

2022年10月28日(金)

B会場

資源開発

[2B01-2B04] 資源開発（3）

座長:栗原 正典(早稲田大学)

09:00 ~ 10:00 B会場 (12C会議室)

[2B01] AI画像認識技術によるカッティングス記載自動化の試み

○水谷 雄太¹、原田 拓哉¹、南條 貴志²、石丸 卓也²、藤澤好民³、井上 翔太³、酒井 博隆³、渡辺 健太³（1. JX石油開発株式会社、2. 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、3. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社）

09:00 ~ 09:15

[2B02] 電磁探査における深層ニューラルネットワークを用いた逆解析の適用可能性

○上田 匠¹、西野 玉城¹、中西 賢吾¹（1. 早稲田大学）

09:15 ~ 09:30

[2B03] 頁岩層の不連続面分布を考慮した坑井安定性解析モデルの開発

○佐田 哲¹、古井 健二²（1. 早稲田大学大学院、2. 早稲田大学創造理工研究科）

09:30 ~ 09:45

[2B04] 環境社会管理の変遷及び資源開発事業者としての取り組み

井下 太貴¹、○安齋 竜平¹、木櫛 安哲¹（1. 株式会社INPEX）

09:45 ~ 10:00

資源開発

[2B05-2B09] 資源開発（4）

座長:鈴木 知行(JX石油開発(株))

10:15 ~ 11:30 B会場 (12C会議室)

[2B05] 原油エマルジョンの安定性に影響を与える温度と攪拌条件に関する研究

○ハオ シンチュアン¹、下河原 麻衣²、加藤 是威²、北村 龍太²、エラクネス ヨガラジャ¹（1. 北海道大学、2. 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

10:15 ~ 10:30

[2B06] 保管温度の変化に伴う無機粒子存在下における原油エマルジョンの生成と安定性

○服部 秋真¹、ハオ シンチュアン¹、加藤 是威²、下河原 麻衣²、北村 龍太²、エラクネス ヨガラジャ¹（1. 北海道大学、2. 石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

10:30 ~ 10:45

[2B07] LNG基地における工業用水で発生した微生物誘起腐

食事例と浸漬試験

○砂場 敏行¹、水上 裕貴¹、若井 暁³、宮野 泰征²（1. 株式会社INPEX、2. 秋田大学大学院、3. 海洋研究開発機構）

10:45 ~ 11:00

[2B08] INPEXにおける危機管理の取り組みについて

○諸江 功裕¹、寺西 孝裕¹、井上 正喜¹（1. 株式会社INPEX）

11:00 ~ 11:15

[2B09] 日本の石油開発産業史を考える

○伊原 賢¹（1. 石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

11:15 ~ 11:30

資源開発

[2B01-2B04] 資源開発（3）

座長:栗原 正典(早稲田大学)

2022年10月28日(金) 09:00 ~ 10:00 B会場 (12C会議室)

[2B01] AI画像認識技術によるカッティングス記載自動化の試み

○水谷 雄太¹、原田 拓哉¹、南條 貴志²、石丸 卓也²、藤澤 好民³、井上 翔太³、酒井 博隆³、渡辺 健太³
(1. JX石油開発株式会社、2. 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、3. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)

09:00 ~ 09:15

[2B02] 電磁探査における深層ニューラルネットワークを用いた逆解析の適用可能性

○上田 匠¹、西野 玉城¹、中西 賢吾¹ (1. 早稲田大学)

09:15 ~ 09:30

[2B03] 頁岩層の不連続面分布を考慮した坑井安定性解析モデルの開発

○佐田 哲¹、古井 健二² (1. 早稲田大学大学院、2. 早稲田大学創造理工研究科)

09:30 ~ 09:45

[2B04] 環境社会管理の変遷及び資源開発事業者としての取組み

井下 太貴¹、○安齋 竜平¹、木櫛 安哲¹ (1. 株式会社INPEX)

09:45 ~ 10:00

AI 画像認識技術によるカッティングス記載自動化の試み

(JX 石油開発*・JOGMEC**・CTC***) ○水谷^{みずたに} 雄太^{ゆうた}・原田^{はらだ} 拓哉^{たくや}・南條^{なんじょう} 貴志^{たかし}・
石丸^{いしまる} 卓也^{たくや}・藤澤^{ふじさわ} 好民^{よしみ}・井上^{いのうえ} 翔太^{しょうた}・酒井^{さかい} 博隆^{ひろたか}・渡辺^{わたなべ} 健太^{けんた}

1. 緒言

坑井現場では、掘削時の岩片（カッティングス）を顕微鏡で観察し、その特徴をレポートでまとめる「カッティングス記載」作業がある。凡例と見比べて記載内容を決めるが、技術者の目と感覚に依るところが大きく、レポート内容は属人的なものとなっている。また、技術者は非常に多忙であり、空き時間を見つけて本作業を進めているのが現状である。本発表では、上記二点の課題意識から、属人性の低減および作業効率化を目指し、画像認識技術によってカッティングス記載業務の自動化を試みた。

2. 手法

本検討では画像認識技術を適用するため、視覚から判断できるカッティングス記載項目の自動化を試みた。具体的には、カッティングスの顕微鏡画像を入力として、岩相（岩石種の割合）、色調（各岩石種の色）、粒度（砂岩粒子の大きさ）、淘汰度（粒度のそろい具合）、球形度（砂岩粒子の形状がどれだけ球形か）および円磨度（砂岩粒子の角がどれだけ丸まっているか）の6項目の自動評価を試みた。

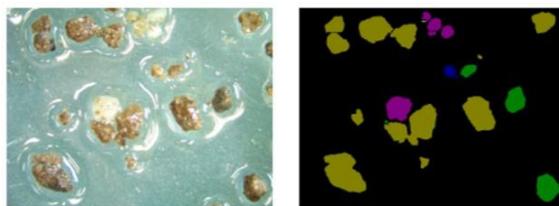
評価手順としては、まず、顕微鏡画像中の岩片、粒子の形状を高分解能に抽出し、どの岩石種に対応するかクラス分類する（図1）。今回は、セマンティックセグメンテーションと呼ばれる深層学習による画像認識技術を採用し、岩片の抽出およびクラス分類を行った。このクラス分類結果に対して、画像解析、統計処理等を適用すれば、上記6項目が評価できる。例えば、岩石種ごとに画像中に占める面積を算出し、その割合を計算すれば、その結果が岩相評価結果となる。

3. 成果と課題

前項のアルゴリズムをもとに、岩相評価など6項目を自動評価できるソフトウェアを開発した。ただし、本ソフトウェアを用いた岩相評価結果と実際のカッティングスレポートを比較すると、評価結果に乖離があった。その原因の一つとして、画像中の岩片を岩石種に応じてクラス分類する深層学習モデルに用いた教師データが挙げられる。本検討では、5名の技術者が教師データを作成したが、技術者間で評価が分かれる粒子もあり、データセットとして整合していない可能性が示唆された。

評価結果の精度に関する課題はあるが、本ツールの運用法としては、業務支援ツールとして活用することが一つ考えられる。具体的には、本ツールで簡易的に評価し、技術者がQCした上でレポートを作成するという作業フローである。当初課題であった業務効率化、属人性の低減につき、改善が期待できるだろう。

図1：（左）入力する顕微鏡画像、
（右）各粒子を岩石種に応じて分類した結果
黒：背景、紫：石英粒子、黄：砂岩、
緑：シルト岩



謝辞

本事業は JOGMEC「石油天然ガス開発事業におけるデジタル技術適用に関する研究支援事業」の補助を受け、実施いたしました。記して感謝申し上げます。

電磁探査における深層ニューラルネットワークを用いた逆解析の適用可能性

(早稲田大学 創造理工学部*) ○上田匠*, 西野玉城*, 中西賢吾*

1. 研究概要

空中電磁探査法 (Airborne EM: AEM) は、空中からヘリコプターなどを用いて、地下情報を含む電磁場を測定する電磁探査法である。通常、観測データに対して正規化非線形最小二乗法などの逆解析によって地下比抵抗構造を推定するが、データ数が多いため解析には時間を要し、また、悪条件問題のため初期モデル依存などの課題がある。本研究では深層学習の一種を用いた電磁探査の逆解析手法¹⁾を開発し、国内の地熱地帯における AEM 探査の解析に適用して評価を行った。

2. 観測データと深層学習による解析

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) による AEM データ¹⁾に対して、深層学習解析コード²⁾を開発して逆解析を実施した。電磁探査の観測データと飛行高度を未知数 (既知変数) とし、地下比抵抗値を目的変数 (未知変数) としたネットワークモデルを構築した。本研究ではネットワークモデルとして DNN と CNN を結合させたモデルを実装している。また、教師データとしては、乱数を用いて様々な比抵抗値の地下構造を 40000 データセット用意し AEM に対応した人口データを生成し学習に利用した。テストデータに対する損失関数が十分減少することを確認した上で、北海道登別地域で JOGMEC が取得した AEM データに対して逆解析を適用した。

3. 結果と考察

図 1 に、JOGMEC が取得した AEM データ (北海道・登別地域) に対する、本研究で開発した DNN+CNN 及び既存手法¹⁾の逆解析結果を示す。解析結果断面の下端 (黒点線) は電磁応答の浸透深度の目安とされる探査深度 (Depth of Investigation, DoI) である。

地表から 200m 程度までは 500 Ωm 以上の高比抵抗領域が広がり、その下部には 200 Ωm 程度の低比抵抗部が存在しているという構造が、DNN+CNN 及び既存手法のいずれでも同様の傾向として確認できる。DNN+CNN による解析は、学習時間を含めても既存の非線形最小二乗法よりも数 10~100 倍以上高速であり、初期モデルにも依存しない。よって、多量の観測データを扱う AEM の逆解析手法として有効であると考えられる。

謝辞

AEM データの利用と解析結果の発表を了承いただいた JOGMEC に御礼申し上げます。

- 1) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2017): 平成 28 年度「地熱資源ポテンシャル調査のための広域空中物理探査」業務報告書
- 2) 西野玉城・上田匠 (2021): 深層ニューラルネットワークを用いた周波数領域空中電磁探査データ逆解析の改良と実装, 公益社団法人物理探査学会学術講演会講演論文集, 145, 17-20.

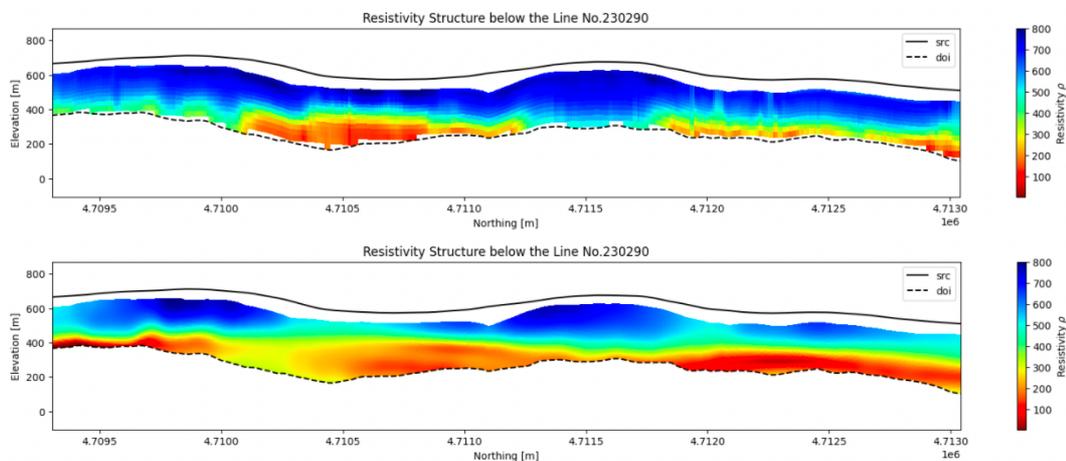


図 1 JOGMEC による AEM データに対する逆解析結果 (上) 開発した DNN+CNN (下) 既存の非線形最小二乗法

頁岩層の不連続面分布を考慮した坑井安定性解析モデルの開発

(早稲田大学*) ○佐田 哲*・古井 健二*

1. 緒言

頁岩層の掘削では、坑壁崩壊や逸泥などの掘削障害が数多く報告されており、頁岩に含有される節理や層理、き裂といった弱面の分布や力学的特性が坑壁安定性に大きな影響を与えることが指摘されている（山本,2000）。本研究では、層理面を有する岩盤についてクラックテンソル理論を用いて等価連続体へ置換し、有限要素法モデルによる坑井安定性解析を行い、様々な応力状態、クラックの走向・傾斜において、安全に掘削するための泥水比重条件について検討を行った。

2. 研究手法

2.1 クラックテンソル法を用いた三次元有限要素法モデル

Odaら（1984）は、力学的弱面が均質に分布する岩盤について、巨視的な応力とひずみの関係から、弱面を有する岩盤を等価な異方性弾性体として定式化するクラックテンソル法を提案した。

本研究では、クラックテンソルを導入した応力ひずみ関係式を汎用の有限要素法プログラムへ導入し、坑井周辺の応力や変位の計算と岩盤の破壊判定を行うモデルを開発した。き裂を含む岩石の一軸圧縮試験の解析解と比較することで、数値モデルの妥当性を確認した。

2.2 最適泥水圧の検討

貯留層内に、任意の方向の層理面が一様に分布し、解析領域の中心に坑井が位置すると仮定しモデルを設定した。岩石の基質部と層理面には、内部摩擦角やせん断強度などの破壊判定で使用される力学的パラメータを個別に設定し、坑壁の表面には泥水圧による荷重を負荷し、岩石の破壊を生じる最小泥水圧の大きさを算出した。また、弱面の傾斜を0～90度、走向を0～360度の間で変化させ、最小泥水圧がどのように変化するかについて考察した。

3. 結論および考察

層理面の傾斜を0～90度に変化させ、走向を0度に固定した場合の最小泥水圧を図1に示す。傾斜角が0～30度までは岩石の基質部で破壊を生じたため、最小泥水圧は一定の値となっている。層理面の傾斜角が40～90度のケースでは、傾斜が大きくなるにつれて層理面で破壊が起こりやすくなり、最小泥水圧の値が大きくなることが分かった。一軸圧縮試験の解析解では、軸荷重方向に対してき裂の傾斜角が60度付近のとき、破壊に必要な軸荷重の値が最小となることが知られている。しかし、坑壁の安定性解析においては、坑壁周辺の応力集中の影響で岩石破壊が発生する場所が層理面の走行や傾斜で複雑に変化するため、傾斜角が大きくなるにつれて、坑壁の安定性が低下する結果となった。これらの結果より、層理面の傾斜・走向は坑井周辺の岩石の安定性に大きな影響を与えることと、地圧の大きさや層理面の幾何学的特性の組み合わせで最適な泥水圧が変化することが示唆された。

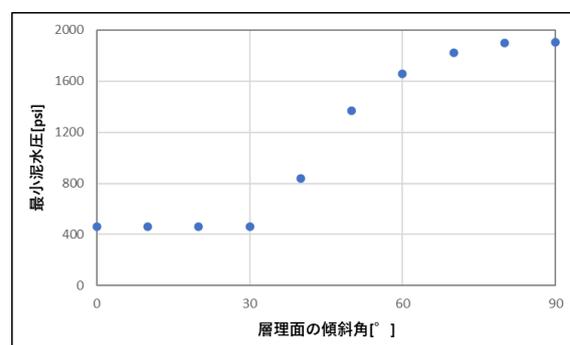


図1 層理面の傾斜角と最小泥水圧の関係

- 1) 山本晃司、2000、石油開発における孔壁不安定に対する取り組み、石油技術協会誌。
- 2) Masanobu Oda, 1984, Similarity rule of crack geometry in statistically homogeneous rock masses, Mechanics of Materials 3.

環境社会管理の変遷及び 資源開発事業者としての取組み

(株式会社 INPEX)○安齋 竜平・井下 太貴・木村 安哲

1. はじめに

環境問題は、産業革命以降の経済や社会の急速な発展に伴う局所的な環境汚染から、酸性雨、熱帯雨林減少、気候変動、海洋汚染といった地球規模の環境問題へと変遷している。これに伴い、環境政策も、特定の排出源に対して排出基準を定めて遵守を義務付ける直接規制的手法から、事業者の自主的取組みを推進する施策手法に変遷している。特に、地球規模の環境問題への対応においては、事業者による自主的取組みが重要な要素と認識されており、昨今のSDGs、ESG投資、TCFDやTNFD等の非財務情報開示の潮流を生み出していると言える。

係る状況下、石油・天然ガス開発事業者としての環境社会管理の取組みについて紹介する。

2. コーポレートにおける環境社会管理

当社では、環境安全方針を上位文書とするHSEマネジメントシステム（以下、HSE MS）を構築している。コーポレートにおける環境社会管理については、このHSE MSの下、方針に基づいたコーポレート環境目標を設定し、この目標達成のためのコーポレート環境管理計画を策定し、実行することで全社的な環境社会管理を推進している。

当社は、日本、オーストラリア、インドネシア、UAE、米国でオペレータ事業を展開しており、事業のフェーズ、立地環境、適用される環境法規制も異なる。したがって、各事業拠点で特定された環境リスクと共に、当社における全社的な環境に関する重要課題（マテリアリティ）を勘案の上、各事業拠点の環境担当と密に協議・連携し、全社的な目標や計画を策定し、実行している。

3. プロジェクトにおける環境社会管理

当社の各プロジェクトでは、コーポレートのHSE MSの要求事項に従う形でプロジェクトのHSE MSを構築し、これを運用している。HSE MSの構成要

素のうち、リスク管理はプロジェクトのHSEを推進する上で重要な要素であり、環境社会管理においても同様である。

プロジェクトにおける環境社会のリスク管理手法としては、ENVID（Environmental Impact / Risk Identification）や環境社会影響評価（以下、ESIA）がある。特に、新規開発プロジェクトでは、ESIAの実施を求められるが、当社では、事業実施国におけるESIA法制度の要求事項のみならず、当社が自主基準としているIFC Performance Standardsの要求事項も考慮したESIAを実施し、本影響評価結果に基づき、環境面や社会面の管理計画、並びにモニタリング計画を策定、実行している。

上述のとおり、当社は、日本国内のみならず、海外においてもオペレータ事業を展開しているが、海外においては、従来からの大気、水質、騒音、廃棄物等の環境面に関する管理だけでなく、生態系や生物多様性、さらに、場合によっては少数民族等についても十分な配慮が必要となる。

また、既存プロジェクトにおいても、操業に伴う環境リスクを定期的に特定、分析及び評価し、対応状況をレビューしており、これら一連の活動を管理計画に含めて管理している。

4. 地球環境課題への対応を見据えた管理へ

上述のとおり、当社では、事業活動に伴う環境面や社会面への負の影響の回避・低減に努めてきているが、今後は、ミティゲーションヒエラルキーに基づき、正の影響（ポジティブインパクト）の創出にも注力していく必要があると考えている。また、気候変動、生物多様性、水リスク等の地球環境課題に適切に対応するために、当社事業における「リスクと機会」を特定し、全社的な取組みを推進することで、資源開発事業者として、持続可能な開発に資することを目的としている。

資源開発

[2B05-2B09] 資源開発（4）

座長:鈴木 知行(JX石油開発(株))

2022年10月28日(金) 10:15 ~ 11:30 B会場 (12C会議室)

[2B05] 原油エマルジョンの安定性に影響を与える温度と攪拌条件に関する研究

○ハオ シンチュアン¹、下河原 麻衣²、加藤 是威²、北村 龍太²、エラクネス ヨガラジャ¹（1. 北海道大学、2. 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

10:15 ~ 10:30

[2B06] 保管温度の変化に伴う無機粒子存在下における原油エマルジョンの生成と安定性

○服部 秋真¹、ハオ シンチュアン¹、加藤 是威²、下河原 麻衣²、北村 龍太²、エラクネス ヨガラジャ¹（1. 北海道大学、2. 石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

10:30 ~ 10:45

[2B07] LNG基地における工業用水で発生した微生物誘起腐食事例と浸漬試験

○砂場 敏行¹、水上 裕貴¹、若井 暁³、宮野 泰征²（1. 株式会社INPEX、2. 秋田大学大学院、3. 海洋研究開発機構）

10:45 ~ 11:00

[2B08] INPEXにおける危機管理の取り組みについて

○諸江 功裕¹、寺西 孝裕¹、井上 正喜¹（1. 株式会社 INPEX）

11:00 ~ 11:15

[2B09] 日本の石油開発産業史を考える

○伊原 賢¹（1. 石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

11:15 ~ 11:30

A quantitative approach to evaluate the effect of temperature and homogenizing conditions on crude oil emulsion stability

(Hokkaido University* · JOGMEC**) ○Xingjuan Hao* · Mai Shimokawara** ·

Yoshitake Kato** · Ryuta Kitamura** · Yogarajah Elakneswaran*

1. Introduction

Water-in-oil (W/O) emulsion is highly undesirable in petroleum industry as it can cause pressure drop, pump malfunctions, enhanced corrosion of processing equipment, production capacity decrease, overused consumption of transportation energy, and cleanup difficulties. Many studies were carried out to analyze factors affecting crude oil emulsion stability. However, most studies were limited to ideal model oil. Few studies have evaluated emulsion stability quantitatively as well. There is still a lack of understanding on crude oil emulsion stability and influencing factors. In this study, the effect of temperature and homogenizing conditions on emulsion stability was quantitatively evaluated for different kinds of crude oils.

2. Experimental

Four types of crude oils (Oil A, Oil B, Oil C, and Oil D) with different properties and de-ionized (DI) water were used. Crude oil emulsion was prepared at oil volume ratio of 10%. The emulsion was formed by homogenizing crude oil with DI water under different conditions including temperature, homogenizing speed, and homogenization time. Thereafter, the samples were allowed to rest at the corresponding temperature for 24 h, and then the resolved water was separated by centrifugation at the speed of 10,000 rpm for 5 minutes. The volume of resolved water was measured for evaluating emulsion stability quantitatively. Moreover, the W/O emulsions obtained after centrifugation were observed by microscopy.

3. Results and Discussion

The stability of crude oil emulsion was significantly

affected by temperature and homogenizing conditions, which can cause the amount of resolved water in oil emulsion systems (Fig.1.). It means that the lower percentage of Resolved water indicates the higher crude oil emulsion stability. With increasing the temperature (20°C~50°C), the stability of emulsion formed by different oils changed in different trends, which was considered due to the changes of interfacial tension and crude oil viscosity. The interfacial tension changes mainly depend on crude oil properties, especially total acid number (TAN) and total base number (TBN). It should be noted that increasing homogenizing speed produced more external energy for emulsion formation and consequently its stability. Fig. 2 shows Oil A W/O emulsions formed at different homogenizing speeds. Higher external energy contributed to more emulsion particles formed and stabilized.

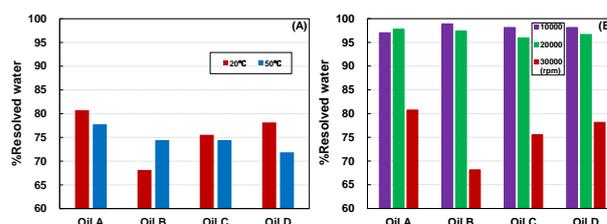


Fig.1. Variation of %Resolved water in different systems with condition changes. (A) temperature; (B) homogenizing speed

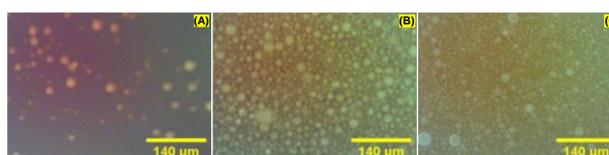


Fig.2. Micrographs of W/O emulsion obtained after centrifugation formed by Oil A at different homogenizing speeds. (A) 10,000 rpm; (B) 20,000rpm; (C) 30,000 rpm

保管温度の変化に伴う無機粒子の存在下における
原油エマルジョンの生成と安定性

(北海道大学*・JOGMEC**) ○服部秋真*・Xingjuan. Hao*

加藤是威**・下河原麻衣**・北村龍太**・Yogarajah. Elakneswaran*

1. 緒言

日本では安定供給を目的とした国家による原油備蓄が行われている。そんな原油備蓄における課題の一つに原油-水系エマルジョンの生成がある。この現象はタンク内に洗浄水が混入することや移送時に原油が攪拌されること等を原因としており、備蓄原油の有効体積の低下、圧力変化等による設備損傷の一因となる。これらへの対策のためエマルジョン生成に関わる因子の理解が必要である。エマルジョンは pH、イオン強度、温度など様々な要因に左右されることが報告されており¹⁾、岩石鉱物由来等の無機粒子の存在がエマルジョンの安定化に大きな役割を果たすことも知られている。本研究では無機粒子の存在に着目し、粒子が原油表面に吸着することによって、エマルジョンに与える影響を評価した。

2. 実験

2.1 試料

本研究では原油と溶液の体積割合を 1:9 として作成したエマルジョンを使用した。無機粒子として Kaolinite と Calcite の 2 種類を用いた。

2.2 実験方法

作成したエマルジョンを対象に遠心分離試験を行うことにより、エマルジョン層の高さ及び分離水の体積を評価した。エマルジョン生成後の温度条件の変更(20°C, 50°C)、無機粒子(Kaolinite, Calcite)の添加による計 4 種類のエマルジョン生成量の時間経過に伴う変化を調査した。さらにこれら実験結果をもとに、分散層の凝集速度定数 k を導入し、エマルジョン層の時間変化のモデリングを行った。

2.3 モデル概要

提案されているエマルジョン層に含まれる分散相である溶液の流出に注目した下記の微分方程式²⁾を本実験の条件へ適応させ、モデリングを行った。

$$\frac{dM_w}{dt} = m_{w,out}$$

$$m_{w,out} = kAh\phi(t)\rho \cdots (*)$$

M_w : 時間 t でのエマルジョン層中の分散水質量

$m_{w,out}$: エマルジョン層から排出される水の質量流量

k : エマルジョン層中の溶液の凝集速度定数

A : エマルジョン層の断面積

h : エマルジョン層の高さ

ϕ : エマルジョン層中の含水率

ρ : 溶液の密度

上式を解き、 $t=0$ における高さを 1 とした時間 t におけるエマルジョン層の無次元高さを算出した。

3. 実験結果及び考察

各時点におけるエマルジョン層の高さについて実験値とモデルによる計算値を Figure1 に示す。エマルジョン生成後間もない時点ではモデルと実験値の乖離が大きくなっている。本モデルではエマルジョン層の崩壊のみに注目した方程式を用いたが、早期段階ではエマルジョンの崩壊と追加生成が並行して生じているためにこの乖離が生まれたと考えられ、モデルの改良が必要である。定数 k を除く変数はすべて実験値であり、それらの値を基に、フィッティングによって凝集速度定数を決定している。この定数は Figure1 においてモデルの傾きを決定する大きな要因である。また式(*)よりこの値が大きいかほどエマルジョンの脆弱性が高いことが示唆される。したがって凝集速度定数の増加を伴う、つまりグラフの傾きが大きくなる温度上昇及び、Kaolinite の添加はそれぞれ原油の粘性の低下、分散層の凝集促進により、エマルジョンの不安定化に寄与していると考察した。対して正の表面電荷を持つ Calcite の添加は原油-水界面への吸着により、エマルジョンを安定化させる要因になると結論付けた。

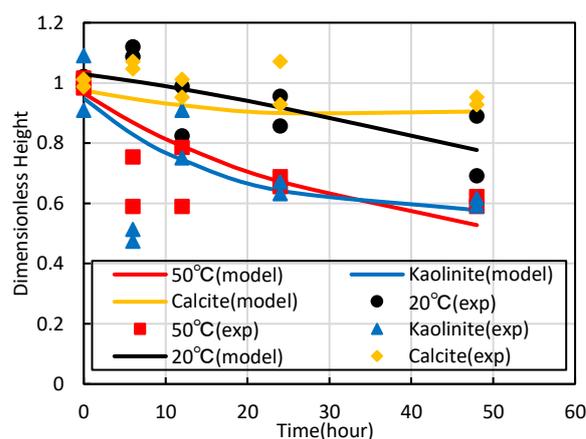


Figure1. 時間経過によるエマルジョン生成量の変化

- 1) A. Sadia et al. 石油技術協会誌, 86, 423-424 (2021)
- 2) Michaela K. McGurn, et al. The Canadian journal of chemical engineering (2017)

LNG 基地における工業用水で発生した微生物誘起腐食事例と浸漬試験

(INPEX*, 秋田大**, JAMSTEC***) ○^{すなばとしゆき}砂場敏行*, ^{みずかみひろたか}水上裕貴*, ^{みやのやすゆき}宮野泰征**, ^{わかいさとし}若井暁***

1. 緒言

LNG 受入れ基地の工業用水設備系において、炭素鋼やステンレス鋼に腐食が発生した。腐食が発生した環境条件や腐食の形態から MIC(微生物誘起腐食)と推定された。本発表では、腐食事例と実機で行った浸漬試験を報告する。

2. 腐食事例

Fig. 1 に示す SUS403(16Cr-0Ni)製の弁体と鋳鉄(FCD-S)製の弁箱で構成された逆止弁では、SUS403 ではすき間腐食が、FCD-S に局部及び全面腐食が発生した。その他、炭素鋼製熱交換器では局部腐食が、ステンレス製熱交換器ではすき間腐食が生じた。



Fig.1 逆止弁腐食状況(左: SUS403, 右: FCD-S)

工業用水は河川水由来で、塩化物イオン 30 ppm, pH7.4, 導電率 20 mS/m と一般的な工業用水の基準を満たした淡水であり、ステンレス系材料では腐食が生じないマイルドな環境である。しかし、工業用水系の設備は 40 °C程度で微生物が繁殖しやすい温度域であった。そこで、工業用水系の腐食模擬と腐食機構の解析を目的とした現場での長期浸漬試験を行った。

3. 浸漬試験

試験材として FCD-S, 亜鉛メッキ鋼板, SS400, SUS(403, 304, 316)を用いた。試験片は板状(20×50 mm)とし 600 番まで湿式研磨した。試験片は工業用水の受水ピット水面より 1.5 m 以深に浸漬した。また、一部材料においては腐食電位測定も実施した。浸漬後 1, 3, 6, 14, 22 ヶ月経過後に試験片を回収, ASTM G1-03 に準拠し腐食生成物を除去し, 重量測定および表面観察を実施した。また、別途試験片表面に付着した微生物を回

収し DNA を指標とした群集構造解析を行った。

4. 浸漬試験結果及び考察

浸漬期間 22 ヶ月での腐食速度は、FCD-S および SS400 とともに全面腐食速度が 0.1 mm/y 強であり、特段高い値とはならなかった。また SUS403 では Fig. 2 および 3 に示す激しい局部腐食が認められており、実機での腐食が再現された。孔食内部の腐食形態は一様ではなく、異なる腐食形態が観察された。これら腐食形態の違いが微生物による腐食かは特定できなかったが、孔食内部における硫黄(S)の濃縮が EPMA 分析より確認されたことから SRB(硫酸塩還元菌)等の微生物が関与したと推察される。

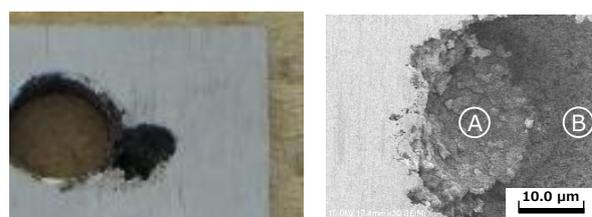


Fig. 2 浸漬 6 ヶ月後の SUS403 表面と SEM 像

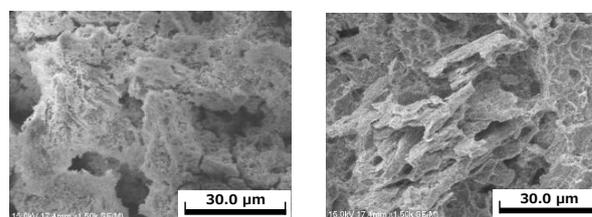


Fig. 3 局部腐食内部の SEM 像(左: ①, 右: ②)

FCD-S や SS400 の微生物群集構造解析から、鉄酸化能を持つ *Dechloromonas* 属細菌が環境水より多く検出された。また、局部腐食した SUS403 と目立った腐食が無かった SUS304 とでは異なる微生物群集構造が確認された。

5. まとめ

- 実機プラントの工業用水に炭素鋼およびステンレス鋼の長期浸漬試験を実施し、実際の MIC を再現された。
- SUS403 の孔食内部では SRB 等によると推定される硫黄の濃縮と SUS304 と異なる群集構造が確認された。

INPEX における危機管理の取り組みについて

（株式会社 INPEX HSE ユニット）○諸江功裕・寺西孝裕・井上正喜

1. はじめに

株式会社 INPEX は、エネルギーの開発・生産・供給を持続的な形で実現するため、豪州やアブダビ、新潟など世界 20 数か国で探鉱・開発・生産プロジェクト等各種事業を展開している。近年の気候変動問題や低炭素社会への移行という経済社会の大きな変化の波が押し寄せる中、業務の中核であった石油・天然ガス上流事業に加えて CC(U)S や水素等新たな事業分野に取り組んでいる。この中でも、引き続き事業の安全確保及び環境保全が最優先との姿勢のもと、全社一丸となって HSE の取り組みに取り組んでいる。本発表では、安全確保及び環境保全を達成するため当社がどのように危機管理に取り組んでいるか紹介する。

2. 石油業界の危機管理の取り組み

2010 年のメキシコ湾原油流出事故を契機として、業界団体の IPIECA と IOGP は、業界 19 社協力のもと Joint Industry Program を立ち上げた。当社も参画したこの取り組みの中では、事故の教訓を踏まえて再発防止や効果的な対応の知見が整理され、Good Practice Guidelines や Technical Reports が発行された。特に緊急時対応の枠組みについては、米国由来の緊急時対応の仕組みである Incident Command System (ICS) が事故対応上非常に有効に機能したことを受け、業界標準として、各社が ICS を踏まえた緊急時対応の仕組みを導入することが推奨された。

3. INPEX の危機管理体制

上記で紹介した国際的な取り組みを踏まえ、当社でも ICS を取り入れた危機管理体制を準備している。当社では HSE マネジメントシステムを整備して Health、Safety 及び Environment に関して各事業体を管理している。危機管理も HSE が所掌しており、「緊急時対応要領」という文書を整備して各事業体が

取り組むべき要求事項を取りまとめている。各事業所はその要求事項に基づき、事業所の特性に応じた緊急時対応文書を整備している。当社危機管理の代表的な特徴として①Tiered Response、また上記②ICS によるオールハザードアプローチが挙げられるため、特にこれらの内容について紹介する。また各種緊急時対応文書の策定や定期的な訓練の実施、COVID-19 対応や 2019 年の台風 19 号といった当社における取り組み・実対応についても、その内容を紹介する。

4. 新たな脅威への備えの強化

2021 年に米コロニアルパイプラインがサイバー攻撃を受けて操業が停止したように、サイバー空間からの攻撃による操業停止については、エネルギー業界もその標的の一つとなっている。当社ではこうした事象を危機管理上の新たな脅威と捉えて万が一の備えを強化しており、こうした取り組みについて内容を紹介する。

当社ではエネルギーの安定供給という社会的使命を果たすため、引き続き危機管理の強化についても積極的に取り組んでいく。（了）

2B09 日本の石油開発産業史を考える

Considering history of Japan's oil development industry

（石油天然ガス・金属鉱物資源機構）○伊原 賢（いはら まさる）

日本書紀に「天智7年(668年)、越の国(現在の新潟県)からもえる水・もえる土が近江大津宮に献上された」とある。その後、石油が実際に燃料やエネルギー源として認識され、活用され始めたのは、19世紀後半以降となる。電灯が普及する20世紀初頭ころには、製造産業の工業化が進み、エネルギー源が石炭利用の蒸気機関から石油を燃料とする内燃機関に転換し、石油の需要が飛躍的に増え始めた。石油の重要性が認識され始めたのである。

我が国の近代的石油開発の黎明期は、以下にまとめられよう。

◆1871年：石坂周三が「長野石炭油会社」を設立。米国から綱式掘削機を2基購入し、1873年、日本で最初の石油掘削を長野善光寺の北方にて実施、結果は不成功。

◆1872年：明治政府の大鳥圭介が米国石油産業を視察。

◆1876年：ライマン(B. S. Lyman)による日本国内の油田調査の開始。

◆1888年：日本石油設立。

◆1891年：日本石油が、新潟県尼瀬海岸にて綱式機械掘りにより出油し、日本における近代石油産業の誕生。

第1次世界大戦では、飛行機、戦車の登場、戦艦(蒸気機関から内燃機関)の登場により、石油はますます必要不可欠な戦略物資となった。そして、第2次世界大戦になると、戦略物資となった石油が戦争のきっかけの一つともなったのである。

第二次世界大戦後の石油産業では、南方へ動員された石油技術者の帰国、と米軍占領時代(1945年～1952年)に占領軍司令部(GHQ)の天然資源局(NRS)による指導が特筆される。

1955年以降の展開に目を移すと、同年、石油及び可燃性天然ガス資源開発促進委員会(PEAC)による「石油資源総合開発に関する答申」に基づく「国内石油及び可燃性天然ガス開発5ヵ年計画」が開始され、1958年にアラビア石油、1961年に石油鉱業連盟が設立された。

先人の努力の賜物となる日本の主な油・ガス田を示す。



1970年代に入ると、日本企業の海外の油・ガス田開発は東南アジアや中東を中心に展開した。著者は1995年から1999年にかけて、UAEのザクム油田で洋上現場作業や油層シミュレーションを通じた油層管理に従事した。毎月、油層毎の残存可採埋蔵量の計算・調整に産油国の意向を受け、細心の注意を払っていた。石油人としてモチベーションがかなり高かったことが思い出される。

第2次世界大戦後の石油産業は、中東の時代、産油国による石油ショック、21世紀を迎え新たな資源ナショナリズムの台頭、エネルギー安全保障の必要性和、相変わらず石油は国際政治の中心となった。

脱炭素化社会への移行が叫ばれる現在においても、一次エネルギーとしての化石燃料資源の存在なくして経済活動を語ることはできなるとすれば、新しい油ガス田の発見のため、また、隠れた埋蔵量の発見のため、そして油ガス田の性状の正しい理解のために、新しい技術の適用だけにとどまらず、さまざまな方向から問題を解き明かす努力が今後必要だろう。一方2021年後半から化石燃料をめぐる需給のミスマッチが、石油や天然ガス、石炭の同時多発的な価格上昇を引き起こした。世界では脱炭素時代、エネルギー転換に係る争奪戦は続くのだろう。「石油の世紀」とも呼ばれた20世紀からエネルギーの円滑な主役交代を乗り切る広角で着実な戦略は本当に描けるのだろうか。

