隣接する地下水流域間の地下水流入出に関する研究

齋藤晴紀¹・酒井一人²・靱井和朗³・中村真也⁴

Study on the Flow of Groundwater between Adjacent Groundwater Basins

Haruki Saito¹, Kazuhito Sakai², Kazuro Momii³ and Nakamura Shinya⁴

Abstract: This study examined the geological structure and groundwater flow at the basin boundaries in Shirakawata basin and Higashi-soedo basin, the basin of main drinking water source of Miyako Island. From the results of the boring survey and the vertical electrical sounding, in northwestern part of Shirakawata basin, it was found a new continuous of groundwater with adjacent Higashi-soedo basin. In the northern part and northwest part of Higashi-soedo basin where the connection was pointed out with the adjacent basin, the situation was confirmed, and more detailed aquifer shape was revealed. Also, it became clear that the groundwater flowed out to the adjacent basin at these basin boundaries from the slope of groundwater surface in the vicinity. We estimated the outflow amount at these basin boundaries, from the cross sectional area of the outflow part, the hydraulic gradient of the groundwater, and the coefficient of permeability.

Keywords: groundwater flow; groundwater basin boundaries; aquifer; Ryukyu limestone; Miyako Island

1 はじめに

沖縄県宮古島では地形が平坦で、また、透水性の高い琉球石灰岩が地表付近に分布するために、河川が形成されにくく、生活用水のすべてを地下水に依存している。主要な水道水源流域である白川田流域および東添道流域(図1)には、海岸沿いの湧水を取水している白川田水源(湧水量:約22,000m³/日(宮古島市上下水道部, 2016))と、地下水を取水している7つの水源がある(高野水源, 大野水源, 袖山水源, 前福水源, 西底原水源, 底原水源, 添道水源)(宮古島上水道企業団, 1996a)。

白川田流域および東添道流域の水文地質学的な構造については古川(1981), 沖縄総合事務局(1982)などによって、その概要が明らかにされた。この時点では、この両流域は1つの地下水盆地として連結していると考えられており、白川田水源は相当な余裕があると考えられていた。

しかし、1993年からの少雨傾向により、宮古島では上水道事業開始(1965年)以来初めて、1994年1月～3月に70日間の制限給水を経験した(宮古島上水道企業団, 1996a)。これを契機として、1994年から4ヶ年にわたる宮古島上水道企業団による詳細調査が行われた。(宮古島上水道企業団, 1995, 1996b, 1997, 1998a, 1998b)。その結果、白川田流域と東添道流域は独立した地下水流域であるとされ、一方で東添道流域は、北方の西添道流域、北西方の平良流域との連結が指摘された。しかし、

地質構造や地下水位のデータは十分ではなく、今後の調査による裏付けが必要とされた。

図1: 白川田流域および東添道流域の位置(宮古島上下水道部(2013)の地下水流域区分図を基に作成)

なお、地下ダムが建設されている宮古島南部の砂川流域では、国営事業における地下ダム建設にあたり、ボーリング調査:約500地点、垂直電気探査:約500地点、揚水試験:200回以上が行われ(森ら, 1997a, 1997b)、地下水盆地の構造および隣接流域との連結はないことが明確に判明している。これに対し、水源開発事業などが行われていないことから、白川田流域および東添道流域では、地下水流域間の地下水流入出などを確定する

¹ 鹿児島大学大学院連合農学研究科博士課程, Doctoral student, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, 1-21-24 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

² 琉球大学農学部教授, Professor, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-0213, Japan (Corresponding Author) E-mail:ksakai@agr.u-ryukyu.ac.jp

³ 鹿児島大学農学部教授, Professor, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

⁴ 琉球大学農学部教授, Professor, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-0213, Japan

調査および分析が十分に行われておらず、不明な点が多い。

宮古島では、近年、水道水を隣の伊良部島へ送水することが計画されており(宮古島市, 2011), 水道水源の適切な管理体制の構築が必要となっている。このような状況から、これまで調査が十分ではなかった白川田・東添道流域の将来にわたって水道水源を管理する上で、地下水流域界の位置や水循環を把握することの重要性が高まっている。

そこで本研究では、地質調査および地下水位観測を実施し、流域界における帯水層の分布形状および隣接流域への地下水の流出状況について検討を行うとともに、流出量の推定を行った。

本研究は、宮古島の水道水源流域における水収支解析や水道水源に関しての気候変動の影響評価、さらには同様に琉球石灰岩が分布する地域の地下水流動の推定など、今後の研究に対して重要な知見を与えるものであると考えられる。

2 地形および水文地質

2.1 地形地質概要

宮古島の地形は北西-南東または北北東-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で特徴づけられている。

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土層が互いに不整合の関係で分布している。島尻層群は青灰色シルト岩から成り、透水係数は $1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ 以下と難透水性を示し宮古島での水文地質学的な基盤となっている(森ら, 1997a)。

琉球石灰岩は不圧地下水の帯水層となっており、透水係数、有効間隙率については宮古島南東部の皆福地下ダムでの調査結果では、ダム全体の平均透水係数は $3.54 \times 10^{-3} \text{m/s}$ 、有効間隙率は 10%と見積もられている(今泉ら, 1998)。

2.2 白川田流域

白川田流域は北西～南東方向へ長軸を持ち、流域中央部の基盤(島尻層群)上面の標高が低くなるすり鉢状を成している(最深部の基盤上面標高: 約-13m)。地下水はその形状に応じ、北側および南側から中央部に向かって流下し、そのほとんどが東縁海岸部で白川田湧水、および山川湧水として流出する。白川田水源はこの2つの湧水を水源としている。

白川田流域の西側は30～60mの突出部を持つ低山稜が北北東-南南東方向に延びている。その地下では東落ちの正断層によって断層西側の基盤標高が高くなっており、これにより地下水は分断され、白川田流域は西方の東添道流域と分かれる(図2)。

なお、白川田流域の西側流域界北部においては、断層地形が不明瞭であり、また流域界付近の地質調査も少ない。地質構造については、白川田流域内での垂直電気探査の結果や島尻層群の露頭状況から、付近には帯水層である琉球石灰岩は分布しておらず、大野越粘土層の下位には直接基盤の島尻層群が存在すると考えら

れている(宮古島上水道企業団, 1998b)。このため、白川田流域の西側流域界北部では、流域界は南北の断層の延長線上にある丘陵の尾根に設定されている。

図 2: 白川田流域および東添道流域の模式地質断面図(宮古島上水道企業団(1998b)の不透水基盤等高線図を基に作成)

2.3 東添道流域

東添道流域は、白川田流域同様に北西～南東方向へ長軸を持つが、基盤上面の標高は北西部ほど低くなっており(最深部の基盤上面標高: 約-40m)、地下水は南東から北西に向かって流下している。

東添道流域の西側は、断層に起因した細長く延びる低山稜によって、北から平良流域、川満流域、上野流域に接している。このうち、平良流域との境界においては、低山稜の尾根で行われたボーリング調査1地点で地下水位が確認され、2つの流域の連結が指摘されている(宮古島上水道企業団, 1998a)。また、東添道流域の北側も、隣接する西添道流域との間に基盤の尾根等の分水界は無く、2つの流域の連結が指摘されている。

宮古島上水道企業団(1998b)では、これら東添道流域の北側流域界、西側流域界北部における帯水層形状、地下水流向等を明らかにするためには、より詳しい調査が必要としている。

3 調査方法

2009年度および2012、2013年度に、現地にてボーリング調査、垂直電気探査、地下水位観測を実施し、その結果から、帯水層である琉球石灰岩や基盤の島尻層群の分布状況、および地下水の流動状況を検討した。

3.1 調査対象範囲

本研究では、他流域への地下水流出の可能性が指摘されている3つの範囲(白川田流域の西側流域界北部、東添道流域北部流域界、東添道流域の西側流域界北部(図3))を対象とした。

3.1.1 白川田流域の西側流域界北部

白川田流域の西側流域界北部では、地形的な段差や南北の断層崖との連続性から、約500mの間隔で2列の断層(図3: A-A', B-B'位置)が推定されていた。このうち東側の断層沿いの尾根(A-A'位置)がこの範囲での流域界とされ、地下水流域は隣接する東添道流域とは繋がっていないとされていた。調査はこの2列の断層周辺で

実施した(図 3)。

3.1.2 東添道流域の北側流域界

東添道流域の北側流域界は、地下水管理の観点から、地下水塩水化のおそれのない位置として設定された経緯があり、帯水層は隣接する北側の西添道流域と連続し、地下水は西添道流域へ流出していると考えられている。しかしながら、東添道流域の北側流域界付近の地下水位データは少なく、地下水の流動方向や流出量について詳しく分かっていない。調査はこの管理上の流域界付近のうち、帯水層厚が厚い西寄りの範囲で実施した(図 3)。

3.1.3 東添道流域の西側流域界北部

東添道流域の西側流域界北部は、それまでは断層に伴う基盤の高まりによって西側の平良流域とは分かれていると考えられていたが、宮古島上水道企業団(1998)の地質調査によって、断層に伴う基盤の高まりの一部に基盤標高低い箇所が 2 箇所存在しており、帯水層が西側の平良流域と連続していることが判明した。そして、そこから平良流域へ地下水が流出していると推定された。

しかしながら、調査データが少なく、流出区間の幅や流出量について詳しくは分かっていない。調査はこの流域界の尾根部(G-G'位置;断層上盤側)で実施した(図 3)。

3.2 ボーリング調査

ボーリング調査は、地下水流域界付近の帯水層である琉球石灰岩の分布および基盤上面深度の確認を目的に

15 地点で実施した(図 3)。掘削後、ボーリング孔は観測孔(孔径:VP50mm, オールストレナ)として仕上げ、3.4 の地下水位観測にも利用した。

3.3 垂直電気探査

垂直電気探査は、地層ごとの比抵抗値の違いを利用して、調査地点における深度方向の比抵抗分布から、各地層の深度を推定する手法である。調査手法の簡便性および経済性から広範囲の地質情報を効率的に得ることに適している。宮古島に分布する琉球石灰岩と島尻層群は比抵抗値に差があることから(図 4)、垂直電気探査は基盤上面深度の確認において有効な手法とされている。宮古島では、これまでに1,000 地点以上の垂直電気探査が実施されている。

本研究では、主に基盤上面深度を把握することを目的として 13 地点で実施した(図 3)。

測定には「大地比抵抗測定器 Type-3244 (横河電気株式会社製)」を用いた。また、電極配置は深部の探査の適応性に優れたシュランベルジャー法とし、測定記録から作成した $\rho-a$ 曲線の解析には、Schlumberger 標準曲線と小野の補助曲線を用いた。

琉球石灰岩と島尻層群(不透水基盤)判定に当たっては、図 4 より琉球石灰岩の下限值と島尻層群の上限値が概ね $100\Omega \cdot m$ であることから、基本的には $100\Omega \cdot m$ 以下を島尻層群とした。ただし、近隣にボーリング調査結果のある地点(21E-9, 21E-10, 21E-11)については、ボーリング調査結果に合わせて、最大で $200\Omega m$ 程度までを島尻層群として判定した。

図 3: 調査位置 (ボーリング調査, 垂直電気探査) および地質断面位置 (A-A 断面～G-G'断面)

図 4: 砂川流域における露頭での見かけ比抵抗値測定結果 (森ら, 1997b)

3.4 地下水位観測

地下水位観測は、地下水流域界付近の地下水面形状および動水勾配を把握するために、周辺の地下水観測孔や民家井戸(最大 34 地点)にて月 1 回(2013 年 1 月～12 月)実施した。

3.5 流域界における流出量の推定方法

本研究で明らかになった地下水流域界における帯水層の断面積、地下水の動水勾配をもとに、以下のダルシー式より流域界からの地下水流出量を推定した。

$$Q=KA\Delta h/L \quad (1)$$

ここで、 Q : 通過流量、 K : 透水係数、 A : 帯水層の断面積、 $\Delta h/L$: 動水勾配である。帯水層の断面積としては、流量推定断面における地下水面下の琉球石灰岩の断面積を求めた。動水勾配は各月の地下水位等高線図から流量推定断面に直交する動水勾配を求めた。また、透

水係数は付近の水道水源の井戸の揚水試験結果より得られている値(表 1)を用いた。

表 1: 東添道流域および平良流域の揚水試験結果

流域名	水源名	透水係数 (m/s)	相乗平均 (m/s)
東添道	底原	$4.13 \times 10^{-3} \text{※1}$	2.26×10^{-3}
	西底原	$1.24 \times 10^{-3} \text{※2}$	
平良	ニヤーツ	$6.88 \times 10^{-2} \text{※3}$	-

※1 宮古島上水道企業団 (1994a) ※2 宮古島市 (2014)

※3 宮古島上水道企業団 (1994b)

4 結果および考察

4.1 白川田流域の西側流域界北部

4.1.1 流域境界部の地質構造

図 5 は、本研究のボーリング調査、垂直電気探査(図 6)および既往調査結果から作成した流域界沿いの地質断面図である。流域界沿い(A-A'断面)には、大野越粘土層の下位に琉球石灰岩が分布し、基盤上面の深度は深い場所で標高 3.99m(25B-4)であった。地下水位は標高 15.77m(25B-4:2013 年 9 月)であり、帯水層は幅約 1,500m の範囲に存在し、層厚は最大約 12m であることが判明した。さらに、C-C'断面、D-D'断面に示す通り、A-A'位置において白川田流域側と東添道流域側での基盤上面標高の差は無く、想定されていた断層構造は存在しないと考えられた。

また、東添道流域内の断層地形(B-B'位置)を挟んで実施した垂直電気探査では、北側の C-C'断面では基盤上面に 22m の差が見られるものの、南側の D-D'断面では大きな段差は見られなかった。よって、B-B'断面においては、帯水層は幅約 1,000m の範囲に存在し、層厚は最大約 10m と推定された。

付近の地下水位は東添道流域側よりも白川田流域側の方が高く(図 7)、これは観測期間中、同様の結果であった。

これらの結果から、これまで流域界とされてきた A-A'位置、さらに、西に 500m の断層地形(B-B'位置)においても地下水面は連続しており、この範囲で白川田流域と

図 5: 白川田流域の西側流域界北部の地質断面図

図 6: 白川田流域の西側流域界北部の垂直電気探査結果柱状図

図 7: 白川田流域の西側流域界北部の地下水位等高線図 (2013 年 9 月 19 日)

東添道流域は繋がっていることが明らかになった。地下水面の傾斜からは、地下水は白川田流域から東添道流域へ流出していると考えられる。

4.1.2 白川田流域から東添道流域への地下水流出量

ここでは、断層位置である B-B' 断面を地下水流域界として、この断面における地下水の移動量(白川田流域から東添道流域への地下水流出量)を推定した。

流出範囲の断面積は、B~B-①断面で 5,381m²(2013 年 9 月 19 日地下水位)、B-①~B' 断面で 1,534m²(2013 年 9 月 19 日地下水位)と推定された。また、図 7 の赤矢印の位置において、B~B-①断面、B-①~B' 断面に直交する各月の地下水位差 1m(あるいは 2m)あたりの平面距離から動水勾配を求めた。なお、B-①~B' 断面では、2013 年 10 月以降は、観測孔 8B-5 でも水位観測を開始したため、B-①~B' 断面に直交する観測孔 21B-4 と 8B-5 の距離とこれらの地下水位差から動水勾配を求めた。

そして 3.5 の式(1)より、各月の地下水流出量を推定すると、約 6,000~8,300m³/日となった(表 2)。

4.2 東添道流域の北側流域界

4.2.1 流域境界部の地質構造

図 8 は、本研究のボーリング調査および既往調査結果をもとに作成した流域界沿いおよび流域界に直交する地質断面図である。E-E' 断面、F-F' 断面では、流域界の地下にも琉球石灰岩が分布し、基盤の深度は最も低いところで、標高 -14.64m (25B-10) であった。地下水位は 7.12m(2013 年 9 月 19 日)で、帯水層は幅約 750m に存在し、層厚さは最大 21.76m あることが判明した。帯水層の断面形状は、基盤上面の深い西の断層よりで厚くなる直角三角形であり、流出部分の断面積は 9,455m²(2013 年 9 月 19 日地下水位)と推定された(E-E' 断面(図 8))。

付近の地下水面の傾斜は、東南東から西南西に傾斜しており(この傾向は他の時期も同様である)(図 9)、地下水は東添道流域から西添道流域へ流出していると考えられる。

表 2: 白川田流域の西側流域界北部の流域界において推定された地下水流出量

時期	断面位置	地下水位標高(m)		2点間の距離(m)	動水勾配	断面積(m ²)	透水係数* (m/sec)	流出量 (m ³ /day)	合計流出量 (m ³ /day)
		上流	下流						
2013/9/19	B~B-①	13.00	12.00	200	0.0050	5381	2.26×10 ⁻³	5254	6002
	B-①~B'	14.00	13.00	400	0.0025	1534	2.26×10 ⁻³	749	
2013/10/14	B~B-①	13.00	11.00	400	0.0050	5381	2.26×10 ⁻³	5254	6564
	B-①~B' (21B-4) (8B-5)	14.41 (21B-4)	13.22 (8B-5)	272	0.0044	1534	2.26×10 ⁻³	1310	
2013/11/28	B~B-①	13.00	11.00	300	0.0067	5381	2.26×10 ⁻³	7005	8128
	B-①~B' (21B-4) (8B-5)	14.42 (21B-4)	13.40 (8B-5)	272	0.0038	1534	2.26×10 ⁻³	1123	
2013/12/22	B~B-①	13.00	11.00	300	0.0067	5381	2.26×10 ⁻³	7005	8293
	B-①~B' (21B-4) (8B-5)	14.46 (21B-4)	13.29 (8B-5)	272	0.0043	1534	2.26×10 ⁻³	1288	

※東添道流域内の揚水試験の平均値を採用

図 8: 東添道流域の北側流域界付近の地質断面図

図 9: 東添道流域の北側流域界付近の地下水位等高線図 (2013 年 9 月 19 日)

4.2.2 東添道流域から西添道流域への地下水流出量

図 9 赤矢印の位置において、E-E'断面に直交する各月の地下水位差0.5mあたりの平面距離から動水勾配を求めた。そして 3.5 の式(1)より、各月の地下水流出量を求めると、約 2,100~2,400m³/日と推定された(表 3)。

流出部の断面積は 9,455m²と他の 2 つの範囲に比べ大きい、動水勾配が小さく、流出量は断面積の割りには少ない結果となった。

表 3: 東添道流域の北側流域界において推定された地下水流出量

時期	地下水位 標高(m)		2点間の 距離(m)	動水 勾配	断面積 (m ²)	透水係数※ (m/sec)	流出量 (m ³ /day)
	上流	下流					
2013/ 9/19	7.50	7.00	380	0.0013	9455	2.26×10^{-3}	2429
2013/ 10/14	7.00	6.50	430	0.0012	9455	2.26×10^{-3}	2147
2013/ 11/28	7.00	6.50	400	0.0013	9455	2.26×10^{-3}	2308
2013 /12/22	7.00	6.50	400	0.0013	9455	2.26×10^{-3}	2308

※東添道流域内の揚水試験の平均値を採用

4.3 東添道流域の西側流域界北部

4.3.1 流域境界部の地質構造

図 10 は、本研究のボーリング調査、垂直電気探査(図 11)および既往調査結果をもとに作成した流域界の尾根部(G-G'断面;断層上盤側)に沿った地質断面図である。G-G'断面では、山稜は琉球石灰岩から成り、基盤の深度は 0m~15m 付近で波打っており、最も低い箇所では 0m 付近(21E-11)であった。地下水位は 4.29m で、21E-9~10B-1 付近(幅約 60m と約 200m)と 21B-8 付近(幅約 300m)の 2 つの範囲で基盤が地下水面よりも低い。ここでの帯水層厚は最大で約 4m であることが判明した。また、流出部分の断面積は北側が 626m²(580m²+46m²)、南側が 627m²と推定された(2013 年 9 月 19 日地下水位)。

付近の地下水位は、東添道流域よりも平良道流域の方が低く(図 12)、地下水は東添道流域から平良道流域へ流出していると考えられる。

図 10: 東添道流域の西側流域界北部の地質断面図

4.3.2 東添道流域から平良道流域への地下水流出量

図 12 の北側と南側それぞれの赤矢印の位置において、G-G'断面に直交する 2 つの井戸の距離とこれらの各月の地下水位差から動水勾配を求めた。また、G-G'断面では水深が浅く、わずかな水位変動でも流出部分の断面積の変化率が大きい、この流出部分の断面積も各月で算

図 11: 東添道流域の西側流域界北部の垂直電気探査結果柱状図

出した。

そして、各月の地下水流出量を 3.5 の式(1)より推定した。この範囲では南側からの流出量が多く、すべての流出量を合計すると、東添道流域から平良流域への地下水流出量は約 6,400～10,100m³/日と推定された(表 4)。

5 まとめ

- 白川田流域と東添道流域は独立した地下水流域であるとされていたが、本研究の結果、白川田流域の

図 12: 東添道流域の西側流域界北部付近の地下水位等高線図 (2013 年 9 月 19 日)

西側流域界北部では、大野越粘土の下位に帯水層を成す琉球石灰岩が分布し、また石灰岩中には地下水面も存在することが確認された。これにより、2 つの

表 4: 東添道流域の西側流域界北部において推定された地下水流出量

時期	流出範囲	地下水位標高(m)		2点間の距離(m)	動水勾配	流出部地下水位標高(m)	断面積(m ²)	透水係数※(m/sec)	流出量(m ³ /日)	合計流出量(m ³ /日)
		北側:12B-1 南側:底原水源	北側:8B-7 南側:21B-8							
2013/1/28	北側	6.54	2.58	229	0.0173	4.69	781	4.13×10 ⁻³	4813	10143
	南側	8.55	5.80	261	0.0105	6.44	1418	4.13×10 ⁻³	5330	
2013/2/13	北側	6.44	2.55	229	0.0170	4.62	759	4.13×10 ⁻³	4610	10030
	南側	8.47	5.40	261	0.0118	6.11	1289	4.13×10 ⁻³	5420	
2013/3/8	北側	6.25	2.28	229	0.0173	4.39	688	4.13×10 ⁻³	4255	9183
	南側	8.10	4.60	261	0.0134	5.42	1030	4.13×10 ⁻³	4928	
2013/4/23	北側	6.19	2.25	229	0.0172	4.35	676	4.13×10 ⁻³	4151	9109
	南側	8.16	4.04	261	0.0158	5.00	880	4.13×10 ⁻³	4958	
2013/5/24	北側	6.58	2.62	229	0.0173	4.73	794	4.13×10 ⁻³	4899	8745
	南側	7.69	5.37	261	0.0089	5.91	1213	4.13×10 ⁻³	3846	
2013/6/25	北側	6.41	2.48	229	0.0172	4.57	743	4.13×10 ⁻³	4553	8327
	南側	7.47	4.78	261	0.0103	5.41	1026	4.13×10 ⁻³	3774	
2013/7/30	北側	6.13	2.20	229	0.0172	4.29	658	4.13×10 ⁻³	4035	8414
	南側	7.84	3.83	261	0.0154	4.76	798	4.13×10 ⁻³	4378	
2013/8/30	北側	6.01	2.00	229	0.0175	4.13	612	4.13×10 ⁻³	3822	-
	南側	水源地揚水中	2.70	-	-	-	-	4.13×10 ⁻³	-	
2013/9/19	北側	6.02	2.08	229	0.0172	4.18	626	4.13×10 ⁻³	3839	8002
	南側	7.95	3.09	261	0.0186	4.23	627	4.13×10 ⁻³	4163	
2013/10/28	北側	5.86	1.82	229	0.0176	3.97	567	4.13×10 ⁻³	3562	-
	南側	水源地揚水中	2.26	-	-	-	-	4.13×10 ⁻³	-	
2013/11/28	北側	5.78	1.65	229	0.0180	3.85	534	4.13×10 ⁻³	3434	6393
	南側	7.48	2.26	261	0.0200	3.48	415	4.13×10 ⁻³	2960	
2013/12/24	北側	5.86	1.66	229	0.0183	3.89	545	4.13×10 ⁻³	3562	-
	南側	水源地揚水中	2.35	-	-	-	-	4.13×10 ⁻³	-	

※付近の底原水源の揚水試験結果を採用

流域は繋がっていることが明らかとなった。

- ・隣接流域との連結が指摘されていた東添道流域の北側流域界と西側流域界北部については、隣接流域との連結が改めて証明され、詳細な帯水層の形状が明らかとなった。
- ・各流域界における流出量は以下の通り推定された。
白川田流域の西側流域界北部(白川田流域から東添道流域への流出量):約 6,000~8,300m³/日
東添道流域北部(東添道流域から西添道流域への流出量):2,100~2,400m³/日
東添道流域の西側流域界北部(東添道流域から平良地下水流域への流出量):約 6,000~10,100m³/日

これらの流域外への流出量の合計は、白川田湧水の湧水量(約 22,000m³/日)、または宮古島市が水道水源として利用している地下水の量(約 20,000m³/日)と同程度であり、水道水源の取水量管理や新規水源開発等を行っていく上で重要な情報となる。

謝辞

本研究は、「平成 21 年度宮古島市地下水収支詳細調査業務」、および「平成 24・25 年度宮古島市水道水源流域保全調査業務」として行われたものの一部であり、調査検討会においてご指導頂いた元県立石川高等学校校長大城逸朗氏、元沖縄県企業局技術技幸喜稔氏、名桜大学国際学群田代豊教授、琉球大学渡久山章名誉教授、東京農業大学国際食料情報学部中西康博教授、元琉球大学大学院教授古川博恭氏に厚くお礼申し上げます。また本稿の公表を許可して頂いた宮古島市上下水道部にはここに感謝の意を表する。

引用文献

- [1] 今泉真之・前川統一郎・長田実也・富田友幸(1988):宮古島地下ダム計画の水利計算シミュレーションについて, 地下水学会誌, 30(1), pp.11-23. 沖縄総合事務局 八重山宮古総合農業開発調査事務所(1982):宮古島水文地質図
- [2] 古川博恭(1981):九州・沖縄の地下水, 九州大学出版, pp.293-296.
- [3] 宮古島市(2011):第3次宮古島市地下水利用基本計画, p.52.
- [4] 宮古島市(2014):平成24・25年度 宮古島市水道水源流域保全調査業務報告書, 第7章, pp.13-28.
- [5] 宮古島市上下水道部(2013):平成23年度宮古島市地下水水質保全調査報告書, p.21.
- [6] 宮古島市上下水道部(2016):平成28年度宮古島市地下水水質保全調査報告書, p.32.
- [7] 宮古島上水道企業団(1994a):上水道施設整備事業地下水開発工事(底原)報告書, p.27.
- [8] 宮古島上水道企業団(1994b):上水道施設整備事業・地下水開発工事(ニヤーツ)工事報告書, p.12.
- [9] 宮古島上水道企業団(1995):白川田・東添道流域内水源調査委託業務報告書, pp.1-127.
- [10] 宮古島上水道企業団(1996a):宮古島水道誌Ⅱ, pp.189-223, pp.329-334.
- [11] 宮古島上水道企業団(1996b):白川田・東添道流域内水源調査委託業務報告書, pp.1-37.
- [12] 宮古島上水道企業団(1997):白川田・東添道流域内水源調査委託業務報告書, pp.1-101.
- [13] 宮古島上水道企業団(1998a):平成10年度東添道流域・平良流域界地下水調査委託業務, pp.1-75.
- [14] 宮古島上水道企業団(1998b):白川田・東添道流域内水源調査概要書, pp.1-141.
- [15] 森 一司・浅野将人・窪田正和・菅原利夫・白川俊明・桑畑英紀(1997a):宮古島地下ダム流域に分布する琉球石灰岩の水文地質学的検討, 地質学雑誌, 103(5), pp.463-474.
- [16] 森 一司・加藤俊典・西田 研・小田友也(1997b):宮古島砂川地下ダム流域における垂直電気探査の適用性, 応用地質, 38(2), pp.54-64.

この論文の公開の質疑または討議は2018年6月30日まで受付けます。