

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年3月31日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510096

研究課題名（和文） 海藻生長促進微生物群集の解明及び海藻と微生物共存系による水圏環境浄化に関する研究

研究課題名（英文） The clarification of algal growth stimulation bacteria and the application of algae - bacteria coexistence culture for purification of polluted water.

研究代表者

垣田 浩孝（KAKITA HIROTAKA）

独立行政法人産業技術総合研究所・健康工学研究部門・主任研究員

研究者番号：40356754

研究成果の概要（和文）：オゴノリ科海藻の天然海藻及び培養海藻に付着共存する微生物群集を調査し、天然海藻では *Vibrio* sp. や *Moraxella* sp. が優勢であるが、室内培養後の微生物群集は *Flavobacterium* sp./*Cytophaga* sp. 優勢であることを明らかにした。海藻培地中の *Flavobacterium* sp./*Cytophaga* sp. 生菌数を増やすことにより海藻生長量増加が達成できた。

研究成果の概要（英文）：Bacteria flora attached on naturally occurring alga and cultured red alga *Gracilariopsis chorda* were surveyed. The results showed that the predominant bacteria on naturally occurring alga were *Vibrio* sp. and *Moraxella* sp. On the other hand, orange and yellow pigmented bacteria were predominant on the alga after a period of three weeks of culture in flasks. Most of the pigmented bacteria were identified as belonging to *Flavobacterium* sp./*Cytophaga* sp. Algal growth rate increased with an increasing viable count of *Flavobacterium* sp./*Cytophaga* sp. in culture media.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：環境学、環境技術・環境材料

キーワード：環境負荷低減技術

1. 研究開始当初の背景

(1) 水圏への重大な環境負荷の1つとして魚類養殖場からの栄養塩負荷が挙げられる。窒素の例を挙げると、窒素総量は39,400トン（1991年）であり、これは900万人分のし尿と雑排水中に含まれる全窒素排出量に相当する。窒素及びリンの負荷による海域の富栄養化は有害種を含む浮遊微細藻類の bloom（ブルーム；急激な発生、赤潮等）を誘発し、水質汚濁〔低透明度、酸素欠乏（貧酸素水塊

の形成〕や人類の健康に被害を及ぼす成分（貝毒等）発生の原因となる。
 (2) 水圏の窒素及びリンの除去には環境からこれら富栄養化物質を取り上げ陸上に長時間にわたって隔離することが大切である。これに適した技術として現在考えられるのは、大型海藻を利用した技術である。また水圏環境浄化には生態系リサイクルが可能な海藻を用いることが重要である。窒素及びリンを吸収して増殖した海藻が余れば生態系

リサイクルは停滞する。死んで腐敗すれば海藻が水質汚染の源になる。

(3) 研究代表者らは有用海藻の探索過程で、環境浄化生物としての条件を備えつつ、免疫増強成分等の有用成分を生産する非成熟性の紅藻類オゴノリ科海藻（非成熟性オゴノリ科海藻）を見出した。実際の養殖場での魚類の餌の摂取・排泄及び海藻増殖に関する窒素及びリンの物質収支実験より非成熟性オゴノリ科海藻は有望な環境浄化生物であること、水圏環境浄化技術の効率向上に成育時期のそろった一定量以上の海藻が必要であることが明らかになった。

2. 研究の目的

(1) 大型海藻は増殖にビタミン及び植物ホルモンを必要とし、水圏でこれらの増殖因子の有力な生産者は微生物であり、藻体表面あるいは近傍に分布する微生物が海藻生長へ影響を及ぼしている。

(2) 海藻の栄養塩吸収機能を活用した水圏環境浄化技術を確立するために、海藻付着共存微生物群集を解明し、海藻生長を促進する海藻生長促進微生物と海藻を人工的に共存させた再構成共存系での培養により成育時期のそろった一定量以上の海藻の供給を達成することを本研究の目的とする。特に、海藻付着共存微生物群集の解明に関しては、環境海水中の微生物群集及び天然海藻への付着共存微生物群集と培養海藻への付着共存微生物群集の比較により、当該海藻に特異的な付着共存微生物群集を明らかにしていく。

3. 研究の方法

(1) 単藻培養株の調製：四国地方の天然水域から紅藻類オゴノリ科海藻 *Gracilariopsis chorda* の成熟藻体を採取した。成熟藻体の成熟部分を 3cm の長さに切断し、滅菌海水等で洗浄後、滅菌海水中で一晩放置することにより胞子を放出させた。放出された胞子を滅菌したパスツールピペットで吸い上げ滅菌した培養液 30mL の入ったスクリー管に移し、温度 18°C、光強度 $40 \mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、14 時間明期/10 時間暗期の光周期で静置培養した。静置培養により得られた海藻直立体をスクリー管底部から滅菌したピンセットを用いてはがし、培養液 800mL の入った 1L 丸型フラスコに植え付け、温度 18°C、光強度 $60 \mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、14 時間明期/10 時間暗期の光周期の培養条件でエアレーションしながら培養を行った。培養液は香川県高松市屋島沖水深約 1.5m で採水した海水を 0.20 μm のセルロースアセテートメンブランフィルターでろ過後、100°C で 30 分間高圧蒸気滅菌し、あらかじめ 121°C で 30 分間高圧蒸気滅菌しておいた Provasoli の海水補助栄養液を添加して調製した。培養液交換を 2 週間毎とし、直立

体のエアレーション培養により当該海藻の単藻培養株を得た。

(2) 海藻生長評価実験用の海藻切片の選 択：単藻培養株から海藻切片 [5mm 中間切片 (5I)、5mm 頂端 (5A) 及び 3mm 中間切片 (3I)] を調製し、培養液中での湿重量増加を評価した。日生長率 (RGR: Relative growth rate) ($\% \text{ day}^{-1}$) は $\text{RGR} = [\ln(W_t) - \ln(W_0)] t^{-1} \times 100$ の式により求めた。ここで W_0 は実験開始時の海藻湿重量、 W_t は培養 t 日後の海藻湿重量、 t は培養日数を表す。温度制御 (温度分布 $\pm 1^\circ\text{C}$) 及び光強度制御 (無段階調光、培養装置内の光強度分布が狭い) に優れ、三角フラスコ 50 個を同時に振とう (無段階速度可変; 20~120rpm) 可能な海藻生長評価装置を用いた。海藻切片の湿重量増加の実験は、培養液 400mL の入った 500mL 三角フラスコに海藻切片 6 本を植え付け、温度 20°C、光強度 $60 \mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、14 時間明期/10 時間暗期の光周期の培養条件で振とう (100rpm) して 8 週間行った。培養液の交換は 1 週間毎に行った。各海藻切片での実験点数を 5 とし、その平均値を比較するとともに、培養開始時の湿重量に対する増殖率を求めた。実験データの統計解析は有意水準 5% として一元配置の分散分析 (one-way ANOVA) を行った。

(3) 海藻付着共存微生物の解明：水域で採取した海藻 (天然海藻) 及び天然海藻を滅菌した培養液で 3 週間室内培養した海藻 (培養海藻) に滅菌希釈液を加えて粉碎して天然海藻試料及び培養海藻試料を調製した。天然海藻採取水域の海水 (環境海水試料)、天然海藻試料及び培養海藻試料を滅菌希釈液で適宜 10 倍希釈し、マリンアガーをはじめ数種類の寒天培地に塗抹した。20°C で 14 日間培養後、出現したコロニー数 10~100 の平板を選定した。各寒天平板上に優勢に生育した集落を釣菌して新たな寒天培地 (マリンアガー) に植え付けて分離微生物とした。各分離微生物についてのグラム染色、運動性、オキシダーゼ試験、カタラーゼ試験、発酵性、色素産生、塩要求性試験等の結果に基づき、絵面らの海洋細菌分類方法により同定した。塩要求性試験では微生物を海洋性 (生育に海水が必要な微生物)、好塩性 (1% 塩化ナトリウムが生育に必要な微生物) 及び陸性 (生育に塩化ナトリウムを必要としない微生物) の 3 群に分類した。天然海藻試料と培養海藻試料由来の微生物群集の比較を行った。

(4) 単離微生物の遺伝子情報：単離微生物から DNA/RNA 抽出キット (MORA-EXTRACT) を用いて核酸を抽出した。ビーズとライシスバッファの入ったチューブに寒天培地上の単離微生物を白金耳で接種し、90°C で 10 分間加熱、細胞破壊機で 2 分間処理、SDS 溶液を加えて 90°C で 10 分間加熱、フェノール混合液を加えて混合遠心し上層を回収した。回収

液をエタノール処理することにより精製 DNA/RNA 沈殿を得た。

(5) 微生物添加担体の調製条件検討 (海水耐性): アルギン酸カルシウムゲルの海水耐性に及ぼす原料アルギン酸ナトリウムの影響及びアルギン酸カルシウムゲルの引っ張り強度に対するゲル調製法の影響を明らかにし、好ましい微生物添加担体調製のための指標を得ることを目標とした。アルギン酸カルシウムゲルの海水耐性に及ぼす原料アルギン酸ナトリウムの影響は次のように浮上性担体を調製して実施した。アルギン酸カルシウムのビーズ重量変化、浮上性及び破壊に対する海水接触 (ナトリウムイオンとの接触) の影響を調べた。アルギン酸ナトリウム 5g を蒸留水 120mL に混合し、高粘度攪拌装置を用いて 25°C、6 時間攪拌後、手動攪拌装置で 25°C、15min 攪拌した。次に滅菌した凝固液 (0.5M 塩化カルシウム水溶液) 700mL の入った 1L ビーカーに攪拌で得た混合液を 1g~2g ずつ添加し、25°C、24 時間放置して、ゲル化させた。粘度及び M/G (グルロン酸に対するマンヌロン酸のモル比) の異なる 4 種類のアルギン酸ナトリウム、すなわち SA-1 [超低粘度、20mPa・s (1%水溶液の粘度) M/G=1.3]、SA-2 (中粘度、570mPa・s、M/G=1.3)、SA-3 (中粘度、520mPa・s、M/G=0.6) 及び SA-4 (高粘度、780mPa・s、M/G=1.3) をアルギン酸カルシウムゲルの原料として使用した。4 種類のアルギン酸ナトリウムから調製したアルギン酸カルシウムゲル担体を滅菌海水 200mL が入った 200mL 三角フラスコに添加し、25°C で攪拌 (100rpm) しながら 8 日間実験を行った。海水接触前、海水接触後 1 日目、2 日目、3 日目及び 8 日目にゲル重量をクリーンブース内で測定した。ゲル重量測定毎に、滅菌海水を新しいものに取り替えた。各原料アルギン酸ナトリウムでの実験点数を 5 とし、その平均値を比較した。実験データの統計解析は有意水準 5% として一元配置の分散分析 (one-way ANOVA) を行った。

(6) 微生物添加担体の調製条件検討 (引っ張り強度): 5 種類のアルギン酸ナトリウムを原料としてアルギン酸カルシウムゲルを調製し、ゲルの引っ張り強度に対するゲル調製法 (延伸処理) の影響を調べた。各種アルギン酸ナトリウムの 5% 水溶液をノズル (直径 0.84mm 及び 1.14mm) から凝固液 (0.5M 塩化カルシウム水溶液) 中へ押しだし、1 時間放置しアルギン酸カルシウムゲルを調製した。粘度及び M/G の異なる 5 種類のアルギン酸ナトリウム、すなわち SA-5 (低粘度、170mPa・s、M/G=0.9)、SA-6 (低粘度、140mPa・s、M/G=0.4)、SA-7 (中粘度、370mPa・s、M/G=1.0)、SA-8 (中粘度、350mPa・s、M/G=0.5) 及び SA-3 (中粘度、520mPa・s、M/G=0.6) をアルギン酸カルシウムゲルの原料として使用した。得

られたアルギン酸カルシウムゲルについて 1.4 倍の延伸処理を行い、延伸未処理 (1.0 倍) の場合と引っ張り強度を比較した。中粘度アルギン酸ナトリウムから調製したゲルに関しては 1.8 倍の延伸処理も実施し、引っ張り強度を測定した。ゲルの引っ張り強度は引っ張り試験装置で測定した。引っ張り強度 ($g \cdot d^{-1}$) は、カルシウムゲルがちぎれる最低限の負荷量 (g) をデニール (d) で割った値と定義した。1 デニールはゲル 9,000m 当たりの乾燥重量と定義した。実験点数を 3 とし、その平均値を比較した。実験データの統計解析は有意水準 5% として一元配置の分散分析 (one-way ANOVA) を行った。

(7) 海藻と付着微生物の再構成共存系の調製: 海藻生長評価装置内で培養液 400mL 及び非成熟性オゴノリ科海藻の単藻培養株の 5mm 頂端 6 本の入った 500mL 三角フラスコに、各種単離微生物を植えつけ、それぞれの再構成共存系を作成した。温度 20°C、光強度 $60 \mu mole m^{-2} s^{-1}$ 、14 時間明期/10 時間暗期の光周期の培養条件で振とう培養 (100rpm) した。

(8) 再構成共存系での海藻生長等の評価: 各再構成共存系で増殖した海藻に関して、海藻生長を増殖した海藻湿重量で評価し、海藻生長促進に適した再構成共存系を選択した。海藻の栄養塩吸収能及び海藻有用成分生産量への影響も評価した。高栄養塩含有海水は人工海水に窒素として硝酸ナトリウム又は塩化アンモニウム、リンとしてリン酸水素ナトリウムを添加して調製した。海水は滅菌後に実験に供した。一定期間培養後、培養海水をろ過し、Bran Luebbe 社製オートアナライザー (QuAAtro) で分析した。硝酸態窒素はカドミニウムコイルによる還元処理を併設したナフチルエチレンジアミン吸光光度法 (干渉フィルター 550nm) で測定した。アンモニア態窒素はインドフェノール青吸光光度法 (干渉フィルター 630nm) により、リン酸態リンはモリブデンブルー吸光光度法 (干渉フィルター 880nm) により測定した。

4. 研究成果

(1) 海藻切片の伸長特性: 頂端 5A は先端から生長したが、基部に近い切断面からは再生が起こらなかった。中間切片 5I 及び 3I では末端部の切断面から再生及び伸長が起こったが基部に近い切断面からは再生が起こらなかった。この結果は当該大型海藻の再生及び伸長に極性があることを示唆していた。

(2) 海藻生長評価実験用の海藻切片の選択: 単藻培養株から調製した 3 種類の海藻切片の湿重量変化を図 1 に示す。培養実験開始時の湿重量は 5mm 中間切片 (5I) 0.40mg、5mm 頂端 (5A) 0.23mg 及び 3mm 中間切片 (3I) 0.23mg であった。培養 8 週間後の湿重量は 5mm 中間

切片 127.26mg、5mm 頂端 131.20mg 及び 3mm 中間切片 109.36mg であった。一元配置の分散分析により 5mm 中間切片及び 5mm 頂端の湿重量が 3mm 中間切片の湿重量よりも有意に大きいことが明らかになった。培養 2 週間目の RGR は 5mm 頂端が 18.3%と 5mm 中間切片 (RGR=13.8%) 及び 3mm 中間切片 (RGR=13.8%) よりも有意に高かった。培養開始時に対する増殖率はそれぞれ 53.0 倍、93.7 倍、80.4 倍であった。3 種類の海藻切片の中では、5mm 頂端が最も増殖能が高く、培養 8 週間後に回収可能な湿重量が最も高いことを明らかにした。このことから本研究での海藻生長評価実験用の海藻切片として 5mm 頂端を選択した。

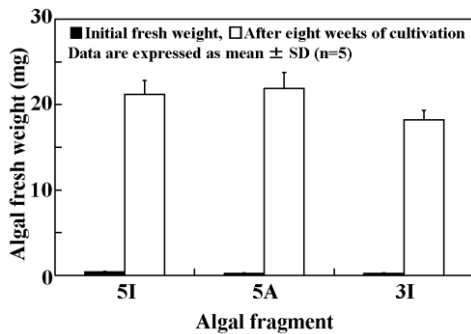


図1 海藻切片の湿重量変化

(3) 海藻付着共存微生物の生菌数：天然海藻試料の微生物数は 10^5 個/g \sim 10^6 個/g、培養海藻試料の微生物数は 10^6 個/g \sim 10^7 個/g、環境海水の微生物数は 10^3 個/mL \sim 10^5 個/mL であった。天然海藻試料では非発酵性グラム陰性桿菌又はオキシダーゼ陽性発酵性グラム陰性桿菌等が最も多い生菌数になる (10^6 個/g) が、培養海藻試料では非発酵性グラム陰性桿菌 (海洋性) が生菌数最多になる (10^7 個/g) ことを明らかにした。3 回の調査とも同様の結果であった。このことは海藻に付着共存する微生物群集菌相が海藻培養中に変化することを示唆している点で意義のある結果である。

(4) 海藻付着共存微生物の解明：環境海水中の優勢な微生物は *Moraxella* sp. であり、天然海藻試料の優勢な微生物は *Vibrio* sp. 及び *Moraxella* sp. であった。培養海藻試料の優勢な微生物群集には寒天培地に黄色等の色素集落を形成する微生物が含まれ、それらは性状より *Flavobacterium* sp./*Cytophaga* sp. と分類された。また培養海藻試料を塗抹した寒天培地には *Pseudomonas* sp.、*Alcaligenes* sp.、*Moraxella* sp.、*Alteromonas* sp. 等が検出された。室内培養後の付着共存微生物群集が *Flavobacterium* sp./*Cytophaga* sp. 優勢になるという傾向は 3 回の調査とも同様であり、当該海藻に特有の付着共存微生物が存在

することの裏付けとなった。

(5) 単離微生物の遺伝子情報：当該海藻試料から得た付着共存微生物の数種の単離株に関して得られた遺伝子情報 (16SrDNA 塩基配列) を塩基配列データベースと比較し、*Flavobacterium* sp./*Cytophaga* sp. との相同性が高い結果を得た。

(6) 微生物添加担体の調製条件検討 (海水耐性)：アルギン酸カルシウムゲル担体の海水接触後の重量変化を図 2 に示す。超低粘度アルギン酸ナトリウム SA-1 (高 M/G) から調製したアルギン酸カルシウムゲルは海水接触後 2 日でゲルが破壊した。中粘度 SA-2 (高 M/G) から調製したアルギン酸カルシウムゲルは海水接触後 3 日目でも破壊せずゲル重量が増加したが、8 日目でもゲルが破壊しゲル重量が低下した。高粘度 SA-4 (高 M/G) から調製したアルギン酸カルシウムゲルは海水接触後 3 日目で破壊しなかったが重量が上昇し沈没した (図 3 右)。中粘度 SA-3 (低 M/G) から調製したアルギン酸カルシウムゲルは、海水接触後 8 日目でも破壊されず、浮上性も保っていた (図 3 左)。以上より、海水接触によりアルギン酸カルシウム担体が破壊しないためには原料のアルギン酸ナトリウムが中程度以上の粘度で、かつ低 M/G であるアルギン酸ナトリウムを原料として選択することが重要であることが明らかになった。

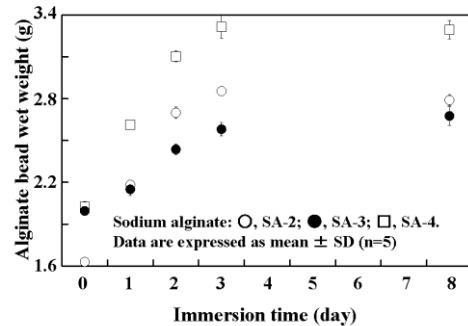


図2 海水接触によるアルギン酸カルシウムゲルの重量変化



アルギン酸カルシウムゲル担体の海水耐性

図3 海水接触によるアルギン酸カルシウムゲルの浮上性への影響

(7) 微生物添加担体の調製条件検討 (引っ張り強度): 5種類のアルギン酸ナトリウムを原料として調製したアルギン酸カルシウムゲル全てに関して延伸処理により引っ張り強度が上昇した。2種類の低粘度アルギン酸ナトリウム由来のアルギン酸カルシウムゲルの引っ張り強度は1.4倍の延伸処理によって未延伸時に比して2.00倍~3.19倍上昇した(図4; ノズル直径0.84mm、図5; 1.14mm)。狭い直径のノズル(0.84mm)を用いて調製したゲルは広い直径のノズル(1.14mm)を用いて調製したゲルよりも引っ張り強度が高い傾向が観察された。3種類の中粘度アルギン酸ナトリウム由来のアルギン酸カルシウムゲルの引っ張り強度は、1.4倍の延伸処理によって2.01倍~2.09倍、1.8倍の延伸処理によって2.35~2.54倍に上昇した(図6; ノズル直径0.84mm)。ノズル直径1.14mmの場合は、1.4倍の延伸処理によって1.97倍~2.12倍、1.8倍の延伸処理によって2.39倍~2.47倍に上昇した(図7)。延伸倍率及びノズル直径はアルギン酸カルシウムゲルの引っ張り強度に有意に影響を与えることを明らかにした。延伸処理はアルギン酸カルシウムゲルの強度改善のために有効な工程であることが明らかになった。

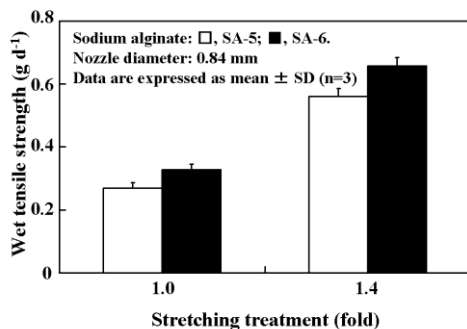


図4 低粘度アルギン酸ナトリウム由来のアルギン酸ゲルの引っ張り強度への延伸の影響 (0.84mm ノズル)

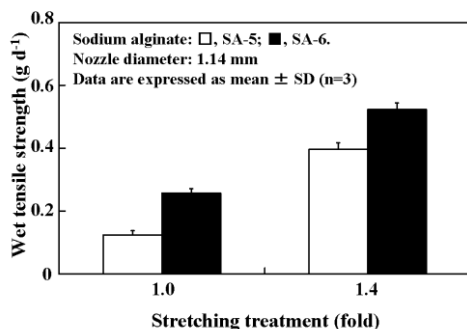


図5 低粘度アルギン酸ナトリウム由来の

アルギン酸ゲルの引っ張り強度への延伸の影響 (1.14mm ノズル)

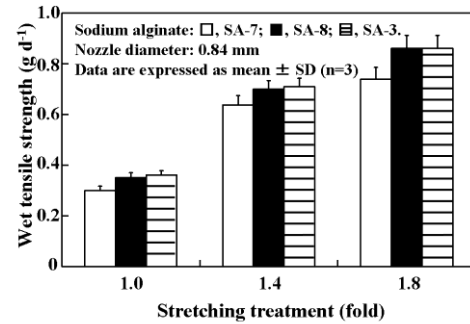


図6 中粘度アルギン酸ナトリウム由来のアルギン酸ゲルの引っ張り強度への延伸の影響 (0.84mm ノズル)

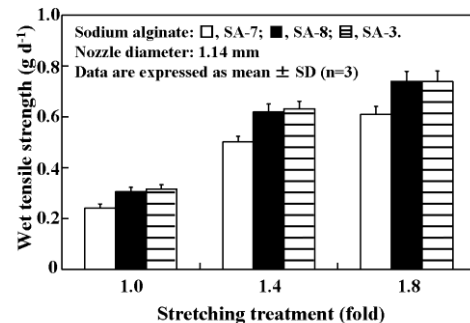


図7 中粘度アルギン酸ナトリウム由来のアルギン酸ゲルの引っ張り強度への延伸の影響 (1.14mm ノズル)

(8) 微生物添加担体の効果: 単離微生物を海水培地へ植え付ける際に、アルギン酸カルシウムゲル担体に単離微生物を吸着させて添加した方が微生物単独で添加する場合よりも培地中での微生物増殖生菌数が多かった。このことは微生物添加には直接添加よりも微生物用担体に吸着させた方がよいことを示している。

(9) 再構成共存系での海藻生長評価: 各再構成共存系(海藻-海藻付着共存微生物共存系)での海藻生長評価と最適な再構成共存系の選抜においては、非成熟性オゴノリ科海藻の入った滅菌海水培地中に付着微生物単離株を添加し、培地中の全共存微生物に対する添加微生物の割合を人工的に高めた共存培養実験を行い、大量培養までは至らないが次の一定の成果を得た。再構成共存系においても、微生物をアルギン酸担体と一緒に培地へ添加すると微生物増殖が早くなることを見出した。共存培養の結果、Flavobacterium sp./Cytophaga sp.が優勢な海水で培養することにより海藻生長量の増加が達成でき、室

素及びリンの低減量及び有用物質総回収量も付着微生物未添加時に比べて向上した。

(10) まとめ：以上の結果は、海藻付着共存微生物である *Flavobacterium* sp. / *Cytophaga* sp. が当該海藻の生長促進に寄与していることを強く示唆している点で重要な結果である。海藻付着共存微生物を利用することによって大型海藻の生長を促進させることが期待できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① Hiroataka Kakita, Hideki Obika, Hiroshi Kamishima, The effects of stretching and extrusion nozzle diameter on the wet tensile strength of calcium alginate gel fibers. *Algal Resources* 査読有り、5巻、2012年、1~8頁
- ② Hiroataka Kakita, Hiroshi Kamishima, The growth of apical and intercalary fragments of a red alga, *Gracilariopsis chorda* (Holmes) Ohmi in unialgal culture. *Algal Resources* 査読有り、3巻、2010年、131~136頁
- ③ Hiroataka Kakita, Hideki Obika, Hiroshi Kamishima, The effects of sodium alginate as a raw material on the buoyancy and immersion tolerance of buoyant calcium alginate beads. *Algal Resources* 査読有り、3巻、2010年、11~18頁

[学会発表] (計5件)

- ① Hiroataka Kakita, Hideki Obika, Youji Makita, Akinari Sonoda, Bacteria on a red alga *Gracilariopsis chorda*. 第9回アジア環太平洋マリンバイオテクノロジー会議 (The 9th Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference; APMBC2012), 2012年7月14日、CUL-PORT 高知 (高知県)
- ② 垣田浩孝、紅藻類オゴノリ由来レクチンの探索と性状、日本応用藻類学会第10回大会シンポジウム、2011年7月9日、東京海洋大学 (東京都)
- ③ Hiroataka Kakita, Hiroshi Kamishima, A sterility unialgal strain of a red alga, *Gracilariopsis chorda*, from Japan. The 4th Congress of the International Society for Applied Phycology (ISAP2011), 2011年6月20日、Marriott Harbourfront Hotel (Halifax, Canada)
- ④ Hiroataka Kakita, Hideki Obika, Akinari

Sonoda, Koji Sakane, Hiroshi Kamishima, Algal bio-filters for purifying the wastewater from fish cultures. The 4th Congress of the International Society for Applied Phycology (ISAP2011), 2011年6月20日、Marriott Harbourfront Hotel (Halifax, Canada)

- ⑤ Hiroataka Kakita, Hideki Obika, Hiroshi Kamishima, Akinari Sonoda, Physicochemical properties and application of alginic acid gels from macroalgae. Plant Polysaccharide and Applied Glycoscience Workshop 2010 (PPAGW 2010), 2010年7月30日、The Sasakawa Hall (東京都)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

垣田 浩孝 (KAKITA HIROTAKA)
独立行政法人産業技術総合研究所・健康工学研究部門・主任研究員
研究者番号：40356754