

## 審査の結果の要旨

氏名 Nguyen Binh Thi Thanh

石油・天然ガス資源は、現在の人間社会において不可欠なエネルギー資源であり、今後も重要な資源として開発・生産を行うことが期待されている。資源開発は、一般に経済性の高い地域から順次実行されるため、今後の探鉱・開発はより困難な地域に向かうことになる。大水深海域は、今後探鉱・開発が進められていく可能性が高い地域であり、経済的かつ安全な生産を行うためには、大水深海域堆積盆地の特徴を適切に把握し、発生する可能性がある課題に対処することが必要となる。堆積盆地浅部に発生する過剰間隙水圧とそれに伴う地層の流動化、斜面崩壊は、そのうち最も重要であると考えられるものである。本研究は、統合型国際深海掘削計画(Integrated Ocean Drilling Program)によって掘削がなされたメキシコ湾 Ursa 堆積盆地を対象とし、実際に取得した堆積物コアを用いた物性計測と三次元堆積盆シミュレーション技術により、堆積盆地浅部に発生する過剰間隙水圧の時空間における変遷を示し、それに伴う地盤災害について評価検討を行ったものである。

本論文は 5 章からなる。

まず、第 1 章では、研究の背景・目的および、研究地域の選択について述べ、その上で論文の構成を示している。ここでは、大水深石油探査において、浅部における過剰間隙水圧の発生とそれに伴う砂層の流動化、斜面崩壊が重要な課題となっていること、その検討のためには、大水深堆積盆地における堆積物物性の把握と、その結果を用いた三次元堆積盆シミュレーションが必要であることを述べている。また、この種の研究を行うにあたって、メキシコ湾の Ursa 堆積盆地が適切な地点であることを述べている。

第 2 章では、研究の対象地域である Ursa 堆積盆地の地質学的な概要について述べている。特に、統合型国際深海掘削計画の結果や既存文献に基づき、対象地域の層序および岩相に関する記載を行い、さらに、堆積盆地浅部過剰間隙水圧の発生による被害の実例について整理を行っている。

第 3 章では、本研究で実施した室内実験について、その手法、実験装置、実験結果として得られた堆積物物性について述べている。本研究では、間隙率および堆積物の工学的分類に関する試験、圧密試験による堆積物の浸透率計測と

その結果に基づく間隙率－浸透率の関係の把握、圧密試験から得られる圧密限界降伏応力を用いた原位置間隙水圧推定、これらの結果を統合することによる間隙率－有効応力の関係の把握、および堆積物の力学的挙動、特にせん断挙動に関する物性の把握を行っている。この結果、次の章で実施する堆積盆シミュレーションに必要な物性の取得を行うことができたとともに、原位置間隙水圧に関して、下記の知見を得ることができた。すなわち、斜面上流側の地点では、極めて高い間隙水圧が海底面下 100 ないし 200 m の深度から発生しており、斜面下流側でもかなり高い間隙水圧が同様の深度で発生している。このような浅部での高い間隙水圧の発生は、本研究地域に特有のものであり、また、極めて高価で技術的な困難が伴う原位置間隙水圧計測に代わる方法としての圧密限界降伏応力試験の意義も示されたものと考えられる。

第 4 章では、堆積・圧密過程とそれに伴う間隙水圧変化、流体流動過程の変化について、三次元堆積盆シミュレータを用いた成果に関して述べられている。ここでは、まず、地質学的観察に基づく物性分布、境界条件の設定について述べられ、また、計測された間隙水圧・温度・間隙率と計算結果との比較によるパラメータの適切さの評価が実施されている。このような検討により、適切なモデルであると評価された計算結果を用い、過剰間隙水圧の発生と砂層の流動化が報告された地点との比較が行われ、砂層中に過剰間隙水圧が発生することが、工学的な問題を発生させる原因である可能性を示唆している。また、砂層を通じた間隙水圧の側方への伝達により、斜面下流側では見かけの過圧密状態が発生する可能性があることを示している。この結果は、掘削孔を用いた原位置応力状態推定に対して重要な示唆を示しており、過剰間隙水圧が発生している地点のいくつかで認められる等方的な応力状態が、見かけの過圧密によるものである可能性を示す結果と理解される。さらに、地質学的に確認されている斜面崩壊に関して、斜面の安全率の時系列変化を明らかにし、モデルから予測される斜面崩壊の時期と地質学的に判断される時期とが調和的であることを明らかにし、本手法の妥当性を明らかにした。

第 5 章では、本研究の成果をまとめている。

このように、本論文は、今後開発がさらに進められるであろう大水深海域におけるエネルギー資源開発活動において、大きな問題と指摘されている浅部過剰間隙水圧発生に関して、その評価の手法の一つとしての堆積物物性計測および三次元堆積盆シミュレーションの有効性を示すとともに、実際の海域においてその実例を示したものであり、地球システム工学に大きな貢献をするものであると判断される。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。