

オホーツク海のニゴリについて

The Turbid Waters of the Sea of Okhotsk

廣崎芳次*

Yoshitsugu Hiroasaki

Through a 7.5m deep under water observation window provided in Monbetsu City, you can see the turbid Okhotsk water. The substances that make the water cloudy are important sources of food for the lives of various marine species in the Sea.

Thus the Sea abounds with sea lives and assures high fishery production. To make non-turbid seas much more productive, it would be of utmost necessity to direct our major efforts to study further so as to construct a large-scale facility for creating artificial streams of water containing rich dissolved oxygen and running upward through the water (up welling).

keywords: turbid water, important sources of food, dissolved oxygen, up welling

1. はじめに

オホーツク海はホタテガイをはじめとしてサケ、マス、タラバガニ、ケガニ、ウニ、コンブと各種の海の生きものが大量にすんでいる。

この豊かな海の幸をもたらす海水の状況をオホーツク海沿岸の紋別市に新設された氷海展望塔オホーツクタワーの海中窓から見る事ができる。海面下7.5 mの窓から見える海水は常に濁っており、波浪が強い時は視界ゼロの状況が続くのを確認することができる。

海はすきとおって濁らないのがよく、海水を濁らせると漁業補償問題が生ずるのが常識であるが、海中窓から誰もが見ることのできる天然のニゴリによって漁業が被害を受けたことがないのも事実である。

どのような条件下でのニゴリが漁業に被害を与え、あるいは恩恵を与えているのかについて海洋開発事業との関連について考察を進めたい。

2. ニゴリ (懸濁物 detritus)

① ニゴっている海水

海水のニゴリは懸濁物質や溶存物質の存在によって海水の光学的清澄さが損なわれているからである。

人為的汚染の少ない海水のニゴリの原因となるものはプランクトンなどの生物、死亡した海の生物の分解生成物である有機懸濁物質 (有機デトリタス organic detritus)、溶存有機物および海底や河川からの土砂などの固体微粒子 (solid particulate matter) 無機懸濁物 (デトリタス) などである。

これらはバクテリアの働きによって海中の多くの生きものたちのデトリタス食物連鎖 (detritus food chain) の食物として利用されるから人為的水質汚染によらないニゴリこそ海の生産力を左右している大切な存在で、豊かな海への貢献者である。

② ニゴリの正体

肉眼ではニゴっている海水としか見えないが、顕微鏡的にはごく小さな有機物微粒子の有機デトリタス (死亡した海の動植物の分解生成成分) が泥、粘土、細砂などの無機微粒子に吸着され、そのまま微小生物などの食物として摂取されていて、海の生産力に重要な役割りを果たしている。

* 非会員 野生水水族繁殖センター (251 神奈川県藤沢市川名2丁目 3-12)

ニグロ物質は可視状の集合体から見える大きさの集合体から固体、液体およびガス状物質などのコロイド (colloidal micelles) の小さな微粒子までの懸濁物などいろいろの状態で存在している。

③ ニグロ発生の歴史

地球ができて間もなくまだ生物がない時に河口の出現や岩石が崩壊することによって水のニグロ (土砂の微細片・無機懸濁物デトリタス) がまず最初に発生したと考えられている。

35億年ほど昔の早期カンブリア代の初めの頃に生きものがはじめて出現し食物連鎖がみられるようになったが、これらの生きものの食物からはじまる食物連鎖はニグロ物質 (有機懸濁物のデトリタス) を基盤とする型のものでこれが現在まで続いている。

④ 栄養塩類とニグロの微粒子

飲みこまれる水に栄養分としての栄養塩類が充分含まれていてもこの水だけでは生物は生長することはできない。

バクテリアは海中に溶在する有機物をニグロの微粒子の存在によって魚や二枚貝などが利用できる状態の粒子状有機物 (有機物微粒子) に転換する。

このようにして水中の微粒子で構成されるニグロは食物であるとともに飲みこむ作用を助ける重要な働きをしている。

⑤ えさとしてのニグロの量

海中に溶在する有機物 dissolved organic matter の量は有機懸濁物 particulate organic matter の量の300倍以上存在するであろう Krogh (1931, 1935)、Bond (1933) はプランクトンの現存量よりも海中に溶在する有機物の方が3.3倍も多いであろうと述べている。

また Fox (1955) は有機懸濁物の現存量は最少限に見積った値でも、地球上の全海洋が1年間に光合成によって生産する有機物の量1500億トンの10倍にも上回ると推定している。

⑥ えさとしてのニグロ物質

カイメン、コケムシ、二枚貝、ホヤ、動物性プランクトン、幼魚などのように極めて小さな食物をとる生きものたちや深海底で浮遊しているごく小さな餌料を食べている生物たちは、浮遊しているニグロとして扱われている多量の粒子状有機物 (有機物微粒子、有機懸濁物) を摂取して栄養としている。これは海中に溶在する有機物がバクテリアの作用によってできたものである。

また多くの動物たちによって排泄される糞は海底に沈着して底泥中に生活する他の微細な動物や微生物の栄養供給に重要な役割を演じている。

⑦ 水族館で飼えない生物

水族館では常時飼育水を濾過して海水に含まれているニグロの有機懸濁物などは積極的に除去しいつも水がよく見えるようにしている。

このためニグロ物質を食物としている海綿動物や苔形動物あるいは軟体動物の二枚貝や原索動物のホヤのなかまなどは餓死せざるをえない。世界中の閉鎖式水族館でこれらの生物たちを長期間飼育できないのはニグロ物質がないからである。このことから判るように透明な海水の熱帯の海も同じように生きものにとってはえさのない貧困の海なのである。

⑧ ニグロは食物連鎖の原点

生態系には2つの系列の生産システム (食物) がある。その一つはバクテリアなどの微生物を生産基盤とするデトリタス食物連鎖生態系でニグロの有機懸濁物質がこれにあたりこれがプランクトンを含むすべての動物の食物連鎖の基盤となっているがあまり知られていない。

他の一つは光合成を基底とする植物プランクトンや海藻による捕食食物連鎖生態系で食物連鎖の基盤としてよく知られている。

デトリタスは本来粒状とみなされるバクテリア、菌類あるいは原生動物などに吸着されこれらは溶存態の有機、無機の化合物が吸着されている物質と一緒に水中に存在する。有機デトリタスは海の基礎生産力として生態系の中の有効な食物粒子の重要部分であることがわかる。

3. 溶存ガス

① 溶存酸素 (dissolved oxygen; DO)

陸上と海中との基本的な違いは、陸上では大気中に酸素が含まれているのに対し、海中では大気ではなくて海水が存在することである。

当然のこととして大気中の酸素も存在しない。海の中にあるのは海水の粒子の隙き間にとけこんでいる溶存酸

素でその溶存酸素量の絶対量は極端に少ない。

大気中では酸素の量は、ほぼ大気の1/5の量つまり200/1000を占めているが、水温20℃の海水1リットル中に含まれている溶存酸素量は飽和の状態でも僅か5.4ミリリットルすなわち5.4/1000の量にすぎない。水の中の溶存酸素量は大気中の酸素量にくらべて、1/40しかないのである。

水の中の生きものたちは、酸欠寸前の環境下でくらしている。溶存酸素が十分にとけこむ飼育装置こそ最もよい装置であり、健康状態の悪い魚たちには曝気をしてやるのが最善の治療法であることは、このためである。

自然環境下において、溶存酸素量が減るようであれば、それだけ自然界で溶存酸素を利用している生物たちが、減少せざるをえない。

荒波を押えて、港をつくるとか、川の流れをせき止めて海水が上ってこないようにするようなことは、必然的に生物の生存を脅やかすことになる。

時化で海が荒れ水がひどくにごってもそこにすむ生物に悪影響がないのに、静穏水域でにごらせるとそこにすむ生物に悪影響が生ずるのはにごりのためではなくて、にごりが生じた時に大量に消費される溶存酸素量を静穏水域では補給することができないためである。

溶存ガスの量は気圧に比例し、水温や塩分濃度に逆比例するから、とりわけ夏期酸欠を起しやすい。

天然では、植物だけが光合成によって酸素を生成できる。このため海藻や植物性プランクトンは酸素生成に大いに寄与しているから、これらの植物がいなくなるということは、海中の酸欠をさらに進めることになる。

海水中の溶存酸素量を増加させ海洋開発行為であれば、このことによって海の恵みが増すことは明らかである。

② 溶存二酸化炭素

大気中の二酸化炭素は、化石燃料としての石油、石炭などの消費によって、年々ふえ続け2020年ごろには二酸化炭素の濃度が今の倍になり、地球の平均気温が2℃ほど上昇するであろうと言われている。人類が今世紀に放出した二酸化炭素の50%のうち、光合成によって有機物となるものが20%、残りの30%は海洋に溶けこみ空気中の二酸化炭素の60倍にあたる量が、重炭酸の形で海に溶けこんでいる。

③ 溶存窒素ガス

海水中には、ふつう105%の過飽和の状態が存在している。魚類のガス病（潜水病）はこの溶存窒素ガスによるものであり、116%以上の時に発病する。魚種によって違いがあるが、150%ほどで数時間後には、明らかにガス病の症状が現れるものがある。

有機物が海水中でバクテリアによって、分解するとき一定量の溶存酸素が消費され、これに比例して硝酸がつくられる。この硝酸は脱窒菌の働きによって窒素ガスに代る。

海では栄養塩などの栄養物質さえ十分に供給されれば、爆発的に生物生産量が増すが、特に必要なのは、窒素とリンで特に窒素の不足による影響が大である。

水深70～100mぐらいのところの水には、これらの物質が多量に蓄積されているので、この水を海面まで持ち上げ拡散することができれば、プランクトンの大繁殖が実現し海の砂漠は海の大牧草地になる。

4. 生産力の極めて小さい海域（水深が浅く水変りの悪い閉鎖性の水俣・八代海）

八代海の水俣を訪れ、さらに高台に上ってみると、実に風光明媚な景勝の海であることに感歎する。

夏の間は波一つ立たず鏡の如き水面が広がり、冬の間も荒れ狂う外海とは違って、波穏やかな表情をみせている。

誰がみてもすばらしい海だと感動するのだから、当然ここには豊かな海の幸があるものと思っても不思議ではない。まして水俣の人にとっては、水俣の海ほどよいところはないと、お国自慢をしてもおかしくない。しかしオホーツク海の紋別市の漁協では、一経営体あたりで4777万円、一人あたり2150万円以上の年収をあげているのに昭和63年度の水俣市統計書によれば、自営漁業の総数は159経営体、就業者は305人で年間漁獲金額は14892万円と記されている。一経営体あたり94万円、一人あたり488,000円にしかない。水銀による被害がみられなかった昭和25年ごろの漁獲高を現在の価格で算出しても一経営体156万円、一人81万円の年収しかないのである。間違いではないかと水俣市当局にたずねたが正しいという返事であった。

たったこれだけの金額で、漁船・漁具、燃料など漁に必要なものを支出すると、生活費としていくら残ったのであろうかと疑問になる。見た目には美しいけれども何と生産力がないのであるかがわかる。

働けば働いただけの報いがあるとはいっても、たったこれだけの収入しかないとなると不毛の砂漠で植物の採集をしているようなものであまりにも労多くて得るところが少ないから漁民が怠けていたのではなく、働けば働くほど暮らしが大変であったことがよくわかる。

水俣の海も含まれる八代海では、数量的にみてさっぱり魚介類がいなかったことと、少ないながらもとれる種類

には値のはる高級魚がなく、カタクチイワシ、ボラ、タチウオ、コノシロが主要魚種では金銭的にも大した額になることはありえないから、同情を禁じえない貧弱な海といえることができる。

花より団子ということは、きれいな水俣の海よりもにごった紋別の海がよいということにもあてはまる。

水俣の魚たちがすむ不知火海は、また八代海ともよばれるように、九州本土の八代、芦北地区と天草諸島の東岸とによって囲まれた1200平方キロメートルの内海である。隣りの有明海とちがって、湾口部が狭いため外海との水の交換が少なく、典型的な閉鎖性の海で、このため波静かな湖のような海として存在している。この波があまり立たない海の表面に、球磨川をはじめ多くの河水が流れこんでいる。

静かな海の表面をおおった河水や雨水は海水となかなかまざらない。平成4年に筆者は水俣市湯の児温泉水天荘で『魚と水の生きものたちの楽しい水族館』を開催しこの開催期間中、海水を入れた水槽内でその上に静かに淡水を注入しこれを公開展示した。少なくとも一週間は明らかに分離している状態が続いた。

つまり水俣の海の表面の水質は、波立たない静かな海のため塩分濃度が少なくこのためにマグロ、カツオをはじめとする高級魚からアジ、サバにいたる浮き魚とよばれる表層性の魚類たちはすめないものである。

海の中の様子をみると、海底は平らで泥あるいは砂泥質でしめられている。沿岸部の海には瀬とよばれる岩場が散在しているが、沖合は水面下30~40mで海底となり、そこは広大な大平原となっていて、遮るものはまるでない。これが陸地であれば、農地となって水俣の人々の生活を大いにうるおしてくれたにちがいないのだが、海底が平原であるということは、潮の流れに抵抗するものがないことを意味し、海底の栄養塩類は静かに死蔵されたままで、活用されることがない。

水深が浅く水変りの悪い閉鎖性の海は、大きなたまり水をかかえているようなもので、気温の影響を表面だけでなく、海底までのすべての水が受けることになる。

このため冬は、海底まで10℃という低温になり多くの魚種にとっては寒すぎ、夏は30℃にもなつて暑すぎるだけでなく水中の溶存酸素量の減少をもたらして、生きものたちの生存をおびやかす酸欠状態がおきやすくなる。

水俣の海は不運なことには、海水すべてが同じように気温の影響を直接うけ、海底が平らであるために密度流が生じないことである。

水深が深く、しかも海底が必ずしも平坦ではない海では比重の重い冷たい水があたたかい水の上になると、やがて上下の水の均衡がくずれて逆転する。この時に海底の栄養塩類も下層の水が湧き上る際に海面に浮上し、植物プランクトンの繁殖を促すのである。これが食物連鎖反応に火をつける形となって、やがて魚類も繁殖するようになる。花咲爺さんが枯木に花を咲かせましようといって、枯木にのぼって灰をまいたという話は、海の中にそっくりそのままあてはまる話で、海底の栄養塩類が絶えず海面に向かって湧き上がっているところは、好漁場であるからである。

花咲爺さんの役割りを、湧昇流や密度流がしておりお爺さんのまいた灰こそ、海底の栄養塩類そのものである。不知火海にも花咲爺さんがいれば魚がたくさんふえるのだが、いくら海底に栄養塩類がたまってもそれを海面まで持ちあげてまいてくれないければ、死蔵されたままで役に立ちようがない。

水俣の漁民や不知火海の漁民にとって、気の毒なことは波静かで浅いために海底にたまっている莫大な栄養塩類が利用されないでいつまでも沈んだままになっていることである。

それだけではなく、夏には海底の方でも水温が上昇するために海水の中の溶存酸素量が減少して水の中の生きものたちの生存をおびやかす酸欠状態がおきやすくなる。見た目にはとても美しい不知火海は生きものたちにとっては、とてもすみにくい海なのである。

5. 生産力の高い海域

A 世界の海で生産力の高い海域としてはつぎのような海域をあげることができる。

①沿岸水海域や大陸棚海域

陸地からとりわけ河川水によって有機物が常に供給される。また大陸棚の海は浅いから無機物に還元された栄養塩を植物プランクトンが太陽エネルギーを利用して光合成によって再び有機物の生産に使うことができる。海洋における生産力の基盤をなしているものは珪藻を主体とした植物プランクトンであるのが通説であるがやはりここでもニグロを形成する懸濁物の存在が重要な位置を占めている。

②下降流・上昇流生成海域

赤道付近には下降流があり、このために栄養塩類の多い深層水は上昇流となって上にあがってくる。南米西岸のペルー海流やアフリカ西岸のベンゲラ海流のように沿岸近くに深海があり 風が表層水を沖合へ押し出すので、そのあとに深層水が上がってくる。

③極海の冷水海域

海水は淡水とちがって -1.7°C にならないと結氷せず水温が下がるほど比重が増すために沈降し下の水温の高い軽い水と入れかわる。また風によって容易に攪乱される。

以上のような海域では生産力が大きい、これらの海では風あるいは海水自体の密度の差によっておこる密度流とによって上下層の海水が流動し下層の海水が上昇することによってニゴリが形成される。

B 好漁場 の条件

海底に沈殿している動物や植物などの成分からなる有機物あるいは下層海水中に含まれている豊富な栄養塩類などが湧昇流、渦流、密度流、潮境流などによって表層にもち上げられることにより、表層水域あるいは浅海底域にすむ懸濁物食性の生物のえさとして利用される。

また表層にもち上げられたこれらの有機物や栄養塩類は透過する太陽光線によって植物プランクトンの光合成が活発に行われ、これを直接・間接に食べる魚類をはじめとした各種の動物が大繁殖し結果的に好漁場となる。

① 湧昇流

陸から海に向かって風が吹き続けると沖に向かって海水が押し出される形となり岸近くに離岸流が生じこれを補うために湧昇流が発達する。この逆に海から陸に向かって吹く風とか海流の流向による発散流によっても湧昇流がおきる。潮目でも潮の速度差や方向によっても湧昇流がおきる。以上のように海底の地形に直接関係なく発生することもあるが、ふつうは島とか隆起した海底地形、海中の岩礁、海堆、海山などに海流がぶつかって水の流れが湧き上がって湧昇流がおきる。

世界の海洋のうちで湧昇流の海域は僅かに0.1%にすぎないが、そこでの生産効率は高く表1 に示されるように魚類の生産量もきわめて高い。世界中の好漁場はこの湧昇流の生ずる海域で山陰沖、佐渡ヶ島沖などからペルー沖やカリフォルニア沖などが有名である。

表1 海域の面積と魚類生産量 (ライザー, 1969)			
海域	面積(km ²)	%	魚類生産量 (湿重量トン)
湧昇海域	3.6 x 10	0.1	12 x 10
沿岸海域	36.0 x 10	9.9	12 x 10
外洋域	336.0 x 10	90.0	16 x 10

② 渦潮

渦潮が形成される渦流は暖流と寒流とが接触したり強い流れが岬や島にあたったりしても生ずる。これも同じように栄養塩に富んだ中層水や下層水が浅海の岩場や表層にもちあげられるので懸濁物食性の生物のえさとして利用され、また陽のあたる表層に持ち上げられることにより食物連鎖がおこり豊かな海になる。

渦流や湧昇流あるいはつぎに述べる密度流などが見られない海は、栄養塩に富んだ中層水や下層水が表層にこないで食物が少なく『海の砂漠』とよばれるほどに海の生きものは少ない。

③ 密度流

北半球の温帯地域では夏は暑く冬は寒く四季がはっきりしているが、熱帯地方では四季を通じて暑い日だけである。この結果表層の海水温は温帯地域では夏は高く冬は低いのに熱帯地域では周年表層水の水温は中層水よりも高い。

相模湾を例にとってみると冬の寒い期間中、低い気温の影響を直接受ける表層水は中層水よりも水温が低下する。このため夏季に加温された高水温の海水層の上部は冷えたとは言っても下部には上部よりも暖かな密度が小さく比重の軽い海水層が存在している。

水の比熱の関係から3月下旬～4月上旬にかけて、表層の冷たく密度の大きい重い海水を中層あるいは底層の温かくて密度の小さく軽い海水が支えきれない形となって逆転現象がおこる。この時の海水の逆転流を密度流といいこの水塊を躍層とよんでいる。

この密度流によって中層あるいは底層あるいは海底の栄養塩類が海面にまき散らされ日光にあたり植物プランクトンの大増殖をもたらす食物連鎖のピラミッドの底辺を形成することになる。懸濁物食性の生物にとっても好ましい環境となる。

しかし熱帯の海や水深が浅いために海底まで冷たい水が到達してしまう海ではこの密度流がおきずしたがって海中あるいは海底の栄養塩類が海面にまき散らされることはなく死蔵された形が続き構造的に生産のあがらない生物相の貧弱な海ということになる。このような海こそ人工的に構造改革をしなければならない。

6. まとめ ニゴリと海洋開発事業 (人工湧昇流発生事業)

生態系には2つの系列の生産システム（食物）がある。

その一つはバクテリアなどの微生物を生産基盤とするデトリタス食物連鎖生態系でニゴリの有機懸濁物質がこれにあたりプランクトンを含むすべての動物の食物連鎖の基盤となっているがあまり知られていない。

他の一つはよく知られている植物プランクトンを動物の食物連鎖の基盤としているもので光合成による植物プランクトンや海藻による捕食食物連鎖生態系である。

デトリタスは本来粒状とみなされるバクテリア、菌類あるいは原生動物などに吸着されこれらは溶存態の有機、無機の化合物が吸着されている物質と一緒に水中に存在する。

有機デトリタスは海の基礎生産力として生態系の中の有効な食物粒子の重要部分であることがわかる。

海水の上下流を人為的におこすことによって、生産力の小さい海域を改良できることが明らかである以上潮汐や流向、流速などをよく調べた上で海底および海中に人工的に溶存酸素量の豊富な湧昇流を生ずる装置を設け下層水を海表面に上昇させて生産力を高めるための大規模な海洋開発事業が望まれる。

このことによって生産力がいちぢるしく向上される海域は日本周辺のみならず世界中に多いから、国際的な大事業となって今後予想される食糧難対策としても重要である。これが更に発展すれば大洋における下層水中の栄養塩類や懸濁物を海表面にまきちらして海の砂漠を肥沃な海に転換することも可能となる。

参考文献

- (1) Tsujita, T. (1953): Studies on naturally occurring suspended organic matter in waters adjacent to Japan (ii). Rec. Oceanogr. works, Japan. 1(2), 94-100
- (2) 辻川時美, (1963): 有機懸濁物の海洋生学的意義について 日本海洋学会誌 第18巻, 第4号, 245-256
- (3) 辻川時美, (1982): デトリタス-海洋水の新しい有機物像- 月刊 海洋科学 Vol. 14 No. 8, 311-317
- (4) 辻川時美, (1991): ニゴリ原因物質の特性認識と生態系工学, ECOSYSTEM ENGINEERING 1, 135-136
- (5) 廣崎芳次, (1991): 水生生物の生存上からみたニゴリ, ECOSYSTEM ENGINEERING 1, 137-138
- (6) 松生治, (1991): 海の藻りと魚類・藻類への影響, ECOSYSTEM ENGINEERING 1, 139-141
- (7) 堀江毅, (1991): 有機懸濁物の沈降, ECOSYSTEM ENGINEERING 1, 142-146