

VII. 環境影響評価に関する研究開発

VII.1 はじめに

商業生産規模のMH開発に際しては、商業化に至る以前の研究段階において、開発行為により生じる可能性のある環境影響やその影響の程度を適確に把握するための関連知見や基盤技術を整備し、適切な環境対策を講じることが可能となるよう準備しておく必要がある。

フェーズ1の研究段階は、まだMHの賦存状態や候補海域、適切と考えられる生産手法に関する検討に着手した段階であり、環境影響を検討するうえでの諸元の不確実性が大きい状態であった。このため、広範な事象を想定し、それらに対する要素技術（モニタリング・調査・予測など）の検討を中心に研究を進めた。その後、フェーズ1の成果として、陸上産出試験の結果から、生産手法として減圧法主体の生産手法の有効性が示唆され、基礎試錐や基礎物理探査で得られたデータからMHは砂泥互層の砂層に賦存していること、また東部南海トラフ海域が有望な候補海域の一つであることが示されたことから、フェーズ2からは、環境面の検討に関しても、より現実的な検討が可能な状態となった。このため、フェーズ2から3にかけての検討では、世界初となる海洋におけるMH層からのガス生産を実施する「海洋産出試験」を環境面での検討の機会と位置付け、環境影響に係るデータ取得方法の検討や実データの取得を行うとともに、それらのデータをもとに、環境影響を予測するための手法や評価するための手法の検討と適正化を進めた（図1）。

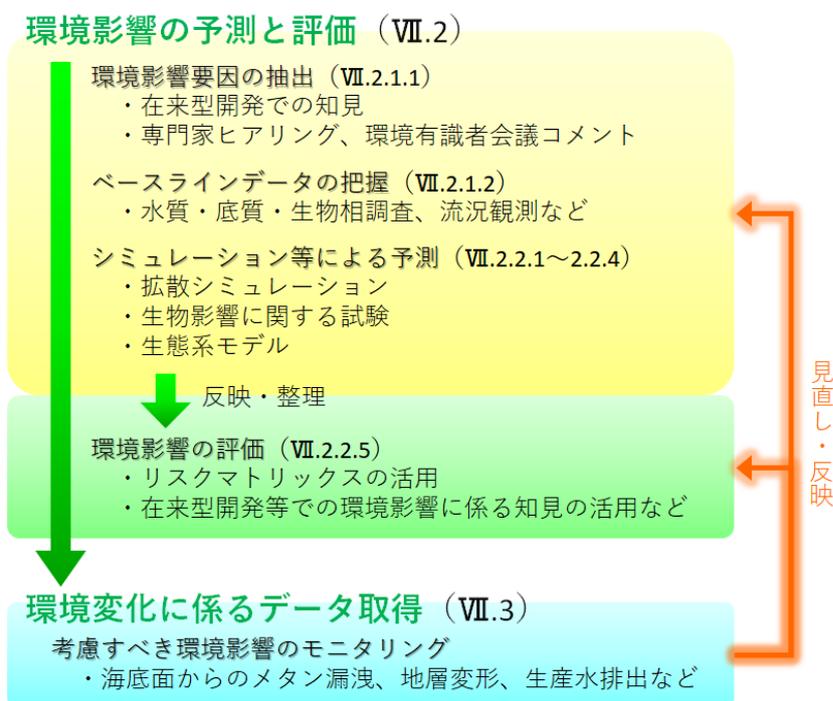


図1 海洋産出試験を対象とした環境研究のプロセス（括弧内に本報告書での章番号を示す）

2013年に実施された第1回海洋産出試験では、第二渥美海丘近傍において約6日間のMH層からのガス生産を実施している。環境面での研究においては、第1回試験で想定される環境影響

要因（環境リスク）の抽出を行い、主要な影響要因と考えられる環境影響要因に関する予測と評価を実施するとともに、関連する環境データの取得を実施し、その予測と評価結果や手法の見直しを進めた。

第1回試験での検討から、概して同様の規模のガス生産に伴い生じた環境変化は小さく、変化が生じる範囲も限定的であることを示唆する結果が得られた。一方で、予測・評価・環境データの取得の各々で改善すべき課題も抽出されており、第2回海洋産出試験に向けて、それらの課題対策についての検討を進めた。

第2回試験は、第1回試験と同様に第二渥美海丘近傍において2017年に実施され、2坑の生産井を仕上げた後、合計で約36日間のMH層からのガス生産を実施している。環境面での研究においては、第1回試験での結果等をもとに、想定される環境影響要因（環境リスク）の見直しを行い、主要な環境影響要因に関する予測と評価を実施するとともに、関連する環境データの取得を実施し、予測と評価の結果に関する見直しを行い手法の適正化を進めた。

取得した環境データや検討の結果、第1回試験と同様に、第2回試験の規模のガス生産に伴い生じた環境変化は小さく、変化が生じる範囲も限定的であることを示唆する結果が得られた。

フェーズ2及び3では、2回の海洋産出試験を通じたデータ取得並びに手法検討により、商業生産時の影響評価のベースとなる手法や知見の整備を進めており、第二渥美海丘近傍での試験規模のガス生産の影響評価に際しては十分な手法を整備できたものと考えられるが、それらの手法が商業生産にそのまま活用できるものではないため、今後は、現実的な商業生産に則した適正化を進める必要があるものと考えられる。

なお、環境研究に関しては、MH開発が環境に与える影響について総合的かつ中立的な評価を行うため、外部有識者で構成される「環境有識者会議」を設立し、定期的に会議を開催し、研究開発を進めている。

VII.2 環境影響の予測と評価に関する検討

商業生産規模のMH開発の際に想定される環境影響を適切に予測し、評価するためには、商業化に至る以前の研究段階において、開発行為により生じる可能性のある環境影響を抽出し、影響の及ぶ範囲や影響の継続期間を予測可能なシミュレーション等による予測手法を検討するとともに、予測結果等をもとに影響を評価する手法の検討を進めることが重要である。

フェーズ2から3までの期間では、商業生産時のベースとなる予測・評価手法の構築を目的とし、2回の海洋産出試験を通じて環境影響の予測と評価並びに取得データによる適正化を進め、商業生産の共通単位と考えられる単一坑井でのガス生産を対象とした影響予測手法の検討を進めた。また、海洋生物への影響に関しては不明確な点や不確実性が大きいことから、将来的に生物への影響を検討可能なよう、候補海域をモデル海域とした生態系モデルのベースモデルの構築も進めた。これらの予測・評価に係る研究については、(一財)エンジニアリング協会、日本エヌユーエス(株)、(株)日本海洋生物研究所に委託して実施した。

Ⅶ.2.1 環境影響要因の抽出とベースライン情報の取得

Ⅶ.2.1.1 環境影響要因の抽出

環境影響を予測し評価するためには、予測・評価すべき環境影響要因を抽出する必要がある。このため、MH と環境影響に係る事例や海外の海洋における在来型の石油天然ガス開発での環境影響評価事例をもとに、MH 開発において想定される環境影響要因と環境影響を整理した概念図を作成し、以下に記す専門家や関係者へのヒアリング等を通じて、考慮すべき主要な環境影響要因の抽出を実施した。

- ・各分野の専門家へのヒアリング
(水産・海生哺乳類・鳥類・MH 物性・海洋地質・石油天然ガス上流部門)
- ・環境有識者会議での意見
(環境リスク・水産・MH 物性・海底地震・石油天然ガス上流部門/下流部門)

その結果、海洋産出試験の計画段階では不確実な内容が含まれるものの、主要な環境影響要因として、「地層変形」、「周辺地層からのメタンの漏洩」、「生産水の排出」、「カッティングス（掘り屑）等の発生」を抽出し、それらに対する予測・評価を中心に検討を進めることとした（「地層変形」の予測シミュレーションに関しては、生産手法開発グループにて担当しているため、Ⅴ章を参照のこと）。なお、環境影響要因の抽出に関しては、諸元の条件により抽出すべき要因が異なることから、各試験の計画や商業生産時の開発システムの想定をもとに適宜見直すこととしている。

Ⅶ.2.1.2 ベースライン情報の取得

上記の環境影響要因が及ぼす影響を検討するためには、環境影響を受ける自然のベースラインデータや環境特性の把握が重要である。このため、第1回から第2回試験の前後にかけて試験海域の水質・底質・生物相に関するデータ取得を継続して実施している（図2）。また、流れ場のデータについては、フィールド開発グループにおいて1年間の流況調査（Ⅴ章参照）を実施している。以降は、環境調査結果のうち、Ⅶ.2.2 で示す予測に反映したベースラインに係る知見を中心に紹介する。

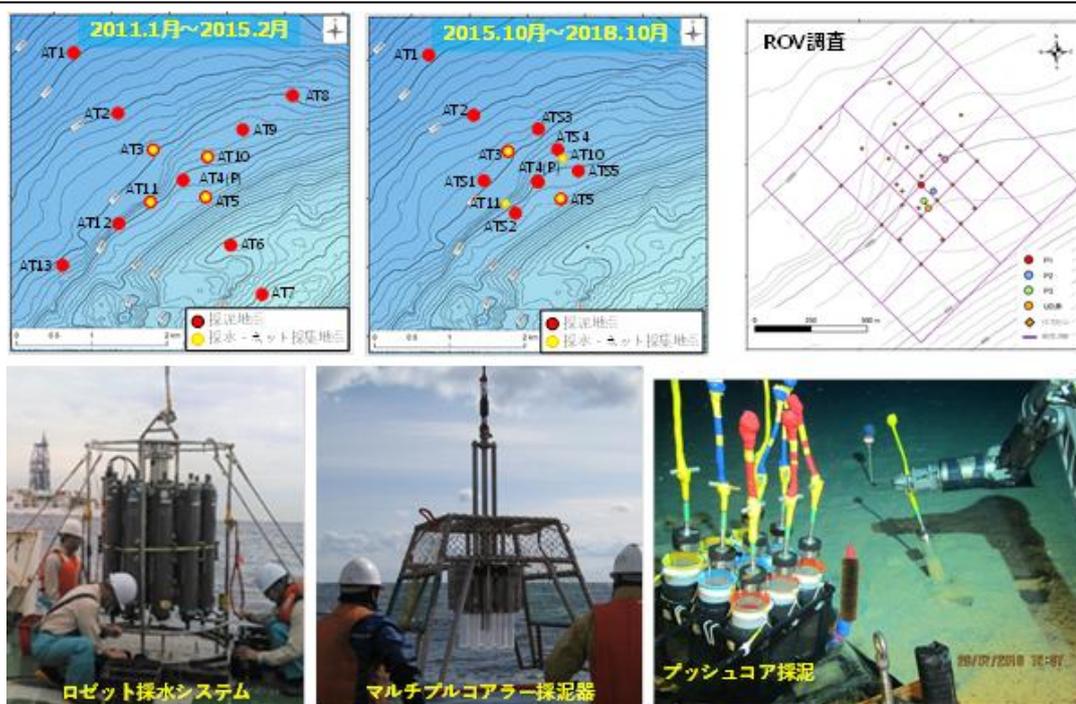


図2 試験海域周辺の主な調査地点（上段図）と調査機材（下段写真）

(1) 流れ場

試験海域は本州南側を流れる黒潮より沿岸側に位置しており、表層では黒潮反流の西向きの流れが卓越することが知られている。過去の流況調査データ（2011年12月 - 2012年12月）からも同様の傾向が確認されており、生産井から北西側に概ね1.5km離れた海丘斜面側の地点においては、表層では南西向きの流れが卓越しており、平均流速は0.4m/s程度であった（流況データの流速はスカラー流速を示す）。底層では、等深線に沿う北東向きの流れの頻度がやや高く、平均流速は0.1m/s程度であった。一方、生産井から南東側に概ね1.5km離れた海丘頂上近傍の地点においては、1年間で9回の頻度で0.5m/s程度の比較的強い北西流が断続的に観測されており、頂上側と斜面側では流動場が異なっていることが示唆されている。シミュレーションによる拡散予測では、これらの流れのデータを反映している。

(2) 水質環境

試験海域は黒潮の反流の影響域に位置しており、黒潮自体が貧栄養の清逸な水質環境であることから、試験海域の水質環境も類似した傾向を示すことが予想されていた。採水調査の結果から、冬季から春季にかけては、海表面から水深100m程度まで混合層が形成され、夏季から秋季にかけては、海表面付近の浅い水深帯で成層し、水温や塩分の顕著な変化が認められる（図3a及び3b）。季節に関係なく、水深100m以深では、水温は緩やかな減少傾向を示し、海底付近では年間を通して3 - 4°C程度となる。概して、表層では季節変化が大きく、底層では季節変化に乏しく安定した環境であることが確認された。取得した水温・塩分等の鉛直分布データはシミュレーション予測のベース条件として活用している。

栄養塩類の濃度は、表層では冬季から春季にかけてやや高いものの、夏季には枯渇状態（検出下限値未満）となり著しく低い傾向がある（図 3c）。アンモニア態窒素は通年で定量下限値（0.01 mg/L）未満の濃度である。栄養塩類の濃度は、周辺海域と比較すると、黒潮流軸域よりも高く、内湾域よりも低い値であった。溶存酸素濃度は、表層では約 7 mg/L、底層で約 2 mg/L 程度であり、有光層内で顕著な増減は確認されず、内湾域のように貧酸素が懸念されるような状態ではない。また、カドミウム、水銀などの重金属類の濃度も定量下限値未満であり、比較的精逸な環境であることが確認できている。これらのデータについては、生産水排出時のベースラインデータや生態系モデルの再現計算等に活用している。

溶存メタン濃度は表層から中層にかけては概ね 5 nmol/kg 以下の濃度であるが、底層では 8 - 9 nmol/kg の高い濃度を示すこともあり、底層では何らかの供給源から溶存メタンが供給されている可能性が示唆されている（図 3d）。底層の溶存メタン濃度については、環境モニタリングでのベースラインデータの補完データとして活用している。

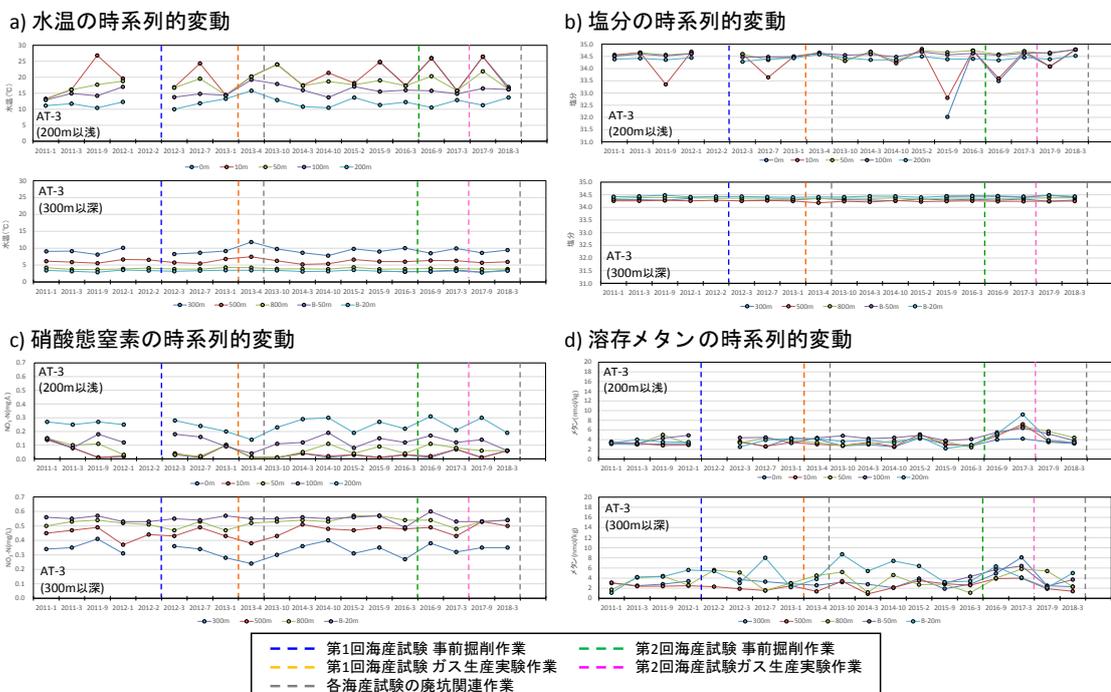


図 3 試験海域周辺地点（AT3）の水質の時系列変化

(3) 底質環境

試験海域の堆積物性状や底質データに関しては極限られた情報しか存在しておらず、新規に調査を実施しデータを取得する必要がある。採泥調査の結果から、試験海域の表面堆積物は、細粒分（シルト・粘土分）まじりの細砂を主体に構成されており、海丘斜面側で粗い土粒子の割合が高く、海丘頂上側で微細な土粒子の割合が高い傾向が確認された（図 4）。堆積物中の全有機態炭素や全窒素、全リンなどの有機物量は、粒度組成に対応して、微細な土粒子が多い地点で高く、粗い土粒子が多い場合で低い値を示した。これらの濃度は内湾域で報告されている値と比較する

と低い値であった。カドミウム、水銀などの重金属類の濃度も大半が定量下限値未満であり、有害物質による汚染が少なく、比較的精逸な環境であることが確認された。また、季節的な変化は乏しく安定した環境にあることが推測された。これらのデータをカッティングス等の堆積を検討するためのベースライン濃度として活用している。



図4 試験海域周辺地点の粒度分布の時系列変化

(4) 生物相

① 浮遊生物 (プランクトン)

試験海域に生息する浮遊生物の情報に関しては極限られた情報しか存在しておらず、新規に調査を実施しデータを取得する必要があった。採水調査の結果から、試験海域で出現した植物プランクトンは、沿岸性の珪藻類やハプト藻類が優占している傾向が確認された (図5)。優占した珪藻種は *Skeletonema costatum*、*Pseudo-nitzschia* 属、*Leptocylindrus danicus* や *Chaetoceros* 属の種であり、これらの珪藻は、年間を通して日本沿岸で普遍的に出現する広温性や暖海性の広分布種であった。また、沿岸域と比較して微小な植物プランクトンが相対的に多く、夏季には小型藍藻の *Synechococcus* spp. が、冬季には微小鞭毛藻類が、多く出現した (図5 下図)。 *Synechococcus* spp. は比較的栄養塩濃度の低い黒潮海域で優占することが知られており、表層の栄養塩類が枯渇しやすい夏季を中心に増加したものと考えられる。植物プランクトンの指標と考えられているクロロフィル a の濃度は概ね 1µg/L 以下の濃度であり、冬季に低く春季に高い傾向を示しており、内湾域と比較すると少ない傾向であった。

また、プランクトンネットでの採集調査の結果から、試験海域で出現した動物プランクトンは、沿岸性のカイアシ類を主体に、広分布種や、外洋性種、寒海性種、暖海性種などであり、季節的な変化傾向は確認されていない。

これらの浮遊生物の情報については、生産水排出時のベースラインデータとして整理するとと

もに、生態系モデルの再現計算等に活用している。



図5 試験海域周辺地点(AT3)の植物プランクトン細胞数の時系列変化
(上図：植物プランクトン、下図：微小植物プランクトン、右写真：優占した主な珪藻種)

② 底生生物 (ベントス)

試験海域に生息する底生生物の情報に関しては極限られた情報しか存在しておらず、新規に調査を実施しデータを取得する必要があった。採泥調査の結果から、試験海域で出現した主なマクロベントス (300μm 以上のベントス) は、環形動物門のヒメエラゴカイ科、線形動物門、節足動物門のタナイス目であった (図6)。メイオベントス (32-300μm のベントス) では線形動物門が優占した (図6 下図)。マクロベントス及びメイオベントスについては、底質環境と同様に季節的な変化は乏しく安定した環境にあることが推測された。これらのデータについては、カッティングス等の堆積による影響を検討するためのベースラインデータとして活用しており、また生態系モデルの再現計算にも活用している。

また、ROV 観察の結果から、より大型のメガベントスについては、クモヒトデ類やコエビ類が多く生息していることが判明した (図7)。底生魚類としては、水産有用魚種は確認されておらず、深海性のホラアナゴ科の魚種が相対的に多く確認されている。

なお、試験地点近傍では化学合成生態系を形成する生物種の一つであるシロウリガイ類の殻が散見されており、過去の調査結果 (2002 年度基礎物理探査「東海沖～熊野灘」) から第二渥美海丘の頂上部には、強い海底面反射強度域が認められ、メタン湧水による炭酸塩の沈殿が示唆されている。このため、試験海域はメタン濃度の変化を繰り返し経験してきた海域と考えられ、メタン濃度の変化に対して比較的寛容な環境条件であることが想定される。

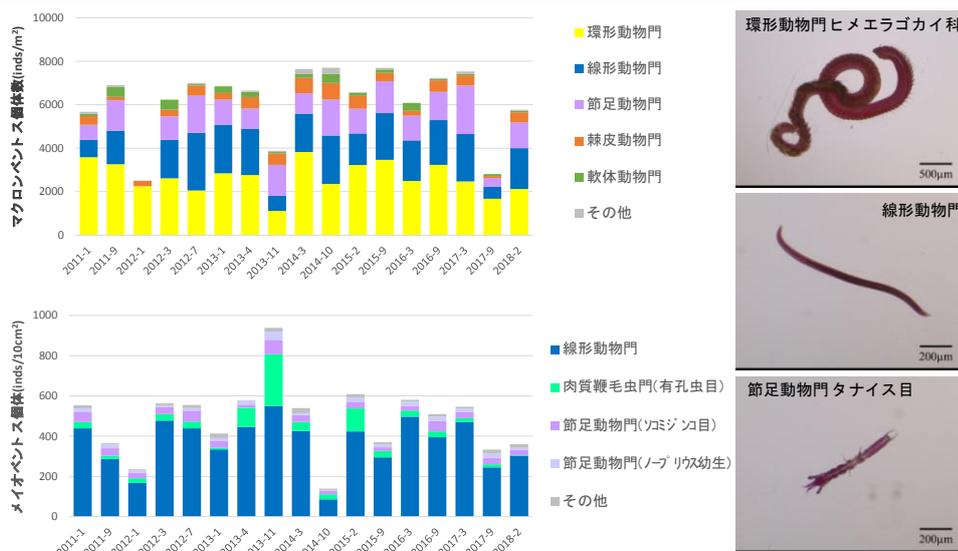


図6 試験海域周辺地点 (AT3) のベントス個体数の時系列変化
 (上図：マクロベントス、下図：メイオベントス、右写真：優占した主なマクロベントス)

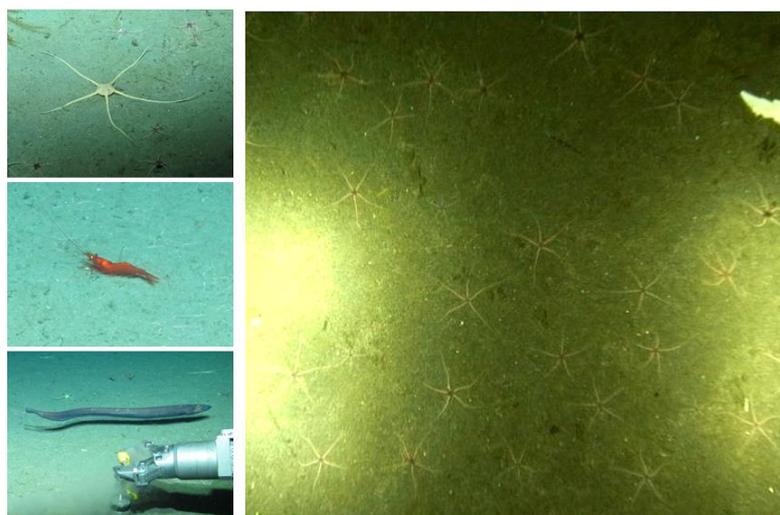


図7 試験海域で出現した主なメガベントスと底生魚類
 (左上：クモヒトデ科、左中央：コエビ下目、左下：ホラアナゴ科、右：クモヒトデ科の密集状況)

VII.2.2 各影響要因に対する影響予測と評価

VII.2.2.1 メタン漏洩に関する検討

(1) 第1回海洋産出試験での検討

メタンは二酸化炭素の25倍の地球温暖化係数をもつ温室効果ガスであり (IPCC 第4次評価報告書、2007, <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>) 大気中に放出されれば気候変動に影響を与える可能性があること、海水に溶解した場合には微生物的酸化反応により溶存酸素量を低下させる可能性があることなどから、MHを分解して生成したガスが海底面さらには大気中に移動した場

合の影響や、生態系への影響を考慮すると、海底面からのメタン漏洩はMH 資源開発における環境影響要因の一つとして重要であると考えられる。

生産手法が具体化していなかったフェーズ1の段階では、MH が浅部未固結層に賦存しているという理由から、何らかのガス導通経路の発生や坑井周辺のセメント不良により、生産井周辺でメタンガスの海底面からの大規模な漏洩が発生することが懸念されていた。しかしながら、既述の通り、減圧法主体の生産手法の有効性が示されたため、同手法の原理をもとに、想定事象の見直しを実施した。

その結果、減圧法主体の生産手法では、海底表面とMH 層の間に何らかの導通が生じた場合には、減圧区間に低温の海水が流入してくるため、水の汲み上げにより低圧状態となっている減圧区間の温度・圧力条件がMH の安定領域の条件に戻ることでなる。従って、減圧区間のMH の分解は継続しないため、大規模なメタンガスの海底面への移動は想定しにくい、という結論が得られた。

ただし、生産中のトラブルや、生産中止後地層中に残存するガスが海底面から漏洩する事態は想定しうるので、フェーズ1での研究に引き続き、海中にメタンが漏洩した場合のメタンの海水中での拡散挙動を予測するためのシミュレーションモデル MEGADEEP (**Methane Gas from Deepwater**, Yapa et al., 2010) の構築と機能検証を進めた。上記の想定を踏まえて、第1回試験を対象としたシミュレーションによる予測として小規模事象を取り扱うこととした。しかしながら、MEGADEEPは石油天然ガス開発の事故で生じるような暴噴を想定して構築されたモデルであり、ガス放出率が小さ過ぎる場合には計算の連続性が確保できない。このため、計算の連続性を確保可能な最小のガス放出率を条件として設定し、予測計算を実施することとした。計算条件として設定したメタンガス発生量は、ガス生産時の管内に存在するガス量の約10倍程度の量(大気圧下の体積72m³)であり、試験中に想定される事故時の予測と考える量である。

MEGADEEPでのシミュレーションの結果、大水深での観測で確認されている5mm前後のガス径(Naudts, L., et al., 2010)の条件では、メタンガスは海水を上昇する間のハイドレート化やガス分離が生じる過程で、最終的には海水中に溶存メタンとして溶解し拡散するため大気まで到達しないこと、また、底層での溶存メタン濃度も最大で100nmol/L程度に留まることが示され(図8)、後述の生態毒性試験で推定した海洋生物に影響を与えると想定される濃度には達しないことが予測された。このシミュレーションは、現実的な条件での予測ではなく放出率としては大きな条件を仮定したものであるため、シミュレーション結果の検証はできないが、環境モニタリングや海域環境調査のデータ(VII.3参照)からは、ガス生産に起因する長期的な広範囲に及ぶメタン濃度の上昇は確認されていない。

一方で、流況条件やガス径条件等が限定的であったことから、流況条件やガス径等の条件を増やした複数のケーススタディを進めることとした。

(2) 第2回海洋産出試験での検討

第1回試験時点でのシミュレーションでは、流況条件が平均流速のみと限定的であったことから、流況調査の結果を考慮し、平均流速に加え、最大流速や無流速の条件を追加し、3ケースと

した。また、放出時のガス径については 1mm、5mm 及び 10mm の 3 ケースとし、放出率についても $0.01\text{Nm}^3/\text{s} \times 2$ 時間と $0.04\text{Nm}^3/\text{s} \times 0.5$ 時間の 2 ケースでシミュレーションを実施した (Nm^3 : 0°C 、 101.325 kPa の条件での体積)。

ケーススタディの結果から、ガス径を大きくした場合には大気まで到達する結果となったものの到達量は総量で 22mol 程度 (352g 程度) と極微量であり、また、海面の溶存メタン濃度も 8nmol/kg 程度と低濃度であった。放出率を $0.04\text{Nm}^3/\text{s}$ とした場合には、溶存態濃度が上昇する範囲は拡大するもののその最大濃度は 200nmol/kg 程度であった (図 8)。

既述の通り、シミュレーション結果の検証は困難であるが、環境モニタリング及び海域環境調査のデータからは、ガス生産に起因する長期的な広範囲に及ぶメタン濃度の上昇は確認されていない。

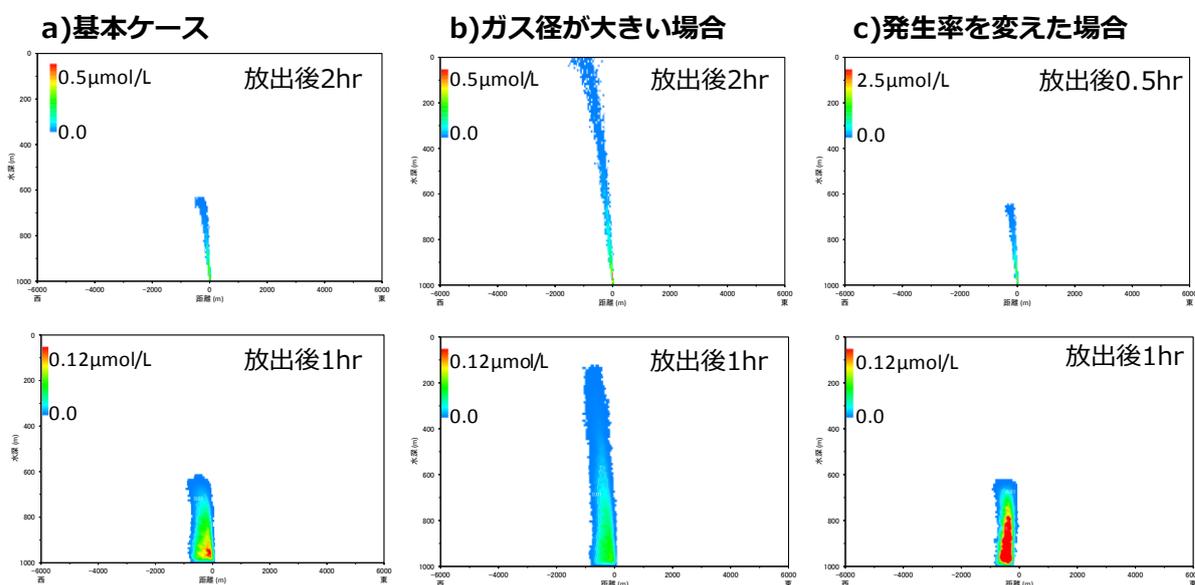


図 8 MEGADEEP での予測結果例 (上段: ガス・ハイドレート態、下段: 溶存態)

- a) 基本ケース (発生率: $0.01\text{Nm}^3/\text{s} \times 2\text{hr}$ 、ガス径: 5mm)
- b) ガス径を変えたケース (発生率: $0.01\text{Nm}^3/\text{s} \times 2\text{hr}$ 、ガス径: 10mm)
- c) 発生率を変えたケース (発生率: $0.04\text{Nm}^3/\text{s} \times 0.5\text{hr}$ 、ガス径: 5mm)

(3) メタンの海洋生物への影響

溶存メタンの海洋生物への影響に関しては、検討に活用可能なデータは殆ど無かったため、メタンの海洋生物への毒性の評価が可能となるよう生態毒性試験を実施した (平田ら, 2013)。試験手法としては、OECD (経済協力開発機構) のガイドラインなどを参考とし、供試生物としては、各機関で推奨されている標準種や現場で出現が確認され重要と考えられる種を中心に合計 19 種を選定し (植物プランクトン 7 種、動物プランクトン 7 種、ベントス 3 種、魚類の稚魚 1 種、魚類の受精卵 1 種)、試験を実施した。

その結果、大気圧下でのメタンの飽和濃度条件（約 1mmol/L：試験海域のバックグラウンド濃度の約 10 万倍以上の高濃度条件。図 3 参照）でも海洋生物の生残率等には変化が確認されず、メタン自体の生態毒性は極めて低いことを確認した（図 9）。

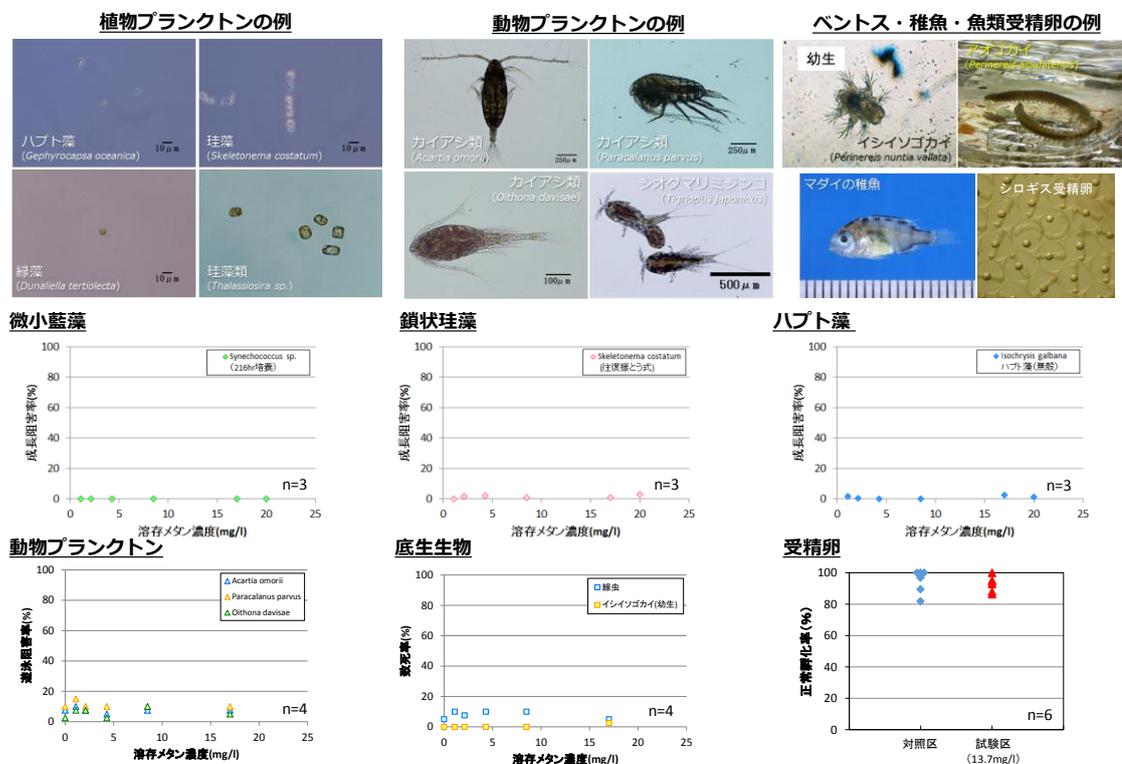


図 9 生態毒性試験の供試生物例（写真）と試験結果例

VII.2.2.2 生産水排出時の検討

(1) 第 1 回海洋産出試験での検討

MH 分解に伴って生産される水 (MH 分解水及び地層水) を海洋に放流した場合の環境影響も、MH の商業生産においては重要な課題と考えられた。

フェーズ 1 の段階では、主として候補海域や水処理方式が決まっておらず、また、実際に生じる生産水及び排出される生産水の成分に関する情報はなく、MH の性質から、低温・低塩分の流体が生じるものと仮定し、主として水温・塩分の変化範囲に関するシミュレーション予測の検討を進めた。フェーズ 2 では、既述の通り、海洋産出試験の候補海域が定まり、水処理方式や排出条件も具体化したことから、事前ボーリング調査で取得した間隙水データ等をもとに、想定される生産水成分や状態を検討した。

事前に取得した間隙水の成分から、地層水中に含まれる重金属類の濃度は排水基準よりも十分低い一方で栄養塩類、特にアンモニア態窒素の濃度が自然海水よりも高いことがわかり、また実際に排出される生産水は水質汚濁防止法の排水基準に準拠した生産水のみであることから、第 1 回試験では水温、塩分及びアンモニア態窒素に焦点を当ててシミュレーションによる拡散範囲の

予測を実施することとした。

シミュレーションモデルとしては、非圧縮粘性流体、静水圧近似及びブシネスク近似を仮定して移流拡散方程式を解くことにより溶存物質の拡散挙動を予測する三次元の移流拡散モデルを適用した。計算条件として、周辺環境の水温・塩分・流速条件は日本海洋データセンター（JODC）で公開されている1-3月の月別統計値を用いた。生産水の成分条件は、塩分を0、水温を上記統計値の底層の水温（3.5℃）、アンモニア態窒素濃度を250mg/Lとし、500m³/日の排水率で、地球深部探査船「ちきゅう」のムーンプール下部から排出した場合の拡散計算を実施した。

シミュレーションの結果、生産水の排出により濃度が変化する範囲は排出箇所から流下方向に100m程度の範囲に留まる結果となった（図10）。採水調査の結果からも濃度変化が確認されたのは排出箇所の極近傍のみであることを示唆する結果が得られており、シミュレーションによる予測結果と顕著な相違の無い結果であった。

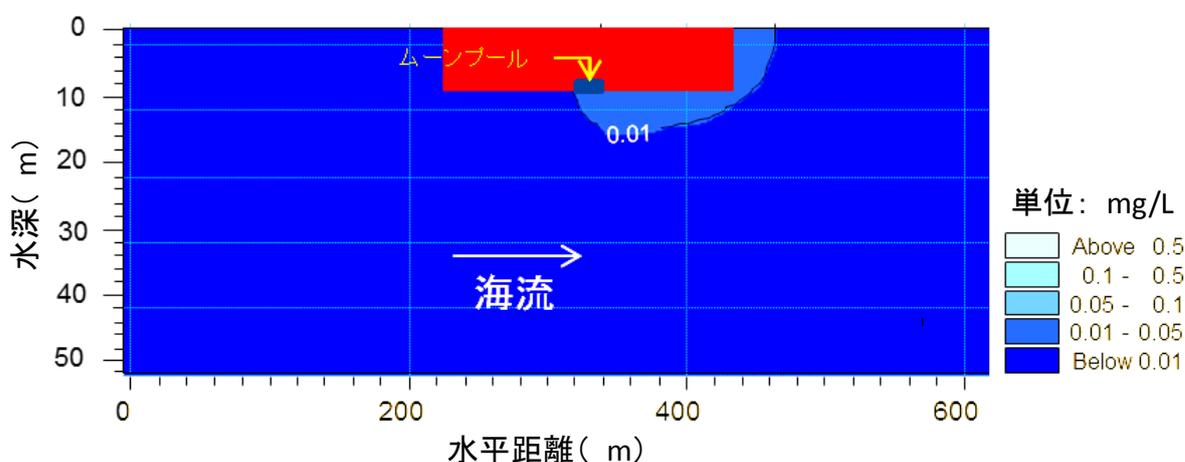


図10 生産水排出時のアンモニア態窒素の拡散範囲の予測結果例

一方で、生産水の成分確認から、生産水の塩分は自然海水とほぼ同等もしくは高い(IV章参照)、また水温についてもリグ上への輸送時に昇温するため表面水温とほぼ同等の温度となる、という知見が得られており、実測値をもとにした見直しが必要となった。また、メタンの拡散と同様に、流況条件の考慮が課題として抽出され、それらに対する検討を進めた。

(2) 第2回海洋産出試験での検討

第2回試験でのシミュレーション予測については、水温・塩分条件を見直すとともに、流動場の条件に関しても複数ケースを想定することが望ましいと考えられたため、平均流速の条件に加え最大流速での予測計算も行うこととした。その他、項目漏れの低減という観点から、計算対象とする成分も合計で12項目を増やしている。

シミュレーションモデルとしては、第1回試験のモデルと同様に三次元の移流拡散モデルの適用を検討し、さらに浮体構造物の流れ場への影響を考慮可能なモデルを適用した。計算条件とし

て、周辺環境の水温・塩分条件は日本海洋データセンター（JODC）で公開されている5-6月の月別統計値を用いた。流速条件は過去の流況調査で観測された平均流速（0.2m/s）と最大流速（1.2m/s）の2ケースとした（なお、平均化にはベクトル平均を用いた）。生産水の条件として、塩分を36、水温を上記統計値の表層の水温に設定した。生産水の成分として、アンモニア態窒素（250mg/L）のほか、亜鉛など11項目を計算対象とし、排水率を4ケース（100m³/日、250m³/日、500m³/日、1000 m³/日）設定し、「ちきゅう」のムーンプール下部から排出した場合の拡散計算を実施した。

シミュレーションの結果、自然海水と比較し濃度差が最も大きかったアンモニア態窒素においても、実際の排出率に最も近かった500m³/日の排出条件では、自然海水の濃度を超える領域は、流下方向に100m程度の範囲であり、「水生生物保護のための環境の水質基準」として制定された水産用水基準（2012年版）（社団法人水産資源保護協会, 2013）の基準値（0.03mg/L）を超える領域は、流下方向に80m程度、流れを横切る方向に50m程度の範囲内に留まり、影響を及ぼす範囲は極めて限定的であることが予測された（図11）。この予測結果は、生産水排出時の海域環境調査の結果と比較し、影響評価の観点から顕著な相違のない結果であった。

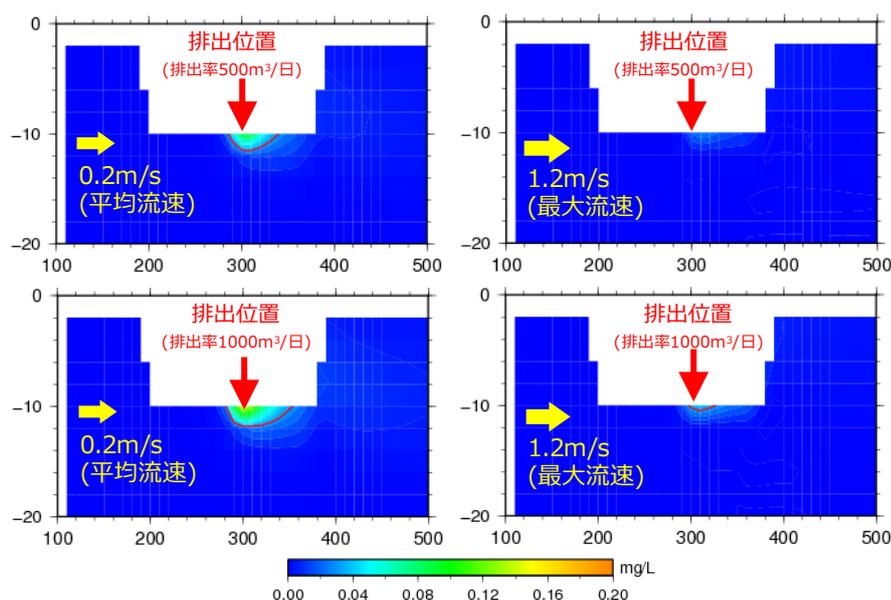


図11 生産水排出時のアンモニア態窒素の拡散範囲の予測結果例

VII.2.2.3 ライザーレス掘削時の掘り屑（カッタリングス）等の拡散・堆積に関する検討

(1) 第1回海洋産出試験での検討

大水深掘削において、海底面の浅い区間の掘削では、技術的な制約と安全性の観点から、掘削リグと坑井をライザー管で接続しない、ライザーレス掘削を行うのが一般的である（JAMSTEC, <https://www.jamstec.go.jp/chikyuu/j/about/drilling/drilling.html>）。この場合、掘削掘り屑（カッタリングス）は坑井周辺の海底に放出され堆積する。その量は、ライザーレス掘削した区間の坑井容積と一致し、海洋産出試験の坑井の場合は数m³～数十m³程度である。

フェーズ1の段階では、MH開発で考慮すべき環境影響要因を対象とし検討を進めており、在来型開発と共通する環境影響要因についての検討は実施していなかった。しかしながら、フェーズ2からは、既述の通り、専門家へのヒアリングや環境有識者会議での委員コメントなどを踏まえ、在来型開発で想定される環境影響も対象とすることとし、主要な環境影響要因として「ライザー掘削時のカッティングスの発生とその堆積」も検討対象として追加した。

第1回試験の作業計画及び事前ボーリング調査で得られたコア試料の粒径分布データをもとに拡散・堆積シミュレーションを実施した。

シミュレーションモデルとしては粒子輸送モデルを使用した。粒子輸送モデルは、負荷された粒子が、鉛直方向には重力による沈降、水平方向には周囲の流れによる移流と拡散の効果で移動するモデルである。沈降速度は粒径ごとにインパクト式を用いて算出した。

計算条件として、時間ステップを600秒、対象粒子の粒径分布をコア試料（カッティングスを想定）の平均粒径分布とし、メッシュサイズを5mに設定した。発生するカッティングスの量や発生率等の諸元については、掘削実績（掘削深度・ドリル径）をもとに計算した。流れの条件としては、流況調査で取得した掘削期間の実データを活用した。

シミュレーションの結果、堆積が予測される範囲は掘削井から200m程度の範囲に留まることが確認された（図12）。

一方で、第1回試験後に実施したROV（水中ロボット）での観察結果から、堆積範囲については顕著な相違は確認されなかったものの、掘削井直近の堆積厚については過小評価となっている可能性が示唆されたため、第2回試験での予測計算に向けて、適切な堆積厚を再現可能となるよう計算条件の見直しを進めた。

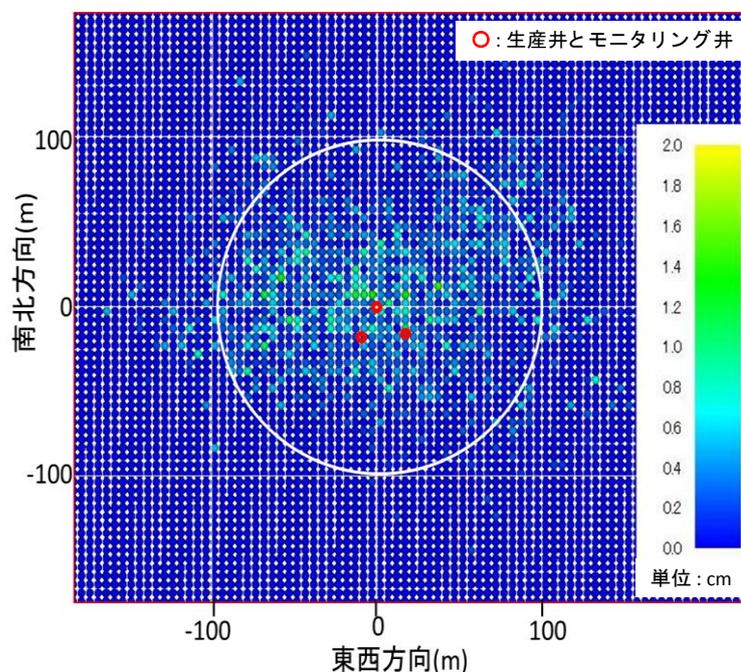


図12 カッティングス等の堆積範囲の予測結果例

(2) 第2回海洋産出試験での検討

計算条件の見直しとして、時間ステップ、対象粒子、メッシュサイズに関するケーススタディを実施した。時間ステップについては、10秒・60秒・600秒の3ケースとし、対象粒子については、コア試料の平均粒径分布の他、ベントナイト（坑内洗浄用の流体）とバライト（休止流体に使用）の粒径分布を追加した。また、メッシュサイズについては、1mと5mの2ケースを設定した。その結果、全粒子を対象とし、時間ステップ10秒、メッシュサイズ5mの計算条件が堆積厚を最も適切に再現する結果となったため、第2回試験の計算条件として採用した。その他、カッタイングス等の発生条件については、第2回試験の掘削実績（掘削深度・ドリル径・管径・掘削速度等）をもとに設定し、流況条件については、MH層上部までの掘削では、流況調査の平均流速（0.1m/s）と最大流速（0.5m/s）を設定し、MH層の掘削期間では環境モニタリングで取得した実際のデータを用いた。上記以外の条件については、第1回試験と同様とし、堆積範囲の予測計算を実施した。

その結果、掘削井直近では堆積厚が数10cm程度に達するものの、1mmを超える領域は、掘削井から最大でも約300mの範囲内に留まることが予測され、底生生物に影響を与えることが想定される6.5mmの堆積厚を超える範囲は掘削井から最大でも100m程度の範囲内に留まることが予測された（図13）。この予測結果は、ROV観察で確認した堆積範囲と顕著な相違の無い結果であったが、ROV観察により確認された坑井から北西方向に堆積している白色の堆積物については、シミュレーション予測では確認されておらず、これはシミュレーションで考慮していない廃坑時に生じる過剰分のセメント流体に起因する堆積物と想定される。

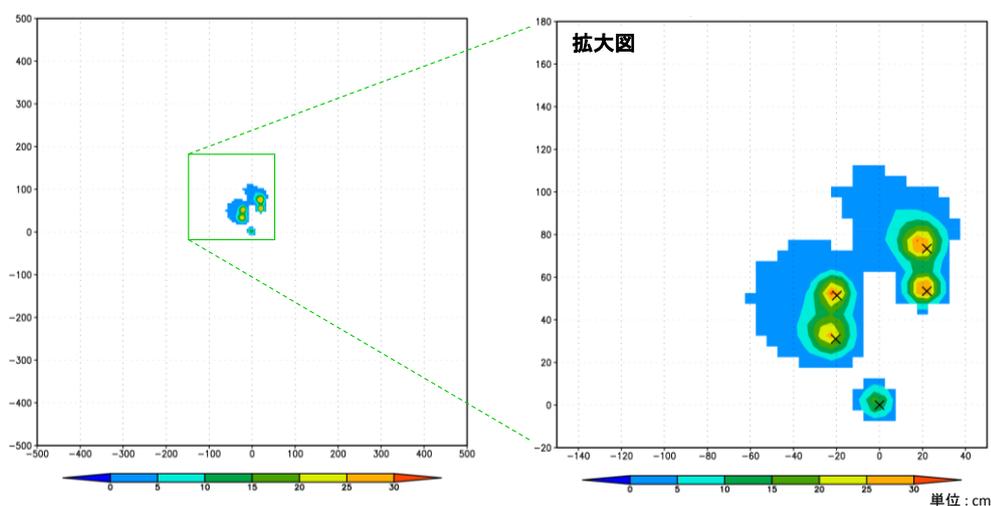


図13 カッタイングス等の堆積範囲（堆積厚6.5mmを超えた範囲）と堆積厚の予測結果例

VII.2.2.4 海洋生物への影響検討

海洋産出試験規模のガス生産による環境影響の予測に関しては、規模が小さく作業期間も短期間であるため、影響要因となる物質の拡散範囲の予測で十分と考えられるが、商業生産規模のガス生産を想定した場合には、開発エリアの広域化及びガス生産の長期化などに伴う影響を考慮す

る必要があるため、物質の拡散範囲に加え、食物連鎖網を介したより高次の生物（魚類等）への間接的な影響も考慮する必要がある。このため、その検討のベースとなる手法として、生物のなかでも相対的に定量性の高いデータの取得が可能と考えられる低次の生物要素（微小プランクトン・植物プランクトン・動物プランクトンなど）に係る物質循環過程を予測可能な低次生態系モデルの構築を進めた。

検討に際しては、全球規模における海洋の炭素循環を表現するために開発された海洋炭素循環モデル（Nakata et al., 2004）をベースとした。モデルの構成要素としては、試験海域である第二渥美海丘近傍をモデル海域とし、その海域特性を考慮し、生食食物連鎖網の構成要素に加え、微生物食物連鎖網の構成要素も選定している。その後、海域環境調査等で取得した環境データを用いて各季節の代表的な環境状態の再現計算を実施し、計算結果をもとに各パラメータの適正化を進め、ベースモデルを構築している（図 14）。再現計算においては、パラメータ値を大きく変更することなく各季節の環境要素が再現できており、現時点のデータからは概ね合理的なモデル設定であると判断している。なお、再現計算に際しては、流況調査データの EOF 解析（Empirical Orthogonal Function）により抽出した主要モード（第 1 モード及び第 2 モード）を再現した流動場を用いている。

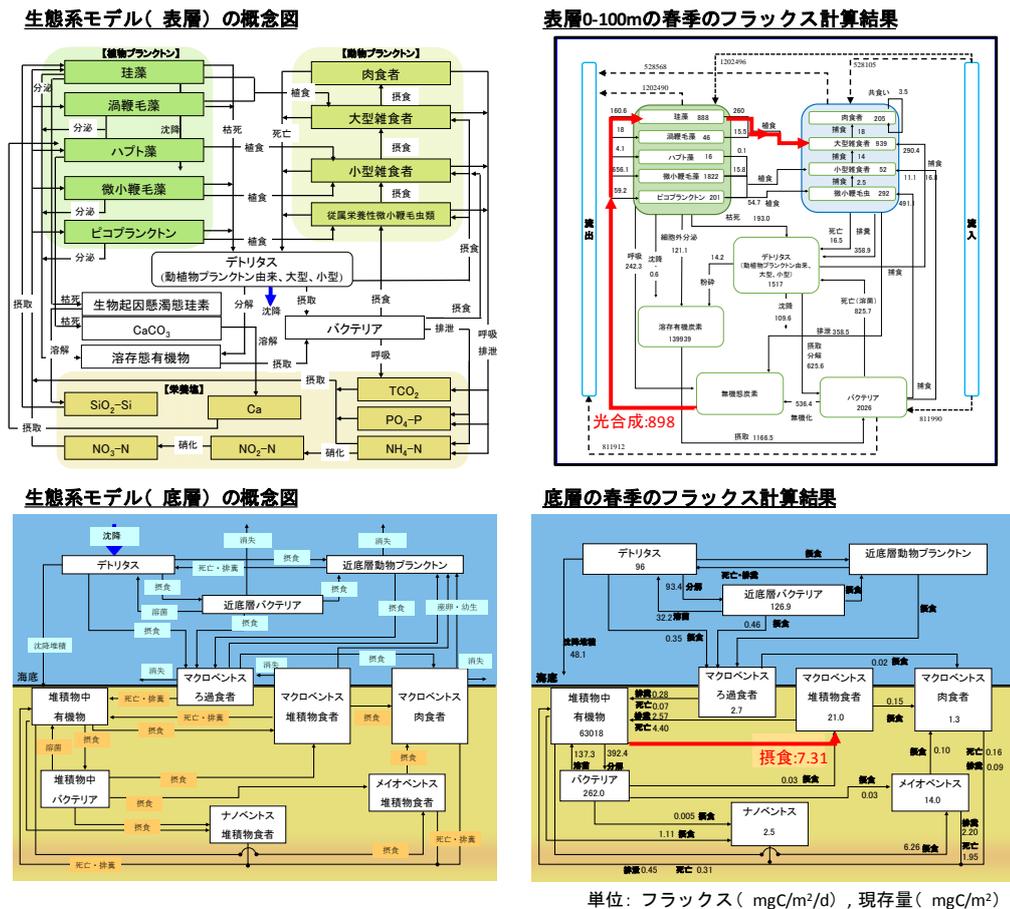


図 14 生態系モデルの概念図（左）と再現計算による春季のフラックス計算結果例（右）
（上段：表層生態系、下段：底層生態系）

VII.2.2.5 環境影響の評価

(1) 第1回海洋産出試験での検討

我が国における環境影響評価で用いられている評価手法や海外の海洋における石油天然ガス開発を対象とした環境影響評価事例等を参考に、第1回試験の環境影響評価を試行した。

「環境影響要因」として、MH 開発で考慮すべき影響要因に関しては既述の主要な影響要因を抽出し、在来型開発と共通する環境影響要因については、海外事例を参考とし、海底設備の設置に係る要因など網羅的に影響要因を抽出した。なお、1回目の試行であることと、抽出漏れの低減という観点から、「リグ定位のためのトランスポンダーの設置」のような明らかに影響が無視できる項目も抽出している。

環境影響を受ける「環境要素」に関しては、海外事例を参考としつつも、日本固有の環境特性を考慮し、我が国の環境影響評価で用いられている区分をベースに環境要素を抽出した。

影響の予測に際しては、想定される影響の重要度や現実的に検証可能なレベルかどうかを考慮のうえ評価項目を選定し、重要性が高いと考えられる評価項目についてはシミュレーションにより予測し、影響が軽微であることが想定される評価項目については既往知見を参考とした定性的な予測を実施し、各項目について、「影響範囲」と「影響期間」を予測している。

影響の評価では、海外の環境影響評価で活用されているリスクマトリックスを適用することとし、予測した「影響範囲」と「影響期間」の組み合わせから「影響の大きさ」を推定し、「発生頻度」と組み合わせることで、「環境リスク」の大きさを推定し、環境影響を評価している。その結果、第1回試験の「環境リスク」は全て「低」と評価されている。なお、予測・評価結果については環境有識者会議の委員からの意見も反映し整理している。これらの結果については、環境調査及び環境モニタリングのデータから、影響を評価するうえで顕著な相違は確認されていない。

この第1回試験での影響評価の試行により、生物への評価基準が不十分であることと、手順として各評価項目の重要度の違いが不明瞭であること、が課題として抽出されている。

(2) 第2回海洋産出試験での検討

第1回試験での影響評価で抽出された課題を踏まえ、第2回試験で想定される環境影響に関する予測と評価を実施した。

第2回試験での影響の予測・評価では、各評価項目の重要性がより明確になるよう、英国の環境影響評価手順を適用し、スクリーニング的な位置付けでリスクマトリックスによる初期的な評価を行った後、環境リスクが「中」以上の評価項目や MH 開発で考慮すべき評価項目に関して、シミュレーション等による詳細予測を行い、環境リスクの大きさを詳細に予測・評価することとした。

また、生物への評価基準に関しては、メタンの基準としては、生態毒性試験の結果を反映し、生産水成分の基準としては、「水産用水基準（2012年版）」の基準値が設定されている成分についてはその値を反映した。さらに、カッティングス等の堆積については、北海の環境影響評価で用いられている堆積厚の基準値 6.5mm (Smit et al., 2006) を反映し、評価の信頼性向上を図った。

第2回試験の予測・評価結果についても、第1回試験時と同様に環境有識者会議の委員からの

意見も反映し整理している。また、環境調査及び環境モニタリングのデータから、影響を評価するうえで顕著な相違は確認されていない。

Ⅶ.3 環境影響に係るデータ取得

商業生産規模のMH開発で想定される環境影響の規模や重要性の検討に際しては、開発前の研究段階において環境影響に係る十分なデータを取得する必要がある。

フェーズ2-3までの期間では、以降の商業生産時のベースとなるデータ取得手法の検討と実データの取得並びに予測・評価結果への反映を目的とし、2回の海洋産出試験において環境影響に係るデータの取得を実施した。

Ⅶ.3.1 MH開発で考慮すべき環境影響に係るデータ取得

Ⅶ.3.1.1 メタン濃度の変化

生産井周辺の海底面からのメタン漏洩については、フェーズ1当初よりMH開発に特有の環境影響として検討対象に掲げられており、大規模な場合には地球温暖化への影響も想定されていた。このため、フェーズ1では、様々な計測技術に関する情報収集や要素技術の検討を進め、主要と考えられた溶存メタンの計測技術については先行的にセンサーの改良等が進められた。

フェーズ2-3では、既述の通り、生産手法や海洋産出試験候補地が具体化したことから、想定事象の見直しを行い適用技術の絞り込みを行っており、2回の海洋産出試験のガス生産実験での実データ取得並びに手法検討を目的とし、深海底での安定した連続計測が可能なモニタリングシステムの構築と改良を進め、データ取得と知見の拡充を図った。なお、これらの研究については、第1回試験のモニタリングをジャパンマリンユナイテッド(株)、第2回試験のモニタリングを応用地質(株)・日本海洋(株)共同企業体に委託して実施した。

(1) 第1回海洋産出試験での検討

大水深の海底でのメタン濃度のモニタリング事例は既往にはなく、特に水深1,000mの海底での数ヵ月以上のモニタリングは世界的にも新規の試みとなる。

計測に用いるセンサーとしては、フェーズ1の時点で唯一市販化されていた溶存メタンセンサーであるMETS Methane sensor (Franatech GmbH. 以下、METSと略す)を適用した。既述の通り、海洋産出試験の規模では、大規模な漏洩事象ではなく、小規模かつ継続的なメタン濃度の変化を想定したため、計測範囲を10-400nmol/Lに設定した。これは海域環境調査で得られたデータから対象海域の自然のバックグラウンド濃度が概ね10nmol/L以内であることを確認していたことから、10nmol/L以上の濃度が継続する場合には何らかの軽微な変化が生じていると判断できると、400nmol/L以上の濃度が継続する場合には顕著な変化が生じていると判断できるためである(なお、400nmol/L以上の濃度の計測精度に関する重要性は低いものと判断した)。計測頻度は1回/1時間とした。

合わせて補正のために必要となる水温・塩分・溶存酸素の計測用にSBE 37SM (Sea-Bird Scientific)もシステムに搭載した。さらに、濃度変化が確認された場合の発生源を推定するため

に、海底面近傍の流向流速の計測用として DW-Aquadopp (Nortek AS) も搭載した。

第1回試験のガス生産実験では、METS2 台を搭載したシステムを、生産井を中心に 5 台設置し、そのうち 1 台のシステムには流向流速計を設置し、ガス生産期間を中心とした前後の期間で計測を実施した (図 15)。

モニタリング結果から、ガス生産期間中に明瞭なメタン濃度の上昇は確認されなかったもののガス生産終了以降の期間では、METS の検出器の損傷と計測室内部の異常が確認されており、確実な濃度変化の確認は実施できていない (図 16)。このため、第2回試験に向けて、メタンセンサーの計測の安定性を確保するための対策検討を進めた。

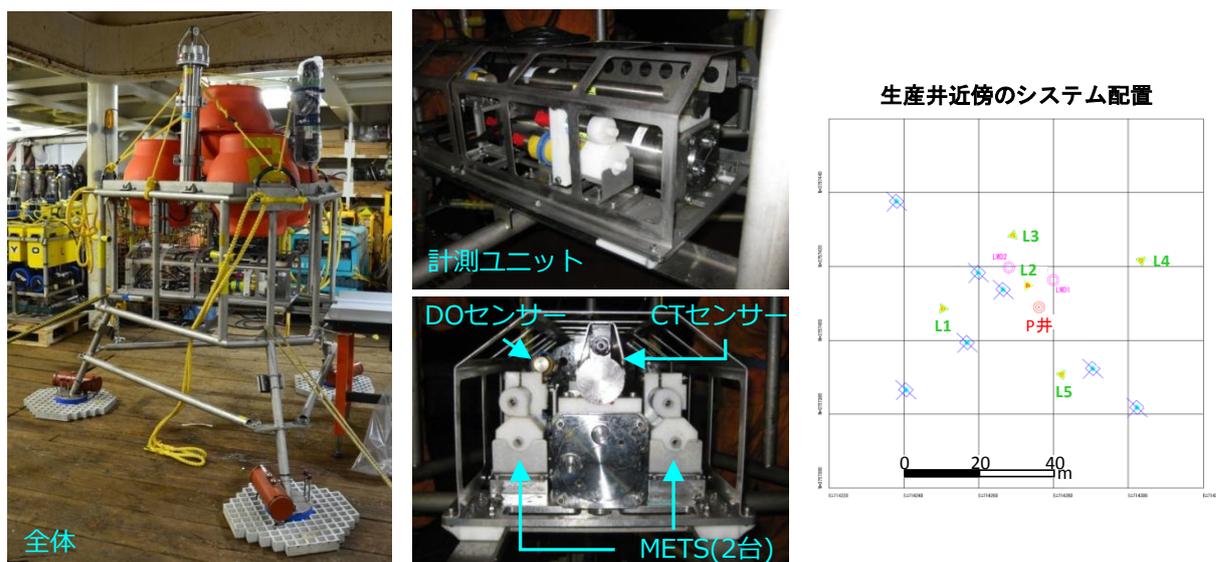


図 15 メタン濃度のモニタリングシステムと配置

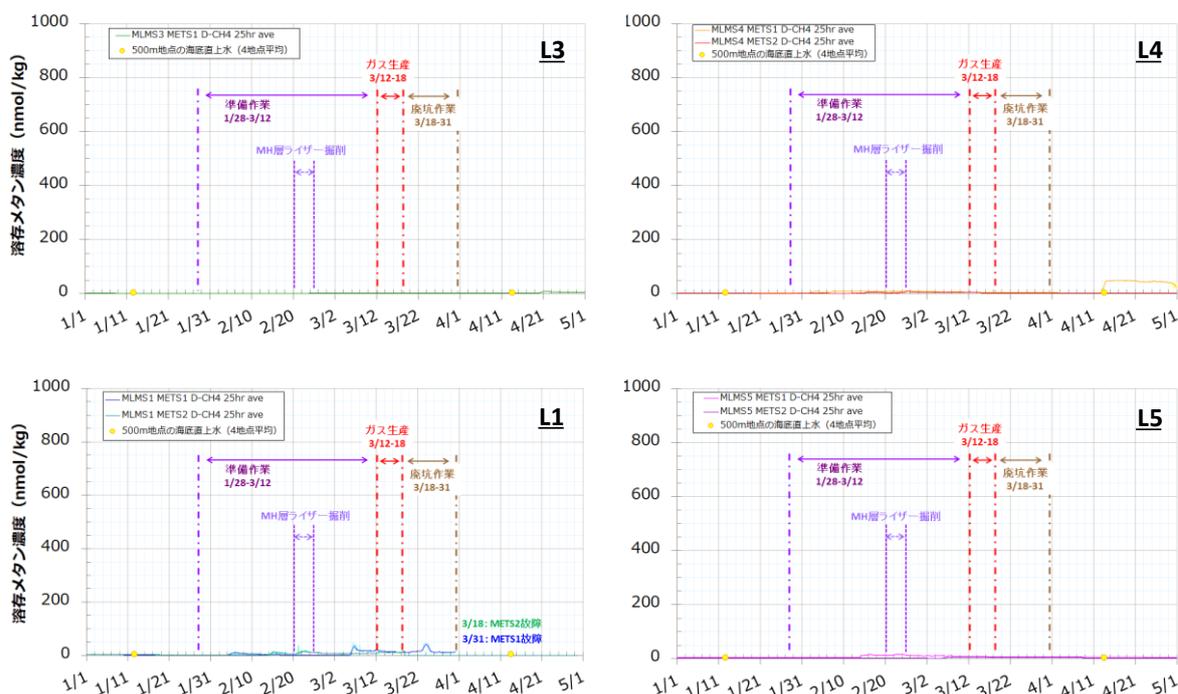


図 16 ガス生産実験前後のメタン濃度のモニタリング結果

(2) 第2回海洋産出試験での検討

第1回試験で確認された METS (半導体式) の長期安定性に係る課題への対応として、計測原理が異なり安定性も高いと考えられたレーザー計測式のメタンセンサーの適用性を検討した。その結果、レーザー計測式のメタンセンサーは精度面では優れていることを確認できたが、電力消費量が大きい安全性や使用性の観点から、第2回試験の連続計測への適用を控えることとし、第1回試験で用いた METS を採用することとした。METS については、長期間の安定性に課題があったことから、第2回試験のモニタリングでは計測期間の途中でメンテナンスを行うこととした。このため、常時モニタリングという観点での連続計測を実施できていないが、ガス生産期間を中心とした前後の期間 (2013年3-11月) において合計で約7か月間の計測を実施しており (図17)、概ね安定したデータを取得できている。事後の性能確認試験結果からも顕著な異常や損傷は確認されていない。一方、レーザー計測式のメタンセンサーについては、メタン濃度の水平的な分布を確認するための ROV での測線観測に適用しており、その適用条件等の検討を進めている。

メタン濃度の変化に関しては、計測期間中に濃度変化は確認されているものの、データ自体は低濃度の変化であり、周辺環境に影響を及ぼすような濃度の上昇と継続は確認されていない (図18)。なお、計測頻度及びセンサーの応答速度の観点から、1時間以内の極短期間の変化の状況については、今回のデータからは確認することはできない。

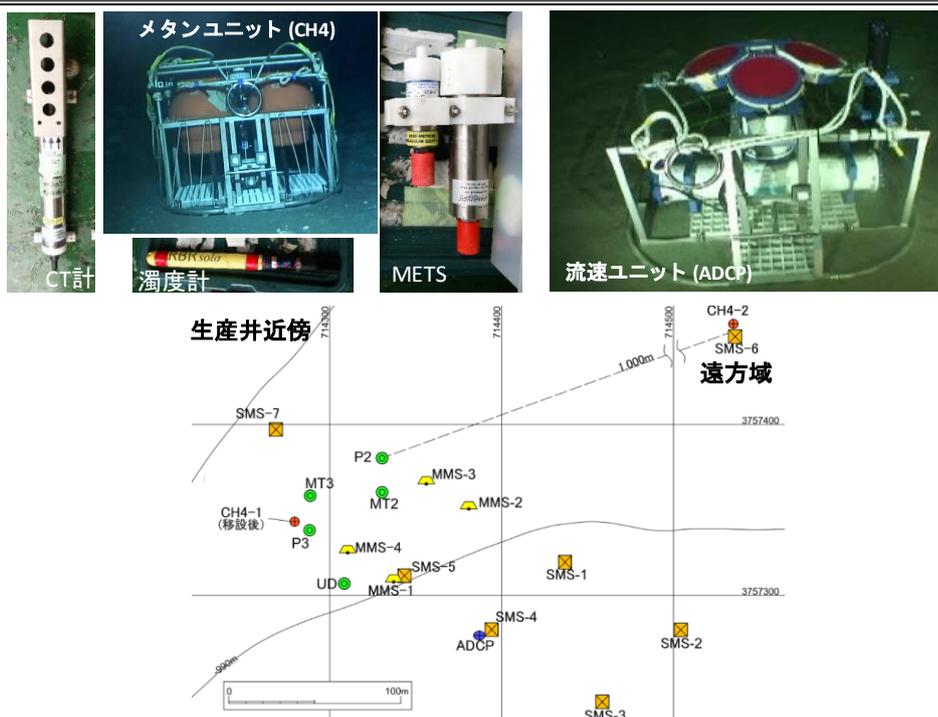


図 17 メタン濃度に係るモニタリングシステム

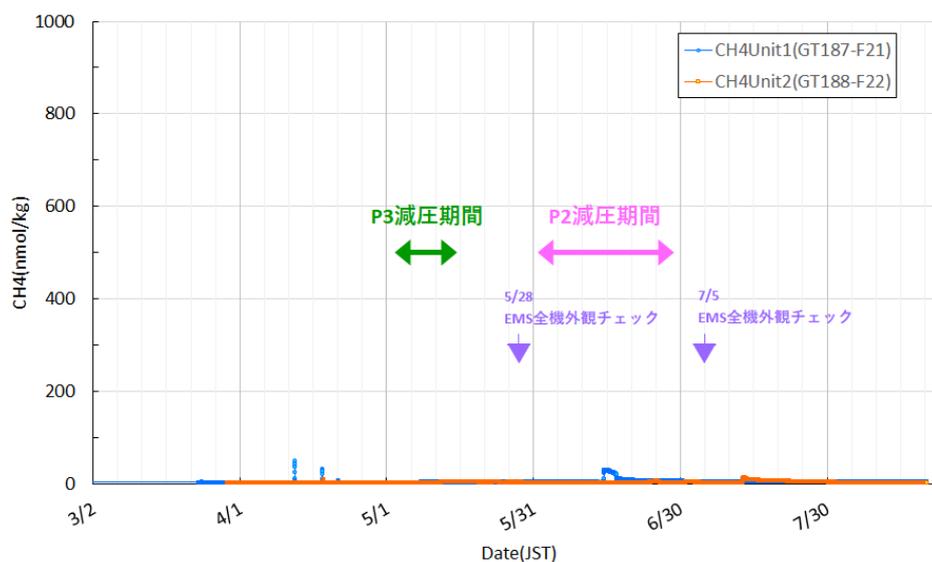


図 18 ガス生産実験前後のメタン濃度の変化（加工前のデータ）

メタン濃度の変化に関するモニタリングでは、2回の海洋産出試験での適用を通じて、2種類のメタンセンサーの特性や長短所を確認しており、これらの知見をもとに、各メタンセンサーの適用条件を整理し、ベースとなりうる計測手法の適正化を進めている。

(3) 採水調査・採泥調査による補完

生産井周辺のメタン濃度の変化に関しては、ガス生産実験前後に定期的に採水調査や採泥調査を実施し、メタン濃度の確認を実施している。その結果、長期間に渡るメタン濃度の上昇や広域

に及ぶようなメタン濃度の変化は確認されておらず、生態毒性試験の結果を考慮すると、周辺生物に影響を及ぼすようなメタン濃度の変化は無かったものと考えられる。

Ⅶ.3.1.2 地層変形

減圧等の生産手法の適用とメタンハイドレートの分解により地層内の圧力が変動することは、地層の応力変化と変形を生じさせる。このことが、海底の地盤沈下、斜面の不安定などの環境影響・災害リスクの上昇を引き起こす可能性が考えられることから、フェーズ1当初よりMH開発に特有の環境影響として検討対象に掲げられていた。また、地層変形は地層内の流体挙動の変化要因となりうるため、生産挙動に影響を与えること、ガスの漏洩経路の形成につながる等、様々な形でMHの生産と環境に影響を与える事象である。

このため、フェーズ1では主に室内や陸上での試験等を通じて計測手法の検討を行い、フェーズ2・3では、実際に深海底において長期間安定した連続計測が可能なモニタリング手法の検討と実データ取得を目的として、モニタリングシステムの構築と改良を進め、2回の海洋産出試験において実データを取得し、手法の検証と取得データのシミュレーションとの比較を進めた。なお、モニタリング装置の設計・製造及び計測作業は、第1回試験のモニタリングを応用地質(株)に、第2回試験のモニタリングを応用地質(株)・日本海洋(株)共同企業体に委託して実施した。

(1) 第1回海洋産出試験での検討

海洋での開発行為に係る地層変形のモニタリング事例は既存にはなく、新規のコンセプトやモニタリングシステムの構築が必要となる。計測手法としては、変化が想定される地点と不動点を想定した地点(リファレンス)に圧力計(沈下)と傾斜計・方位計(沈下方向)を設置し、地層変形を推定する手法を検討した。適用センサーとしては、圧力計測用に8CB1400-I-005(Paroscientific, Inc.)、傾斜計測用にNS-30/DMG2-U(Measurement Specialties社製)、方位計測用にC100(KVH Industries, Inc.)を選定した。圧力計の設定はPI100(圧力分解能:7.5ppm \approx 105Pa)とし、各センサーの計測頻度を1時間間隔に設定した。

圧力計の計測値には、実際の沈下量その他、潮汐変動、海洋の長周期的な変動、圧力計のドリフトが含まれるため、実際の沈下量を推定するためには、これらの各成分を推定し除去する必要がある。このため、25時間移動平均の算出等による潮汐成分の除去、リファレンスとの差分算出による海洋の長周期的な変動成分の除去、を実施している。また、圧力計の誤差を推定するために、圧力計の段階加圧試験による精度の算出を行っている。

第1回試験では、7台のシステムを生産井近傍に、1台のシステムを地層変形が想定されない500m程度離れた遠方域に設置し、ガス生産期間(2013年3月12-18日)を中心とした前後の期間(2012年12月-2013年10月)で計測を実施した(図19)。

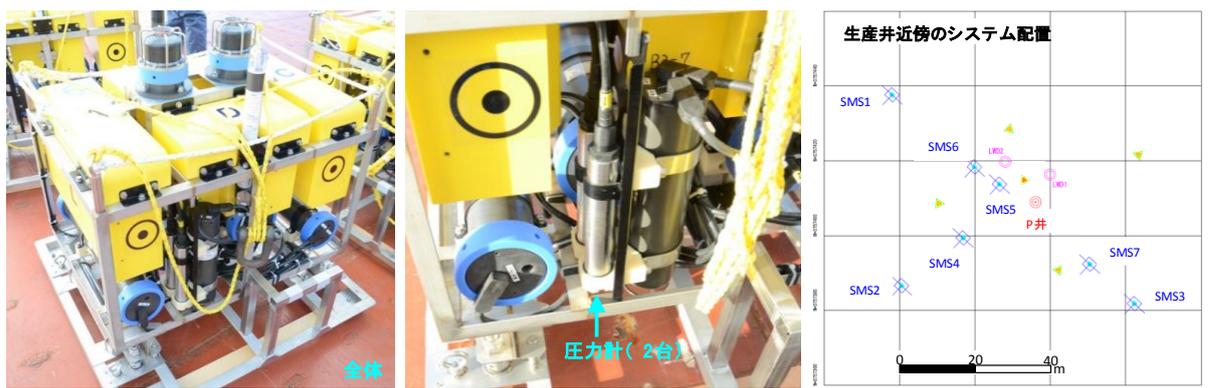


図 19 地層変形モニタリングシステム（SMS：小型機）と配置

モニタリングデータを確認したところ、方位、傾斜データから生産実験作業中の ROV のテザーケーブルとの接触によるものと考えられる数時間での 1.5kPa 程度の顕著な変化が確認されたため、その期間の圧力計の変化を除外して沈下量の推定を進めた。モニタリング後には、圧力計の段階加圧試験を実施し、得られた標準偏差から計測精度を 0.5kPa（5cm）程度と推定した。解析の結果、外的要因による干渉が生じた極短期間を除くと計測精度を超える沈下や変形は生じていないことが推測された（図 20）。

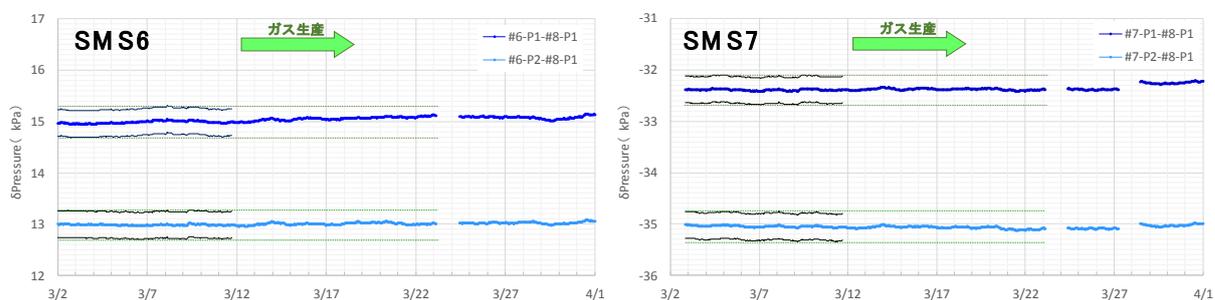


図 20 地層変形モニタリングのデータ例（リファレンス機との差分圧力値）

※ガス生産前のデータには精度の幅を表示している。

また空白の時期は外的要因による影響が生じた期間である。

第 1 回試験での検討から、ROV のテザーケーブルの接触等の外的要因による圧力値への干渉の低減や、圧力計の精度向上、が課題として抽出され、その対策を進めた。

(2) 第 2 回海洋産出試験での検討

第 2 回試験で適用するシステムとして、第 1 回試験で確認された外的要因による圧力データへの干渉のリスクを低減するため、外的要因による影響を回避可能なシステム形状に改良した。また、圧力計の精度向上が可能であることが判明したため、圧力計の分解能や計測頻度を高精度の設定となるよう変更した。圧力計のデータ平均化時間の設定も PI100 から PI6664 に変更するこ

とにより圧力分解能を 0.102ppm($\approx 1.41\text{Pa}$)に向上し、計測頻度を 10 分間隔に高めている。

第 2 回試験では、10 台のシステムを生産井近傍に、1 台のシステムを地層変形が想定されない 1km 離れた遠方に設置し、ガス生産期間（2017 年 5 月 1 日 - 6 月 28 日）を中心とした前後の期間（2016 年 12 月 - 2017 年 11 月）で計測を実施した（図 21。配置は図 17 参照）。

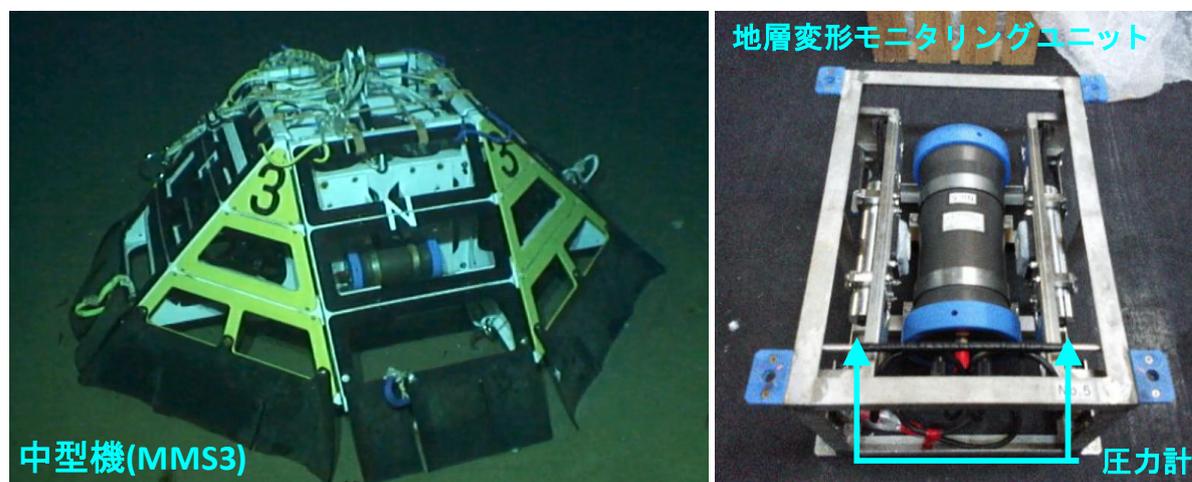


図 21 地層変形モニタリングシステム（MMS：中型機）

地層変形モニタリングについては、2 台のシステムで一部損傷や異常が確認されたものの、他の 9 台のシステムには外観に顕著な損傷や異常は確認されなかった。概して、傾斜計及び方位計のデータから、顕著な変化は確認されておらず、外的要因による影響が無かったことを確認できた。生産期間中の傾斜の変動幅は 0.1° 以内に収まっていることが確認されており、生産期間中の沈下も小さいことが示唆されている。また、各圧力計のデータは概ね同様の変動傾向を示し、潮汐成分除去後の変動幅も 1-2kPa 程度（水深換算で 10-20cm 程度）であり、正常なデータが取得できている。圧力データには、システムの設置時期の違いに起因する各圧力計固有のドリフト成分が含まれているが、そのドリフトを含んだデータでも、生産井近傍の 3 台のシステムのデータとリファレンスデータの差分値のガス生産期間中の変動幅は +0.05kPa から -0.09kPa（水深換算で +5mm から -9mm）の範囲であることが確認されており、傾斜計のデータと同様に、生産期間中に沈下が生じていた場合でもその変化は小さいことが示唆されている（図 22）。モニタリング後に実施した圧力計の段階加圧試験結果からは、各々の圧力計単体での 99% 信頼区間は 0.02-0.08kPa と見積もられており、差分による推定方法での計測精度は 0.07-0.1kPa（水深換算で 7mm-1cm）程度と推定される（なお、現在、各圧力計のドリフト傾向を確認するために実施した一定加圧試験でのドリフトデータ等をもとに最終的な補正検討を進めている）。

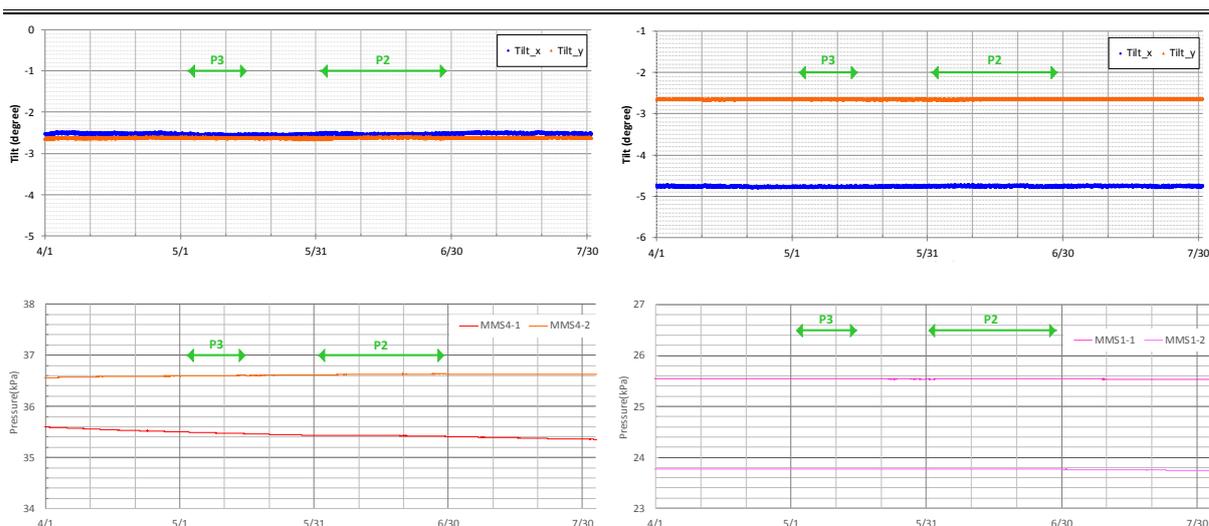


図 22 ガス生産実験前後の地層変形モニタリングのデータ例

(左段：MMS4 の傾斜（上図）と圧力（下図）、右段：MMS1 の傾斜（上図）と圧力（下図）)

地層変形に関するモニタリングでは、2 回の海洋産出試験での適用を通じて、圧力計の特性や適切な使用条件に関する知見を確認できており、これらの知見をもとに、ベースとなりうる計測手法としての適正化を進めている。

Ⅶ.3.2 在来型開発と共通する環境影響に係るデータ取得

Ⅶ.3.2.1 生産水の排出

生産水の排出については、在来型開発と共通する環境影響要因でもあるが、フェーズ 1 当初から、MH 開発で考慮すべき環境影響としても検討対象に掲げられており、その成分や排出方式次第では、周辺環境の変化要因となりうるものである。このため、海洋産出試験を実施するフェーズ 2-3 において、2 回の海洋産出試験のガス生産実験での実データ取得を目的とし、実際の生産水の成分を確認するとともに、生産水を排出した場合の周辺環境の変化を確認するための採水調査を実施した。なお、以降の環境調査については、(株)日本海洋生物研究所・オフショアオペレーション(株)共同企業体に委託して実施した。

(1) 第 1 回海洋産出試験での検討

事前ボーリング調査で得られた間隙水の成分及び第 1 回試験で想定される排出方式・排出量から、生産水の排出規模は小さいことが想定され、シミュレーション結果からもその拡散範囲は極めて限定的であることが示された。このため、採水調査地点として、排出箇所であるムーンプールと舷側の冷却水排出箇所の近傍 2 か所において排出前後にかけて採水を実施することとした（日常管理の生産水の分析についてはⅣ章参照のこと）。

日常管理のための生産水の分析結果から、塩分は周辺海水とほぼ同等の値であること、溶存メタンもデガッサーを介するため周辺海水とほぼ同等の濃度となること、一方で、アンモニア態窒素の濃度や COD（化学的酸素要求量）が相対的に高いこと、などが確認された（図 23）。

生産水は約 576m³/日の排出率で合計約 1 日間排出された。採水調査の結果から、濃度の変化が確認されたのは生産水排出中のムーンプールでの採水試料のアンモニア態窒素のみであり、その変化も小さく、生産水の拡散範囲は極めて限定的であることを示唆する結果が得られた。

第 1 回試験では小規模な排出を想定したため、リグ周辺での採水を実施していなかったことから、拡散範囲に係る実データとしては十分ではなかった。このため、第 2 回試験ではリグ周辺においても採水を実施するなどして、データの信頼性向上を図ることとした。

(2) 第 2 回海洋産出試験での検討

第 2 回試験では、データの信頼性向上の観点から、生産水排出前後の期間において、調査船によりリグ周辺で定期的に採水を実施した。生産水は約 580m³/日の排出率で合計約 1 日間排出された。

日常管理のための生産水の分析結果から、生産水の成分は概ね第 1 回試験と同様の傾向を示すことを確認した。なお、COD に関しては、グラベルパックフルイド等の流体を使用していなかったこともあり、第 1 回試験で生じた生産水と比較し低い値を示した (図 23)。

採水調査の結果から、自然変動と区別可能なレベルでの水質の変化はアンモニア態窒素のみで確認され、変化が確認された地点も排出箇所であるムーンプール内に留まり、リグ周辺の採水地点では変化は確認されなかったことから、試験規模での生産水の排出では、生産水の拡散範囲は排出箇所直近に留まることが明らかとなった (図 24)。

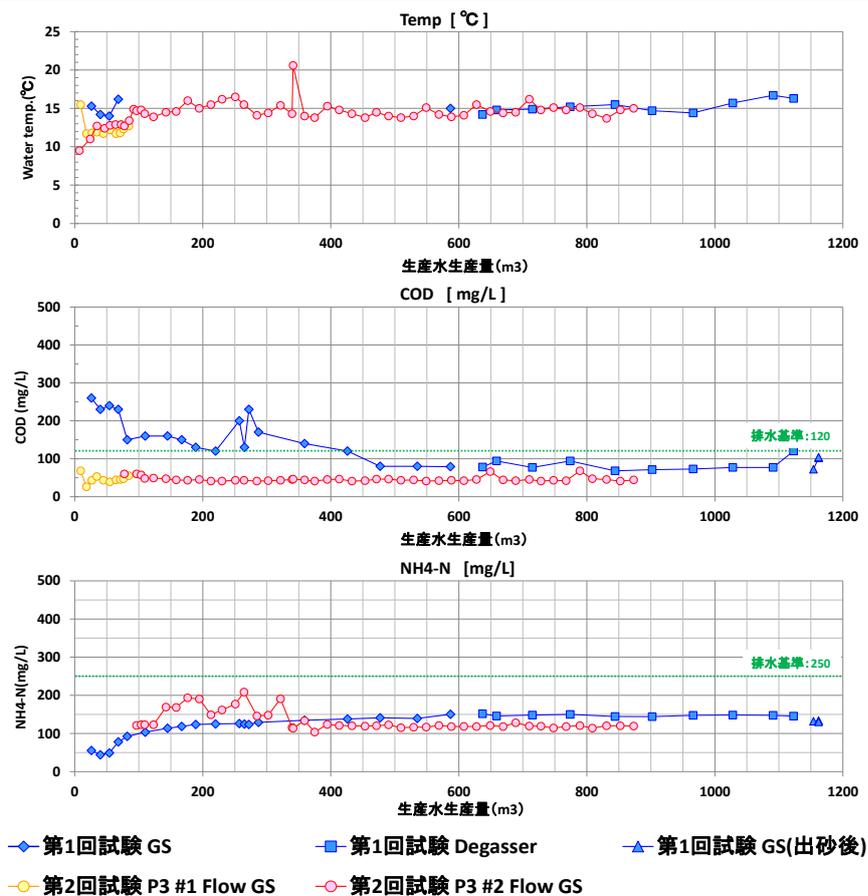


図 23 生産水の比較 (第 1 回及び第 2 回海洋産出試験)

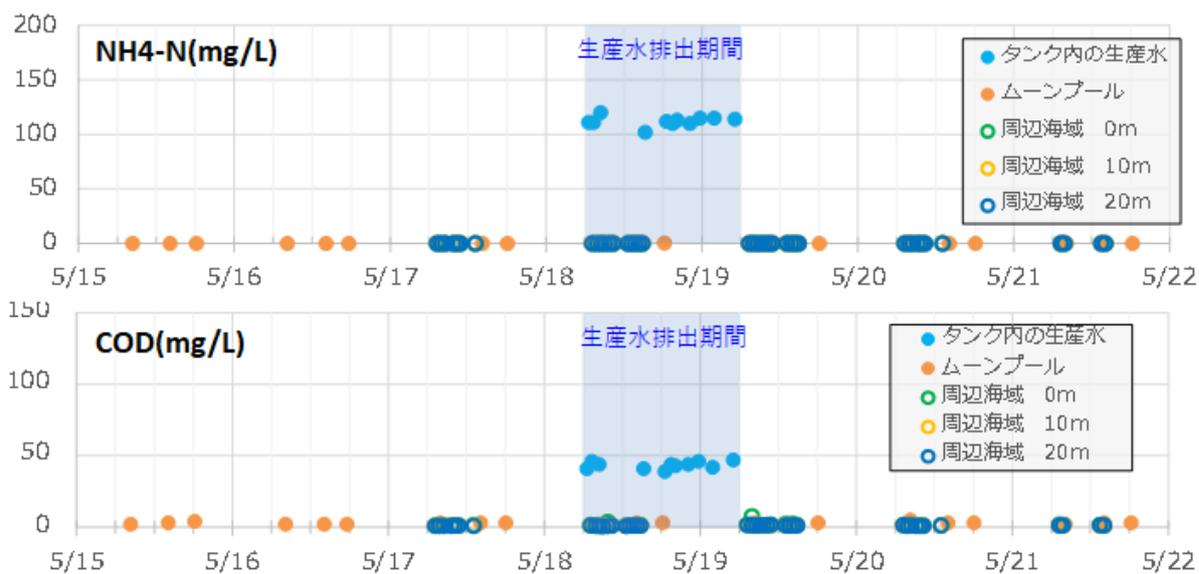


図 24 生産水の採水調査結果例

VII.3.2.2 カッティングス等の拡散・堆積

カッティングス等の拡散・堆積については、フェーズ1の段階では、MH開発で考慮すべき環境影響ではないため検討対象にはなっていなかったものの、その後、フェーズ2以降の海洋産出試験実施段階での見直しにより、在来型開発と共通する環境影響要因も検討することとしたため、主要な環境影響要因として掲げている。

(1) 第1回海洋産出試験での検討

第1回試験では、在来型開発での知見を参考とし、生産井直近の地点に加え、生産井から500m離れた地点を影響範囲と設定し、1km・2km離れた地点を影響の及ばないコントロール地点として設定した。各地点は、等深線に沿うライン上と等深線に直交するライン上に設定し、各方向に3地点設定している。調査対象となる堆積物深度については、底生生物の生息深度を考慮し、概ね海底面表面の20cm程度を対象とした。調査機材としては、未攪乱の堆積物試料を採取可能なマルチプルコアラー採泥器(MC)を用いている(図1)。調査項目としては、物理的性状として粒径分布など、化学成分としてバリウム、TOC(全有機炭素)、溶存メタンなど、生物要素としてバクテリアからマクロベントスまでを調査項目としている。

採泥調査については、事前掘削作業(2012年2-3月)とガス生産実験作業(2013年1-4月)の前後を中心に定期的実施している。

調査結果から、ライザーレス掘削に伴うカッティングス等の堆積や底生生物の減少は500m地点では確認されず、堆積範囲は極めて限定的であることが明らかとなった(図25)。

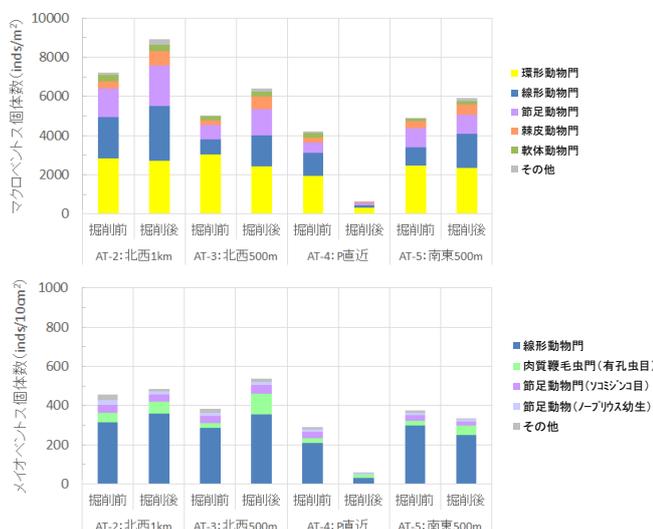


図 25 事前掘削作業前後の MC 採泥調査結果例

(上図：マクロベントスの平均個体数、下図：メイオベントスの平均個体数)

一方で、地点の不均質性に起因する自然状態での各成分の濃度の偏差が大きく、自然の変化と堆積による変化との識別が困難であることが確認されており、堆積による影響範囲の明確化に関しては、調査地点の選定や手法に課題が残る結果となった。

(2) 第2回海洋産出試験での検討

第1回試験で得られた課題をもとに、ROVによる詳細確認を実施することとした。合わせて、補完的な調査としてMC採泥による調査も実施している。ROV調査としては、堆積物性状やプッシュコアによる定位置での採泥を実施している(図1)。MC採泥では、過去に取得したサイドスキャンソナーで取得した海底堆積物性状データをもとに、比較的均質であることが想定される調査地点を選定するとともに、同一地点において複数回の採泥を実施することにより信頼性の向上を図っている。

調査結果から、ライザーレス掘削及び廃坑等でのセメンチングに伴い生じるカッティングス等の堆積範囲は坑井から300m程度の範囲に留まることが明らかとなった(図26)。

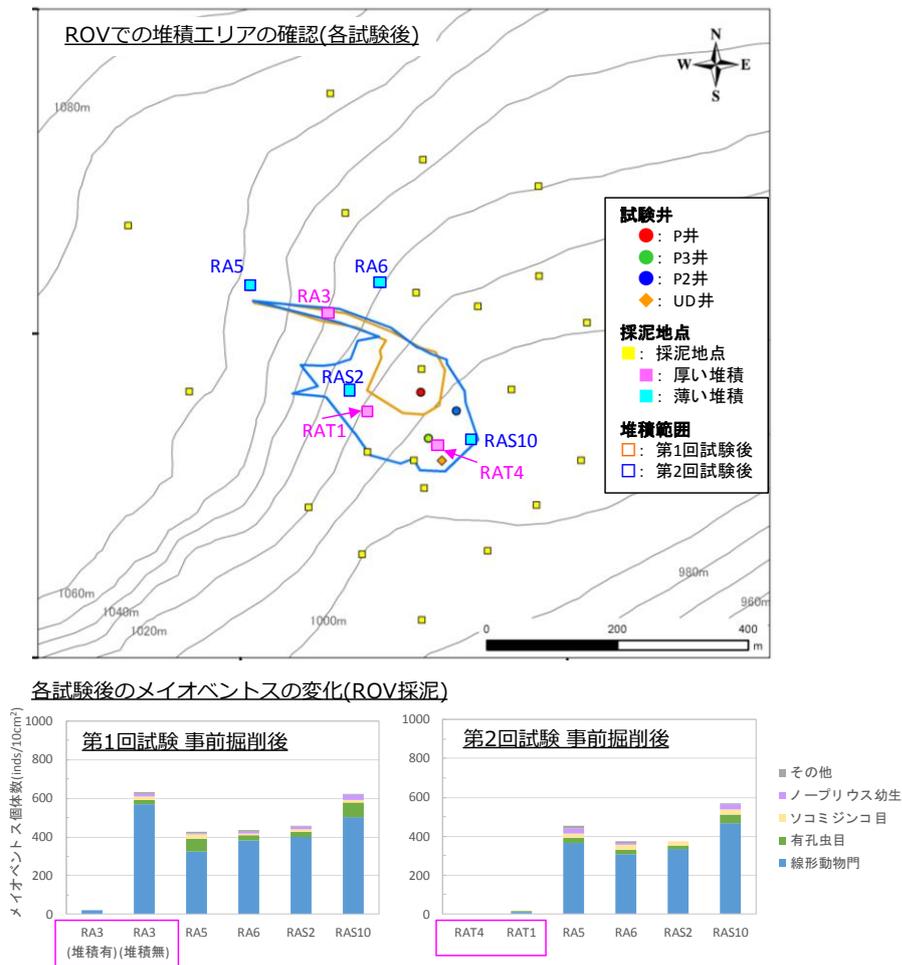


図26 事前掘削作業後のROV調査結果例

また、生物への影響として、カッティングス等の堆積による底生生物の減少が確認された。現在、減少の継続期間、すなわち回復にかかる期間の確認を進めているが、明瞭な回復傾向は確認されていない。この要因としては、掘削に起因する発生物の影響に加え、廃坑作業で生じる余剰のセメントの影響が加味されたものと想定されるため、各種の発生物(カッティングス・ベントナイト・バライト・セメント)に関する検討を進めている。

VII.4 まとめ

フェーズ2から3の期間においては、2回の海洋産出試験での検討機会を通じて、環境データの取得並びに影響の予測・評価を実施し、各手法の適正化を図った。予測・評価結果と取得した環境データは概ね同様の傾向を示しており、顕著な相違は確認されていないことから、これまでに適用した環境データの取得手法、影響予測手法及び評価手法については、第二渥美海丘近傍での試験規模のガス生産の影響評価に際しては、有効な手法であると考えられる。

しかしながら、これまでに取得した知見や検討を重ねた手法は、条件付きの基礎的なものであり、商業生産を想定した場合には、今後、実際の候補海域、生産方式や開発システムに合わせて、適正化を進める必要があるものと考えられる。

参考文献

- IPCC WG1 AR4 Report, 2007. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>Poojitha D. Yapa, Lalith K. Dasanayaka, Uditha C. Bandara and Kisaburo Nakata, 2010: A model to simulate the transport and fate of gas and hydrates released in deepwater, *Journal of Hydraulic Research.*, 48(5), pp. 559–572.
- Lieven Naudts, Jens Greinert, Jeffrey Poort, Joke Belza, Elke Vangampelaere, Dries Boone, Peter Linke, Jean-Pierre Henriot, Marc De Batist, 2010: Active venting sites on the gas-hydrate-bearing Hikurangi Margin, off New Zealand: Diffusive- versus bubble-released methane, 2010, *Marine Geology*, 272, pp.233-250.
- 平田敦洋・鋤崎俊二・鈴木信也・荒田直・中村直、2013 :海産生物に対するメタンの急性毒性評価、*海洋理工学会誌*、19(1)、5-13.
- 社団法人日本水産資源保護協会、2013: 水産用水基準 第7版 (2012年版)
- M.G.D. Smit, K.I.E. Holthaus, J.E. Tamis, R.G. Jak, C.C. Karman, G. Kjeilen-Eilertsen, H. Trannum, J. Neff, 2006: Threshold levels and risk functions for non-toxic sediment stressors: burial, grain size changes and hypoxia. Summary. ERMS Report no.9.
- Kisaburo NAKATA, Toshimasa DOI, Koichi TAGUCHI and Shigeaki AOKI, 2004: Characterization of Ocean Productivity Using a New Physical-Biological Coupled Ocean Model, *Global Environmental Change in the Ocean and on Land*, Eds., M. Shiyomi et al., pp. 1–44.