

ライフサイクルを考慮したアマモの生息条件に関する研究

出口一郎*・三宅亮志**・岩田公司***・吉田利春***・荒木進歩****

2つの海岸で、アマモのライフサイクルを考慮した生息可能な水理条件について検討した。1つは汀線に平行に帯状に分布する二見海岸で、他の1つは面的に広範な領域に自生している赤穂海岸である。赤穂海岸では2004年の台風23号に伴う高波浪で岸側のアマモ場が消失したことから高波浪作用時のアマモの耐性についても検討した。両海岸とも、種子シールズ数0.2以上の領域での生息は容易でないことがわかったが、二見海岸での沿岸方向の生息範囲を決める制限因子は特定できなかった。また、赤穂海岸では成熟株の侵食に対する耐性は2 cm/hr程度となることがわかった。

1. はじめに

アマモ場の成立条件、造成法などについては、すでにさまざまな研究(丸山ら, 1987, 中瀬ら, 1992, 1993, 島谷ら, 2001, 2002など)が行われている。しかしアマモ場造成に関しては、その成功例の多くは内湾で、構造物によって静穏域が形成されている箇所が大部分である。一方で、開かれた構造物が存在しない海域で自生しているアマモ場も存在する。アマモ自体もそれぞれの海域で様々な個性(草丈, 増殖形態(1年生あるいは多年生), その他)を持って生息している。また、ライフサイクルによって、耐えることができる海象条件も異なる。これらが逐一解決されて始めてアマモ場の保全あるいは、人工的に造成を計画する場合の適地選定が可能となる。

本研究の目的は、兵庫県赤穂及び三重県二見の2つの海岸で自生するアマモ場周辺海域を対象に、波浪・海浜流および水深変化量の数値計算を行い、アマモがどのような物理環境の下で生息可能かを検討することである。

2. 対象海岸の概要

(1) 二見海岸

二見海岸のアマモ場周辺海域の地形を図-1に示す(三重県, 2004)。アマモ場周辺には構造物が存在せず、図-1に示されるように、アマモは島状に水深1.5-2.5 mの領域で分布している。沿岸方向には同様の地形が続くにも関わらず分布域が遮断されており、アマモの生息を制限する何らかの因子の存在が考えられる。この海域での底質の代表粒径は0.16 mmであり、アマモ種子の粒径・水中比重をそれぞれ2.81 mm, 2.62 mm(島谷他, 2000)とするならば、種子が周りの底質より早く動きはじめることになる。また、図の東側領域には3基の離岸堤が設置されており、背後域は静穏であると予測される

が、そこではアマモの分布は見られず、やはり何らかの制限因子があると考えられる。

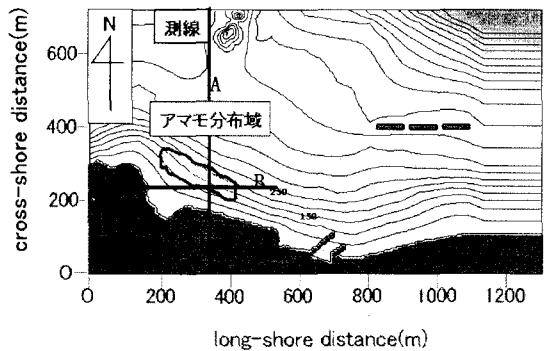


図-1 二見海岸とアマモ分布

二見海岸においては、数ヶ月程度の継続した波浪観測は行われて入るものの、1年を通じた来襲波浪の計測は行われていない。対象海岸から約15 km西の浜田海岸地先、水深20 mの位置で1997年度に計測された波浪計測結果(中部地方建設局)を表-1に示す。

表-1 三重県浜田沖における波浪出現頻度

周期(s) 波高(m)	0-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	計
0.00-0.25	18	2050	1265	240	24	1	3598
0.26-0.5	652	2037	338	154	60	4	3245
0.51-0.75	90	1059	102	30	7	1	1289
0.76-1.00		341	80	6			427
1.01-1.25		67	72	4			143
1.26-1.50		2	22	8		1	33
1.51-1.75				3			8
1.75-2.00		1		6			7
2.00-		1	1				2
計	760	5558	1885	451	91	7	8752

観測された波浪の80%以上が波高0.5 m以下、周期3-5 sである。一方、1998年には、台風17号が紀伊半島沖を通過したが、同じく浜田においてこの台風による波浪が記録されている。その結果によると、風速10 m/s

* 正会員 工博 大阪大学教授 大学院工学研究科土木工学専攻
** 学生会員 大阪大学院工学研究科
*** 正会員 工修 NPO アマモ種子バンク
**** 正会員 工博 大阪大学講師 大学院工学研究科土木工学専攻

以上の西風がほぼ40時間継続し、これによって最大1.76 mの有義波が来襲している。波向はNからE方向に変化していたが、この時点での有義波高は、1 m程度に減衰していた。目視観測によると、台風が紀伊半島沖を通過した場合の波向はN-NE、冬季季節風によって生ずる高波浪及び波高0.5 m程度の通常時波浪の波向はNW-NEと報告されている。また、対象海岸での潮位偏差は大潮時で2.3 mである。

(2) 赤穂海岸

対象海岸の地形を図-2に示す。対象海域は広範囲にわたって極めて浅く、汀線より沖側300 mの地点においても水深1.0 m以浅の領域が広がり、底質は砂で、いたるところにアマモが散在している。この海域は南方向に對し開いており、冬季季節風は陸風となり、冬季は比較的静穏性が保たれている。アマモ場は、T型突堤と突堤によって囲まれた水深0.5 m-1.5 mの領域を中心に自生している。

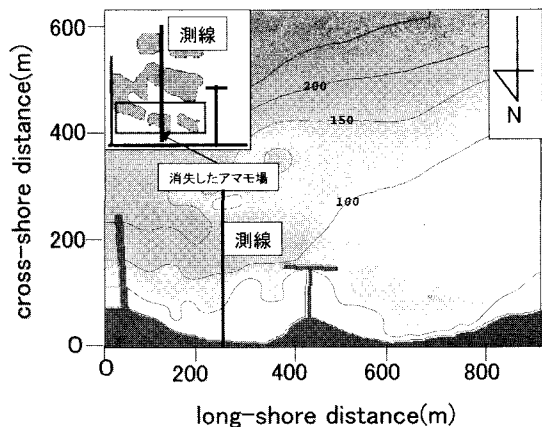


図-2 赤穂海岸とアマモ場分布

2004年の台風23号に伴う高波浪によりアマモの成熟株の一部の消失が確認されている。台風時の高潮位はM.W.L.+2.00 m程度あり、このことを考慮した数値計算を行うこととした。また2つの突堤内部の底質の代表粒径は約0.3 mmであり、二見海岸同様、アマモ種子の方が移動しやすい状態にあった。

赤穂海岸においても長期間にわたる波浪の実測は行われていない。風資料から推算された強風時及び台風時の波浪特性(兵庫県, 1979)は表-2, 3に示す通りである。

波の来襲方向はESE~SE方向, SSE~S方向およびSSW~WSW方向の3方向に主に分類される。その頻度は通常の低波浪に関しては、3方向とも高いが、年に数回程度の高波浪では、ESE~SのE系に偏りがある。また台風時波浪は、そのコースによって各方向から来襲す

表-2 波浪諸元(強風時)

波向	換算沖波	頻度
ESE~S	$HO'=0.7\text{ m}, L=14\text{ m}, T=3.0\text{ s}$	夏に多い。
SSE~S	$HO'=1.2\text{ m}, L=25\text{ m}, T=4.3\text{ s}$	夏に多いが頻度は少ない。波高は最も大きい。
SSW~WSW	$HO'=1.0\text{ m}, L=22\text{ m}, T=3.9\text{ s}$	冬に多く夏にも若干存在するが、頻度は少ない。

表-3 波浪諸元(台風時)

波向	換算沖波	発生確率
ESE~SE	$HO'=1.8\text{ m}, L=27\text{ m}, T=4.5\text{ s}$	10年(最大風速12~13 m/sの台風)
SSE~S	$HO'=3.7\text{ m}, L=42\text{ m}, T=6.5\text{ s}$	3年(最大風速約20 m/sの台風)
SSW~WSW	$HO'=1.8\text{ m}, L=34\text{ m}, T=5.5\text{ s}$	10年(最大風速12~13 m/sの台風)

るが、特に高波浪となる波向はSSE~Sである。なお通常時は、風速5.0 m/s以下、強風時は10.0 m/s以下、台風時は風速20 m/sに相当するものである。

3. アマモのライフサイクルを考慮した生存可能条件の検討

アマモのライフサイクル及びそれぞれのライフサイクルで考慮すべき条件を図-3に示す。すなわち夏の初めに種子の放出が始まり、秋の終わり頃から発芽が始まる。発芽したアマモは春にかけて成長し、栄養繁殖を続けるものと、成熟株となり種子をつけるものに分岐する。その後減退期に入り、成熟株は種子放出後、枯死に至る。

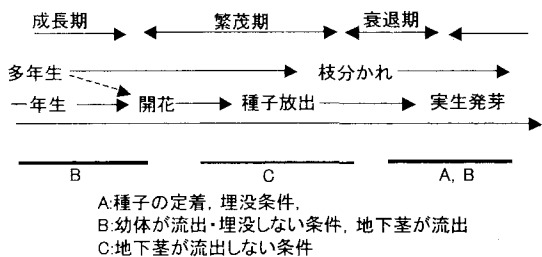


図-3 アマモのライフサイクルと生存条件

アマモの種子は、嫌気性発芽することから、発芽するためには若干埋没する必要がある。この埋没条件を種子の安定という観点から、常時入射波に対する種子のShields数を用いて検討を行うこととした。また、アマモの幼体が生存するためには、冬から春にかけての成長期において埋没による枯死・侵食による流失が生じないことが必要である。長時間続く低波浪、継続時間の短い高波浪どちらに対しても水深変化量は微弱でなくてはならないという仮定のもとに検討を行った。繁茂期・衰退期は侵食による地下茎の流出が問題となる。

二見及び赤穂の2つの海岸のアマモ場周辺海域において波浪、海浜流、単位時間当たりの水深変化量の計算を

行い、アマモ場が形成されるために必要な物理条件について考察した。計算領域は、図-1 及び図-2 に示される岸沖方向距離600 m、沿岸方向距離1000 m 前後、格子点間隔2.5 m の長方形領域とした。

水深変化予測モデルは、3つのサブモデルで構成される。まず最初のサブモデルでは、エネルギー平衡方程式に基づいて波浪場（波高、波向き及び海浜流の外力となる Radiation Stress）の計算を行う。

2番目のサブプログラムでは、Radiation Stress を外力とする浅水域流体運動方程式と連続式に基づき、海浜流場の計算を行う。

最後に、以上で計算された波浪諸量及び海浜流諸量を用いて、局所漂砂量を計算し、水深変化の計算を行う。

計算諸元を、表-4、5 に示す。アマモのライフサイクルを考慮するため、アマモの形態を種子・幼体・成体の3種に分類し、成長期（10月～3月の種子の定着・発芽期）、繁茂期（3月～8月）、衰退期（8月～10月）それぞれの時期に來襲する波浪を想定し、入射波浪条件（常時入射波の波高 $H = 0.5$ m、年数回程度発生する波の波高 $H = 1.0$ m、台風時波高 $H = 2.0$ m）を設定した。周期は各波高に対し観測されたもので決定した（三重県、2004、兵庫県、1979）。

二見海岸では1年を通じてNEからの波が卓越し、冬季には時としてNWからの波が來襲することから波向はNW-NEの間の3種類とした。

赤穂海岸は、台風のコースによってSSW-WSWの間に比較的高波浪が來襲することからこの間の3種類の波向に対して計算を行った。

表-4 計算波浪諸元（二見）

波高 (cm)	周期 (s)	波 向
50	3	NE
		N
		NW
100	4	NE
		N
		NW
150	5	NE
		N
		NE

表-5 計算波浪諸元（赤穂）

波高 (cm)	周期 (s)	波 向
50	3	ESE~SE
		SSE~S
		SSW~WSW
100	4	ESE~SE
		SSE~S
		SSW~WSW
200	5.5	ESE~SE
		SSE~S
		SSW~WSW

4. 計算結果と考察

(1) 種子発芽条件

アマモ場を縦・横断する代表測線（図-1、図-2）において岸沖方向または沿岸方向の各種水量変化を見ることが考察を行うこととする。

図-4、5 に二見海岸における常時波浪に対する種子シールズ数の岸沖及び沿岸方向変化を示す。図-4 の横軸は汀線からの距離を表し、横軸の値0が汀線位置を示している。図-5 の横軸0も同様に汀線の位置を表す。

二見海岸でのシールズ数は、沖側ではほぼ一定の値をとり（0.1以下）、岸に近づくにつれ増加傾向にある。成長期の卓越方向であるNEの波浪に対し、アマモ分布域の岸側の境界部では、値が約0.2以上となっていることがわかる。次に沿岸方向の変化を見ると、分布域の西側では非常に値が高く、東に向かって減少傾向である。

図-6 に赤穂海岸での低波浪によるシールズ数の岸沖変化を示す。卓越方向のSSE~Sに対し、非分布域での値が約0.2以上である。これらはアマモの種子が浮遊状態にあり、種子の埋没・発芽に不適な領域であると判断できる。

また、図-7 に冬季に卓越する波向NEにおける二見の海浜流の向きを示す。これによるとアマモの種子が東

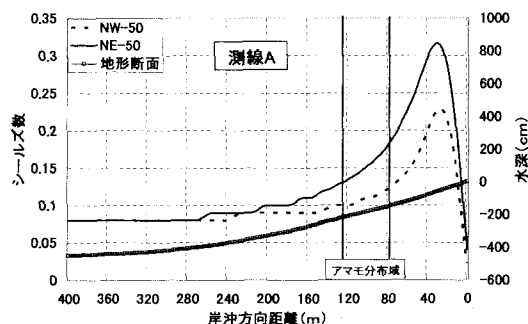


図-4 低波浪來襲時シールズ数岸沖変化（二見）

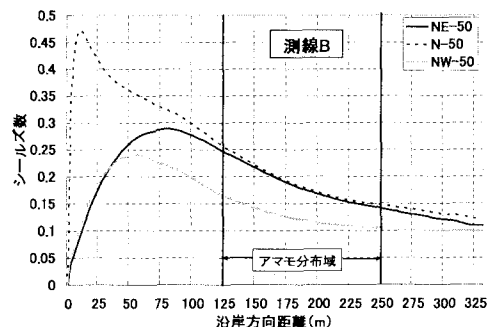


図-5 低波浪來襲時シールズ数沿岸方向分布（二見）

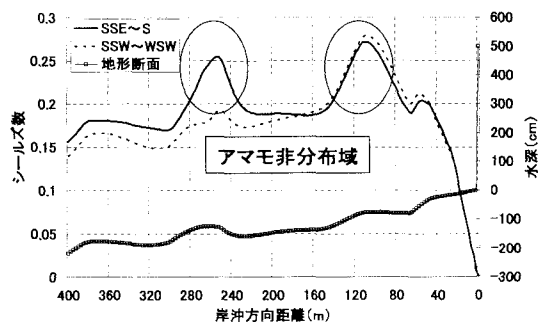


図-6 低波浪来襲時シールズ数岸沖変化 (赤穂)

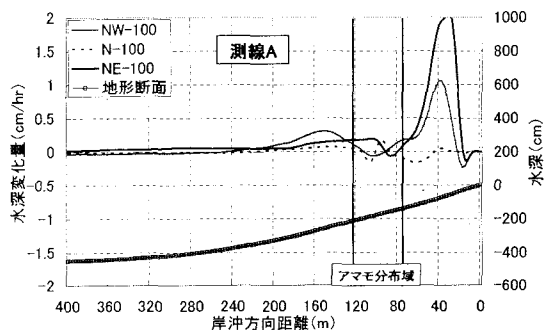


図-8 岸沖方向水深変化 (二見)

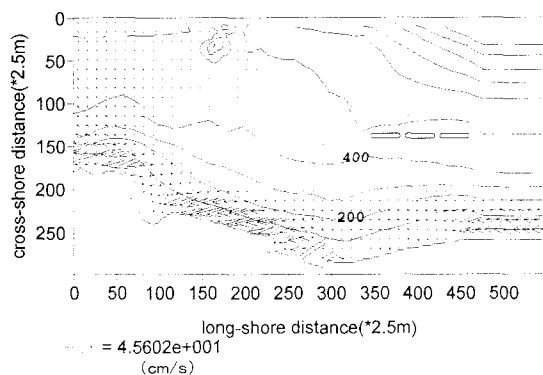


図-7 二見海岸, 海浜流分布 (NE-50)

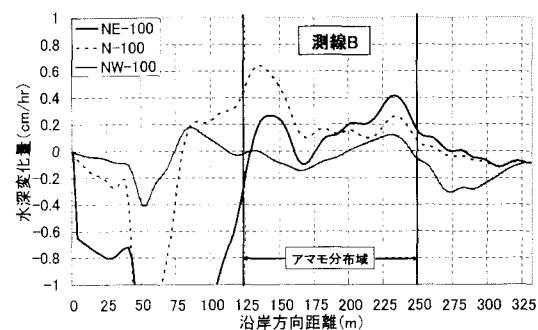


図-9 沿岸方向水深変化 (二見)

側の離岸堤の背後まで到達しづらい状況であることがわかる。この流向は、入射波の波向によらず一定の傾向を示した。

(2) 幼体生存条件

成長期の波浪に対する水深変化量が数 cm に達すると、アマモの幼体の埋没による枯死、あるいは侵食による流失が生ずる。

図-8, 9 は図-4, 5 と同様の測線上における冬季高波浪による単位時間あたりの水深変化量を示したものである。また変化量の+は侵食を、-は堆積を示している。

図-8 から、汀線付近では非常に強い地形変化が生じており、シールズ数の結果同様、アマモの分布に適していないと判断可能である。一方、沖側では、アマモの分布域・非分布域に有意な差は見られなかった。図-9 も同様にシールズ数の結果が高い西側の非分布域では、多大な地形変化が生じているが、東側では、分布域の内外で計算結果に差は見られなかった。このことより、0.5 cm/hr 程度の地形変化では、根付いているアマモの流失は生じない。しかし、この波浪が数時間続き数 cm の侵食や堆積が生じることで、アマモの幼体が枯死・流失する可能性がある。

このように、種子が拡散しにくい流向及び、幼体にとっては厳しいと言える地形変化により、現在ある藻場の

分布域が広がらないのではないかと考えられる。

(3) 成熟株生存条件

図-10 は赤穂海岸における台風来襲時の高波浪・高潮位に対する、岸沖方向水深変化量である。消失が確認されているアマモ場は、図の汀線沖80 m 以浅である。台風時、最も高波浪となりうる SSE 方向からの入射に対し、5 cm/hr の侵食が生じている。この侵食により、地下茎（長さ10 cm 程度）の流失が生じたと考えられる。一方横軸120 m より沖側の範囲では、台風来襲後もアマモ場の生存が確認されており、図の値から約 2 cm/hr 程度の侵食には成熟株は耐性がある。

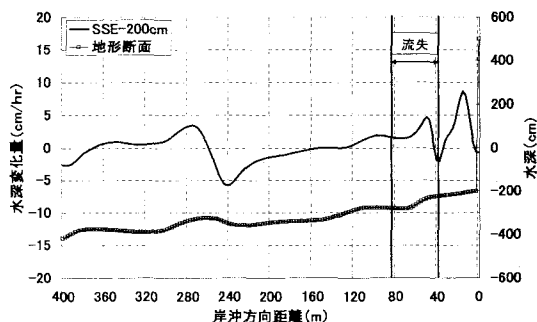


図-10 台風時, 岸沖方向水深変化 (赤穂)

5. おわりに

本研究で得られた主な結論は以下のとおりである。

1. 二見及び赤穂海岸でのアマモ分布域の岸側限界以浅は、通常時波浪入射時において種子 Shields 数0.2以上となり、種子の埋没・発芽に不適な領域である。沖側分布限界は、流体運動にはかかわらない制限因子によって決定されているようである。
2. 二見海岸で通常時波浪入射時ではアマモ分布域と非分布域における Shields 数、水深変化量などには有意な差異は見られない。秋～冬にかけて発生する年に数回程度は来襲する比較的大きな波によるアマモ分布域での水深変化量は1 cm/hr 以下であるのに対し、非分布域では1 cm/s 以上の堆積域が存在し、幼体が埋没・枯死する可能性がある。また波向きにかかわらず海浜流によってアマモ場より東側に種子が輸送される可能性は低い。
3. 赤穂海岸では、2つの突堤に囲まれた領域は比較的静穏で、年に数回程度は来襲する比較的高波浪来襲時の水深変化量も高々2 cm/hr である。しかし、台風時の SSE～S 方向からの高波浪が入射した場合に流失したと考えられるアマモ分布域内では、5 cm/hr 以上の侵食や15 cm/hr 程度の堆積が生じている。一方、2 cm/hr 程度の侵食領域ではアマモは流出せずに生存が確認された。したがって、成熟株の侵食に対する耐性は2 cm/hr 程度と考えられる。

参 考 文 献

五十嵐由雄・石川雄介(1987)：アマモ場適地選定手法，海岸工学

- 論文集，第34巻，pp. 227-231.
- 和泉安洋・広沢 晃・團 明紀・森口朗彦・寺脇利信(2002)：底質安定化マットによる4年間のアマモの生長と成熟，水産工学，Vol.39 No.2，pp. 139-143.
- 建設省中部地方建設局三重工事事務所(1998)：伊勢湾西南海岸漂砂調査，p28
- 島谷 学・中瀬浩太・熊谷隆宏・月館真理雄(2000)：アマモ種子の埋没機構に関する研究，海岸工学論文集，第47巻，pp. 1171-1175.
- 島谷 学・中瀬浩太・中山哲蔵・太田雅隆・月館真理雄・星野高士・内山雄介・瀬岡和夫(2001)：人工リーフ設置による外力場の変化とアマモ分布条件との関係について，海岸工学論文集，第48巻，pp. 1156-1160.
- 島谷 学・谷口 亨・岩本裕之(2004)：底質諸元および入射波浪の相違がアマモ種子の埋没条件に与える影響について，海岸工学論文集，第51巻，pp. 1036-1040.
- 中瀬浩太・田中祐一(1993)：海浜変形予測手法によるアマモ場成立条件の現地への適用，海岸工学論文集，第40巻，pp. 1061-1065.
- 中瀬浩太・島谷 学・関本恒浩(1999)：船舶航跡波影響下のアマモ分布条件，海岸工学論文集，第46巻，pp. 1196-1200.
- 丸山康樹・中瀬浩太・田中祐一・檜山博昭(1992)：海浜変形予測手法を用いたアマモ場成立条件に関する研究，海岸工学論文集，第39巻，pp. 1006-1010.
- 兵庫県上郡土木事務所(1979)：赤穂港尾崎地区漂砂解析業務報告書，pp. 5-26
- 三重県農水商工部水産基盤室(2003)：沿岸漁業整備開発調査藻場造成事業調査委託業務報告書，pp. 7.
- 吉田 司・芝 修一・小山善明・新井義昭・鈴木輝明：アマモ場造成に必要な生息環境条件に関する研究 三河湾三谷町地先における事例(2004)，水産工学，Vol. 40, No.3，pp. 205-210.
- 芳田利春：6/4赤穂市海浜公園前，アマモ種子バンク (オンライン)，<http://www10.ocn.ne.jp/~amamo.bk/>，参照2005-05-18.