

沖縄県宮古島市平良地下水流域における地下水塩水化状況

株式会社エイト日本技術開発

○山中 明, 渡辺 俊一, 風見 健太郎, 齋藤 晴紀

1. はじめに

沖縄本島から南西に約290kmに位置する宮古島の年降水量は2250mmであるが、地下浸透の割合が40%になり上水道は地下水に依存している¹⁾。取水は島の東側にある白川田湧水地で賄っているが、近年、宮古島では観光需要の増大で、ピーク時の水需要が不足する可能性が指摘されている。現在、白川田湧水地の不足分は既設の10本の取水井戸で賄っている他、新規井戸の建設等も行われているが既設井戸の保全が重要な課題となっている。既設井戸のうち、宮古島地下水流域ではニャーツ水源が平良港より1.5kmの位置にあり、海拔0m以下に設置されたポンプで地下水が取水され、過剰な地下水の揚水で塩水進入の進行が懸念されている。

本調査では平良地下水流域の塩水化状況を把握するために、ボーリング調査、電気伝導率一斉観測、自記電気伝導率観測を行い塩水進入状況について検討を行った。

2. 地形地質および流域について

宮古島の地形と地下水流域の重ね図を図-1に示す。図-1に示すように北西-南東または北北西-南南東方向の断層に起因する多くの低山稜と南西方向へ緩く傾いたケスタ地形が分布する。宮古島の地質は下位より鮮新世～更新世の島尻層群、更新世の琉球石灰岩、更新世～完新世と推定される大野越粘性土層が互いに不整合の関係で分布している。宮古島の流域は断層による地形の起伏と地下構造、地質により地下水流域界を形成している。

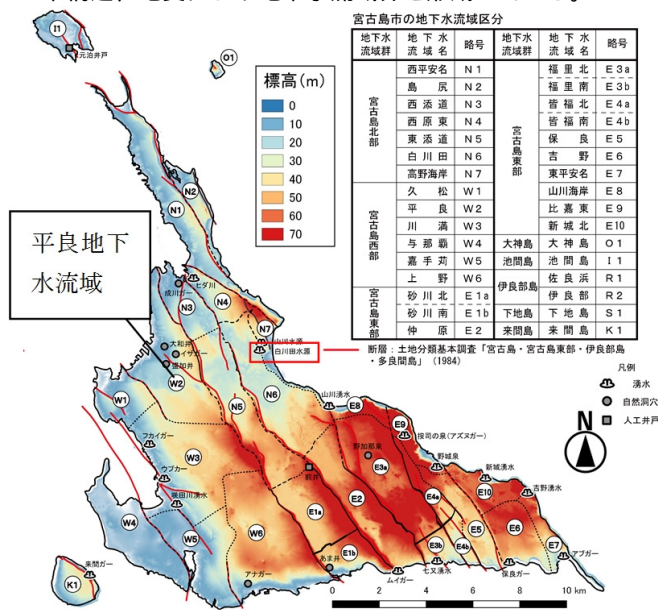


図-1 地下水流域と地表面の起伏形状²⁾に加筆

3. 調査方法

本調査では平良地下水流域の不透水性基盤を把握するためにボーリング調査(観測孔の設置を含む)垂直電気探査を行った。塩水化状況を把握するために電気伝導率

の鉛直方向の測定、電気伝導率の連続観測(1時間ピッチ)を行った。電気伝導率の鉛直方向の観測は「KL010CM(OTT社)」により測定を行い、電気伝導率の連続観測においては「S&DL 水位・導電率計(応用地質)」を用いた。

4. 平良地下水流域の不透水性基盤面と地下水流向

これまでのボーリング調査と既存の電気探査結果より、図-2に示す平良地下水流域の不透水性基盤コンター図を作成した。図-2より平良地下水流域の地下構造はH30-H-1付近で基盤が標高-34mと最も深くなり、沿岸付近より谷形状と推定される。一方でニャーツ水源は不透水性基盤標高が-15mとなる。

図-2図中の矢印が示すように平良地下水流域の地下水の流向は東側の東添道地下水流域より地下水が流入し、一部平良港への流出、平良地下水流域を越流するように与那覇湾へ向かう流向が推定される。

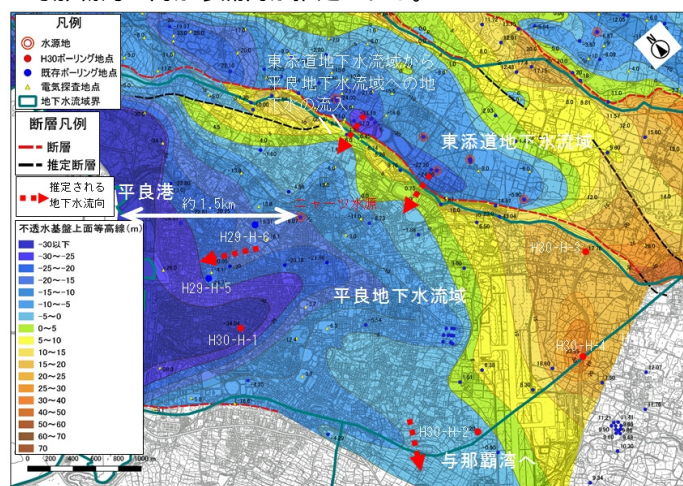


図-2 不透水性基盤上面等高線図³⁾の基図を使用

5. 平良地下水流域の塩水化状況

(1) 塩水化判定基準

現地で簡易的に測定できる電気伝導率を塩水化の指標とした。塩水化の判定は図-3に示すように様々な条件下での塩化物イオンと電気伝導率との相関関係を求め、水道水質基準の塩化物イオン濃度200mg/Lに相当する電気伝導率を塩水とし、図-3より110mS/m以上を塩水とした。

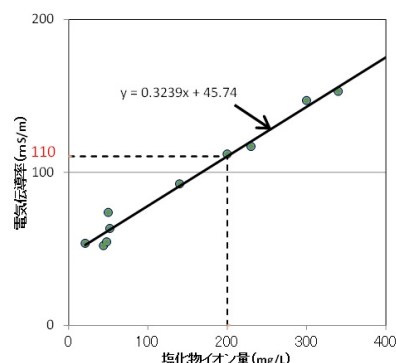


図-3 塩化物イオン量と電気伝導率の関係

(2) 塩水化の平面分布

図-4に示す12地点での鉛直方向の電気伝導率測定結果より海側の6地点(H30-H-1、H29-H-1、H29-H-5、H29-H-8、25B-201、25B-202)で110mS/mを超える値が測定された。

一方で、全深度で110mS/m以下を示した地点(H29-H-2、H29-H-3、H29-H-4、H29-H-6、H29-H-7、H29-H-9)のうち、最も海側に位置するのはH29-H-9地点であり、ここはニヤーツ水源まで約600m、海岸線まで約850mとなり、陸地に向かうほど塩水化は確認されなかった。

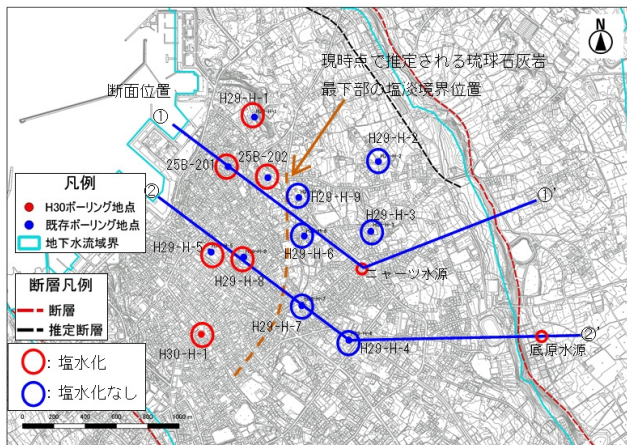


図-4 推定塩淡境界 3)の基図を使用

(3) 鉛直方向の電気伝導率

図-5に断面における鉛直方向の電気伝導率分布図を示す。図-5より25B-201、25B-202では水面付近より110mS/mを超過し、水深10mでは1,000mS/m以下、水深10mを超えると電気伝導率が急激に大きくなり、最深部付近では、3,000~4,000mS/mと海水の電気伝導率5000mS/mに近い電気伝導率であることが確認された。

今回の調査結果からは塩淡境界(塩水化のライン)は、図-5より25B-202とH29-H-9の間(海岸から約800m)であると考えられる。なお、断面に示すH29-H-5、H29-H-8地点も同様の傾向を示していることを確認された。

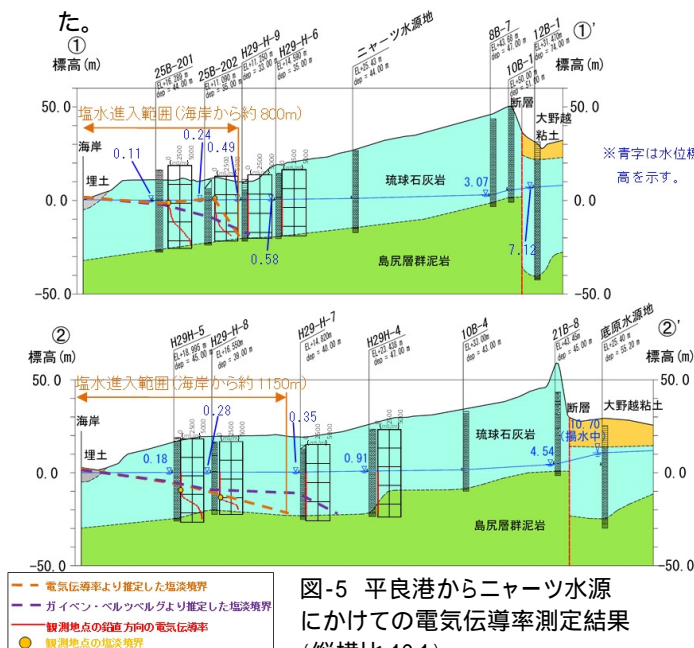


図-5 平良港からニヤーツ水源にかけての電気伝導率測定結果(縦横比 10:1)

(4) 電気伝導率の連続観測

図-6に H29-H-6、H29-H-8地点における電気伝導率の連続測定結果を示す。センサーの設置深度は塩水化が見られた海側の H29-H-8では塩水と淡水の境界付近、H29-H-6地点については孔底付近にセンサーを設置した。図-6より H29-H-8地点では2018年の7月頃に最も電気伝導率が高くなり、8月の台風8号の最大228mm/dayの降水に伴いゆるやかに水位が上昇している。水位の上昇に伴い電気伝導率は低下し110mS/mを下回る。これは、東添道地下水流域からの地下水の流入が多くなることで水圧が高くなったためであると考えられる。H29-H-8地点においては電気伝導率、地下水位の時間ごとの変化は潮位の変動と調和的であった。一方、鉛直方向の電気伝導率測定では塩水の侵入は認められなかったH29-H-6ではセンサーを設置した琉球石灰岩層の下端付近においても、観測期間を通して塩水化と見られる電気伝導率の上昇は見られなかった。

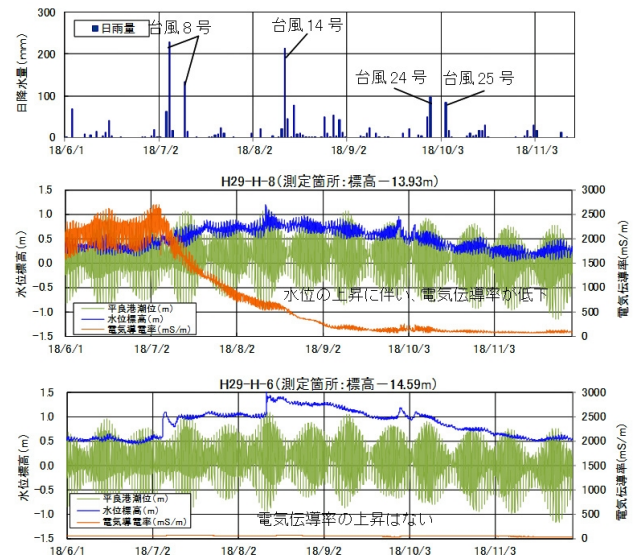


図-6 日記水位・EC計測定結果 4)の雨量データ使用

6. まとめと課題

(1) 本調査の結果ニヤーツ水源の600mの位置まで塩水化が迫っていることが分かった。

(2) 塩水化が確認された箇所では地下水位の変動により、電気伝導率が低下していた。今後は降水量が少ない時期で塩水進入状況を確認する。一方で淡水と判定された箇所でも地下水位が低い場合は塩水の進入の恐れがあるため併せて状況を確認する必要がある。

(3) 塩水化箇所、淡水箇所の1点で電気伝導率の測定を行ったが多点深度での塩水状況の変化の把握を行い塩水進入状況を確認し詳細な調査を行う必要がある。

(引用・参考文献)

- 1) 宮古島地下ダム計画の水理算シミュレーションについて、地下水学会誌30(1), 11-23.
- 2) 第3次宮古島市地下水利用基本計画
- 3) 地理院地図
- 4) 国土交通省気象庁「宮古島」