

### 3. 1. 3 アマモ

#### (1) 選定の根拠

アマモの生育場所は、波の穏やかな内湾の光が十分に届く水深が浅い砂泥底である。このような環境は、明治時代には東京湾湾奥部の沿岸域に広く存在していたが<sup>1)</sup>、埋立てと水質汚濁により消失した。現在、湾奥部でアマモが生息する可能性のある場所は、三番瀬等の干潟、干潟と連続する浅場にわずかに残されているにすぎない<sup>2)</sup>。アマモ場は、稚仔魚の保育場になる等、生態学的に多様な機能を有していることから重要視されており、東京湾沿岸では造成試験が積極的に行われている。アマモは、東京湾本来の干潟から連続する浅場を反映する種と考えられることから選定した。

#### (2) 一般的生態情報の整理<sup>7),8)</sup>

##### 1) 分布

北半球の浅海域に広く分布し、日本では北海道から九州までの各地に生息する。

##### 2) 形態

雌雄同株の多年草で、地上部の栄養株と地下部の地下茎からなる。葉の長さは50～120cm、幅は3～8mmで3～7本の平行脈を持ち、縁辺部に鋸歯がないのが特徴。

##### 3) 生態

アマモの開花期は4～6月で主茎の先端に頂生する花穂をつけ、種子は7～8月頃に行える。落下した種子は砂泥底に埋没し、冬に発芽する。冬から春にかけて生長が盛んになり株分かれを繰り返す、夏にかけて繁茂・成熟し、枯死して海底に沈積するか、流失する。秋になると草丈の短い草体のみとなる。

##### 4) 繁殖

繁殖方法は種子によるものと、地下茎が増殖して新しい株を形成する栄養株の2通りがあり、夏季の高水温など何らかの制限要因がある海域では栄養株はみられず、一年で寿命を終える。

##### 5) 生育場所

波の穏やかな砂泥地の漸深帯。光量が十分に届く内湾の砂地海底に生育するが、外洋であっても波浪の影響が少ない静穏な場所であれば生育している。

### (3) 環境要因の選定

アマモの生態、既往知見を踏まえ、環境要因を以下に整理するとともに、注目すべき環境因子を抽出した。

表-3.1.3.1 に東京湾におけるアマモの環境因子の一覧を示す。

表-3.1.3.1(1) 東京湾のアマモについて検討した環境因子一覧(1)

環境要因	生育との関係	選定	要因を表現する因子	人為的改変やダイナミズムとの関係	
砂面変動	アマモは各生育段階において砂面変動と関係が深い。砂面変動は、底質粒子が往復運動を開始する限界のせん断力を無次元化したシールズ数で表現することができるが、既往の底生動物調査、環境調査では通常は観測されることのなかった項目であり、観測データの充実度に難があることから、選定しない。	非選定	シールズ数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土砂供給の変化</li> <li>・港湾施設による流況変化</li> </ul>	
水深	干出、砂面変動、海底到達光量に関係する。アマモは干出しない場所に生育することから、また砂面変動を規定するパラメータであることから、更に水中光量を規定するパラメータであることから、アマモの生育状況として基本的な環境因子であると考えことから、選定する。	選定	水深	<ul style="list-style-type: none"> <li>・埋め立てによる砂泥浅場の縮小</li> </ul>	
水質	水温	アマモの生育環境である浅場は、潮汐に関連して水温が短時間に大きく変動する傾向があることから、静的な環境データとの関連を取ることが難しいと考えられる <sup>8)</sup> 。また事業による広域での水温変化は想定されないことから選定しない。	非選定	水温	—
	水中光量	東京湾は水質が悪く、光合成に必要な光量の不足が想定される。よってアマモ場の再生を目指す場合には、浅場の造成とあいまって水中光量の増大が不可欠となることから、選定する。	選定	水中光量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・汚濁負荷の流入</li> </ul>
	塩分	東京湾の主要な干潟は河川水の影響を受けており、アマモの生育条件を左右するものと考えられるため選定する。	選定	塩分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河川水の流入</li> </ul>

表-3.1.3.1(2) 東京湾のアマモについて検討した環境因子一覧(2)

環境要因		生育との関係	選定	要因を表現する因子	人為的改変やダイナミズムとの関係
底質	粒度組成	アマモが生育する底質は、粗い砂粒から細かい砂泥 <sup>7)</sup> であり、泥分率が高くなると生育環境として不適となる。人工的な改変が進む湾奥等では流況の変化等により泥分率が高くなる等、アマモの生育環境に影響を与えている可能性があるため、選定する。	選定	泥分率	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土砂供給の変化</li> <li>・港湾施設による流況変化</li> </ul>
	栄養塩	アマモの生育には底質間隙中の無機態窒素濃度は100 $\mu$ Mが良く、アマモの根からのアンモニア態窒素の取り込み速度は、アンモニア態窒素濃度が100 $\mu$ Mの間では濃度に比例して増加するが、100~500 $\mu$ Mの間ではわずかに増加するに過ぎない <sup>9)</sup> 。ただし、小田湾ではアンモニア態窒素が1000~10000 $\mu$ Mであったように、通常、底質中に十分に存在していることから、選定しない。	非選定	無機態窒素	<ul style="list-style-type: none"> <li>・汚濁負荷の流入→富栄養化</li> </ul>
	生育阻害物質	底質中の硫化物は、成長や生息に害作用を及ぼし、生息阻害物質の指標となる。水産用水基準 <sup>10)</sup> では、0.2mg/g(乾泥)以下が望ましく、生物に阻害的影響がではじめる濃度を0.2~0.9 mg/g(乾泥)としているが、アマモの生育限界については知られていない。東京湾沿岸の底質調査 <sup>11)</sup> によると、全硫化物は泥底で高く、アマモの生育する粗い砂粒から細かい砂泥の環境では全硫化物の値が低いことから、選定しない。	非選定	全硫化物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・汚濁負荷の流入→富栄養化→貧酸素水塊</li> </ul>

#### (4) 適性指数(SI)の検討

##### 1) 水深

##### a) 適性値に関する文献情報

##### ○干出の観点

- ・寺脇ら<sup>12)</sup>によると、アマモは乾燥に強く、水分含量が23%に低下しても枯死率が10%に過ぎない。
- ・川崎ら<sup>9)</sup>は、太平洋岸の神奈川県小田和湾では、アマモはほとんど干出しない場所に生育しているとしたが、福田ら<sup>13)</sup>によると瀬戸内海では干出する場所にも生育している。
- ・山口県水産試験場の研究結果<sup>14)</sup>によると、干出するアマモ場の底質は、柔泥であり、泥砂質のところではアマモが生育していない。

##### ○波浪、砂面変動の観点

- ・道家ら<sup>15)</sup>によると、京都府宮津湾の湾央部におけるアマモ生育域は平均潮位下2～5mである。
- ・道家ら<sup>16)</sup>は、京都府舞鶴湾においては、水深1mで8～12月に10cmの砂面変動があり、浅所へのアマモの分布域拡大を制限していると推察している。
- ・工藤<sup>17)</sup>によると、神奈川県の小田和湾におけるアマモ生育域は低潮位下0.8～3.2mである。
- ・高山ら<sup>18)</sup>によると、神奈川県江奈湾におけるアマモ生育域はT.P.-0.25m以浅である。
- ・輪島ら<sup>19)</sup>によると、千葉県富津岬におけるアマモ生育域は平均潮位下0m～である。
- ・輪島ら<sup>20)</sup>によると、外洋に面する神奈川県たたら浜におけるアマモ生育域は平均潮位下2.4～6.7mである。
- ・島谷ら<sup>21)</sup>によると、東京湾口の外洋に面する千葉県竹岡海岸におけるアマモ生育域は、水深2mである。

##### ○光量の観点

- ・林田<sup>22)</sup>は、静岡県岩地湾のアマモでは、7～10 mの深所で生育が良いが、これは透明度が極めて高いこと、日照時間と日射量のいずれも高いことが理由と推察している。
- ・赤澤ら<sup>23)</sup>は、一般的にアマモの光合成量と呼吸量が等しくなる光量とされている補償点光量  $30 \mu \text{mol} \cdot \text{photon}/\text{m}^2/\text{s}$  となる水深から、長崎県大村湾におけるアマモの生育限界水深を6.3mとした。

## b) 適性値の検討

干出の観点からは、干出していない場所が適している<sup>9)</sup>ことから、干出しない朔望平均干潮位相当水深が限度と思われる。生育水深は、内湾では浅く、外洋では深くなる傾向があり、波浪、砂面変動の観点から安定的に群落が存在するのは、概ね平均潮位下 2m 以深と判断される。既往報告を踏まえ、ここでは、干出と砂面変動の観点から周年に渡り干出しない最低水深と考えられる水深 1.1m および 7m 以深を適性値 0.0 とし、水深 2m から 4m を適性値 1.0 とした(図-3.1.3.1)。

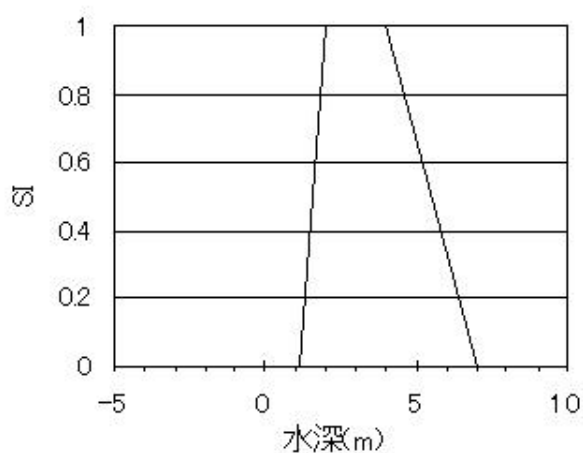


図-3.1.3.1 水深に対する SI 値

アマモモデルに使用した GIS データは平成 12 年 4 月刊行の海図より作成したメッシュデータをベースに作成した。また、浅場的水深については 2004 年発行の海図より水深値をプロットし補間して作成した。

## 2) 水中光量

### a) 適性値に関する文献情報

- 川崎ら<sup>24)</sup>によると、春から夏季に日積算光量  $3.0 \text{ E/m}^2/\text{day}$ 、秋から冬季に  $1.5 \text{ E/m}^2/\text{day}$  以上必要である。
- 川崎ら<sup>9)</sup>によると、 $2.1 \text{ E/m}^2/\text{day}$  以下で枯死するアマモが増える。

### b) 適性値の検討

本研究では、川崎らによる研究結果<sup>9),24)</sup>に基づき、 $2.1 \text{ E/m}^2/\text{day}$  以下を適性値 0.0、 $3.0 \text{ E/m}^2/\text{day}$  以上を適性値 1.0 とした(図-3.1.3.2)。

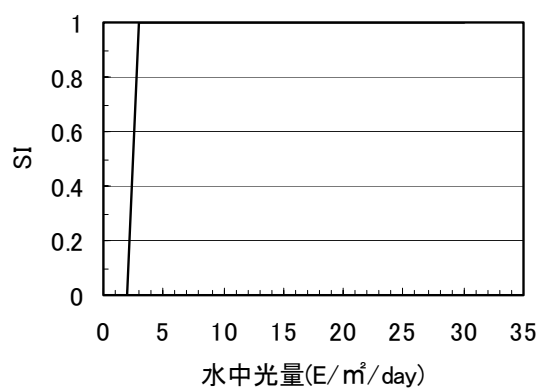


図-3.1.3.2 水中光量に対する SI 値

アマモモデルに使用した GIS データは「港湾環境情報 WWW 公開データ」水質調査状況<sup>25)</sup>を基に作成した。なお、観測値は 2003 年 6 月の透明度の値を使用した。

ここでは、水中光量子量を次のように算出した。

まず、水面の光強度とある水深における光強度について、Hokmes,R.W.<sup>26)</sup>より、

$$I = I_0 \cdot \exp(-k \cdot z) \quad \dots(1)$$

I : 水深 z における光強度、 $I_0$  : 水面直下における光強度

k : 消散係数  $k=1.44/T$ 、T : 透明度、z : 水深

という関係式が得られている。

Bassham の研究<sup>27)</sup>、および古川らの横須賀市荒崎における実測<sup>28)</sup>より、

全短波放射に占める PAR の割合 : 42%

※PAR(Photosynthetically Active Radiation) : 光合成有効光量子量

海面の反射による光エネルギーのロスについては、

石川ら<sup>29)</sup>の研究成果から、水面直下/水面上の光エネルギーの割合 : 79%

であることから、光合成に有効な波長の光の水面直下における光強度  $I_0$  は

$I_0 = \text{理科年表による全天日射量 (月別平均値 単位 : MJ/m}^2) \times 0.42 \times 0.79$   
となり、算出した  $I_0$  および水深、透明度の値を式(1)に代入して I を求めた。

次に、ここで得られた I の単位は  $\text{MJ/m}^2$  であるため、Clough らによる研究結果<sup>30)</sup>を用いて、次のように単位換算することにより水中光量子量を算出した。

Clough らによる研究結果から、光合成に有効な波長帯の光のエネルギーについては、

$$1 \mu \text{ E/ m}^2 \text{ /sec} = 0.22 \text{ W / m}^2$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/sec} \text{ であるから、} 1 \mu \text{ E/ m}^2 \text{ /sec} = 0.22 \text{ J / m}^2 \text{ / sec}$$

$$\text{よって、} 1 \text{ E/m}^2 \text{ /day} = 0.22 \text{ MJ / m}^2 \text{ /day}$$

### 3) 塩分

#### a) 適性値に関する文献情報

- 川崎ら<sup>9)</sup>によると、発芽率は塩分 17～34‰で良好で、成長は 11‰以下で抑制される。
- Phillips<sup>31)</sup>によると、海草類は塩分濃度 40‰以上は生育に不適である

#### b) 適性値の検討

文献情報に基づき、ここでは、成長が抑制される 11‰以下、及び生育に不適とされる 40‰以上を適性値 0.0 とし、発芽率が良好であるとされる 17～34‰を適性値 1.0 とした(図-3.1.3.3)。

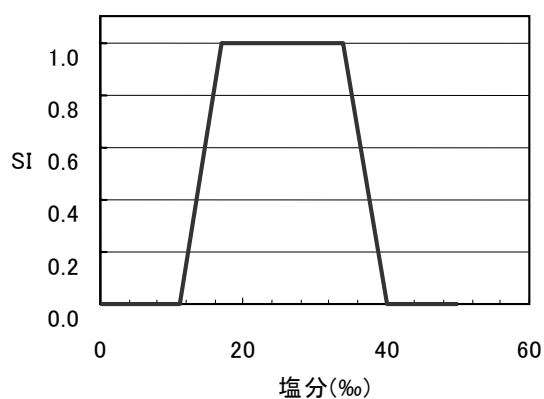


図-3.1.3.3 塩分に対する SI 値

アマモモデルに使用した GIS データは「港湾環境情報 WWW 公開データ」<sup>30)</sup>の水温塩分観測データを基に作成した。なお、観測値は海域の塩分が低くなる夏季(2003年7月)の値を使用した。



#### 4) 泥分率(シルト・粘土分率)

##### a) 適性値に関する文献情報

- ・ 日本水産資源保護協会<sup>32)</sup>によると、泥分率 30%以下、砂泥分 80~100%が生息に適している。

##### b) 適性値の検討

日本水産資源保護協会の研究成果に基づき、ここでは、泥分率 30%以下を適性値 1.0、30%以上を適性値 0.0、砂泥分が 80%以下を適性値 0.0、80%以上を適性値 1.0 としたが、東京湾沿岸では、ほぼ全域で砂泥分率が 90%以上であることから、本モデルでは泥分率を採用して検討するものとし、環境因子として差異を示しにくい砂泥分率については扱わないこととする(図-3.1.3.4)。

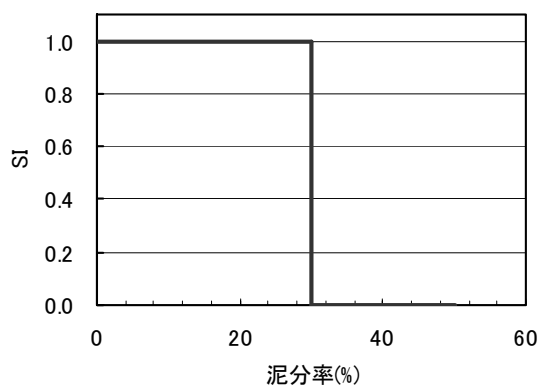


図-3.1.3.4 泥分率に対する SI 値

アマモモデルに使用した GIS データは東京湾環境情報センターが HP 上の東京湾環境データベースで公開している関東地方整備局港湾空港部底質データ<sup>30)</sup>を基に作成した。なお、観測値は最新の 1995 年 2 月の値を使用した。

(5) 環境現況データの作成

図-3.1.3.5～12 に、各環境因子の分布と SI の値を示す。

1) 水深

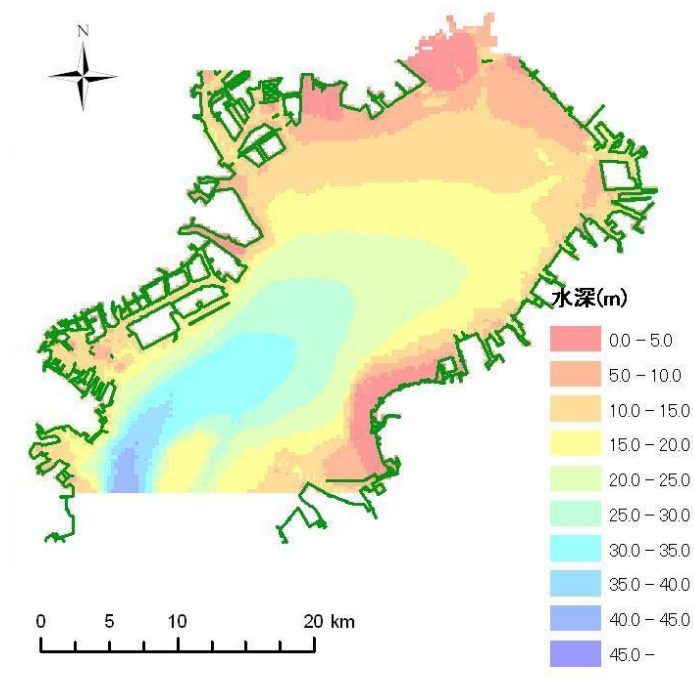


図-3.1.3.5 水深分布

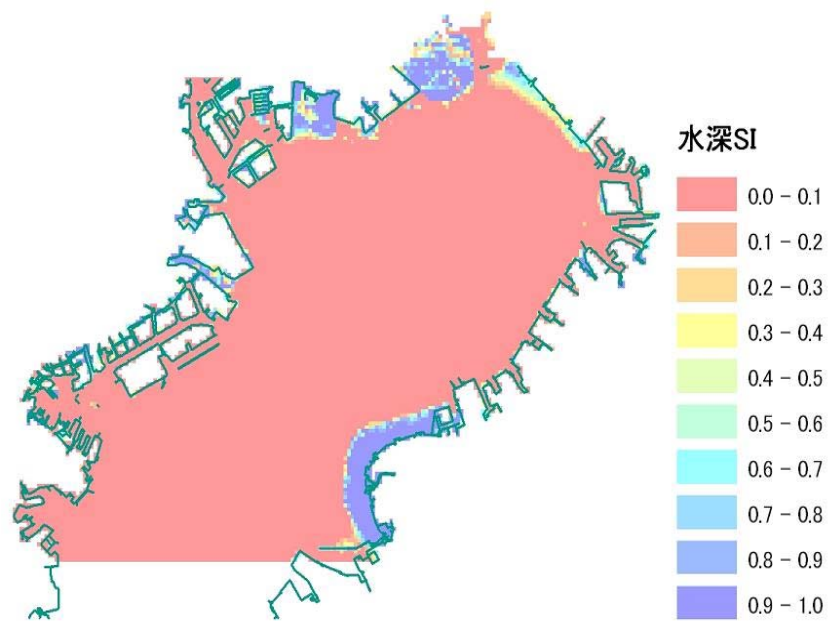


図-3.1.3.6 水深に対する SI

2) 水中光量

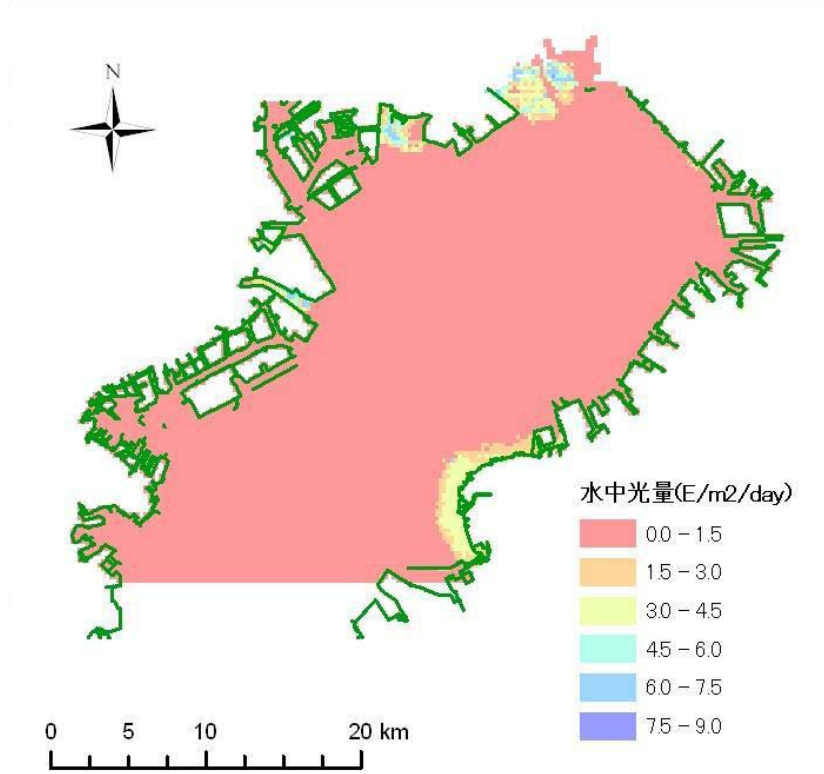


図-3.1.3.7 水中光量分布

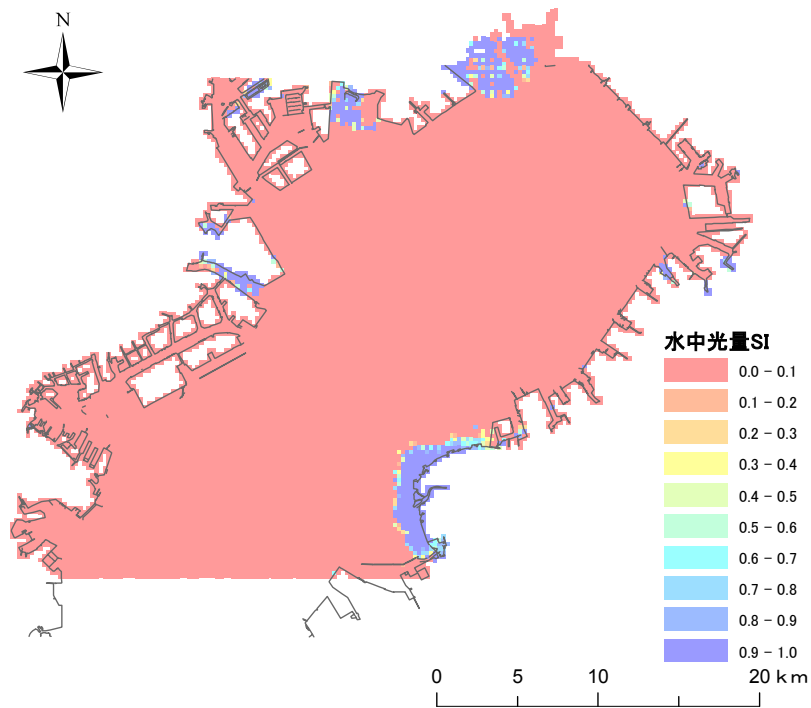


図-3.1.3.8 水中光量に対する SI 値

### 3) 塩分

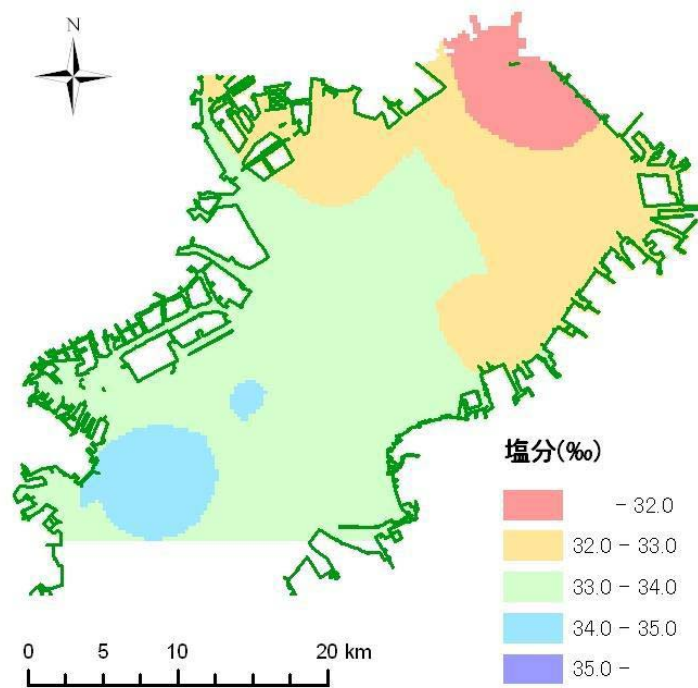


図-3.1.3.9 塩分分布

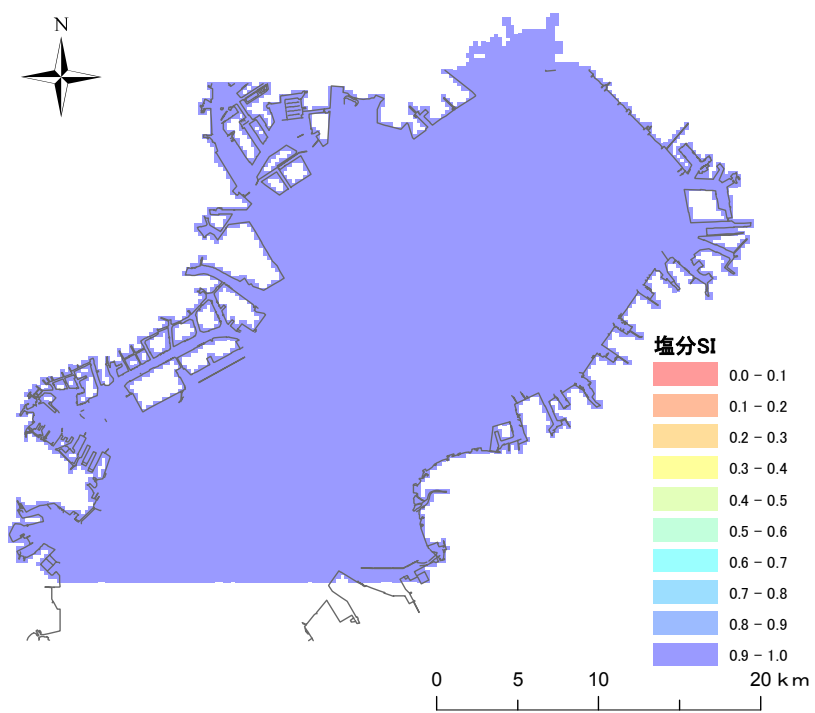


図-3.1.3.10 塩分に対する SI 値

4) 泥分率(シルト・粘土分率)

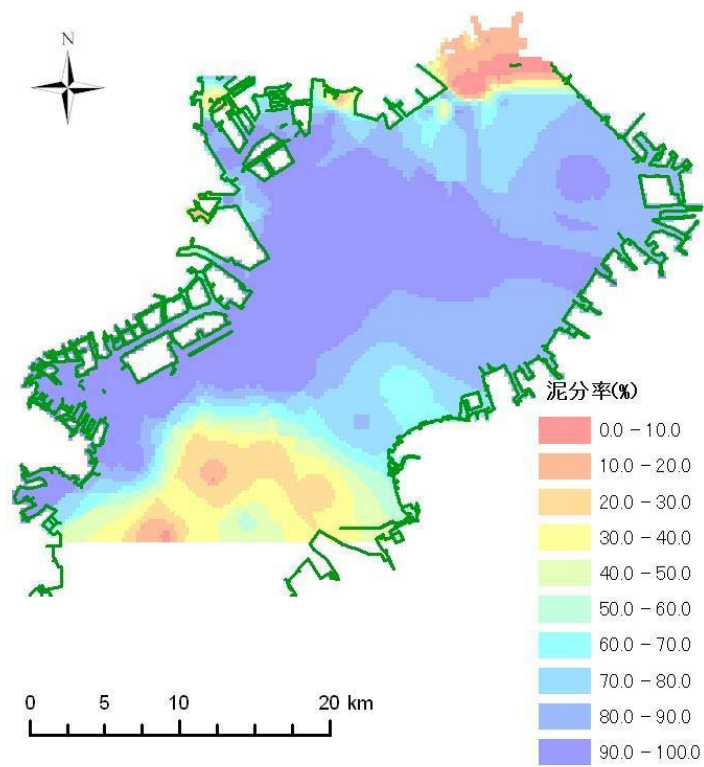


図-3.1.3.11 泥分率(シルト・粘土分率)分布

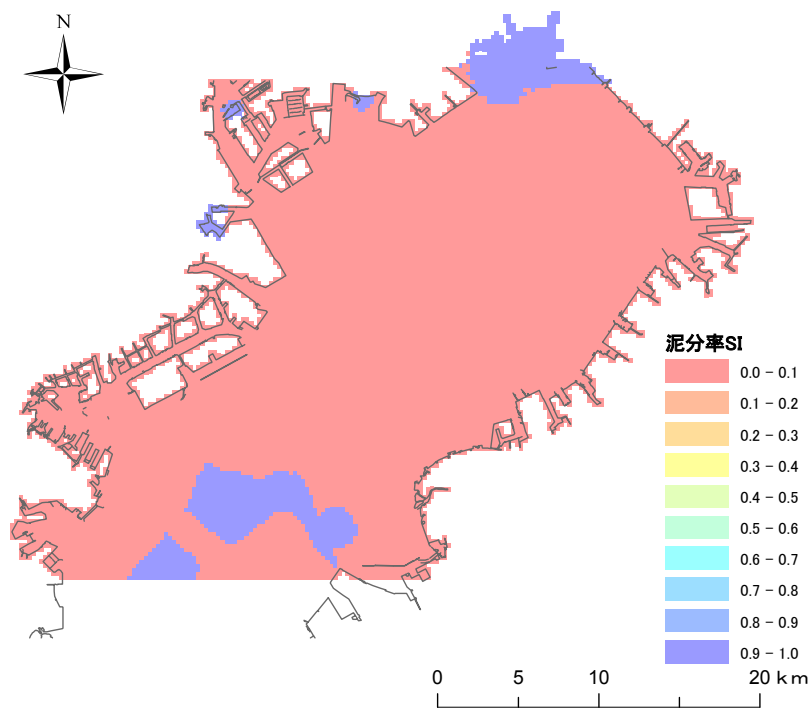


図-3.1.3.12 泥分率(シルト・粘土分率)に対する SI 値

#### (6) ハビタット適性指数(HSI)の検討および考察

ここではアマモの生育に対する各因子の影響が同等と仮定し、SIの積をHSIとした。上記の検討結果により、東京湾におけるアマモのHSIモデルとして次の式を提案する。

$$\text{HSI} = \text{SI}_{\text{水深}} \times \text{SI}_{\text{水中光量}} \times \text{SI}_{\text{塩分}} \times \text{SI}_{\text{泥分率}}$$

アマモの現況分布図を図-3.1.3.13に、本モデルによるHSI分布状況を図-3.1.3.14に示す。これらを比較すると、三番瀬等の東京湾奥の浅場における再現性は概ね良いと考えられる。ただし、良好なアマモ場として知られている盤州干潟については、HSIは低いままであり、十分な再現性を確保できていないと考えられる。

これは、底質の現存データの密度が粗いため、特に良好な環境である浅場の底質を十分に再現出来ていないために生じる現象であると推察される。

今後、再現性を更に向上させることを考えた場合には、水深データと同様、浅海部において観測密度の濃い底質データを用い、環境現況の再現性の向上を図る必要があるものと推察される。

特に浅場は東京湾内においてスポット的に好適な環境を呈していると考えられることから、湾内をマクロの視点で捉えたデータでは再現性に疑問がある場合がある。よって、干潟環境に着目して調査した際のデータなどにより、底質データの補完を行うことが望ましい。

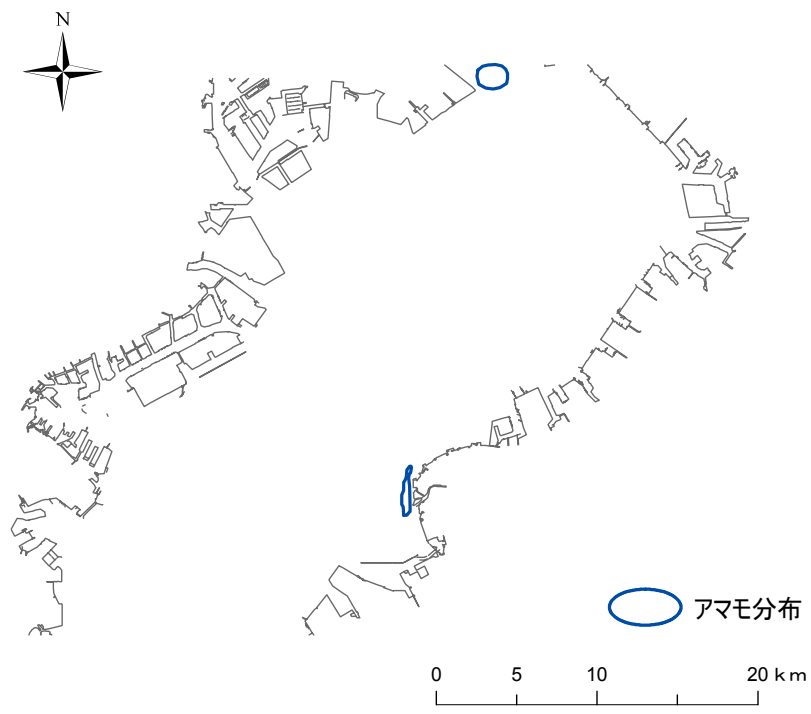


図-3.1.3.13 アマモ分布

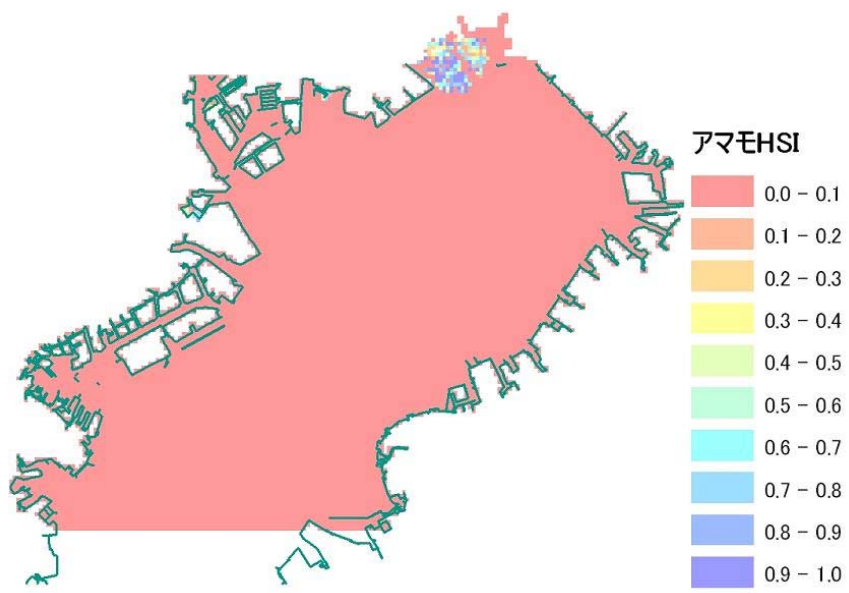


図-3.1.3.14 アマモの HSI 値