

## 化石燃料の環境への影響

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-07-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 青木, 伸輔 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10291/20277">http://hdl.handle.net/10291/20277</a>

## 「博士学位請求論文」審査報告書

審査委員 (主査) 農学部 専任教授

氏名 登尾 浩助 ⑩

(副査) 農学部 専任准教授

氏名 小島 信彦 ⑩

(副査) 農学部 専任講師

氏名 矢崎 友嗣 ⑩

(副査) 研究・知財戦略機構 特任教授

氏名 松本 良 ⑩

(副査) 岐阜大学工学部 助教

氏名 小島 悠揮 ⑩

1 論文提出者 青木 伸輔

2 論文題名 化石燃料の環境への影響

(英文題) Influences of Fossil Fuels to Environments

### 3 論文の構成

第1章 序章

第2章 サーモ TDR プローブを用いた不飽和土壌中の体積含油率推定

第3章 表層型ガスハイドレート賦存域における海底表層堆積物の土質特性

第4章 海底からの気泡噴出の大气への影響

第5章 結論

本論文は以上の5章から構成されている。

### 4 論文の概要

近年の国際的な目標に SDGs (Sustainable Development Goals)が採択されたことから、人類の存続には全地球的に持続可能なエネルギー供給と環境保全の両立が喫緊の課題である

ことが明らかである。エネルギーとしての化石燃料の供給源は、従来型の油田から頁岩油 (shale oil) や砂油 (oil sand) に移行しつつある。また、新たな化石燃料源としてメタンハイドレートが注目を浴びてきている。化石燃料の環境への影響を考える上で現在最も懸念されるのは、石油備蓄槽から漏洩した石油類が土壌を通して地下水を汚染することである。地下水に石油類が到達すると広範囲な汚染の原因となり、修復には多大な経費と年月がかかる。従来型のエネルギー源である石油類の枯渇を遅らせるために、我が国では日本列島周辺海域で発見されているメタンハイドレートの開発が求められている。近年、太平洋側海底で発見された海底砂層深くに存在するメタンハイドレートではなく、海底表層付近に存在するメタンハイドレートの発見が日本海側海底で相次いでいる。本研究は、石油類による地下水汚染防止のための検知法の開発、将来のメタンハイドレート掘削に向けたガスプルーム近傍の地盤強度評価、そして、メタンハイドレート近傍に度々発見されるガスプルームの環境への影響について調査船による調査航海を通して実験的に検討した。

第1章では、研究の背景となる、石油類による地下水汚染、メタンハイドレートの形成に関わる要因の解説、そしてメタンハイドレートからのメタンガスの大気への放出の可能性について言及した。

第2章では、不飽和土壌中における軽油濃度測定を可能にするために新たに開発した測定法を評価した。石油類による地下水汚染を未然に防止するためには、地下水に到達する以前の不飽和土壌中において、石油類の漏洩を検知することが必要である。地下水中の石油類汚染を検知する方法は様々開発されており、非破壊で経時的に測定可能な時間領域反射 (time domain reflectometry, TDR) 法が注目されているが、非破壊で経時的に不飽和土壌の石油類を検知する方法は現在のところ開発されていない。TDR 法は電磁波の伝播速度を使って比誘電率 ( $\epsilon$ ) を測定するので、軽油 ( $\epsilon=2.1$ ) と水 ( $\epsilon=80$ ) の比誘電率が大きく異なることを利用して軽油量を推定可能であるが、不飽和土壌では土壌空気 ( $\epsilon=1$ ) に比誘電率が軽油と近いために軽油量の推定が不可能となる。この問題を解決するためには、もう一つ別の物理量の測定が必要となる。例えば、体積熱容量 ( $c$ ) に着目すると軽油 ( $c=1.62 \text{ MJ/m}^3/\text{K}$ )、水 ( $c=4.18 \text{ MJ/m}^3/\text{K}$ )、土壌空気 ( $c=1.3 \text{ kJ/m}^3/\text{K}$ ) とそれぞれの値が異なるので、 $\epsilon$  と  $c$  の両方を同時に測定可能なサーモ TDR 法を使えば軽油量を測定できるのではないかと考えた。直径 0.037-0.063mm のガラスビーズ、豊浦砂、関東ロームに軽油と水を様々な割合で加えて混合した後、サーモ TDR 法で体積熱容量と比誘電率を測定し、混合した既知の水分量と軽油量との関係を比誘電率に関しては3種類の式、体積熱容量に関しては1つの式を使って評価した。様々な式の組み合わせによって推定した軽油量の評価を行った結果、ガラスビーズと関東ロームについてはログリズム式を、豊浦砂については Topp 式を使った場合に最も推定誤差が小さくなったと報告し、将来はサーモ TDR 法による不飽和土壌中の石油量の推定を現場へ適用できるだろう結論づけた。

第3章では、表層型ガスハイドレート賦存域における海底表層付近の堆積物の力学的強度が変動する要因について検討した。日本海東縁部の2つの海域 (上越沖と秋田・山形沖) で海底下数 m の柱状堆積物を採取し、物理・力学試験および堆積物間隙水の地化学分析を行った結果、以下の3点が示唆された。(1) ガスプルームが形成された海域の堆積物中の流体の移動現象は、堆積物中の微細構造を破壊するので強度の低下を引き起こす。

(2) 堆積速度の遅い堆積物コアが、堆積速度が速い堆積物コアのせん断強度よりもわずかに大きくなったのは、堆積速度が速いと堆積物中の間隙水の移動に時間がかかるため、圧密に時間を要するためである。(3) 間隙水溶存ガス濃度と堆積物強度の比較から、上越沖海域ではガスプルームによる原位置での強度低下が起きている。将来、メタンハイドレート掘削のための大型構造物を建設する際には、ガスプルームが形成されている場合には地盤強度が低下しているので注意が必要であることを明らかにした。

第4章では、洋上での大気・溶存CH<sub>4</sub>の連続測定とガスプルーム位置の観測から、海底から噴出するCH<sub>4</sub>の大気濃度への影響について海洋調査船「第七開洋丸」を使って広域海洋・地質調査を実施した結果を記述した。調査対象海域は、隠岐、富山湾沖、最上トラフ、奥尻・西津軽、日高沖、十勝沖、網走沖であった。この調査によって、日本海東縁部と北海道周辺海域のガスチムニー構造を評価したばかりでなく、ガスプルームの存在も多数確認した。大気CH<sub>4</sub>濃度と海水溶存CH<sub>4</sub>濃度の経時変化は一致する傾向にあり、高濃度のときに同位体比が小さくなることを確認した。一部のガスプルームサイトではガスプルーム観測地点の近傍で高い大気CH<sub>4</sub>濃度を観測した。この高い濃度の大気CH<sub>4</sub>は海洋由来であることが炭素安定同位体比を使ったキーリングプロットから示唆され、海底から噴出するCH<sub>4</sub>が大気に寄与した可能性を示した。既往の研究では水深の浅い海域(100–200 m)のCH<sub>4</sub>湧出のみが大気濃度に寄与すると考えられていたが、水温の低い日本海では350–400 m程度の水深に大気への寄与の境界があることが示唆された。

第5章では、各章の内容の要点を簡潔に記述し、最後に本研究の成果は石油類による土壌汚染の際には早期の発見と効率のよい浄化へ向けた重要な知見であると結論づけた。

## 5 論文の特質

化石燃料と環境という大きな枠組みの中で、軽油に地下水汚染防止に必要な不可欠な新たに開発した測定法を提案し、次世代エネルギーと考えられるメタンハイドレートに関わる海洋調査の結果から海底堆積物の強度に与えるガスプルームの影響とガスプルームから放出されたCH<sub>4</sub>の大気への影響を評価した挑戦的な論文である。従来は誰も考えもしなかったガスプルームが海底堆積物の強度を低下させていること、そして大気CH<sub>4</sub>濃度と炭素安定同位体比の測定からガスプルームサイトでは大気CH<sub>4</sub>はガスプルーム起源であることを実験的に証明した点が本論文の特質である。

## 6 論文の評価

本論文を構成する各章の内容のうち、既に1報が著者を筆頭として学術誌に掲載済みである。また、残りの章の内容についても現在投稿用原稿を作成中であるので、全体として完成度と新規性が高い論文であると評価できる。内容の新規性、独創性、将来への発展性、環境・エネルギー分野への貢献等を総合的に判断して、極めて高く評価することができる。

## 7 論文の判定

本学位請求論文は、農学研究科において必要な研究指導を受けたうえ提出されたものであ

り、本学学位規程の手続きに従い、審査委員全員による所定の審査及び最終試験に合格したので、博士（農学）の学位を授与するに値するものと判定する。

以 上