

漁業及び養殖業に対する 油汚染の影響

ITOPF技術資料

11



序文

油流出は、物理的汚染や資源に影響を与える毒性、事業活動の混乱などによって、漁業及び養殖業の資源に重大な被害を及ぼす場合がある。水産食品の生産が受ける影響の性質及び範囲は、流出油の特性や事故の状況、被害を受けた漁業活動または事業の種類によって異なる。時には、効果的な保護対策と防除によって、被害を未然に防ぐか最小限に抑えることができる。

本資料では、船舶からの油汚染がもたらす漁業や養殖業への影響について述べ、油流出被害の重大性を軽減する役に立つ対応措置や管理戦略に関するガイダンスを提供する。他の経済資源の被害については別の技術情報資料にて考察している。

被害及び損失の発生メカニズム

漁業（野生種の採捕）も養殖業（採捕した種の養殖）も重要な産業であるが、油流出によってさまざまに重大な影響を受ける可能性がある（図1、2）。油の毒性や酸素が遮断される結果、商業的に開発された動物や植物が危害を被る可能性がある。海産物は物理的にまたは有毒な成分によって汚染され、油に由来する不快な風味が付いてしまうことがある。漁具や養殖資機材が油で汚れてしまう可能性があり、それは採捕した物もしくは資源が汚染されるリスク、または道具などが清掃もしくは交換されるまで活動が停止するリスクにつながる。それぞれの事業者の損失に加え、生活のための漁業（図3）・遊漁・商業漁業の活動妨害及び海産物の養殖サイクルの崩壊など、経済的に重大な影響をもたらす可能性もある。実際に生産物が汚染されていなくても、消費者は被害地域からの海産物を買ひ控えるようになることがあり、市場の信頼の喪失によって経済的損失をもたらす場合がある。

流出油の影響は、油の物理的・化学的特性によって異なる。具体的には、油の密度や粘度、化学組成、そしてそれらの特性が時間または「風化」によってどのように変化するかである。風化によって生じる変化は、その現場の気候条件や海面状態に大きく左右される。

開けた海域で自由に泳いでいる成魚及び商業的に重要な海洋動物の野生の群体が、油流出による長期的被害を受けることはほとんどない。その理由は、油流出の後に水中の油濃度が急速に低下するためであり、その濃度が死亡または重大な危害を及ぼすレベルに達するのは極めてまれだからである。また、油は通常、流出源に近い海域にとどめられるからでもある。対照的に、固定した場所で養殖されている海産物やケージに囲われている動物は周辺の海上または海中にある油汚染物質にさらされるのを避けられないため、より大きなリスクの可能性もある。

最大の影響は、動物や植物が物理的に油に覆われ窒息するか長期間有毒成分に直接さらされる沿岸部で見られる可能



▲ 図1: 流出した油によって漁船団が船舶や道具の汚染、または禁漁といった被害を受けることがある。どちらの場合も船団が港に留まることを余儀なくさせる可能性がある。

性が高い。そのため、食用海藻や貝類などの固着性の種は酸素の遮断からも油の毒性からも特に影響を受けやすい。また、油は動植物を死滅させるだけでなく、行動、摂食、成長または生殖機能により微妙なダメージを与える可能性がある。しかし、多くの海産種の個体数には通常大きな自然変動があるため、偶発的な油流出による致死量の影響と判断するのは難しい場合がある。

海産物への被害は、油流出に対処する手段を講じた結果によって引き起こされる場合もある。例えば、特に油処理剤が動植物の近くで使用される場合、それがなければ浮遊油による被害を受けるはずのなかった動植物が水中に漂う油滴にさらされることによって汚染される可能性がある。また、高圧と熱湯の両方またはいずれか一方を使った見境のない洗浄などの強引ないし不適切な防除技術が、商業的に開発された種に悪影響を及ぼし、自然回復を遅らせることもある。



▲ 図2:海藻養殖場。多くの場合、漁業や養殖業は油流出の影響を受けやすい。



▲ 図3:海沿いの小さな集落の多くは収入及び生計を漁業に頼っており、油流出によって重大な影響を受けることがある。

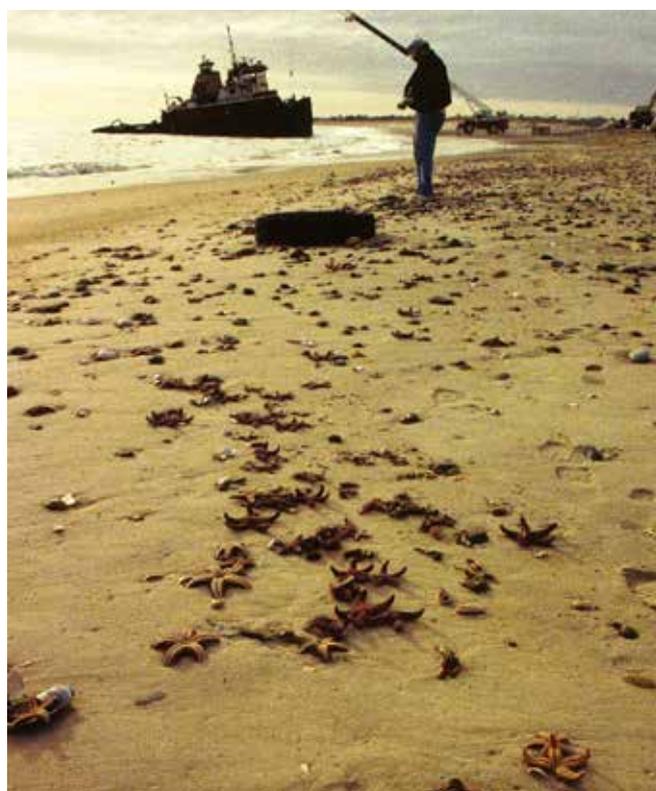
漁業及び養殖業の季節サイクルは、漁獲または育てる種の種類によって1年を通して変化する。その結果、種の脆弱性または流出油に対する活動も季節に左右される。例えば、アジアで栽培されている大型海藻の中には春から初夏に収穫され、次世代は初秋まで植え付けられないものがある。他の成長の早い種は、年間を通して複数回植え付けや収穫を行う場合もある。海から引いてきた水を使った陸上タンクでの幼生の育成は同じように特定の季節にのみ行われ、通常どの年も数カ月を超えることはない。

結果として、漁業または養殖業にもたらされる被害の正確な範囲と性質は、個々の油流出の間に生じ得るさまざまな要因の組み合わせによって決まる。流出量やその他の単一要因だけでは、推定される被害について信頼性の高い指標を提供することはできない。それよりもむしろ、流出時期、油の種類、前述のような影響を受けやすい資源までたどり着く油の量をすべて考慮すべきである。最も難しい課題の1つは、油流出の影響と他の出来事によって生じた変化とを識別することである。他の出来事には、特に種のレベルの自然変動や、漁獲量の変動（魚の乱獲を含む）、気候の影響（例えばエルニーニョなど）、または工業もしくは都市が原因の汚染などが含まれる。多くの場合、流出が起きる前の状態、または以前達成されていた生産性レベルを記述する信頼性の高いデータがないことがさらなる難題を生むことになる。

毒性

油の毒性作用は、油に含まれる軽い芳香族成分の濃度とこれらの成分にさらされる時間によって決まる。海洋生物は毒性作用によって、死には至らないものの、その行動への微妙な影響ということから、局所的な大量死まで多岐にわたる影響を受けることがある。

一般的に、軽質原油やガソリンまたは灯油などの軽い精製品は急性の毒性作用を持つ低分子量芳香族化合物を比較的



▲ 図4:軽油の流出によって危害を受けたロブスターやヒトデ、貝類が風によって浅瀬にまき散らされている。

多く含んでいる。また、岸の近くで軽い油が大量に流出した場合、特に嵐や大波が起きていると、野生の群体が毒の被害を受けることがある（図4）。このような状態では、軽い有毒成分は海面からすぐに蒸発するよりも、水中に分散し、浅水域に閉じ込められるものが比較的多い。その結果、毒性濃度は海洋生物を昏睡または致死の状態にさせる十分なレベルに上昇してしまう。二枚貝や甲殻類などの潮間帯及び浅い潮下帯に生息する底生動物相は特に被害を受けやすいが、野生の魚がこうした条件の下で死んでいるケースもまれに観測されている。



▲ 図5: 激しく汚れていなければ、油で汚れた漁網や壺を洗浄することがある。ただし、場合によっては交換の方が経済的に妥当である。



▲ 図6: 建て網は浮遊油による汚染の影響を受けやすい。



▲ 図7: 陸上の魚の孵化場では大量のきれいな海水が必要となる。海水の吸入口は通常海面下に設置されているため、分散した油によって被害を受けることがある。

より低い濃度でも、試験種を油のより有毒な成分にさらすことで、呼吸や動き、生殖などの多様な生理機能に損傷を与え、卵や幼生の遺伝子変異の可能性を高めることが研究で立証されている。しかし、自然界でこのような致死量以下の影響を検出するのは難しいだけでなく、実験結果の自然界への外挿によって予測され得る資源への広範な影響もまだ観測できていない。同様に、油流出後に卵や幼生が死ぬことがあるにもかかわらず、それに続く天然種の成体数の減少はほとんど記録されていない。これは、さまざまな急性的影響に対する海洋生態系の多大な自然回復力によって部分的には説明できる。海洋生物は、とりわけ卵や幼生の膨大な余剰生産及び被害海域外の資源からの補充によって自然に、高い死亡率にたやすく順応することができる。

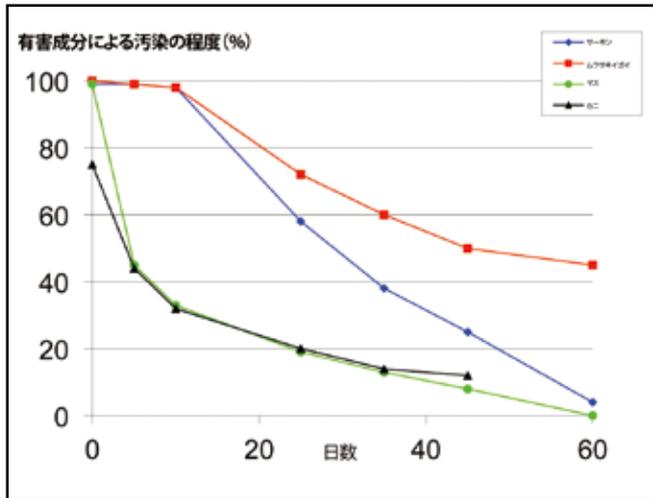
物理的汚染

油は船や漁具、養殖施設などを汚染することがあり、そこから採捕した物や生産物に移ることがある(図5)。海産物を大量に育成し、取扱うということは、油で汚れたものだけを見つけて隔離し、除去するのはあまり現実的ではないことを意味する。ブイや浮標、敷網、投網、定置網(図6)などの海面上に広がる浮遊資機材は、特に浮遊油による汚染のリスクにさらされている。油で汚れた海面を通して引き上げたり、沈下もしくは分散した油の影響を受けたりしなければ、縄や桁網、底引き網、そして養殖施設の水面下にある部分は通常守られている。潮間帯にある牡蠣棚(図16及び図19)など、海岸線にある養殖施設は特に影響を受けやすい。それらの施設は通常、自然な潮の満ち引きによって帯状に油汚染にさらされる海岸線の中央部もしくはそれより低い所に位置している。養魚施設が浮遊油によって物理的な被害を受けた場合、洗浄されるまで油で汚れた表面自体が二次汚染の汚染源になる可能性がある。

海藻や魚類、及び甲殻類や軟体動物、棘皮動物などの多くの海洋生物を養殖する場合、幼体から売り物にできるサイズまであるいは海に移すのに適した大きさや年齢になるまで育成するため、陸上タンクを使用することが多い(図7)。そのような施設は通常、干潮線よりも低い位置にある吸入口からきれいな海水を引き込んで使用している。これらの吸入口は時々沈下した油や分散した油滴の脅威にさらされることがあり、配管やタンクの汚染、そして養殖資源の損失につながる可能性がある。油の存在は、ケージやタンクなどの人工環境で飼われていることで既に資源に加わっているストレスを著しく増大させることがある。例えば、養魚場の飼育密度または水温が異常に高い場合、死亡、病気発症または成長遅延の危険性が高まる。しかし、これらは油汚染に関係なく起こる場合もある。

有害成分による汚染

食品に有害成分がある場合は通常明らかに異質な匂いまたは風味がする。海産物が油に汚染されると、大抵石油の風味や



▲ 図8:フォーティーズ原油に実験的にさらした後の魚類及び貝類の浄化率(有害成分の消失)(引用元: Davis, H.K., Moffat, C.F. & Shepherd, N.J. (2002). *Experimental tainting of marine fish by three chemically dispersed petroleum products, with comparisons to the Braer oil spill. Spill Science & Technology Bulletin, Vol 7, Nos.5-6, pp.257-278.*)

臭気に簡単に気付くことができる。二枚貝やその他のろ過摂食型の固着性生物は、相当量の海水をろ過することによって分散した油滴や水中に漂う油に汚れた粒子を飲み込むリスクを抱えているため、特に有害成分による汚染に弱い。また、ケージで飼育されている魚、特にサーモンなどの脂含有量が多い魚は、体内の組織に石油炭化水素を蓄積・保持しやすい傾向がある。

有害成分の有無及び持続性に影響を与えるその他の要因は、油の種類、影響を受けている種、さらされた範囲と時間、海況、そして水温である。生きている組織の有害成分による汚染は回復可能だが、油の有害物質の吸収は素早い(数分または数時間)ことが多いのに対し、生物が汚染物質を代謝、排出する浄化処理にはずっと時間がかかる(数週間)(図8)。周囲の温度が低いと代謝は悪くなり、それ故に浄化作用も非常に遅くなる。

原油や石油製品に含まれる化学成分で有害な汚染を起こす可能性のあるものはいくつか特定されているが、まだ分かっていないものが多い。しかも、信頼性の高い限界濃度はまだ確立されていないものの、有害成分による汚染が起こる可能性のある炭化水素濃度は非常に低い。そのため、化学分析だけで生産物が有害成分に汚染されているかどうかを判断することは不可能である。しかし、有害成分の有無は、特に訓練された保健担当者と確立された検査手順が用いられている場合、感覚検査(官能検査としても知られる)によって素早く確実に判断することができる。非常に低い汚染レベルでも油の有害成分はまずく感じるため、油の汚染物質に関する限り、感覚検査によって海産物に有害成分による異臭や風味がないと判断された場合、食べても安全だと広く考えられている。

公衆衛生上の懸念

大規模流出に伴う海産物の生命体や商品の汚染は公衆衛生上の懸念につながることがあり、漁業規制を引き起こしかねな



▲ 図9:多くのコミュニティにとって海産物は重要なタンパク源である。

い。これらの懸念は主に油は多環芳香族炭化水素(PAH)が含まれることから生じるものである。PAHの種類によって代謝に影響を及ぼす分子構造が異なるため、すべてのPAHが同じ作用を持っている訳ではない。原油流出が発生した場合、主に低分子量PAHによる汚染が生じる。通常それらには発がん性がほとんどあるいは全くないが、急性毒性や有害成分による汚染をもたらす特性があるため懸念が生じる。その一方で、重油は一般に高分子量PAH(発がん性の高いものを含む)をより多く含有している。PAHによる突然変異の誘発の大きな要因は、DNAに結合する反応性代謝物の形成であり、遺伝子変異につながる可能性がある。これは特に3~7個のベンゼン環を含むPAHについて懸念されている。しかし、重要なことには、燃料油とそれに関連したエマルジョンには高粘性と低い分散性などの物理的特性があり、そのため、それらは生きている組織に容易に取り入れられにくく、つまりは体内で吸収され利用されにくい。

水や堆積物、生体組織の平常状態でのPAH濃度には大きなばらつきがあり、このばらつきは発熱性のある(燃焼関連の)発生源、慢性的な人為的(人間活動から生じる)発生源、及び天然源などからのさまざまな投入に起因する。海産物を食べることで摂取されるPAHの標準量は、海産物の通常の1人前の分量や食べる頻度、個人の体重などにより、個人やコミュニティ間でかなり差がある。そのため、油流出に起因する発がん物質の個人またはコミュニティへのリスクは場所ごとの水産物の消費パターンに左右される(図9)。人間にとって無リスクの摂取量を規定することは不可能だが、標準的な消費レベルやパターンに従い特定の地理的地域向けに海産物の「許容」PAHレベルを策定することは可能である。その結果として、現在、複数の機関で海産物におけるPAHの最大許容レベル(MPL)を採用している。例えば、欧州連合では、魚に含まれるPAHベンゾ[a]ピレン(BaP)のMPLは2µg/kg未満であり、二枚貝の場合は10µg/kg未満である(表1)。



▲ 図10:販売されている魚類—商業漁業活動の中断は、販売経路の至るところ(荷揚げ港からこのような市場の露店などの小売業者まで)で重大な経済的影響をもたらす。

米国環境保護庁(US EPA)は、環境試料においてよく測定対象になる16のPAH化合物を「重要」汚染物質として特定している。また、油流出後の16の重要PAHの合計に基づくガイダンス値を定めている。しかし、PAHは何千もの複合化合物を形成するため、多くの場合「PAH総量」が汚染度の測定に使用される。とはいえ、PAH総量は世界共通の数値を算出するために合算された特定の成分の性質に左右されるため、解釈するのが難しいことが多い。従って、実際に分析したPAHの正体を特定し、同種のPAH同士の比較に基づく汚染レベルの評価を可能にしなければならない。

さまざまなPAHの相対効力の範囲は桁違いに幅広い。この点において、BaPは重要化合物と考えられている。BaPはたばこの煙に含まれているため最も研究されているPAHである。結果として、BaPを指標に使用するためのガイドラインが広範に策定された。さらに、さまざまなところから集められた試料を比較し、ガイドラインを適用するため、毒性等価換算濃度(TEF)が策定された。それによって、それぞれのPAHの濃度が発がん性相対効力に基づくBaP当量として表される。これらの数値を合計することでベンゾ[a]ピレン等価発がん濃度(BaPE)が算出される。

人間がさらされる可能性のあるすべての発生源を想定したPAHは全体として多くの変数の影響を受ける。例えば、いろいろな燻製食品やバーベキュー料理にも、流出油から派生することがあるPAH化合物と同一または同種のもが含まれている。また、都心近くで育てられた葉もの野菜は、葉に降り積もった大気中のPAHによって汚染されている可能性がある。食品品質管理者をさらに悩ませるのは、海産物の品質は重金属や藻類毒素、病原性の細菌・ウイルスのような他の種類の汚染源からも影響を受けているという事実である。したがって、公衆衛生の観点から油流出による影響の可能性を評価し、適切な救済策を特定・実施するためには、すべての状況を検討する必要がある。ほとんどのリスク評価研究は、油流出後にさらされるPAHの量や頻度、継続時間などを考慮した上で、海産物で自給自足している消費者の場合でも油流出後の海産物のPAHレベルと公衆衛生上重大な脅威をもたらすレベルとの間には通常十分な安全域が存在するという結論に至っている。

	指標	ガイドライン ¹	対象
フランス—AFSSA ² (エリカ号 1999年)	全仏観測ネットワーク(RNO)が分析した16のPAH	$\Sigma < 500 \mu\text{g/kg DW}$ 販売から除外 $> 1,000 \mu\text{g/kg DW}$	貝類
英国—FS ³ (2002年)	ベンゾ[a]アントラセン ベンゾ[a]ピレン ジベンゾ[a,h]アントラセン	$\Sigma < 15 \mu\text{g/kg WW}$	すべての海産物
欧州連合 (2005年)	ベンゾ[a]ピレン (BaP)	$< 2 \mu\text{g/kg WW}$ $< 5 \mu\text{g/kg WW}$ $< 10 \mu\text{g/kg WW}$	魚 甲殻類及び頭足類 貝類
韓国(MIFAFF) ⁴ (ヘーベイ・スピリット号 2007年)	ベンゾ[a]ピレン等価発がん濃度(BaPE)	$< 3.35 \mu\text{g/kg WW}$	すべての海産物
米国—EPA ⁵ (ニューカリッサ号 1999年)	BaPE	「安全」 $< 10 \mu\text{g/kg WW}$ 「危険」 $> 45 \mu\text{g/kg WW}$	貝類 貝類
米国—EPA ⁵ (クレ号 1997年)	BaPE	「安全」 $< 5 \mu\text{g/kg WW}$ 「危険」 $> 34 \mu\text{g/kg WW}$	貝類 貝類
米国—EPA ⁵ (ジュリー・N号 1996年)	BaPE	「安全」 $< 16 \mu\text{g/kg WW}$ 「危険」 $> 50 \mu\text{g/kg WW}$	ロブスター ロブスター

¹ DW=乾燥重量、WW=湿重量。大体の目安として、 $DW \approx 15\% \times WW$; $\mu\text{g/kg} \equiv \text{ppb}$ 。

² AFSSA: 仏食品衛生安全庁 (Agence de Sécurité Sanitaire des Aliments)。

³ FSA: 英国食品基準庁 (Food Standards Agency)。現在このガイドラインは欧州連合基準に取って代わられている。

⁴ MIFAFF: 韓国農林水産食品部 (Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries)。

⁵ EPA: 米国環境保護庁 (Environment Protection Agency)。ガイドライン制限の差異は主に地域の食習慣の違いによるもの。

▲ 表1: 油流出後の海産物の安全管理のためにさまざまな機関が使用しているPAHガイドラインレベルの例。

市場の信頼の喪失と事業の中断

漁業や養殖業の活動の中断、そして相当な経済的損失の可能性は、多くの場合、油流出による影響の中で最も重大なものである(図10)。公衆衛生上の懸念及び有害成分の検出は、市場から生産物を回収することにつながる恐れがある。市場の信頼が失われることによって、海産物の値下げ、市場の買い手や消費者による徹底的拒否にもつながりかねない。油汚染に関するマスコミ報道もしくは口コミによって、海産物の市場性が影響を受ける可能性がある。しかし、市場の信頼の喪失による金銭的損失を数値化することは難しい。なぜなら、売り上げの減少と価格下落が両方とも油流出の直接的影響によるものであると示すことのできる信頼性のあるデータが必要になるからだ。

漁具や養殖施設を油から守ることが不可能だと判明した場合、一般的には、施設が清掃され再び操業可能になるまで経済的損失を被ることになる。養殖した生物の死によって生じた経済的損失を数値化するには、被害を受けた生産物を集計し計量するのが比較的分かりやすい方法であることが多い。そして、逸失利益は、予測されていた収穫重量と販売開始時点の市場予想価格を基に計算され、そこから担当者の賃金や餌代、燃料費など節約できた生産経費を差し引くことで算出される。養殖する際に日常的に生じる自然死亡率も考慮しなくてはならない。

対応オプション及び汚染被害の軽減

養殖設備、構造物または網が汚染された場合、高圧洗浄機などを使ってその場で洗浄が行われることが時々ある(図11)。より激しい汚染の場合、洗浄するために設備を解体しなくてはならない時もある。洗浄が無理な場合、または新しい資機材を購入するよりも洗浄費用の方がかかる場合、交換するのが望ましい場合がある(図12)。

固定された漁具や養殖設備を汚染から守るためにオイルフェンスやその他の物理的障壁が使われることがある。しかし、漁具や養殖資機材は魚の移動ルートや効率的な水の入れ替えを利用できる場所を意図的に選んで設置することが多く、そうした場所は通常適度に速い水の流れがあるため、オイルフェンスはほとんど効果を発揮しない。また、穏やかな海に設置されている養魚場を守るために丈夫なビニールシートをケージの周りに巻くことが時々ある。そうすることによって、浮遊油が網の中に入ったり浮標を汚染したりしないよう防ぐことができる(図13)。シートはあまり海面下の深いところまで伸ばさないようにし、海流や波の動きによってまくれ上がらないよう下端に重りを付ける必要がある。状況によっては、ケージの周りに吸着材オイルフェンスを展開することもある。

吸着材は大量の油の除去には適していないが、タンクやケージ内の水面から薄い油膜を除去するには役立つことが多い



▲ 図11: 養殖施設は加圧洗浄によって現場で清掃することが可能。



▲ 図12: 油で激しく汚染された海藻の養殖棚。これらは満足のいくレベルまで洗浄することができなかつたため、解体され、新しいものと交換された。



▲ 図13: 通知に十分な猶予があれば、浮遊油による汚染を防ぐため魚ケージの周りに重り付きのビニールシートを張り巡らせることができる。



▲ 図14:油で汚れたアワビ養殖場。吸着材パッドは大量の油を除去するには適していないが、魚ケージの中から薄い油膜を除去するのに役立つことが多い。

(図14)。吸着材は陸上施設で海水をろ過するためにも有効に使われている。いずれの場合においても、二次汚染の原因になるのを防ぐために油で汚れた吸着材を交換することは重要である。餌と間違われる可能性があるため、微粒子が散るような吸着材は使ってはならない。

浮遊油による資機材の汚染は、施設や沿岸漁場から十分に離れたところにある油膜に油処理剤を用いることによって軽減または防止することができる場合がある。分散した油による資源の汚染を避けるために必要な距離は、現場の海流の強さや方向、そして分散した油が水中に十分希釈するまでに必要な時間によって異なる。そのため、養殖施設や産卵場所、成育場、水の吸入口などの近くまたは上げ潮の油処理剤の使用は潜在的影響を考慮した上で初めて実行しなくてはならない。

緩和戦略には標準的な油流出対応措置に加え、浮遊設備を油膜の通り道から外にけん引する、油が上を通過していくように特別に設計されたケージを一時的に沈める、影響を受けないと思われる海域・エリアに資源を移動させるなどの別の方策がある。技術上、実施上及び金銭上の理由によってこれらのアプローチを使う機会はめったにないかもしれないが、条件が揃い、十分に計画を練った上であれば、汚染や金銭的損失を回避する機会を見逃さずにはならない。

海岸タンクや人工池、孵化場においては、海水の吸入を一時停止させシステム内に既にある水を再循環させることが、油汚染の危険から資源を隔離するのに効果的な場合がある。例えば、エビ養殖池への水門を閉じることも短期的には保護を与えることになる。給餌の一時停止は、そうしなければ水面の油膜を通して餌が与えられるのであれば、養殖魚やその他の養殖資源が汚染された餌と接触するのを防ぐ1つの選択肢になり得る。給餌を減らしたり一時的に停止したりすることには、再循環水の中の廃棄物の量を減らせるというもう1つの利点がある。しかし、停滞水または再循環水の中に蓄積した有害な廃棄物によって資源の死亡率が高まらないよう注意を払う



▲ 図15:公衆衛生を守るため、そして油流出後に汚染された生産物が市場に出回らないようにするため、漁業規制がかけられることがある。

必要がある。これらの緩和戦略による資源への潜在的損害と油による潜在的損害のバランスをうまく取らなくてはならない。

このような緩和戦略が有効であるためには、影響を受けやすい漁業施設及び養殖施設が緊急時対応計画に規定されていることが不可欠である。施設運営者は彼らが即時に対応できるかどうか試すために演習や訓練に加えるべきであり、施設を脅かすような油流出が発生した場合は戦略を実施するのに十分な時間が取れるよう速やかに通知しなくてはならない。

養殖施設運営者は油流出被害によって最終的にすべての資源を失う危機に直面する場合がある。十分な猶予を持って通知を受け取ることができれば、運営者は油で汚れる前に早めに資源を収穫することが可能になる。資源は市場に出荷するのに最適な大きさには達していないかもしれないが、資源の価値の一部は救済することができるだろう。反対に、汚染された資源が自然な代謝過程によって有害成分が無くなったと分かるまで通常の収穫を遅らせる場合もある。しかし、その土地の状況や汚染された種によって浄化速度が異なるため、この過程が満足のいくように完了するための信頼できるタイムテーブルを予測するのは難しいかもしれない。加えて、浄化速度が遅い可能性が高いことを考慮すると、資源が市場出荷に最適な大きさよりも大きくなってしまふ場合があり、その結果、代わりにおそらく本来よりも市場価値が下がる可能性がある。

管理戦略

油汚染の影響を防止または最小限に抑えるためにいくつかの管理戦略が用意されている。最も単純なものは、油流出の変化や海産物の品質への脅威をモニタリングすることに留められ、それ以上の介入は行わない。控えめな介入は、損失を緩和するために可能な対策を実施するなど、水産業のためのガイドラインに沿った形をとることがある。スポーツや趣味として釣り人が魚を釣っている場合、釣った魚を食べないよう助言したり、キャッチ・アンド・リリースを一時的に採用したりす

るだけで十分に保護することが可能である。より厳しい対策には、小売規制、採捕物及び海産物の押収、活動制限、漁場の閉鎖などが含まれる(図15)。それぞれの対策には潜在的な欠点があるため、対策を実施する前に利用可能な選択肢を十分に検討することが望ましい。以下の4つの戦略によって、当局が状況に対処するとともに、自信を持って統制を行い、規制を解除することが可能になる。

サンプリング、モニタリング及び分析

明確に定義されたモニタリング計画では、油汚染の程度、期間、そして空間的範囲を判定することを目的とするべきである(図16)。原則として、漁業または生産物の販売に規制を導入するためには、多くの場合、初期段階で油または有害成分による汚染の有無を確認し影響範囲を特定するのに比較的少数の試料によるサンプリング及び分析で十分である。信頼性のある結果を得るために必要な最小試料数はその時々に応じて決まる。また、その後適切な間隔でサンプリングを実施し、それを通して汚染の進行性消失をモニタリングすることによって、確信を持って平常状態でのレベルに戻った時点特定できるようになる。

サンプリング及び検査の頻度と地理的範囲は、汚染の重大性と観測された浄化速度によって決めなくてはならない。1つの実践的アプローチは、試料から有害成分が検出されず、PAHレベルが被害区域のすぐ外側から集められた参照試料または国内のその他の地域で自由に売られている海産物のレベルより高くないことを確認することである。短期間に採取された2つの連続する試料の組み合わせから許容範囲内の結果が出た場合、特定の海域・エリアもしくは種の汚染が十分に低下していると考えられるため、規制の解除または禁止範囲の調整が可能になる。

採取された試料のすべてを分析する必要がない場合があり、また、初期結果が決定的でなかったり、信頼性に欠けたりする場合は後で分析するために試料をいくつか保持しておくこともある。対象種は、商業、娯楽もしくは生存に必要な価値のあるもの、そして実際に食べられているものを想定している。油に汚染されていない近くの海域・エリアから厳選された基準(コントロール)試料は参照試料として重要であり、平常状態での汚染からの干渉を除外するのに役立つ。時には、地元の水産物市場からの試料は油に汚染された海域・エリアからの試料と比較するための基準を提供することになる。

動物や植物の組織試料は腐敗しやすいため、完全な状態を保持するには適切に採取・保管しなくてはならない。試料の損傷及び交差汚染を防ぐために清潔な保存容器(できればガラス製)を使うべきである。低温保存または冷凍保存は、短期間ならば試料の微生物分解に対抗するのに最も便利な保存方法である。採取した試料は密封した後、ラベルを貼り、いつでも分析実験室またはより長い保存のための冷凍設備に運べるよう、十分な保冷剤パックと共に断熱容器に手早く入れなければならない。分析手順によっては、冷凍試料でさえも



▲ 図16:分析するために牡蠣の試料を回収している。信頼性の高い結果を得るために必要な最低試料数は個々の場合に応じて決める必要がある。



▲ 図17:感覚検査を行う前に魚類や貝類は通常蒸し加熱される。これらのロブスターは加熱後に開かれ、白い身の部分を使って嗅覚と味覚による有害成分の検査が実施される。

長期間保存されていた場合試料として無効になることを認識しておくべきである。

感覚検査

多くの場合、感覚検査は有害成分による汚染の有無を確定し、海産物が食用に適しているかどうかを示すのに最も適切な方法である(図17)。訓練された保健担当者と有効な基準(コントロール)試料は感覚検査手順における必須要素で



▲ 図18:陸上にある屋内養殖場での水試料の採取。分析によって資源が汚染されている可能性が示唆されるかもしれない。

ある。再現性のある結果を得るとともに偏りを最小限に抑えるためには、検査は「目隠しテスト」という形で実施すべきである。つまり、検査員は基準（コントロール）試料や有害成分に汚染されている可能性のある試料の正体について知らない状態で実施しなくてはならない。

有害成分が検出されない閾値は、汚染海域から採取した然るべき数の試料が、その近くの基準（コントロール）区域で採取あるいは流出区域外の小売店から取得した同じ数の試料と比べ変わらないと分かった有害成分のレベルと定義付けることができる。このアプローチでは、検査員や消費者の間にばらつきが生じる可能性と、どんな個体群においても油流出とは別の原因によって有害成分に汚染された試料が存在する可能性が考慮されている。流出後に有害成分による汚染が徐々に低下していることを示す十分な時系列モニタリングデータがあれば、魚類や貝類が安全で清潔であると確信をもって受け入れられる（図8）。

化学分析

感覚検査は有益なスクリーニング手段として役立つことがある。しかし、訓練された保健担当者の不足、分析技術の利便性の向上と費用の低下、そして、当局の多くが海産物の化学的安全基準を採用していることから、油流出後の漁業や養殖業を管理するために化学分析がより頻繁に使われていることが分かる。通常、PAHの化学分析はガスクロマトグラフィー質量分析法（GC-MS）を用いて実施されている。その後、PAH濃度は国内的もしくは国際的に認められた基準、またはその地域の基準（コントロール）区域から採取された参照試料のレベルと比較される。

分析のために水産生物の試料を選ぶことは、水や堆積物の試料を選ぶよりも通常望ましい。なぜなら、生物は汚染物質を蓄積し浄化する過程を通して、周りの水や堆積物の状態を効果



▲ 図19:不必要な漁場の閉鎖を防ぐため、これらの牡蠣のように汚染レベルのモニタリング手順を緊急時対応計画に含めるべきである。

的に「モニタリング」しているからである。水や堆積物は、汚染物質が生物にたどり着き、取り入れられる経路の役割を果たしている。そのため、水中が影響を受けていることが分かっている場合（例えば目視によってそれが観測できる場合）、汚染物質が生物に転移しているかどうかを確かめるために海産物を分析することは一般的に望ましい。何より、規制機関や消費者にとって興味があり重要なのは水や堆積物よりも海産物の状態である。明白な手段によって汚染物質の存在が確認できない状況では、資源の汚染に対する不安を和らげるために、水中試料の検査（特に陸上にある屋内施設（図18））または個別の指標種（ムラサキガイなど）の検査が必要になる場合がある。

漁場閉鎖の管理

漁具の汚染を防止または最小限に抑え、海産物の消費者を保護または安心させるために、油流出後に漁業規制及び収穫規制をかけることができる。普段操業している漁場に油が漂っている間の予防策として、漁師たちが漁業活動の自発的な停止に同意することがあり、それによって漁具が繰り返し汚染されるのを防ぐことができる。自発的な停止が不適当な時、正式な閉鎖もしくは市場への出荷規制が適用される場合がある。しかし、規制をかける時には業務再開及び制限解除の基準も併せて考慮することが重要である。

設備や採捕物を守るために強いられた漁場閉鎖は、海面から油や薄い油膜が無くなったことが視覚的に確認でき、沈下した油の形跡がなければ、ほとんどの場合解除される。実証された油汚染または有害成分による汚染に基づき課せられた規制の場合、より長期に渡る可能性が高く、慎重なモニタリングが必要になるだろう。ほとんどの油流出シナリオでは、漁業及び養殖業の管理手順は、浮遊している薄い油膜または沈下した油が無いことを確認するための調査や、有害成分による汚染が無いことを確定するための感覚検査、汚染レベルが平常状態でのレベルあるいは最大許容レベル（MPL）以下に戻ったことを

示すための化学分析などの方策で構成されている。これらの戦略は、別々に、あるいは多くの場合組み合わせによって、科学的信憑性を提供し、不快もしくは危険な海産物が消費者に届かぬよう適切な予防措置を講じてほしいという要求に応えている。

漁場を再開する基準は、その地域の通常の高産物の品質に照らし現実的で達成可能でなければならない。信頼できる意思決定を行うためには、漁業資源管理の知識とともに、地域と全国の双方において汚染の平常状態でのレベルに関する信頼性のあるデータを必要とする。油汚染物質の物理的・化学的特性と、それらが海洋の植物や動物にどのような影響を及ぼすかについても深い理解があれば役に立つ。さらに、高産物の消費パターンと在庫の季節的変動についての知識は、公衆衛生へのリスクを特定するのに有益であり、規制機関がリスク管理に関する考えを練り上げる役に立つ。

高産物の品質規制機関は、一般の人々に情報を提供することによって彼らを安心させ保護する必要性と風評のリスクとをうまく両立させなくてはならない。採用される戦略は被害を受けた国の文化・行政上の慣行を反映するため、国によって異なる。メディアは、適切に実施されたサンプリング及び検査の結果を伝えることによって、一時的規制への人々の理性的な反応を促す上で重要な役割を果たすことができる。

閉鎖基準と再開基準のどちらも緊急時対応計画の重要な一部でなければならない(図19)。究極的には、漁場を閉鎖した場合に生じる利益と漁業・養殖業の通常の活動の中断が長期化した場合に生じる経済的損失とのバランスを取る必要がある。逆説的ではあるが、油流出による漁場閉鎖は時に収益をもたらす在庫保持になることがある。特に養殖魚介類が回遊しない種で、油による被害が最小限である場合にはそうである。

重要なポイント

- 漁業や養殖業のセクターが油汚染によって受ける影響の中で最も一般的なものは、資機材の物理的な油汚染と、有害成分による汚染につながる高産物の汚染である。
- 天然漁業資源や魚の個体数に対する油流出の影響をその他の要因(資源の自然変動、気候の影響、工業または都市を発生源とする汚染、乱獲など)による影響から切り分けることは極めて難しい。
- 商業漁業及び生活のための漁業に及ぼす影響は相当な損失につながる可能性がある。
- 市場の信頼や公衆衛生の問題がうまく管理されていない限り、汚染された高産物は人々の認識に重大な影響をもたらす可能性がある。
- 油流出が施設を脅かす危険性についてできる限り早急に運営者に忠告する段取りを整えることは、効果的な緩和技術を使用するための最善の機会を与えることになる。
- 漁業セクターに対する信頼を維持するため、油流出後に採用する管理戦略は、高産物の安全性と品質を確保する手段として科学的方法やデータを頼るべきである。
- 油汚染の状況において、高産物が有害成分に汚染されていないことが分かれば、それは食べても安心だと広く考えられている。なぜなら、人間は非常に低い汚染レベルまで油の有害成分を感知できるからである。
- 油流出対応措置だけでなく漁場の閉鎖や再開についても取り上げる効果的な緊急時対応計画によって、漁業及び養殖業に対する油流出の影響を予防または軽減することができる。

ITOPF技術資料

- 1 海上流出油の空中監視
- 2 海上流出油の結末
- 3 油汚染対応におけるオイルフェンスの使用
- 4 流出油処理における油処理剤の使用
- 5 油汚染対応における油回収機の使用
- 6 海岸線における油の確認
- 7 海岸線における油の清掃
- 8 油流出対応における油吸着材の使用
- 9 油とゴミの処分
- 10 油流出対応における統率、指揮、管理
- 11 漁業及び養殖業に対する油汚染の影響
- 12 社会・経済活動に対する油汚染の影響
- 13 環境に対する油汚染の影響
- 14 海上流出油のサンプリングと監視
- 15 油汚染に関する求償の準備と請求
- 16 海上油流出に対する緊急時対応計画の策定
- 17 海上の化学物質事故への対応

ITOPFは、油や化学物質、その他危険物質の海洋流出に対する効果的な対応の推進を目的として、世界中の船主や保険業者のために設立された非営利団体です。技術サービスには、緊急時対応、清掃技術におけるアドバイス、公害損害評価、流出油対応計画に対するサポートならびにトレーニングの項目が含まれます。ITOPFは海洋油汚染における総合的な情報ソースで、本資料はITOPFの技術スタッフの経験に基づく文書シリーズの一部です。本資料内の情報はITOPFから事前に許可を受けた場合にのみ複製可能です。詳細は下記までご連絡ください。



ITOPF Ltd

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

Tel: +44 (0)20 7566 6999

Fax: +44 (0)20 7566 6950

24時間受付: +44 (0)20 7566 6998

Eメール: central@itopf.org

Web: www.itopf.org



石油連盟

<http://www.paj.gr.jp/>

〒100-0004東京都千代田区大手町1-3-2（経団連会館）

Tel: 03-5218-2306（油濁対策室） Fax: 03-5218-2320

Eメール: pajosr@sekiren.gr.jp