

16. ロシアタンカー重油流出事故による海岸線の環境汚染

ENVIRONMENTAL CONTAMINATION IN SEASHORE LINE DUE TO HEAVY OIL DISASTER OF RUSSIAN'S OIL TANKER

山口 晴幸*

Hareyuki YAMAGUCHI

ABSTRACT: In heavy oil disaster by Russian's tanker, the real condition of environment contamination in Japanese seashore-line is introduced. Also, based on the result of chemical microanalysis, some discussions are performed about the states of oil contaminations in sea water, beach sands and chemical compositions of pollutants extracted from C-heavy oil.

KEYWORDS: Heavy oil disaster, Environmental contamination, Sea water, Beach sand, C-heavy oil, Chemical composition, Pollutant

1. 重油漂着の経緯概要と汚染実態

平成 8 年 12 月 29 日上海を出航したロシア船籍タンカー・ナホトカ号(13157)は、平成 9 年 1 月 2 日約 20300kl (沈没船本体積載量 12500kl、流出重油量 5000kl、船首部分残量 2800kl を加算した値) の重油を積載し、島根県隠岐島の北東約 100 km (後の調査で約 150 km) の公海で遭難した(図-1)。1 月 3 日から脱落した船首部分が遭難推定現場から南東約 90 km で発見された。本体は約 12500kl の重油を積載したまま水深約 2000m (後の調査で水深 2500m、N37°14'、E134°25'の位置) に沈没した。船首部分は悪天候でえい航が難航し、1 月 8 日福井県三国町安島岬から約 200m 沖に大量の重油を積載したまま座礁した。公海で遭難したが、遭難

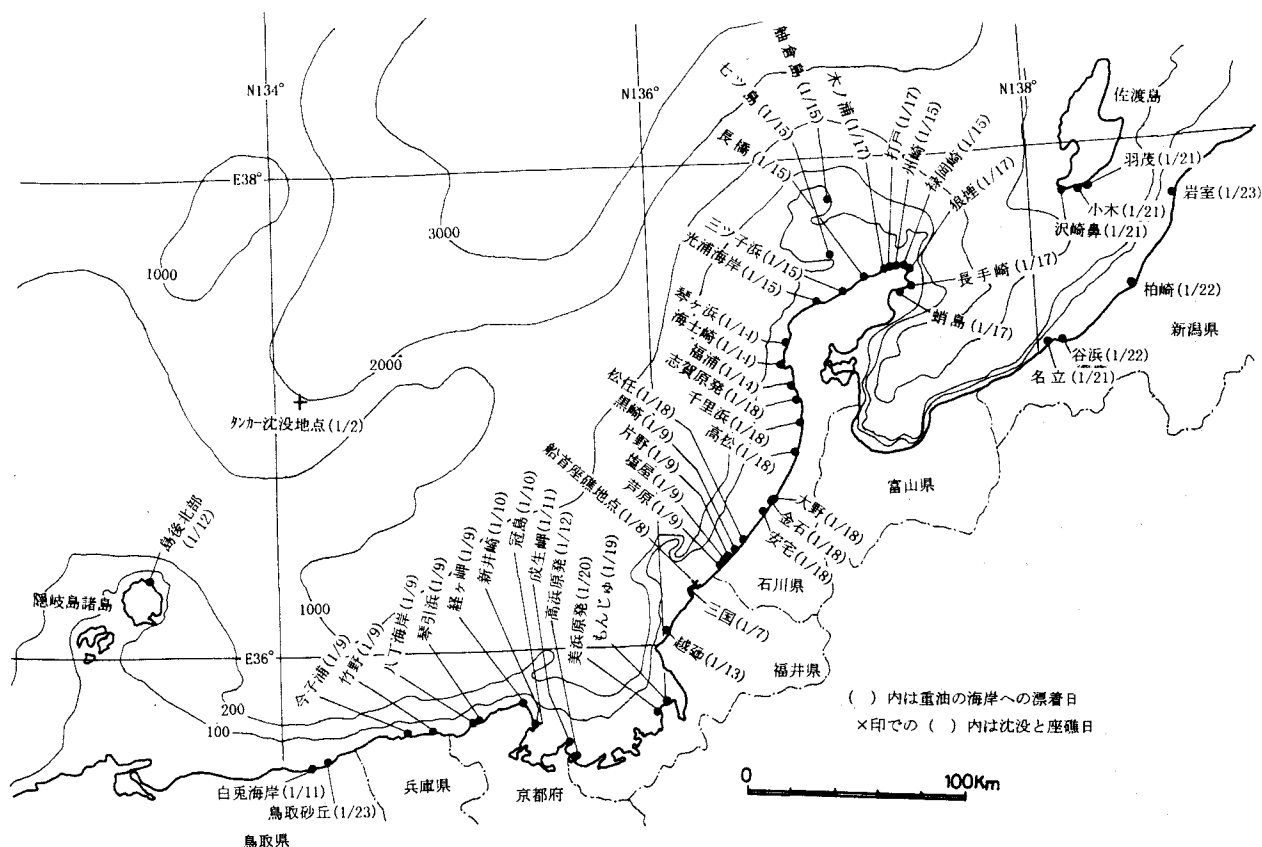


図-1 主な海岸への重油の漂着状況 (1 月 23 日現在)

* 防衛大学校 土木工学教室

直後から大量の重油が日本海に流出し、対馬海流に乗って山陰・若狭湾・越前海岸・能登半島の海岸線に向かって海上を漂流した。船首部分が発見された1月3日時点で、既でに遭難現場から東約10 kmに幅約300m、長さ1.8 kmに亘る帯状・塊状の重油が確認された。約7800kl（流出重油量5000klと船首部分残量2800klを加算した値）の重油を積載した船首部分は、座礁まで約5000kl（当初3700klと推定）のとてつもない重油を流出したと言われている。しかし1月26日現在、船首部分からの重油の抜き取り作業は難航し700kl程度であ

表-1 重油流出災害の経緯と経過（1月2日～1月19日）

月 日	重油漂着地点と汚染被害	漂着重油状況	政府市町村等の対応と回収除去作業	海上重油の漂流状況	座礁船首部分の状況	タンカー沈没地点の状況	調査活動等
1/2(木)			第8管区海上保安本部（舞鶴市）			・AM2:50 ごろ 島根県隠岐島北約100 kmでのロシア船籍タンカー・ナボトカ号（13157トン）からの遭難信号受発。 ・AM9:35 ごろ 同県北東150 km付近で救命ボート6隻発見。 ・タンカー沈没。	乗組員 31 名救助、1名不明。
1/3(金)			第8管区海上保安本部 ・1月4日にも沿岸漂着の可能性有り、警戒体制取る。	・遭難現場から東約10 kmで、海上を漂流する幅約300m、長さ1.8 kmに亘る帯状・塊状の重油帯を確認。	・遭難現場から南東約90 kmで船体から脱落した船首部分発見。		
1/4(土)			第8管区海上保安本部 ・重油防止のオイルフェンス等の対策本部設置。 ・流出重油量は約3700klと推定。 ・約20隻の巡視船を京都・福井両府県の沿岸への出動指示。	・遭難現場から南東方向に幅約3 km、長さ約50 kmに亘って帯状・塊状の重油を確認。		・水深約2000mの海底に沈没中。 ・1月4日まで本体からの重油湧出し確認。	
1/5(日)			第8管区海上保安本部 ・巡視船から重油処理剤（界面活性剤）散布。 ・悪天候でヘリコプターからの散布中止。		・船首部分のえい航準備作業開始（悪天候で難航）。		
1/6(月)			第8管区海上保安本部 ・悪天候で重油処理剤散布不能。				
1/7(火)	・福井県三国町安島岬の岩場に一部漂着。	重油塊	・三国海上保安署に現地対策本部設置（第8管区海上保安本部）。 ・石川県加賀市横立漁港オイルフェンス張る。	・AM9:00 ごろ 最大の重油塊安島岬の北西80 kmの沖合漂流中（幅50m、長さ300mで、17本の帯状の重油帯）。 ・PM5:30 ごろ 福井県境～能登半島外瀬に掛ける11地点で重油帯確認（最大のものは幅500m、長さ300mの重油帯）。 ・漂流重油帯、丹後半島経ヶ岬の北35～80 km沖合をはじめ、計18か所の海上で確認。	・福井県三国町安島岬（東端）に急接近。 ・船首部分から陸側へ幅50～100m、長さ200～300mに亘る帯状の重油流出。 ・船首部分には両舷に1基、中央に2基のタンクがあり、約2800klの重油が残留。		
1/8(水)	・三国町一部の海岸に大量の重油漂着。 ・鳥取県の海岸で重油を浴びたウミネコやカムリクミスズメなどの海鳥発見。	重油帯 重油塊	・海上保安庁対策本部設置。 ・巡視船対策本部設置。 ・石川県対策本部設置。 ・船首部分付近で初めてヘリコプターからの重油処理剤散布。 ・船首部分付近の漂着海岸で油吸収マットやバキュームカーによる油回収作業開始。 ・三国町地域住民漂着重油除去作業開始。 ・北陸電力志賀原発取水口付近にオイルフェンス張る。	・丹後半島の経ヶ岬岬の重油帯、岬沖十数kmに接近。 ・海上漂流中の重油帯、島根～石川県まで6府県沖で確認。	・三国町雄島の海岸から約200m沖に座礁。 ・船首部分のタンクに約2800klの重油残留。 ・座礁現場を中心に東西11 kmに亘って重油帯漂流。		
1/9(木)	・石川県加賀市の海岸（黒崎・塩屋・浜坂などの海岸）に大量の重油塊漂着。 ・兵庫県北部の海岸（香住町・今子浦海岸）に大量の重油塊漂着。 ・京都府丹後半島の海岸（竹野町・網野町（八丁海岸・琴引浜）の海岸、経ヶ岬）に大量の重油塊漂着。 ・福井県芦原町の海岸に大量の重油塊漂着。 ・鳥取県の海岸（白兎海岸）に少量の重油粒漂着。 （漂着海岸は石川県、福井県、京都府、兵庫県、鳥取県の5府県に拡大）	重油塊 重油塊 重油塊 重油塊 重油粒	・運輸省「清浄丸（3528トン）」丹後半島沖で漂流重油塊の回収作業開始。 ・船首部分の東約700mの海岸で300mのオイルフェンス張る。 ・関西電力美浜・大飯・高浜原発取水口周囲にオイルフェンス張る。 ・三国町住民町を挙げてパケツリによる重油回収除去作業。 ・ボランティア・自衛隊除去作業開始。 ・三国町対策本部に「ボランティア受付窓口」設置。	・主要な重油塊・帯、若狭湾沖、石川県沖の海上を漂流。 ・新たに島根県隠岐島西25 kmに漂流重油発見。 ・島根県～石川県までの沖合15か所で漂流重油帯確認。			乗組員 31 名帰国（新潟から）。
1/10(金)	・オオミズナギリ（国の天然記念物指定）寒地冠島（京都府伊根町）に大量の重油塊漂着。	重油塊	・政府対策本部（古賀運輸相本部長）「ナボトカ号・流出油災害対策本部」設置。 ・福井県災害対策本部安島地区で大気監視を開始。	・海上漂流重油帯、石川県～島根県間で64か所確認（丹後半島沖15か所、若狭湾沖20か所、兵庫県香住町沖10か所、能登半島西岸沿い8か所、その他11か所）。	・船首部分えい航見通し立たず。 ・船首部分からの重油湧出続く。		緊急調査開始（鳥取市へ）。
1/11(土)			・ロシア政府重油回収除去作業船の派遣決定。日本政府了解。	・漂流重油帯、石川県～島根県間で65か所確認。 ・石川県羽咋市～門前町に掛けて約41 kmの重油帯確認。 ・カナダの人工衛星「RADARSAT」が能登半島に迫る長さ50 km以上、幅約1 km以上の重油帯の漂流をとらえる。	・船首部分座礁現場付近で約40 kmの重油帯確認。	・1月5日以降、沈没船本体からの重油流出が無いことを報告。	・島根県（井手ヶ浜、白兎海岸）。 ・兵庫県（浜坂、立山、今子浦海岸）。

1/12(日)	・島根県隠岐県北部に重油粒漂着。 ・高浜原発(若狭湾)取水口付近のオイルフェンスに重油塊漂着。 (漂着海岸6府県に拡大)	重油塊 重油塊	・ロシア政府処理船「ネフチェガス 5号(排水量 4013t)」サハリン州コルサコフ港出航。 ・全国からのボランティア延べ 3000 人参加(11 と 12 日だけ、三国町地域)。		・船首部分での潜水調査開始。 ・船首部分での潜水調査で漏出確認。	・沈没地点から東 38 km の海上で新たな重油の湧出し確認(12500kl ほど残っていると推定、燃料用の A 重油約 75kl 積載)。	・京都府(琴引浜、伊根漁港)。
1/13(月)	・福井県芦原町波長の浜に重油粒漂着。 ・福井、河野、越前、福井の各市町村の海岸に重油粒漂着。 ・13 日まで保護された海鳥 167 羽。 ・ウミスズメ、アカエリカイツブリなど 5 種 51 羽を北海道へ空輸開始。 ・旅館キャンセル相次ぐ(風評被害広がる)。	重油粒 重油粒	・サンドル・パノフ駐日大使陳謝。 ・「清電丸」安曇沖で回収除去作業。	・石川県富来町沖 15 km で幅約 5 km、長さ 10~20m の油帯を確認。 ・漂流重油の東端、能登半島嶺山岬沖北 25 km に位置(1941:00 現在)。	・船首部分の沖合へ航不可能と判断。 ・船首部にまだ約 2800kl の重油残留。		・京都府(田井漁港、舞鶴東港)。
1/14(火)	・石川県志賀原発取水口脇に重油粒漂着。 ・石川県門前町(琴ヶ浜)へ富来町の海岸へ重油塊漂着。	重油粒 重油塊	・政府対策本部第 2 回会議開催。 船首部の処理方法決定 ・表面 3 か所に穴を開けポンプで汲み上げる。 ・陸上部から仮設道路設置。 ・抜き取った重油をタンクローリーで運搬。				・福井県(三国町一帯の海岸)。
1/15(水)	・能登半島北端部、石川県輪島市、珠洲市の海岸(光浦海岸、三ツ子浜、長橋町の海岸などに)大量の重油塊漂着。 ・輪島市七ツ島(天然記念物カムリウミスズメ繁殖地)の大島南海岸に大量の重油塊漂着。	重油塊 重油塊	・政府対策本部流出重油量当初の 3700kl から 5000kl に訂正。 ・パノフ駐日ロシア大使三国町安島の海岸視察(不評)。 ・座礁現場 1800 人のボランティア参加。				・採取サンプルの緊急分析。
1/16(木)	・輪島市沖の輪倉島(北・南側海岸)に大量の重油塊漂着。 ・珠洲市長橋町の海岸に重油塊再漂着。	重油塊 重油塊	・橋本首相「船首部重油抜き取りに全力」指示。 ・「清電丸」石川県高松沖で回収除去作業。	・海上漂流重油帯の東端石川県珠洲市緑町岬沖 7 km を東へ。	・船首部での重油抜き取り作業開始(予定 1 週間)。	・沈没地点から東約 40 km 地点で重油漏出確認(長さ 3.6 km、幅 100~200m の重油帯)。	・採取サンプル緊急分析。
1/17(金)	・石川県羽咋市千里浜海岸に重油粒漂着。 ・珠洲市の打戸、川浦、狼煙の各海岸に大量の重油塊漂着。	重油粒 重油塊	・輪島市災害対策本部設置 ・富山県「富山湾浮油処理作業調整本部」設置。 ・環境庁と八府県「ナホトカ号油流出事故環境対策関係府県連絡会議」開催。	・海上漂流重油帯の東端、新潟県の佐渡島方向と富山湾口への南下方向とに分かれて進行。	・船首部の 2 タンク重油(約 700kl)抜き取り完了(まだ 5 タンク残す)。		・再度緊急調査開始(石川県輪島市へ)。
1/18(土)	・羽咋市千里浜海岸に重油粒漂着。 ・金沢市金石・大野海岸に重油粒漂着。 ・小松市安宅海水浴場に重油粒漂着。 ・志賀原発取水口オイルフェンスに重油粒漂着。 ・回収作業で初めて死者発生。 ・風邪や頭痛で体調をくずす人多数発生。	重油粒 重油粒 重油粒 重油粒	・古賀運輸船舶首座座礁現場視察→政府の対応の不備認める。	・海上漂流重油帯の東端、佐渡島沖合 25 km に迫る。 ・南下重油帯富山湾口に到達。			・緊急分析結果マスコミ取材(北国新聞等 4 新聞)。 ・石川県(千里浜海岸、琴ヶ浜、袖ヶ浦、光浦海岸)。
1/19(日)	・福井県敦賀市白木海岸(原発もんじゅから約 1 km)に重油粒漂着。	重油粒	・三国町、船首部と陸を結ぶ仮設道路(長さ約 200m)の建設工事開始(完成約 2 週間予定)。	・海上漂流重油帯の東端、新潟県青森町の沖合約 30 km に迫る。	・船首部から重油の新たな流出確認。		・石川県(金石・大野海岸、安宅海水浴場)調査完了。

り、まだ約 2800kl は船首部分に残っている。さらに船首部分の数倍の重油を積載して水深 2000m に沈没した本体からの湧出も継続している。流出した重油は、幅数km、長さ数十kmに亘る多数の帯状・塊状の油帯となり、対馬海流・沿岸流に乗って我が国でも一級の海岸線(水産資源、景勝等で)が続く日本海沿岸を次々と襲った。1 月 23 日現在、重油の漂着地域は島根県〜新潟県に掛けての 7 府県 67 市町村の海岸に及んだ(図-1)。特に重油の漂着海岸では、水産資源や観光資源のみならず、重油汚染による海鳥や沿岸水性動植物などの生態系へ深刻な打撃を与え、その沿岸に与える環境破壊は規模や汚染状況から我が国では類例を見ないほど過酷なものとなった(発表時写真提示)。なお重油流出事故が災害に至る経緯等とその経過を 1 月 2 日から 1 月 19 日間に掛けて表-1 にまとめている。

2.緊急調査・分析

1 月 10 日〜1 月 19 日に亘って島根県青谷町から石川県輪島市に掛けて海岸線に沿って重油の漂着状態や沿岸汚染の実態調査を開始した。調査開始日には、既に鳥取県〜石川県のかなりの海岸に重油塊が漂着し、漂着重油塊の除去作業が開始されていた。調査後半日では、沖合を漂流する多数の帯状・塊状の重油帯が越前海岸を北上して、能登半島の先端珠洲市の数か所の海岸にも漂着し、重油帯の先端は新潟県佐渡島と富山湾へと南下し始めていた。

緊急調査の主目的は、今最盛期の水産資源への影響や風評被害が広がる折、科学的データに基づく緊急的な裏付けで、少しでもご参考になる資料を早急に提示できたということにあった¹⁾。青谷町〜輪島市間の 21 地点の海岸線に掛けて(図-2)、海水(30 サンプル)、重油(17 サンプル)、海浜砂(22 サンプル)を採取し、

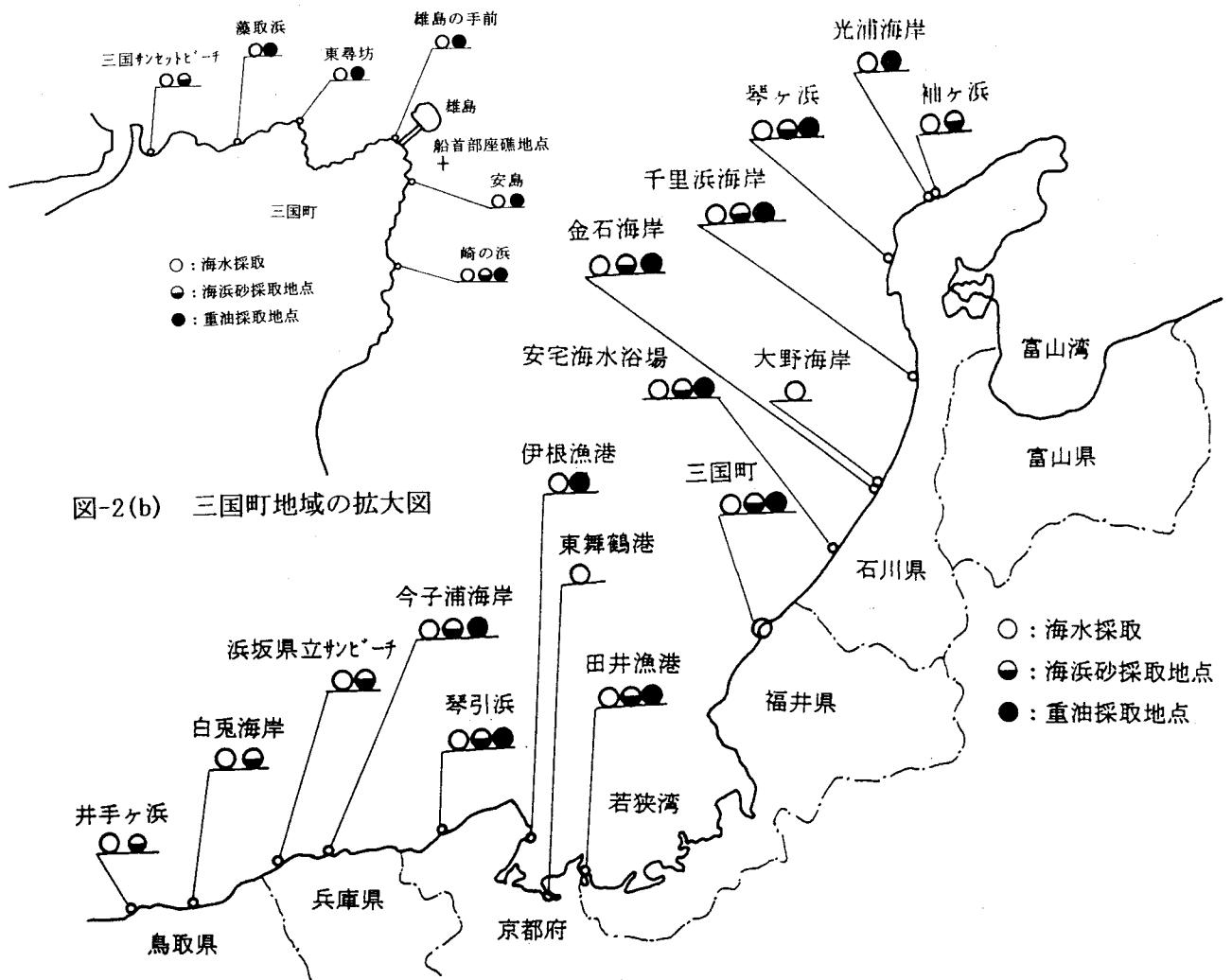


図-2(b) 三国町地域の拡大図

図-2(a) 調査地点での試料採取と海岸

①海水中の油分量評価、②重油から溶出する油分量評価、③重油が漂着した砂浜での砂への油分の浸透評価、④重油塊の主要な化学的組成の評価の4項目に主眼を置いた緊急分析を試みた。調査地点での状況概要を表-2にまとめている。②の分析では、25gの重油に非汚染の海水を50mg加え5時間機械振とうし抽出水の油分量を測定。③では、重油塊と接触している地表面の砂深さ約0～2cm、乾燥質量に換算して約100gに非汚染の海水を200ml加え2時間機械振とうし抽出水の油分量を測定。油分量の分析は赤外吸収法に因った。

3.調査・分析結果

図-3(状況データ表-3)では14地点で採取した17サンプルの重油塊と重油粒(数cm以下程度の油ボール)からの油分量の海水への溶出状況を示している。千里浜海岸(石川県羽咋市)での重油塊では、重油1kg当たり100mg以上の油分量の海水への溶け出しがあるが、他の地点での値は、概ね20～60mg程度のものがほとんどである。この油分量の値は、特に深水の水産資源に与える影響から判断すると、ほとんど影響を及ぼさないかなり低い値と言える。これは流出重油が、原油(石油)からガソリン、ケロシン(灯油)、ディーゼル油(軽油)などの揮発性や海水への溶解度の高いAとB重油を蒸留分留した後のアスファルトやピッチューメン(石油ピッチ)を主体とした非常に粘性の高いタール状のC重油であるためと思われる。また流出重油は漂流中、吸水膨張して油分が30%、水分が70%程度になっていると言われているが、各地点で採取した溶出油分量の相違は、重油塊の漂流や漂着期間の異い及び散布された油処理剤(界面活性剤)の影響をどの程度受けているか否かなどに依って多少質的に変化しているものと推察される。

表-2 調査地点での試料採取と海岸への重油の漂着状況

調 査 地 点	重油漂着日	試料採取日	採取試料	採取重油状況
鳥取県青谷町井手ヶ浜(鳴き砂)	非漂着	1月11日	海水・砂	(沖合漂流中)
鳥取市白兔海岸 No. 1	1月9日	1月11日	海水・砂	漂着重油粒
鳥取市白兔海岸 No. 2	1月9日	1月11日		(少量の重油粒漂着)
兵庫県浜坂町県立サンビーチ	非漂着	1月11日	海水・砂	(沖合漂流中)
兵庫県香住町今子浦海岸 No. 1	1月9日	1月11日		漂着重油塊
兵庫県香住町今子浦海岸 No. 2	1月9日	1月11日	海水・砂・重油	(多量の重油塊漂着)
兵庫県香住町今子浦海岸 No. 3	1月9日	1月11日		
京都府網野町琴引浜(鳴き砂) No. 1	1月9日	1月12日		漂着重油塊
京都府網野町琴引浜(鳴き砂) No. 2	1月9日	1月12日	海水・砂・重油	(多量の重油塊漂着)
京都府網野町琴引浜(鳴き砂) No. 3	1月9日	1月12日		
京都府伊根町伊根漁港	非漂着	1月12日	海水・重油	沖合漂流重油塊 (沖合漂流中)
京都府舞鶴市田井漁港	非漂着	1月13日	海水・砂・重油	沖合漂流重油塊 (沖合漂流中)
京都府舞鶴市舞鶴東港	非漂着	1月13日	海水	(沖合漂流中)
福井県三国町サンセットビーチ	非漂着	1月14日	海水・砂	(沿岸漂着中)
福井県三国町藻取浜	1月8日	1月14日	海水・重油	漂着重油塊 (多量の重油塊漂着)
福井県三国町東尋坊	1月8日	1月14日	海水・重油	漂着重油塊 (重油塊漂着)
福井県三国町雄島の手前	1月7日	1月14日	海水・重油	漂着重油塊 (多量の重油塊漂着)
福井県三国町安島(船首部座礁付近)	1月7日	1月14日	海水・重油	漂着重油塊 (多量の重油塊漂着)
福井県三国町崎の浜	1月8日	1月14日	海水・砂・重油	漂着重油塊 (多量の重油塊漂着)
石川県小松市安宅海水浴場 No. 1	1月18日	1月19日	海水・砂・重油	漂着重油粒
石川県小松市安宅海水浴場 No. 2	1月18日	1月19日		(漂着重油粒点在)
石川県金沢市金石海岸	1月18日	1月19日	海水・砂・重油	漂着重油粒
				(漂着重油粒点在)
石川県金沢市大野海岸	1月18日	1月19日	海水	(漂着重油粒点在)
石川県羽咋市千里浜海岸 No. 1	1月17日	1月18日		沖合漂流重油塊
石川県羽咋市千里浜海岸 No. 2	1月17日	1月18日	海水・砂・重油	(漂着重油粒点在)
石川県羽咋市千里浜海岸 No. 3	1月17日	1月18日		
石川県門前町琴ヶ浜(鳴き砂) No. 1	1月14日	1月18日	海水・砂・重油	漂着重油塊
石川県門前町琴ヶ浜(鳴き砂) No. 2	1月14日	1月18日		(多量の重油塊漂着)
石川県輪島市光浦海岸	1月15日	1月18日	海水・重油	漂着重油塊 (多量の重油塊漂着)
石川県輪島市袖ヶ浜	非漂着	1月18日	海水・砂	(沿岸漂流中)

図4(状況データ表-4)は21地点の海岸付近で採取した30サンプルの海水中の油分濃度を示している。船首部分が座礁した付近の福井県三国町崎の浜で3.0 mg/lをはじめ、同町一帯の三国サンセットビーチ、藻取浜、東尋坊、雄島の手前、安島での海岸では、1.0～1.5 mg/lの高濃度を示している。また多量に重油塊が漂着した今子浦海岸(兵庫県香住町)、琴引浜(京都府網野町)、琴ヶ浜(石川県門前町)、光浦海岸(石川県輪島市)でも、0.5 mg/l以上の比較的高い濃度を示している。しかし直径数cm以下程度の重油粒が点在(量的には少ない)した砂浜や重油塊が漂着せず沖合を漂流していた海浜では、海水中の油分濃度は0.5 mg/l以下で、ほとん

表-3 重油塊からの溶出油分量

調査地点	採取日	サンプルの重油状況
兵庫県香住町今子浦海岸	1月11日	漂着重油塊
京都府網野町琴引浜（鳴き砂）No.1	1月12日	漂着重油塊
京都府網野町琴引浜（鳴き砂）No.2	1月12日	漂着重油塊
京都府伊根町伊根漁港	1月12日	沖合漂流重油塊
京都府舞鶴市田井漁港	1月13日	沖合漂流重油塊
福井県三国町藻取浜	1月14日	漂着重油塊
福井県三国町東尋坊	1月14日	漂着重油塊
福井県三国町雄島の手前	1月14日	漂着重油塊
石川県小松市安島（船首座礁付近）	1月14日	漂着重油塊
福井県三国町崎の浜	1月14日	漂着重油塊
石川県小松市安宅 安宅海水浴場 No.1	1月19日	漂着重油粒
石川県小松市安宅 安宅海水浴場 No.2	1月19日	漂着重油粒
石川県金沢市金石 金石海岸	1月19日	漂着重油粒
石川県羽咋市志雄町千里浜海岸	1月18日	沖合漂流重油塊
石川県門前町琴ヶ浜（鳴き砂）No.1	1月18日	漂着重油塊
石川県門前町琴ヶ浜（鳴き砂）No.2	1月18日	漂着重油塊
石川県輪島市光浦海岸	1月18日	漂着重油塊

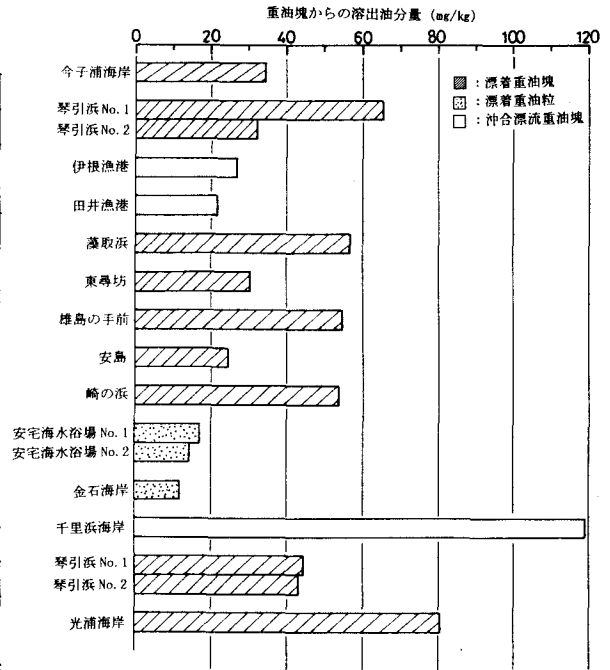


図-3 重油塊からの溶出油分量の状況

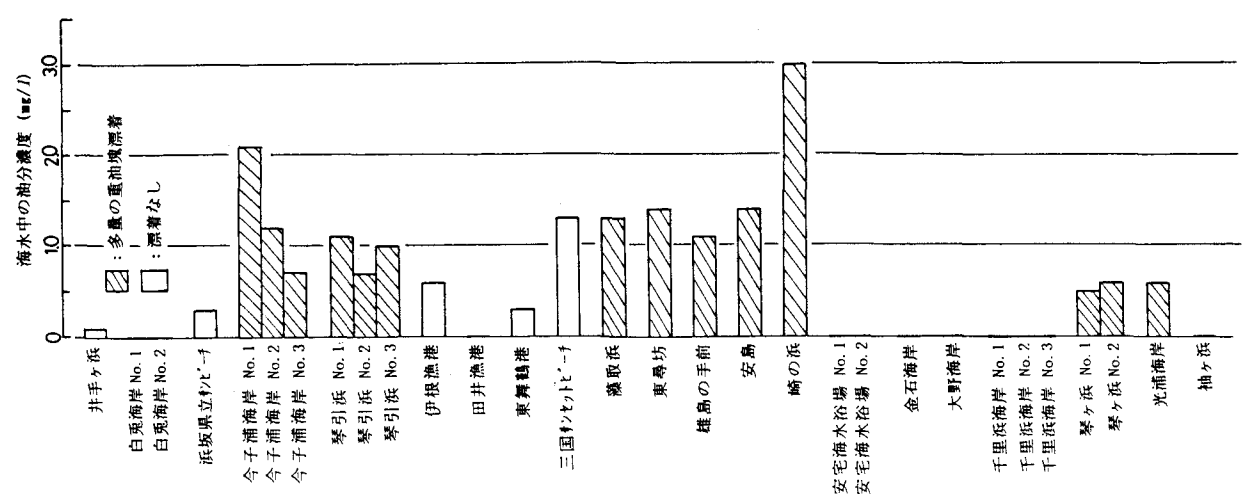


図-4 海水中の油分濃度状況

ど検知されない。そこで、上述した重油塊自体から海水への油分量の溶出と海水中の油分濃度の状況から判断すると、今回の重油は海水に溶け出す油分が少なく、海水汚染は重油塊周辺に限られ、水深数百 m に生息するカニや寒ブリなどの深水の水産物には影響を及ぼさないと推測される¹⁾。しかし岩礁や磯の岩場に付着した重油は完全に除去することが不可能であり、浅水域での海藻類やアワビ・ウニなどへの影響は避けられない。なお重油塊自体からの油分の溶け出しも低いことから、早い段階で重油塊を回収除去し、岩礁などにこびり付いた重油を油吸収マットなどでできるだけ除去すれば、太陽光（主に紫外線効果）、酸化作用、微生物作用などの自然浄化作用によって、かなり早い時期に海水中の油分濃度は正常値に回復するものと考えられる。

次に 13 地点の砂浜(20 サンプル)において、波打ち際付近の表面の砂について油分の溶出・浸透状況を分析した。特に、砂浜一面に大量に重油が漂着した地点では重油塊と接触している表面(厚さ 0~2 cm 程度)の砂を採取することに努めた。学術的にも、観光資源的にも、非常に貴重な鳴き砂の砂浜(井手ヶ浜、琴引浜、琴

表-4 海水中の油分量

調査地点	採取日	重油汚染状況	海水の油分量
鳥取県青谷町井手ヶ浜（鳴き砂）	1月11日	沖合に漂流中	0.1 mg/l
鳥取市白兔海岸 No. 1	1月11日	少量重油粒漂着	非検知
鳥取市白兔海岸 No. 2	1月11日	少量重油粒漂着	非検知
兵庫県浜坂町浜坂県立ビーチ	1月11日	沖合に漂流中	0.3 mg/l
兵庫県香住町今子浦海岸 No. 1	1月11日	多量に重油塊漂着	2.1 mg/l
兵庫県香住町今子浦海岸 No. 2	1月11日	多量に重油塊漂着	1.2 mg/l
兵庫県香住町今子浦海岸 No. 3	1月11日	多量に重油塊漂着	0.7 mg/l
京都府網野町琴引浜（鳴き砂） No. 1	1月12日	一面に重油塊漂着	1.1 mg/l
京都府網野町琴引浜（鳴き砂） No. 2	1月12日	一面に重油塊漂着	0.7 mg/l
京都府網野町琴引浜（鳴き砂） No. 3	1月12日	一面に重油塊漂着	1.0 mg/l
京都府伊根町伊根漁港	1月12日	沖合に漂流中	0.6 mg/l
京都府伊根町田井漁港	1月13日	沖合に漂流中	非検知
京都府舞鶴市舞鶴東港	1月13日	沖合に漂流中	0.3 mg/l
福井県三国町サンセットビーチ	1月14日	沿岸漂流中（オイルフェンス張り）	1.3 mg/l
福井県三国町藻取浜	1月14日	多量に重油塊漂着	1.3 mg/l
福井県三国町東尋坊	1月14日	重油塊漂着	1.4 mg/l
福井県三国町雄島の手前	1月14日	多量に重油塊漂着	1.1 mg/l
福井県三国町安島	1月14日	船首部分座礁付近 多量に重油塊漂着	1.4 mg/l
福井県三国町崎の浜	1月14日	多量に重油塊漂着	3.0 mg/l
石川県小松市安宅 安宅海水浴場 No. 1	1月19日	重油粒漂着点在	非検知
石川県小松市安宅 安宅海水浴場 No. 2	1月19日	重油粒漂着点在	非検知
石川県金沢市金石 金石海岸	1月19日	重油粒漂着点在	非検知
石川県金沢市金石 大野海岸	1月19日	重油粒漂着点在	非検知
石川県羽咋市志雄町千里浜海岸 No. 1	1月18日	重油粒漂着点在	非検知
石川県羽咋市志雄町千里浜海岸 No. 2	1月18日	重油粒漂着点在	非検知
石川県羽咋市志雄町千里浜海岸 No. 3	1月18日	重油粒漂着点在	非検知
石川県門前町琴ヶ浜（鳴き砂） No. 1	1月18日	一面に重油塊漂着	0.5 mg/l
石川県門前町琴ヶ浜（鳴き砂） No. 2	1月18日	一面に重油塊漂着	0.6 mg/l
石川県輪島市光浦海岸	1月18日	多量に重油塊漂着	0.6 mg/l
石川県輪島市袖ヶ浜	1月18日	沿岸漂流中（漂着なし）	非検知

ヶ浜）も点在している。琴引浜（京都府網野町）と琴ヶ浜（石川県門前町）では重油塊群が幅約 5～6m の範囲に亘って浜一面に漂着した。重油塊群を除去した後も、砂浜への油分の溶出・浸透による汚染が深刻化している。図-5（状況データ表-5）には溶出油分量を砂 1 kg（乾燥質量）当たりとして表示している。大量に重油塊群が漂着した今子浦海岸、琴引浜、崎の浜、琴ヶ浜では、砂中に溶け出した油分量が約 2.0～4.0 mg/kg と取り分け高く、非漂着や少量の重油粒が漂着した浜（非検知～1.3 mg/kg）の概ね 5～10 倍の値を示している。なお図-6 に示すように、琴ヶ浜の鳴き砂の浜では、溶出した油分の砂中への浸透状況を調べるため、重油塊直下の深さ方向に砂を採取して油分量を測定してみた。この結果（表-6 と図-7）によると表面では油分量が 2.8 mg/kg であるが、深さ 7～8 cm 程度では 0.2 mg/kg、深さ 30 cm では検知され無かった。このようなことから判断すると、

表-5 海浜砂からの溶出油分量

調査地点	採取日	調査時の砂浜の重油汚染状況	砂からの溶出油分量
鳥取県青谷町井手ヶ浜（鳴き砂）	1月11日	漂着なし	0.2 mg/kg
鳥取市白兔海岸 No. 1	1月11日	少量重油粒漂着	0.2 mg/kg
鳥取市白兔海岸 No. 2	1月11日	少量重油粒漂着	0.8 mg/kg
兵庫県浜坂町浜坂県立ビーチ	1月11日	漂着なし	0.2 mg/kg
兵庫県香住町今子浦海岸	1月11日	多量に重油塊漂着	2.4 mg/kg
京都府網野町琴引浜 No. 1（鳴き砂）	1月11日	一面に重油塊漂着	0.8 mg/kg
京都府網野町琴引浜 No. 2（鳴き砂）	1月11日	一面に重油塊漂着	2.0 mg/kg
京都府網野町琴引浜 No. 3（鳴き砂）	1月11日	一面に重油塊漂着	2.8 mg/kg
京都府網野町琴引浜 No. 4（鳴き砂）	1月11日	一面に重油塊漂着	3.2 mg/kg
京都府伊根町田井漁港の浜	1月13日	漂着なし	0.6 mg/kg
福井県三国町サンセットビーチ	1月14日	漂着なし	0.2 mg/kg
福井県三国町崎の浜	1月14日	多量に重油塊漂着	4.2 mg/kg
石川県小松市安宅 安宅海水浴場 No. 1	1月19日	重油粒点在	0.6 mg/kg
石川県小松市安宅 安宅海水浴場 No. 2	1月19日	重油粒点在	1.4 mg/kg
石川県金沢市金石 金石海岸	1月19日	重油粒点在	0.2 mg/kg
石川県羽咋市志雄町千里浜海岸 No. 1	1月18日	重油粒点在	0.2 mg/kg
石川県羽咋市志雄町千里浜海岸 No. 2	1月18日	重油粒点在	0.4 mg/kg
石川県羽咋市志雄町千里浜海岸 No. 3	1月18日	重油粒点在	0.6 mg/kg
石川県門前町琴ヶ浜 No. 1（鳴き砂）	1月18日	多量に重油塊漂着	2.8 mg/kg
石川県輪島市袖ヶ浜	1月18日	漂着なし	非検知

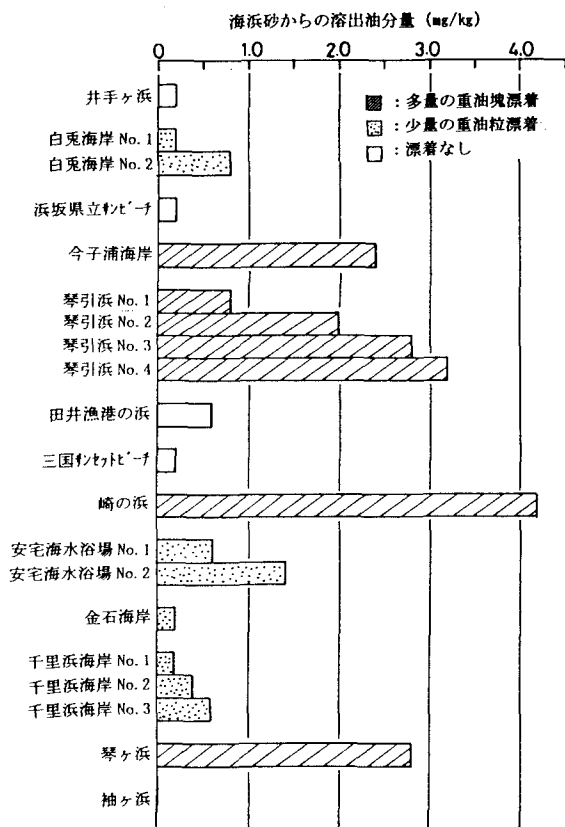


図-5 海浜砂からの油分量の溶出状況

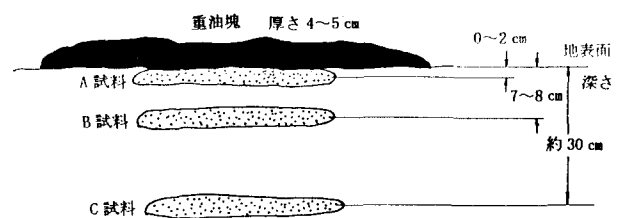


図-6 鳴き砂の浜、琴ヶ浜での海浜砂の採取状況

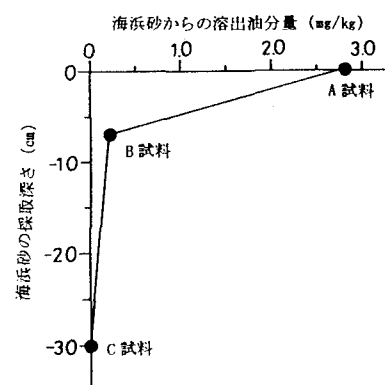


図-7 深さ方向での海浜砂からの溶出油分量の状況

表-6 琴ヶ浜の鳴き砂からの溶出油分量の浸透状況

試料	砂の採取深さ	砂からの溶出油分量
A 試料	0～2 cm	2.8 mg/kg
B 試料	7～8 cm	0.2 mg/kg
C 試料	約 30 cm	非検知

表-7 重油の蛍光 X 線分析法による検出結果

元素定性分析結果	検出元素名
多量	Cl, S, Ca, K, Na, Mg, Fe
少量	Si, Al, Br, Ni

多量：1.0%以上、少量：0.1～1.0%、微量：0.1%以下

表-8 重油に含まれている
検出元素質量%

検出元素名	含有量(%)*
ナトリウム (Na)	3.8
マグネシウム (Mg)	1.0
アルミニウム (Al)	0.4
ケイ素 (Si)	0.8
硫黄 (S)	16
塩素 (Cl)	68
カリウム (K)	3.6
カルシウム (Ca)	4.4
鉄 (Fe)	1.4
ニッケル (Ni)	0.1
臭素 (Br)	0.2

* 検出元素の定量値の総量を 100%として
FP(フュージョン・ピカメータ)法によって質量%
として表示している。

表-9 重油に含まれている代表的元素と重金属の含有量

区分	元素記号	福井県三国町(安島岬周辺)		石川県門前町(琴ヶ浜)	
		質量%	mg/kg	質量%	mg/kg
(I)*	全硫黄(S)	0.43		0.23	
	炭素 (C)	27.1		16.3	
	水素 (H)	10.5		7.1	
	窒素 (N)	0.1 未満		6.0	
(II)**	カドミウム(Cd)		0.1 未満		0.1
	鉛 (Pd)		1.3		0.5
	全クロム (Cr)		0.3		1.8
	総水銀 (Hg)		0.005 未満		0.005 未満

*：JIS M8813 による。 **：下水試験法による。

奥まで油分が浸透しないうちに漂着した重油塊群を早急に徹底的に取り除き、除去後表面から深さ 10 cm 程度までの砂を海に押し出せば（数回繰り返す必要のある浜もあると思う）、日本海の荒波による洗浄作用で砂は再びきれいになると考えられる。なお敏感な鳴き砂の浜では、重油塊の除去作業や砂の押し出し作業では、重機材等の使用は避け、大変な労力ではあるが手作業が最適な方法と思われる。

今回の災害をもたらした重油は、タール状の非常に粘性の高い C 重油である。炭化水素を主成分とした C 重油には、炭素(C)、酸素(O)、水素(H)の他に硫黄(S)やアルミニウム(Al)、ニッケル(Ni)などの有害物質や重金属類が含まれている可能性がある。そこで、重油に含まれている主要化学元素と環境汚染物質についての定性及び定量微量化学分析を試みた。

表-7 には福井県三国町安島岬周辺で採取した重油について、ナトリウム(Na)以上の元素番号について、蛍光 X 線分析法によって検出された元素の一覧を示している。また、表-8 には、検出元素の定量値の総量を 100%として、各元素の含有状況を質量百分率(%)で表示している。検出された元素は 11 元素である。多量として評価される 1%以上の元素は 7 元素で、特に塩素(Cl)が 68%、硫黄(S)が 16%と、両元素で検出元素の 84%の質量%を占めている。質量%が 0.1～1.0%の範囲にある検出元素は、ケイ素(Si)、アルミニウム(Al)、臭素(Br)、ニッケル(Ni)の 4 元素で含有量としては少量と評価される。

また、表-9 には安島岬周辺と琴ヶ浜（石川県門前町）で採取した重油について、含有されている主要元素（4 元素）と重金属類（4 元素）の定量微量分析結果を示している。区分(I)での全硫黄(S)、炭素(C)、水素(H)、窒素(N)の含有量は、各含有元素の質量を重油の質量で除した質量百分率(%)で表示している。両重油サンプルで各元素の含有量は多少異なっているが、重油は炭化水素を主成分としているので、当然、炭素(C)と水素(H)の含有量は高い。これに対して、窒素(N)と全硫黄(S)の質量%は低い。特に、生態系等の環境に影響を及ぼす可能性の高い全硫黄(S)の含有量は、質量%で 0.5%以下と非常に少ない。即ち、重油 1 kg 当たり 5g 以下の含有量（4.3g と 2.3g）と推測される。硫黄と同様に、有害物質となる可能性の高いアルミニウム(Al)とニッケル(Ni)の含有量は、表-8 の結果から推察すると、硫黄のそれぞれ 1/40 と 1/160 程度と推測され、両

元素の含有量は一層低いものと考えられる。

区分(Ⅱ)には、有害汚染物質に指定されている重金属類、カドミウム(Cd)、鉛(Pb)、全クロム(Cr、2価、3価、6価の総量)、総水銀(Hg、無機、有機水銀の総量)の含有量(mg/kg)を重油 1 kgあたりに含まれる質量(mg)として表示している。含有量はいずれの重金属においても、2 mg/kg以下で、カドミウムと総水銀の含有量は取り分け極微量と言える。

以上の化学分析結果を鑑みると、今回の C 重油に含まれている有害物質や重金属類の環境汚染物質は非常に微量であると言える。また、これらの汚染物質が重油から海水へ溶出する可能性があっても、一般に溶出量は含有量より一層低くなる。このようなことから判断すると、重油に含まれている有害物質や重金属類が生態系に及ぼす影響は極めて低いと言える。しかし、各地域に漂着した重油塊は質的に変質し、化学的成分組成も多少異なっている可能性がある(表-9)。そこで、特に重油に含まれている有害物質や重金属類の環境汚染物質については、多量に重油塊が漂着した海岸線を中心に、広域的に検証し、その含有量の程度や有無を確認し、影響度合の評価を早急に把握しておく必要がある。

4.所感と今後

現地での緊急調査を実施しながら感じたことを下記に列挙する。

- 1)とてつもない量の重油(約 5000kl)が流出しているのは 1 月 4 日の時点でわかっていたにもかかわらず、何故広域な範囲の海岸線に亘って漂着するまで、有効な対策がとれなかったのか。
- 2)国機関等が保有する油回収船は二十数隻であるが、悪天候の外洋で作業可能な船は 1 隻(清竜丸 3526t)しか無い。海に囲まれた我が国の回りでは、多くの国籍の大型タンカーが頻繁に航行している。これらのオイルタンカーにはかなり老朽度の高いものもあることが指摘されている。また我が国では、海岸線に沿って多数の石油備蓄タンクなどが存在している。今回の災害と同様、類似の流出事故が起こる可能性も十分考えられる。国民の人命・財産を守る、国土保全などの面で、国家的に危機管理意識が希薄しているように思う。
- 3)地域住民やボランティアの方々のご苦労は大変なものである。しかし断崖絶壁が続く危険な岩場などに大量の重油が除去されずに残っている。特殊な器材を保有する特別に訓練を受けた方々の協力も不可欠と思われる。
- 4)表面張力を下げ、重油帯を塊群に分離する作用などを持つ油処理剤(界面活性剤)の適量は、重油 2 に対して 1 必要と言われている。油処理剤は家庭用洗剤などに含まれており水質汚染の因子ともなっている。今後の水産資源、生態系、環境回復問題を考えると極力使用し無い方法を取ることが懸命と思われる。
- 5)土木学会には海洋・海岸汚染問題などの分野で多くの専門家の方々が会員として所属している。当学会としても、今回の重油災害による環境汚染・回復問題などにおいて、社会的に貢献して望しいと思う。

現在なお、重油塊の徹底的な回収除去作業が継続されているが、岩礁や岩場に何十万個と存在する岩塊や礫などにべっとりこびり付いた重油は油回収マットなどでも完全に拭き取ることは不可能である。筆者としては今後、夏期に向っての気温の上昇を想定した C 重油からの温度効果を考慮した油分の溶解試験や有害汚染物質の溶出試験などを試みる予定である。また沖合に取り残した重油などから、第 2 波、第 3 波の重油粒群が漂着している海岸もあるので、今回と同じようなルートで何度か追跡調査を実施し、重油汚染による環境破壊の現状や回復状況などについて調査することを計画している。

参考文献

- 1)山口晴幸：『深水の水産資源影響ない』、北国新聞、第 2 面、平成 9 年 1 月 18 日発行。