

◆ 水の安全特集 ◆

重油漂着が海岸環境に及ぼす影響

加藤史訓* 佐藤慎司**

1. はじめに

1997年1月2日に鳥根県隠岐島沖で沈没したロシア船籍タンカー「ナホトカ」号から6,240ℓの重油が流出し、山形県から鳥根県に到る日本海沿岸に漂着した。重油が漂着した海岸では、地方自治体や地元住民、ボランティア等により油の回収が行われたが、油の漂着および残留の環境への影響が懸念されていた。そこで、漂着油の回収目標の設定など事故対策検討の基礎資料を得るため、漂着油が海岸域に及ぼす影響に関する調査を行った。

調査地は、ナホトカ号の船首漂着地点に近く、他機関の調査地と重ならない条件で選定した。その結果、図-1に示す、船首漂着地点の東側約1.5kmの越前松島の岩礁、東側約2kmの丸岡藩砲台跡下の礫浜、東側約3kmの浜地海岸で調査を行うこととした。浜地海岸は中央粒径が1~2mm程度の砂浜で、図-2のように西よりの約1kmの区間は砂浜幅約40~60mで離岸堤が7基設置されており、それより東側の砂浜幅は10~15mである。また、浜地海岸の西端は今津川の河口となっており、その西側は礫浜になっている。

調査項目は水質、底質、砂浜生物、底生生物、付着動物、海藻とした。事故以前のデータがないので、1997年1月から1998年3月にかけて調査を行い、事故後の諸量の経時変化から重油漂着の影響を考察することとした。また、高波浪による

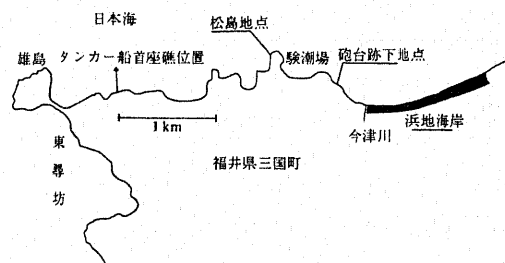


図-1 調査地の位置

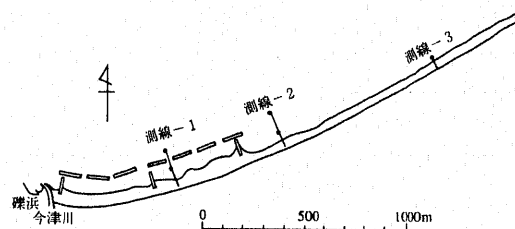


図-2 浜地海岸

海浜変形等により漂着油が海浜中に潜り込んでいることが考えられるので、1997年2月および3月に浜地海岸および隣接する礫浜海岸において底質中の油分の鉛直分布を調べた。

2. 重油の漂着・回収状況

図-3は、調査地の北東約40kmに位置する建設省の徳光海象観測所(石川県松任市)の有義波高および風向・風速、三国町の重油漂着日と油回収量を示している。徳光海象観測所では、海象観測を

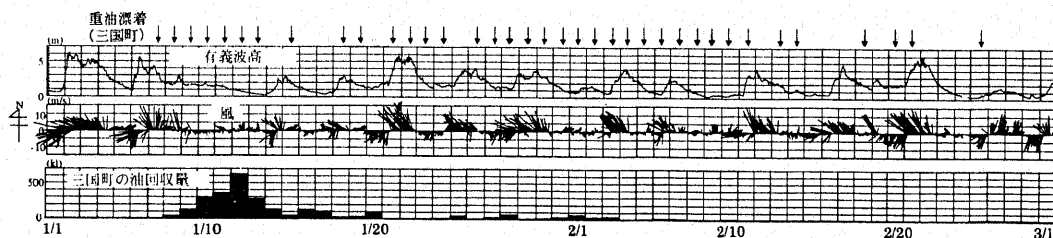


図-3 徳光海象観測所の有義波高・風速と三国町の重油漂着日・油回収量

始めた1988年から1996年における最大の有義波高は4.93mであったが、1997年は1月2～3日、6日、21～22日、2月21～22日においてそれを上回り、1月2日7時には有義波高は6.11mに達した。このことから、ナホトカ号の事故から2か月間は例年にない高波浪が越前・加賀沿岸に來襲していたことがわかる。また、1月から2月にかけて有義波高が1m以下となる日が少なく、これが重油防除作業に困難をきたした原因の一つと考えられる。一方、風も10m/sを超えることが多く、とりわけ北西の強風が多かった。

三国町では、船首が座礁した1月7日に初めて油塊が漂着した。それ以降、約2か月間にわたって断続的に重油の漂着が続いた。初めはスラッジ状の油塊が海岸に押し寄せたが、最初の漂着から約1か月後以降は少量の油粒が打ち上がる程度になった。漂着した船首から完全に重油が回収されたのは2月25日であったが、その後も油粒が漂着することがあった。

回収作業は漂着直後から行われ、三国町全体で1月20日までに2,170ℓ、3月28日までに2,520ℓの砂礫や海水を含む重油が回収された。浜地海岸では前浜上の油塊を回収した後、砂中の油粒を回収するため、砂を篩にかけたり、前浜の砂を海へ押し出して、徹底的な油回収が行われた。また、丸岡藩砲台跡下では、石油に浸した布で礫を拭く作業が3月に行われた。

3. 水質調査

スラッジ状の油塊が大量に漂着した事故直後から時間が経過しても、沖合に油膜が漂っていた。水質は生物の生息環境の最も基本的な要素であり、その悪化による生物への悪影響が懸念される。そこで、浜地海岸の2測線において、表層の海水中の油分を測定した。離岸堤の影響を調べるため、図-2のように、測線1は離岸堤の開口部に、測線2は離岸堤のない区間に設定した。測点は両測線とも汀線より50m沖および150m沖に設定しており、測線1の岸側の測点は離岸堤より陸側に、沖側の測点は離岸堤より沖側に位置する。採水は、原則としてガラス製の試水瓶を直接水につけて行った。採水量は1ℓとし、分析は四塩化炭素抽出の赤外分光法(JIS K0102-26)で行った。なお、1997年3月までの調査では、DO、pH、透視度、

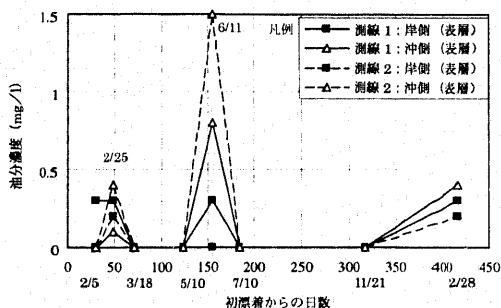


図-4 水中油分

濁度、COD、大腸菌群数の測定も行ったが、全般に有機物が少なく、特異な測定値はなかった。

図-4は浜地海岸での水中油分の測定結果である。最大で海水1ℓ当たり1.5mgの油分が検出された。別の調査では1月14日に三国町内の海岸の汀線付近で3.0mg/ℓの水中油分が検出されているが¹⁾、今回の測定結果はそれより低かった。また、1974年に起きた三菱石油水島製油所の重油流出事故発生後20日後に高松市で最大0.5mg/ℓの水中油分が測定されているが²⁾、今回の測定結果はそれと同じオーダーであった。油分は間欠的に検出され、必ずしも時間の経過とともに減少していなかった。これは、波浪などの攪乱により、海岸に残留していた油分が再流出したためと考えられる。たとえば、6月11日の水中油分が高かったのは、海水浴場整備のため浜で重機による敷き均しが行われて、前浜の砂の一部が汀線付近に押し出されたためと考えられる。また、両測線の岸側の油分に顕著な差異はないことから、離岸堤の影響はなかったと考えられる。

4. 底質調査

既往の事故調査では、砂浜海岸に重油が漂着すると、表層の重油を回収しても地中に重油が残存することが報告されている²⁾。浜地海岸では、海岸に漂着した重油の上に波により砂が2～3m堆積したことが報告されている³⁾。また、漂着した油塊の一部が砂に付着して海底に沈降することも想定される。そこで、陸上部および海底部の底質中の油分の測定を行った。

4.1 鉛直分布調査

地中における油分の鉛直分布を調べるため、機械による掘削調査を行った。調査地は、浜地海岸

と、今津川をはさんで隣接する礫浜である。浜地海岸では1997年2月6～7日に測線1および2において、今津川河口左岸の礫浜では1997年3月6日に3箇所(Point 1および3:汀線から12m陸側、Point 2: 15m陸側)で底質を採取した。浜地海岸では、図5、6のように、測線1で深さ140cmまではほぼ一様に砂1kg当たり10mg前後の油分が検出される一方、測線2で深さ90cmでスポット的に230mg/kgの油分が検出された。また、測線3でも深さ120～130cmでスポット的に20,000mg/kgという非常に濃い油分が検出された。これらのことから、地中に油分が高い層が散在していたことがわかる。

今津川河口左岸の礫浜では、汀線付近の礫には油の付着は見られなかったが、汀線から7m以上陸側には重油の付着した礫がかなり残っていた。図7のように、底質中の油分は砂浜の浜地海岸に比べ全体的に高かった。油分は、礫が大半を占める深さ50～70cmでは72.7～415mg/kgと高いが、礫混じりの砂層となる深さ90～100cmでは15mg/kg前後に減少し、礫がない砂層となる深さ130～150cmでは検出されなかった。このことから、礫浜に漂着した重油は礫層内に集中して存在していたことがわかる。

4.2 定点調査

漂着油の残存を経時的に把握するため、浜地海岸の陸上部および海底の底質中の油分を定点で測定した。陸上部では、測線1および2の汀線より20m陸側の30cm四方の枠内において、深さ30cmまでの表層、深さ50cmおよび100cmの底質をシャベルで採取した。海底では、直径80mmのコアチューブで厚さ10cm以上になるように底質を採取した。採取した試料は四塩化炭素抽出の赤外分光法で分析し、砂1kg当たりの油分を算出した。

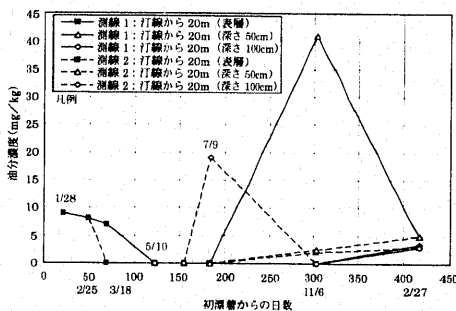


図-8 陸上部の底質油分

図-8のように、陸上部の表層では第1回調査の際に10mg/kg弱の油分が検出されたが、その後は低減して5月には検出限界以下になった。しかし、翌年の2月には再び油分が検出された。これ

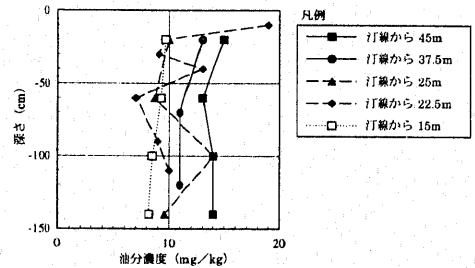


図-5 底質油分の鉛直分布
(測線1、砂浜陸上部、1997年2月)

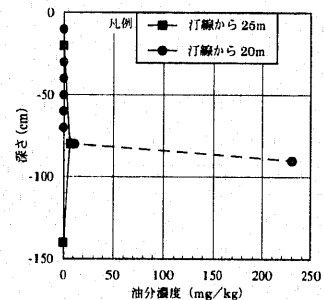


図-6 底質油分の鉛直分布
(測線2、砂浜陸上部、1997年2月)

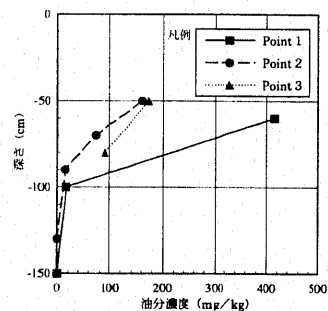


図-7 底質油分の鉛直分布 (礫浜陸上部、1997年3月)

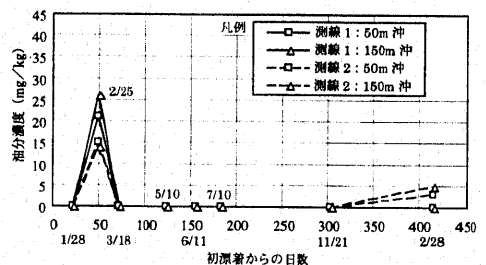


図-9 海域の底質油分

は、冬季の高波浪による海浜変形のため地中に残留していた油分が海浜上に露出したり、さらにそれが再流出して再び海浜に打ち上がったためと考えられる。一方、地中の底質については、7月9日には測線2の深さ100cmで19mg/kg、11月6日には測線1の深さ50cmで41mg/kgの油分が検出されていた。これは、表層は回収作業等により油分が無くなったものの、地中には油分が散在していたことを示唆している。

海底では、図-9のように1997年2月25日に測線1、2とも14~26mg/kgの油分が検出されているものの、他の時期には油分はほとんど検出されなかった。海底には砂澁が発達し、その間に海藻片などが溜まっていたが、1997年2月25日に直径1cm程度の油塊が1個発見された以外には油塊や油が付着した砂礫は全く発見されなかった。これらのことから、漂着した重油がそのまま沈降して堆積することはなかったと考えられる。

5. 砂浜海岸における生物調査

既往の事故調査では、油の漂着により砂浜に生息する生物に影響が出たとの報告がある^{2),4)}。そこで、今回の事故の砂浜生物への影響を把握する

ため、砂浜生物と底生生物に関する現地調査を浜地海岸で実施した。

5.1 砂浜生物

測線1および2の汀線から陸側20mにおいて、30cm四方の枠内の深さ30cmまでの砂をシャベルで採取し、その砂中に存在する砂浜生物の同定計数を行った。

図-10、11のように、砂浜生物は1997年2月まではほとんどいなかったが、夏から秋にかけて多く、翌年の1月は少なかった。冬季に少なかった原因として、冬季風浪による海浜変形が激しいため砂浜生物の生息に適していないことが考えられる。砂浜生物の種類数や個体数は、このように季節や海象条件に大きく影響されることが考えられるため、図-10、11に示した結果のみから重油漂着の影響を特定することは難しい。

5.2 底生生物

測線1および2の50m沖 (onshore) および150m沖 (offshore) の海底で、0.05m²の採泥器で2回海底堆積物を採取し、その中に含まれるマクロベントス(1mm目の篩に残る底生生物)の同定計数を行った。

図-12および13は、底生生物の種類数および個

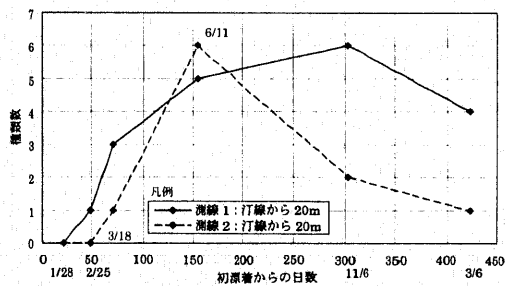


図-10 砂浜生物の種類数

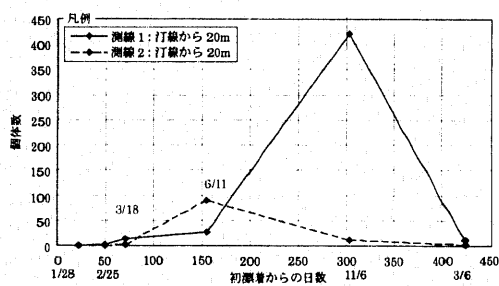


図-11 砂浜生物の個体数

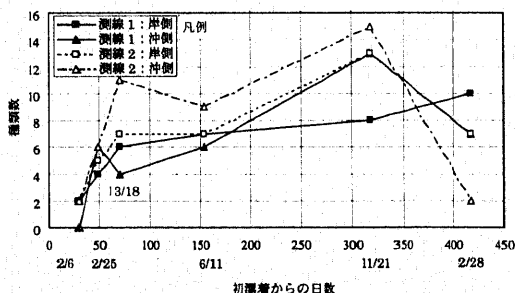


図-12 底生生物の種類数

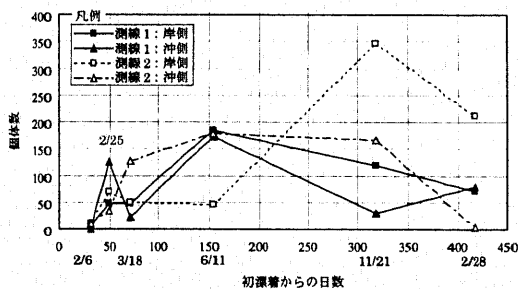


図-13 底生生物の個体数

体数をプロットしたものである。浜地海岸では、底生生物は1997年2月6日はほとんどいなかったが、春から秋にかけて多く、翌年の2月は少なかった。三国町から約40km北東に位置する石川海岸で事故以前に得られたデータでも、砂浜海岸の底生生物は春から秋にかけて多く冬季に少ない変動を示していた。このことから、砂浜生物と同様に、事故直後に底生生物が少なかったのは重油漂着の影響より冬季風浪に伴う海岸環境変化によるところが大きかったと考えられる。

6. 岩礁・礫浜における生物調査

6.1 付着動物

岩礁や礫浜の汀線付近に付着している動物は、漂着した重油の影響を直接受けるので、その影響はかなり大きいと考えられる。そこで、越前松島(岩礁)および丸岡藩砲台跡下(礫浜)にて、汀線付近に設置した30cm辺の方形枠内の付着動物の同定計数と目視観察を行った。

図14、15のように、種類数、個体数とも極端な変動は認められない。丸岡藩砲台跡下でのみ事故直後に付着動物が少ないが、転石帯のため冬季風浪による高波浪の影響を受けていた可能性があり、必ずしも重油漂着の影響とは断定できない。

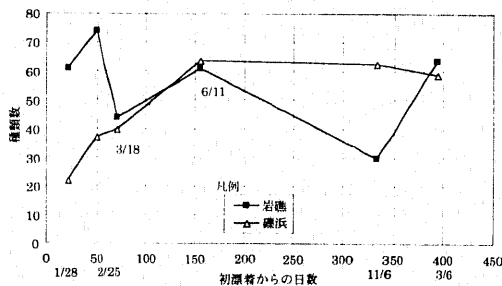


図-14 付着動物の種類数

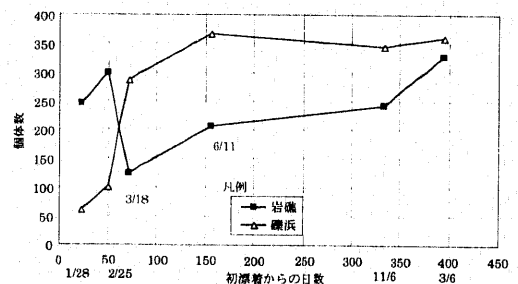


図-15 付着動物の個体数

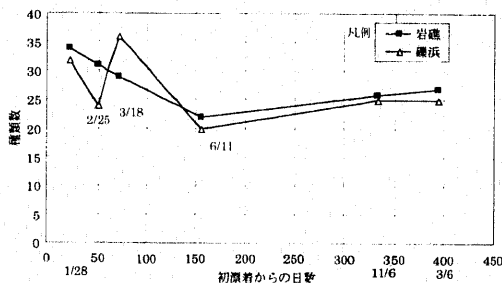


図-16 海藻の種類数

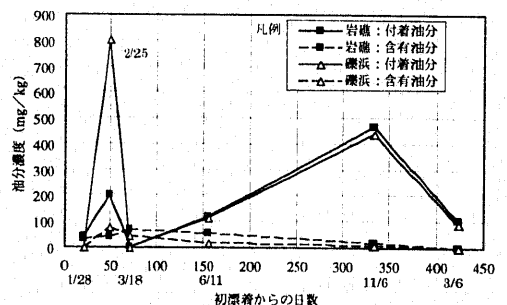


図-17 海藻の付着油分、含有油分

大きく変動しておらず、群落構成にも大きな変化は見られなかった。目視でも重油漂着の痕跡は時間の経過とともに減少し、3月以降の調査時にはほとんど見られなかった。汀線付近でも、ノリ類が季節変化とともに減少すると、海藻に付着した油分もほとんど見られなくなった。

海藻への油分の付着および取込状況を調べるため、海藻に付着している油分と含有されている油分の分析を行った。付着油分は、採集した海藻をガラス瓶の中で数回四塩化炭素で洗った後、四塩化炭素中の油分を測定し、海藻 1kg 当りに換算して求めた。含有油分は、付着油分を洗い流した海藻をすりつぶして、再度四塩化炭素で抽出して測定した。比較のため、重油が漂着しなかった富山湾に面する雨晴海岸で 1997 年 3 月 18 日に同様に調査したところ、付着油分は 1.9mg/kg、含有油分は 64mg/kg であった。

図-17 のように、越前松島、丸岡藩砲台跡下とも、付着油分は 1997 年 3 月 18 日を除いて雨晴海岸より顕著に高かった。図-4 のように、この日は浜地海岸の水中油分も検出されていないことから、海水中に油分があると海藻に付着することがわかる。一方、含有油分は雨晴海岸と有意な差はなかった。これらのことから、海藻の表面に油分が付着していても、海藻中の油分が著しく多くなることはないと考えられる。

以上のことから、重油漂着から 1 年 2 か月後までの間では、海水中の油分が海藻の表面に付着することがあったものの、海藻の種類数や個体数の変動に対する重油漂着の影響はなかったと考えられる。

7. おわりに

本研究により得られた主な結論は以下のとおりである。

(1) 浜地海岸 (砂浜) での水中油分は海象や回収作業等の影響で間欠的に検出された。

(2) 浜地海岸の海浜では地表から深さ 140cm でも油分が検出され、油分が多い層が地中に散在していたことがわかった。また、浜地海岸に隣接する磯浜でも、磯が存在する深さ 1m まで油分が検出された。

(3) 浜地海岸の陸上部では、表層の油分は徐々に減少し 1997 年 5 月以降ほとんど検出されなかったのに対し、地中の油分はその後も検出された。一方、海底の底質中の油分は冬季に検出されただけであった。

(4) 重油漂着から 1 年 2 か月後までの間では、浜地海岸の砂浜生物、底生生物の種類数や個体数の変動に重油漂着の影響は認められなかった。

(5) 岩礁および磯浜の付着動物、海藻についても、種類数や個体数の変動に重油漂着の影響は認められなかった。また、海藻に油分が付着することはあっても、海藻中に含まれる油分は油が漂着しなかった海岸と差異がなかった。

参考文献

- 1) 山口晴幸：ロシアタンカー流出重油日本海沿岸を襲う、土木学会誌、Vol.82-4、pp.28-34、1997。
- 2) 岡市友利、辰巳修三編著：瀬戸内海の重油汚染、p.80、アジア企画、1975。
- 3) 沢野伸浩：漂砂による漂着重油の埋没とその後の回収・処理作業の課題、月刊海洋、Vol.29、No.10、pp.618-622、海洋出版、1997。
- 4) 矢口部芳州、兵頭秀樹、楠本謙二、屋形直明、竹内伸一：海洋における流出油の自浄メカニズムの解明、平成 8 年度化学品検査協会研究発表会講演要旨集、pp.62-70、1997。

加藤史訓*

建設省土木研究所河川部
海岸研究室研究員
Fuminori KATO

佐藤慎司**

東京大学大学院工学系研究科
社会基盤工学専攻助教授、工
博
(前 海岸研究室長)
Dr. Shinji SATO