

③ BC 型, 細胞破裂 (BC pattern, Burst of cells)

症状は原形質が変化しない部分では, この細胞内容物 (原形質) が不規則に瞬時に外液中に飛び出した (Fig. 4-③)。

以上のような3つの型に類別できた。この3つの型はノリ葉体の葉令, 部位および本病の各発生年によって明確に分けられなかったものの, 本病ノリ葉体を淡水に浸漬すると, 必ず観察される症状であった。これらの症状は, 低い水位で養殖されているノリ葉体ほど程度が著しかった。この時点では, 高い水位で養殖されている網と

の差は明らかであった。細菌が付着して原形質吐出が起きている場合と, 細菌が付着しても原形質吐出が起きている場合がみられた。なお, エリスロシンによる染色では染まらなかった。

2) 盛期

細菌の付着数はさらに多くなった。ノリ葉体の縁辺は, Fig. 5-A に示すように凹凸がひどく, しわ状を呈し, 本病ノリ葉体の細胞は, 色素体や液胞が不明瞭でくすんだ茶色を呈し, 細胞の配列は不整で細胞間隙も広がった (Fig. 5-B)。これと同時に, 赤色の死細胞も散見され始

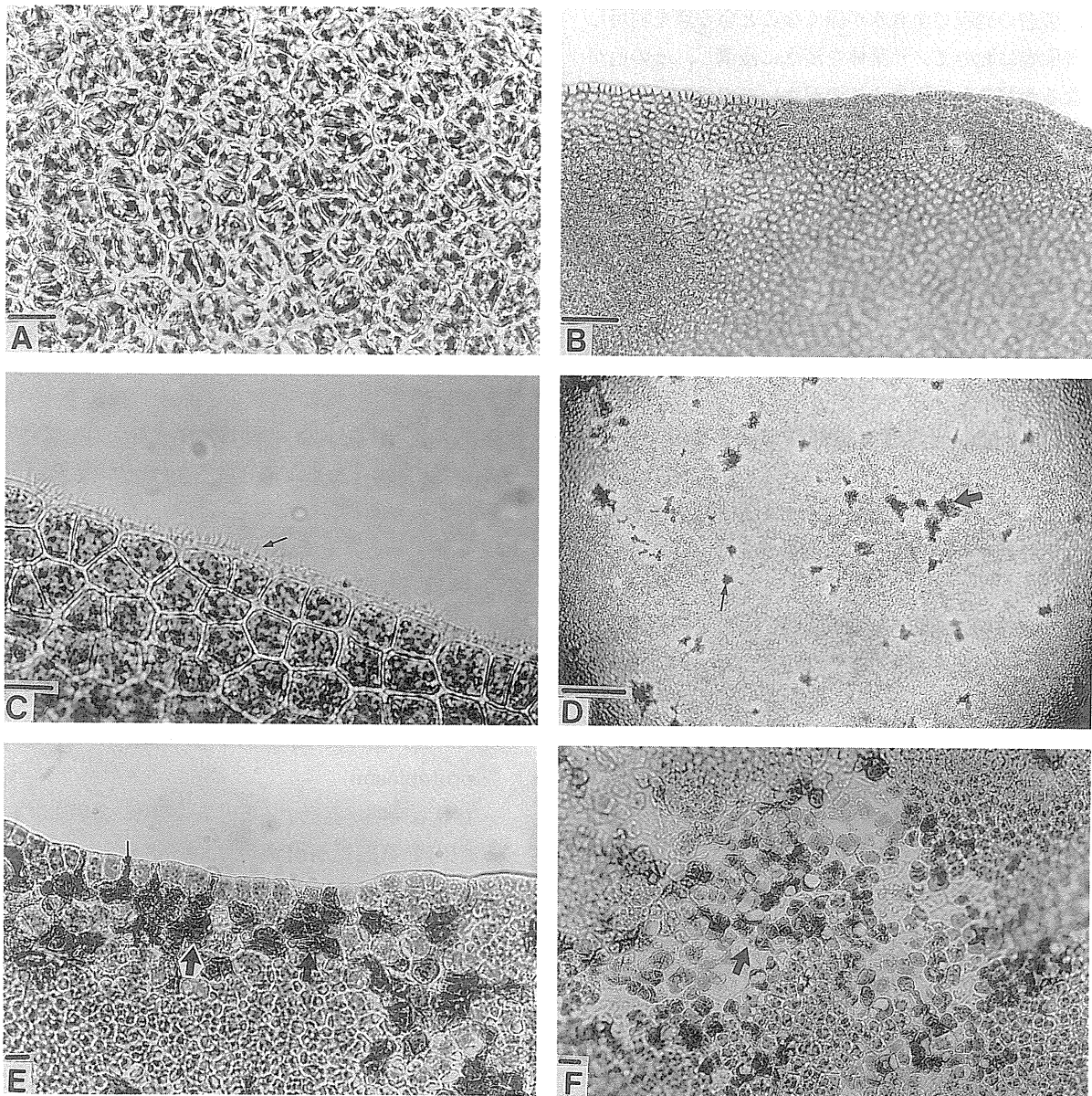


Fig. 3. Light micrographs of "Suminori" diseased nori thalli. A, normal; B, diseased nori thalli before dipping into fresh water; C, needle like epiphytic bacteria (arrow); D, E, F, burst and discharge of protoplasm (arrows). Scales=10 μ m (A, C, E, F) and 100 μ m (B, D).

めた。原形質吐出はひどくなり、ノリ葉体の部位別における吐出率は、根元で低く、縁辺部、先端の縁辺部の順で高かった。エリスロシンによる染色をすると、この頃からノリ葉体の縁辺部では濃密に染まったものの、ほかのほとんどの部分では全体的にぼんやりと薄く染まった。ただ、この時点では養殖水位の違いによる症状には、ほとんど差がみられなかった。

3) 末期

ノリ葉体の縁辺部には細菌に加えて、糸状細菌が多数観察された (Fig. 5-C)。このような細菌は、汚れのような有機物に混じって付着し、とくに巨大細胞・死細胞・液胞肥大細胞上に多い傾向がみられた。また、約10個の死細胞が極在し、原形質吐出はこの頃には少なくなった。液胞がひどく肥大し、細胞は単離されたように1個

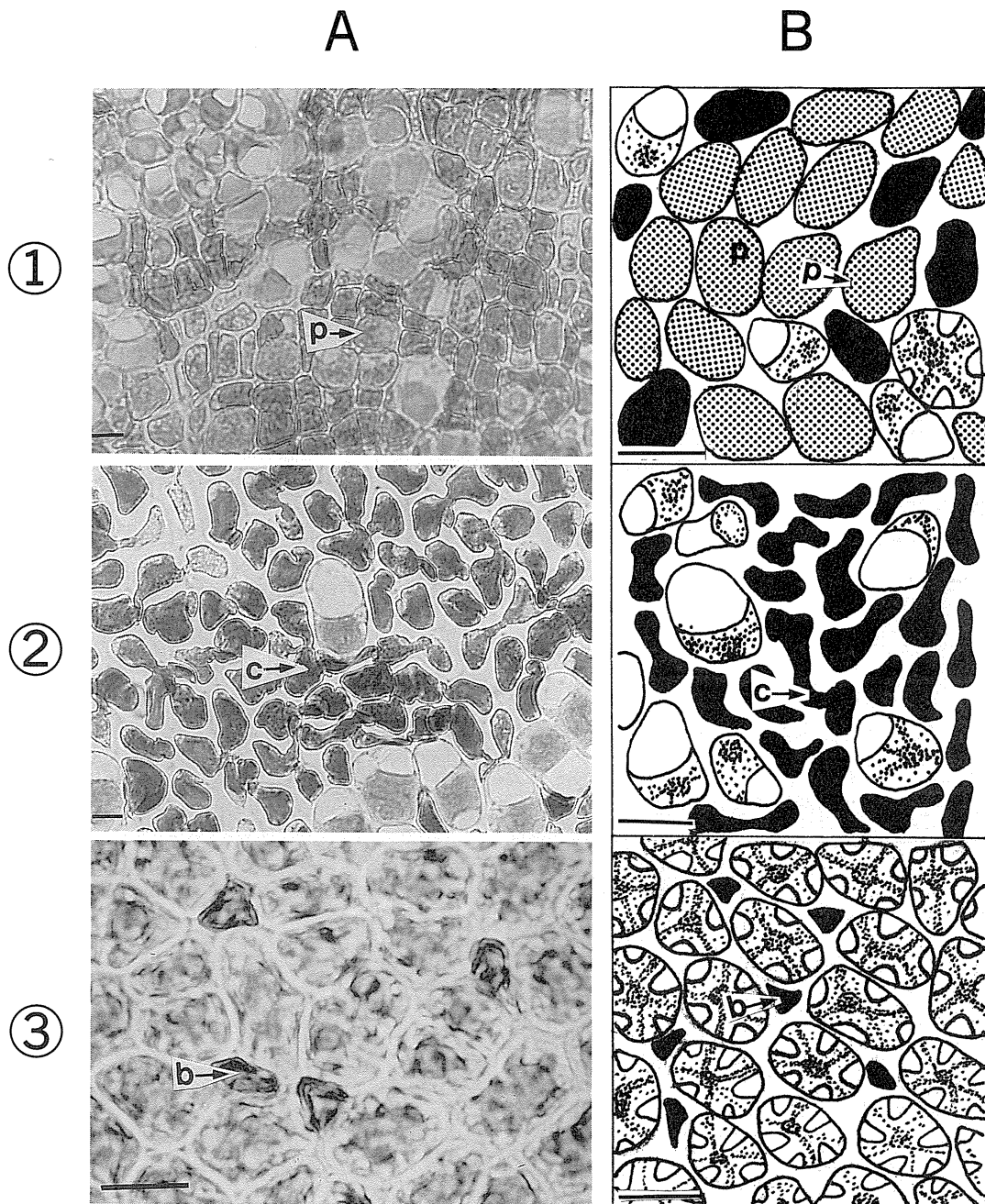


Fig. 4. Light micrographs (A) and diagrams (B) of cells on nori thalli after dipping into fresh water. ①, PP pattern, peptization of protoplasm; ②, CN pattern, continuous coagulation and necrosis of protoplasm; ③, BC pattern, burst of cells; p, peptization; c, coagulation; b, burst. Scales=10 μ m.

ずつ遊離した (Fig. 5-D, E, F)。エリスロシン染色率はさらに上昇し、ノリ葉体の傷害度が高くなった。原形質吐出が傷害度に及ぼす影響については、Fig. 6 に示すとおりである。すなわち、原形質吐出率と傷害率との間には正の相関 ($r=0.42$, $P < 0.01$) がみられ、原形質吐出率が増加するとともに、ノリ葉体の傷害度が高くなった。

2. 乾製品ノリに表れる症状

原形質吐出がノリ葉体を製造したときの乾製品ノリにどのような症状として表れるかを検討した。

原形質吐出率と鏡面反射率との関係については、Fig. 7 に示すとおりである。原形質吐出率と鏡面反射率との

間には負の相関 ($r=-0.62$, $P < 0.01$) がみられ、原形質吐出率が増加するとともに鏡面反射率も低下し、乾製品ノリの光沢は低下した。

乾製品ノリの等級と、鏡面反射率、原形質吐出率、傷害度との関係は、Fig. 8 に示すように、原形質吐出率が増加すると、傷害度は高くなり、鏡面反射率は低下して品質が悪化する傾向がみられた。さらに、傷害度が10%以上を示し、原形質吐出率が15%以上を示したノリ葉体を製造した乾製品ノリでは、表側の鏡面反射率は7%以下となり、「クモリ」、「別」等級に格付けされ、品質が低級であった。

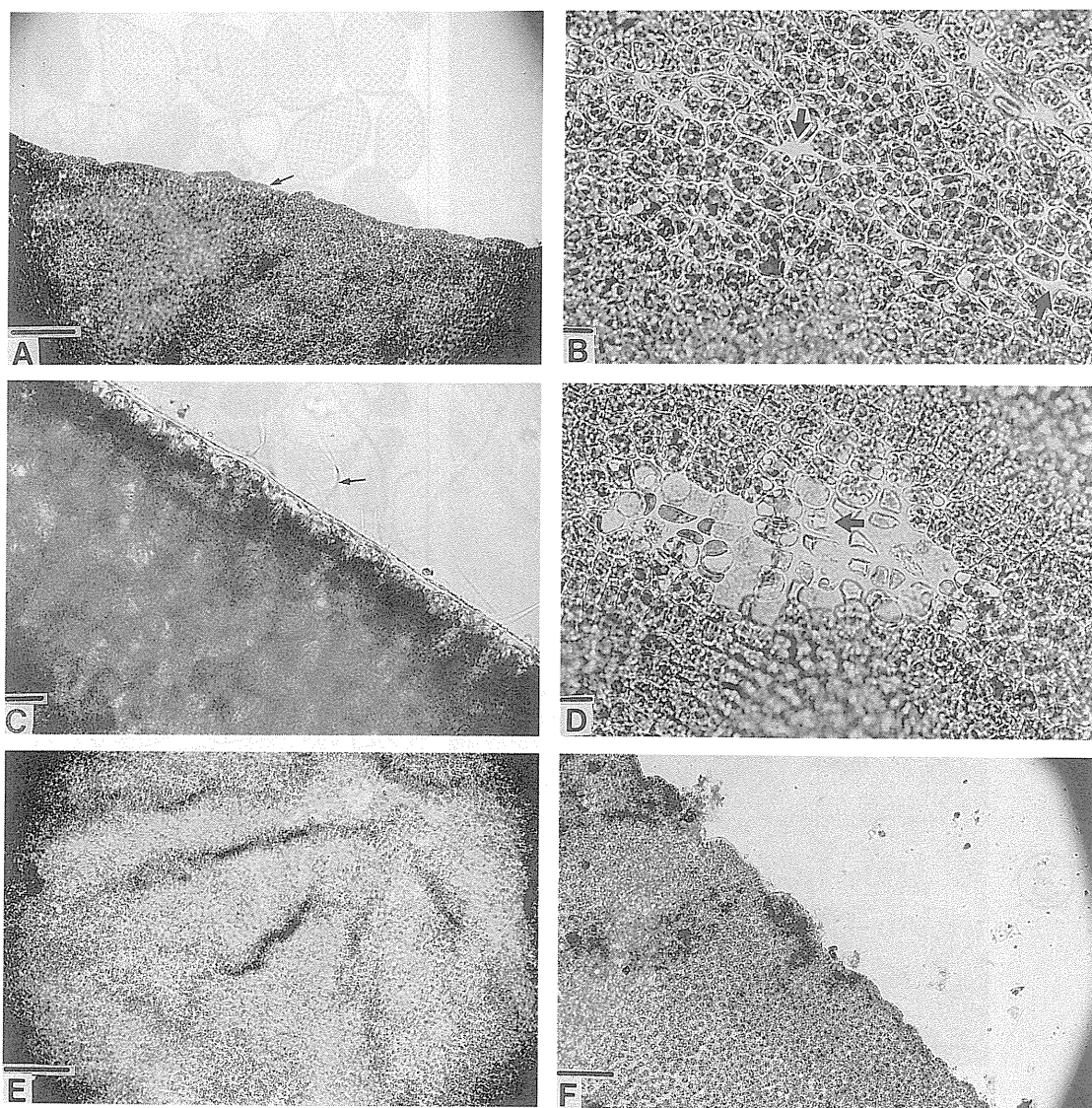


Fig. 5. Light micrographs of "Suminori" diseased nori thalli. A, wrinkly affected part in the edge (arrow); B, intercellular space and irregular (arrow); C, filament bacteria (arrow); D, E, F, white rot (arrow). Scales= $100\mu\text{m}$ (A, C, E, F) and $10\mu\text{m}$ (B, D).

考 察

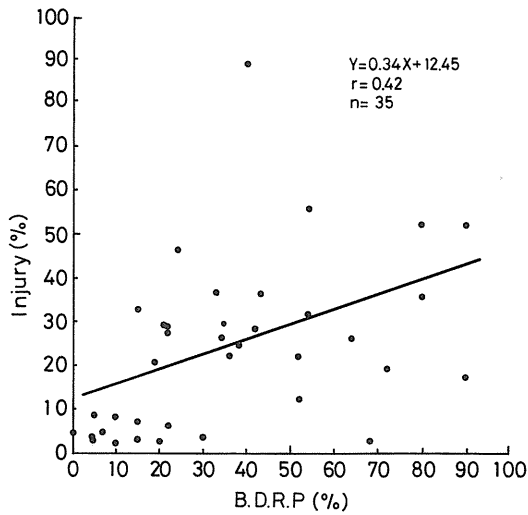


Fig. 6. Relationship between injury of thalli and burst and discharge ratio of protoplasm (B. D. R. P.).

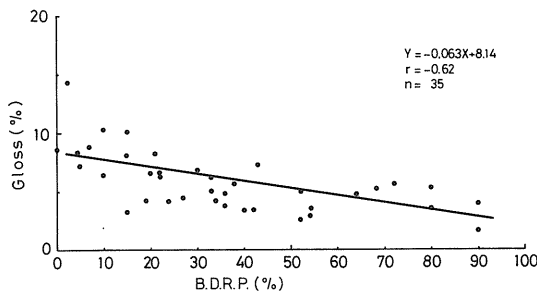


Fig. 7. Relationship between gloss and burst and discharge ratio of protoplasm (B. D. R. P.).

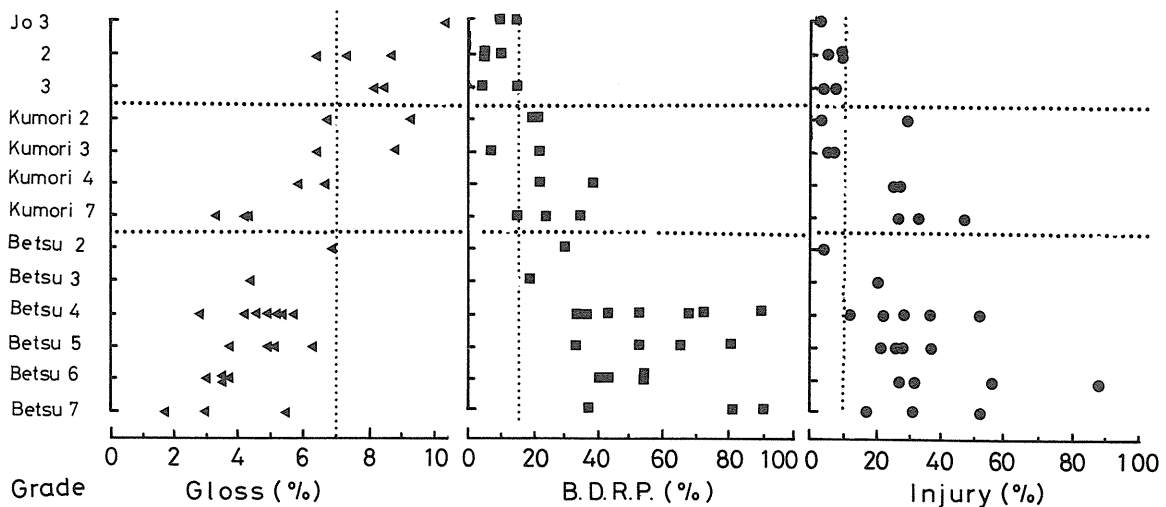


Fig. 8. Relationship between grade of dried nori and gloss, burst and discharge ratio of protoplasm (B. D. R. P) and injury of thalli, respectively.

本病の原因については、山下 (1983) はノリ葉体に付着している長桿状の細菌の寄生が主因であるとし、その細菌を形状から針状細菌と呼称している。本研究においても顕微鏡観察から、このような細菌は、桿菌の一種であると考えられ、細菌が増殖すると本病の程度は著しくなった。ただ、このような細菌の付着が観察されていても発病しないときもあり、顕微鏡で観察される大きさの細菌のすべてが病原細菌になっているとは考えられない。

ここで観察された症状は、細菌が付着している、縁辺部は凹凸がひどく波状を呈している、本病の細胞は色素体や液胞が不明瞭でくすんだ茶色を呈し、細胞の配列は不整で細胞間隙も広がっているなど、過去に報告されている症状と部分的に一致する (片山ら, 1973; 鬼頭, 1981; 木下, 1981; 山下, 1983)。本病で共通して観察される症状は、ノリ葉体を淡水に浸漬したときにみられる原形質の吐出であり、それらは PP, CN および BC 型の 3 つの型にわけることができた。

そこで、原形質吐出の観察結果から、症状をひき起こす要因について考察した。すなわち、PP 型(原形質の解膠)については、淡水に浸漬しても細胞膜や細胞壁が破れていないため、細胞膜は浸透圧を強く維持している。このことから原形質が解膠しているのは、浸透圧とは関係のないなんらかの要因が外界から付与されているためと推察される。

CN 型(原形質の連続的凝固・壊死)では、原形質が解膠し細胞が不定形に崩れ、さらに隣の細胞と連結してい

る。これはノリ葉体を淡水に浸漬したのち、PP型をひき起こした要因に加えて、ナトリウムポンプによって水を外界に押し出す力がない、すなわち、浸透圧を維持していない場合に起きているものと考えられる。さらに、吸水したのち、細胞壁は細胞が膨潤肥大するのを抑える力がないため、細胞膜が破れ細胞は不定形に崩れると思われる。さらに、横隣りの細胞と境をなしている細胞壁が弱ければ連結するようにつながっていくと思われる。このようなことから、CN型の症状がみられるのは、PP型の症状をひき起こした要因に加えて、細胞膜や細胞壁が弱くなっているためと推測され、細胞膜や細胞壁を弱くしている要因が存在することが示唆される。淡水あるいは低塩分の海水にノリ葉体を入れるときは、水の浸透によって膨圧を生じ、全細胞は非常に緊張状態となることはよく知られているが、このときあらかじめノリ葉体にごくわずかの機械的刺激を与えておくと、刺激を受けた細胞の原形質に入れると同時に特異な偽足状の突起を出して隣接の細胞と接続し、接続した細胞は、さらに、突起を出して次々と遠心的に周囲の細胞とつながって、最初の刺激を与えた細胞付近を中心として放射状にひろがるとしている(野沢・野沢, 1955)。記載されているこの症状は、本病ノリ葉体を淡水に浸漬したのちのCN型の症状に類似している。本病の場合では冷凍入庫などによってノリ葉体の一部に傷がつき、その周辺の細胞膜や細胞壁が弱くなって起きているものと推察される。

BC型(細胞破裂)については、原形質が瞬時に飛び出すことから、細胞壁と細胞膜に穴が空いているか、細胞膜が浸透圧を維持できず、細胞壁も細胞膜を抑えられないほど非常に弱いために起きるものと考えられる。

以上のように、原形質吐出をひき起こす要因が、3つの型それぞれで異なると考えられることから、山下(1983)も述べているように発病には、なんらかの誘因と主因が複雑に影響しあっていることが示唆される。

また、原形質吐出率が增大するにつれて、乾製品ノリには光沢および等級の低下が促進され、品質が悪化するといった症状として表れ、この間には相関関係が認められた。したがって、原形質吐出率で本病の程度を把握できると考えられる。

本病とほかの病気の病徴との関係については、本病の病徴としろぐされ症、疑似しろぐされ症の病徴とが一致していることは、第1節の肉眼観察でも認められ、本節の光学顕微鏡観察でも同じような結果が得られた。このように病徴が類似していることから、本病の末期症状は、しろぐされ症様と呼ばれたりするものと考えられる(山

下, 1983)。また、本病、しろぐされ症および疑似しろぐされ症の病徴が一致していることから、発病の原因はそれぞれ同じであることも考えられ、今後、さらに、詳細な検討が必要である。

第3節 走査型電子顕微鏡観察による症状

前節までに本病で共通して観察される症状は、ノリ葉体を淡水に浸漬したときにみられる原形質の吐出であり、この症状によって本病の程度が把握できるものと考えられた。

本節では走査型電子顕微鏡(以下、SEMという)を用いて、本病ノリ葉体の表面の症状を観察した。さらに、乾製品スミノリの表面の症状を観察し、正常な乾製品ノリと比較検討した。

材料および方法

1. ノリ葉体の症状

SEMによる観察は第1節の肉眼観察に供した本病ノリ葉体を、センターに持ち帰ったのち、ただちに行った。また、本病ノリ葉体が実験的に乾燥されたのち、どのような症状を呈するかをみるために、室温で20分間淡水に浸漬し、卓上恒温恒湿器(Nagano Science製、NEW LH-20-01型)を用いて気温38°C、湿度45%の条件下で乾燥して実験に供した。SEM(ABT製、ABT-32型)による観察は、試料を湿ったままの状態、加速電圧15kv、作動距離30、スポットサイズ15、試料室内真空度0.2~0.4Torrの一定条件のもと、できるだけ短時間のうちに行った。

2. 乾製品ノリの症状

本病ノリ葉体を全自動乾燥機(古賀産業製、バーチャル)を用いて常法のとおり製造方法で乾製品ノリとし、前述の方法のとおりSEMを用いて症状を観察した。

結 果

1. ノリ葉体の症状

本病ノリ葉体と、それを乾燥したのちの表面を観察した結果は、Fig. 9に示すとおりである。本病のノリ葉体では細胞の形を残してはいるものの凹凸が著しく、その形は不揃いであった(Fig. 9-A, B)。これを乾燥した後には凹凸が著しく、細胞膜が破れ隣りの細胞とつながったような形態および細胞内で原形質が収縮、凝固したよ