

八代海「野坂の浦」におけるアマモ生育環境に関する現地観測

○矢北 孝一¹, 森本剣太郎², 御園生敏治³, 増田 龍哉³, 滝川 清²

¹熊本大学 工学部技術部, ²熊本大学 沿岸域環境科学教育研究センター, ³熊本大学 大学院先導機構

1. はじめに

八代海は、九州西部に位置し九州と天草諸島に囲まれた海域面積約1,200 km²を有する内湾であり、閉鎖性が強く河川の影響を受けやすい特性がある。また大潮時の潮位差が約4mと大きく、干潟面積約41km²を有している。八代海の湾奥から東岸域は、かつてアマモ等の藻場が広範囲に生息し、豊かな海域環境を形成していた。しかし高度成長期以降、海域の浄化機能を担うとされる干潟・藻場が減少している。近年八代海を含めた内湾域では赤潮の頻発・長期化、水産資源の減少、水質・底質の悪化等が顕在化し、環境悪化の要因の一つとしてアマモ場の減少が指摘されている^{1),2)}。そのため、各機関・大学等において、各地のアマモ場の生育環境に関する調査・研究が実施され、機能・生育条件・アマモ場造成手法等が報告されている^{3),4)}。この中でアマモ場造成については、環境要因の緩和・改善策が示され、種子の回収・移植方法についても研究が進められている⁵⁾。八代海においてもアマモ保護活動が実施され、芦北町地先では2003年からアマモ造成が試みられている⁶⁾。しかし、全国でアマモ場造成によって安定したアマモ場が維持されている事例が少ないのが現状である⁷⁾。このことは、アマモの生育環境要因が複雑で、要因間の相互作用に一因があると考えられ造成海域での最適な手法を検討する必要性が示唆される。

本研究では、アマモ場造成の最適手法の検討を最終目的とし、その第一段階として八代海に面する芦北町地先の野坂の浦での現地観測を通してアマモの生育環境を検討した。

2. 観測結果と考察

(1) 対象域と観測項目

野坂の浦は、図-1に示す東西・南北方向約1.5kmの内湾であり、佐敷港と野坂の浦間に東西に約850mの防波堤が設置されている。アマモ生育域は、図に示すA～F

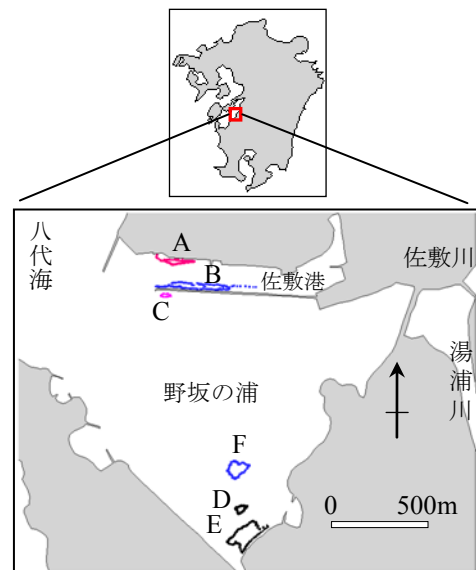


図-1 野坂の浦とアマモ生育域

表-1 株密度・採泥と連続観測

採泥	2012年8/1, 9/14, 10/15, 11/16 2013年5/27~28, 6/24
地形	2013年5/15, 28, 6/24, 8/23
株密度	2012年9/14, 11/16, 12/15 2013年5/27~28, 6/24, 8/24
連続観測	2012年8/2~9/14 2012年11/18~12/14 2013年1/16~2/11

表-2 連続観測項目と地点名

観測項目	地点名
流向・流速・水温	st2, st7
照度	st1, st2, st3, st4, st5, st6
水温・塩分	st3, st10
水深・水温	st8
潮位	st9

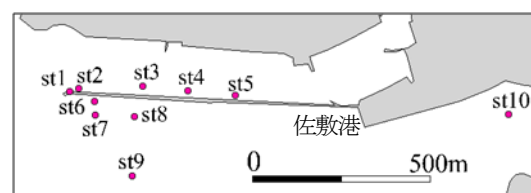


図-2 観測機器の位置

域であり、1970年代までは、B、C～E域間に帯状のアマモ場が形成されていた。現在は、B、F、D、E域で天然アマモ場がパッチ状に形成されている。なお、A、C域は、地元ボランティアによって移植された領域であり、特にC域は、現在より東側約200mに移植されていた。地形調査、採泥、株密度及び連続観測の時期は、表-1に示すように、アマモのライフサイクルを考慮し2012年8月～2013年8月にかけて大潮期に実施した。また表-2、図-2に示す観測項目、地点において流況・照度・水温等の連続観測をB・C域で実施した。なお、株密度の測定は0.25m²のコロラードを用い、目視によって株数をカウントし、アマモ域の境界を含めた位置情報は、携帯GPS（GARMIN製GPSMAP-60CSx：±2.0m）で記録した。底泥の粒度分析は、レーザー粒度分析器（HORIBA製LA-950）を使用し、含泥率は、粒径63μm以下のシルト・粘土分の合計とした。

(2) 対象域の地形

アマモ場における水深、地盤高、海底勾配等がアマモ生育に与える影響が指摘されており⁸⁾、広域的な地形観測が必要と考えられる。しかし、アマモ場の地形観測を実施する場合、時間・経済的な制約を受け局所的な観測が中心となっている。そこで、アマモ場地形を広域的に把握するため簡易的にGPS魚群探知機（以下、魚探という）LOWRANCE社製HDS-7をゴムボートに艀装し、約1.0m/sの航行速度で水深を測定した。魚探から得られる水深は、発信周波数200kHz、発信間隔0.2秒の反射強度から変換され、位置情報は、搭載されたGPSの緯度経度を平面直角座標UTM（Universal Transverse Mercator）52系に変換した。水深から標高T.P.への換算は、佐敷港に験潮所が設置されておらず、北方約7kmに位置する田浦港の潮位（<http://www.bou.sai.pref.kumamoto.jp>）を基準とした。図-3に、単位時間10分の6月23日12:00～25日12:00にかけて佐敷港に設置した水位計から算出した潮位と田浦港の潮位変化を示す。図より、佐敷港の潮位に10分の遅れと満潮時に最大0.2mの相違が認められ、潮位推算の補正量とした。また田浦潮位は10分毎間隔で記録されており、魚探による観測時刻の潮位を推算する必要がある。そこで、田浦潮位の主要4分調（周期12.0hr、12.42hr、23.93hr、25.82hr）を最小二乗法より求めた一例を図-4に示した。図より、実測値と推算値は、干潮時に若干の相違があるが観測時刻が満潮前後に実施したことを考慮し推算値に影響が無いと判断した。測線は、図-5に示すように、アマモ域・佐敷港内では、約40m以下の間隔とし観測は5/15に実施した。また野坂の浦では東西・南北方向約200m間隔とし、この観測日は、南北方向が6/24、東西方向は8/23である。なお、各観測日での波高は小さく、観測期間での洪水等のイベントも観測されず3ヶ月間の地

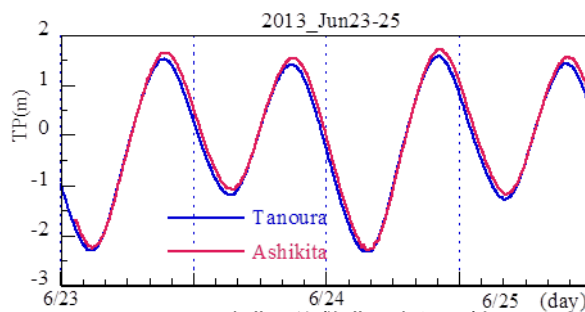


図-3 田浦港と佐敷港の潮位比較

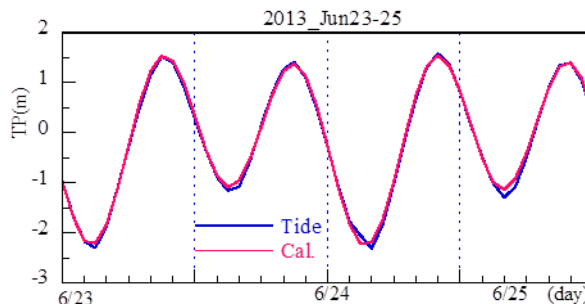


図-4 田浦潮位の実測値と推算値

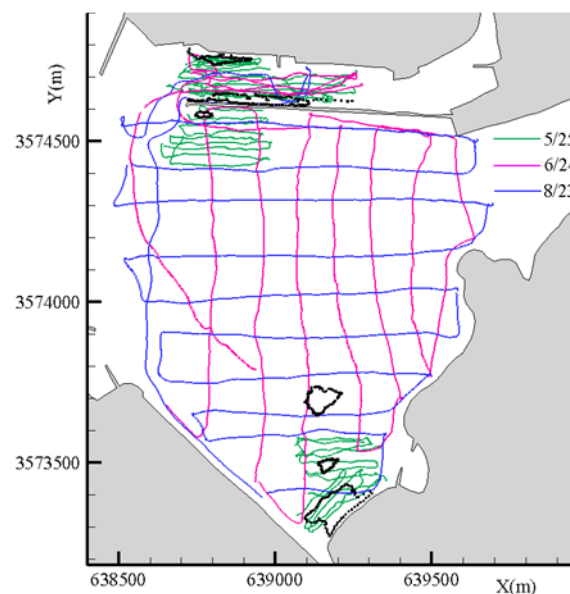


図-5 水深測定航跡

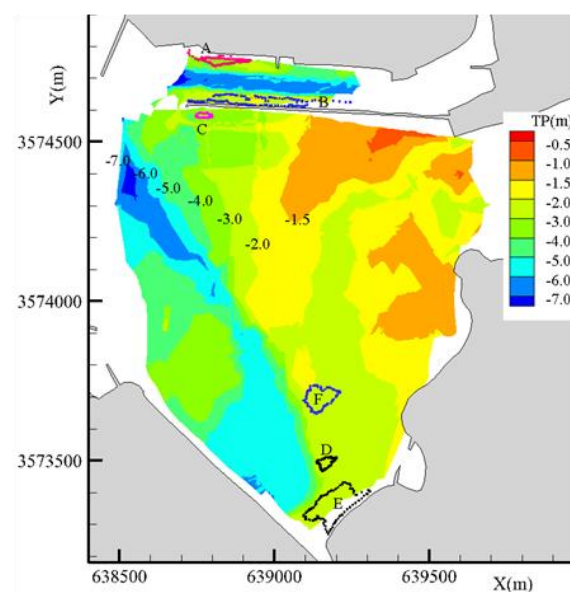


図-6 対象領域の標高

形変化量は少ないと考えられる。

図-6に野坂の浦の標高T.P.を示す。全域において観測期間が3カ月に渡っていることを考慮しても地形の整合性が確認できる。しかし、アマモ域C近傍で、若干の相違が確認できる。これは、このC域が湾口付近にあることから潮流等の影響を受け、局所的に地形変化が引き起こされた可能性があり、アマモ移植域Cの領域面積の狭さとの関係性が示唆される。図より各アマモ域は、T.P. - 2.0～ - 3.0m間に生育していることが分かり、T.P.約 - 2.0m以上が大潮の干潮時に干出することを確認している。また河川の滲筋が湾中央付近から南下し、アマモ域E, D, Fへ向かっている。そのため河川水の影響を受け塩分濃度が他のアマモ域より低いことが考えられる。アマモ域の東西方向の勾配は、1/100以下となっているが、その西側にT.P. - 5.0mの海底が存在し、勾配1/25の急勾配となりアマモは生育していない。一方、佐敷港内は、中央部に航路が存在し、その南北にアマモA, B域があり、その標高も上記と同じ傾向を示す。

以上のように、佐敷港及び野坂の浦の地形観測結果よりアマモ生育域の標高、勾配等は概略理解できた。次節では、標高と底質の中央粒径、含泥率の分布特性との関連性を検討する。

(3) 中央粒径・含泥率の空間分布

これまでの研究成果により、アマモ生育条件の項目中で、底質の中央粒径が0.14～0.39mm、シルト分が30%以下の好適条件が示されている^{9), 10), 11)}。そこで図-7, 8に示すように、280地点の採泥位置の粒度分布から中央粒径 d_{50} と含泥率の空間分布を求めた。干出域では、表面5cmまでを採取し、それ以外では、グラブ式採泥器を使用した。図-7より、中央粒径の分布は、図-6に示した標高に沿った分布を示し、河川滲筋に注目すると粒径が0.25～0.05mmへ徐々に小さくなるのが分かる。全域の特徴として、標高が高いヶ所では、粒径が大きく、標高が低くなるに従って、小さくなる傾向を示している。これは、図-8に示した含泥率の分布の特徴と、ほぼ一致している。以上より、アマモ域での中央粒径は0.15～0.25mmであり、含泥率は10～30%の範囲であることが分かる。しかし、上記の条件を満たす海域であってもアマモ域が形成されておらず、他の環境要因が影響していることが示唆される。

(4) 株密度と中央粒径・含泥率

アマモ生息評価項目の一つである株密度と中央粒径・含泥率との関係を詳細に検討した。アマモは、地下茎で増殖し固体選別が困難であるため、株密度の測定は、先に示したコロラードを使用し、干潮時に160地点で目視

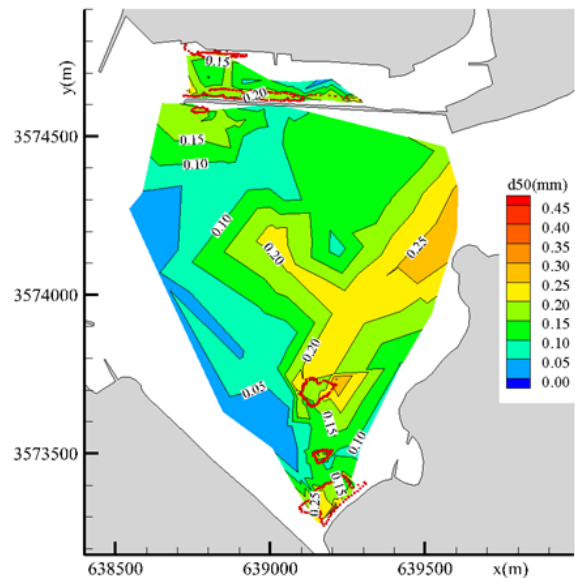


図-7 中央粒径の空間分布

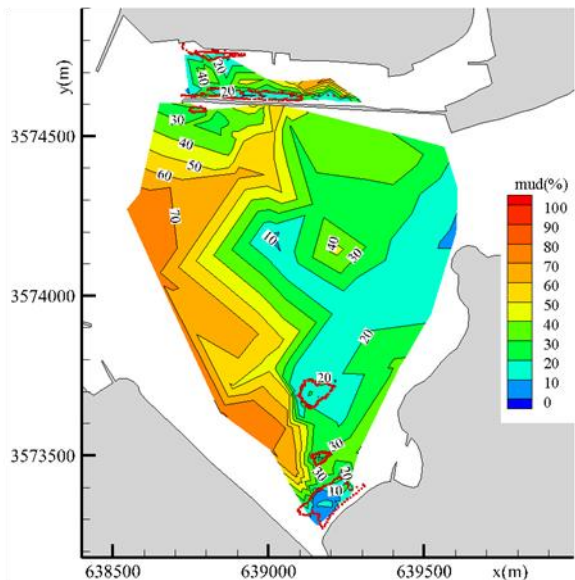


図-8 含泥率の空間分布

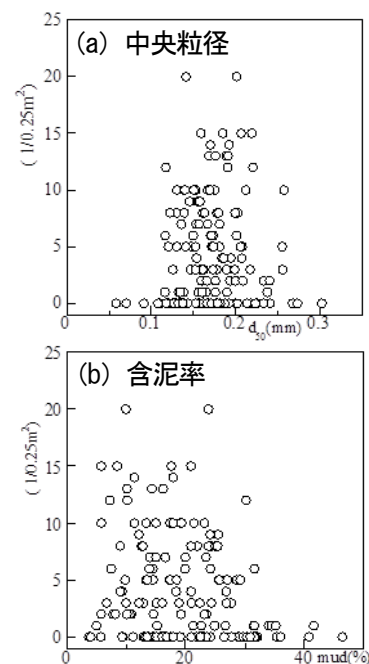


図-9 全域の株密度と中央粒径、含泥率

での株数をカウントした。図-9(a), (b)に野坂の浦全域での株密度と中央粒径・含泥率との関係を示す。図より株数が5/0.25m²以上に注目すると、中央粒径では、0.1~0.25mm, 含泥率は、5~30%の範囲であることが分かる。また図-10に示したように、アマモ生育条件を検討するため、自然生育域のE,D,F域と移植域のC域での株数が最大値を示す値を比較した。図より、E,D,F域の株数最大値での中央粒径は0.15mm, 0.2mm, 含泥率は10%, 23%となり、先に示した好適条件内となっている。一方、移植されたC域での株数最大値は中央粒径0.2mm, 含泥率30%となり、こちらも生育条件を満たしている。ただし、この範囲にありながら株数が0となる地点も存在していることが分かる。これより外力等の影響を検討する必要性を示している。

(5) 底面流速とシーلز数

アマモのライフサイクルより、種子が定着し発芽する時期は、10~2月であることが知られている。この時期に波浪等の影響を受け、土砂・種子の移動が必要以上に生じた場合、アマモは定着・発芽できず安定したアマモ場が維持できない要因の一つと考えられる。そこで、図-2に示したアマモB域のst2, C域のst7に流速計（アレック電子製Compact-EM）を海底より20cmに設置し約20日間のデータを統計処理した。

図-11に、2012年11/20~12/10間における底面付近の流速の経時変化を示す。図より両アマモ場における流速変化をst2, st7を代表点として検討すると、対象領域での流速は南北方向が卓越することが分かる。特にst7の11/26, 12月上旬での流速の影響を評価する必要がある。そこで、式(1)に示す海底面上で物質が流速に抵抗する比を示すシーلز数を求めた¹²⁾。シーلز数を求める場合、底面の摩擦速度の評価が必要となる。しかし、鉛直方向のプロファイルを取得しておらず、底面より20cmの東西・南北方向の合成流速値を代表流速とし、式(2)に示す対数摩擦法則¹³⁾より評価した。合わせて、表-3に示す中央粒径から摩擦速度を算出可能な岩垣の実験式¹²⁾も用いた。

$$\phi = \frac{u_*^2}{s \cdot g \cdot d_{50}} \quad \dots (1)$$

$$\frac{U_0}{u_*} = 2.5 \left\{ \ln \left(\frac{u_* \cdot d_{50}}{\nu} \right) \right\} \quad \dots (2)$$

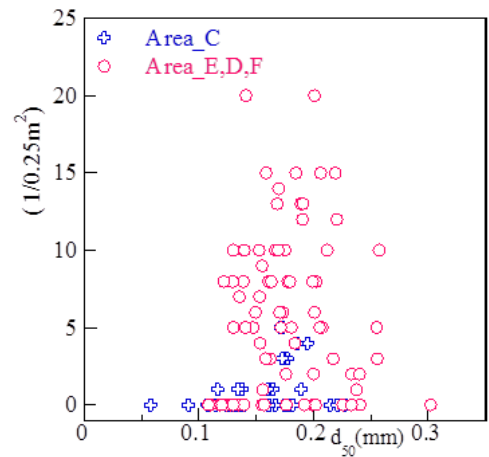
ここで、

ϕ :シーلز数, u_* :摩擦速度(cm/s)

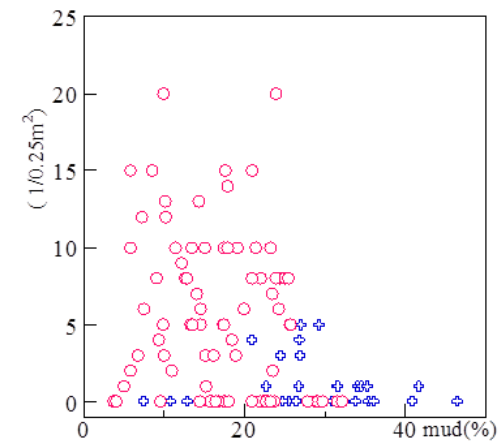
s :土粒子水中密度, g :重力加速度(cm/s²)

d_{50} :中央粒径(cm), U_0 :代表流速(cm/s)

ν :水の動粘性係数(cm²/s)



(a) 中央粒径と株密度の関係



(b) 含泥率と株密度の関係

図-10 アマモ生育の有無による比較

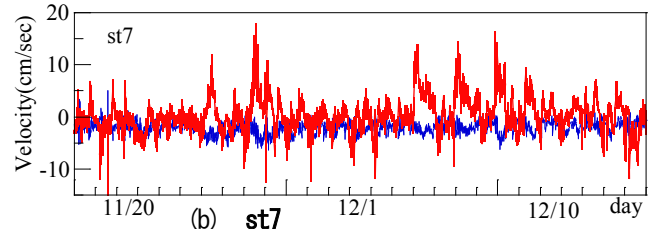
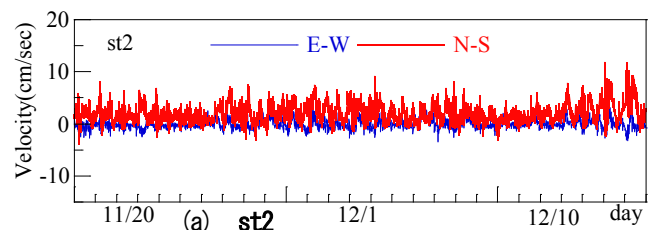


図-11 アマモ生育域の底面流速の経時変化

表-3 岩垣の実験式による摩擦速度 u_*^2

$0.303 \text{ cm} < d_{50}$	$\rightarrow 80.9 d_{50}$
$0.118 < d_{50} < 0.303$	$\rightarrow 134.6 d_{50}^{31/22}$
$0.0565 < d_{50} < 0.118$	$\rightarrow 55.0 d_{50}$
$0.0065 < d_{50} < 0.0565$	$\rightarrow 8.41 d_{50}^{11/32}$
$d_{50} < 0.0065 \text{ cm}$	$\rightarrow 226 d_{50}$

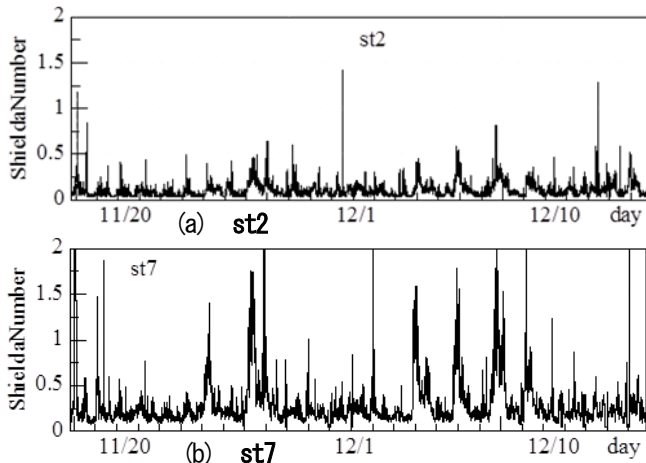


図-12 Shields 数の経時変化の一例

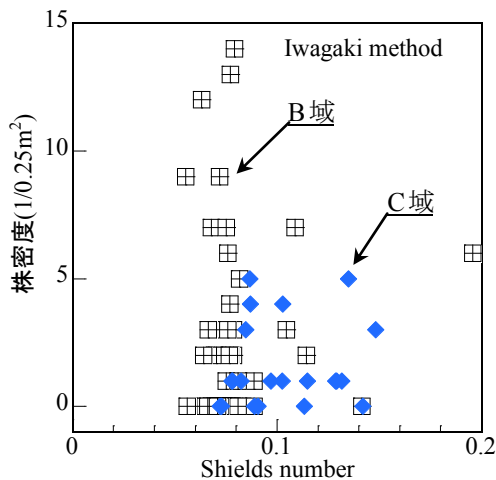


図-13 岩垣の実験式による Shields 数と株密度

図-12に、算出したシーلز数の経時変化を示す。既往の報告では、シーلز数0.08~0.2が好適条件として示されている¹⁴⁾。この期間の自然生育域Bのst2におけるシーلز数の平均値は0.11であり、最大値は1.5の値を示す。一方、アマモ移植域Cのst7のシーلز数平均値は0.343であり最大値は2.0以上である。これより、アマモ移植域Cでは、底面流速の影響を受け砂泥・種子の移動量が大きくアマモ生育面積が狭い原因の一つと考えられる。図-13に、岩垣の実験式から求めた摩擦速度より算出したシーلز数と株密度との関係を示す。なお、株数は、この時期に行った測定結果を示した。図より、0.06~0.15との範囲が生育条件となり、先に示したシーلز数の好適条件とほぼ同じ結果となった。また、アマモB域のシーلز数の範囲は0.09で株数最大値を示し、C域と比較し、0.1以下に集中する傾向が分かる。

3. おわりに

八代海野坂の浦を対象にアマモ生息環境の検討を行った。下記に得られた成果を示す。

(1) アマモ生育域の標高はT.P. - 2.0~ - 3.0mで満潮時の

水深は最大4.5mである。生息範囲は、底質の中央粒径 d_{50} で、0.15~0.25mm、含泥率は10~30%であり、既往の研究成果に近い値となった。

- (2) 株密度と中央粒径・含泥率の関係より、株密度が最大となるのは $d_{50}=0.2\text{mm}$ で、含泥率は、約20%である。含泥率が40%以上でアマモが生育出来ないことが分かった。
- (3) 岩垣の実験式によるシーلز数と株密度の関係より、既往の報告にある0.08~0.2近傍の0.06~0.15が生育条件となった。
- (4) アマモ域B, Cにおける底面流速変化をst2, st7を代表点として検討した結果、流速の影響によりアマモ域面積に影響を与えることが分かった。

参考文献

- 1) 環境省：有明海・八代海総合調査評価委員会 報告書、藻場・干潟等、pp31-32,2006
- 2) 熊本県：有明海・八代海干潟等沿岸海域再生検討委員会報告書、pp324-333,2006
- 3) 丸山康樹, 五十嵐由雄, 石川雄介：アマモ場適地選定手法 - 岸側の砂移動限界 -, 第34回海岸工学論文集, pp.227-231,1987
- 4) 島谷学, 中瀬浩太, 岸本裕之, 中山哲巖他：興津海岸におけるアマモ分布条件について, 海岸工学論文集第49巻, pp.1161-1165,2002
- 5) 島谷学, 中瀬浩太, 熊谷隆宏, 月舘真理雄：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.1171-1175,2000
- 6) 大和田紘一, 生地暢, 森下惟一：環境保全としての海藻類の養殖, アマモ場の造成, 月刊海洋, 428号, pp148-154,2006
- 7) 寺脇利信, 島谷学, 森口朗彦：瀬戸内海におけるアマモ造成の実践例, 水産工学, Vol42,N02,pp.151-157,2005
- 8) 藤原宗弘, 末永慶寛, 井面仁志, 松島学, 白木渡：半閉鎖性海域におけるアマモ生育環境の評価に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.67,No2,I_946-I_950, 2011.
- 9) 川崎保夫, 石川雄介, 丸山康樹：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, pp136-145,(1990)
- 10) 京都府海洋センター：藻場の回復, 造成に向けて 3. アマモの増殖, 京都府立海洋センター季報, Vol.72, p13,(2001)
- 11) 川崎保夫, 飯塚貞二, 後藤弘, 寺脇利信, 渡辺康憲, 菊池弘太郎：アマモ場造成法に関する研究 報告書, 電力中央研究所,1988
- 12) 椿東一郎：水理学II(第14章), 基礎土木工学全書 7, 森北出版,1974
- 13) H.Tennekes,J.L.Lumley,;藤原仁志, 荒川忠一訳：乱流入門 A First Course in Turbulence, 東海大学出版会, pp.184-187,1998
- 14) 中瀬浩太, 桧山博昭, 田中裕一：アマモ場造成工法の開発(その1), 五洋建設技術研究所年報, Vol.20, 1991.