

(第6号様式)

学位論文審査の結果の要旨

氏名	ISMAIL
審査委員	主査 野村 信福 副査 豊田 洋通 副査 中原 真也

論文名

High Frequency Plasma in Liquid Method for Decomposition of Methane Hydrate under High Pressure

審査結果の要旨

メタンハイドレート (MH) はメタンを中心にして周囲を水分子が囲んだ包接水和物である。日本近海に埋蔵が確認されている MH は純国産資源としての利用が期待されている。深海底や北極圏の永久凍土に埋蔵されている MH は大量のエネルギー源となる一方で、取り出し方法を誤って、メタンが大気中に放出されてしまうと、地球温暖化の暴走を招く危険がある。経済産業省は平成 25 年に南海トラフにて「減圧法」による海洋産出試験を行ったが、排水中への海底泥砂の混入による減圧ポンプの異常負荷のトラブルにより試験は中断され、以後実施されていないのが現状である。メタンガスが海底から上昇する際の再ハイドレート化を防止するためにヒーター加熱による多大な電力消費が必要となるなど、MH 採掘には解決すべき問題が山積している。

本論文では、メタンハイドレートをプラズマにより分解し、メタンガスではなく水素として回収する方法を提案している。海底下でのメタンの再ハイドレート化は水素として回収することで解決が見込める。水素で回収できれば、メタン使用による二酸化炭素排出や、メタンの有する高い温室効果による環境への懸念が解消される。MH のプラズマ分解による水素エネルギーの製造技術の確立を目指し、低温・高圧下で液中プラズマ発生を発生させるための装置構成を提案し、人工的に製造した MH を分解回収し、気体の成分分析および分解性能を調査した。

27MHz, 250W の高周波液中プラズマが、圧力 0.1 から 1.0MPa の範囲で安定的に発生できることを確認したが、それ以上の高圧力下でプラズマを発生させることはできなかった。分解時の水素の体積割合は、0.1MPa では約 40% であるが、圧力の増加につれて減少していく。これは、圧力の増加にともなって、発生するプラズマ領域が加圧によって縮小するためである。圧力増加に伴って投入するエネルギーも大きくする必要があり、電極先端部でプラズマを発生させる方式を高圧力環境下で発生させるには相当な電力が必要である。投入電力を大きくすると電極ユニットの損傷が顕著となってくるため、高圧力下で高周波液中プラズマ法を用いることは困難であると予想している。プラズマによる MH 分解のメカニズムは、MH の水蒸気改質反応と熱分解による反応であることを明らかにしている。

実用化への最終目標圧力は海底環境に近い圧力 8.0 から 10.0 MPa である。高圧下でのプラズマ発生を可能とする方法として、プラズマジェット方式による MH 分解実験を実施した。内管と外管からなる二重構造電極内にアルゴンガスを供給し、内管と外管のギャップ内でプラズマを発生させ、アルゴンガスのジェットに乗せて前方にプラズマを噴射した。その結果、200W の投入電力で圧力範囲 0.1~2.0 MPa でのプラズマ発生を確認した。高周波プラズマと同様に高圧になるにつれて水素割合は低下するが、残存メタンガス量が増加する。プラズマジェット方式では、アルゴンガスが反応容器内に流入するため、放出されたメタンガスが分解以前に容器外に排出するためである。しかし、高周波液中プラズマ方式で問題となった電極ユニットの損傷はなく、高圧下での MH 分解にプラズマジェット方式は適している。

高圧下のプラズマの特性を知る目的で、圧力範囲 0.1~3.0 MPa において、プラズマ発光スペクトルから励起温度を求めている。アルゴン流量が増加すると励起温度は低くなり、圧力上昇に伴い励起温度は増加する。圧力 1.0 MPa 以上では励起温度は 8000~9000K に収束する。アルゴンの最低励起エネルギーは低いので、アルゴンの流入量を制御すれば、高圧下でのプラズマ温度を制御でき、水素発生量を調整することが可能となる。

本論文の成果は、実用環境下での MH のプラズマ分解の可能性を明らかにしたのみでなく、高圧下でのプラズマの特性を明らかにしたという点で、高圧プラズマの分野において非常に有益な知見となっている。また、プラズマ法がガスハイドレートを分解する先進的な技術として有望であることを明らかにしている。

以上の結果により、審査員全員一致して本学学位論文が博士（工学）を授与するに値する論文であると評価した。