

バイオマス利用を想定した藻場の形成要因の把握

日大生産工 (PD) ○中澤公伯

1. はじめに

本研究は、藻類のバイオマス利用を想定した藻場造成を念頭に、藻場の形成要因を把握することを目的としたものである。

本研究は、広域空間情報と GIS 技術を用いることによって、海洋研究分野において限定されがちだった分析対象範囲を複数の県域にまたがるレベルまで拡大し、藻場の分布を制限している要因の適切な抽出を試みるものである。都市計画分野における樹木と緑地の関係と同様に、藻類の「生息」から藻場の「立地」へと、空間解析的なアプローチからも議論を展開することができ、より定量的な評価及び適地選定が可能となる。

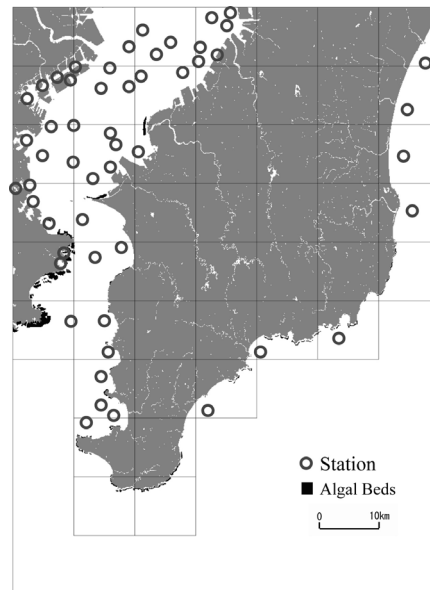


Fig.1 Target area

2. 藻場形成要因

中嶋 (2005) は、海藻類の生育制限因子として、物理的因子 (光, 生育基盤, 温度等), 化学的因子 (塩分, 酸素, 栄養塩類, CO_2 , COD 等), 動力学的因子 (波浪, 潮汐, 風等), 生物的因子 (藻食動物, 微生物, 競合生物等) を上げ, この内光量を最も重要な生育制限因子であるとした。また, これらの因子は藻場の動態に対して独立に作用しているわけではなく, 二つ以上の因子が同時に作用していると考えられる。これをふまえ本稿においては, 広域空間情報として入手でき, GIS によって重層的な空間解析ができることを条件として, 物理的因子及び化学的因子に当たる水深及び水質に着目して議論を展開する。

3. 使用した空間情報について

3.1 藻場データ

1994 年に全国調査された「環境省(1994): 第 4 回自然環境保全基礎調査, 海域生物環境調査報告

書, 第 2 巻, 藻場」を 100m メッシュデータにデジタル化した。藻場のカテゴリーは, 藻場 A: アマモ場, 藻場 B: ガラモ場, 藻場 C: コンブ場, 藻場 D: アラメ場, 藻場 E: ワカメ場, 藻場 F: テングサ場, G 藻場: アオサ・アオノリ場, 藻場 H: その他海草の 8 分類である。

3.2 水深

日本海洋データセンター作成の 500m メッシュ水深データを南北 1,000 メッシュ, 東西 700 メッシュになるよう補正し, 100m メッシュを生成して使用した。

3.3 水質 (透明度, 水温, DO, COD, 全窒素, 全リン)

千葉県, 神奈川県による公共用水域水質調査結果 55 測定点分を用いた。藻場データの調査年度に最も近く, 調査項目が整っている 1995 年度のデータを使用した。調査項目は, 透明度, 水温, COD, DO, 全窒素, 全リンの 6 項目とした。本

Table 1 Spatial Analysis

	Depth [m]			Transparency [m]			Temperature (Surface) [°C]			DO(Surface) [mg/L]			COD(Surface) [mg/L]			T-N(Surface) [mg/L]			T-P(Surface) [mg/L]		
	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min
A Eelgrass Beds	1.94	25.13	0.00	3.7	5.5	2.7	17.3	18.3	16.9	8.34	8.86	7.42	2.53	3.03	2.13	0.70	0.82	0.48	0.07	0.10	0.00
B Sargassum Beds	11.18	44.66	0.00	11.9	15.7	4.2	18.7	19.3	18.0	7.87	8.39	7.62	1.18	2.15	0.86	0.25	0.50	0.18	0.00	0.01	0.00
C Laminaria Beds																					
D Eisenia Beds	18.47	140.62	0.00	8.6	15.7	3.7	18.5	19.3	17.7	7.68	8.69	7.34	1.72	2.81	0.86	0.35	0.61	0.18	0.03	0.10	0.00
E Undaria Beds	4.76	19.35	0.00	12.3	14.1	8.7	18.8	19.3	18.5	7.85	7.92	7.80	1.09	1.79	0.93	0.23	0.43	0.20	0.00	0.01	0.00
F Gelidium Beds	7.51	18.99	0.02	13.9	14.1	13.4	18.6	18.7	18.5	7.86	7.89	7.82	0.93	0.97	0.90	0.20	0.20	0.19	0.00	0.00	0.00
G Ulva,Enteromorpha Beds																					
H OtherSee-Grass Beds	0.00	0.00	0.00	10.8	10.8	10.7	19.2	19.2	19.2	7.79	7.79	7.79	1.09	1.09	1.09	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00
All Kinds Beds	14.75	140.62	0.00	9.1	15.7	2.7	18.4	19.3	16.9	7.79	8.89	7.34	1.64	3.03	0.86	0.36	0.82	0.18	0.02	0.10	0.00
Costal Line																					

	Temperature (-10m) [°C]			DO(-10m) [mg/L]			COD(-10m) [mg/L]			T-N(-10m) [mg/L]			T-P(-10m) [mg/L]		
	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min	Ave.	Max	Min
A Eelgrass Beds	16.9	17.9	16.5	6.60	7.11	5.88	1.80	1.94	1.38	0.60	0.74	0.36	0.06	0.10	0.00
B Sargassum Beds	18.4	19.0	17.6	7.38	7.63	6.89	0.94	1.69	0.72	0.23	0.40	0.19	0.00	0.00	0.00
C Laminaria Beds															
D Eisenia Beds	18.2	19.0	17.3	7.16	7.63	6.42	1.30	1.95	0.71	0.29	0.46	0.18	0.00	0.010	0.000
E Undaria Beds	18.6	18.9	18.3	7.43	7.59	7.33	0.90	1.24	0.81	0.20	0.25	0.20	0.00	0.00	0.00
F Gelidium Beds	18.4	18.6	18.4	7.43	7.46	7.40	0.81	0.82	0.80	0.20	0.20	0.19	0.00	0.00	0.00
G Ulva,Enteromorpha Beds															
H OtherSee-Grass Beds	18.9	18.9	18.9	7.52	7.52	7.52	0.91	0.91	0.91	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00
All Kinds Beds	18.2	19.0	16.5	7.17	7.63	5.88	1.24	1.95	0.71	0.30	0.74	0.36	0.01	0.10	0.00
Costal Line															

データは、測定点ごとに 1995 年 4 月～1996 年 3 月まで、上層 12 検体、下層 12 検体の計 24 検体がある。検体採取日、時間ともに全測定点で同一であるが、範囲が広範囲であるために発生するノイズ成分を除去するため、また藻場立地の特性を評価するという趣旨から上層値、下層値の別に平均化した年間平均値を用いた。

このデータを Kriging 法³⁾により 70 万個のメッシュデータに平面補完した。測定点 (Fig.1 参照) における水質データのメッシュデータ化に当たり、サンプル数は多ければ多い程良いが、採用した測定点が比較的藻場に近接しているので、藻場周辺海域の特性評価を行う本稿では充分であると考えられる。

3.4 下層データの取り扱い

藻場は水深 20m 地点程度まで自生できる点、また深層からの湧昇流や海底湧水からの栄養塩類の供給が光合成に不可欠である事が指摘されており、表層データだけでなく、下層データの分析も重要である。しかし空間分析に用いるに当たっては当然測定点ごと水深が異なるので、平面補完を行う前に 55 地点の値を水深 10m で線形補正を行い、その上で水深 10m 地点における平面補完データを作成した。東京湾においては水深 10m

を境にして水質特性が異なるとされている事からも、水質 10m 地点において平面補完を行う事には一定の妥当性があると考えられる。

4. 藻場と水質

例として Fig.2 に COD の表層値、水深 10m 値と藻場の立地の関係を示した。また、Table1 には、1 メッシュ当たり最大 4 種が複合している藻場データの按分に注意しながら、研究対象領域に現存する藻場 6 種における各項目の平均値、最大値、最小値を示した。

藻場における水質は、各項目とも水質汚濁に関してポジティブな傾向を示す結果となった。水質汚濁が激しい海域では、光合成に必要な水中における照度を低下させることが、このような結果の要因であると考察される。また、水深 10m 値の COD、全リン、全窒素において、東京湾海底谷付近を境にして水質が急激に向上しており、東京湾海底谷に流入する清浄な底層海流が影響を与えていることが推察される。逆に、低層海流による栄養塩類の供給という効果は本研究対象領域においては薄いと考えられる。

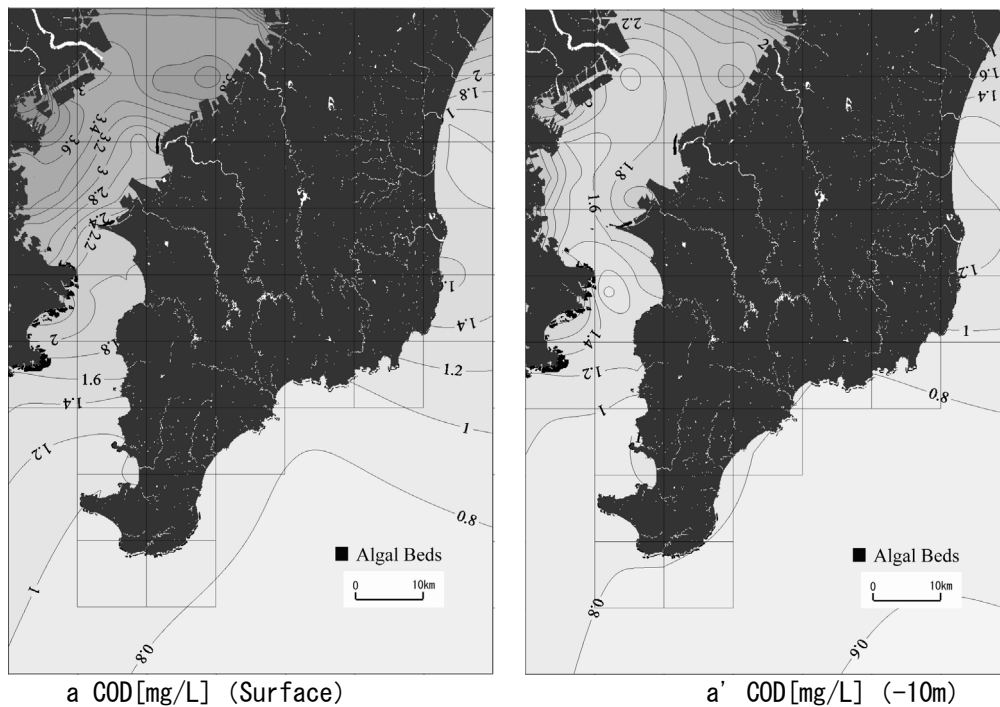


Fig.2 COD (surface and -10m)

5. 研究対象領域における藻場造成検討

研究対象領域における藻場について、最も効率良く二酸化炭素を消費し、また炭水化物を生産している藻場を選定し、その種の藻場の形成を制限する水質等から造成可能領域を抽出する。

5.1 現存藻場の CO₂ 消費量の推定

藻場を形成する藻類は植物であるので昼間は光合成を行い、太陽光、水、CO₂ から O₂ と炭水化物を作りだす。

また、藻類の種類によって光合成速度が異なり、King.R.J. and Schramm,W(1976)が述べる通り、緑藻、褐藻、紅藻の順で効率がいい。ただし、生息密度も異なるため、単位面積当たりの光合成速度は、種類によってかなり異なってくる。

日照時間：2,127.5 時間/年（館山市・気象庁）、光合成速度を最大値の 25%と仮定して、単位面積当たり年間 CO₂ 消費量を算定すると、Table2 の通り求めることができる。例えば藻場 C：コンブ場の m² 当たり CO₂ 消費量は、藻場 G：アオサ・アオノリ場の約 35 倍である（ただし本研究対象領域にはコンブ場は存在しない）。

以上より、対象領域における藻場による年間

CO₂ 消費量をそれぞれ算定すると、合計で 308kt・y⁻¹ と見積もることができた。種別では、アラメ場：239kt・y⁻¹、アマモ場：39kt・y⁻¹、ガラモ場：29kt・y⁻¹ の順となった。単位面積当たりでは表 2 の通り存在しないコンブ場を除くアマモ場が最も効率がいいが、絶対量で優先するアラメ場を事例にして藻場造成を検討する。

5.2.1 水質を藻場形成要因とした場合のアラメ場造成可能領域

上述のとおり、本対象領域においてはアラメ場が最も多くの CO₂ を消費していることから、現存藻場の環境要因を模倣するという概念（寺脇ら、1995；中嶋，2005）に基づき、このアラメ場における各水質のレンジ（表 1）から該当する海域を順次抽出した。

透明度のレンジ（図 10）、水質 5 項目（上層値・水深 10m 値）、をそれぞれと重ね合わせると、130,977ha、対象領域の 18.7%となった（図 11）。

5.2.2 その他の要因

以上が「藻場情報：自然環境基礎調査」及び「水質情報：公共用水域水質調査」に基づくアラメ場

Table 2 Speed of Photosynthesis

The Kind of Algae	Pigment	The Speed of Photothesis ⁽¹⁾ [mgCO ₂ g ⁻¹ h ⁻¹]	The Habitation ⁽²⁾ Density [kgm ⁻²]	The Carbon Dioxide ⁽³⁾ [kgm ⁻²]
A Eelgrass Beds	Brown	18	1.6	15.2
B Sargassum Beds	Brown	18	1	9.5
C Laminaria Beds	Brown	18	7.12	67.7
D Eisenia Beds	Brown	18	1.5	14.3
E Undaria Beds	Brown	18	0.1	1.0
F Gelidium Beds	Red	7	0.225	0.8
G Ulva,Enteromorpha Beds	Green	48	0.2	5.1
H OtherSee-Grass Beds	Green	48	0.2	5.1

⁽¹⁾ King,R.J. and Schramm,W(1976)

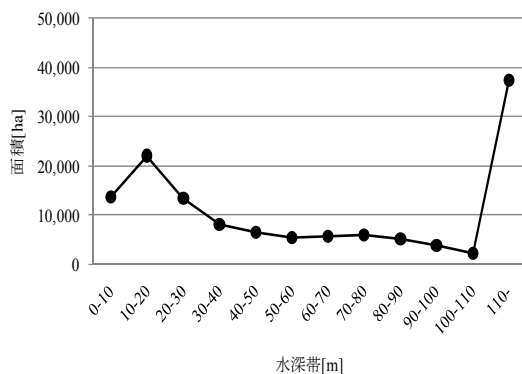
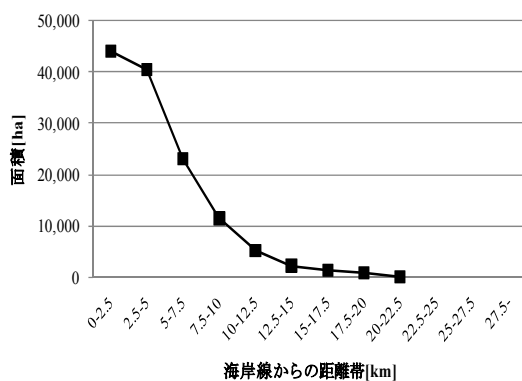
⁽²⁾ T.,Uede(2007)

M., Notoya, et al.(2003)

⁽³⁾ = (1) × (2) × 0.25 × 2,127.5

造成可能領域だが、実際には、この結果からさらに、以下のような条件からも検討する必要がある。

- ・藻場造成技術
- ・漁業権

**Fig.3** Generating of algal beds and depth**Fig.4** Generating of algal beds and distance from waterline

- ・市場、漁港からの距離

以上を考慮して、海岸線からの距離および水深に着目して、水質からみたアラメ場造成可能領域との空間解析を行った (**Fig.3**, **Fig.4**)。図に示されるとおり、浅海域、かつ海岸線に近い海域で面積が多くなっている。

この結果から、海岸線からの距離 10km 以内、水深 50m 以浅という条件を加え、最終的なアラメ場造成適地をモデル計算すると、63,518ha となった。全ての領域で藻場が形成されると仮定すると、年間 9Mt の二酸化炭素を消費することができる。この内 10%が実現したとしても、現存藻場全種の 3 倍の規模となる。

参考文献

- 1) 中嶋泰：藻場造成の適地選定手法について，水産工学，Vol.42，No.2，pp.159-163，2005
- 2) 環境省：第 4 回自然環境保全基礎調査，海域生物環境調査報告書，第 2 巻，藻場，1994
- 3) Noel Cressie：The Origins of Kriging，Mathematical Geology，Vol.22，No.3，pp.239-252，1990
- 4) 藤原建紀・高橋鉄哉・山田佳昭・兼子昭夫：東京湾の貧酸素水塊に外洋の海況変動が及ぼす影響，海の研究，Vol.9，No.6，pp.303-313，2000
- 5) King,R.J. and Schramm,W：Photosynthetic rates of benthic marine algae in relation to light intensity and seasonal variations，Mar.Biol.，37，pp.215-222，1976