

II-4. 流出油成分の蓄積・残留調査法

流出油汚染のモニタリングは、①水産生物の食品としての安全性評価ならびに②汚染状況の実態および影響把握のために行う。前者の目的のためには、石油を構成する各種の成分を測定する必要がある。一方、後者の目的のためには、石油成分の蓄積の他に胆汁に検出される芳香族炭化水素化合物の代謝産物や石油成分により誘導される薬物代謝酵素活性等がモニタリング指標として使用される。

4.1 石油汚染の指標化合物

石油による海洋汚染のモニタリング調査では、汚染指標化合物として n-アルカン類、多環芳香族化合物類や有機硫黄化合物が選定される。これらの化合物の中で n-アルカン類は高等植物のワックス、多環芳香族化合物類は化石燃料の燃焼にも由来し、その起源は必ずしも石油だけではないことが報告されている。したがって、石油汚染におけるこれらの化合物の位置づけは明確にしておく必要があるが、石油汚染に対するこれらの化合物の指標性は、II-1「海水および底質の油分調査法」の項でも述べたので参照していただきたい。

4.2 残留濃度調査のための指標生物と保存方法

1) 指標生物

環境庁で実施する生物モニタリング調査では、生物中有害物質の残留調査のためにスズキなど 8 種の魚類やムラサキイガイ（二枚貝）が指標水生生物として選定されている。しかし、水産の分野で行う生物残留量調査は、汚染実態をモニタリングするとともに漁獲対象種の食品としての安全性評価を目的として実施される。したがって、汚染実態評価のための指標生物の他に流出油事故発生水域における漁獲対象生物についてもその残留濃度を

測定する必要がある。

ナホトカ号流出 C 重油が漂着した海域における各種生物中多環芳香族化合物濃度を表 II.4.1 に示した（山田他, 1997）。魚類に比較すると定着性のサザエやウニで蓄積濃度が高く、検討した多環芳香族化合物 6 物質では特にクリセンが特異的に蓄積されていた。魚類は汚染水域から一散することおよび多環芳香族化合物に対して代謝・排泄能力を有するためにその蓄積濃度が低いことが推察される。一方、サザエやウニのような定着性の生物は汚染水域から速やかに移動できないために流出油を高濃度に蓄積することが考えられる。総論 (I-2) においても指摘したように一般的に二枚貝は石油成分を代謝・排泄する能力が弱く、多環芳香族化合物を高濃度に蓄積する傾向であり、汚染実態評価の指標生物としては適していると考えられる。干潟砂泥域に生息するアサリなどの二枚貝は、石油成分を高濃度に含有する底泥を体内に保持している可能性がある。したがって、これらの生物の残留濃度は、体内に保持している底泥などの異物を排出させた後に分析することなどの注意を払う必要がある。

2) 保存方法

残留濃度測定のための生物試料は、通常、 -20°C で凍結保存される。しかし、 -20°C の凍結保存では試料が乾燥することもあるので、長期間の保存の場合にはさらに低温の冷凍庫での保存が理想的である。

一般的に二枚貝は魚類に比較して凍結・解凍時に多量のドリップを生成する。試料から水分の浸出は試料重量を変化させるために結果的に石油成分の残留濃度にも影響する。したがって、二枚貝の場合には軟体部を分離し、自然に浸出する水分の除去および重量測定後に凍結保

表 II.4.1 水産生物中多環芳香族化合物および有機硫黄化合物濃度

	強汚染域							弱汚染域			非汚染域	
	マルタウグイ	キジハタ	メバル	メジナ	ウミタナゴ	カサゴ	サザエ	アカウニ	ウミタナゴ	メジナ	カサゴ	サザエ
多環芳香族化合物 (ng/g)												
フルオレン	2.8	0.9	1.4	1.3	1.8	1.8	1.2	4.2	1.3	1.7	1.1	1.0
フェナントレン	6.7	3.2	3.4	3.7	4.5	4.0	4.9	10.0	3.8	4.4	3.7	4.6
アントラセン	3.6	2.0	1.6	1.9	3.0	2.7	2.1	6.2	1.1	3.7	1.1	2.2
フルオランテン	2.1	1.0	0.7	0.7	0.9	0.7	2.0	4.7	1.6	1.0	1.3	2.2
ピレン	1.8	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	2.7	8.3	0.7	0.6	0.6	1.9
クリセン	7.0	2.3	1.5	1.0	1.3	<0.1	31.1	54.9	1.6	<0.1	1.0	6.6
有機硫黄化合物 (ng/g)												
ジベンゾチオフェン	1.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	1.4	0.7	0.6	<0.1	<0.1
ベンゾ (b) チオフェン	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

存する必要がある。また、魚類など生物試料をビニール袋で1個体毎に凍結保存することは、解凍および試料の秤量などの以後の分析操作において能率的である。

4.3 流出油汚染監視の新たな手法

魚類に取り込まれた石油成分は肝臓の薬物代謝酵素により分解・代謝され、胆汁中に排泄される。Krahn *et al.* (1992) は、エクソンバルディーズ号原油流出事故後1年が経過した時点におけるタラ類胆汁中代謝産物(ナフトレン、フェナントレンおよびジベンゾチオフェンのベンゼン環が水酸化されたナフトール、フェナントロールおよびジベンゾチオフェノール)濃度は汚染されていない対照水域における濃度に比較して高いことを解明した。胆汁中代謝産物は少量の試料で高感度で測定できるために、モニタリング調査において多くの利点を有する。生物への蓄積・残留濃度調査の他に新たなモニタリング指標として可能性が示唆される。

魚類に取り込まれた石油成分は、肝臓の薬物代謝酵素により酸化、還元および加水分解され、水に溶解しやすい代謝産物に変換された後に胆汁に排泄される。魚類は薬物代謝酵素を誘導することにより蓄積した石油成分を速やかに体外に排泄し、生体の恒常性を維持する機能を有する。石油系炭化水素に暴露された魚類では、肝ミクロゾーム薬物代謝系酵素、特にチトクローム P450 および芳香族炭化水素ヒドロキシラーゼ (AHH) の活性が容易に誘導されることが報告されている(小林・大嶋, 1986)。Davies *et al.* (1984) は、北海油田周辺海域の底泥中に含まれる全芳香族炭化水素、ナフトレン、ジベンゾフラン、アントラセンおよびフェナントレンなどを

分析し、それらの分布とその海域で漁獲された魚類(タラ、ハaddockなど)の肝臓 AHH 活性の関係を調べ、油田水域が対照海域に比較して約2倍の AHH 活性を有することを明らかにした。このように、薬物代謝酵素の汚染監視の指標としての有効性が現場調査結果からも明らかであるので、今後、薬物代謝酵素活性の誘導の視点からの流出油汚染監視調査も検討する必要がある。

引用文献

- Davies, J. M., J. S. Bell and C. Houghton. 1984. A comparison of the level of hepatic aryl hydrocarbon hydroxylase in fish caught close to and distant from North Sea Oil Fields. *Marine Environ. Res.*, **14**, 431-432.
- 小林邦男・大嶋雄治, 1986. 7. 環境汚染の生物学的指標, 環境化学物質と沿岸生態系(水産学シリーズ58), 吉田多摩夫編, 恒星社厚生閣, pp. 95-108.
- Krahn, M. M., D. G. Burrows, G. M. Ylitalo, D. W. Brown, C. A. Wigren, T. K. Collier, S. M. Chan and U. Varanasi, 1992. Mass spectrometric analysis for aromatic compounds in bile of fish sampled after the Exxon valdez oil spill. *Environ. Sci. Technol.*, **26**, 116-126.
- 高田秀重, 1993. 堆積物中の陸起源炭化水素, 月刊海洋, **25**, 24-28.
- Youngblood, W. W., M. Blumer, R. L. Guillard and F. Fiore, 1971. Saturated and unsaturated hydrocarbons in marine benthic algae. *Mar. Biol.*, **8**, 190-201.
- 山田 久, 小山次朗, 奥村 裕, 1997. 魚介類の流出油成分の残留調査, 平成8年度環境基本計画推進調査費(緊急分・後期), ナホトカ号油流出事故に伴う浅海域への環境影響に関する緊急調査報告書, pp. 33-42.

<山田 久>