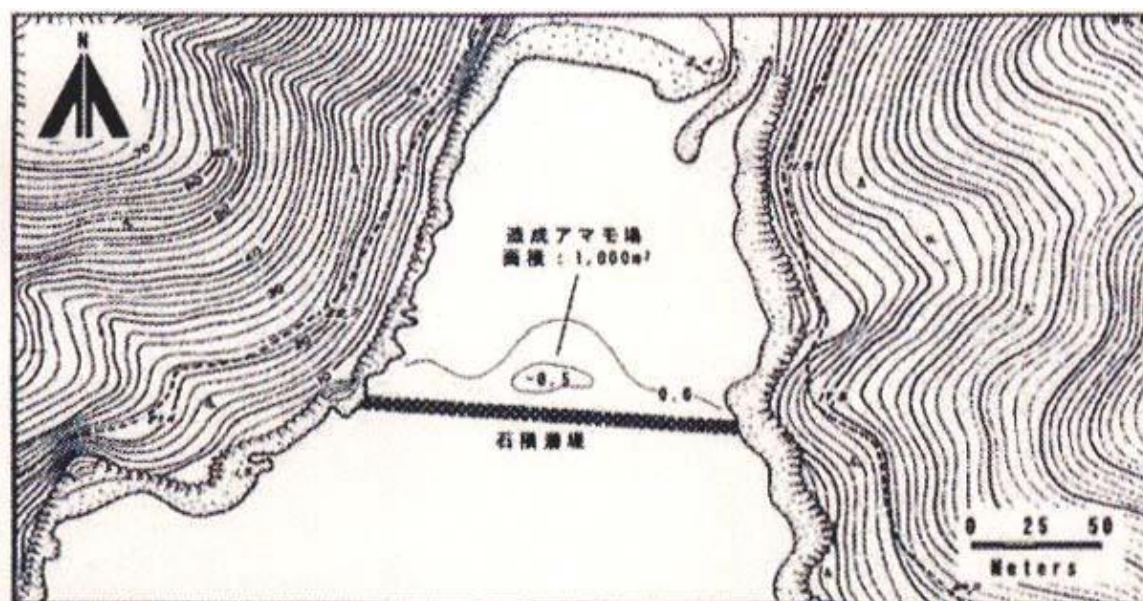


図 7-2 岡山県日生地先の人工干潟におけるアマモ移植範囲と 4 年後のアマモ繁茂域

7.2 他県の取り組み事例③⁴⁾ 5)

場所：神奈川県横浜港，金沢区（ベイサイドマリーナ，海の公園，野島海岸）
 事業主体：NPO 法人よこはま水辺環境研究会
 ：神奈川県水産総合研究所，NPO 法人海辺つくり研究会，海をつくる会
 ：国土交通省，神奈川県水産総合研究所，NPO 法人海辺つくり研究会
 内容：環境教育を主な目的として，地域住民などと協働で様々な造成手法を用いたアマモ場再生の試みに取り組んでいる。

解説

事例 1

神奈川県初のアマモ場再生の試みは，2000～2001 年に民間企業技術者の集団である NPO 法人よこはま水辺環境研究会を中心とした産・官・学・市民の協働事業として実施された。実施概要は以下に示すとおりである。

場所：神奈川県横浜港奥のみなとみらい 21 新港地区（図 7-3）

方法：平成 12 年 10 月播種（コリダルシリカ法，アマモマット法）移植（竹箒固定法）
 平成 13 年 1 月移植（竹箒固定法）

成果：発芽はアマモマット法からのみであり，当海域にコロイダルシリカ法は適さなかった。また，発芽・生長した株は越冬しなかった。

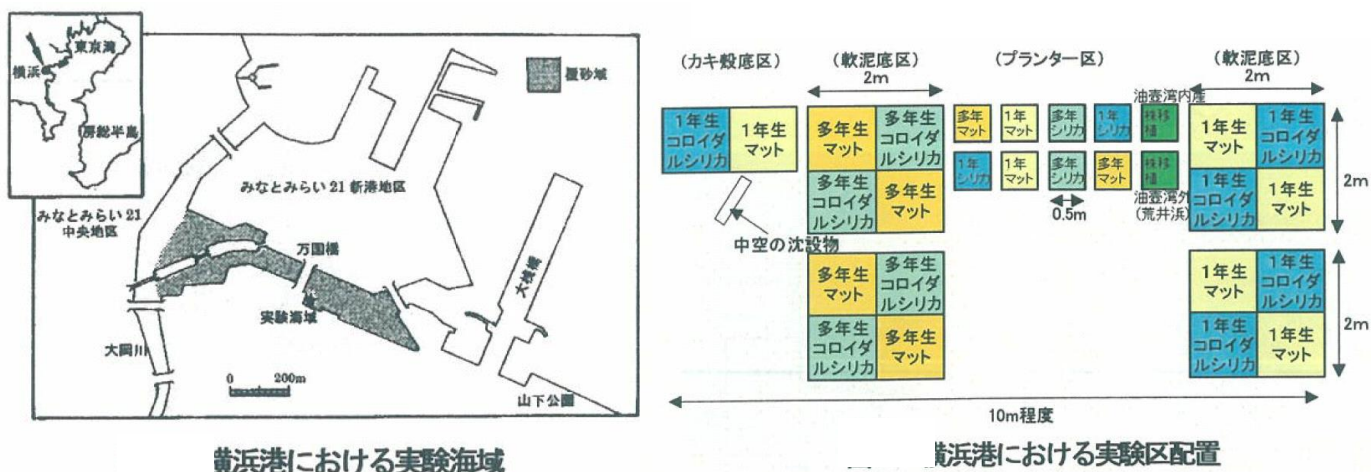


図 7-3 横浜港におけるアマモ場造成の取り組み実施場所と実験区の配置

事例 2

神奈川県野島海岸にわずかに残され，年によって消長を繰り返しているアマモ場を再生する試みが，市民団体の主導により始められた。実施概要は以下に示すとおりである。

場所：神奈川県金沢区野島海岸（図 7-4）

方法：平成14年3月株移植（横須賀市走水の天然アマモの種子を用いて発芽・生長させた栄養株120株）

成果：数ヶ月後には隣接する天然群落と混交して区別がつかなくなった。

協働：花枝の採取，種子の拾い出し・選別，発芽検査などの多くの人手を要する作業には，平日にもかかわらず多くの市民が仕事を休んで参加した。また，移植作業はボランティアダイバーが行った。

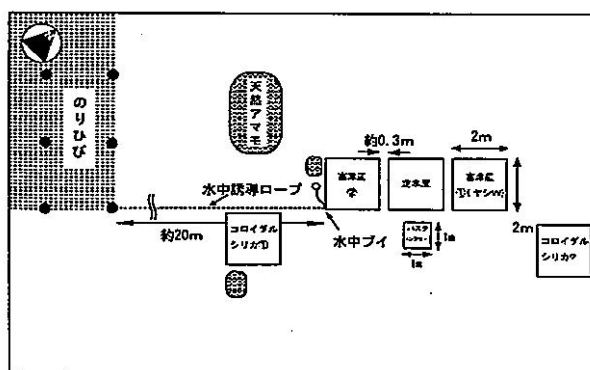


図7-4 神奈川県野島海岸におけるアマモ場造成の取り組み実施場所

事例3

神奈川県水産総合研究所が市民団体や企業と協働して実施したアマモ場造成の取り組みに水産庁が着目し，平成15年度から3ヵ年計画の水産基盤整備調査事業に採択された。目的は，県と市民団体が協働でアマモ場再生に取り組む中で，再生事業が行政主体から市民・漁業者主体に転換できるよう，簡易な手法による再生マニュアルを作成することである。一連の作業のうち，造成適地選定調査と造成作業はNPO法人海辺つくり研究会に委託された。実施概要は以下に示すとおりである。

場所：神奈川県金沢区海の公園，野島海岸（図7-5）

方法：播種；シート法，コロイダルシリカ法，播種密度；100～150粒/m²（平成15年11月播種）

株移植；粘土結着法，竹箒固定法，移植密度；16株/m²（平成16年3月移植）

成果：播種；平成16年7月に株密度はコロイダルシリカ区で126.2株/m²，シート区で63.7株/m²となった。

株移植；野島海岸では平成16年6月に株密度は34.0～41.9株/m²と最大になり，海の公園では平成16年7月に48.3～65.5株/m²と最大になった。

協働：播種；花枝の採取作業には，平成15年5月に40名，平成16年5月と6月に延べ70名の市民が参加して，計10,000本の花枝を採取した。種子の取り上げ・選別作業には，平成15年7月と8月に延べ70名，平成16年7月に70名の市民が参加した。播種資材の作成作業などは市民延べ50名が2日間，潜水作業はNPOのダイバーが3日間行った。

株移植；平成 15 年 3 月に市民など 60 名が陸上作業， NPO のダイバーが潜水作業を行った。

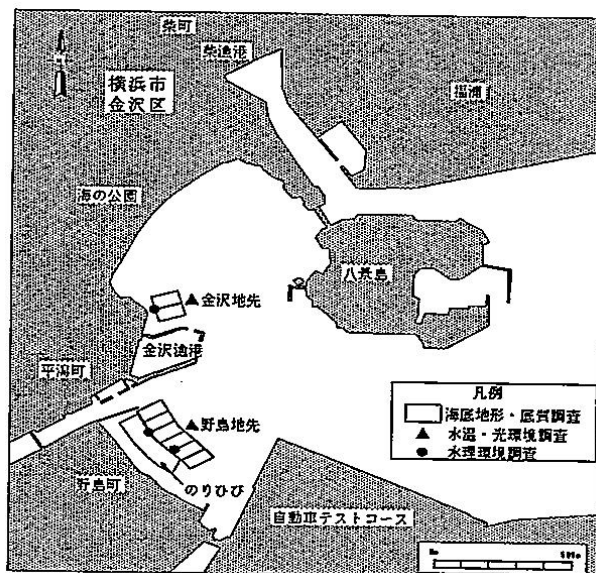


図 7-5 神奈川県海の公園と野島海岸でのアマモ場造成の取り組み実施場所

7.2 他県の取り組み事例④⁶⁾

千葉県の上野海岸において、NPO 法人上野海岸を中心に環境教育を主な目的として、地域住民などと協働で「アマモすくすくプロジェクト」によるアマモ場再生の試みに取り組んでいる。

解説

かつて上野海岸には、「ながも」「もばた」などと呼ばれたアマモなどの海草の藻場が多かった。そこは、生物の産卵や稚魚のすみかとして大切な場所であり、また海中に酸素を供給する場でもあったが、現在はほとんど見る事ができない。このアマモを上野海岸で復活させるべく、1993 年に NPO 法人上野海岸が「上野海岸アマモすくすくプロジェクト」を立ち上げている。

「上野海岸アマモすくすくプロジェクト」の主な活動

1993 年 3 月に、上野海岸の船橋、行徳北、行徳南の 3ヶ所で粘土結着法により地域住民などと協働でアマモを移植し、その年の 8 月まで移植アマモの活着状況を追跡調査している(図 7-6)。その結果、上野海岸で種子の結実を確認し、1 年生のアマモ場を造成できることを実証した。また、多数のアサリ稚貝が足糸によりアマモの地下茎に付着していることを確認した。これらの結果については成果発表会で報告され、NPO 法人上野海岸のホームページで公開されている。

そのほかにも、三番瀬祭りのイベントとしてアマモを播種したり、アマモワークショップやアマモの写真展などを開催して、住民参加型のアマモ場再生の試みに取り組んでいる。

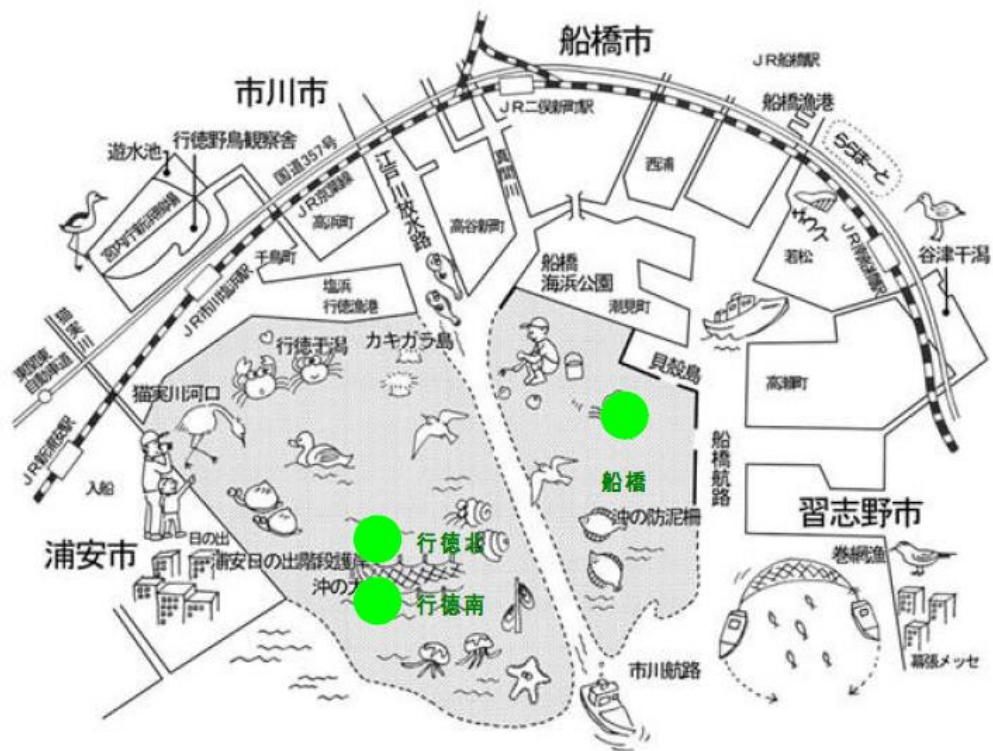


図 7-6 千葉県三番瀬におけるアマモ造成の取り組み実施場所

7.2 他県の取り組み事例⑤⁷⁾

三重県地域結集型共同研究事業（閉鎖性海域における環境創造プロジェクト）の一環として、2004年度および2005年度の2年間にわたり英虞湾においてアマモ場造成実証試験をおこなってきた。その結果、新規に開発した造成基盤を用いてアマモ場を造成する技術を確立することができた。また、産官学民共同研究事業としての方向性から、種子の採取、保存、造成基盤への種子の播種、基盤の設置等を地域の漁業者と連携して行うことにより、造成技術を地域に移転することができた。

解説

2004年6月に、漁業者によるアマモ種子の採集が行われた。種子の追熟、選別を行い、40万粒の種子を回収した。2004年11月には漁業者によりアマモ場造成基盤（ゾステラマット）へ種子を散布し、海底へ設置した。ゾステラマットは基盤内への種子の散布、海底への設置等、すべて漁業者自身が行うことができる特徴を持つ。

2004年12月にはアマモの発芽が確認され、2005年4月には良好な生育が確認されている（図7-7）。



図 7-7 三重県英虞湾におけるアマモ造成の取り組み

7.3 関係官署への申請等

海域の港内で作業をする場合には、その場所を管理している機関に必要な書類を提出し、許可を得ることが必要となる。また、作業を行う地先の漁業協同組合の同意も必要となる。書類の受理には2週間程度必要となるので余裕を持って提出することが大切である。なお、実施する機関、場所などによりアマモの特別採捕許可申請が必要な場合があるので注意を要する。

港内作業許可申請書

平成〇年〇月〇日

徳山海上保安部長 殿

申請者住所 ○○○○○○○○○

氏名 株式会社 ○○○○

所長 ○○○○ 印鑑

1. 目的及び種類 山口県水産部漁政課委託の
「平成14年度山口湾アマモ移植試験業務」
2. 期間及び時間 自 平成15年1月9日
至 平成15年3月31日（予備日含む、日の出から日没まで）
3. 区域又は場所 山口市地先山口港内
4. 項目及び方法 (1) アマモ移植試験
(2) 着生調査
(実施計画書参照)
5. その他 (1) 使用船舶：地元漁業協同組合などから作業船を備船します
(船舶検査証書参照)。
(2) 潜水作業中は作業船に国際信号旗のA旗を掲げるとともに専従の警戒員1名を配置します（警戒船業務講習受講証明書参照）。
なお、アマモ移植作業時には警戒船を配備します。
(3) 作業内容、日時について山口県水産部漁政課と協議・調整すると共に、関連漁協、山口県土木事務所等関係機関に周知します。
(4) 作業完了後は遅滞なく、完了届を提出します。

連絡先 代表連絡先：株式会社 ○○○○ ○○営業所 (Tel. ○○○○)

○○部長 ○○○○

現地連絡先：携帯電話 (Tel. ○○○○)

株式会社 ○○○○ ○○部 ○○○○

解説

港内作業許可申請書には、基本的に以下の書類を添付する。

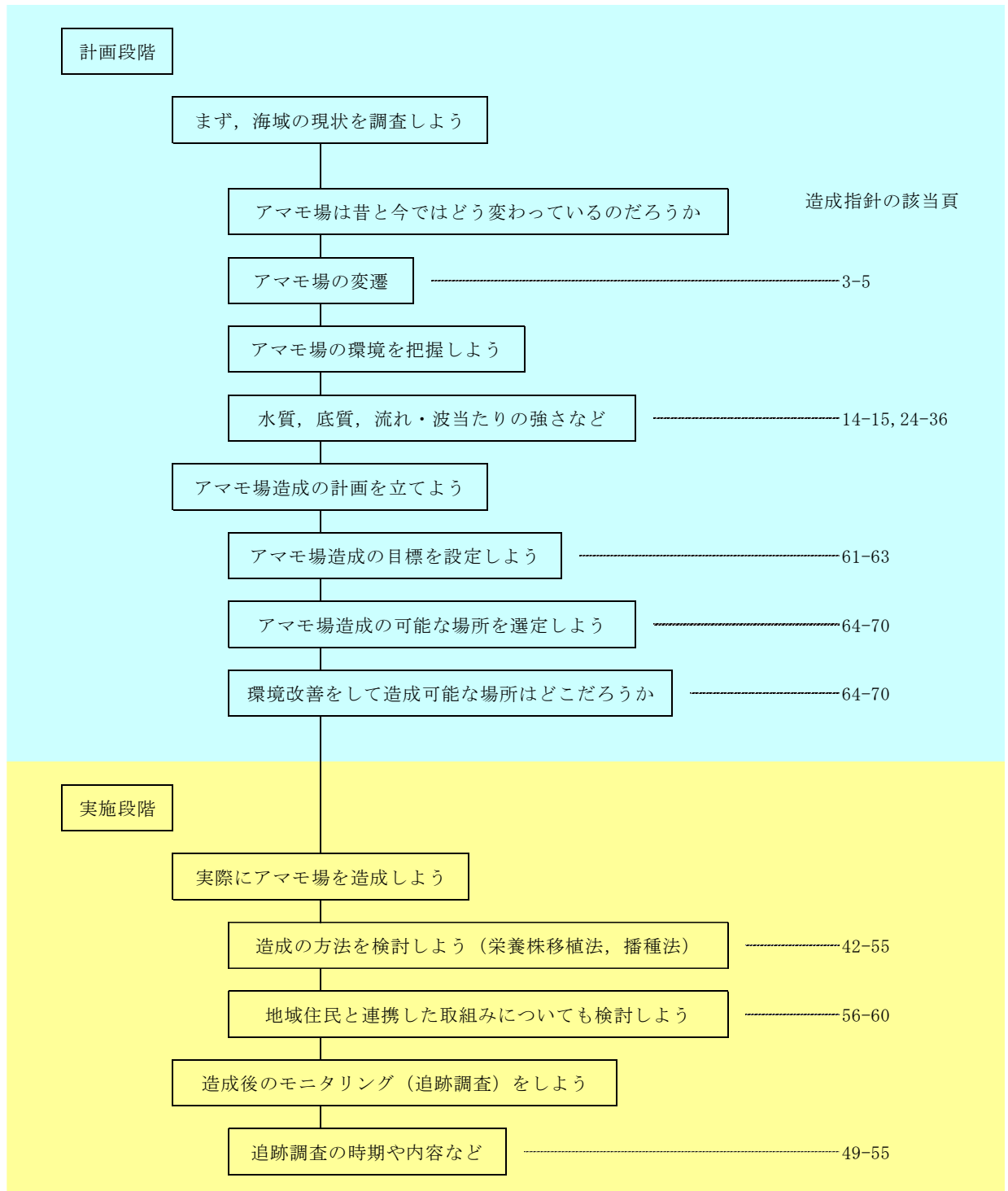
- ①安全対策及び作業上の安全管理方針
- ②緊急時の連絡体制
- ③調査計画書
- ④発注証明書
- ⑤警戒船業務講習受講証明書
- ⑥同意書
- ⑦船舶検査証書
- ⑧潜水士免許証

実施する機関（NPO など民間団体）や場所（禁漁区、保護水面など）によっては特別採捕許可が必要な場合があり、県知事あてにアマモの特別採捕許可を申請することとなる。申請に必要な書類は調査計画書、同意書、使用船舶の大きさ、トン数、馬力および作業員の住所・氏名などである。

出典

- 1) マリノフォーラム 21 海洋環境保全研究会，浅海域緑化技術開発グループ編 2001 アマモ場造成技術指針，MF21 技術資料 No. 49
- 2) 社団法人日本水産資源保護協会 2000～2003 水産業改良普及情報事例集（平成 12，13，14，15 年度），鹿児島県鹿屋農林水産事務所，鹿屋地先における藻場造成試験
- 3) 中国農政局 2002 統計・農業資料 農林漁業現地情報中国四国版，平成 14 年度農林漁業現地情報第 12 号 8，漁業の振興「海の森づくり」始まる
- 4) 工藤孝浩 2004 市民との協働（アマモ），平成 16 年度日本水産工学会秋季シンポジウム，6-11
- 5) 木村尚 2004 多様な主体の協働によるアマモ場再生の取り組み，第 3 回全国漁港漁場整備技術研究発表会資料
- 6) NPO 法人三番瀬環境市民センターホームページ 2005 三番瀬アマモすくすくプロジェクト
- 7) 三重県 2005 三重県地域結集型共同研究事業－閉鎖性海域における環境創造プロジェクト－平成 17 年度研究成果発表会講演集，アマモ場造成技術，27-36

参考資料F（地元の漁業協同組合やNPOなどが取り組む場合のアマモ場造成の手順）



用語集

移植

植物を別の場所に移し替えること。アマモでは栄養株を別の場所に移植し、地下茎の分枝などによりアマモ場の拡大を図る（移植手法：粘土結着法，ポット法など）

海草

陸上の植物と同様に維管束をもち、花を咲かせて種子をつける植物のうち海中に生育するものをいう。一方、同じく水中に生育する維管束をもたない植物を藻類と総称し、藻類のなかで海中に生育するものを海藻という。

維管束とはシダ植物および種子植物の葉・茎・根などの各器官を貫いて分化した条束状の組織をいう。維管束は木部と師部からなり、水分や体内物質移動の通路となる。

栄養塩類

生物が正常な生活を営むために体外から摂取する塩類。海中では、植物プランクトンなどの基礎生産者の増殖を規定すると考えられる窒素・リン・珪素の塩類をいう。窒素・リンともにそれぞれ、有機態と無機態に分かれる。有機態のものはさらに懸濁性のものと溶存性のものに分かれる。無機態のものは溶存性のみで、無機態窒素には酸化レベルの低いものから順にアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の3態があり、無機態リンにはリン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) がある。

栄養株

栄養繁殖（無性生殖）を行う植物の株の一つ。地下茎や葉の一部から次代の幼苗になるものをつくりだすものをいう。

SS (Suspended Solid)

水中に懸濁する小粒状物の総称。懸濁物質としては粘土粒子や土砂などの無機物、バクテリアを主とするフロック（微生物凝集体）、プランクトン、プランクトンの遺骸、排泄物などの有機物があり、これらが混在して測定される。

塩分 (Salinity)

海水 1 kg 中に含まれる固形物の全量を g で表したものを塩分 (S) という。近年、海水の電気伝導度を測定して塩分を求める方法が一般化している。一方、海水 1 kg 中に含まれる塩素、臭素およびヨウ素の全量を g で表したものを塩素量 (C1) という。

嵩上げ

現地盤に土などを盛って地盤を高くすること。海草・海藻の生育・着生する地盤を高く調整して光環境を改善する。

競合生物

同一の植物や空間などを要求して競争しあう生物。アマモの競合生物としては、生育・生息場所の確保を巡って競合する緑藻植物のアオサ属や軟体動物のホトトギスガイなどがある。

群落

海草や海藻が密生した状態。もともとは植物学用語で、植物共同体ともいい植生の状況を示す用語として用いられる。

光合成

植物が光エネルギーを利用して二酸化炭素と水から有機物を合成する過程。炭酸同化作用の代表的な例である。この過程で固定された二酸化炭素はほぼ同モルの酸素を発生する。

コロイダルシリカ

二酸化珪素のコロイド溶液。水ガラス。

コロイダルシリカ法（特許番号：特許 1629680）

コロイダルシリカは透明な液体であり海水と混ぜると白色のペースト状となり、海中でも分散しなくなる。これに腐葉土や川砂を混ぜ、アマモの種子を混入して海底土に搾り出す方法（播種法の一つ）。



コロイダルシリカ法の播種前処理状況（左）と播種作業状況（右）

COD (Chemical Oxygen Demand)

化学的酸素要求量。水質の汚れ具合を示す指標の一つで、水中の有機物を酸化剤で化学的に分解したときに消費される酸素量。測定法には、酸性法およびアルカリ性法の2方法があり、一般的には酸性法が用いられている。数値が高いものほど汚濁が著しいことを示す。

シート法 (特許番号：特許 3183829)

アマモ種子を生分解性シートとヤシマットでサンドイッチ状に挟み込み、これを金網で海底面に押さえつける方法 (播種法の一つ)。



シート法の播種前処理状況

シーلز数

波の作用下での底質の移動限界を支配するパラメーター。波浪による海底に作用するせん断力と砂粒のせん断抵抗力の比のこと。

消散係数

海面から入射した光は、水による吸収と懸濁物による散乱により次第に減衰する。減衰の度合いを示す指標を消散係数といい、以下の式で表される。

$$K = -1/Z \times \ln(I_z/I_0)$$

K：消散係数， Z：水深， I_z ：水深Zでの光量， I_0 ：水面直下での光量

食物連鎖

生物群集内でお互いに食う食われるの関係から成り立っている状態。一連の連鎖は普通4～5段階で示され、6段階を越すことは稀である。食物網という言葉が用いられることもある。

水中光量

単位面積，単位時間当たりの光のエネルギー量 (光量子束密度： $\mu E(\text{mol})/\text{m}^2 \cdot \text{秒}$)。光の量あるいは強さの表現方法にはいろいろあり、我が国では従来明るさを表すものとしてルクス (lx) を用いてきたが、最近では世界的傾向としてエネルギー単位で表すよ

うになった。エネルギー量と照度とは、光源が太陽光の場合、以下の式で大まかな換算が可能である。

$$100 \mu \text{ E (mol) / m}^2 \cdot \text{秒} = \text{約 } 5,000 \text{ lx}$$

相対光強度

水面直下の水中光量を 100% とした時の水深別の水中光量の百分率。照度を用いた相対光強度を相対照度という。

濁度

水の濁りの程度を示す単位。標準物質として精製カオリンまたはホルマジン 1 mg が水 1 リットル中に存在するときの濁りを 1 度とする。

DO (Dissolved Oxygen)

溶存酸素。海水中に溶解している酸素量。水生植物や植物プランクトンの多い水域では日中、光合成作用によって酸素が水中に供給される。

デトリタス

生物の死骸、糞、落ち葉など生物由来の有機物が分解過程にあるもので、多少なりとも微生物が付着、繁殖している。ナマコ類、貝類、ヒトデ類、ゴカイ類などのベントス（底生生物）の餌となり、食物連鎖の中でも重要な役割を果たしている。

透明度

湖、川、海の水について清濁の程度を示す指標。測定方法は、透明度板という直径 30cm の白色円板を水中に降下して海水と識別できなくなる限界の深さを透明度とする。単位はメートル (m)。通常船影を利用し太陽や天空の反射のない海面で測定する。

土のう式マット法（特許番号：特許 2024597）

難腐食性繊維と腐食性繊維を混紡した袋体（土のう式マット）に、アマモ種子と用土、肥料等を攪拌して充填し、これを海底面に敷きつめる方法（播種法の一つ）。



土のう式マット法の播種前処理状況

日積算光量子束密度

水中における光合成有効波長（波長 400～700nm）の 1 日の積算光量子束密度 ($E/m^2 \cdot \text{日}$)。

粘土結着法（特許番号：特許 1980023）

採取したアマモ栄養株に粘土を巻き付けて海底に移植する方法（移植法の一つ）。



粘土を結着したアマモ栄養株

播種

天然のアマモ場から花枝を採取し，種子を培養・管理し，冬季に種子を播くこと（播種手法：コロイダルシリカ法，土のう式マット法，シート法など）

発芽誘引処理

播種する前に種子の発芽を誘引すること。通常，播種前にアマモ種子を水温 10℃，塩分 0～22 の海水に浸しておくで発芽が促進される。

ポット法

アマモの苗を 1～数株単位で園芸用のポットに入れて海底に移植する方法（移植法の一つ）。



園芸用のポット入れたアマモの苗

被度

植物群落を定量的に測定する方法の一つで，各種植物の地上部が地表を被覆する割合。植物の調査区面積に対する垂直投影面積の割合で示され，一般に百分率あるいは被度階級で示される。植物群落構造の解析では百分率被度がしばしば用いられる。種類ごとの被覆ではなく，群落全体としての植物被覆の割合は植被率と呼ばれる。

覆砂

汚泥を良質な砂で覆うことにより，底泥からの栄養塩溶出を削減し，底生生物の生育環境を改善する底質改善方法。アマモ場造成の場合には，アマモ草体の支持強度の確保を目的とする場合がある。

実生

種子から発芽したアマモの幼体。アマモ花枝は春に開花し，初夏に俵状の種子が海底に落ち，休眠を経て秋季から冬季にかけて発芽する。



山口湾のアマモ実生(草丈:2~22cm, 葉幅:1~3mm)

上:平成17年1月, 下:平成18年3月

粒度

土の大小粒が混合している程度。ふるい分け試験等により求める。粒径1/16 mm以下を泥，1/16 ~2mmを砂，2mm以上を礫とし，さらに粒径1/256 mm以下を粘土，1/256~1/16 mmをシルト，4~64 mmを中礫，256 mm以上を巨礫などと細分する。

山口県藻場・干潟づくり研究委員会設置要綱

(設置)

第1条 藻場や干潟は稚魚、貝類、エビ類等の生息場を形成する一方、漁場環境を保全する機能をも有しており、水産上重要な役割を果たしている。本県では、水産業振興施策の指針である水産山口チャレンジ計画において、藻場・干潟の保全及び改善を推進することとしており、沿岸域における漁場整備等による有効な藻場・干潟の造成手法を検討し、藻場・干潟造成の着実な推進を図ることを目的として、山口県藻場・干潟づくり研究委員会（以下「委員会」という。）を設置する。

(所掌事務)

第2条 委員会は、前条の目的を達成するため、本県沿岸域における次の事項を協議する。

- (1) 漁場整備における藻場・干潟の造成手法の検討に関する事
- (2) 漁港整備、海岸整備における藻場・干潟の造成手法の検討に関する事
- (3) その他藻場・干潟の造成に必要な事項に関する事

(組織及び任期)

第3条 委員会は、別表に掲げる者（以下「委員」という。）をもって組織する。

2 委員の任期は3年とする。ただし、補欠委員の任期は、前任者の残任期間とする。

3 委員は再任することができる。

(会長)

第4条 委員会に会長を置く。

2 会長は、委員の互選による。

3 会長は、会務を総理し、会議を代表する。

4 会長に事故あるときは、あらかじめ会長が指名した委員がその職務を代理する。

(委員会)

第5条 委員会は会長が招集する。

2 委員会の議長は、会長をもって充てる。

3 会長は、必要があると認めるときは、委員以外の者を委員会に出席させ、意見又は説明を求めることができる。

(事務局)

第6条 委員会の事務局は、水産部漁政課に置く。

(その他)

第7条 この要綱に定めるもののほか、委員会の運営その他必要な事項は、会長が委員会に諮って定める。

附 則

この要綱は、平成14年11月7日から施行する。

山口県藻場・干潟づくり研究委員会 委員名簿

区 分	所 属	職 名	氏 名	備 考
学識経験者	独立行政法人 水産大学校	名誉教授	鬼 頭 鈞	会 長
	山口大学工学部	教授	関 根 雅 彦	
	独立行政法人 水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所	藻場・干潟研究室長	寺 脇 利 信	(～H16)
		主任研究官	吉 田 吾 郎	(H17～)
	独立行政法人 水産大学校	講 師	村 瀬 昇	
漁業関係者	山口県漁業協同組合 山口支店	支店運営委員長	岩 本 和 美	
	角島漁業協同組合	代表理事組合長	森 澄 一 實	
県 (行政機関)	(研究機関) 水産研究センター	所 長	小 田 英 一	(～H14)
			高 山 繁 昭	(H15～)
	漁 政 課	課 長	本 廣 正 則	(～H15)
			河 寫 繁 太	(H16～)
	(行政機関) 水 産 課	課 長	池 永 忠 恭	(～H16)
			有 菌 眞 琴	(H17～)
	漁港漁村課	課 長	滝 川 典 夫	(～H15)
			廣 中 教 男	(H16～)