

論文の内容の要旨

氏名：中瀬浩太

博士の専攻分野の名称：博士（生物資源科学）

論文題名：海草群落の再生に向けた保全・修復学的研究—物理条件より評価した海草群落の分布—

第1章 海草群落の重要性

我が国沿岸浅海域の砂泥海底には、アマモ (*Zostera marina*) など1目5科10属30分類群の水中顕花植物（海草）が分布している。海草の葉上には多様性の高い生物群集が構成される。海草群落内は沿岸生物の産卵場やナーサリーサイトとして機能し、またそのブルーカーボン機能が近年注目されている。これらの保全や再生には、波・流れ・底質安定性等の物理的条件を評価して整備する必要がある。

第2章 アマモ分布海域の物理条件の把握

(1) はじめに

アマモを発芽育成させたマットを海域に設置した結果、砂が堆積したケースで生残と育成が確認されたことにより、アマモ分布には底質移動との関係性が示唆され、海草分布が底質の浸食・堆積条件および波浪や底質安定性により決定されると考えた。そこで、数値シミュレーションで再現した物理的条件の平面分布と海草群落の分布を比較した。

(2) 方法

①海草分布条件の集出

千葉県富津市津浜海岸（図-1）のアマモ場に数値計算メッシュ（図-2）を設定し、1990年12月と1991年6月に各計算メッシュ内のアマモ分布の潜水観察と底質採取を行った。波高流況は水圧計付流向流速計で計測した。

浜金谷港周辺の波浪と気象観測データより「通常発生する高波浪状況」を未超過確率90%波浪（波高1.0m）とし、現地計測結果による底質粒度・比重を用いて三次元地形変化モデルにより波高、海浜流速、シールズ数（ ϕ ）、水深変化量分布を再現計算した。なお、シールズ数は底質の移動状況を表す（図-3）。

②他地点への適用確認

横須賀市小田和湾と富津市2カ所について三次元地形変化モデルで再現した波高・海浜流速・シールズ数（ ϕ ）・地形変化量の分布とアマモ分布を比較した。小田和湾では既存アマモ場調査結果を用い、富津市2カ所ではアマモ分布、底質、波浪を実測した。計算入力条件として、富津市2地点では未超過確率90%の波浪、小田和湾では1年確率波とした。

(3) 結果

津浜海岸のアマモは、図-4のように初夏の繁茂期に沖側に拡大し、冬季の衰退期に縮小する。アマモ分布状況と物理条件の比較には、

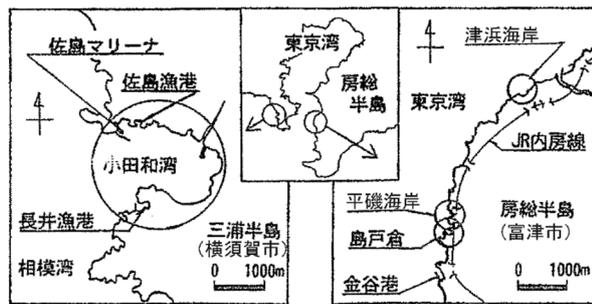


図-1 調査対象地点位置図.

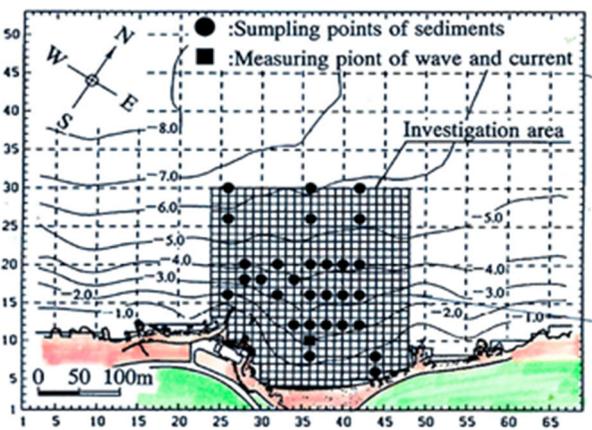


図-2 数値計算・海草群落調査共通メッシュ（津浜海岸）.

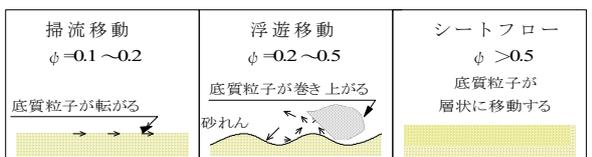
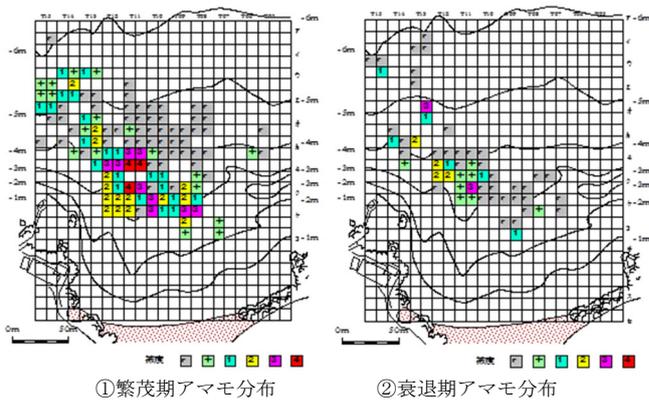


図-3 シールズ数の示す底質移動状況.



① 繁茂期アマモ分布 ② 衰退期アマモ分布
図4 繁茂期・衰退期のアマモ分布状況。

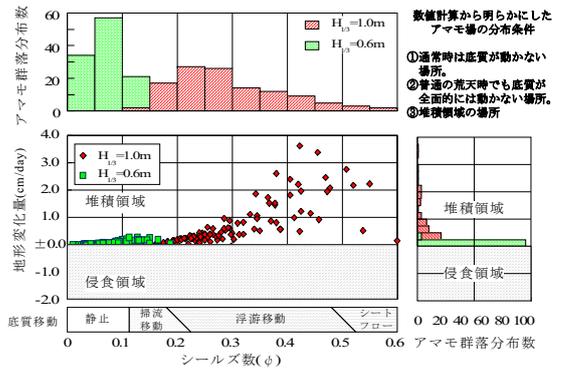


図5 シールズ数・地形変化量別アマモ分布状況。

分布範囲が縮小する衰退期の状況を用いた。衰退期のアマモは、通常発生する高波浪状況で底質移動がシートフローにならない $0.1 < \phi < 0.5$, かつ堆積領域に分布していた (図-5) (中瀬ら, 1992)。

アマモ分布と物理条件再現計算結果を比較した全 4 地点で大部分のアマモは、底質移動が $\phi < 0.5$ かつ、堆積領域に分布していた (図-6) (中瀬ら, 1993)。

(4) 考察

アマモが通常の高波浪状態で底質移動がシートフロー状態にならない堆積領域に分布することが複数の地点で共通したため、普遍的分布条件と考えられた (中瀬ら, 1993)。この条件でアマモが分布する理由は次のように考えられる。シートフロー状態では、底質全体が移動するため地下茎や根が底質を掴む力を失い、アマモ自体の浮力で浮上流失する。一方、堆積領域では、アマモ種子が堆積により埋没し、発芽条件である還元状態が形成され、実生株が発芽する。

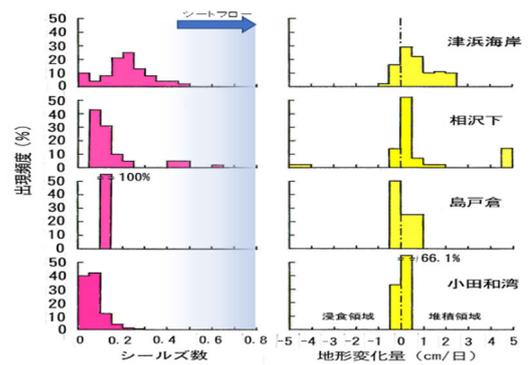


図6 複数地点での物理条件別アマモ分布状況。

第3章 事業への適用

(1) はじめに

広島県三原市で 1997 年～2008 年に航路浚渫で消滅するアマモ群落 2.2 ha を採取して移植する事業が実施された (図-7)。本地点は瀬戸内海に位置し、台風や季節風による年最大波高が 0.35 m 程度であるが、三原港を入出港する船舶により、これより大きい航跡波が連続的に発生していた。そこで、対象海域のアマモ分布に対する船舶航跡波の影響を比較し、移植場所のアマモ分布適合性を確認した。移植後のアマモの状況は事業者により調査が行われた。

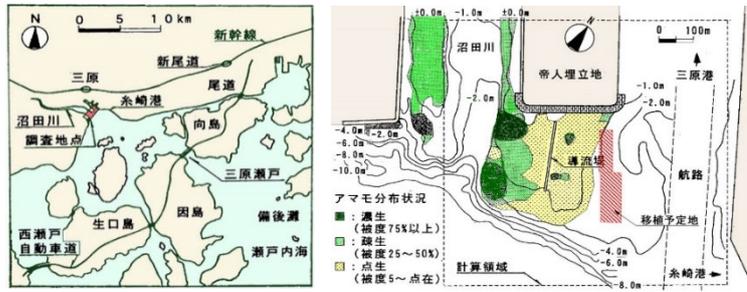


図-7 三原市地先の調査地点位置図。

(2) 方法

1998 年 3 月に波高および流向流速計を 3 地点に設置し、大潮時 7 日間連続測定を行ない、計測期間中、三原航路を通過する船舶の船種、通過時刻を記録した。航跡波の波高・流速等を入力条件としてシールズ数の平面分布を再現計算し、アマモの分布や移植先の状況を比較した。また、アマモ分布場所と移植場所の底質を採取し、粒度と比重を分析した。

(3) 結果

船舶運航時間の 6 時～24 時に波高 0.2～0.5 m, 流速 0.3～0.4 m/sec が連続測定され、航跡波がこの海域に作用する高波浪と考えられた。航跡波によるシールズ数分布の計算結果とアマモ分布場所お

よび移設場所を比較した結果(図-8), アマモ分布域の大部分と移植場所は $\phi < 0.5$ であった(中瀬ら, 1999).

(4) 考察

数値計算で再現された航跡波によるシールズ数分布より, アマモは底質移動がシートフローにならない場所に分布していた(中瀬ら,

1999). また, 移植地点もこの条件を満たし, アマモ分布であることが確認された. 移植 10 年経過した 2004 年でもアマモは生育しており, 物理的条件からのアマモ分布評価が造成計画に有効であることが確認された.

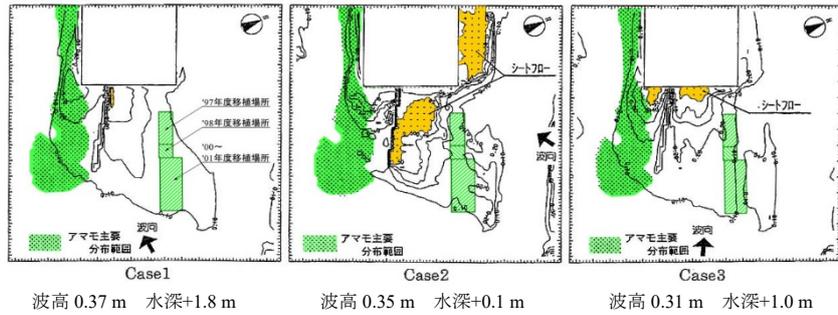


図-8 航跡波を用いた現状再現によるシールズ数分布.

第 4 章 他種の花葉への適用

アマモ以外の花葉も物理条件がその分布を決定すると考え, コアマモやウミシヨウブを対象に数値計算による外力分布と群落の存在を比較した.

(1) コアマモ

コアマモ (*Zostera japonica*) は, 潮間帯にも分布し, 海中の光が不足する海域でも生育可能と考えた. 2017 年より東京都大田区の人工干潟で移植を行い, 生残状況と移植地点の物理条件とを比較した.

① 方法

2017 年と 2018 年に干潟上にコアマモを移植し生育状況を観察した. 2018 年には移植地点の底質を採取し, 粒度と比重の分析を行った. この海域の日常的かつ最大級の波浪は航跡波と考え, その波高と波長を画像計測し, これを入力条件にエネルギー平衡方程式により波高と底面流速の平面分布を算出し, 底質分析結果を加え, 各地点のシールズ数を算出した.

②結果

コアマモは A.P.+0.4 m の St. 5 (図-9) でのみ確認された(中瀬ら, 2020). 生残地点の水深 0.1 m 時 ($h = 0.5$ m) のシールズ数は $\phi < 0.3$ であり, 底質移動が浮遊~掃流状態であった.

③考察

コアマモは日常的高波浪である航跡波作用時に $\phi < 0.3$ の部分で生残した(中瀬ら, 2020). コアマモは, 地下茎が極めて浅く, 底質移動がシートフロー時に流失しやすいと推察された.

(2) ウミシヨウブ

熱帯性花葉ウミシヨウブ (*Enhalus acoroides*) は, 八重山諸島が分布北限であり, 環境省 RDB の絶滅危惧 II 類に記載されている. 本種の保全のための基本条件として, 数値計算で再現した物理条件と既存のウミシヨウブ分布との比較より, 本種の分布条件を抽出した.

① 方法

本種の既存分布情報(図-10)を 50 m×50 m 計算メッシュに当てはめ, 物理条件再現計算結果と比較した. 再現計算には波浪モデル SWAN と海洋モデル CCM を使い, 入力条件にはアメダスと GPV の気象・海象情報を用いた. 群落分布と比較する物理条件は, 水深, 有義波高, 底面流速および潮汐残差流速とした. シールズ数はサンゴ礫に対応困難なため使用しなかった.

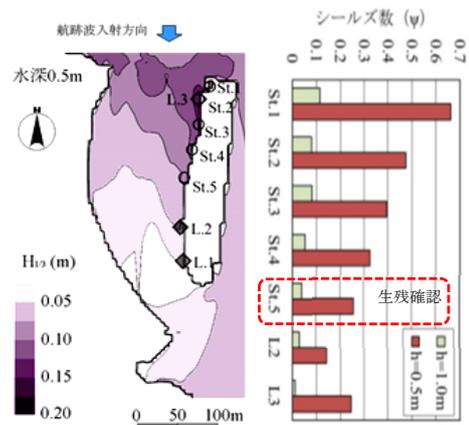


図-9 有義波高分布とシールズ数.



図-10 ウミシヨウブ分布調査結果.

物理条件再現計算結果より、ウミシヨウブが分布する範囲の物理条件を抽出した（中瀬ら, 2015）。

② 結果

季節風により高波浪が連続する冬季の物理条件をウミシヨウブ分布と比較して（図-11），その条件を抽出した。本種の分布は、波高と底面流速より再現可能であり、各月再現計算より本種の分布を再現すると、台風期や冬季の高波浪条件での再現精度が高かった（図-12）（中瀬ら, 2016）。

③ 考察

冬季の高波浪時と台風発生期（8月）の高波浪条件でのウミシヨウブ分布再現は、エラーが少なく、現状および過去の分布を再現できた。これにより、本種は、季節風や台風等の高波浪がその分布を決定すると考えられ（中瀬ら, 2016），保全重点地区や造成対象地区の設定に使用可能と考えられた。

第5章 総合考察

海草が分布する浅海部分は波浪が常時作用し、底面流速やシルズ数で表される。代表種のアマモは、通常発生する高波浪で底質が堆積かつ底質移動シートフローにならないことが分布条件であった。物理条件は数値計算により平面分布が再現可能なため、海草群落の保全場所選定や移植場所を経過する上で有効である。さらに、アマモ以外の海草でもこの方法を活用して移植計画への適用や分布場所の評価に有効であることが確認された。

引用文献

- 1) 中瀬浩太, 田中裕一, 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, 39, 1006-1010.
- 2) 中瀬浩太, 田中裕一 (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, 40, 1061-1065.
- 3) 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, 46, 1196-1200.
- 4) 中瀬浩太, 桑江朝比呂, 渡辺謙太, 荒 功一, 浜谷信介, 田中裕一 (2020) 京浜運河におけるコアマモ群落造成について. 土木学会論文集 B3(海洋開発), 76(2), I_822-I_827.
- 5) 中瀬浩太, 村上智一, 鶴飼亮行, 水谷 晃, 下川信也, 河野裕美 (2015) 外力再現計算を用いた西表島北西部海域におけるウミシヨウブ群落分布域の物理条件解析. 土木学会論文集 B2(海岸工学), 71(2), I_957-I_962.
- 6) 中瀬浩太, 村上智一, 河野裕美, 鶴飼亮行, 水谷 晃, 下川信也 (2016) 月別外力再現計算を用いた西表島北西部海域のウミシヨウブ分布条件の評価. 土木学会論文集 B3(海洋開発), 72(2), I_1429-I_1434.

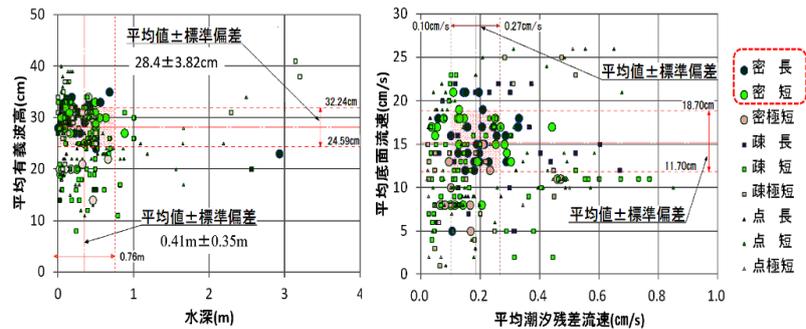


図-11 冬季高波浪連続期におけるウミシヨウブ分布範囲の物理条件。

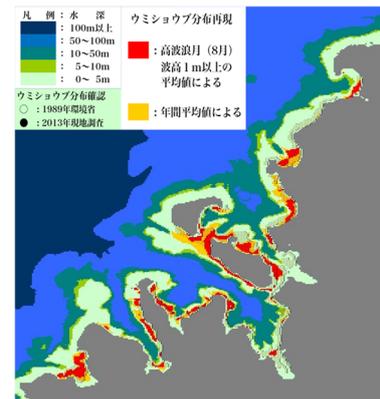


図-12 ウミシヨウブ分布再現結果。