

3. 2. 3 ヨシ群落

(1) 選定の根拠

近年、水辺の植生を有する自然湖岸は急速に減少している。霞ヶ浦においても過去数十年の間に湖岸植生は減少しており、ヨシ群落などからなる抽水植物帯は1972年には400ha以上あったものが1997年には約180haに減少し、残っている抽水植物帯も分断化が進んでいる⁶⁵⁾。また、ヨシ群落等が生育する浅水帯は魚類の産卵場や稚魚の生息場となるほか、陸域部ではオオヨシキリなどの繁殖場となることが知られている。

このような背景をふまえた場合、ヨシ群落は霞ヶ浦における水辺移行帯環境を反映する生物と考えられるため、指標生物のひとつとして選定した。

(2) 一般的生態情報の整理⁶⁶⁾

1) 分布

世界の亜寒帯・温帯・暖帯に広く分布し、日本では北海道から沖縄まで分布する。

2) 形態

全国各地の湖沼や河岸および水湿地に大群生する代表的な抽水性大型多年草である。地下茎は棹状円柱形(直径5-20mm)で多数の節がある。地中深く(1m位)を横に這う水平部と、節から上方に伸びて何本かの棹を直立する垂直部からなる。地上部(棹)は堅く、直立して高さ1-3mになり、中空の円柱形で表面は無毛で滑らかである。葉はやや革質で表面は平滑、長さ20-50cm、幅2-4cm位で、茎にはほぼ水平につく。葉先はしだいに細くなり、先端は下垂する。棹頂に長さ20-40cmの紫褐色または黄褐色の大型の円錐花序をつける。

3) 生態

ヨシの花期や種子、地上部が出現する時期は表-3.2.3.1に示すとおりである。

表-3.2.3.1 ヨシの生活環

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
花期								■	■	■	■	
種子	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
地上部				■	■	■	■	■	■	■	■	■

4) 繁殖

繁殖は種子と地下茎で行うが地下茎が主体となる。花期は 8-10 月で、結実して穎果を作る。

5) 生育場所

河川では主に中下流から河口域にかけての水際付近に成育し、水深 1m 位まで耐えることができる。低地の湿地にも多く、一般に水分を多く含んだ砂泥質の窒素分の多い富栄養地に生育するが、発達した地下茎が地中 1m 位まで深く匍匐し、嫌気化した土壌まで侵入する。水生植物の中では非常に競争力が強く、生育地の水深や土壌条件により、他の水生植物と共存して種々の植物群落を形成する(図-3.2.3.1)。

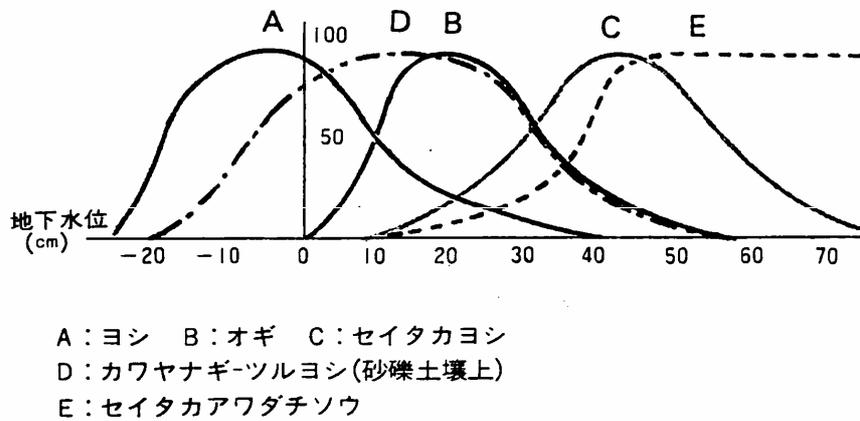


図-3.2.3.1 地下水位と植物生育量の関係(淀川)⁶⁶⁾

(3) 環境要因の選定

ヨシ群落の生態、既往知見を踏まえ、環境要因を整理するとともに、注目すべき環境因子を抽出した(表-3.2.3.2)。

本種については、湖岸を一本の線とみなして整備したポリラインデータを距離標で区切り、評価スケールとした。

また、離岸堤による消波効果を検討するため、離岸堤データを GIS 化して湖岸ポリラインデータに加え、生息場評価に離岸堤の効果を加味できるようにした。(図-3.2.3.2)

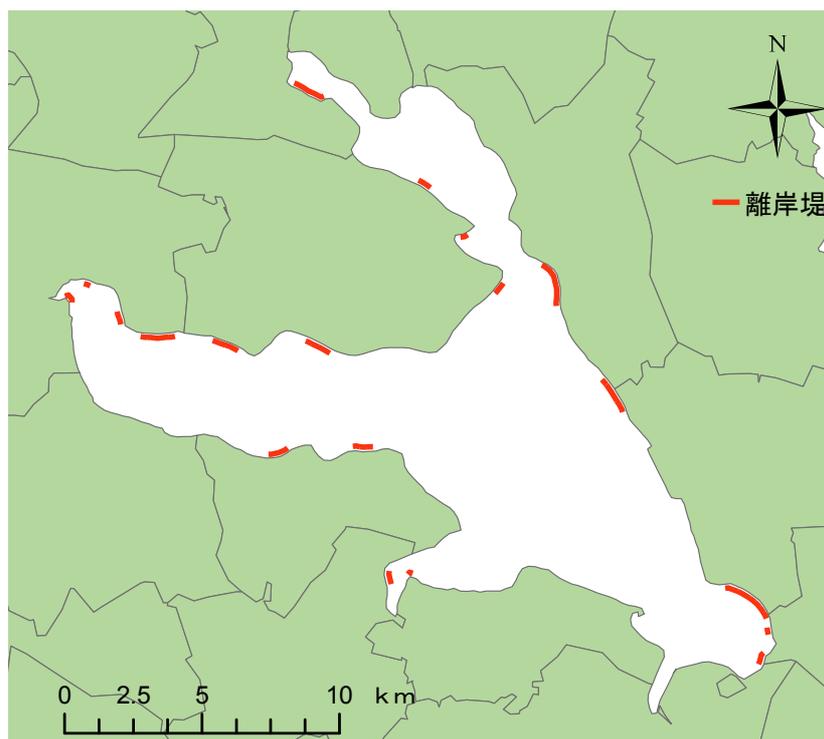


図-3.2.3.2 霞ヶ浦離岸堤位置データ

表-3.2.3.2 霞ヶ浦のヨシ群落について検討した環境因子一覧

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
水深	水深が大きすぎる場所、また水際から離れ標高が高くなる地点にはヨシは生育できない ^{65), 66)} 。浚渫や護岸工事などの人工的な改変が進む霞ヶ浦では、ヨシ群落の生育状況に影響を与えている可能性があるが、本モデルでは湖岸勾配で代表させているため選定しない。	非選定	水深	・浚渫や護岸工事などによる浅場の減少
湖岸勾配	勾配が大きいと、浅場面積が小さくなるほか波浪の影響が大きくなり、ヨシの生育には不適となることが知られている ^{67)~70)} 。人工的な改変が進む霞ヶ浦では、湖底の傾斜角が人工的に改変される等、ヨシ群落の生育状況に影響を与えている可能性があるため、選定する。	選定	湖岸勾配	・浚渫や護岸工事などによる遠浅な水辺環境の減少
底質	細砂(直径約 0.2mm)以下の細かい粒子を多量に含む場所がヨシの生育には好適である ^{71)~74)} 。波浪の増大による底質の巻き上げ等により細粒分が消失することが想定され、ヨシ群落の生育状況に影響を与えている可能性があるため、選定する。	選定	代表粒径	・堆積、侵食作用による生育基盤となる底質の変化
波浪	上述したように、波浪の影響が大きいと、土壌の流出につながり、ヨシの生育には不適となる ^{71),74),75)} 。改変や水質汚濁が進行する以前は、浮葉・沈水植物群落による波浪の減衰効果や、湖底の傾斜角が緩いことによる減衰効果があったものと考えられる。しかし、水質汚濁の進行による沈水植物群落の消失や湖底などの人工的な改変が行なわれたため、ヨシ群落の生育状況に影響を与えている可能性があるため、選定する。	選定	春季最大有義波高	・沈水植物などの減少に伴う波浪の影響の増大
流水	流水の影響が大きいと、土壌の流出につながり、ヨシの生育には不適となる。本モデルでは、底質土壌の流出に対しては、底質の代表粒径及び波浪により代表させており、これらにより底質の安定性については検討出来ていると考えられる。また霞ヶ浦流入河川の場合は流速が十分に小さく、従って掃流力は十分に小さいと考えられるため、選定しない。	非選定	河川流入点からの距離	・フラッシュによる土壌の流出

(4) 適性指数(SI)の検討

1) 湖岸勾配

a) 適性値に関する文献情報

- ・ 桜井ら⁷⁶⁾によると、琵琶湖のヨシ帯はなだらかな湖岸に発達し、急深の西部や岩礁地帯の北部には少ない
- ・ 藤原らは、霞ヶ浦における 1997 年の抽水植物帯幅と湖岸勾配との間に有意な相関(Pearson)があるとした(未発表)。

b) 観測データによる適性値の推定

ここでは、藤原らの研究⁷⁷⁾に基づき、湖岸勾配およびヨシ群落幅を以下のように定義した。

湖岸勾配：A 点（堤防端：整備計画上 YP 1.5m と決められている）から C 点（水深 1.0m 地点（YP0.0m））までの水平距離を「底辺」とし、A 点から鉛直下方向に B 点までのばした垂線を「垂辺」とする直角三角形の正接 β とした(図-3.2.3.3)。なお、A 点（堤防端）から C 点（水深 1.0m 地点）までの水平距離は、国土交通省霞ヶ浦河川事務所作成の 1/5,000 平面図(平成 6 年(1994 年)修正版)から求めた。これは、下図において $\alpha \approx \beta$ と近似したことによる。

ヨシ群落幅：各距離標位置における群落幅とした(図-3.2.3.4)。

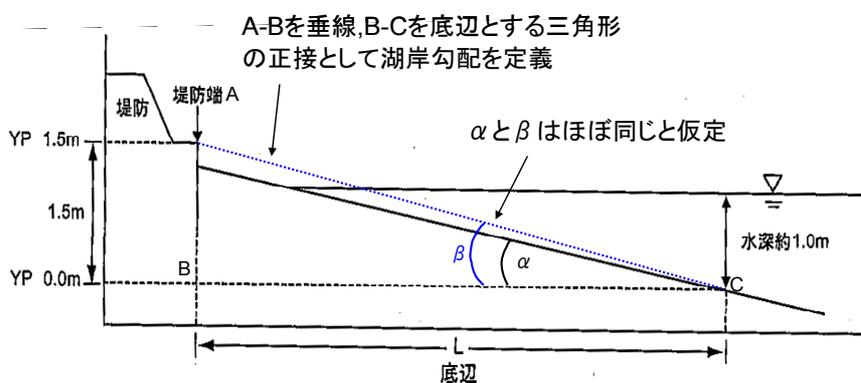


図-3.2.3.3 湖岸勾配の定義

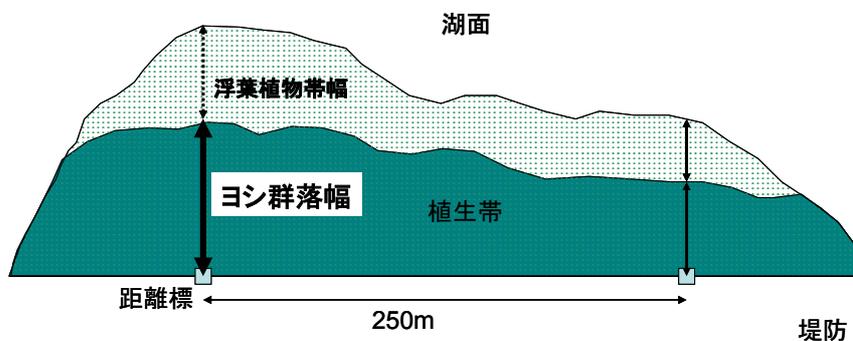


図-3.2.3.4 植生帯幅の定義

以上による、ヨシ群落幅と湖岸勾配との関連性を図-3.2.3.5 に示す。ここで、各距離標におけるヨシ群落幅のうち最大のものを 1.0 とした群落幅比を縦軸とした。ただし、他の地点と比較してかけ離れて群落幅が大きな 2 地点の値を取り除いて群落幅比を算出した。なお、以後の群落幅比についてもこの処理を行って算出したヨシ群落幅比を用いた。

観測データでは、湖岸勾配 0.01 付近でヨシ群落幅が大きい場所があるが、そこから 0.03 付近までの間にやや減少し、さらに 0.15 付近までの間に漸減する傾向を示す。

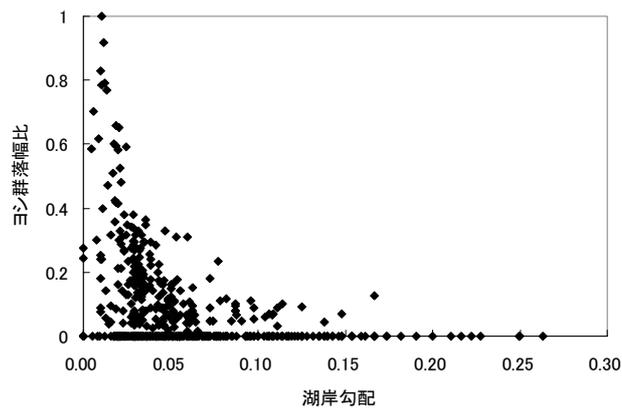


図-3.2.3.5 霞ヶ浦における湖岸勾配とヨシ群落幅比との関係

c) 適性値の検討

文献情報からは定量的な記述が得られなかったが、なだらかな湖岸に発達し勾配が急な場所には少ないこと、抽水植物帯の幅と湖岸勾配の間に有意な相関が確認されていることを基に、観測データから抽出することとした。検討の結果、ヨシ群落幅が大きい傾向を示した湖岸勾配 0.00~0.01 の間を適性値 1.0 とし、半減する値である 0.03 では適性値 0.5、また最高値付近の 0.15 以上を適性値 0.0 とした(図-3.2.3.6)。

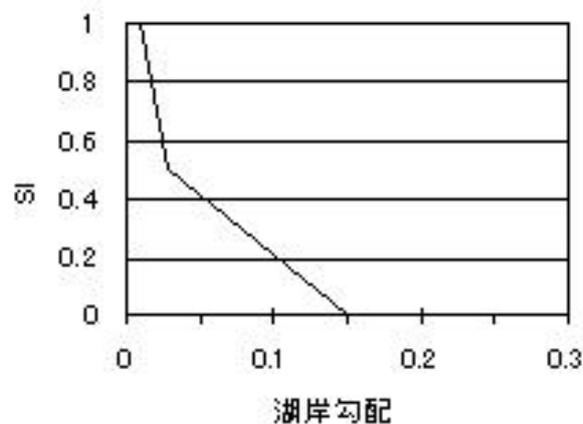


図-3.2.3.6 ヨシ群落の湖岸勾配に対する適性値

3) 代表粒径

a) 適性値に関する文献情報

- ・桜井ら⁷⁶⁾は、実験結果から、ヨシの生育は、根付け当年の結果でみる限り活着率も成長も生育地の土の粒子が細かいほど勝っており、礫質の土地では著しく劣るとし、ヨシを植栽する場合には、細砂(直径約 0.2mm)以下の細かい粒子を多量に含む土壌が 50~60cm 以上の厚さに存在する立地をまず造成することが必要と考えられるとした。

b) 観測データによる適性値の算出

- ・代表粒径については、霞ヶ浦(西浦)における 1998 年の底質データを用いて距離標 1km ピッチごとに読み取った。
- ・ヨシ群落については、湖岸勾配の項と同様、距離標ごとに群落幅を整理した(図-3.2.3.4)。

以上による、ヨシ群落幅と代表粒径との関連性を図-3.2.3.7 に示す。ここで、各距離標におけるヨシ群落幅のうち、かけ離れて大きな値を持つ 2 点を除いて最大のものを 1.0 とした群落幅比を縦軸とした。観測データでは、代表粒径 0.0mm 付近でヨシ群落幅が比較的大きく、そこから 1.0mm までの間にほぼ半減し、さらに 9.0mm までの間に漸減する傾向を示す。

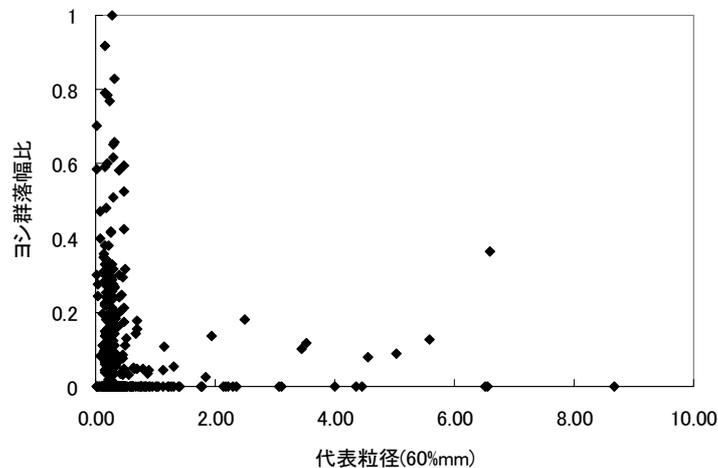


図-3.2.3.7 霞ヶ浦における底質代表粒径とヨシ群落比との関係

c) 適性値の検討

文献情報から、細砂(0.2mm)以下の細かい粒子において良好な活着率を示すとされている。また観測データから読み取ったヨシ群落幅と代表粒径との関連性からも、細砂(0.2mm)付近においてヨシ群落幅が大きいことがみてとれる。よって、本モデルでは代表粒径 0.0~0.2mm までを適性値 1.0 とした。一方、0.2mm 以上の粒径については、文献情報が存在しなかったため、観測データから SI モデルの構築を試みた。ヨシ群落幅と代表粒径との関連をみると、1.0mm までの間でほぼ半減することから、1.0mm を適性値 0.5、それ以上については 2mm を適性値 0.2、5.0mm を適性値 0.1 とし、最高値に近い 9.0mm において適性値 0.0 とした(図-3.2.3.8)。

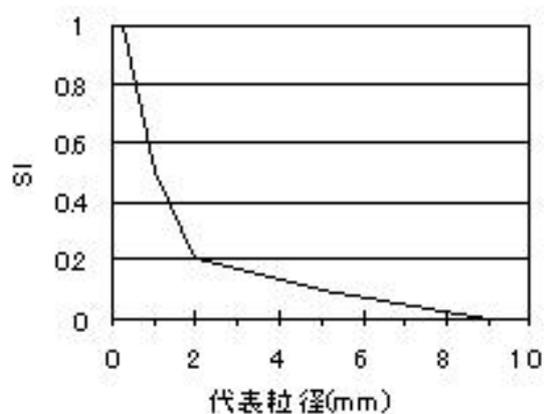


図-3.2.3.8 ヨシ群落の代表粒径に対する適性値

4) 波高

a) 適性値に関する文献情報

- ・藤原ら⁷⁷⁾は、目的変数を1997年の抽水植物帯幅とし、説明変数を波高としてステップワイズ重回帰分析を行なった結果、標準偏向回帰係数は統計的に有意であるとした。

b) 観測データによる適性値の算出

- ・波高については、藤原ほかによる霞ヶ浦の詳細調査結果(未発表)を用いた。藤原ほか(未発表)では各季節の平均値や最大値、年間平均値なども算出されているが、1997年抽水植物帯幅に対する単相関が最も高かったのは春季最大値であったため、距離標ごとの春季最大有義波高(m)を用いた。
- ・ヨシ群落については、距離標ごとに整理した(図-3.2.3.4)。

以上によるヨシ群落と波高との関連性を図-3.2.3.9に示す。ここで、各距離標におけるヨシ群落幅のうち、かけ離れて大きな値を持つ2点を除いて最大のものを1.0とした群落幅比を縦軸とした。春季最大波高0.3mから0.8m付近まではヨシ群落幅比が比較的大きく、それ以上の波高では群落幅比は低い値となった。

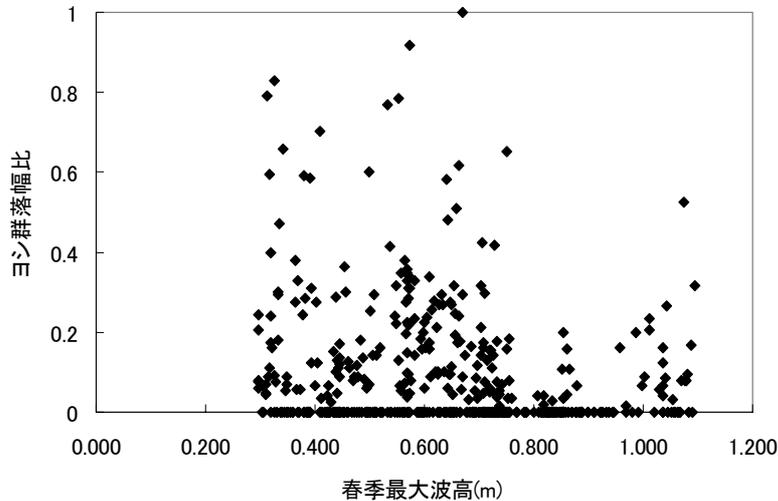


図-3.2.3.9 霞ヶ浦における波高とヨシ群落幅比との関係

c) 適性値の検討

文献情報からは、定量的な値は得られなかったものの、抽水植物帯幅と波高には有意な関係があると言える。よって観測データを用いてSIモデルを構築する方針とした。なお、観測データでは波高0.3m以下におけるデータがないが、一般的に波高が小さい方がヨシの生育には適していると考えられることから、ここでは春季最大波高0.0～0.3mまでを適性値1.0とし、0.8mを適性値0.8、1.2mを適性値0.0とした(図-3.2.3.10)。

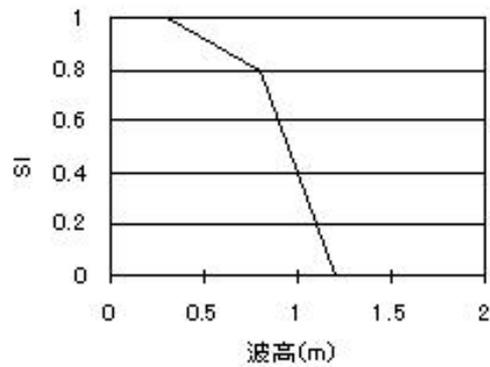


図-3.2.3.10 ヨシ群落の波高に対する適性値

(5) 入力データの作成

1) 湖岸勾配

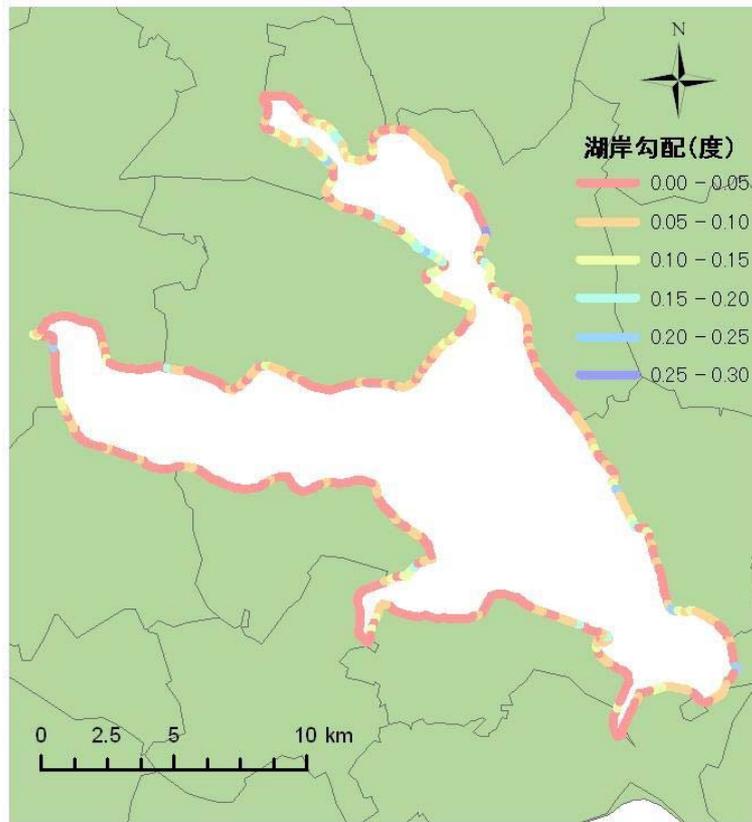


図-3.2.3.11 湖岸勾配

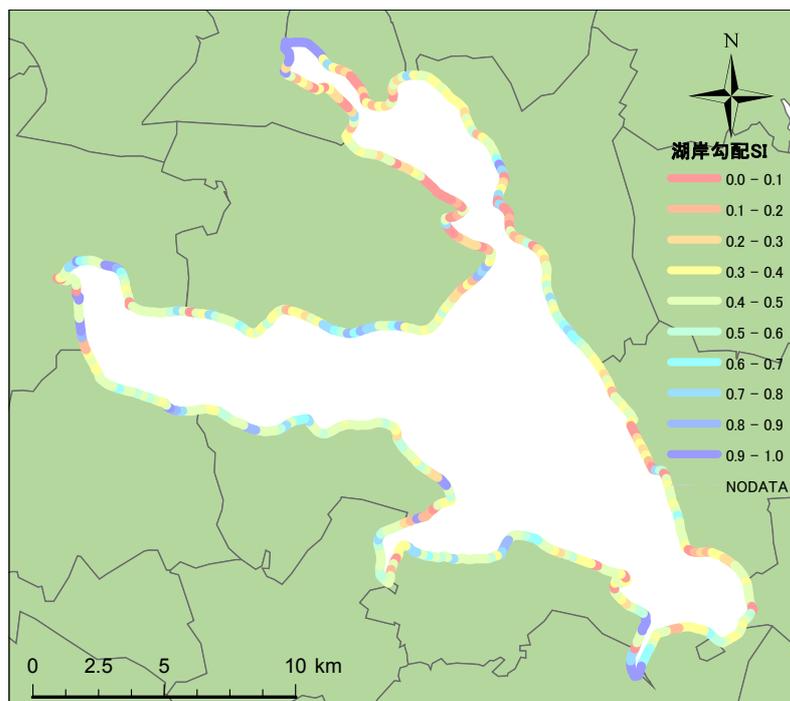


図-3.2.3.12 湖岸勾配に対する SI 値

3) 代表粒径

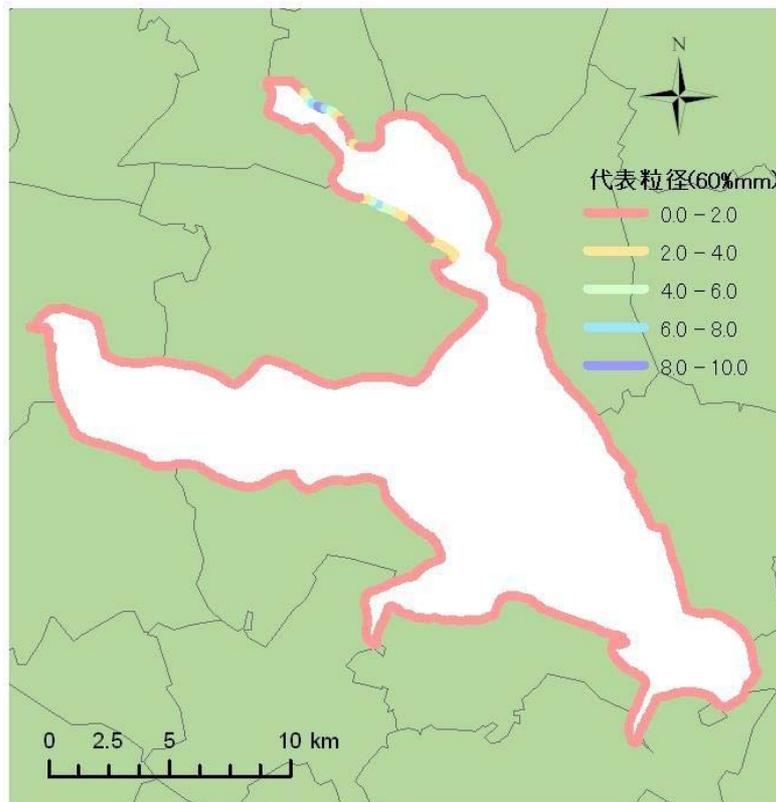


図-3.2.3.13 代表粒径分布

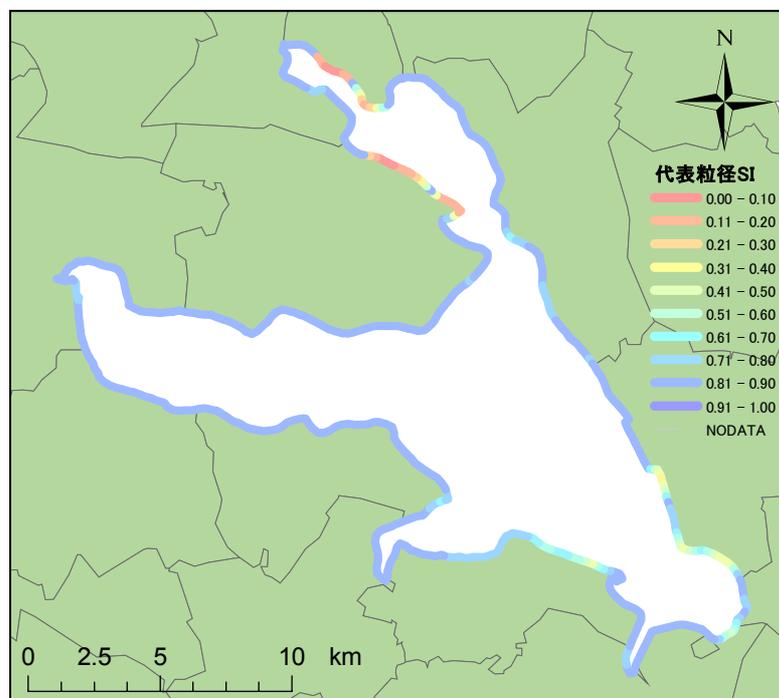


図-3.2.3.14 代表粒径に対する SI 値

4) 波高

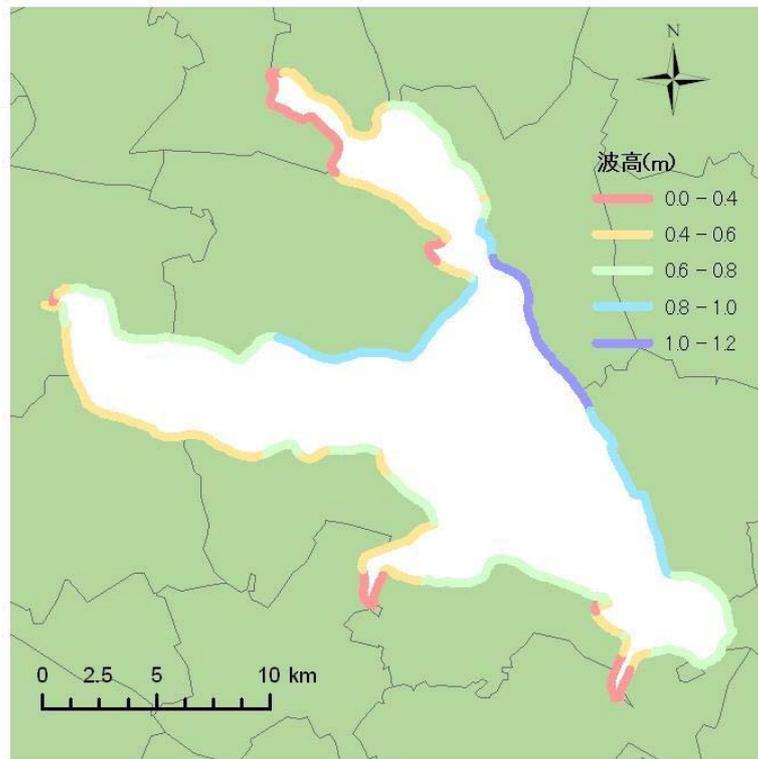


図-3.2.3.15 波高分布

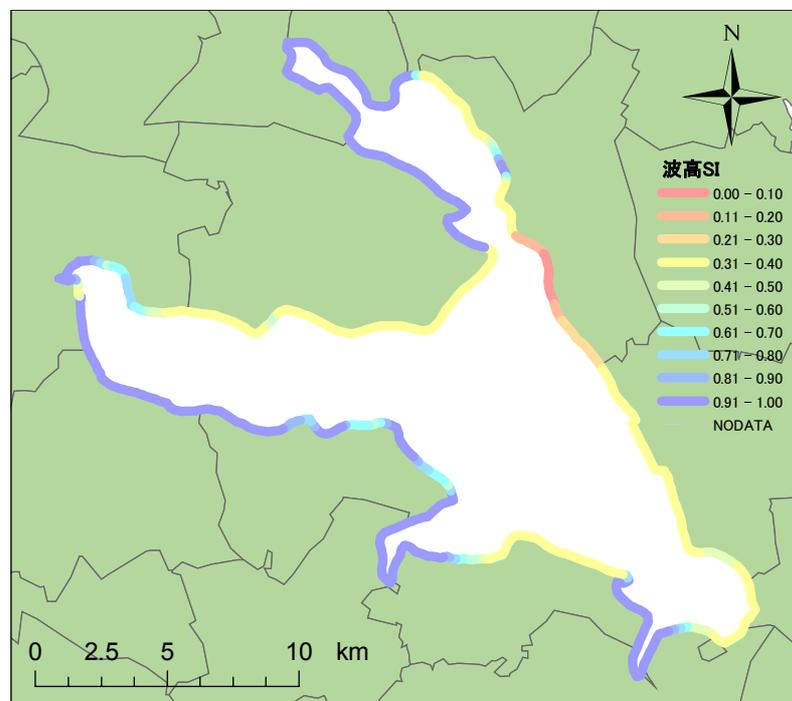


図-3.2.3.16 波高に対する SI 値

(6) ハビタット適性指数(HSI)の検討および考察

HSI モデルの結合方法として一般的に用いられている下記 4 手法により、すべての SI を用いた場合の HSI 値算出を試行した。

その結果、本データについては積による算出値がもっとも説明率が高く、ついで最小値による結果がよいことが推察された(図-3.2.3.17)。

積 : $HSI = SI_{\text{湖岸勾配}} \times SI_{\text{代表粒径}} \times SI_{\text{波高}}$

最小値 : $HSI = \min(SI_{\text{湖岸勾配}} \text{ or } SI_{\text{代表粒径}} \text{ or } SI_{\text{波高}})$

幾何平均: $HSI = (SI_{\text{湖岸勾配}} \times SI_{\text{代表粒径}} \times SI_{\text{波高}})^{1/3}$

算術平均: $HSI = (SI_{\text{湖岸勾配}} + SI_{\text{代表粒径}} + SI_{\text{波高}}) / 3$

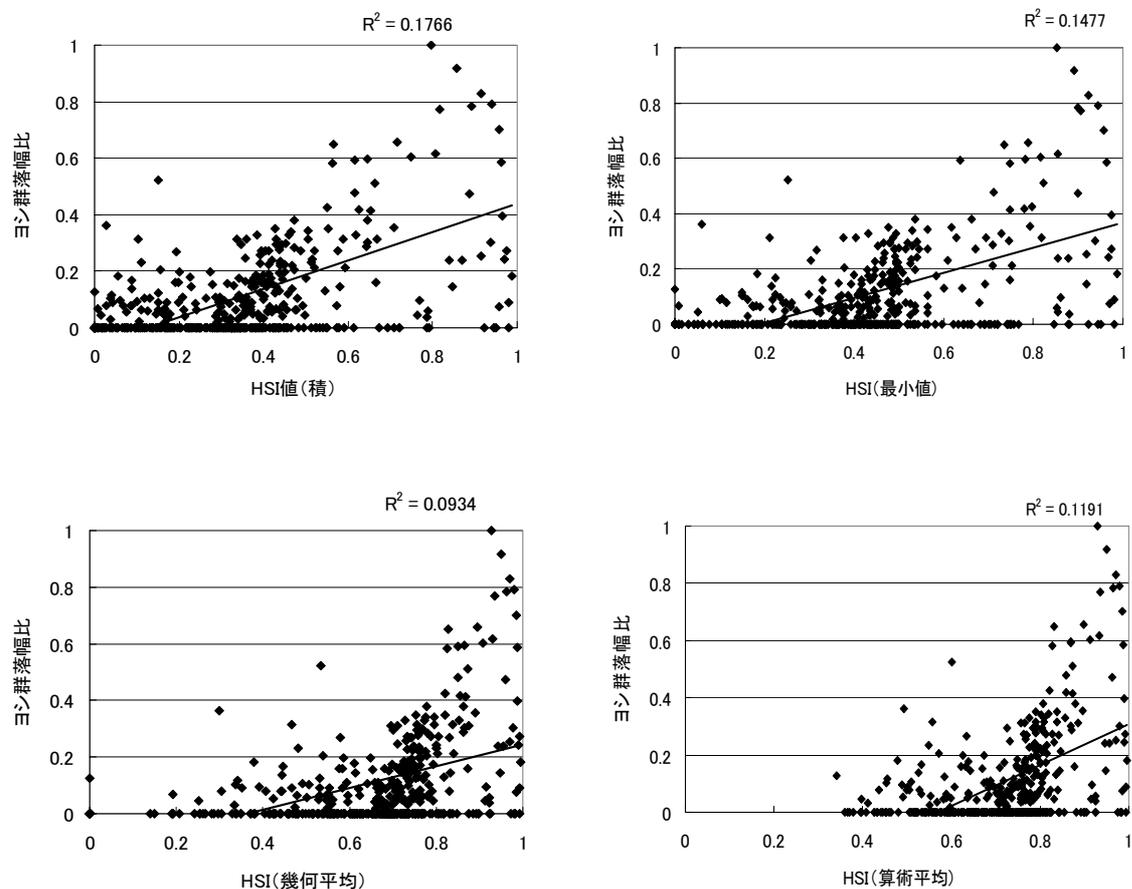


図-3.2.3.17 SI 結合方法の検討結果

上記の検討結果により、霞ヶ浦におけるヨシ群落の HSI モデルとして次の式を提案する。

$$HSI = SI_{\text{湖岸勾配}} \times SI_{\text{代表粒径}} \times SI_{\text{波高}}$$

ヨシ群落については、位置情報をともなった観測データや、生息状況との関係を検討できるだけの物理環境データが比較的多かったにもかかわらず、本モデルによる結果とヨシ群落幅との相関係数は 0.18 と低い。また、HSI 分布状況と現況分布データ(ここではヨシ群落幅を現況データとして考察する)との比較でも、湖西側と湖東側ではある程度の再現性が得られているものの、かすみがうら市付近では再現性が低い結果となっている(図-3.2.3.18, 3.2.3.19)。

今後、更にモデルの再現性の向上を目指すためには、底質調査を実施して代表粒径を実測する等によりラインごとのより詳細な環境データを充実させる、今回湖岸勾配で代表させた水深について、実測値を用いて環境因子に加える等の策が考えられる。

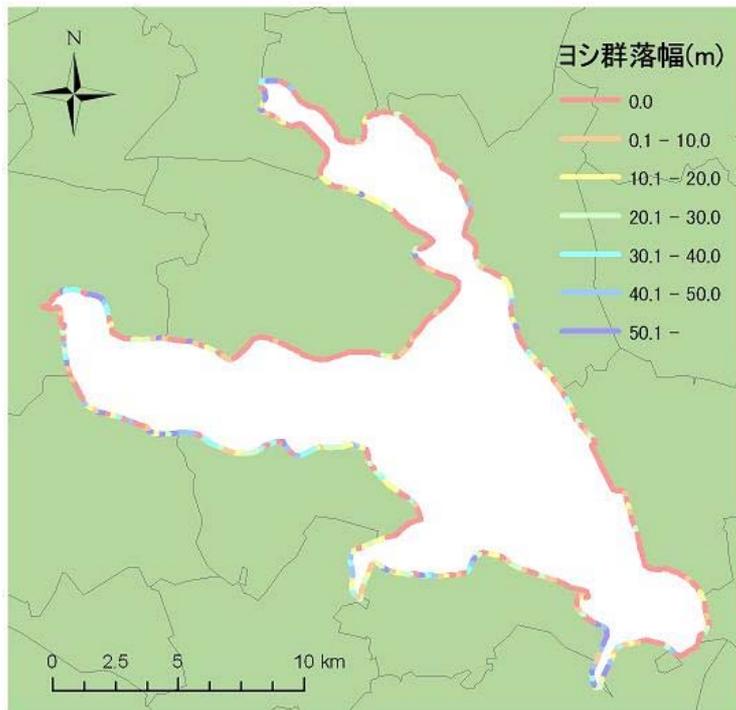


図-3.2.3.18 ヨシ群落幅

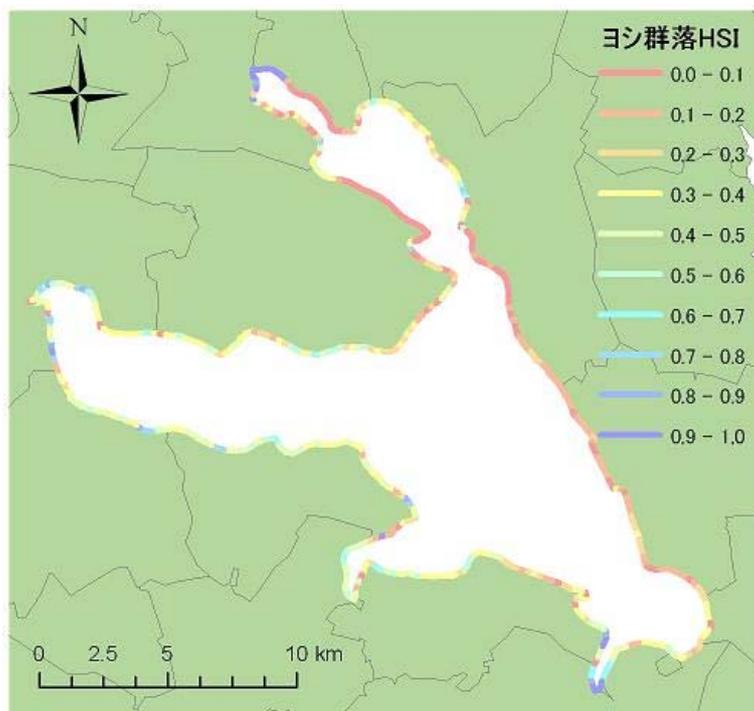


図-3.2.3.19 ヨシ群落の HSI 値