

沖縄県宮古島市白川田地下水流域に分布する 琉球石灰岩の溶解速度検討

長浦 善之^{1*}・渡辺 俊一¹・中川 啓²・天野 弘基²・金城 京甫³

¹株式会社エイト日本技術開発（〒164-8601 東京都中野区本町5-33-11）

²長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科（〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14）

³長崎大学 環境科学部（〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14）

* E-mail: nagaura-yo@ej-hds.co.jp

本研究では、沖縄県宮古島市の白川田地下水流域に分布する琉球石灰岩の溶解速度を検討するために、室内実験を実施した。実験は、現地の琉球石灰岩の溶解に影響すると考えられている土中水と地下水を溶媒として、現地で採取した間隙率の異なる琉球石灰岩を各溶媒で溶解させた時の水質変化を測定した。実験の結果、土中水溶媒に投入した琉球石灰岩は、土中水中のCO₂と反応し、飽和状態に達するまで溶解した。この時のCa²⁺濃度は、白川田地下水流域の地下水中のCa²⁺濃度と同程度であった。このことから、白川田地下水流域の地下水は既に飽和状態となっており、地下水による琉球石灰岩の溶解は進行しなかったと考えられる。

Key Words : Ryukyu limestone, soil water, groundwater, laboratory experiment, CO₂ concentration

1. はじめに

沖縄県宮古島市の白川田地下水流域の湧水は、その湧出地の形状からはダルシーの法則では説明できないほどの湧出量となっており、流域内陸部まで空洞が広く分布し、その空洞に貯留された地下水がオーバーフローする、いわゆるパイプ流的な流出メカニズムが推測された¹⁾。このような空洞が存在した場合、沖縄本島でも発生している琉球石灰岩の陥没事故につながる恐れがあるとともに、陥没により空洞が閉塞されることで、地下水の流れが変化し、白川田地下水流域において、必要水量が確保できなくなることが懸念される。

本研究は、どの程度空洞化が進行すれば陥没につながるのかを検討するうえでの基礎資料とするため、琉球石灰岩の溶解速度を室内実験の結果から検討した。

2. 実験方法

(1) 琉球石灰岩の溶解のメカニズムと実施方針

琉球石灰岩の溶解は、(1)式に示すように琉球石灰岩の主成分である炭酸カルシウム(CaCO₃)がCO₂を含んだ水と反応することによって進行する。



当該地における琉球石灰岩の溶解は、土壤中を浸透した降雨（以下、「土中水」とする）に含まれるCO₂による影響、または地下水に含まれるCO₂による影響によって進行するものと考えられる。そこで本研究では、地下水と土中水が琉球石灰岩の溶解にどの程度影響するのか検討した。

(2) 実験に使用した試料と溶媒について

実験に使用した琉球石灰岩試料は、コア試料として採取したものの中から、高間隙率（有効間隙率26.8%）の試料と低間隙率（有効間隙率10.8%）の試料を選定した。さらに選んだ試料は厚さ1cm程度のタブレット状に整形して使用した。整形したタブレット試料の有効間隙率は、整形前の状態で測定した有効間隙率と同じであると考えた。

地下水溶媒は白川田地下水流域直近で採水したものを使用した。土中水溶媒は現地採水が困難であるため、模擬土中水として蒸留水を用いて精製した。土中水中のCO₂濃度は、土壤中のCO₂ガス濃度と平衡状態であると

考えられる²⁾。そこで、現地の観測孔内でCO₂ガス濃度を測定し、土中水を模擬するために適当なCO₂ガス濃度を決めた。CO₂ガス濃度は大気中ではおよそ0.03%であるが、土壤中に浸透していく過程で、有機物などの影響により1~10%まで上昇する³⁾。測定の結果、CO₂ガス濃度は深度ごとに濃度が上昇する傾向が見られ、地下水面直上では7~10%の値を示した。よって、本実験では現地測定結果の最大の値である濃度10%のCO₂ガスを蒸留水に封入して土中水を模擬した。

(3) 実験手順

高間隙率、低間隙率の試料を2個ずつ用意し、24時間105℃で炉乾燥させた後、地下水溶媒、土中水溶媒の入ったポリ容器にそれぞれ投入した。この時の溶媒の量は、炉乾燥後に測定した試料の乾燥重量に対して、固液比1:5とした。試料を投入したポリ容器を密閉したら、回転台の上に載せて、実験中は常時攪拌するようにした。図-1は実験装置の全体図である。試料投入直後を0時間とし、8時間ごとに溶液を少量採水してEC、pHを測定した。本実験開始前に予備実験を実施したところ、溶液は54時間以降に平衡状態に達すると考えられた。本実験では試料を溶解させ続けるために48時間ごとに溶液の交換を行った。交換した溶液はイオンクロマトグラフィによって分析した。実験は3回実施した。

3. 実験結果と考察

図-2は、高間隙率試料用いた溶解実験のCa²⁺濃度、EC、pHの時間変化である。土中水溶媒では、Ca²⁺濃度、EC、pHは経過時間に比例しており、上昇傾向を示した。地下水溶媒では概ね横ばいの傾向を示した。土中水溶媒が飽和状態に達した時のCa²⁺濃度は100~120mg/Lであり、これは地下水中のCa²⁺濃度と同程度であった。このことから、白川田地下水流域の土中水は、琉球石灰岩中を浸透する過程でCa²⁺濃度が飽和状態となって地下水中に供

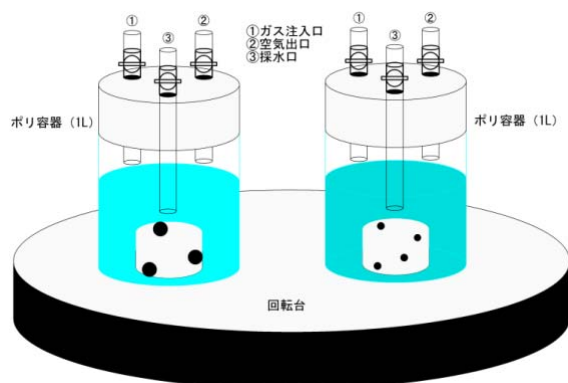


図-1 実験装置の全体

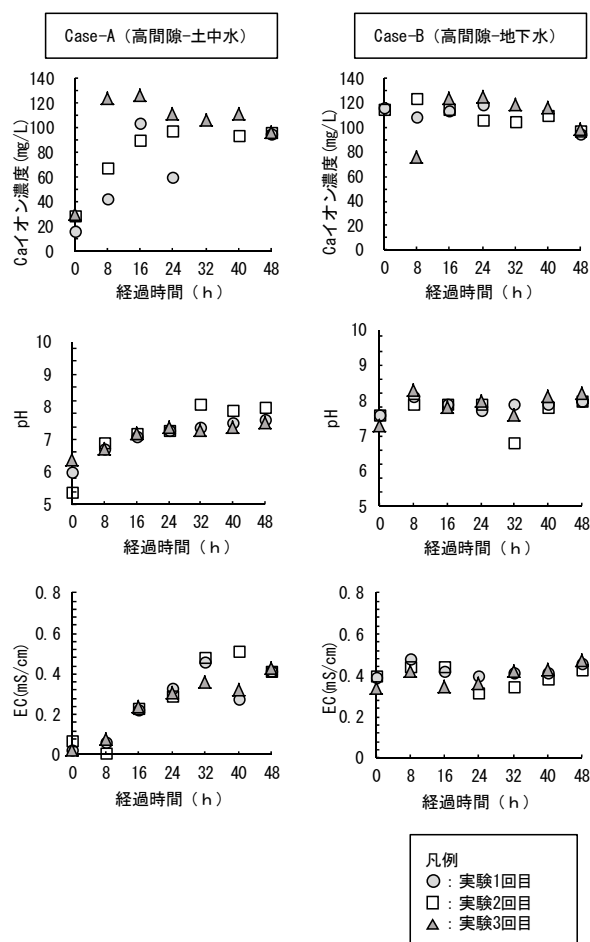


図-2 各条件におけるCa²⁺濃度、pH、ECの時間変化

給されており、地下水では溶解は進行しないと考えられる。なお、土中水が飽和状態に達するまでの時間は、琉球石灰岩と反応するCO₂濃度によって変化することが示唆された。

謝辞：本研究は平成29年度地下水保全調査業務として行われたものの一部であり、調査委員会においてご指導頂いた元琉球大学教授黒田登美雄氏、琉球大学農学部地域農業工学科酒井一人教授、元琉球大学教授新城俊也氏、名桜大学国際学群田代豊教授、元沖縄県企業局企業技監幸喜稔氏に厚く御礼申し上げる。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。

参考文献

- 1) 宮古島市：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，環境工学研究論文集，p.8-13,2014.
- 2) 藤縄克之：環境地下水学，共立出版，pp.153-154,2010.
- 3) 濱田洋平，田中 正：厚い土層におけるCO₂濃度および地温の多深度同時測定，日林誌，90，6，pp.415~419,2008.