

平成15年3月27日

ノリ養殖技術評価検討委員会報告書

1 はじめに

酸処理剤は、アオノリ等の雑藻の駆除、アカグサレ等の防除に用いる技術として昭和50年代に実用化された。その後、酸処理剤の拡散、分解、毒性等について、昭和50年代から60年代にかけて、ノリ生産県の水産試験場等で精力的に試験研究が行われた。

水産庁は、平成7年に酸処理剤に関する各種試験研究の結果を収集とりまとめ、総合的に検討した結果、「雑藻駆除及び病害防除に有効であるとともに、使用された酸処理剤が水生生物や海域環境に与える影響は極めて僅か」との結論を出している。ノリ生産県においては、これらの結果を踏まえて、ノリ養殖の指導が行われてきている。

酸処理剤の使用に関して、これまで貝や魚など他の生物に対する影響はないとされているが、第8回第三者委員会(平成14年3月27日)において、環境によりやさしい養殖を進める観点から、植物プランクトンの増殖促進効果、環境への負荷に関する知見を集積する必要性が指摘され、これを受けて、水産庁にノリ養殖技術評価検討委員会が設置されたものである。

2 検討結果の概要

(1) 調査計画の検討

調査計画は、①市販処理剤の成分に関する検討、②酸処理剤の珪藻類への増殖関与に関する試験、③酸処理剤の環境への影響に関する試験、④酸処理剤のアサリに対する影響試験で構成されている。本計画は、委員会で検討し作成したものである。

(2) 調査結果の検討

調査結果を委員会へ報告し検討した。なお、②～④の試験に用いた酸処理剤は、平成14年度に市販されているものの中から、全国あるいは有明海における販売実績が多いもの、成分に特徴のあるもの及び製造メーカーが偏らないことの三条件を勘案して、四種類(No. 9、31、42及び46)を選定した。選定した酸処理剤の特徴は以下に示す通りである。

- ・ No. 9 : 販売量が多く、クエン酸が主成分。アミノ酸類を含む。
- ・ No. 31 : 販売量が多く、クエン酸、乳酸が主成分。
- ・ No. 42 : 販売量が最も多く、クエン酸、リンゴ酸が主成分。栄養塩類を多く含む。
- ・ No. 46 : 販売量が多く、乳酸が多く含まれる。

また、各項目の調査結果は以下の通りであった。

①市販処理剤の成分等に関する検討

市販酸処理剤の構成成分や製造方法等の情報を収集整理し、含まれる物質について海水中での挙動を推定・把握した。

また、「のり酸処理試験研究成果の概要」(平成7年、水産庁)を基に既往資料を体系的に整理し、内容を i) 酸処理剤の特性、ii) 酸処理剤の拡散・希釈、iii) 酸処理剤の効果、

iv) 酸処理剤の生物への影響、v) 酸処理剤の海域環境への影響に分類し、結果の概要をまとめた。

- ・アンケート調査の結果、51種類の市販酸処理剤のうちでは、クエン酸、乳酸、酢酸、リンゴ酸を含む製品が多かった。その他の有機酸としてはフマル酸、グルコン酸、プロピオン酸、レブリン酸、ピログルタミン酸があった。
- ・栄養塩類としては、リン酸ナトリウム、リン酸アンモニウム、塩化アンモニウム、硫酸アンモニウム、硝酸ナトリウムなどがあった。
- ・約2/3の製品にアミノ酸類が含まれ、その他、糖類、ビタミン類、鉄分、着色料、乳化剤、増粘安定剤、植物活性ミネラル、食用海藻抽出液、並塩などがあった。
- ・海水で100倍に希釈した酸処理剤のNH₄-Nの含有量は、平均で約171mg/Lと推計された。
- ・既往資料から得られた結果（概要）は以下の通り。

i) 酸処理剤が1万倍に希釈された場合、有機酸成分は海水中の微生物により2~10日で分解される。

ii) 酸処理したノリ網を張り込む場合、その直後に網周辺のpHは低下するが、3~5分後には通常の海水のpHである8以上に回復する。予測計算によると、酸処理剤濃度が25ppm(4万倍希釈相当)以上となる範囲は、表層に限定され(3分13秒後には消滅、また、5ppm(20万倍希釈相当)以上の範囲は5分47秒で消滅)、酸処理剤は底層に沈降することなく、急速に拡散される。

iii) 酸処理剤には、付着珪藻駆除、アオノリ駆除、あかぐされ病防除等の効果があるほか、品質向上の効果が認められている。

iv) 貝類、甲殻類、魚類に対する半数致死濃度等が調べられており、24時間半数致死濃度が二枚貝の卵・幼生、甲殻類幼生、魚類卵、稚魚等ではpH5付近に、また、二枚貝の稚貝・成貝ではpH3~4に認められた。藻類については、キートセロスでpH7以下、オリソディスカスでpH4.3以下で増殖阻害がみられ、緑藻(アナアオサ)ではpH3.7で変色がみられた。

v) 酸処理剤が使用されている海域の調査では、海水からクエン酸等の有機酸は検出されず、酸処理剤の影響はみられていない。

②酸処理剤の珪藻類への増殖関与に関する試験

酸処理剤が珪藻プランクトンに対して、増殖促進効果を有するかを検証するため、増殖を阻害しない範囲の低濃度の酸処理剤添加区(10万倍、100万倍、1,000万倍、1億倍希釈)、海水区(酸処理剤無添加)及び栄養塩添加区(海水区に酸処理剤の10万倍希釈区に含まれるのと同量となるように窒素、リンを添加)の条件下で、珪藻プランクトン(*Eucampia zodiacus* EHRENBERG、*Skeletonema costatum* (GREVILLE) CLEVE)を培養し、最大細胞数等を比較した。

- ・*E. zodiacus*では、No. 9の100万倍希釈及びNo. 42の10万倍希釈で、最大細胞数が海水区の1.4~1.8倍を示したが、その他の希釈系列やNo. 31や46では海水区と同程度又はそれ以下(0.4~1.1倍)であった。また、栄養塩添加区は海水区の1.3~2.8倍であり、全ての酸処理剤において10万倍希釈系列を2~3.5倍上回った。
- ・なお、*S. costatum*についての試験は、使用海水、使用プランクトン株、栄養塩添加

区の設定方法等について幾つかの問題点が指摘され、再度、適切な条件で試験を行った上で評価することとされた。

③酸処理剤の環境への影響に関する試験

(酸処理剤成分の環境中における変動の把握)

水槽内の海水に5万倍希釈となるように酸処理剤を添加し、pH、DO、酸処理剤成分等の変化を測定した。なお、酸処理を施したノリ網を海域に展開する場合、5万倍希釈(20ppm)以上の濃度の出現範囲は、ノリ網付近の表層での数分間に限られ、この濃度での海底(水深2~5m)への接触は起こり得ないと考えられるが、安全も見込んで、供試濃度を5万倍希釈に設定した。

- ・pHは1時間後に0.5程度低下したが、8時間後には添加前の値に戻った。また、DO(溶存酸素)は、曝気しなかった場合にも経時的な変化がみられなかった。
- ・クエン酸、乳酸濃度は時間と共に低下し、24時間経過後では、クエン酸では添加時の18~60%、乳酸では38%の濃度となった。一方、COD及び総有機炭素量にはほとんど変化がみられず、無機態の炭素(CO₂)にまで分解されていないと考えられた。
- ・分解速度はクエン酸で0.2~1.1mg/L/日、乳酸で7.4mg/L/日であり、クエン酸については既往知見で得られている値と同程度であった(乳酸については既往知見なし)。

(酸処理剤の海底泥移行性試験)

酸処理剤の5万倍希釈海水を2種類の海底泥(砂質及びシルト質)に30分間接触させ、底質間隙水中の有機酸濃度を測定した。また、2種類の酸処理剤(No. 31、No. 46)を用いて、接触時間を延長したケース(1・3・6時間)、濃度を高くしたケース(No. 31の1千・1万・2万倍希釈、No. 46の2千・4千倍希釈)それぞれについて同様の測定を行った。

- ・5万倍希釈、30分間接触の条件では、底泥中のpHには変化がなく、有機酸濃度はいずれも定量下限値(0.2mg/L)未満であった。
- ・接触時間を延長した試験では、6時間接触させても底泥中のpHには変化がなく、有機酸濃度も定量下限値未満であった。一方、濃度を高くした試験では、pHには変化がみられなかったが、有機酸濃度については、No. 31の2万倍希釈より高い濃度で、シルト質、砂質ともに低濃度のクエン酸が、No. 46では、4千倍希釈より高い濃度で、シルト質において、低濃度の乳酸が検出された。
- ・有機酸の海底泥への移行は濃度に依存し、また、砂質に比べてシルト質へ移行しやすい結果となった。

(酸処理剤の懸濁物質への影響試験)

海底泥を懸濁させた海水に、100倍、5万倍及び50万倍希釈になるように酸処理剤を添加し、経時的に濁度の変化と沈殿物量を計測した。なお、一般に、酸は水中の懸濁物質を凝集し、沈殿を促進することが知られているので、有機酸と比較するため塩酸についても同様の試験を実施した。塩酸の希釈倍率については、添加後のpHが2となる濃度を100倍希釈相当とした。

- ・100倍希釈では、No. 9の沈殿率が他のケースと比較して高く、また、No. 9、No. 31及

び塩酸区の濁度が低く、No. 42と46では、沈殿率、濁度とも無添加区と変わらなかった。

- ・5万倍、50万倍希釈では、各酸処理剤、塩酸区のいずれも沈殿率、濁度ともに無添加区と変わらなかった。
- ・100倍希釈のNo. 9及び31では、懸濁物質の凝集・沈殿を促進させると考えられ、特にNo. 9で顕著であったことから、酸による作用以外にも沈殿を促進する効果を有する可能性が考えられた。一方、No. 42と46では、凝集沈殿現象は顕著ではなく、他の何らかの作用により現象を打ち消している可能性があると考えられた。

④酸処理剤のアサリ成貝に対する影響試験

酸処理剤の5万倍希釈海水を2種類の海底泥(砂質及びシルト質)に接触(30分間及び6時間)させた後、その海底泥を入れた水槽内でアサリを10日間飼育し、アサリの行動、生残率を観察した。

- ・底泥直上水のpHは、いずれの条件でも試験開始から1日後にかけてわずかに低下し、その後上昇し安定する傾向がみられ、pH7.7~8.1の範囲にあった。この傾向は酸処理剤を接触させなかった対照区も同様であり、底質の影響と考えられた。試験期間中の水温は14~16℃台、塩分は31~35‰台で推移し、D0飽和度は80%以上であった。
- ・酸処理剤の種類・接触時間、底質、水交換等の条件を変化させても、水槽内の底泥直上水の水質は対照区と同程度の水質であり、アサリの生息や生残を左右するような影響は認められなかった。
- ・より厳しいと考えられる止水条件を含め、いずれの試験条件下においても、アサリに死亡はなく、潜砂行動が観察され、行動に異常は認められなかった。
- ・本試験では、酸処理剤の有機酸成分は海底泥中に高い濃度で移行することではなく、アサリ成貝の行動や生息にも影響を及ぼさないものと判断された。

(3)酸処理剤の環境負荷

有明海における環境への負荷の大きさを検討するため、使用された酸処理剤のCOD(ここでは、有機酸を完全に分解するのに必要な酸素量として試算。通常、COD実測値よりかなり大きな値となる。)、総窒素、総リンの負荷量の試算を行うとともに、有明海全体のCOD、総窒素量、総リン量と比較した。

併せて、ノリ養殖により、吸収される窒素量及びリン量、固定される炭素量、放出される酸素量を試算し、ノリ養殖による環境への負荷及び浄化機能について検討した。

また、委員会に酸処理剤の実態に詳しい専門家を招き、酸処理剤の成分、効果、使用実態等に関する情報収集、意見交換を行った。

①13年度における酸処理剤による負荷、養殖ノリによる酸素放出量、窒素及びリンの吸収量等の試算

使用される酸処理剤がノリ網に付着して全量海域に入るとの仮定で、13年度漁期について海域への負荷、ノリ養殖による酸素放出量等を試算した。

- ・酸処理剤によるCOD、総窒素及び総リンの負荷量はそれぞれ海域全体の0.7%、0.1

%及び2.1%（酸処理剤を使用する11～3月に限定すると、それぞれ1.7%、0.3%及び5.2%）となった。

・養殖ノリの成長に伴う酸素放出量、窒素吸収量及びリン吸収量を、酸処理剤による負荷量と比較すると、ノリ養殖全体による物質収支としては、酸素量及び栄養塩量ともに海域環境を改善する方向に働いている。

②CODについて

酸処理剤によるCOD負荷に関しては、養殖ノリの光合成による酸素放出量が負荷量の約22倍（平成13年）となっている。また、有明海において、貧酸素水塊の出現が夏期に限定され10～3月のノリ養殖の時期には出現しないこと、海中では有機酸が急速に希釈・分解されること等から、冬期に使用される酸処理剤中の有機酸が夏期の貧酸素水塊生成の原因になるとは考えられず、酸処理剤の使用が有明海のCOD負荷に実質的に影響しているとは考えがたい。

③窒素及びリンについて

窒素の負荷に関しては、養殖ノリ生産による吸収量が負荷量の約31倍（平成13年）と大きいため、大きな問題とは考えられない。

リンの負荷に関しては、養殖ノリ生産による吸収量が負荷量の約1.3倍（平成13年）となっている。なお、東京湾等の総量削減目標が全体の2～9%に設定されていることを考えると酸処理剤による負荷量の割合は必ずしも小さくないこと、また、有明海奥部における全リンの環境基準が達成されていない状況を踏まえれば、酸処理剤によるリン負荷量の一層の削減に努めることが重要と考えられること等の意見が示された。

④その他

委員会において、酸処理剤に加えて使用する添加剤の存在について指摘があった。委員会は添加剤を直接の検討対象としていないが、今後、必要な情報を収集し、その効果、環境・生物等への影響等について検討することが重要であると考えられた。なお、水産庁等のこれまでの調査によると有明海関係県での使用はないとのことであった。

3 結論・評価・今後の課題

(1)植物プランクトンの増殖促進効果

酸処理剤は、その使用量、ノリ自体の栄養塩吸収の状況、赤潮発生の状況から、現時点で、赤潮発生の原因となっているとは考えられない。今後とも、必要に応じてデータの集積により知見を深めることが重要と考えられる。

(2)環境への負荷

ノリ養殖は、光合成による二酸化炭素の吸収及び酸素の放出、窒素、リンの吸収等海域の大きな環境改善効果を有している。ノリ養殖を維持するために使用される酸処理剤の環境負荷は、陸域からの負荷やノリ養殖自体の環境改善効果に比べ小さいものと考えられたが、今後とも、酸処理剤の成分等にも留意しつつ、海域への負荷を削減する方向

で取り組むことが望ましいと考えられる。

(3)その他

今回実施した試験は室内実験中心であったため、フィールドへの適用には注意が必要であり、今後とも、必要に応じてフィールドでの観察・観測、海域の実態により近い条件下での室内実験等の知見を集積していくことが重要である。

農林水産省有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会の提言(平成13年3月27日「有明海異変の原因解明と有明海再生に向けた調査・研究についての提言」)においても、「酸処理剤については、…適正に使用すれば環境に特段の影響を及ぼさないと考えられている。…しかしながら、『海にやさしい漁業・養殖業』を進める観点から、…その使い方について再点検する必要がある。」とされたところであり、今後とも、酸処理剤の適切な使用・再利用、残液の回収・処理等適正な使用に努めることが重要である。

付属資料

- 1 ノリ養殖技術評価検討委員会設置要領
- 2 ノリ養殖技術評価検討委員会委員名簿
- 3 ノリ養殖技術評価検討委員会開催日時
- 4 ノリ養殖技術評価検討委員会出席者名簿
- 5 酸処理剤の環境及び生態系への影響に関する調査研究計画(平成14年8月)
- 6 のり酸処理試験研究成果の概要(平成7年3月 水産庁)
- 7 有明海における、COD、T-N、T-P等の状況(13年、暫定試算値)