

大規模油流出における流出源近傍での封じ込めと地域協力の経験

ヨーディ・サティヤ (Yodi Satya)

油流出対応チーム (OSCT) インドネシアオペレーションズ・ディレクター

石油連盟 (PAJ) 油流出ワークショップ (2020年2月14日、東京) にて発表

スライド1 : はじめに

皆さんこんにちは。油流出対応チーム (OSCT) インドネシア、オペレーションズ・ディレクター (Operations Director of Oil Spill Combat Team Indonesia) のヨーディ・サティヤ (Yodi Satya) と申します。このような機会をいただきましたので、最近起きた大規模油流出と地域協力の経験についてお話したいと思います。本日のプレゼンテーションでは、昨年、西ジャワ州で起きた大規模油流出を取り上げ、対応策として行った流出源近傍での封じ込めと地域協力についてお話しします。まず最初に、OSCTインドネシアについて、簡単に説明します。

スライド2 : OSCTの概要

油流出対応チーム (OSCT) インドネシアは、油流出対応センター (Oil Spill Combat Centre) としての役割を担っています。本部は西ジャワ州にあり、インドネシア国内の6カ所に基地を置いています。また、タイおよびインドにも活動拠点があります。OSCTは、インドネシア国内に、オイルフェンス25,000m以上と油回収機60基を保有するとともに、訓練を積んだ対応要員200人を擁しています。ご存じのとおり、インドネシアは、世界最大の島礁国で、17,000以上の島々、2億4,000万人の人口、95,000kmに及ぶ世界第4位の海岸線からなります。インドネシアの領土の85%は海洋で、主要な海運ルートが通り、200以上の港湾、石油ターミナルが立地しているため、油流出による海洋汚染のリスクは高いと言えます。また、インドネシアは、世界有数の石油産業国で、石油の生産量、輸出入量は1日当たり350万バレルを超えています。

スライド3：油流出対応の経験

OSCTインドネシアは、36年超の経験を有する対応専門家の支援を受け、インドネシア国内、さらに中国、カタール、タイなど世界各地で60件を上回る油および化学物質の流出に対応してきました。対応した直近の大規模油流出としては、ジャカルタに近い西ジャワ州の海上流出があり、ここでは流出源近傍の封じ込めを集中的に行いました。こうしたひとつひとつの事故から得られた教訓を活用し、油流出対応の計画立案や作業の有効性と効率の改善を図ってきました。

スライド4：サウザンド諸島—ジャカルタ

インドネシアの首都はジャカルタです。ご覧になっているのは、サウザンド諸島（公式名称はセリブ諸島（Kepulauan Seribu））と呼ばれるエリアの写真です。西ジャワ州近くのジャカルタ沿岸部の北方に連なる一連の島々ですが、この近くで事故は発生しました。サウザンド諸島は、帯状に連なる342の島々で構成され、延長は45 km（28マイル）に及びます。ツーリストに人気のエリアで、サンゴや鳥類などの野生生物も保護されています。

スライド5：西ジャワ州における大規模油流出事故

事故情報を簡潔にまとめました。流出源は、西ジャワ州カラワン沖に位置するプラットフォームです。事故は2019年7月15日に発生、流出油の種類は原油です。現在までのところ、会社側は流出量を正式に発表していませんが、推定生産量が3,000boepdであることは分かっています。OSCTは、事故が発生したその日から活動を開始しました。流出油が海岸線に影響を及ぼす前に対応するため、流出油軌道モデリングとレーダー衛星を利用し、流出油を追跡しました。また、油流出事故の影響を受けるエリアの中でも、とりわけインドネシアの多くの観光地や世界遺産が一番の懸念事項でした。こうした場所は、極めて影響を受けやすいため、油流出によって環境や野生生物に悪影響を及ぼす可能性があるあらゆる汚染から保護する必要があります。

スライド6：油流出緊急時対応計画（OSCP）と対応への備え

プルタミナ・フル・エネルギー・オフショア・ノース・ウエスト・ジャワ（Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java : PERTAMINA PHE ONWJ）は、西ジャワ州北部沖合のブロック事業者（Block Operator）として事故が発生した場合に備え、有効かつ包括的な油流出緊急時対応計画（OSCP）を有し、インドネシア政府の承諾および認定を受けています。また、PHE ONWJは、そのOSCPに基づき、油流出対応のための資機材や要員を現場に配備しています。さらに追加のリソースが必要になった場合には、周辺地域やOSCTインドネシアに即時手配を行います。PHE ONWJはこうした備えをすべて整えていました。

スライド7：油流出対応の経過

このスライドには、事故時の油流出対応作業の経過を簡単に示しました。1日目、掘削活動中、プラットフォーム周辺で気泡が見られるようになったため、2隻の船舶によって可動オイルフェンスを「J」字型に展張しました。5日目、流出油の海岸線への到達を防止するため、カラワンエリアでのオイルフェンスの展張を始めました。流出源近傍での封じ込めは、12日目に開始しました。定置オイルフェンスを展張し、油回収機を設置するとともに、リリーフウェル用のジャッキアップ型リグが現場に到着しました。事故発生より17日目、リリーフウェルを斜めに掘削しました。新しいリリーフウェルから重い泥水を圧縮注入し、プラットフォームから一定の深さまで掘削を実施しました。

スライド8：油流出対応の概要（映像）（2019年8月8日）

事故について総合的に理解するため、事故発生時からのニュース映像をいくつか集め、編集しました。

スライド9：流出源近傍での対応戦略

これが、油流出対応中に用いた戦略です。定置オイルフェンスを流出源近傍の封じ込めに用いる戦略は、以前にも南米で適用されたことがあります。この戦略をPHE ONWJが改善し、OSCTインドネシアが実施しました。具体的な計算を行った上で、海上用オイルフェンスと係留ブイを使用して、戦略を実行しました。

スライド10：流出源近傍での対応戦略および計画

このスライドでは、実行した実際の戦略を示しました。OSCTインドネシアは、2層の海上用オイルフェンスを係留ブイに連結させて用い、流出源近傍での封じ込め戦略を実施して、流出源から絶え間なく流出する油の封じ込めを図りました。第1層は流出源から250メートル、第2層は流出源から500メートルの距離に展張しました。封じ込められた乳化油の回収には、機械ブラシ式／スチールディスク式油回収機を用いました。この戦略は、大型タンカーや船舶の事故にも適用することができます。合計で、8,550mの定置オイルフェンス、200mの可動オイルフェンス、400mのオイルフェンスを使用して、浮体式貯蔵再ガス化設備（FSRU）を保護しました。また、7基の油回収機を利用するとともに、45隻の船舶が対応に当たりました。

スライド11：オイルフェンス／油回収機による封じ込め量の計算

これは、オイルフェンスと油回収機に関する計算結果です。先ほどもお話ししましたが、定置オイルフェンスの展張は、具体的な計算に基づき行いました。流出源近傍に定置オイルフェンス一組を展張し、流出油が漏れないようにするためには、ふたつの係留ブイに連結された約400メートルの海上用オイルフェンスと、封じ込められた流出油を回収できる大型の油回収機が必要になります。計算では、オイルフェンスのスワ幅と油回収機の回収率も考慮しています。

スライド12：定置オイルフェンスの導入

この写真は、実際に流出源近傍で行われた封じ込めの実施状況です。2層からなる9,150メートルの定置オイルフェンスは、後方に開口部を設けました。また、定置オイルフェンスから漏れが生じた場合に備え、可動オイルフェンスを待機させました。こうした戦略をほぼ2カ月間にわたって維持するとともに、バックアップミラー／メンテナンス用として、2,000メートルのオイルフェンスを予備で用意しました。予備のオイルフェンスを使用する場合は、海上に追加のオイルフェンスを送り出します。

スライド13：流出源近傍での封じ込めの有効性の強化

2層保護（第2層は定置オイルフェンス）は、係留ブイの間にある隙間から流出油の漏れが生じた場合に備え、流出油を完全に封じ込めるため導入しました。この絵に示したとおり、海上用オイルフェンスは係留ブイに直接連結できないため、オイルフェンスとオイルフェンスの間に隙間が生じます。流出油が展張されたオイルフェンスに流れ込むと、第1層のオイルフェンスの隙間から漏れが生じる可能性があります。このため、第2層のオイルフェンスを設置しました。さらに、第2層から流出油が漏れた場合には、待機させておいた可動オイルフェンスが流出油を封じ込めます。また、漏れを止めるには、油回収船を用いる必要があることも分かっています。油回収船は、オイルフェンスの先端部の背後から流出油を回収するのではなく、反転させるのに使用しています。船にはクレーンが必要になりますが、クレーンの大部分はデッキクレーンであるため、オイルフェンスの先端部にクレーンを届かせるのは難しいのです。

スライド14：流出源近傍での封じ込め訓練を受けた対応要員

これが課題のひとつです。それぞれの船舶で国際航海協会（Nautical Institute）からOPRC IMO 1および2の認定を受けた者はわずか4名、監督員1名と対応要員3名だけでした。油流出対応作業を支援した45隻の船舶のうち、その半数はオイルフェンス展張船であったため、私どもの要員約40～50人が乗船し、今回の船舶すべてのメンテナンスに当たりました。ここで重要なのは、私どもの要員は十分な訓練を受けているため、安全に作業をすることができ、同時に、作業の援助を行うデッキクルーの指導もできる、という点です。訓練を受けていない対応要員が甲板で作業することは認められていません。危険ですし、オイルフェンスや油回収機を損傷するような事態も避けたいからです。

2カ月に及ぶ今回の油流出対応の作業中、記録できるような海上事故も大きな陸上事故も起きていないのは、安全最優先だからです。

スライド15 : 流出源近傍での封じ込めおよび回収の有効性の強化

流出油は乳化が著しかったため、分散剤は効果的ではありませんでした。大部分は、流出油と、水、岩屑、泥などが混じったものでした。しかし、流出油は浮くので、オイルフェンスで効果的に封じ込めることができ、日中は、ブラシ式/スチールディスク式の油回収機を使用し、回収を行いました。その際、船舶の放水銃を補助的に用いたため、回収プロセスがより簡単になりました。回収した油の輸送には、1,000リットルのIBCタンクを使用しました。船舶1隻当たり30~40のIBCタンクを積載することができ、毎日、クレーンで作業船に移し替えました。

スライド16 : 海上油回収機の性能

このスライドでは、今回の海上での油流出対応作業中に使用した海上用油回収機のそれぞれについて、詳細な性能データを示しました。多くの油回収機を使用していますが、回収する油の種類が乳化油であることから、ほとんどは海上用のブラシ式油回収機を使用しています。油回収機が大型になればなるほど、回収量も多くなります。しかし、システムが大型になればなるほど回収機は大きく重くなるため、ひとたび詰まりが生じると、交換は容易ではありません。大型の油回収機が詰まると、甲板に引き上げて分解しなければならず、スペアパーツを探すのにも時間がかかります。アンビリアルシステム付きのジャイアント・スキマーは、船舶へ溶接しなければならず、取付後、その船舶は認可を受ける必要があります。船舶の認可は時間を要し、作業の遅れにつながります。

スライド17 : 分散剤の空中散布機の待機

バケツ式空中散布機を待機させ、流出油が展張したオイルフェンスから水深20mより深いところへ逃れるような場合の必要に備え、分散剤散布の準備を整えていました。目標は、必要な場合に備えて、あらゆる準備を整えておくことです。

スライド18 : 海岸線の保護戦略

戦略概要をここに示しましたが、これが海岸線で、流出源は、西ジャワ州のOSCTインドネシア本部の近くに位置していました。また、集結エリアを20~30kmごとに設けるように努め、複数のチームがそこから数カ所の現場に資機材を動員しました。11kmものオイルフェンスを展張し、サウザンド諸島を含め、汚染の影響を受けやすい海岸線エリアを保護しました。

スライド19 : 対応戦略および計画の概要

ご覧のとおり、これが定置オイルフェンスを展張した場所です。私たちは、空中監視用ヘリコプター、レーダー衛星、ドローンを利用して、流出油が海岸線に到達していないことを確認し、到達した場合には、その現場にチームを派遣しました。また、発電所施設など、影響を受けやすいジャカルタの資産も保護しています。これは、実際の対応を示した絵ですが、作業が極めて広範囲に及んでいることが分かります。海上では、莫大な量の資機材を使用しています。また、汚染の影響を受けやすい島々を保護するには、流出油が汚染の影響を受けやすいエリアに到達する前に回収する必要があるため、沿岸部の作業も、極めて広範囲なものになっています。

スライド20 : Pre-SCATによる海岸線の保護

流出油が海岸線に到達する前から、ドローンを運用して現場全体を視認するチームと、無人飛行装置 (UAV) の運用にあたる別のチームとを派遣しました。この方法は、ヘリコプターよりも、非常に有益かつ迅速な方法であることが明らかになりました。すべてジオタグ付きの写真で報告を行ったため、必要に応じた資機材や要員の動員がしやすくなりました。

スライド21 : 封じ込め回収および海岸線の保護

先遣チームは、流出油、または、流出油が到達する可能性があり汚染の影響を受けやすい場所を発見したら、対応チームにその情報を伝えます。対応チームは、その現場に赴き、写真のようにオイルフェンスを展張します。オイルフェンスを展張したら、対応チームは、展張が完了したことを指令センターに報告します。先遣チームが流出油の到達している場所を発見したら、浄化チームを派遣して流出油の浄化を行うよう要請します。要するに、先遣チームの役割は非常に重要なのです。

スライド22：海岸線対応の監督および訓練

海上での作業と同様に、海岸線での対応には、地域コミュニティ、陸軍、地元の船から2,000人以上の人々が参加しました。これらの人々を監督するために、国際海事機関（IMO）の認定を受けた監督員が毎日100名必要になりました。監督員と作業員の比率は1対20でした。また、作業実施前に、安全訓練と十分な量の個人用防護具（PPE）が必要でした。オイルフェンス、吸引式油回収機、高圧洗浄機、吸着剤などの資機材を用いて安全に作業を行うことを最優先にしました。

スライド23：海上対応（グラフ）

このデータは最新の情報を編集したものです。ある時点で約4kmであったオイルフェンスが、6kmまで増加しています。2つのグラフから、展張するオイルフェンスを増やせば、回収できる油量が増え、海岸線に到達する油量が大幅に減ることが分ります。

スライド24：沿岸対応（グラフ）

沿岸での対応には大量のマンパワーが必要なことが分りました。展張するオイルフェンスを増やしたければ、多くの人数が必要になります。2019年8月10日には、2,856名の対応要員が、2,700メートルの沿岸用オイルフェンスを展張しました。また、2019年8月22日には、3,985名の対応要員が、6,525メートルの沿岸用オイルフェンスを展張しました。沿岸に展張するオイルフェンスを増やすには、さらに多くの対応要員やリソースが必要になることが分ります。

スライド25：大規模油流出対応資機材（OSRE）の全体リソース

今回の対応に割り当てられた資機材は、合計で、海上用オイルフェンスが約11km、海岸線用オイルフェンスが12kmでした。また、海上用油回収機15セット（油回収機が現場で動かなくなった場合に備え、交換用の油回収機を準備する必要があったため）、沿岸用油回収機10セット、4,800リットルの分散剤を用意しました。OSCTインドネシアが保有するリソースは、大規模油流出事故への対応を目的とするインドネシア国内の油流出対応リソースの75%以上を占めています。

スライド26：地域支援によるOSREリソース

OSCTインドネシアは、タイ、ベトナム、韓国、マレーシア、中国などのアジア太平洋地域から、OSREを動員しました。最大の地域支援は、日本の石油連盟（PAJ）によるもので、インドネシアおよびマレーシアの基地から提供されました。

スライド27：石油連盟（PAJ）のOSRE

PAJは、オイルフェンスを1.75km、油回収機を沿岸／海岸線用4セット、提供してくれました。それらの資機材は、OSCTインドネシア本部に運ばれた後、直ちに海上の事故現場に送られました。

スライド28：資機材の発送の経過

PAJインドネシア基地から引き取った資機材は、その後、2～3日のうちに海上の事故現場に搬送されました。その約1カ月後、PAJマレーシア基地の資機材もOSCT本部に到着、海上の事故現場に動員されました。

スライド29：石油連盟（PAJ）への感謝

OSCTインドネシアは、このたびの大規模油流出事故の際の支援に関し、石油連盟に心より感謝します。

スライド30：リリーフウェルの実際の経過

リリーフウェル関連作業は安全に実施され、予定工期より1週間早く、8週間以内に完了しました。

スライド31：廃坑作業の段階に（2019年9月21日）

これは、リリーフウェルの作業が完了した後のニュース映像です。

スライド32：得られた教訓（要約）

要約すると、動画でも言っていた通り、リリーフウェルは成功を収めました。また、海上用および沿岸用のリソースによって流出油を封じ込めることができたため、海岸線への影響は最小限に留められました。民間セクターから政府に至るさまざまなステークホルダーの複合的な調整が必要となる大規模油流出事故においては、対応プロセスを改善するため、環境脆弱性指標（ESI）および海岸線浄化評価手法（SCAT）を備えた緊急時対応計画を完成させておくことが重要です。ステークホルダーや政府との調整をより効果的に図ることができるよう、調整／指揮を統一的に行う検討も重要です。事故発生前、インドネシアは、統一的な指揮システムを採用していませんでしたが、現在、そうしたシステムの採用を検討しています。また、油流出対応能力を高めるため、特に海岸線での対応に関しては、訓練を定期的に行う必要があります。こうした訓練の目的は、油流出対応の資機材、要員、ロジスティクス、現地のリソースの対応能力／備えの改善を図ることです。さらに、油流出対応においては、ロジスティクスの利用可能性が、対応活動や資機材動員をスピードアップするカギとなります。そのため、ロジスティクスの利用可能性について事前に地図を作成しておき、対応活動の簡素化やスピードアップを図る必要があります。以上に加え、流出源近傍での封じ込めでは、定置オイルフェンスが、年中無休24時間体制で機能する効果的な対応戦略となります。定置オイルフェンスは、ひとたび係留が済めば船舶が必要なくなるため、効率的です。インドネシアでは、現在、これが油流出緊急時対応計画（OSCP）および油流出対応の標準戦略として採用されています。