

バイオプラスチック製ノリ養殖網を用いた野外養殖試験

谷田圭亮^{*1*2}・増田恵一^{*1}

Cultivation of Susabi-nori *Porphyra yezoensis* Using a "Bio-plastic" Nori Culture Net

Keisuke TANIDA^{*1*2} and Keiichi MASUDA^{*1}

近年、各種漁業における漁網、養殖網や資材などの廃棄物の処理については、その素材が主にプラスチックであるため、焼却時に有害物質が発生することや燃焼カロリーが高いこと、また、埋没処理に適した場所が少ないこと等により、陸上での処理に苦慮しているところである。さらに、事故等が原因で海中流失した場合でも、その素材の性質により分解されることがなく、いつまでも原形を保つため、環境破壊につながり、社会的にも大きな問題となっている。

一方、兵庫県のノリ養殖業は生重量59,562トンと全国1位の生産量があり、県下の漁業生産の約27%を占める主幹漁業である。¹⁾一漁期中に使用されるノリ養殖網は約43万枚に上り、そのうちの半数から3/4が毎年更新されている。現在、使用済みのノリ養殖網は、一部には農業、林業用の資材へ転用されるものもあるが、全てをまかなうほどの需要はなく、ほとんどが産業廃棄物として処理されている。²⁾

そこで、本試験では焼却処理あるいは事故等による海中流失が起こっても、環境に対する負担が極めて少ないとされる生分解性プラスチック（バイオプラスチック）を原材料としたノリ養殖網を開発するため、ノリ葉体の生育あるいは養殖管理上の作業性、ノリ養殖網としての強度等の面から最も適した物性のもののスクリーニングを行うことを目的とし、「バイオプラスチック応用技術開発試験」³⁾の中で指摘された問題点を再検討するために、野外養殖試験を行った。

「バイオプラスチック応用技術開発試験」の中では、ノリ養殖網の原材料としてバイオプラスチックの有効性が示唆された。しかし、一般に使用されているノリ養殖網より網糸としての保水力が劣るため、通常の育苗管理を行うと干出過多となることや、一般のノリ養殖網に重ね合わせて育苗を行うと、柔軟性の違いから網どうしのスレによる芽落ちが起こること、また、特定の付着珪藻 (*Melosira* sp.) による網糸の「汚れ」がみられる等の問題点が指摘された。

そこで、1992年度はバイオプラスチックを原材料としたノリ養殖網のみを別の育苗施設において管理することにより芽落ちを防ぎ、バイオプラスチックの特性に適合した管理による野外養殖試験を行うこととした。また、バイオプラスチック製ノリ養殖網において網糸の編網方法の違いによる「汚れ」の付着状況を調査することにより、バイオプラスチックに最適の編網方法をスクリーニングすることとした。

材料と方法

本試験に用いたバイオプラスチックは、ゼネカ株式会社製のバイオポール (Biopol)⁴⁾ をユニチカ株式会社および第一製網株式会社にてノリ養殖網に加工したものである。

*1 兵庫県立水産試験場 (Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station, Minami-Futami Akashi 674)

*2 現所属：兵庫県保健環境部環境局水質課 (Water Quality Division, Environment Bureau, Public Health and Environment Department, Hyogo Prefectural Government, Kobe 650)

バイオプラスチック製ノリ養殖網を用いた野外養殖試験

バイオプラスチック製ノリ養殖網(第1表:以下試験網)6枚を用いて1992年10月4日に神戸市漁協において陸上採苗を行い、10月5日から明石浦地先漁場(区8)にて育苗を行った(第1図)。1991年度試験により、試験網は耐干出性が低い(干出が効きすぎる)ことがわかっているため、試験網のみを別の育苗施設に設置し(第2図)、干出時間を短めに調整することとした。10月31日に育苗を終了し、一旦冷凍入庫した後、11月19日から同漁場において前期生産のための本張りを開始した。

試験期間中に適宜サンプリングを行い、網糸に対するノリ葉体の付着状況および生長について、一般のノリ養殖網(対照網)と比較調査を行った。また、前期生産を終了した時点での試験網表面の分解状況を走査型電子顕微鏡(日立,S-430)により観察した。

編網方法の違いによるバイオプラスチック製網糸に対する「汚れ」の比較試験

編網方法の異なる12種類のバイオプラスチック製網糸(第2表および第3図)について、ノリ養殖環境下での「汚れ」の付着状況を調査した。試

験網と同様に1992年10月5日から10月31日までの間、育苗漁場に垂下し、一旦冷凍入庫の後、11月19日から12月22日まで同漁場に垂下したのについて、網糸に付着する「汚れ」の観察を行った。

海水浸漬によるバイオプラスチック単繊維の分解試験

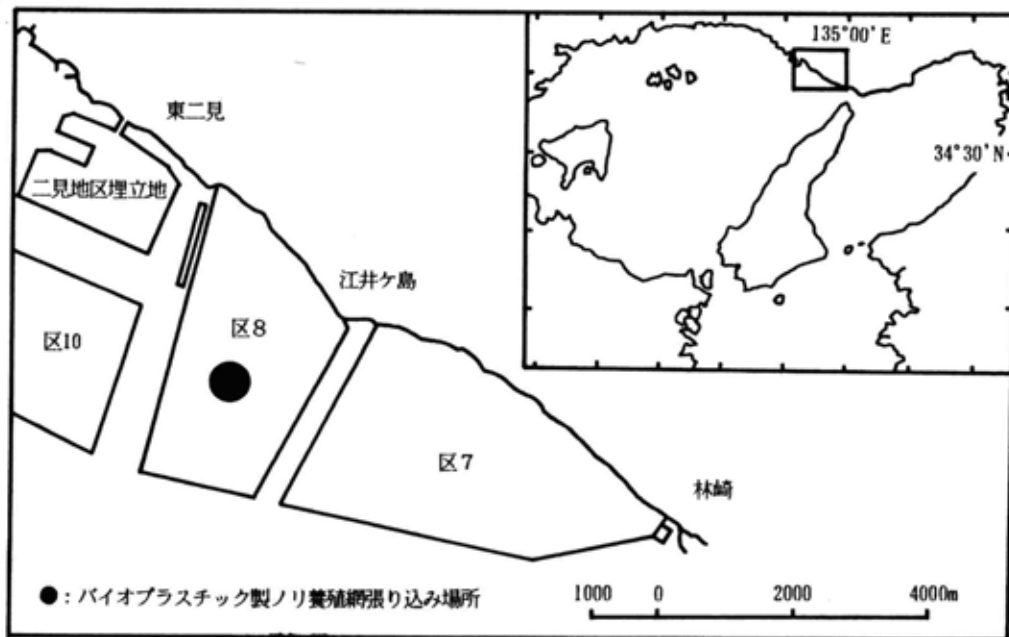
バイオプラスチックの生物分解については、これまでに土壤中における分解速度の検討がなされている。⁽¹⁻⁶⁾また、海水中での分解は外海の深層水で調査されているが、ごく沿岸の海水中におけるデータは乏しい。そこで、本試験で用いた試験網の沿岸海水中での分解状況を調査すると同時に、ごく短期間での網糸表面の構造の変化をみるため、バイオプラスチック単繊維を用いて分解試験を行った。

兵庫県立水産試験場前で採取した海水を用い、2l容の三角フラスコ中で、23℃、通気条件で試験開始から5日、15日、30日後に取り出し、表面構造の変化を走査型電子顕微鏡によって観察した。

また、同様の条件でクレモナ(ビニロン)単繊維についても比較試験を行った。

第1表 バイオプラスチック製ノリ養殖網の構成

網 糸 構 成	バイオプラスチック単繊維(1500d) 5本×3
直 径	2.40mm
試 験 網	1.63m×2.00m



第1図 バイオプラスチック製ノリ養殖網を用いた野外養殖試験漁場

第2表 編網方法の異なるバイオプラスチック製網糸

No.	ク ラ ス	Total織度(D)	下燃(T/W)	中燃(T/W)	上燃(T/W)
1	1500d/5*3	22500	S140		Z 72
2	1500d/4*4	24000	S140		Z 72
3	1500d/4*3	18000	S140		Z 72
4	1500d/4*2*2	24000	S 80	Z 72	S 52
5	1500d/3*4	18000	S140		Z 72
6	1500d/3*2*2	18000	S 80	Z 72	S 52
7	1500d/2*4*2	24000	S 80	Z 72	S 52
8	1500d/2*2*4	24000	S 80	Z 72	S 52
9	1500d/3*5	22500	S140		Z 72
10	1500d/1*16	24000	製紐	歯	上30下80
11	1500d/1*16	24000	製紐	歯	上35下65
12	1500d/1*16	24000	製紐	歯	上55下55

結果

バイオプラスチック製ノリ養殖網を用いた野外養殖試験

試験網の育苗時における、干出時間を中心とした管理計画と実績について、第3表に示した。試験網の干出時間は、概ね事前に設定した干出予定時間より長いという傾向があったが、対照網と比較すると短時間であった。

また、試験網の網糸は付着珪藻等による汚れが多く、これを落とすため、10月16日に酸処理を行っている。

育苗期間中の10月12日、10月16日、10月20日、10月24日にサンプリングを行い、ノリ葉体の付着および生育状況を調査した。この結果は第4表および第4図に示した。ノリ葉体の付着密度については、1992年度の試験においても育苗のごく初期の段階で大量のノリ葉体の脱落がみられたが、残ったノリ葉体の生長は対照網とほぼ同程度であった。

また、前期生産は11月19日に本張りを開始してから3回の摘採を行ったが、11月下旬より本漁場で発生した「穴あき症」が大きな生産被害をもたらしたため、生産量の検討を行うには至らなかった。なお、12月22日には症状悪化のために試験網、対照網ともに撤去した。本張り開始後、11月27日における試験網および対照網のノリ葉体の付着状況について、第5図に示した。

前期生産終了時における試験網の分解状況について、光学顕微鏡による観察を行うとともに、特に破損の目立つ箇所を第6図に示した。1992年度試験に用いた試験網

は、1991年度の試験網より柔軟性が増しているが、第6図に示すような破損箇所があり、ノリ養殖網としての強度に問題を残している。

さらに、養殖試験前後の試験網をほぐし、単繊維としたものの走査型電子顕微鏡での観察像を第7図に示した。網糸表面にあたる部分では生分解により表面構造が大きく変化していたが、網糸内部にあたる部分の分解はほとんど進んでいなかった。

編網方法の違いによるバイオプラスチック製網糸に対する「汚れ」の比較試験 編網方法の異なる12種類のバイオプラスチック製網糸を用い、編網方法の違いによる「汚れ」の付着状況を調査した。育苗期に養殖漁場で26日間、その後18日間の冷凍保存、前期生産期に養殖漁場で34日間経過したそれぞれの網糸における「汚れ」の状況は第8図に示すとおりである。

もっとも「汚れ」の付着が目立ったのはNo.10からNo.12の製紐としたものであり、次に「汚れ」がひどかったのはNo.4およびNo.6からNo.8であった。編網方法が複雑になるほど「汚れ」の付着が多い傾向がみられ、通常のノリ養殖網と同様の編網方法の網糸が最も「汚れ」が少ない傾向にあった。

海水浸漬によるバイオプラスチック単繊維の分解試験 試験開始から5日、15日、30日後に取り出したバイオプラスチック単繊維とクレモナ（ビニロン）単繊維につい

第3表 バイオプラスチック製ノリ養殖網の育苗管理計画と実績 (1992年10月)

月・日	試 干出予定時間	験 実際の干出時間	網 干出時間	対 照 網 干出時間	網 洗 い	そ の 他
10/05	-	-	(00:00)		無	試験網育苗開始
10/06	-	-	(00:00)	00:00	無	対照網育苗開始
10/07	00時間40分	06:00~06:30	(00:30)	00:40	無	
10/08	00時間40分	-	(00:00)	00:00	無	雨
10/09	00時間40分	06:00~07:30	(01:30)	01:50	無	
10/10	01時間00分	05:50~07:50	(02:00)	02:10	無	
10/11	01時間00分	05:20~07:20	(02:00)	02:10	無	
10/12	01時間00分	05:20~07:10	(01:50)	02:40	無	
10/13	01時間30分	06:30~07:50	(01:20)	02:20	無	
10/14	01時間30分	-	(00:00)	00:00	無	雨
10/15	01時間30分	09:30~11:30	(02:00)	02:30	無	雨のち曇
10/16	02時間00分	-	(00:00)	00:00	無	酸処理
10/17	02時間00分	06:30~08:30	(02:00)	02:20	無	
10/18	02時間00分	06:50~08:50	(02:00)	02:10	無	
10/19	02時間00分	06:30~08:30	(02:00)	02:20	無	
10/20	02時間30分	06:50~09:00	(02:10)	02:40	無	
10/21	02時間30分	06:50~09:00	(02:10)	02:10	無	
10/22	02時間30分	06:50~09:30	(02:40)	03:10	無	
10/23	03時間00分	06:30~09:30	(03:00)	03:30	無	
10/24	03時間00分	-	(00:00)	00:00	無	雨
10/25	03時間00分	06:30~09:30	(03:00)	03:00	無	
10/26	03時間00分	06:50~10:00	(03:10)	03:30	無	
10/27	03時間00分	06:30~09:40	(03:10)		無	対照網入庫
10/28	03時間00分	06:30~09:40	(03:10)		無	対照網入庫
10/29	03時間00分	06:30~09:40	(03:10)		無	
10/30	03時間00分	07:00~10:30	(03:30)		無	
10/31	03時間00分				無	試験網入庫

第4表 バイオプラスチック製ノリ養殖網におけるノリ葉体の付着密度および生長 (1992年10月)

月・日	ノリ葉体付着密度 (光学顕微鏡100倍視野あたり)	葉 長 ($\mu\text{m} \pm$ 標準偏差)
10/04	46.2 \pm 5.5	-
10/12	5.9 \pm 1.4	211 \pm 24.7
10/16	5.0 \pm 1.5	598 \pm 102.0
10/20	6.8 \pm 1.6	1666 \pm 109.5
10/24	5.0 \pm 1.5	3056 \pm 369.2

で、それぞれ走査型電子顕微鏡によって表面構造の変化を観察した。この結果は第9図に示した。

クレモナ(ビニロン)単繊維では、単繊維表面に多くの起伏が認められ、30日を経過したのものでも表面構造にはほとんど変化はみられなかった。一方、バイオプラスチック単繊維は、5日経過したものにも明かな変化がみ

られ、表面構造が櫛状になっているのが観察された。また、日数が経過するに従って、櫛状の構造が顕著となり、生分解はかなり早いスピードで進んでいることが推察された。

考察

1991年度試験では、育苗期のノリ葉体の脱落は、干出過多もしくは試験網の柔軟性が乏しいことによる他の網とのスレが原因であると推察したが、1992年度試験の結果は、これらが原因であることを否定した。

1992年度試験では試験網について特別に干出時間の調節を行ったため、干出過多による影響は考えにくい。また、ノリ葉体の脱落が起こるのは、育苗のごく初期であり、この時期のノリ葉体は極めて小さく、網どうしのス

レの影響もほとんどないと考えられる。

1992年度試験の結果より、ノリ葉体の脱落原因を推察した。バイオプラスチック単繊維の表面は、非常に滑らかであることと、網糸を構成する原糸が1500デニールと太いため編網後の網糸としての起伏が少なく、ノリ殻胞子が付着後、安定しないと考えられる。この時期に養殖漁場において波浪等の影響を受け、ノリ葉体は脱落するのではないかと考えられる。

一方、バイオプラスチックはごく短期間であっても海水中で生分解が起こり、表面構造が変化してくる。¹⁾本試験よりたとえ5日程度の短期間であっても、海水浸漬処理を行うことによって網糸の表面を粗にすることが可能であり、このような処理を行った後に採苗することによって、付着した殻胞子を安定させることが可能である

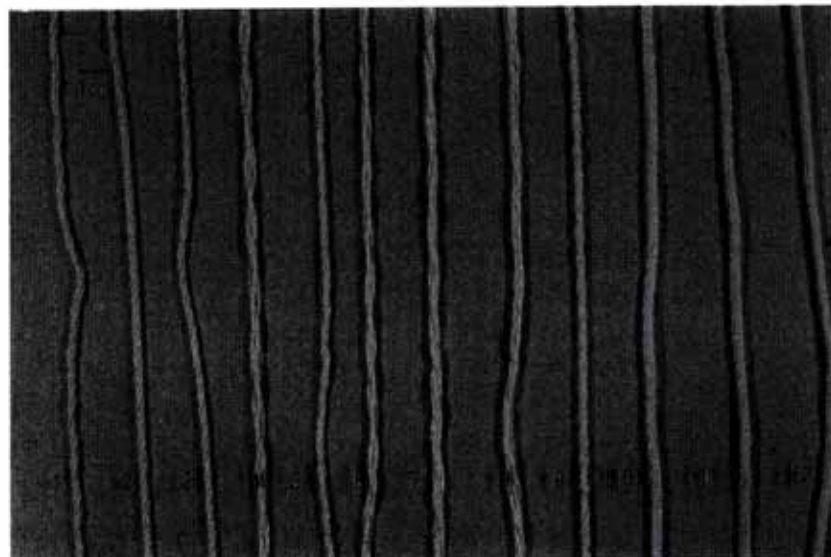
と考えられる。

網糸の編網方法の違いによる「汚れ」の付着状況については、編網方法が複雑になるに従い「汚れ」の付着が顕著になる傾向があり、編網方法を変えることによって網糸表面の起伏を増やすことは、かえって「汚れ」を増加させることにつながるということがわかった。

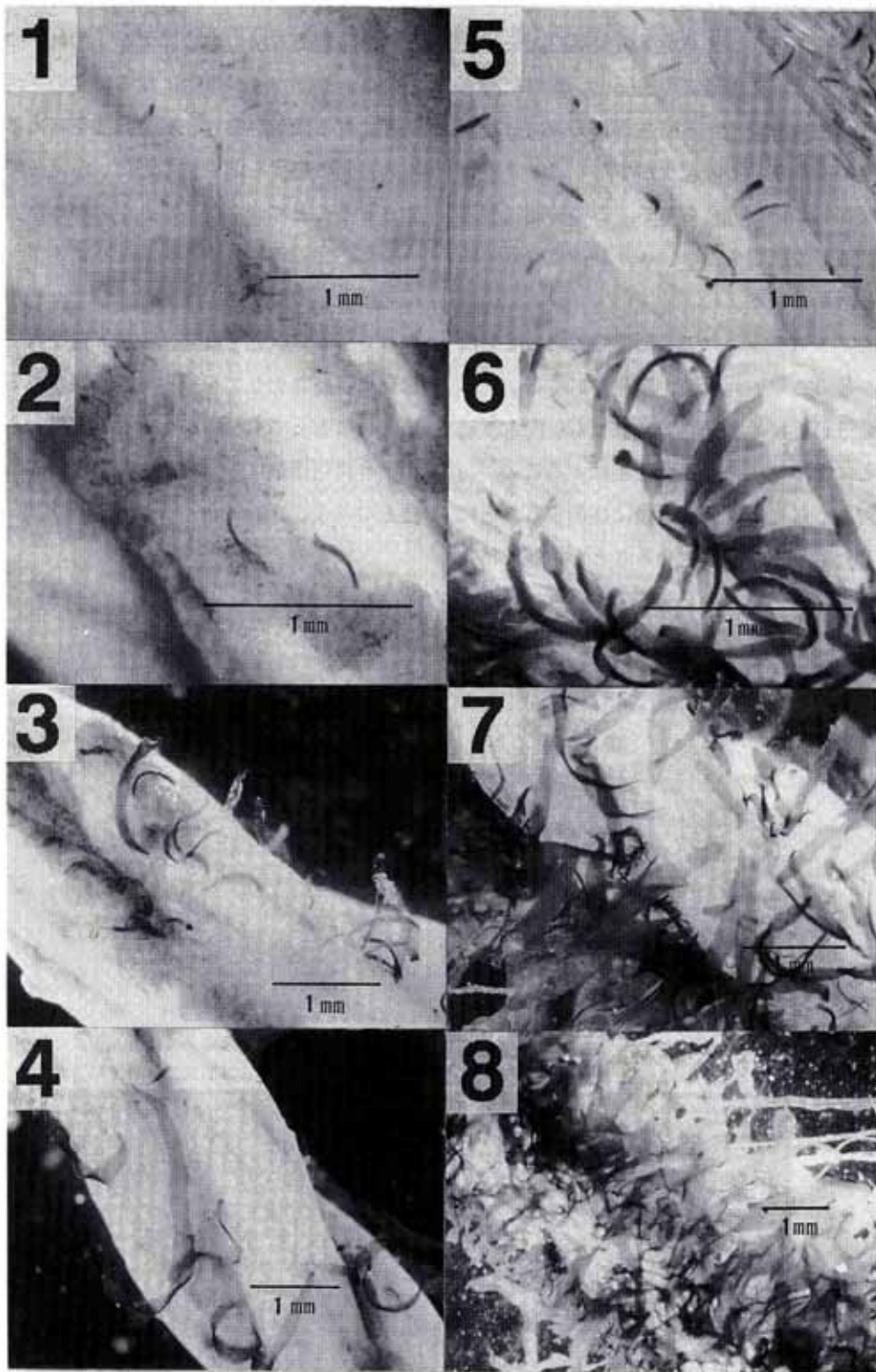
また、1992年度試験に供したバイオプラスチックには、可塑剤としてトリアセチン（トリアセチルグリセロール）がペレットの状態で9%（重量）含まれている。¹⁾この物質にはバクテリアを凝集する効果があると考えられ、珪藻類にとっても付着を促すことが考えられる。このため、今後可塑剤に対して抗菌剤を混入する等の検討が必要となろう。



第2図 バイオプラスチック製試験網の育苗施設

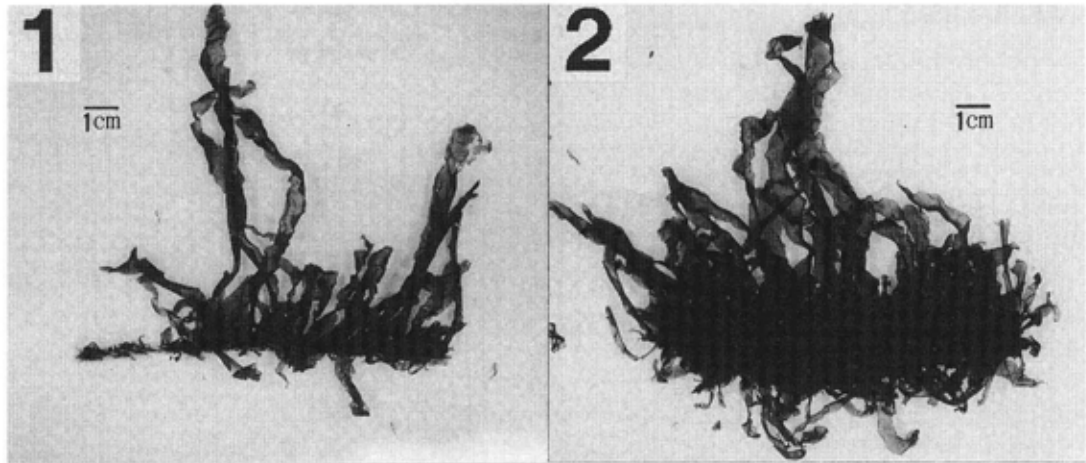


第3図 編網方法の異なるバイオプラスチック製網糸

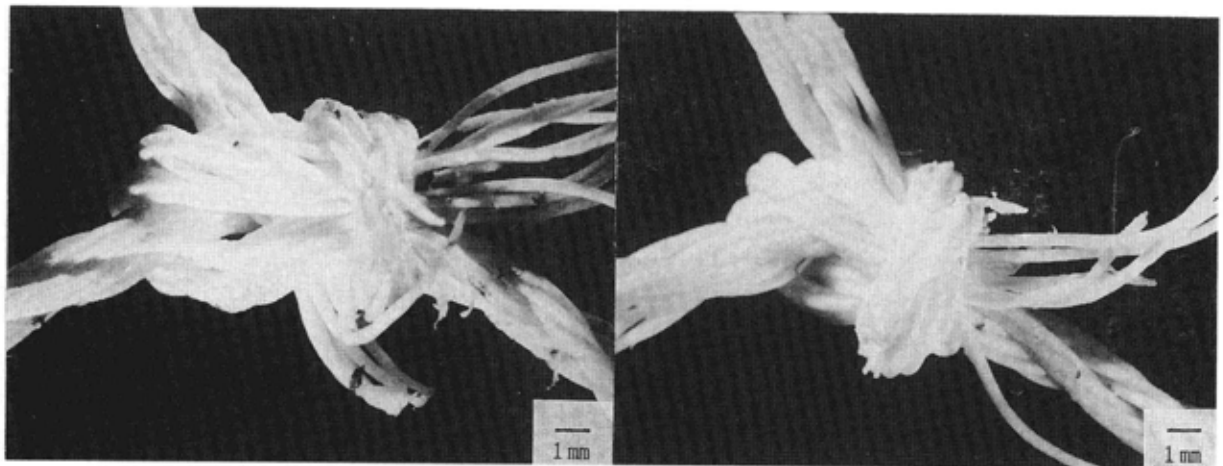


第4図 育苗期間中のバイオプラスチック製試験網および対照網（一般網）におけるノリ葉体の生長（1992年10月）

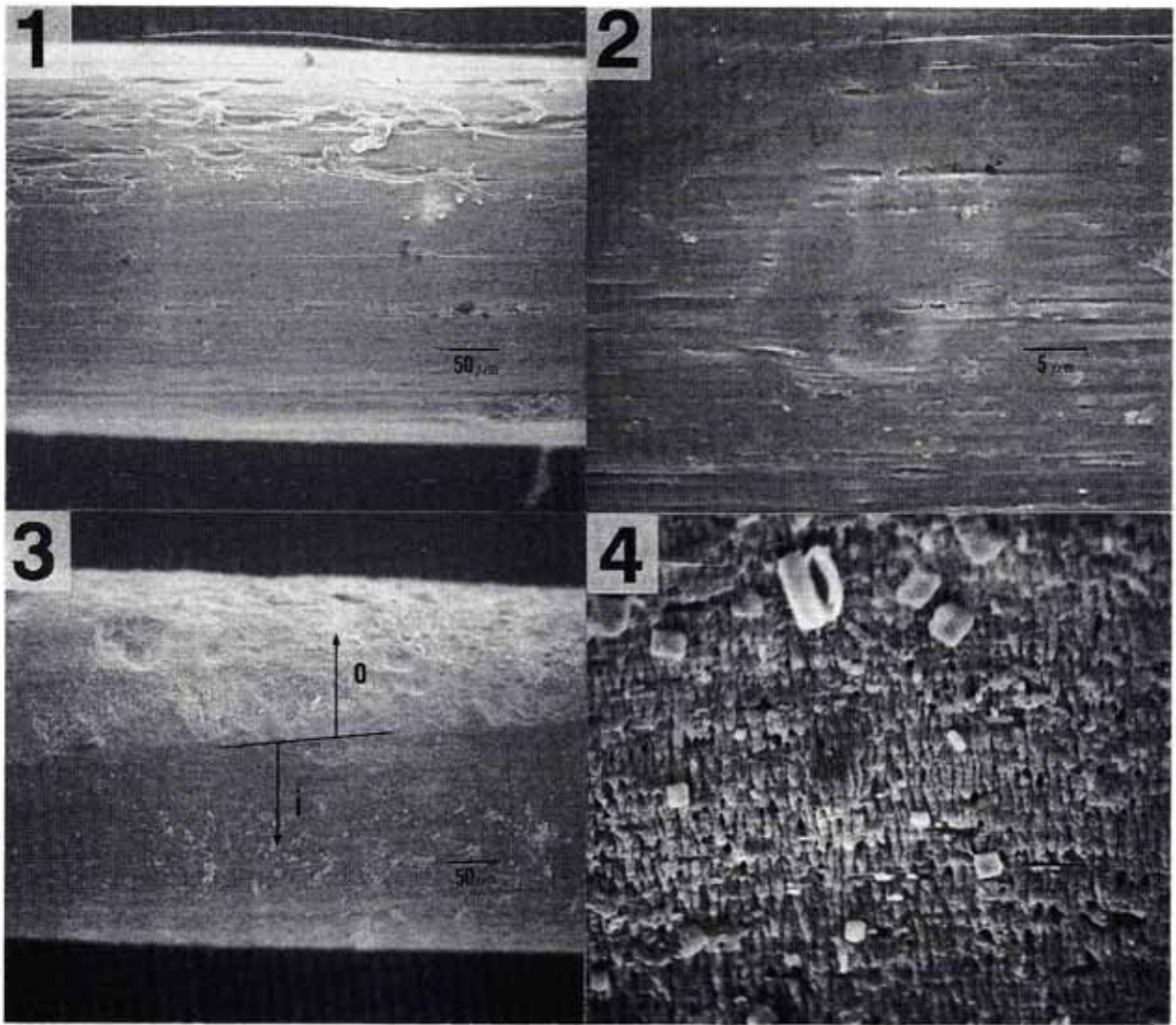
- 1 : ハイテック製網糸(10/12 育苗7日) 5 : 対照(一般)網糸(10/12 育苗6日)
- 2 : ハイテック製網糸(10/16 育苗11日) 6 : 対照(一般)網糸(10/16 育苗10日)
- 3 : ハイテック製網糸(10/20 育苗15日) 7 : 対照(一般)網糸(10/20 育苗14日)
- 4 : ハイテック製網糸(10/24 育苗19日) 8 : 対照(一般)網糸(10/24 育苗18日)



第5図 前期生産期のバイオプラスチック製試験網および対照網（一般網）におけるノリ葉体の生長（1992年11月27日）
1：バイオプラスチック製網糸 2：対照（一般）網糸



第6図 バイオプラスチック製試験網の破損箇所



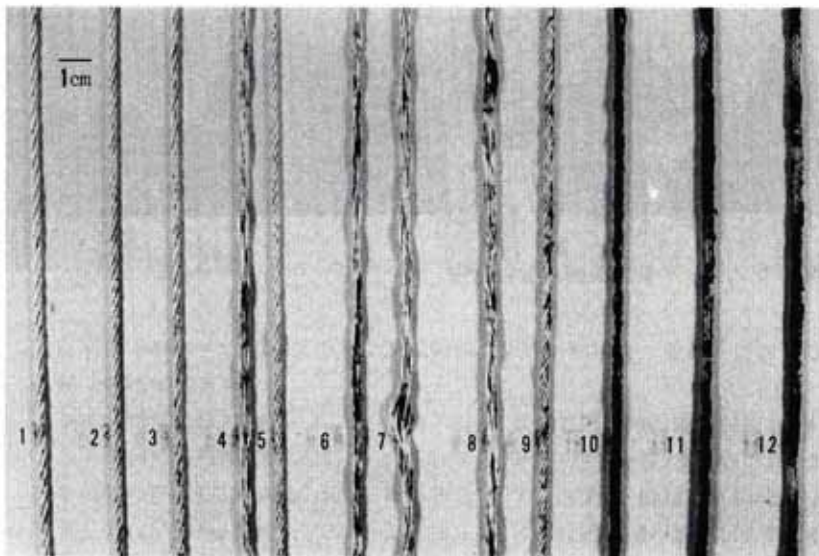
第7図 野外養殖試験前後のバイオプラスチック製網糸の表面構造の変化

1 : 試験前

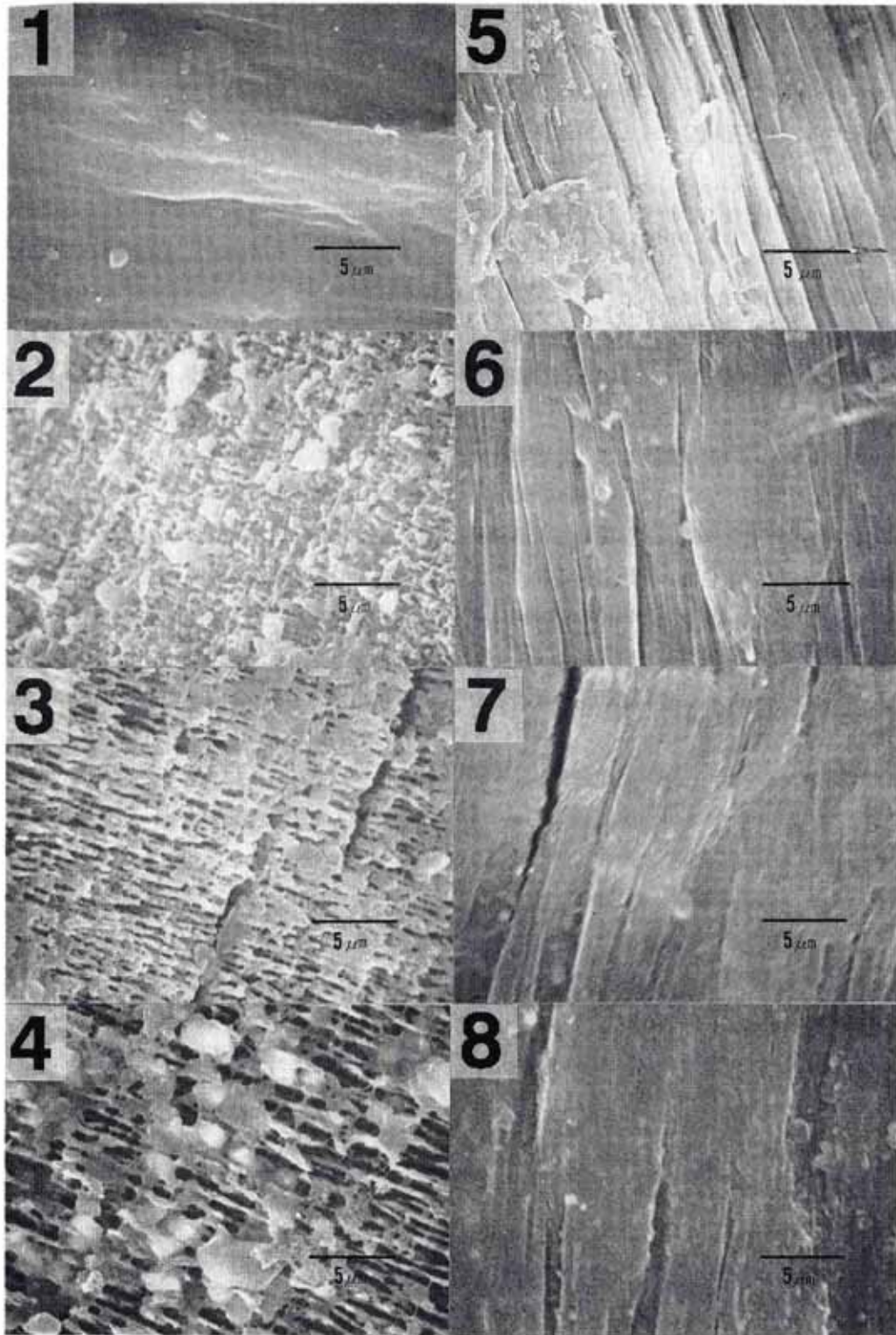
2 : 試験前(拡大)

3 : 試験終了後(o:網糸外側, i:網糸内側)

4 : 試験終了後(網糸外側を拡大)



第8図 編網方法の異なるバイオプラスチック製網糸の「汚れ」の状況



第9図 海水浸漬によるバイオプラスチックおよびクレモナ単繊維の分解状況

- | | |
|------------------------|-------------------|
| 1 : バイオプラスチック単繊維(試験前) | 5 : クレモナ単繊維(試験前) |
| 2 : バイオプラスチック単繊維(5日後) | 6 : クレモナ単繊維(5日後) |
| 3 : バイオプラスチック単繊維(15日後) | 7 : クレモナ単繊維(15日後) |
| 4 : バイオプラスチック単繊維(30日後) | 8 : クレモナ単繊維(30日後) |

要約

1500デニールのバイオプラスチック製単繊維を15本撚り合わせた網糸からノリ養殖網を作成し、野外養殖試験を行った。

1992年10月5日から31日までの育苗、11月19日から12月22日までの前期生産を行い、ノリ葉体の付着状況、生長、網糸の汚れ等の検討を行った。

採苗直後もしくは育苗初期に芽落ちがみられたが、この原因は網糸の表面構造が滑らかであることに起因するものと考えられた。

一方、バイオプラスチック製の網糸は、ごく短期間の海水浸漬によっても生物分解が進行し、表面構造が粗になることが明かとなったことから、バイオプラスチック製ノリ養殖網の採苗前に、数日間の海水浸漬を行うことによってノリ葉体の脱落を防止することが可能であろうと考えられる。

また、網糸の汚れについては、素材そのものに含まれる可塑剤の検討等を行う必要がある。

謝辞

1992年度の試験に用いたバイオプラスチック製ノリ養

殖網の作成にたずさわって頂いたゼネカ株式会社、ユニチカ株式会社および第一製網株式会社の各社に対し、心より感謝いたします。

また、野外試験のため、試験網の採苗を行ってくださった神戸市漁協・井口久和課長、試験漁場を提供してくださった明石浦漁協および同生産研究会に対し深く感謝するとともに、試験網の管理に努力して頂いた明石浦漁協・戎井俊雄氏をはじめ明幸水産のみなさまに厚くお礼を申し上げます。

文献

- 1) 農林水産省統計情報部：平成3年漁業・養殖業生産統計年報，農林統計協会，東京，1993，pp.156-157.
- 2) 兵庫県：使用済み「のり網」に関する調査報告書昭和58年3月（1983）.
- 3) 兵庫県立水産試験場：平成3年度海洋廃棄物対策調査報告書「バイオプラスチック応用技術開発試験」（1992）.
- 4) 山下 信：生分解性プラスチック，環境技術，20，765-769（1991）.
- 5) 土肥義治：生物が分解するプラスチック，サイエンス，1989年12月号，80-88（1989）.