

3次元数値シミュレーションに基づく島しょ部における地下水資源の開発

愛媛大学大学院 学生会員 ○浦弘樹 愛媛大学大学院 正会員 井内国光

1. はじめに

地下水は、周知の通り貴重な水資源と認識され、全世界で利用されている。我が国でも地下水使用量は、全水使用量の約12%に当たる120億 m^3 (平成20年)と推定されている。高度成長期には、地下水採取量が急激に増大したため、地盤沈下や塩水侵入などの問題が発生した。表流水からの水資源の供給が困難な島しょ部においては、井戸の枯渇や地下水位低下、塩水化といった地下水障害が大きな問題となっている。そこで、地下水を永続的に利用するために保全とのバランスを考慮した開発を行う必要がある。

本報告では、沖縄県津堅島と愛媛県忽那諸島中島をモデルケースとし、3次元数値シミュレーションを用いて解析を行い、淡水レンズの存在する沖縄県津堅島、地下ダムが設置されている愛媛県忽那諸島中島において効果的な取水方法・塩水侵入防止法について検討した結果を述べる。

2. 沖縄県津堅島の地質・地下水概要¹⁾

津堅島は、沖縄本島中部の勝連半島の南東約4kmに位置する離島で第三紀鮮新世～第四紀更新世の島尻層群(島尻泥岩)を基盤として、その上位に載る第四紀更新世の琉球層群(琉球石灰岩)から構成される。地下水は、図1に示すように難透水基盤である島尻層群の上面形に分布されており、島中央付近の東に開いた浅い地下谷に淡水レンズが存在する。

淡水レンズは、南北約600m、東西約200mの地域に分布し、東側は電気伝導度2000 $\mu S/cm$ を超える汽水および塩水と接しており、西側は難透水基盤と接している。この淡水レンズの賦存量は帯水層(琉球層群)の有効空隙率を10%と仮定すると概ね97000 m^3 となる(宮古島皆福地下ダムでの取水試験結果：1993)。

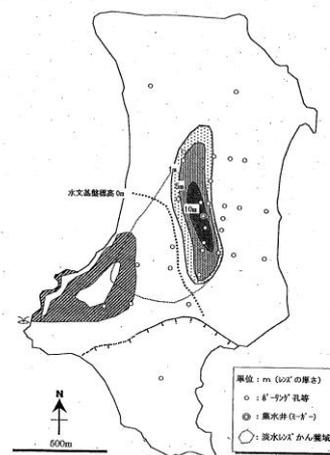


図1 淡水レンズ分布図

3. 愛媛県忽那諸島中島の地質・地下水概要²⁾

忽那諸島中島は、瀬戸内海の安芸灘と伊予灘との間に位置する諸島の一つで、平成9年中国四国農政局計画部の調査報告書によると、0.5 km^2 以上の集水面積と砂礫層を持つ谷底平野が存在し、その周辺は標高50～120mの丘陵山地から構成される。地下ダム遮水壁とは、地下水の流路に遮水壁(ダム堤体)を構築して、地下水を貯留するシステムである。主な役割として、地下水をせき上げ、地下水量の増加や沿岸部では海水の地下水への侵入を防ぎ、地下水の塩水化を防止する。

本報告の解析においては、実際の海水の電気伝導度が約50000 $\mu S/cm$ であることより、淡水の定義を電気伝導度2000 $\mu S/cm$ 以下、すなわち塩濃度で1400 mg/L 以下と置き換えて解析を行った。

4. 津堅島の解析結果

沖縄県津堅島の観測資料に基づいて解析を行った。まず無揚水の場合について図3で示すように津堅島の淡水レンズの現状を数値解析で概ね再現できた。二重揚水における海水揚水の効果を上げるには適正な揚水量を想定することである。海水揚水量が少ないとアップコーニングを制御する作用が小さくなる一方、大きいと全体として水理ポテンシャルを低下させ、逆に海側から海水を引き込んでしまう。津堅島での鉛直二重揚水は後者の場合に相当し、

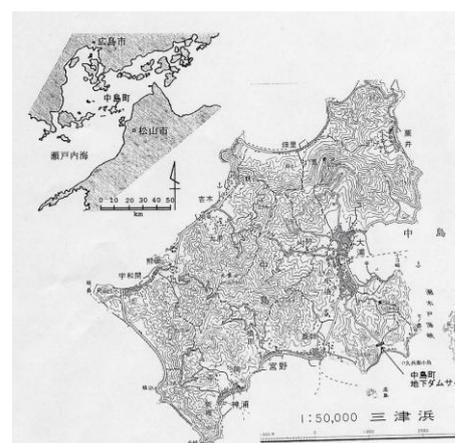


図2 地下ダムサイト

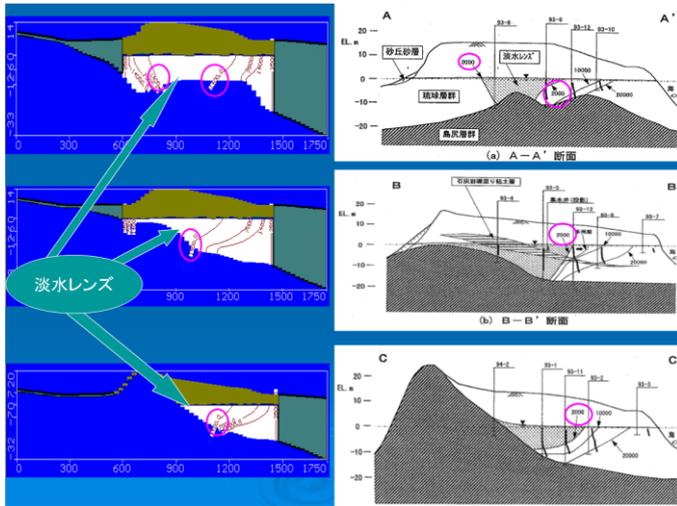


図3 現地観測濃度データ(右図)と解析結果(左図)との比較

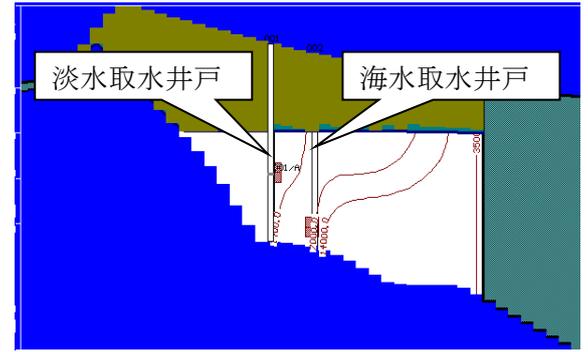


図4 海水揚水井を設置した場合の塩濃度分布

海水を引き込む効果が卓越し、淡水揚水井戸が塩水化される。図4は津堅島の地形特性と塩水侵入状況を考慮して海水揚水井戸を海側にずらした場合の結果である。海水揚水の効果が表れ、淡水揚水井戸近傍の濃度は低下している。

5. 中島の解析結果

中島の基盤岩上には埋没谷が発達し、これを埋める透水性や特徴などが異なる地層が存在する。そこでモデル化する際、透水係数の値によって、不圧帯水層(x, y方向 $1 \times 10^{-4} \text{m/s}$, z方向 $1 \times 10^{-5} \text{m/s}$), 難透水層(x, y方向 $1 \times 10^{-8} \text{m/s}$, z方向 $1 \times 10^{-9} \text{m/s}$), 被圧帯水層(x, y方向 $5 \times 10^{-5} \text{m/s}$, z方向 $5 \times 10^{-6} \text{m/s}$)の3つの層に分類した。平成9年の調査報告書より、地下ダム遮水壁を海岸線から230mに設置し、遮水壁の厚さを $B=0.5\text{m}$, 透水係数を $k=1 \times 10^{-8} \text{m/s}$ と定めた。

地下水取水量の増加のために、難透水層の透水性改良する場合を想定し、解析を行った。難透水層の一部の透水係数を $1 \times 10^{-8} \text{m/s}$ から $1 \times 10^{-4} \text{m/s}$ に変更した。被圧帯水層の濃度が 1400mg/l 以下で安定する取水量は改良前に $40 \text{m}^3/\text{d}$ 程度であったが、改良後は $100 \text{m}^3/\text{d}$ を越える取水も可能となる。図5に示すよう不圧帯水層からの流入が増えたことにより、下部の被圧帯水層における塩水の浸入が緩和される。

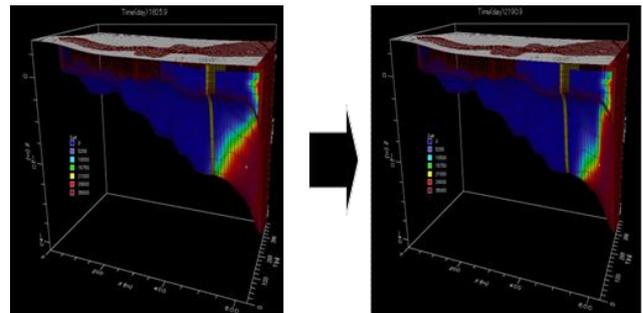


図5 塩濃度変化

6. 結論

本報告では、地下水を永続的に利用するために効果的な取水方法と塩水化緩和について沖縄県津堅島と愛媛県忽那諸島中島をモデルケースとし、数値シミュレーションに基づく検討を行った。津堅島の解析では、コストや技術面を考慮してシミュレーションを行ったことから現地で実用可能な取水方法を提案した。中島の解析では、難透水層の改良を行うことで、地下水流動の変化に繋がり塩水化緩和の効果が得られ、取水量が増加したことから効果的な手段だと考えられる。

7. 参考文献

- 1) 岸智・浜谷直史・長田実也・原郁男・楠本岳志(1998)：沖縄県津堅島における集水井を利用した淡水レンズからの地下水開発，日本応用地質学会誌，Vol.39，No.3，298-305.
- 2) 中国四国農政局計画部(1997)：地下ダム開発調査中国四国地区中島地下ダム調査報告書，114pp.