

Title	油流出事故の環境影響および対策 : ナホトカ号油流出事故の教訓
Author(s)	敷田, 麻実; 加藤, 史訓
Citation	海洋開発論文集, 19: 31-36
Issue Date	2003-07
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/16893
Rights	本著作物は土木学会の許可のもとに掲載するものです。 。 This material is posted here with permission of the Japan Society of Civil Engineers. Copyright (C) 2003 土木学会海洋開発委員会. 敷田麻実, 加藤史訓, 海洋開発論文集, 19, 2003, pp.31-36.
Description	

油流出事故の環境影響および対策 - ナホトカ号油流出事故の教訓 -

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF LARGE SCALE OIL SPILL AND ITS RESPONSE

- IMPORTANT LESSONS FROM NAKHODKA OIL SPILL -

敷田麻実¹・加藤史訓²
Asami SHIKIDA and Fuminori KATO

¹博士（学術） 金沢工業大学教授 工学部環境システム工学科（〒921-8501 野々市町扇が丘7-1）

²正会員 工修 国土技術政策総合研究所 河川研究部海岸研究室（〒305-0804 つくば市旭1）

In 1997, the Russian tanker Nakhodka, weighing 13,157 tons, sank off in the Japan Sea reportedly causing an oil spill of 6,240 kiloliters. In spite of offshore oil collection attempts, and as a result of strong winds and rough winter weather, a large amount of spilled oil drifted into the Japan Sea. Consequently, vast amounts of this heavily emulsified oil washed up on the Japan Sea side shorelines. The oil spill had a serious impact both ecologically on the shoreline environment and economically on coastal activities such as fisheries and tourism. The purpose of this study is to assess the response process of oil spill from the technological point of view. The result shows that collaborative scientific and technological support for the response should be carried out under integrated coastal zone management policy as well as accurate oil response. It is also crucial to accumulate knowledge about integrated management of coastal zones based on day-to-day management in coastal regions. This report will clearly be a great contribution to the oil spill response strategy and coastal zone management policy in the future.

Key Words : Nakhodka, oil spill, Japan Sea, recovery process

1. はじめに

1997年1月のロシア船籍タンカー「ナホトカ」号の油流出事故では、日本海沿岸の広域に重油が漂着し、漂着油の回収に関わる法制度や技術など、油流出事故への対応に多くの課題が残された。

事故以降、漂着油の回収や環境影響調査が行われた一方、関係行政機関では油流出事故に関わる法制度改正や施策実施がなされ、大学等の研究機関では油回収に関する技術や環境影響について調査研究が行われてきた。土木学会などの学会などにおいて油回収に関してさまざまな研究集会在企画され、海洋開発シンポジウムにおいても事故直後から油回収に関して多くの研究発表が行われてきた^{1), 2), 3), 4)}。

ナホトカ号油流出事故の教訓を踏まえて、将来の同様の事故時により良い対応をするためには、流出油回収や事故防止という社会全体の目標に向かって、沿岸域に関わる人や組織が連携や協働を通じて、個別の施策や技術をより有効に活用することが必要で

ある。

2003年の海洋開発シンポジウムでは、特別セッションを設けて、油流出事故に対する社会全体としての最良の対応の実現を目的として、個別の施策や技術などを統合した油回収へのアプローチについて議論することになった。本稿では、その議論のため、事故の経過と重油回収の課題を整理し、今後の油回収のあり方について問題提起を行う。

2. ナホトカ号事故の経過

(1) 漂着

19,000kl のC重油を積んで上海からカムチャッカ半島のペトロパブロフスクに向けて航行していたロシア船籍タンカー「ナホトカ」号は、1997年1月2日に隠岐島沖で嵐により船体が二つに折れた。その船首は日本海を漂流し、それ以外の部分は水深2,500mの海底に沈んだ。全部で6,240klの油がタンカーから流出し、その一部が山形県から島根県に至る日本

海沿岸に漂着した。日本海を漂流していた船首は、北西風により吹き寄せられ、1月7日に福井県三国町の海岸で座礁した。

最初に油が漂着した日は、石川県の加賀沿岸から鳥取沿岸にかけては1月7～9日であった。流出した油は対馬海流と風による流れにより運ばれ、能登半島外浦沿岸では1月14日、佐渡や新潟沿岸では1月20日頃に漂着し始めた。

初期の時点ではスラッジ状の油が漂着したが、最初の漂着から約1か月経ってからは油粒が漂着するようになった。座礁した船首から油が完全に除去されたのは2月25日であるが、それ以降も油粒が海岸に漂着することがあった。

(2)回収

福井県では、1月4日にタンカー油流出事故庁内連絡会議を設置して情報収集および連絡調整にあたるとともに、1月7日に災害対策基本法に基づき福井県災害対策本部を設置した。また、2月2日に重油回収技術連絡会を設置して油回収技術の検討にあたり、3月17日に「重油回収にかかる技術対策」をとりまとめた。県内の沿岸市町村においても災害対策本部が設置された。石川県においても、1月7日に油流出事故対策本部を設置し、県内への漂着を受けて1月9日に災害対策本部を設置した。京都府や兵庫県などの県や市町村においても、災害対策本部が設置された。

約2,800kℓの重油が残っているとされた船首については、海上から残油をポンプで回収するとともに、仮設道路を建設して回収が行われた。

浮流油分の多くは地元漁船や民間チャーター船で、沿岸漂着分の多くは地域住民やボランティア、自衛隊などによる人海戦術で回収された。漂着した重油は水分を多く含んでムース状となっており、その回収はひしゃく等による人海戦術によるところが大きかった。珠洲市長橋海岸など大量の油が漂着した海岸では、高圧ポンプによる回収が行われた。

回収量には油だけでなく砂礫や海水も含まれているため、3月28日までに回収された油の総量は38,000kℓと流出した油の総量より多かった。このうち、18,000kℓは福井県で、13,000kℓは石川県で回収された。この中でも、三国町や若狭湾東部、能登外浦の北部で特に回収量が多かった。

石川県では1府8県で回収した総重油量の53%にあたる、ドラム缶約110,000本の重油を回収した（陸上と海上の合計）。また海上で回収した重油3,820.1 kℓ（21%）に対し、海岸で回収した重油が14,401.2 kℓ（79%）と圧倒的に多かった（以上は、1997年5月16日における石川県消防防災課の資料から）。

初期の段階では回収機材の費用負担について全くわからない状態であったが、その後費用の問題が解

決したため一部では調達も円滑に行われた。

3. ナホトカ号事故の重油回収の課題

(1)事故対策の体制

ナホトカ号が沈没してすぐに対策を開始した海上保安庁は、管轄範囲が海上で、陸に漂着した重油の回収は府県や地元市町村が担当した。「海洋汚染及び海上災害に関する法律」では、油流出の原因者によるその防除責任があり、原因者が防除できないと判断した場合、海上保安庁長官が海上災害防止センターに防除を指示し、その費用を原因者に負担させることになっている。また、当時の海岸法は、高潮や波浪などから海岸を防護することのみを目的としており、海岸管理者が漂着油防除に対応することに対し法律上の制約があった。さらに、海岸法では海岸管理者は都道府県知事と規定されているが、都道府県内では各海岸の所管官庁（建設省・運輸省・水産庁・農林水産省）に応じて対応する部署が分かれている。このように、広域的な油流出事故では多くの管理者が対応することになり、所管官庁間や管理者間の調整は複雑化した。それは市町村にも影響し、最終的に部や課単位で管轄区域や権限を争い、また逆に押しつけあった。

一元的対策が必要であったにもかかわらず、重油回収には分割・個別対応したため、対策が必ずしも有効ではなかった。また、海上災害防止センターも、1府8県に広がる広域の事故にはスタッフや予算が不足で、対策は遅れがちだった。

その上、対策のコーディネーターが不在で、迅速な決定や全体のコーディネートができず、対策が遅れ遅れになったり、一貫性を欠いたりした。対策本部が、海上保安庁・県・自治体・漁業者団体といくつもあることがそれを象徴している。

(2)基礎情報の不足と現場の混乱

ナホトカ号事故が拡大し、現場でも混乱を生んだ原因の一つに、現場やそれを指揮する対策本部の情報不足があげられる。

まず対策を講じようにも油の性質の変化や回収方法・毒性⁵⁾など、重油対策の「基礎知識」を、初動期にほとんど持っていなかった。さらにそれに1月6日までの長い正月休みが重なり、国内から情報を得ることもできなかった。この対策の初動期に基礎知識が不十分だった影響は後々まで尾を引いた。

さらに、重油漂着が始まってからは回収対策に追われ、基礎知識の補完は遅れた。その結果、対策の一貫性や効率的な機材の運用など戦略的な対策ができなかった。また、正確な知識に基づく判断力が対策側になく、ボランティアや企業からの玉石混合の提案の選択ができなかったり、逆に貴重な提案を無

駄にしたりしたケースがあった。

重油が漂着した市町村では、基礎知識不足に加え、どこからの指示で処理をすればいいのかわからず、パニックに陥った。漂着現場の住民からの悲鳴と、方針を持たないため十分に回答できない府県、そして、今回のような「広域の事故対策」には不十分な海上災害防止センターの間に立たされた漂着現場の市町村の不満は大きかった。

(3) 技術の有効活用

漂着重油を回収する技術を支えるのは、その技術を有効に使うノウハウである。しかしそれは、ナホトカ号事故の対策側に備わっておらず、事故の対策に深刻な影響をもたらした。

その理由は、このような重油漂着を意識した海岸の管理がもともと行われていなかったことである。ナホトカ号事故当時の海岸法では、海岸管理者は海岸の防護を主目的としており、海岸事業の環境影響については留意していたが、明らかな原因者が存在する油流出事故については、過去に同様の事故があった京都府などを除いてノウハウが十分ではなかった。

こうしたノウハウは通常の管理活動の中で経験を通して得られるlearning by doingである。しかし同時に、一元的に「沿岸域」を管理するという沿岸域管理の概念は、必要性は認知されていたが、制度として確立していなかったため、より対策を非効率なものにした。

また沿岸域管理は、現場の経験以上に、learning by studyingで得られる、重油回収のための明確なルールや規則・手順などのノウハウ（know-why）⁶⁾である。それは当時の海岸法・港湾法・漁港法のどの法律の体系にも具体的に描かれていなかったために、対策に投入された最新技術も有効に活用できなかった。

また回収戦略上の問題点として、場の脆弱性に基づかない回収地の優先順位決定が指摘されている⁷⁾。広域的な重油漂着に対して人力や資機材に限られて場合、環境への影響が懸念される箇所に戦力を集中する方が効率的であるが、重油漂着に対する各海岸の脆弱性が評価されていなかったために、「声の大きい」地域や地区に優先して配備されてしまうこともあった。

(4) 回収技術

まず平穏な海面を想定した漂流予測は、ナホトカ号の事故の場合にはほとんど外れた。当初主にマスコミが、「漂着しない」という楽観論を報じたが、実際には日本海北部の県まで漂着が及んだ。このような「希望的」な漂着予測は、漂着重油対策を遅らせる「効果」しかなく問題であった。ナホトカ号事故以降、漂流予測技術の向上が報じられるが、いっ

たん漂流し始めた重油の漂流を予測することよりも、漂着を前提とした対策が必要であろう。

日本海の冬季風浪のため、回収船はかなりの時間待機を強いられ、オイルフェンスは開放的な海岸では十分に機能しなかった。

そして、漂着油の回収は人力に頼らざるをえない部分が非常に大きかった。また、漂着油の拡散や埋立など、環境への影響が懸念される対策もとられた。そのような事例として、石川県片野海岸などで行われた、回収した油混じり砂の砂浜への埋立が指摘されている⁷⁾。埋め立てられた油混じりの砂は、翌年の冬に高波浪に伴う海浜変形により露出した。

作業者の安全管理については、作業者への有機溶媒の危険性が指摘されている⁸⁾。しかし回収作業現場では、作業への参加者に対して、こうした基礎的な注意が行われることが遅れ遅れになっていた。

また、環境影響調査に関しては、タンカー由来油分の検出法や試料採取法、油による生態系への影響に関する専門家の不足が指摘されている⁸⁾。

(5) 海岸での回収作業

海岸では、漂着した重油をすぐに回収しなければ、海岸の環境が重大な影響を受けると考え、またそうすべきだという専門家のアドバイスもあり、悪天候でも回収作業を急いだ。早期回収を優先し、回収作業の効率や資材・人員の効率運用を検討することは少なかった。またムース化した重油は、人力による回収「人海戦術」に頼らざるを得なかったため、効率を考えるより回収参加者の増員に努力が払われた。

例えば石川県では、重油の回収作業に延べ204,921人が参加（そのうちボランティアは全体の約40%）しているが、参加者からは、漂着した重油をどの程度まで回収すれば作業が終了するのか、また回収の手順について疑問が出ることが多かった。もちろん、「ボランティアに参加するだけで社会的意義があるから効率は二の次」という主張もあるが、次の3点の理由から「効率」を考えた回収を強く勧めたい。

第1に重油回収作業による海岸への影響が避けられない。貴重な海浜植物の生育地は、人間の歩行や運搬車両の進入で重大な影響を受け⁸⁾、また砂浜に生息する動物（例えばスナガニなど）でも同様である。

第2に、回収作業による疲労や健康上の問題などを考慮する必要がある。特に、「ボランティアは自己責任で参加しているから、安全や疲労防止のための作業効率など考えなくても良い」とする意見は犠牲を生む。石川県では、現実に回収作業中にボランティア1名が死亡している。

第3に、総合的環境負荷を考えるべきである。重油の回収作業では、ゴム手袋・雨合羽・軍手などの石油系製品を必要とし、使った資材は油汚れがひど

く、再利用は難しい。また回収現場へ行くためには燃料というエネルギーを消費する。このように重油の回収はいわば「油で油をとる作業」であり、総合的環境負荷を考えるなら、徹底的に漂着重油を回収することが正しい選択ではない。つまり、いかに効率よく、低コストで重油を回収するかの検討が、海岸の環境保全に必要である。

以上のことを前提に、今回の重油回収作業を検討した敷田⁹⁾の分析では、回収参加者数の多い日と回収量が多い日は一致せず、回収が進むにしたがって、1人1日あたりの回収量（重油の回収効率）が落ちてきていた（図-1）。その理由は、①空間に限りがある海岸の作業場所では、回収参加者が多すぎても回収能率が低下する、②海岸の漂着重油が減少した場合には、回収よりも探索に時間がかかり効率が落ちる、からであろう。敷田はその結果から、回収作業に必要な最適人数が海岸ごとに計算できることを導き出している。このような回収のための「戦略」が、これからの重油回収には必要になるだろう。

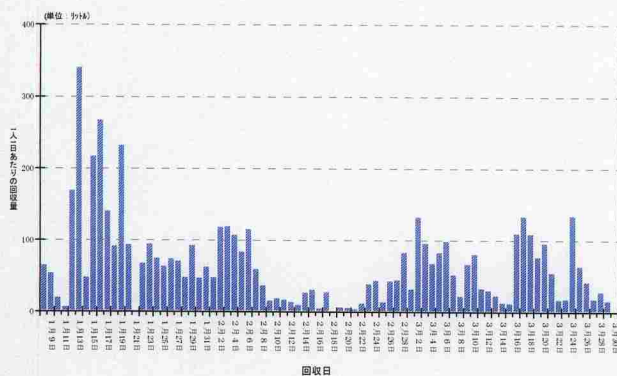


図-1 石川県の1人1日あたりの重油回収量(1997年3月30日現在)

4. これからの重油回収とは

油流出事故の影響を最小化するためには、技術の向上とともに、迅速かつ戦略的な事故対応が可能となる体制が求められる。ともすれば、「技術があれば対策がスムーズに行く」と思われ、「高性能なオイルフェンス」に対する素朴な要求があったり、重油の漂流予測に過度な期待が向けられたりする。

しかし技術はあくまでそれを利用する「場」とタイミングが一致して効果を発揮するもので、素朴な技術信仰は、他の工学分野と同じく、沿岸域の海洋や海岸を扱う分野でも慎まなければならない。これからの重油回収を考える場合には、こうした場の重要性と、技術の使用タイミングやコーディネーションがますます必要になると思われる。それは何より最近議論されている MOT(Management of

Technology)¹⁾の考え方と一致する。

ここではこうしたことを前提に、今後の重油回収にかかるポイントについて指摘したい。

(1) 体制

迅速性の実現のためには、事故発生直後の国、地方公共団体における速やかな対応体制の確立とともに、普段からの防除資機材の配備や人材育成が必要である。大規模な油流出事故時には、国においては海上保安庁長官を本部長とする警戒本部が、地方公共団体においては災害対策基本法に基づいて災害対策本部が設置されることになっている。また、海上災害防止センターが実施する海上防災研修に職員を派遣するなど、地方公共団体は人材の育成に努めている。さらに、事前に関係者がさまざまな事故を想定して事故対応の訓練を行うことが提言されている¹⁰⁾が、地域防災計画に定められている事故対応が確実に実施されるよう、今後も継続的に訓練が実施されることが重要である。

戦略性を強化するためには、油回収の緊急性の評価とともに、関係機関の連携が必要である。

回収の緊急性の評価に関しては、環境省の脆弱沿岸海域図や海上保安庁の沿岸域情報管理システムが整備されてきた。脆弱沿岸海域図は、「保護すべき海岸」や「油の漂着後に残留が予想されそのことにより自然環境全般に多大な影響があると考えられる海岸」を示すもの¹¹⁾であり、インターネットで閲覧することができる。沿岸域情報管理システムは、油防除資機材の配備状況等の防災情報や社会情報、自然情報などの情報を、本庁と管区海上保安本部間の通信回線網を利用して、油の拡散状況・漂流予測結果とともに電子画面上に表示できるシステムである。

もちろん、こうした総合的な対策を支えるGISシステムに対する期待は大きく、実際に運用されれば大きな効果を発揮すると考えられる。しかし、そのような情報が関係機関において共有され、関係機関間の連携を前提とした戦略の策定に活かされなければ、絵に描いた餅に過ぎない。

(2) 沿岸域管理システムの補強

こうした技術を運用し、最適なタイミングで対策を進められるようにするには、重油回収が進められる現場で技術が運用されやすいようになっていなければならない。しかし、海岸法以下、沿岸域の管理に関する主要な法律が相次いで改正されて、各沿岸について統一的な海岸保全基本計画が策定されたが、海岸管理者が管理するのは原則として汀線から岸沖50mの範囲にすぎず、また環境問題に関する主管は環境省、水産業に関わるのは水産庁と、依然として

¹⁾ MOTについては、<http://www4.smartcampus.ne.jp/>など参照。

沿岸域には複数の官庁が関わっている。敷田¹²⁾が指摘するように、国内では一元的な沿岸域管理は、実現していない。

しかし、ナホトカ号事故の教訓からは、管轄を越えた対策が必要だと言うことが明らかであり、それは国の省庁に解決を任すことよりも、現場レベルでかなり実現可能でもある。この点では、日常的海岸の管理が市町村に任される事例が増えており、日常的な管理で蓄積したノウハウが、重油漂着の際に有効に働くことを期待したい。

(3) 技術

技術上の課題としては、漂流予測技術の向上、海上回収の促進、漂着油回収技術の改良、事故影響の調査法の確立などがある。

漂流予測技術に関しては、いくつかの試みが発表されている。漂着の予測は可能なレベルに達していると推察されるが、いずれも形状が変化し広く海面に分布する「油」に対して、時々刻々の予測がどれだけ効果的かについては疑問がある。ナホトカ号の教訓が示しているのは、漂着予測よりも、漂着することを予想して準備し、漂着後に冷静に対応を進めることである。

海上回収については、外洋でも作業可能な回収船の整備が進められている。2002年には日本海側に重油回収船白山丸(4,200トン)が配備され、その対策は充実した。しかしナホトカ号での重油回収では、海面での回収が約20%(石川県)であり、複数の都道府県に広がる重油の回収に1隻の回収船がどれだけ効果を上げられるか保証はない。地域限定的な重油流出に関しては、回収船が効果を発揮するだろうが、広域に拡散した重油の回収では、他の回収船を組み合わせ合わせた運行とともに、複数の手段を有効に組み合わせる戦略が必要であろう。

漂着油回収技術に関しては、省力化と回収目標の設定法が課題となる。漂着した油を拡散させることなく、回収作業に伴う二次的な環境影響を回避しつつ、より少ない人力で漂着油が回収できる技術の開発が必要である。海岸侵食が懸念される砂浜においては油砂分離装置¹³⁾などが有効と考えられるが、漂着油の性質や量、海岸の底質などに応じて最適な回収手段が選択できるよう、回収技術の指針を再度検討する必要がある。また、敷田⁹⁾が指摘するように、回収に有効な人員数は推定することが可能なのであり、「科学的」対策によって、使える資源を有効に活用しなければならない。こうしたことも含めて、研究者や専門家によるコーディネーションや冷静な分析は、今後の重油回収でも必要な課題となる。海外の事例では、こうした役割をSSC(Scientific Support Co-coordinator)¹⁴⁾と呼び早くから重要視している。さらに、各海岸の回収目標は自然特性や社会条件に応じて設定されるべきであるが、海水浴等の

海岸利用に関しては砂浜の底質中の油分の目標値が示されている¹⁵⁾が、生物への影響がないと判断される程度は評価されていない。今後の検討が待たれる。

事故影響の調査法に関しては、影響する項目に応じた調査法の整理が必要である。生物への影響に関しては、環境庁が油流出事故の環境影響調査手法をとりまとめており¹⁶⁾、この中で油分などの分析手法についても示されている。しかし、海岸管理者として考慮すべき事項の一つである、海水浴等の海岸利用への影響に関しては、調査項目や測点の設定など調査の考え方が十分に整理されていない。また、調査法の確立以前に、通常時の海岸の環境に関するデータが蓄積されておらず、事故による環境の変化を評価できない海岸が多い。海岸環境に関する既往調査の知見整理と継続的なモニタリングが必要である。

5. おわりに

重油の回収は時間との戦いであり、またその時々に応じた対策を適切に実行して行く必要があるプログラミングされたシステムティックなものである¹⁷⁾。このような原則を基に考えられる対策こそが効果を生む。

ナホトカ号事故の対策から得られたことは、それぞれが自然に発生するのではなく、普段から用意しておかなければいけないという明白な事実であった。

また技術は社会的文脈の中で使用されるので、それが有効活用される「場」や「条件」が必要である。本稿ではそれを以下の3点に集約した。

まず第1に、沿岸域を一元的に管理する沿岸域管理が必要である。優れた技術も、それをタイミング良く有効に現場で展開しなければならない。それを支えている一元的な管理システム、沿岸域管理は、今後重油回収技術の効果的運用に対して大きなカギとなろう。

第2に、技術相互の関連を考慮する重要性である。重油事故に関する技術は、回収に関する情報を提示するGISシステムから、回収装置まで多岐にわたる。しかしいずれの技術も単独で使用されるのではなく、他の技術との組み合わせが必要となる。個別の技術の開発の際には、こうした前提を考慮する必要がある。

第3に、環境に対する配慮である。重油回収は何より環境に対する負荷を最小化しようとして進められるはずである。しかし前述したように、単独の技術の利用が、必ずしも環境全体として負荷軽減にならないばかりか、かえって負荷を増大させることもある。重油回収技術は常に環境全体に対して、負荷の軽減につながるかという視点を忘れてはならない。

ナホトカ号重油事故対策は、私たちの社会に大きな影響をもたらし、環境に対しても負荷を加えたが、今後こうした事故が起きないという保証はない。むしろ起こることを想定し、対策を講じておく必要がある。そのような際に回収技術は大きな役割を果たすと期待されているが、ひとつの回収技術が単独でそれをなしえんとする議論には与し得ない。その技術が与える影響や効果は冷静に費用便益分析されなければならないし、環境に対する最終的な負荷を軽減するのだという鉄則を忘れてはならない。この点で、沿岸域環境や社会に与える影響を考えれば、むしろ慎重に使用することが求められる。

そのための解決策のひとつとして、現在、開発事業に関連して重視されている環境アセスメントのように、重油事故対策技術の総合的アセスメントが望ましいのではないかと。

また、ナホトカ号事故後の漂着油回収において大きな役割を果たした地域住民やボランティアとの協働は、油流出事故の対策を検討する上で無視できない事項である。海岸づくりにおける海岸管理者と地域住民との関わりは、事業の説明と了解だけでなく、日常的な情報交換、維持管理段階における役割分担など多岐に及ぶべきものである¹⁸⁾。問題意識の共有を通じて役割分担も含めて十分な事前対策が行われることが望ましい。

最後に本シンポジウムの提案が、今後の重油事故の問題解決に貢献することを期待したい。

参考文献

- 1) 柵瀬伸夫：重油漂着現場から、海洋開発論文集，Vol. 13, pp. 111-116, 1997.
- 2) 加藤史訓，佐藤慎司：重油漂着の海岸域への影響，海洋開発論文集，Vol. 14, pp. 447-452, 1998.
- 3) 大島香織，宇佐美宣拓，高橋伸次郎，川合邦広，大塚夏彦，渡辺靖憲，佐伯浩：流水下に流出した原油の回収方法に関する基礎的研究，海洋開発論文集，Vol. 14, pp. 435-440, 1998.
- 4) 得永道彦，林倫史，片桐政司，高橋伸次郎，大島香織，大塚夏彦，佐伯浩：サハリン沖石油・ガス開発が北海道オホーツク海沿岸域へ及ぼす環境・経済インパクト，海洋開発論文集，Vol. 14, pp. 465-470, 1998.
- 5) 早川和一以下11名：ナホトカ号流出重油及び汚染環境資料中の芳香族炭化水素と毒性，環境化学，7(3)，pp. 545-552, 1997.
- 6) 青島矢一以下10名：知識とイノベーション，一橋大学イノベーション研究センター編，東京都，東洋経済新報社，270p, 2001.
- 7) 沢野伸浩：重油漂着現場に見る回収作業の現状と問題点，環境技術，26(7)，pp. 408-412, 1997.
- 8) 沢野伸浩：事故から一年半- 今何が問題なのか，重油汚染・明日のために，海洋工学研究所出版部，pp. 252-306, 1998.
- 9) 敷田麻実：海岸漂着重油の手作業による回収量の決定に関する研究- ナホトカ号重油流出事故の事例から，石川県水産総合研究センター研究報告，第1号，pp. 47-54, 1998.
- 10) 石川県ロシアタンカー流出油防除対策委員会：今後の油流出事故対策のあり方について（第一次報告），1997.
- 11) 環境省地球環境局：脆弱沿岸海域図，http://www.env.go.jp/earth/esi/esi_title.html
- 12) 敷田麻実：利用特性モデルに基づく沿岸域管理の二重構造の必要性に関する研究：沿岸域の利用特性から見た管理システムの構造，日本沿岸域学会論文集，12，pp. 27-38, 2000.
- 13) 石田啓，斎藤武久，由比政年：ナホトカ号の日本海重油流出事故と今後の防御対策，海岸工学論文集，第45巻，pp. 946-950, 1998.
- 14) Dutton, I. M.: Workshop on The Role of Scientific Support Co-coordinator (SSC) in Oil Spill Response, Australia, Transport and Communications, Great Barrier Reef Marine Park Authority, 133p, 1988.
- 15) 加藤史訓，佐藤慎司：重油漂着の海岸利用への影響，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集，第2部，pp. 202-203, 1998.
- 16) 財団法人エメックスセンター編：油流出事故環境影響調査のためのガイダンス，大蔵省印刷局，2000.
- 17) Nordvik, A. B. : The Technology Windows of Opportunity for Marine Oil Spill Response as Related to Oil Weathering and Operations, Spill Science and Technology Bulletin, 2(1), pp. 17-46, 1995.
- 18) 自然共生型海岸づくり研究会編：自然共生型海岸づくりの進め方，社団法人全国海岸協会，2003.