

藻類増殖用付着基質の開発

中村哲男*・高橋孝誠**・内川純一***・平山泉**v・山下博和***
・那須博史***・鳥羽瀬憲久***・加藤英之****・能田清隆****

* 情報デザイン部、**情報デザイン部（現、生産技術部）、*** 熊本県水産研究センター、****(株)哲建設

Development of clinging base material for growing of algae

Tetsuo NAKAMURA*, Kousei TAKAHASHI*, Junichi UTIKAWA**, Izumi HIRAYAMA**, Hirokazu YAMASHITA**,
Hiroshi NASU**, Norihisa TOBASE**, Hideyuki KATO***, and Kiyotaka NODA***

近年、住宅産業等の低迷に伴い、木材の使用量は大幅に低下している。また、有明、不知火海沿岸では藻場が大幅に減少し、熊本県でも水産資源・水質環境保全のため、藻場の回復事業に取り組みを始めたところである。

本研究は県産資源の用途拡大ならびに利用技術開発を目的としている。そのため、本研究では、県産スギ材をはじめ、藻類の生育に効果が期待される鉄分を含む資源である阿蘇黄土（リモナイト）や、陶石製造過程で産出される脱鉄スラッジなど県産資源を用い、各種素材の配合割合などを変えて複合成形品を成形した。これら複合成形品を有明海海域、不知火海海域、天草灘に面する3海域に設置し、藻類をはじめとする生物群の付着・生育状況について観察を行なった。

その結果、モク類等の大型藻類の着床及び生長が確認され、藻場の回復に応用できる可能性を得た。

1. はじめに

近年、熊本県下の有明海、不知火海海域においては藻場が著しく減少し、県では藻場の復元に関する取り組みを始めた。

通常、アマモや藻類などの水中植物が群落を形成している箇所を藻場という。この藻場では植物プランクトン、海藻、海草、付着微細藻などが、動物プランクトン、魚類などの動物群集に直接または間接的に寄与している。

このことは、藻場生態系内の有機物の貯蔵庫としての役割ばかりでなく、藻場に生息する動物群集にとっての餌場、産卵の場でもあることも意味する。さらに藻場は、たくさんの生物が生活する場となるだけでなく、藻類の働きにより、水を浄化して沿岸の環境を保全するという大きな役割を担っている。

さて、木材業界では住宅産業等の低迷が続き、これに伴って木材の利用も大幅に減少している。これらについて対応するため、当センターでは、木材の需要拡大を目的とした一連の研究を行っている¹⁾。更にこれらのデータを基礎とした建築用複合材料の開発についても検討してきた。

また、従来より県産の材料や廃材等のリサイクル材料をベースとした、多機能性を有する材料の開発を目的とした研究も産学官共同で行っている²⁾。

本研究では、これらの研究の一環として、従来から検討してきた県産木材の有効利用の延長として、当センターならびに水産研究センター、(株)哲建設の3者で、

県産スギ材、鉄分を含むリモナイト、脱鉄スラッジ等の各県産資源を配合割合を変えて複合した、藻類増殖用付着基質を試作した。

これら試作品の藻場造成への可能性を確認するため、水質条件の異なる県内の3箇所を設置してその効果について検討した。今回はこれらから得られた結果について報告する。

2. 試験及び試験方法

2.1 試験体

藻類増殖用付着基質は藻場を造成するためのものである。そのため、素材は海洋環境に対して負荷がないもの、環境にやさしい素材であることが望ましい。

加えて、県産材需要拡大の観点から、県産スギ材を繊維化したものにセメントペーストを配合し、プレス成型した木毛セメント板を主材料とした。スギ材はセメントとは最も相性が悪い素材として挙げられる³⁾が、(株)哲建設ではこの問題についてクリアーできている。

藻類の生長については鉄イオンが効果がある⁴⁾といわれ、藻類付着基質素材としては鉄製の船や構造物⁵⁾、あるいはコンクリートブロックに硫酸第一鉄を成形時に含有させる、または、塗料とともに塗布するなどしたものについて、利用、研究がされている⁶⁾。

そこで今回は、県産木材のスギ材を主材料とし、基質の中から鉄イオンが少しずつ海水中に溶け出し、藻類が付着・成長し易いように、阿蘇で産出されるリモナイト（阿蘇黄土）、ならびに天草陶石から取り出さ

れた脱鉄スラッジ、および各地で鉄イオン効果があるとして利用されている硫酸第一鉄を、それぞれの配合割合を変えて複合成形品を試作した。このとき比較用としてコンクリート製基質ならびに鉄分を含まない木毛セメント製基質なども製作し、合計 11 種類の基質を試験対象素材とした。

なお、試験に供した基質の構成と配合割合を表 1 に示す。

表 1 藻類増殖用附着基質の構成

基質の種類	使	用	原	料
コンクリート	セメント			
木毛セメント板	スギ繊維	セメント		
脱鉄スラッジ配合板 1	スギ繊維	セメント	脱鉄スラッジ10%(W/W)	
脱鉄スラッジ配合板 2	スギ繊維	セメント	脱鉄スラッジ20%(W/W)	
脱鉄スラッジ配合板 3	スギ繊維	セメント	脱鉄スラッジ30%(W/W)	
リモナイト配合板 1	スギ繊維	セメント	リモナイト10%(W/W)	
リモナイト配合板 2	スギ繊維	セメント	リモナイト20%(W/W)	
リモナイト配合板 3	スギ繊維	セメント	リモナイト30%(W/W)	
硫酸第一鉄配合板 1	スギ繊維	セメント	硫酸第一鉄10%(W/W)	
硫酸第一鉄配合板 2	スギ繊維	セメント	硫酸第一鉄20%(W/W)	
硫酸第一鉄配合板 3	スギ繊維	セメント	硫酸第一鉄30%(W/W)	

2.2 試験方法

海水の温度、海水に含まれる栄養状態など、海水の条件は地域によって大きく異なる。異なった地域での基質に附着・成長する藻類の変化の有無を確認するため、有明海域として大矢野町の水産研究センター沖合い、不知火海域として御所浦町眉島と牧島の間、天草灘海域として財団法人熊本県栽培漁業センター（牛深市）の浮き棧橋の 3 箇所で、平成 14 年 5 月から海中吊り下げ試験を実施した。

図 1 に設置場所を示す。



図 1 基質の設置場所

基質の大きさは、表 1 に示した試験体それぞれを縦、横 45cm、厚さ 2.5cm の大きさに統一し、この加工された基質を海面下 1m の深さに吊り下げた。

これらの基質について、毎月、表面に附着した藻類や生物群を把握するとともに、基質の劣化（分解）

状態を観察し、耐久性についても調査した。

3. 結果および考察

藻類は種類により、緑藻類、紅藻類、褐藻類に区別される。理想的な藻場を造成するためには大型の藻が生えることが好ましく、その点では、褐藻類が多く附着する基質であることが望ましい。

本試験は、大矢野沖では 5 月、他の 2 海域では 6 月から吊り下げを開始し、7 月から観察を開始したが、基質上に着生した藻類は主に冬季に成長するため、夏の間は殆ど成長が見られない。そのため、観察される藻類は微細であり、種類の同定は難しい。

このような状況から、基質上に附着した藻類の種別確認を 9 月以降に行い、12 月、1 月にかけて基質上の藻類の種類別個体数を確認した。ただ、2、3 月にかけては各基質表面を成長した藻類が覆い、成長の遅い藻類については個体数のカウントができなかったため、基質上における藻類の成長状況や基質の分解状況などの変化観察を行った。

以下、地域毎における観察結果を記す。

3.1 牛深に設置した藻類附着基質の結果

3.1.1 附着藻類の種類と数量

平成 14 年 6 月 5 日に牛深市の（財）熊本県栽培協会牛深事業所の浮き棧橋に垂下し、試験を開始した。

その後、垂下開始 2 ヶ月後には、アオサ等の緑藻類及びマクサ、有節石灰藻等の紅藻類、フクロノリ等の褐藻類の附着を確認した。

また、附着性物としてはホヤ類、フジツボ類、が垂下直後から徐々に附着し、垂下開始 3 ヶ月後にはどの基質上においても基質上面の全面を占有した。

垂下開始 3 ヶ月後頃（平成 14 年 10 月）から、紅藻類（マクサ）、及び褐藻類（ウミウチワ、フクロノリ、カゴノリ）の成長が著しくなり、基質上面全部を占有した。

図 2 に 1 月観察時における牛深に設置した基質に附着した藻類の種類を記す。

図 2 から明らかなように、いずれの基質も紅藻類、褐藻類が附着したが、緑藻類の附着は脱鉄スラッジ 10% 配合の基質のみにしか着生していない。しかしながら、紅藻類、褐藻類はいずれの基質も 200 個体以上の藻類が附着し、コンクリート製基質と比べても遜色がないことが分かる。

また、ここに設置した基質は、後述の他の 2 海域に比べ藻類の生長が最も遅く、藻類の品種も少ない。

基質を設置した棧橋は潮通しが余りよい状態ではないのも成長が遅れた原因の 1 つと考えられる。

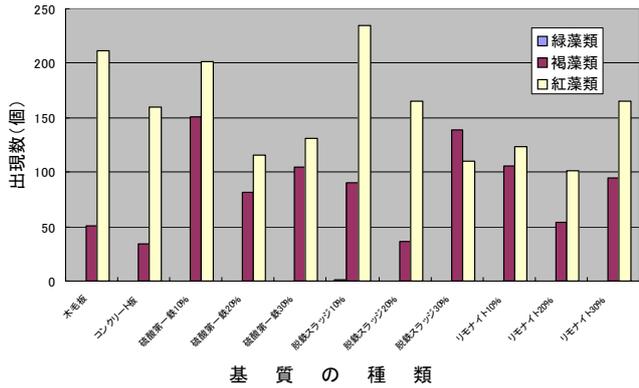


図2 牛深に設置した基質に付着した藻類の数

また、基質を設置している他の2海域では硫酸第一鉄配合の基質の分解が著しく、藻類の付着数も少ないが、ここは他の2海域と異なり、潮の流れが遅いためか硫酸第一鉄配合の基質の分解は30%含有基質以外では損傷が幾分か少ない。硫酸第一鉄10%配合基質にはとくに多くの藻類が付着し、マメタワラと推定される藻類の成長も見られた。

基質を設置している他の2海域では脱鉄スラッジ20%配合の基質に多くの藻類の付着が見られるが、ここでは藻類の付着量が最も少ない結果を示している。

また、鉄分を含有させた基質は含有させていない基質より褐藻類が多く付着する傾向を示している。

3.1.2 藻類の植生量

垂下開始8ヶ月後(平成15年2月)における各基質の藻類植生量を図3に示す。

牛深において垂下した基質については、木毛板、リモナイト30%の順で植生量が多かったが、スラッジ20%の植生量における極端に少なかったことを除け

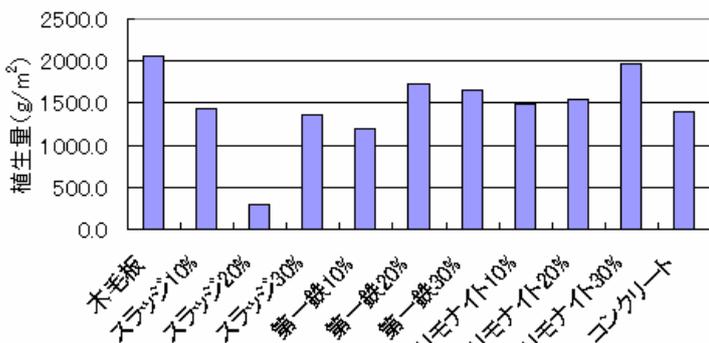


図3 牛深に設置した基質に付着した藻類の植生量

ば、全体的に見て大きな差は見られなかった。牛深において垂下した基質の平均植生量は1,463g/m²で、今回試験を行った海域中最も少なかった。また、基質に着生した藻類は11種類であった。

3.2 大矢野沖に設置した藻類付着基質の結果

3.2.1 付着藻類の種類と数量

前述のように有明海海域における試験として平成14年5月14日に水産研究センター沖合の筏に垂下し、試験を開始した。その後、垂下開始2ヶ月後には、フクロノリやモク類の幼体を確認した。また、付着性物として、ホヤ類、フジツボ類が垂下直後から徐々に付着し、垂下開始4ヶ月後にはどの基質においても基質上面のほぼ全面を占有した。また、垂下3ヶ月後から有節石灰藻類が多く付着するのを確認した。

その後、水温の低下とともに付着性微生物および有節石灰藻類は徐々に減少し、フクロノリ、ウミウチワ、アカモク等の褐藻類の成長が見られた。

図4に大矢野沖に設置した基質に付着した藻類の12月観察時における藻類の種類と数を示す。

図4から明らかなように、大矢野沖に設置した各基質とも藻類の付着が見られる。

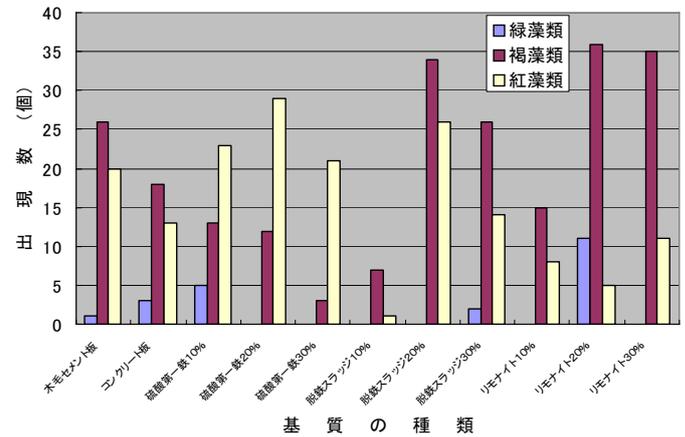


図4 大矢野沖に設置した基質に付着した藻類の数

今回、各基質にリモナイト(阿蘇黄土)、脱鉄スラッジおよび硫酸第一鉄などの鉄分を10%、20%、30%と配合割合を変えて混入しているが、硫酸第一鉄を配合した基質はいずれの海域においても損傷が大きく、耐久性について問題があった。中でも、ここ、大矢野沖は他の基質を設置した2海域よりかなり潮流が早いいため硫酸第一鉄を配合した基質の損傷が大きく、10%、20%、30%と配合割合が多くなるにつれ損傷も大きくなることが確認された。

硫酸第一鉄を配合した基質上に着床した藻類は、基質に硫酸第一鉄が多く含まれるものほど分解が早い。また、褐藻類の付着量は硫酸第一鉄が多く含まれるものほど減少している。これは、硫酸第一鉄が多く含む基質は比較的大型に成長し易い褐藻類が成長するとともに、より潮の抵抗を受け分解・流出したためであり、大きく成長しない紅藻類が代わって基質を占有したも

のと考えられる。

褐藻類に対する付着効果を見ると、基質の分解の大きな硫酸第一鉄配合基質を除けば、リモナイト（阿蘇黄土）や脱鉄スラッジを木毛板に添加することで、従来行われているコンクリート製基質よりも効果があることが分かる。

図5に平成15年1月30日に大矢野で観察した脱鉄スラッジ配合基質に付着・成長した藻類の様子を示す。



図5 大矢野に設置した基質に付着した藻類

付着しているのは褐藻類のアカモクで1.5m程度成長していることが分かる。12月の観察時では、このアカモクの長さはわずかに4~5cm程度であったが、約1ヶ月程度で大きく成長することが確認できた。

なお、アカモクは3m以上に成長する藻類であり、魚の蛸集効果も大きいため、藻場造成にも役立つ。

これらの結果は、藻類増殖用付着基質として、鉄分を含有させた木毛セメント板利用の可能性を示唆するものであるといえる。

3.2.2 藻類の植生量

垂下開始9ヶ月後（平成15年2月）における各基質の藻類植生量を図6に示す。

藻類の植生量を把握するためにはある程度成長して

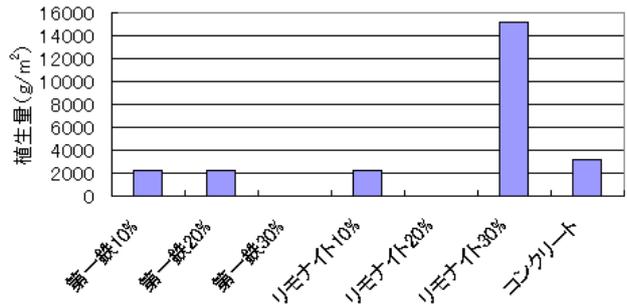


図6 大矢野沖に設置した基質に付着した藻類の植生

からの測定が望ましい。そのため、当該海域においても他の海域同様2月に計測を行った。ところが、木毛セメント板、脱鉄スラッジ10~30%含有基質は時化のため流失していた。そのため、計測は残された基質（硫酸第一鉄10~30%、リモナイト10~30%、コンクリート）で行った。

計測の結果、大型褐藻類であるアカモクが多く着生していたリモナイト30%含有基質が最も大きくなる結果となった。

3.3 御所浦に設置した藻類付着基質の結果

3.3.1 付着藻類の種類と数量

前述のように不知火海域における試験として平成14年6月14日に御所浦町眉島地先の養殖筏に垂下し、試験を開始した。その後、垂下開始2ヶ月後には、タマミル、アオサ等の緑藻類及びウミウチワ、フクロノリ等の褐藻類の付着を確認した。また、付着性物として、大矢野沖垂下した基質同様、ホヤ類、フジツボ類が垂下直後から徐々に付着し、垂下開始3ヶ月後にはどの基質においても基質上面のほぼ全面を占有した。

垂下開始3ヶ月頃（平成14年10月）から紅藻類（アヤニシキ、マクサ）及び褐藻類（ウミウチワ、フクロノリ、カゴメノリ）の成長が著しくなり、基質上面のほぼ全面を占有した。

基質を設置したここ御所浦の御所浦町眉島と牧島の間は潮通しもよく、かつ養殖筏が点在し、海水中の栄養分に富むのか藻類の生長が最も良かった。

しかし、硫酸第一鉄を配合した基質は他の海域同様に基質表面の更新や劣化が激しく、20%配合基質ではかなり表面があれた状態になっており、30%配合基質では角の部分にかなりの摩耗・破壊が認められた。

図7に12月20日、御所浦町眉島と牧島の間を設置した各種基質に付着した藻類を観察した際の様子を記す。

また、図7から明らかなように、御所浦に敷設した

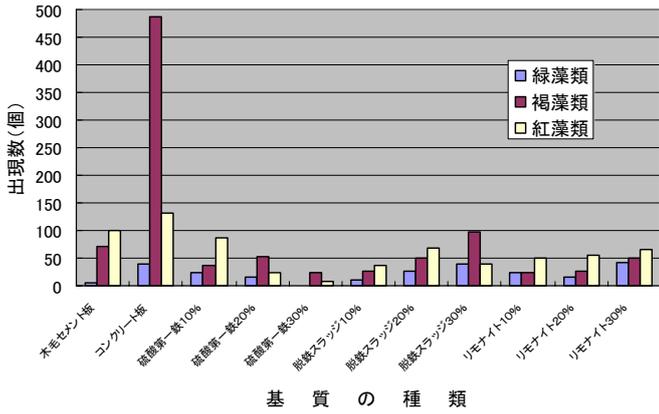


図7 御所浦に設置にした基質に付着した藻類の数

コンクリート製基質には、他の海域に敷設した場合と異なり、褐藻類が飛び抜けて多く付着していることが分かる。また、鉄分を含まない木毛セメント板にも多くの褐藻類の付着が見られた。ただ、付着した褐藻類の種類に変化が見られ、図8に見られるように、コン



図8 御所浦に設置したコンクリート製基質上に付着した藻類

クリート製基質にはウミウチワが多く占有していた。しかしながら、図9に見られるように鉄分を含ま



図9 御所浦に設置した木毛板製基質に付着した藻類

ない木毛板やそれ以外の鉄分を含有させた基質にはウミウチワ以外にアカモク、ヒジキなど大きく成長する褐藻類の付着が見られた。

コンクリート構造物やコンクリート製基質など表面が堅い素材には、このウミウチワがよく着生・占有することが知られている。ウミウチワは大きく成長しないことから、藻場造成を目的とする基質の表面を占有されることは望ましくない。

今回の結果は、木毛板あるいは木毛板に鉄分を配合した基質は自己分解機能を有し、コンクリートほどの堅さを有しない。このため、コンクリート製基質のようにウミウチワが選択的に付着することが無かったためと考えられ、この点についても木質系複合基質の優位性を示唆するものと言えよう。

なお、御所浦海域では鉄分を配合した基質では脱鉄スラッジを配合した基質に効果が見られた。

3.3.2 藻類の植生量

垂下開始8ヶ月後(平成15年2月)における各基質の藻類植生量を図10に示す。

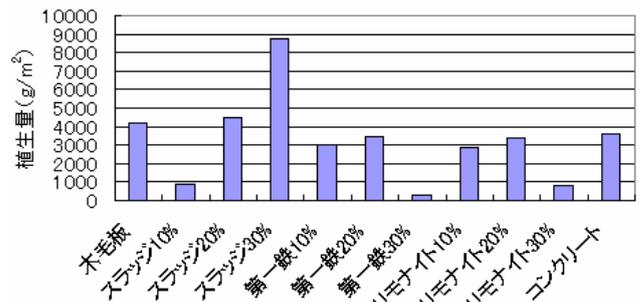


図10 御所浦に設置した基質に付着した藻類の植生量

図から明らかのように、御所浦海域に垂下した基質では、脱鉄スラッジ30%、脱鉄スラッジ20%、木毛板の順に植生量が多かった。前基質における平均植生量は、3,245 g/m²で、大矢野沖における結果に次いで多く、着生した藻類の種類も14種類と最も多くの種類が確認された。

4. おわりに

本研究では県産資源の用途拡大ならびに利用技術開発を考慮し、県産スギ材をはじめ、藻類の生育に効果が期待される鉄分を含む資源である阿蘇黄土(リモナイト)や陶石製造過程で算出される脱鉄スラッジなど県産資源を用い、各種素材の配合割合などを変えて複合した、藻類増殖用付着基質を成形した。

海水の温度、海水に含まれる栄養状態など、海水の条件は地域によって大きく異なる。異なる地

域での基質に付着・成長する藻類の変化の有無を確認するため、これら複合成品を有明海海域、不知火海海域、天草灘に面する海域の3海域に設置し、藻類をはじめとする生物群の付着・生育状況について観察を行った。

その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 硫酸第一鉄を10%、20%、30%と3種類配合した基質はいずれも損傷が激しく、耐久性に問題がみられた。ただ、潮流の遅い水深にあっては藻類の付着性も良かったことから硫酸第一鉄混入による藻類付着効果の可能性もあり、配合比を下げての再試験の必要性がある。
- 2) 損傷の大きな硫酸第一鉄を配合した基質以外にあってはいずれの海域でも鉄分(とくに脱鉄スラッジ)を配合することにより藻類付着効果が増大することが分かった。
- 3) 大矢野沖に設置した基質の観察から、大型褐藻類であるアカモクの付着・成長が確認できた。このことは、従来利用が考えられなかった、スギ材がコンクリート製基質に代わり、藻場造成用の資材として利用できることが判明した。
- 4) さらに、木毛板に阿蘇黄土(リモナイト)や脱鉄スラッジを混入することで藻類の付着効果が見られることが判明した。
- 5) 御所浦海域において、表面が堅いコンクリート製基質にはウミウチワが選択的に付着したがそれ以外の基質には多用な藻類の付着が見られた。
- 6) 付着生物の種類については、主にフジツボ類、ゴカイ類、ワレカラ類、ヨコエビ類、ホヤ類、カイメン類が付着しており、まれに小型のハゼが基質上の海藻の陰に隠れていたこともあった。
- 7) 今回基質を垂下して試験を行った際に、垂下した場所によっては他の基質と比較して、若干光量に差があって、植生量の結果に影響を及ぼした部分もあったように思われた。今後基質の試験を行う場合には、光量など諸条件を厳密に揃えていく必要がある。

なお、水産研究センターではこれらの基質の効果について更に検討するため、今回試験を実施した3海域において、多年生褐藻類であるクロメの胞子を人工着生させ、発芽や成長状況の計測を行っている。

さらに、八代湾大築島付近で藻場造成実証試験を実施する予定である。

また、哲建設株では(財)港湾空間高度化環境センター港湾・空間高度化環境研究所環境ISO研究部が実施機関として(オブザーバーとして熊本県)、八代湾大築島造成護岸部で行われる大築島藻場造成実

証試験へも参加する予定である。

最後に、本研究を実施するにあたり協力を頂きました財団法人熊本県栽培漁業センター各位、御所浦町水産研究センターの各位に対しまして深謝の意を表します。

文献

- 1) 例えば、中村哲男、大迫靖雄、浅野明秀;“複合材料の設計と開発に関する研究”、熊本県工業技術センター研究報告、29, 1-6 (1991)
- 2) 例えば、中村哲男、上田直行、大迫靖雄、矢野佳之;“床衝撃音に対する木質複合材料へのゴムチップ充填効果及び鉛板の積層効果”、熊本県工業技術センター研究報告、33, 5-11 (1995)
- 3) 善本知孝;“木質セメント板に適する材の簡単な選別法”. 木材工業, Vol. 33 No. 370, p18-20 (1978)
- 4) 松永勝彦, 森が消えれば海も死ぬ, 東京、講談社, 2002, p46-60
- 5) 松永勝彦, 森が消えれば海も死ぬ, 東京、講談社, 2002, p140-144
- 6) 例えば、石田信一、鈴木哲緒;“硫酸第一鉄($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)を利用した藻礁の実験結果について”. 水産土木, Vol. 21 No. 1, p25-28 (1984)

図2 牛深に設置した基質に付着した藻類の数