

懸濁および堆積カオリン粒子がスサビノリ殻胞子の着生と発芽に及ぼす影響

鈴木祥広¹・丸山俊朗²・三浦昭雄³・申宗岩⁴

¹正会員 水産博 宮崎大学助手 工学部土木環境工学科 (〒889-21 宮崎市学園木花台西1-1)

²正会員 工博 宮崎大学教授 工学部土木環境工学科 (〒889-21 宮崎市学園木花台西1-1)

³理博 青森大学教授 (〒030 青森市幸畑2-3-1)

⁴水産博 青森大学助手 (〒030 青森市幸畑2-3-1)

紅藻スサビノリ殻胞子の着生と発芽におよぼす懸濁および堆積物質の影響を明らかにするため、カオリンを用いて3種類の実験を行った；1) 殻胞子と懸濁粒子の同時混合による着生、2) 堆積粒子上に殻胞子を着生、3) 着生殻胞子上に懸濁粒子を添加。殻胞子とカオリン懸濁粒子を同時に混合した場合、殻胞子の基質への着生の半数影響濃度 (EC_{50}) が $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ と最も著しい阻害作用を示した。カオリン懸濁粒子が基質に堆積した上に殻胞子が着生した場合は、影響堆積粒子量は $1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ と発芽が著しく阻害された。本研究結果から沿岸域への人為的な懸濁粒子の負荷が海藻群落の形成を阻害する原因になる可能性のあることが示唆された。

Key Words : *Porphyra, suspended matters, conchospores, adhesion, germination*

1. はじめに

海水中の懸濁物質による海藻の生育阻害作用として、着生基質・藻体の埋没、受光量の減少、および漂砂による藻体の損傷などが報告されている^{1), 2)}。これらの現象は懸濁粒子が森林伐採、河川の改修、並びに都市化の拡大などによって流入、沈積して引き起こされ、海藻群落の形成阻害や衰退を引き起こすと考えられる。海藻群落が形成されて維持されるためには、まず海藻の生殖細胞である胞子または遊走子が基質に確実に着生することが最も基本的な条件である。海藻の胞子または遊走子の基質への着生、および初期発生段階における懸濁・堆積粒子の影響に関する研究は極めて少く、藻場・海中林を構成する数種の褐藻について遊走子の基質への着生に及ぼす影響に関する研究が数報あるのみである^{3)~5)}。DevinyとVolse³⁾はジャイアントケルプ (*Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh) の遊走子を用いて、遊走子の着生前に懸濁粒子が基質に堆積している場合と、遊走子が基質に着生した後で懸濁粒子が堆積する場合を想定し、懸濁粒子の与える物理的な影響について、遊走子の生存率から検討を行っている。

本研究では、わが国で産業的に最も重要な紅藻スサビノリ (*Porphyra yezoyensis* Ueda) の殻胞子を供試体とし、自然条件下で起こり得る殻胞子に対する

懸濁粒子の影響をカオリン粒子を用いて、着生殻胞子数ならびに発芽体数の測定によって検討した。

2. 材料と方法

(1) 材料、培養条件および計数方法

懸濁粒子の殻胞子の着生と生長に及ぼす物理的な影響を明らかにするため、無機懸濁粒子として粘土粒子であるカオリン (白陶土) を用いた。

カオリン懸濁海水は1/20PES培地 (Provasoli氏の強化海水の栄養塩類濃度を1/20濃度に調製した培地)⁶⁾ にカオリン (和光純薬) を加えて作成し、カオリン粒子濃度が 1, 2, 5, 10, 50, 100, 1000 mg/l になるように添加した。カオリンの粒径分布は $<1 \mu\text{m}$: 9.7%, $1\sim 2 \mu\text{m}$: 35.1%, $2\sim 5 \mu\text{m}$: 34.8%, $5\sim 10 \mu\text{m}$: 11.1%, $>10 \mu\text{m}$: 2.3%, 平均粒径は $3.1 \mu\text{m}$ であった。

ノリ殻胞子は保存培養しているスサビノリ (*P. yezoyensis* Ueda U-511株, 青森大学工学部より分譲) のフリー糸状体から、実験当日に1/20PES培地中に放出させたものを用いた。

着生実験は、培養ウェルプレート (Cell-Wells, Corning社製, 6wells, 直径34.6mm, 深さ17.6mm, 底面積9.40cm²) 底面にカバーガラス (武藤化学社

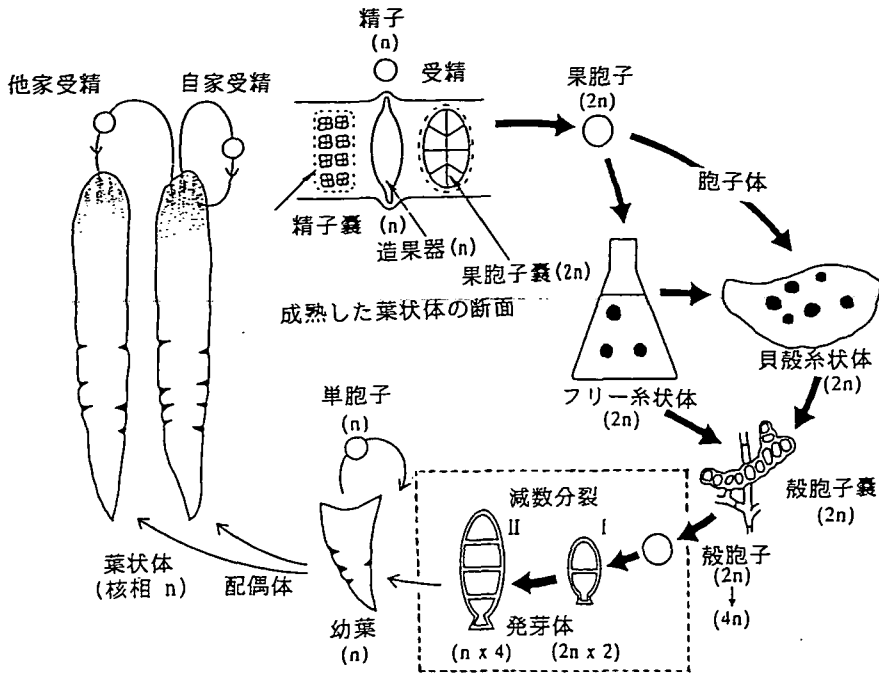


図-1 スサビノリの生活環⁷⁾。破線枠は本研究で利用した過程を示す。

製, 18mm×18mm) を置き, これを基質として密度約1000細胞/mlのノリ殻胞子およびカオリン粒子を自然沈降させた。カオリン懸濁海水と殻胞子懸濁液の総容量を10mlとした。カオリン粒子は底面(9.40cm²)に均一に沈降することから, 10mg/lの懸濁海水の10mlを用いたときの沈降した堆積粒子量は10.6μg/cm²となる。同一の粒子濃度においても堆積粒子量は水量に比例して異なり, 本研究における粒子濃度と堆積粒子量の関係(10mg/l≒10μg/cm²)は, 上記のウェルプレートを用いた本実験系のみで成り立つものである。すなわち, 10mlの海水をウェルプレートにいれたときの水深は11mmとなり, 10μg/cm²のときのカオリン沈降粒子数は(4.44±0.29)×10⁵個/cm²(n=5)であった。沈降した粒子には, 数個の粒子が凝集して微細なフロックを形成しているものが僅かにみられたが, ほとんどの粒子は凝集せずにカバーガラス上に堆積していた。カオリン懸濁海水10mg/lは濁度10度(TU: turbidity unit)であるから, 本研究で用いるカオリン懸濁海水の濃度単位であるmg/lは濁度とみなすことができる。

懸濁粒子が殻胞子の着生に影響を及ぼす現象について, 自然条件下で起こり得る殻胞子に対する懸濁粒子の物理的な影響を, 1) 殻胞子と懸濁粒子が同時に混合した状態で沈降して基質(本実験ではカバーガラス)に着生した場合, 2) 懸濁粒子が基質上に沈積し, その上に殻胞子が基質に沈積・着生した場合, 3) 殻胞子が沈降・着生し, その上に懸濁粒子が沈積した場合を想定し, 次のように再現した。

ケース1: カバーガラスを敷設した培養ウェルプレートにカオリン懸濁海水と殻胞子液を同時に注入した。

ケース2: カバーガラスを敷設した培養ウェルプレートにカオリン懸濁海水を注入後24時間静置してカオリン粒子を沈降させ, その上に殻胞子懸濁液を静かに注入した。

ケース3: カバーガラスを敷設した培養ウェルプレートに殻胞子懸濁液を注入後24時間放置して殻胞子を沈降・着生させてから, その上にカオリン懸濁海水を静かに注入した。

各ケースの対照区として1/20PES培地のみを用い

てカバーガラス上に殻胞子を着生させた。培養条件は水温15℃、光量子密度140 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ 、明暗期10hL:14hDとした。24時間後と5日後における影響試験を行うため、同様の系を2組 (n=5) 用意した。

試験開始から24時間後と5日後の着生数と発芽体数を計数した。計数方法は、試験開始から24時間後と5日後にカバーガラスを静かに引き上げ、別に用意した1/20PES培地に静かに浸漬する方法で未着生殻胞子を洗い流し、つづいてカバーガラス上に着生した殻胞子のままの個体と発芽体(1~2細胞期, 3~4細胞期, および5細胞期以上)の全数を倒立顕微鏡(ニコン社製, TMD300)で計数した。発芽体数の結果については、着生した殻胞子数と発芽体数の合計が30個体以上であったものによる。発芽率は(発芽体数)/(全数)である。洗浄操作は培地水面に対してカバーガラスを垂直に静かに3回浸し、カバーガラスに残った殻胞子及び発芽体を着生したものとした。図-1にはノリの生活環⁷⁾を示し、本研究で利用した生長過程(殻胞子~発芽体)を破線で囲んで示した。

(2) 影響評価方法

カオリン粒子のノリ殻胞子の基質への着生に対する影響を定量的に評価するため、最小影響濃度(Lowest-Observed-Effect Concentration, LOEC)および半数影響濃度(50% of Effective Concentration, EC_{50})を求めた。LOECは米国環境保護庁(U.S.EPA)の提示したANOVA test(分散分析)に従ってデータを解析した⁸⁾。 EC_{50} は、カオリン粒子濃度(およびカバーガラス上に沈殿したカオリン粒子量)を対数目盛上に、着生率を普通目盛にとってプロットし、50%に最も近い上下2つの測定値を結ぶ直線を引き、着生率50%の線との交点に相当する懸濁粒子の濃度から求めた⁹⁾。

3. 結果と考察

(1) ノリ殻胞子の着生に及ぼすカオリン濃度の影響

前述の3つのケースについて、試験開始から24時間後と5日後におけるカオリン粒子濃度とカバーガラスへの着生率の関係を図-2に、またそれぞれのケースにおける24時間後、および5日後のLOEC(24h-LOEC, 5d-LOEC)と EC_{50} (24h- EC_{50} , 5d- EC_{50})を表-1に示した。24時間後に殻胞子の着生が最も阻害された条件は、ケース1のカオリンと殻胞子を同時にウェルプレートに添加した場合である。着生数

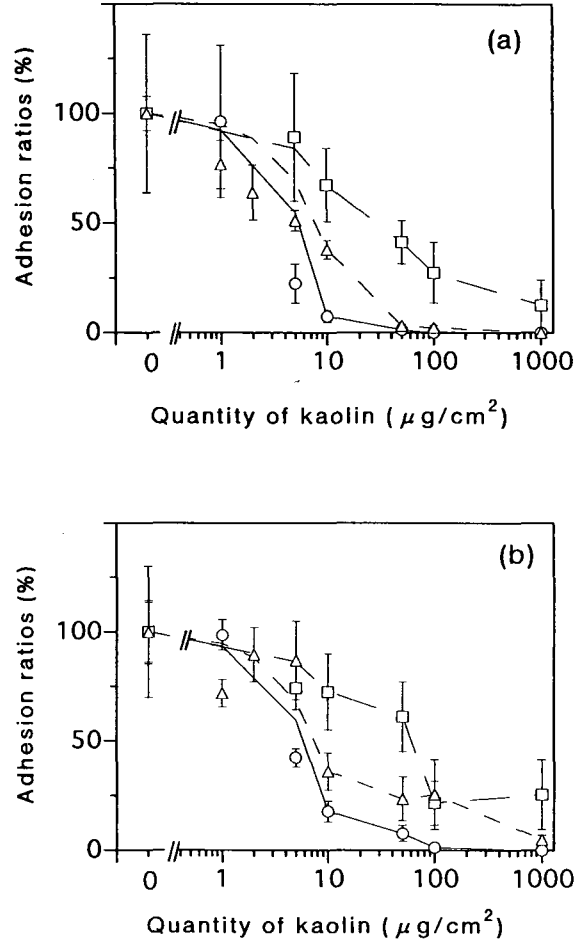


図-2 ノリ殻胞子のガラスプレートへの着生に及ぼすカオリンの影響。(n=5, エラーバーはSDを示す) (a) 24時間後, (b) 5日間後。

○: ケース1, △: ケース2, □: ケース3。

表-1 ノリ殻胞子のガラスプレートへの着生に及ぼすカオリン粒子の影響濃度。

条件	24h-LOEC	5d-LOEC	24h- EC_{50}	5d- EC_{50}
	Quantity of kaolin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)			
ケース1	5	5	3	3
ケース2	1	10	5	8
ケース3	10	50	28	62

はカオリン粒子濃度 $10\mu\text{g}/\text{cm}^2$ で対照区の7.5%に減少し、 $100\mu\text{g}/\text{cm}^2$ では全く認められなかった。24h-EC₅₀は $3\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。次いで着生が阻害された条件は、ケース2の沈降したカオリン上に殻胞子を添加した場合である。カオリン粒子濃度の増加とともに着生率が低下して $10\mu\text{g}/\text{cm}^2$ で対照区の37.8%に減少し、 $50\mu\text{g}/\text{cm}^2$ では3.1%まで減少した。ケース2の24h-EC₅₀は $5\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。ケース2の24h-LOECはケース1より低く、 $1\mu\text{g}/\text{cm}^2$ となったが、この着生率は対照区に対して70%であり、 $5\sim 100\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の濃度区を比較するとケース1の方が着生阻害作用は大きかった。これらに対して、カバーグラス上に沈降・着生した殻胞子上に懸濁粒子を添加したケース3では、阻害が最も小さく、 $100\mu\text{g}/\text{cm}^2$ においても対照区の27.3%の着生率を示し、さらに1オーダー高い $1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ においても10%が着生していた。なお、24時間後における全着生殻胞子数は対照区で $32\sim 97$ 個体/ cm^2 であった。

5日後においては、ケース2、3では24時間後の結果と比較して着生率が50%を下回る場合の濃度が高くなり、試験期間の長い方が着生阻害に対する影響が小さくなった。ケース2、3の5d-LOECおよび5d-EC₅₀は、それぞれの24h-LOECと24h-EC₅₀よりも高い値を示した。このことは時間経過とともに殻胞子の着生能力が高まり、懸濁粒子に対する抵抗性を獲得したためと考えられた。しかし、ケース1については、24時間と5日後では類似した結果を示しているため、カオリン粒子による着生阻害が最も大きく受けることを示している。一方、ケース3の場合、着生率は最も高かった。 $1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ においてもなお25.5%の着生率を示したように、このことは、すでに着生した殻胞子には $1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の粒子が沈降しても、対照区の1/4に相当する殻胞子が着生できる抵抗性を獲得していることを意味する。なお、5日後における全着生殻胞子数は対照区で $50\sim 148$ 個体/ cm^2 であった。

以上の結果から懸濁粒子による着生阻害の機構について考察する。ケース1では、殻胞子(直径約 $10\mu\text{m}$)に数個のカオリン粒子($1\sim 5\mu\text{m}$)が付着していることが顕微鏡下で観察された。このため、沈降時にカオリン粒子が殻胞子に付着したカオリン粒子の密度が殻胞子より高いために、着生時にカオリン粒子が殻胞子の下になり、殻胞子表面が基質に直接的かつ確実に着生できないこと、他のカオリン粒子の沈降によって安定的に着生できる基質面積が減少することが着生阻害の要因と

考えられる。ケース2は、すでにカオリン粒子が基質上に沈降しているため、安定的に着生できる面積が減少したと考えられる。他方、ケース3は殻胞子が基質に沈降・着生した後にカオリン粒子が堆積するので、殻胞子の基質への着生阻害作用が最も低いと考えられる。

DevinyとVols³⁾はジャイアントケルプの遊走子について、遊走子着生後に懸濁粒子を堆積させた場合よりも、遊走子と懸濁粒子を同時に添加したか、または沈降した懸濁粒子上に遊走子を添加した場合の方が基質への着生が著しく阻害されると報告している。また、荒川と松生⁵⁾はワカメの遊走子を用いて本研究のケース2と類似した実験(基質上に堆積したカオリン粒子上に遊走子を添加した)を行っている。これらの結果と本研究結果を比較すれば、ノリ殻胞子も褐藻の遊走子も実際の海域で着生を著しく阻害されるのは、懸濁粒子が同時に混合する状態で着生基質に沈降到達する場合と放出時期の前に懸濁粒子が流入して基質上に沈降堆積する場合であること、またノリ殻胞子の全く着生できない堆積粒子量は $100\mu\text{g}/\text{cm}^2$ で、ワカメ遊走子の $3000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ より著しく低濃度でることがわかった。

以上のことから、ノリ殻胞子は極めて低濃度(堆積粒子量)の懸濁粒子の影響を受ける、すなわち海水中の懸濁粒子に対して極めてよい感度を示す供試体であることが明らかとなった。また、ノリ殻胞子は紅色で直径 $10\mu\text{m}$ 程度であり、観察が容易である。さらに、ノリ殻胞子は実験室において水温、照度および日長などの培養条件を変えるのみで通年容易に入手でき、随時実験に供することが可能である。この点は他の海藻では極めて困難であり、試験生物として極めて重要な性質である¹⁰⁾。

(2) ノリ殻胞子の発芽におよぼす影響

着生した殻胞子の発芽状態を知るため、図-3には、5日後における対照区の発芽率に対する3つのケースの発芽率の比を示した。着生した殻胞子の発芽率はケース2のカオリン粒子上に胞子が着生した場合、いずれのカオリンの堆積粒子量においても対照区より有意に低かった。この場合、本実験の最低の堆積粒子量である $1\mu\text{g}/\text{cm}^2$ においても、対照区と比較して着生した胞子数の30%しか発芽していない。この粒子量における殻胞子の着生率は70%以上であった(図-2)ので、着生しても発芽できない個体が多いことを示している。基質と殻胞子との間にカオリン粒子が存在することによって着生が不確実になる(図-2、表-1)ことに続いて、殻胞子の発芽に対

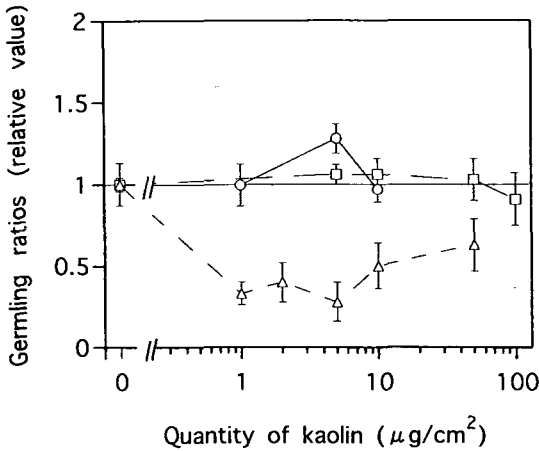


図-3 5日間後における粒子量と発芽率の関係。
(n=5, エラーバーはSDを示す)
○: ケース1, △: ケース2, □: ケース3.

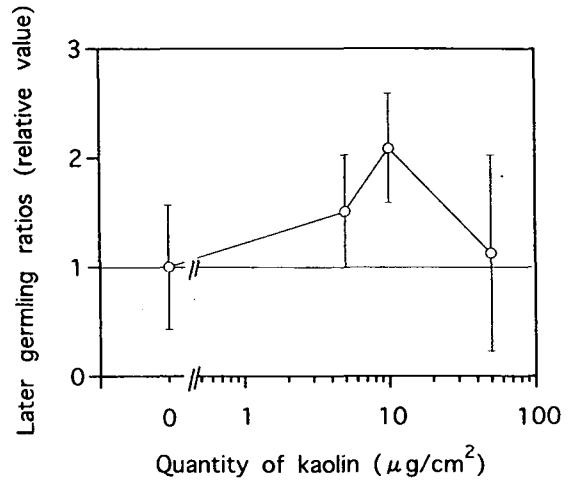


図-4 5日間後における粒子量と全着生個体数に対する5細胞期以上に生長した発芽体数の割合の関係。(n=5, エラーバーはSDを示す)

しても極めて低い懸濁粒子で影響を及ぼす可能性のあることが明らかとなった。

懸濁粒子は沈降するので、水流が小さければ同じ懸濁物濃度においても水深が深いほど堆積粒子量が多くなる。すなわち、非常に低い濃度でも水深が大きければ胞子の着生・発芽に与える影響が大きくなるといえる。たとえば、水産用水基準(1995年)¹¹⁾による懸濁物質量2mg/lが添加された海水は、水深が1mの場合、全ての懸濁粒子が沈降したとすると、堆積粒子量は200μg/cm²となり、水深10mではこの10倍量になる。本研究で得られた着生阻害濃度(表-1)および発芽に影響を及ぼす堆積粒子量(1μg/cm²)と比較して非常に大きい値である。

一方、ケース3の沈降・着生した殻胞子上に粒子が堆積した場合では、対照区と同等かそれ以上の着生胞子の発芽が認められたので、本試験の濃度区内においては、一度確実に着生すれば、懸濁物質が堆積しても殻胞子の発芽は阻害されないと考えられる。そこでケース3において、各カオリン粒子濃度における全着生個体数に対する5細胞期以上に生長した発芽体数の割合を対照区と比較した(図-4)。発芽体数の割合は試験区(カオリン粒子濃度5, 10μg/cm²)では対照区と比較して有意(p<0.01)に高い傾向を示し、50μg/cm²においては有意差はないと判定された。アラメおよびカジメの配偶体は生長につれて懸濁物質に対する耐性が高まると報告されている²⁾。本研究結果からも、ノリ殻胞子の基質への着生は微量の懸濁粒子の存在によって著しい阻害

を受けたが、着生に成功した殻胞子は1000μg/cm²のカオリン粒子が堆積しても対照区の1/4が生存できることが明らかであった。このことから、海藻の胞子および遊走子は基質へ着生するときに懸濁粒子の著しい影響を受けるが、それ以降の過程では生長とともに適応能力が高まると考えられる。

(3) 懸濁粒子の海藻群落形成におよぼす阻害作用
海藻群落の保全に最も重要なことの一つは、海藻の胞子および遊走子を基質へ確実に着生させることである。本研究によって懸濁粒子の沿岸域への流入は、少量であっても基質への着生を阻害する可能性が高いことが明らかになった。坂本¹²⁾は近年急激に藻場が衰退している宮崎県沿岸域の環境調査を数年にわたり詳細に行い、懸濁物質量(SS)が2~37mg/lの範囲で変動しているの、懸濁粒子量の増加が藻場衰退の一つの要因であることを示している。この海域では、懸濁粒子が胞子および遊走子の着生を阻害していた可能性が十分に考えられる。

海藻の胞子および遊走子の放出時期は、それぞれ異なる。たとえば、ノリの殻胞子では秋~冬季、ワカメの遊走子では春~夏季、コンブの遊走子では秋~冬季である。本研究でノリの殻胞子が基質へ着生する過程が最も懸濁粒子の影響を受けると考えられたことから、胞子および遊走子の放出時期と懸濁粒子の発生時期との関係が群落形成において極めて重要となる。沿岸域の懸濁粒子の発生する人為的な要因として、浚渫、海底改良、護岸造成などの海洋土

木工事があり、現在では濁りの予測を行い、さらに基本監視ラインをSSとして10~50mg/l程度に設定して周辺海域への影響を配慮して工事を行っている¹³⁾。しかし本研究の結果では、ケース1, 2の条件が生じた場合には人為的な懸濁粒子の負荷が10mg/lでも海藻群落の形成阻害原因となっている可能性がある。たとえば、水深10mの水流のない閉鎖海域を想定した場合、発生した全ての懸濁粒子が沈降したとすると0.1mg/lの懸濁粒子濃度で、本研究で得られたノリ殻胞子の着生不可堆積粒子量である $100\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (図-2-a)に相当する粒子量に達することになる。水深が深いほど負荷となる懸濁粒子濃度は低くしなければならない。したがって工事の周辺海域の海洋環境と海藻の植生を把握し、胞子および遊走子の放出時期の作業は極力避けること、ならびに海洋工事で発生する懸濁海水の処理が必要と考える。また、降雨時には2,000mg/lを越える懸濁物質を含んだ雨水流出水が未処理のまま局所集中的に公共用水域に排出されている¹⁴⁾。懸濁物質を含む淡水(河川水、排水)は海水との密度差があるため海面の表層に薄い層を形成して広範囲に広がっていき、海藻の生育する場、すなわち基質上に懸濁粒子は堆積する可能性がある。したがって海藻群落の保全あるいは回復には、陸上での懸濁物質を含む排水の管理も極めて重要な課題である。

4.まとめ

ノリ殻胞子の基質への着生および発芽に対するカオリン粒子のおぼす影響について、自然条件下で起こり得る3つの異なるケースを仮定して実験を行ってその結果を検討し、以下の知見を得た。

(1) 着生に関して最も著しい影響を示したケースは、殻胞子とカオリン粒子が同時に混合した状態で基質に到達した場合であり、5d-LOECと5d-EC₅₀は、それぞれ $5\mu\text{g}/\text{cm}^2$ と $3\mu\text{g}/\text{cm}^2$ と見積もられた。

(2) カオリン粒子が基質上に堆積している上に殻胞子が到達した場合においても著しい着生阻害がみられ、5d-LOECと5d-EC₅₀は、それぞれ $10\mu\text{g}/\text{cm}^2$ と $8\mu\text{g}/\text{cm}^2$ と見積もられた。 $1\mu\text{g}/\text{cm}^2$ のカオリン粒子量は、粒子密度で表すと 4.4×10^4 個/ cm^2 (平均粒子径 $3.1\mu\text{m}$)である。また、カオリン懸濁粒子が基質に堆積している上に殻胞子が到達して着生した場合では、着生した殻胞子の発芽に関して著しい影響($1\mu\text{g}/\text{cm}^2$)を示したことから、この条件下で殻胞子が着生できたとしても、発芽・生長することは困難であることが明らかになった。

(3) 懸濁物質の堆積量は水深にもなって増加するため、濃度とともに水深を考慮しなければならない。

(4) 殻胞子が着生した上に懸濁粒子が沈降堆積した場合には、着生した殻胞子の発芽・生長には影響を及ぼさない。

(5) ノリ殻胞子の基質への着生および発芽に影響を与える懸濁粒子濃度は、極めて低く $1\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、沿岸域への人為的な懸濁粒子の負荷は海藻群落の形成を阻害する原因となっている可能性のあることが示唆された。

参考文献

- 1) 齊藤雄之助：下水処理水と漁場環境(渡辺鏡編)，恒星社厚生閣，pp.72-75，1987。
- 2) 寺脇利信，川崎保夫，本多正樹，山田貞夫，丸山康樹，五十嵐由雄：海中林造成技術の実証。第2報三浦半島西部でのアラメおよびカジメの生態と生育特性，電力中央研究所報告，U91022，pp.37-64，1991。
- 3) Devinsky, J. S., L. A. Volse: Effects of sediment on the development of *Macrocystis pyrifera*. *Marine Biology*, vol.48, pp.343-348, 1978.
- 4) 荒川久幸，松生治：褐藻類カジメ・ワカメの遊走子の沈降速度および基質着生に及ぼす海水中懸濁粒子の影響，日本水産学会誌，Vol.56，pp.1741-1748，1990。
- 5) 荒川久幸，松生治：褐藻類カジメ・ワカメの遊走子の着生と生長，生残および成熟に及ぼす海底堆積粒子の影響，日本水産学会誌，Vol.58，pp.619-625，1992。
- 6) 丸山俊朗，三浦昭雄，吉田多摩夫：静置培養における養殖ノリの生育に及ぼす都市下水処理水の影響，日本水産学会誌，Vol.53，pp.2235-2241，1985。
- 7) 三浦昭雄：食用藻類の栽培，(三浦昭雄編著)，恒星社厚生閣，pp.11-24，1992。
- 8) USEPA(Cincinnati-OH) Short-term methods for estimation the chronic toxicity of effluents and receiving waters to marine and estuarine organisms. US Environmental Protection Agency, EPA/600/4-87/028, 1988.
- 9) 小林直正：水汚染の生物検定，サイエンティスト社，pp.8-10，1993。
- 10) 丸山俊朗，三浦昭雄：海藻を供試生物とした都市下水処理水の生物検定，水環境学会誌，Vol.16，pp.327-338，1993。
- 11) 日本水産資源保護協会：懸濁物質(SS)，水産用水基準，日本水産資源保護協会，pp.20-21，1995。
- 12) 坂本龍一：クロメ藻場衰退原因調査結果，南西海ブロック藻類研究会誌，Vol.14，pp.62-77，1994。
- 13) 堀江毅：港湾浚渫が沿岸域に及ぼす影響，用水と廃水，Vol.28，pp.54-59，1986。
- 14) 柏谷衛：新体系土木工学-下水道，技報堂出版，pp.67-74，1980。

EFFECTS OF SUSPENDED OR ACCUMULATED KAOLINITE PARTICLES
ON ADHESION AND GERMINATION OF *PORPHYRA YEZOENSIS*
CONCHOSPORES

Yoshihiro SUZUKI, Toshiro MARUYAMA, Akio MIURA and Jong-ahm SHIN

Effects of suspended or accumulated kaolinite particles on the adhesion and the germination of *Porphyra yezoensis* conchospores were investigated under three types of condition; 1) suspended of conchospores with particles together, 2) accumulated of particles on the substrate before conchospores adhesion, and 3) accumulated of particles on adhered conchospores. Condition-1 was the most effective, and the 50 % of effective concentration (EC_{50}) was $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. When condition-2, it was difficult for conchospores to germinate even though $1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ of kaolinite particles. We may, therefore, reasonably conclude that the damages of seaweed community result from generation of suspended matters by human being's developmental activities in the coastal region.