

国際共同研究事業 令和 2（2020）年度実施報告書

令和 3 年 4 月 19 日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[代表者所属機関・部局]
東北大学・流体科学研究所
[職・氏名]
教授・小宮敦樹

1. プログラム名 中国との国際共同研究プログラム（JRP with NSFC）

2. 研究課題名

(和文) 超臨界流体による汚染土壌の改質・浄化 -高効率分離促進技術の開発-

(英文) Supercritical Fluid Assisted Contaminated Soil Remediation:

Key Mass Transfer Issues and Technological Development

3. 共同研究実施期間（全採用期間）

令和 2 年 1 月 1 日 ～ 令和 6 年 12 月 31 日（5 年 0 ヶ月）

4. 研究参加者（代表者を含む）

(1) 日本側参加者 7 名 (2) 相手国側参加者 10 名

5. 主要な物品明細書（一品又は一組若しくは一式の価格が 50 万円以上のものを購入した場合は記載）

物品名	仕様 型・性能等	数量	単価(円)	金額(円)	設置研究機関名	備考
高压セル	株式会社東北ガスシステム製 (特注品)	1	1,466,960	1,466,960	東北大学	
亜臨界流体 可視化セル	太陽日酸株式会社製(特注品)	1	1,444,300	1,444,300	東北大学	
CO ₂ 送液ポンプ	NP-FX-10(J)	1	1,498,200	1,498,200	東北大学	
バルブ認定品	SS-3NRS4-G-MI	7	627,000	627,000	東北大学	
	SS-83PS4-MI	1				
	SS-2C-1/3-MI	1				

※本事業の委託費と他の経費とを合算使用する際は、合算使用した旨を備考欄に記載した上で、金額は本事業の委託費で負担した額のみ記載してください。

※再委託先/共同実施先における支出である場合は、備考欄にその旨を記載してください。

7. 渡航実施状況

- (1) 当該年度に相手国又は相手国以外の国を訪問した日本側参加者（委託費から支出した出張のみ記載。相手国以外の国における用務先には下線を付すこと。）

氏名	旅行期間*	用 務 (用務先・用務内容)
該当なし		
計 0 名 (延べ人数)		

* 旅行期間の欄の記入例：「6 月 10～19 日」（旅行開始日～旅行終了日）

- (2) 当該年度に受入れた相手国側参加者

氏名	旅行期間*	用 務 (用務先・用務内容)
該当なし		
計 0 名 (延べ人数)		

* 旅行期間の欄の記入例：「6 月 10～19 日」（旅行開始日～旅行終了日）

8. 研究実施状況

※当該年度実施計画書の「5. 本年度実施計画の概要」の内容と対応させつつ、当該年度の研究の実施状況を簡潔に記載してください。再委託又は共同実施を行った場合は、それぞれの研究の実施状況がわかるように記載してください。

※年度途中で当初計画を変更した場合にはその内容及び理由も記載してください。特に、各費目の増減が研究経費の 50%（この額が 300 万円を超えない場合は 300 万円）に相当する額を超えた場合は、変更理由と費目の内訳を変更しても研究の遂行に支障がなかった理由を記載してください。

本事業では、超臨界条件下における二酸化炭素の特異な熱・物質移動現象とその相互作用を理解し、超臨界流体を用いた高効率低環境負荷の汚染土壌改質手法を確立することを目的としている。研究二年目の本年度は、研究申請書に記載した 3 基軸のうち、「基軸 1: 超臨界条件下における物質輸送現象を定量的に理解し、モデル化する」に資する部分を実施し、一部先行して「基軸 2: 超臨界流体と汚染物質の相互作用を分子スケールで明らかにする」の準備研究に着手した。具体的には、超臨界条件下における熱物質移動現象可視化実験セルのデザインと設計および性能試験を行い、併せて熱物質移動現象のモデル化に向けた数値シミュレーション法の確立を図った。中国側では溶解性の観察実験にも着手し、研究計画書通りの研究実施となった。また、本年度は昨年度 3 か月間の準備期間を経ての実質の研究開始の年度であったため、年度初頭にキックオフミーティングを行い、中国側とともに昨年度の実施状況を報告しあい、本年度の研究計画を確認しあった。更には年度を通してコロナウイルスの影響で両国間のサイトビジットが達成できなかったため、互いの実験装置の状況や研究の進捗状況を詳細に理解するために、研究報告会を月例でオンライン開催した。以下に、本年度実施した項目について詳細状況を報告する。

可視化実験セルの製作・試験

本実験（小スケール実験）では二酸化炭素の超臨界状態を維持し、臨界点およびその近傍における圧力-温度 (p - T) 条件をパラメータとした熱物質移動現象の定量評価を行う。二酸化炭素の臨界点は 7.38MPa, 31°C 付近と高圧条件となるため、本年度は可視化セルの他に高圧下における二酸化炭素送液ポンプおよび Liquid-like 超臨界状態を維持する恒温セルの製作を行った。圧力と温度は定積条件では連動して変化するため、それらの制御方法については中国側の超臨界実験の知見を参考とし、本実験においてはシングルセルではなく、2 ステップの手順で超臨界状態を形成する手法を採択した。本年度はこれらの装置の製作、性能試験、耐圧試験および実験手順の確認を行った。次年度初頭の耐圧試験実施許可が下り次第、亜臨界状態を含めた熱物質移動現象可視化実験を進めていく。

数値シミュレーション法の確立

本研究では超臨界状態を大きく 4 分割し、 p - T 線図上で臨界点から離れた領域、および臨界点近傍、さらには Liquid-like 状態と Gas-like 状態の 4 領域での熱物質移動現象を評価する。移動現象のモデル化を行う際の問題点としては、臨界点近傍における諸物性値の急激な変化が、熱物質輸送現象にどのような影響を及ぼすかの予測が困難なことにある。モデル化のためには、既存の数値計算法では超臨界状態のどの領域までが輸送現象を計算可能であるかの評価が必要であり、本年度は汎用ソフトウェアを用いて計算可能範囲の同定を行った。並行して中国側で進めている Lattice-Boltzmann 法による輸送現象の計算と比較することで可能範囲の評価を行った。これらの結果から、8MPa を超える条件下では汎用の計算コードでの計算で十分な精度を有する結果の取得が可能となり、7.0~8.0MPa の範囲においては、汎用コードの組込み関数では計算が不可能であることが明らかとなった。今後のモデル化においては、中国側が進めている Lattice-Boltzmann 法の適用、および次年度に進めていく分子動力学法によるモデル化により検討していくこととなった。

これらの研究実施状況は中国側と共有化しており、月 1 回の定期オンライン会議にて進捗状況を報告してきた。次年度以降についても、早期のサイトビジットの実現は困難であると判断できることから、引き続き月例のオンライン会議を実施し、研究成果の共有化を図っていく。また、海外渡航が可能となった際は直ちに相互のサイトビジットを実施し、両国の研究の進捗を同調させていく予定である。

9. 研究発表（当該年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計（2）件 うち査読付論文 計（2）件

通番	共著の有無*1	論文名、著者名等*2
1		Evaluation of rate-determining step of methane hydrate decomposition by measurement of transient heat and mass transfer near solid–gas interface, Y. Kanda, H. Komatsu, J. Okajima, S. Maruyama and A. Komiya, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.149 (2020), 119191. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.119191
2	○	A review analysis of recent gas hydrate exploration tests: engineering progress and policy trend, <u>L. Chen</u> , S. Merey, I. Pecher, J. Okajima, <u>A. Komiya</u> , J. Diaz-Naveas, S. Li, S. Maruyama, S. Kalachand, B. Kvamme and R. Coffin, Environmental Geotechnics, (2020) DOI: 10.1680/jenge.19.00208

〔学会発表〕 計（4）件 うち招待講演 計（0）件

通番	共著の有無*1	標題、発表者名等*2
1		二酸化炭素ハイドレート分解界面近傍における非定常熱物質輸送の定量計測と分解の律速評価, 神田雄貴, 小宮敦樹, 第57回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (2020), F312.
2		Numerical Study of Passive Thermal Control for Uniform Temperature Field of Supercritical Fluid, H. Ito, Y. Kanda and A. Komiya, Proceedings of 17th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2020), (2020), pp.362-363. OS12-4
3	◎	Lattice Boltzmann Simulation of Convection and Heat transfer in a Square Side-Heated Cavity Filled with Supercritical CO ₂ , <u>Y. Feng</u> , <u>L. Chen</u> , <u>Y. Kanda</u> and <u>A. Komiya</u> , Proceedings of 17th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2020), (2020), pp.364-365. OS12-5
4		High Spatio-Temporal Visualization of Heat and Mass Transfer Phenomena During Gas Hydrate Decomposition, Y. Kanda and A. Komiya, Proceedings of 17th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2020), (2020), pp.368-369. OS12-7

〔図 書〕 計（0）件

通番	共著の有無*1	題名、著者名等*2
1		

*1 相手国側参加者との共著（共同発表）がある場合は○、相手国側参加者との共著であり謝辞等に事業名を明記している場合は◎と記入。

*2 当該発表等を同定するに十分な情報を記載すること。例えば学術論文の場合は、論文名、著者名、掲載誌名、巻号や頁等、発表年（西暦）、学会発表の場合は標題、発表者名、学会等名、発表年（西暦）、著書の場合はその書誌情報、など（順番は入れ替わってもよい）。相手国側参加者との共著となる場合は、著者名が複数であっても省略せず、その氏名を記入し下線を付すこと。

*3 足りない場合は適宜行を追加すること。