

1. 研究の背景と目的

日本近海において大量なメタンハイドレード (MH) の存在が確認されており、その埋蔵量は 1990 年比で日本の年間天然ガス消費量の約 100 年分に相当するといわれている。MH の開発・生産が実現すれば、エネルギー資源の乏しい我が国に対し、長期的なエネルギー供給が可能になると考えられる。

これまでは MH 堆積層が水平に存在する場合の海底地盤の変形挙動を考察してきたが、図-1 に示すように、実際の MH 堆積層が傾斜していることが多い。ここで、本研究では、MH 堆積層の傾きが海底地盤の安定性・変形挙動に及ぼす影響を考察し、MH 分解による傾斜海底面の地すべりの可能性について検討する。

2. 解析モデルの概要

解析モデルを図-2 に示す。解析モデルは海底面が MH 堆積層と同様の傾斜を有するものを想定した。海面から 1000m 以深の海底地盤を対象とし、解析領域は水平方向 700m、垂直方向はモデル中心部の長さが 575m となるように設定した。各層の厚さは上層岩盤 200m、MH 層 50m、下層岩盤 325m とした。傾斜角 θ を 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° と変化させて計 5 ケースの解析を行う。MH 抽出時の坑井挿入部は図-2 (a) に示し、最大分解範囲の詳細を図-2 (c) に示す。MH 層を中心から左右に 2m ずつで分解させ、幅 60m の範囲を分解範囲とする。モデルの境界条件として、海底面と海水との境界を排水 (水平方向変位固定)、その他を非排水 (水平方向変位固定) とする。なお、本研究では図-2 (b) に示すように、

分解範囲の上部に位置する海底面を研究対象範囲とする。また、本研究で用いた地盤物性値は既往研究²⁾で用いたものを参考して設定した。

海底面の崩壊を判断するためにせん断ひずみの理論値を下式を用いて算出する。

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

ここに、 γ はせん断ひずみ、 G は剛性率、 E は変形係数、 ν はポアソン比、 τ はせん断応力を示す。これより、ピーク強度に対するせん断ひずみは 1.8% と算出できる。今回は、この値を超えていない場合は、すべり破壊は生じていないと判定する。

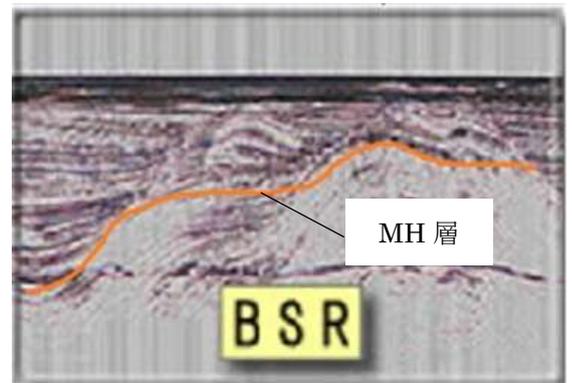


図-1 BSRにおけるMH存在状態の確認

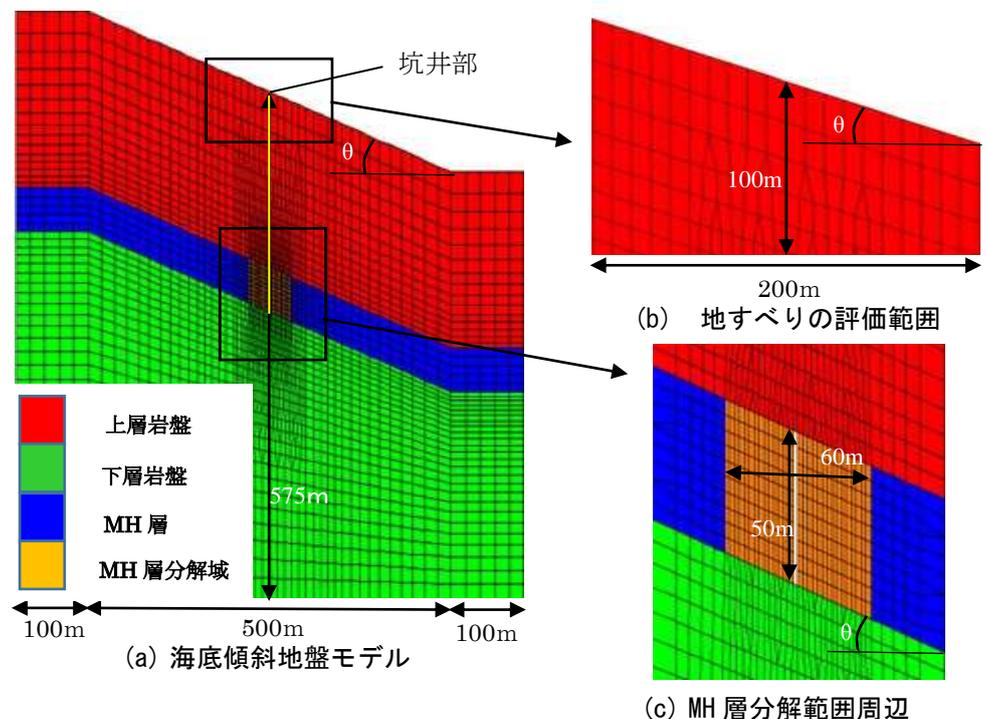


図-2 海底傾斜地盤モデル

3. 解析結果

3.1 海底面の沈下量の変化

図-3は坑井付近の海底面で計測した、各ケースにおける鉛直方向の沈下量を示す。全てのケースにおいて時間の経過につれて沈下量は大きくなっている。最初の30hまでは、沈下量/時間の勾配が急であるが、それ以降は落ち着いた勾配となっている。また、各傾斜角による沈下量の経時変化はいずれもほぼ同じ結果となった。

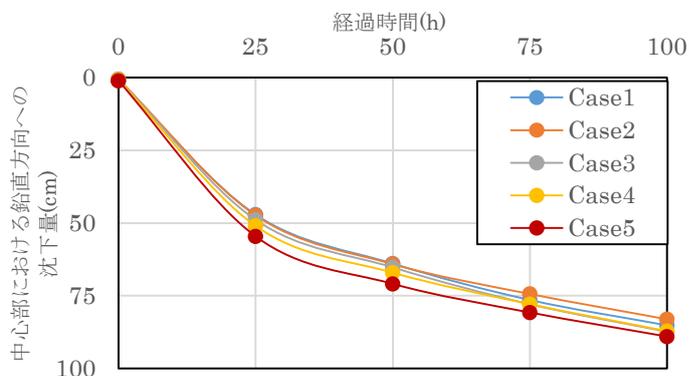


図-3 各傾斜における海底面の沈下量

3.2 海底面内のせん断ひずみの変化

図-4に各傾斜角における海底面内のせん断ひずみの変化を示す。Case1の場合、時間が経過することにつれて、せん断ひずみは全体的に増加していることが確認できる。Case3, Case5にいたっては、斜面の上部より、下部でのせん断ひずみが高く生じている。このような結果は、水平層のCase1では見られなかったことから、このようなせん断ひずみの分布は傾斜の影響によるものであると考える。

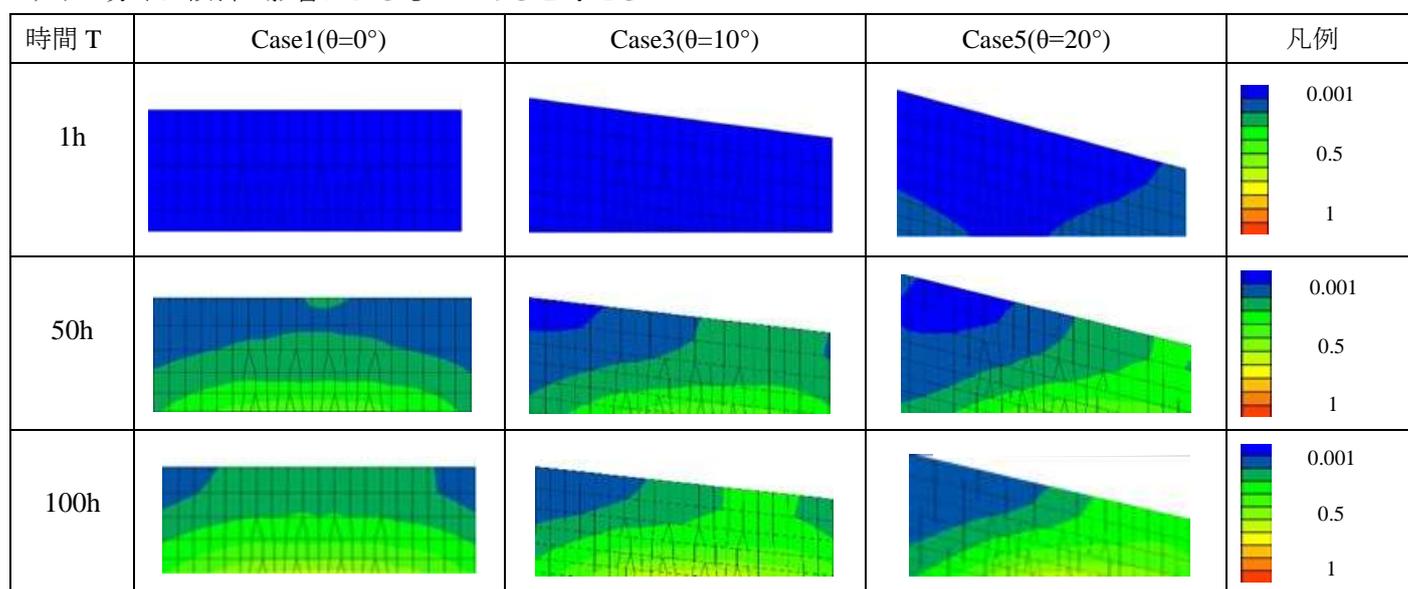


図-4 海底面内でのせん断ひずみ分布 (単位: %)

4. 考察

海底面の崩壊が予想されるせん断ひずみの理論値に対し、今回のケースではそれを超えていない結果が得られた。MH層の分解が海底面の沈下に対する影響は確認できたが、今回の解析条件で着目した海底面では地すべりを起こす可能性が低いと考えられる。また、傾斜を考慮したCase3とCase5のせん断ひずみは時間が経過するにしたがって、大きな変化がみられなかった。さらに、時間が経過するにつれて坑井挿入部付近の海底面での沈下量は比例して増加していることが確認できる。しかしながら、水平層のCase1の結果と比較しても傾斜角の違いによる沈下量の差は殆どなく、MH層分解による地盤沈下に及ぼす傾斜角(0~20°)の影響は小さいと言えよう。

5. 終わりに

本研究では海底面の傾斜角がMH層分解による海底地盤の変形・破壊挙動に与える影響を解析的に考察した。その結果、本研究で想定した解析条件では、地すべりを引き起こす可能性が低く、傾斜角による影響も小さいことが分かった。今回の解析では解析時間を100時間としたが、今後はさらに時間を増やし、各傾斜角によってせん断ひずみや沈下量がどのように変化していくかについてさらに考察していく。

6. 参考文献

1)米田純, 宮崎晋行, 天満則夫, 青木一男, 森二郎: 減圧法を用いたメタンハイドレート開発時の地層変形に与える減圧速度の影響, 第4回メタンハイドレート総合シンポジウム講演集, A1-14, pp.59-62, 2012
 2)蔣宇静, 東幸宏, 古賀小百合: メタンハイドレート生産による海底地盤の圧密沈下挙動と坑井の力学的安定性について, 第4回メタンハイドレート総合シンポジウム講演集, A1-15, pp.63-67, 2012