

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H03310

研究課題名(和文) 島嶼系石灰岩層の水資源のサステナブル利用に向けた総合的環境影響評価

研究課題名(英文) Totally environmental study for sustainable use of water resources in island limestone aquifer

研究代表者

中屋 眞司 (Nakaya, Shinji)

信州大学・学術研究院工学系・教授

研究者番号：70313830

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、島嶼系の石灰岩帯水層に焦点を当て、全体構想として「島嶼系石灰岩層の水資源のサステナブル利用に向けた総合的環境影響評価」を目的に、1) 陸域石灰岩帯水層のCO₂高溶解性評価のための溶解速度および溶解による力学的脆弱化を予測し、2) 島嶼の石灰岩体の淡水リザーバー形成による塩水-淡水境界の塩分輸送挙動評価のため、空隙構造から透水媒体へ変換する階層的数理シミュレーションモデルとそのモデルによる淡水リザーバー(浮遊型地下ダム)の脆弱性を評価、3) 島嶼の石灰岩帯水層の人工的反復水循環利用された陸域地下水の海底湧水を経由した沿岸域リーフ(サンゴ礁池)への影響評価と評価モデルの構築を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

・急速なCO₂削減と島嶼の淡水資源貯留や利用に対する負の側面の基礎研究であるので、温暖化対策だけでなく、環境問題など、幅広い意味で社会に与えるインパクト・貢献が期待できる。
・新海洋基本計画(2013年に改正)や水循環基本法(2014)の中で、「沿岸域の総合的管理」、「健全な水循環の確保」が強く求められている。特に、島嶼地域においては、島の個性に応じて陸域と海域を一体かつ総合的に管理する「島嶼型の総合的沿岸管理」が求められており、工学・農学・理学の研究者による学際的な共同研究は、それに答えるだけでなく、新しい学問分野の開拓等、学術的な波及効果が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Sustainable use of water resources in island limestone aquifer was investigated at the following points.

1) The apparent dissolution rate of Ca in the Ryukyu limestone aquifer was estimated. Mechanical weakening due to porosity changes associated with limestone dissolution was predicted. 2) To evaluate the transport behavior of salt that occurs at the boundary between salt water and fresh water in island Ryukyu-limestone aquifer, a hierarchical mathematical simulation model for converting pore structure to permeable medium was studied, and the vulnerability of a floating-type underground dam, a freshwater reservoir was evaluated from a comparative study of laboratory experiments and simulations. 3) The effect of nutrients in groundwater on coral reefs via submarine groundwater discharge around the Yoron Island, Japan, was investigated from numerical simulation in spread of submarine groundwater due to tidal current in coral reef lagoon leading to the open sea.

研究分野：水文学

キーワード：琉球石灰岩 島嶼 淡水資源 海底湧水 栄養塩 リーフ 溶解 二酸化炭素

1. 研究開始当初の背景

地質学的な長期にわたる大気由来 CO₂ の最大のシンクは、炭酸塩岩の形成と天然ガス、石炭、石油などの地下に埋蔵した有機物生産である(Henry and Dianne, 2009)。しかし、産業革命以降の急激な CO₂ の増加に対する応答を考えると事情は異なり、100 年程度の時間スケールでの寄与の大きい CO₂ シンクとして、大気-海洋、大気-陸水の炭素交換能が重要な役割を果たす(例えば、Shiklomanov, 1993; Zaihua Liu et al., 2010)。100 年程度の時間スケールでは、陸域の 12% を占める炭酸塩の速い化学風化反応(溶食)が重要な役割を果たす。炭酸塩岩(CaCO₃ で代表させる)は水に溶け易く、大気に触れない条件で、反応式(CaCO₃ + CO₂ + H₂O → Ca²⁺ + 2HCO₃⁻)に従い、水に 1 モル溶ける(化学風化)とき、水中の大気由来 CO₂ を 1 モル消費する。私たちの考えは、人類活動により年間に排出される CO₂ (およそ 8PgC/年)を石灰岩帯水層に導入し、例えば、地下 50m までの水で飽和した領域にある陸域の全石灰岩層を、およそ 0.004%/年の割合で溶かすことができれば、計算上年間の全排出 CO₂ を石灰岩帯水層中に貯留することができるはずである。突破口を切り拓くためには、地下水中の数十年に渡る溶解速度を予測する方法と、負の側面である溶解に伴う地下空洞の発達予測法が必要である。石灰岩の溶解については、過去、室内および野外に設置した石灰岩タブレットの質量時間変化の測定、石灰岩流域の流出河川中の濃度時間変化など、表層水や雨水による ~10 年に渡る溶食速度を測定した研究がある。また、数千年~地質学的な時間スケールの削剥速度の研究はある。しかし、数十年の時間スケールで地下水にある石灰岩の溶解速度を直接、測定した研究は見当たらない。一方、地下水帯水層中では、深度 50m 以浅でも数十年の滞留時間を持つ水が比較的容易に見つかる。私たちは 2009 年から現在まで科研費補助金の支援を受け、地下水中の六フッ化硫黄(SF₆)とクロロフルオロカーボン類(CFCs)を年代トレーサーとして最近の ~50 年程度の地下水の年齢を測定する装置と測定法を開発してきた。1 年程度の測定精度で地下水の年齢が迅速で安価に測定できるまでになった。そこで、地下水の滞留時間と溶存 Ca の関係や他の物理測定から溶解速度を予測する研究へ進展させようと考え、現在、沖縄本島南端と与論島の琉球石灰岩帯水層をターゲットに研究を実施している。石灰岩の溶解の進行は、農業活動によって地下水がくり返し循環利用されていることと関係していると予想されるが、課題として残っている。また、陸域地下水が海底湧水として湧出しているため、陸域の栄養塩によるリーフ内のサンゴへの影響(成長阻害)が十分考えられるが、これも大きな課題として残っている。一方、非常にポーラスな琉球石灰岩の空隙構造や、空隙体積および空隙比表面積の分布が各々、ランダムであるのか、フラクタルであるのか、分かっていない。石灰岩帯水層の空隙構造がフラクタル(スケールフリー)であると、サンプルで得られた水理特性のフィールドスケールへの拡張が期待できる。

2. 研究の目的

「島嶼系石灰岩層の水資源のサステナブル利用に向けた総合的環境影響評価」を目指して、1) 陸域石灰岩帯水層の CO₂ 高溶解性評価のための溶解速度および溶解による力学的脆弱化を予測する式の定式化、2) 島嶼の石灰岩体の淡水リザーバー形成による塩淡水境界挙動評価のための階層的数理モデルとそのモデルによる脆弱性評価、3) 島嶼の石灰岩帯水層の人工的反復水循環利用された陸域地下水の海底湧水を經由した沿岸域リーフ(サンゴ礁池)の水質・サンゴ礁生態系への影響評価と評価モデルの構築を目的とした 3 面からなる基礎研究を実施する。

3. 研究の方法

1) 陸域石灰岩帯水層の CO₂ 高溶解性評価のための溶解速度および溶解による力学的脆弱化を予測する式の定式化

溶解速度 D (モル/cm²/年)は、地下水中の Ca 濃度の時間変化 R (モル/L/年)と単位体積の水と接触する石灰岩空隙の表面積 S (cm²/L)から、 $D=R/S$ として決定する。しかし、 S の測定が困難であるため、本研究では、流動経路上の地下水の滞留時間と溶存 Ca 濃度、CO₂ 分圧の関係と、 S や空隙分布のフラクタル性を調べ、高い CO₂ 分圧を持つ地下水で起こる琉球石灰岩の溶解速度を、測定可能な複数のフラクタルパラメータを用いて、数十年の時間スケールで予測する簡単で精度の高い予測式を見出す。また、弱酸性水を岩石サンプルに適用して溶食による空隙の拡大を実験室で生じさせ、空隙構造の変化(CT スキャン繰り返し)と弾性波速度の変化を計測し、空隙分布のフラクタルパラメータを用いて、弾性波速度から決まる弾性定数の低下として力学的脆弱化を予測する式を導く。

2) 島嶼の石灰岩体の淡水リザーバー形成による塩淡水境界挙動評価のための階層的数理モデルとそのモデルによる脆弱性評価

島嶼の石灰岩体の淡水リザーバー形成による塩淡水境界挙動評価のため、石灰岩サンプルの X 線 CT スキャンから得た空隙体積および、空隙位置分布のデータを用いて決定したフラクタル性に基づいて、多数の階層的透水ブロックの集合として表す階層的数理モデルを複数の石灰岩サンプルについて構築し、別に行うサンプルの透水実験と塩水移行実験の実測値と、数理モデルを用いた数値シミュレーションが一致するような最適な階層的数理モデルを構築する方法を研究する。残留塩分濃度分布がモデルから推定できるはずで、残留塩分が生じないような海水の淡水への置き換えが検討できる。これができるれば、フラクタル性に基づいてモデルを野外スケールに拡張できるはずである。

3) 島嶼の石灰岩帯水層の人工的反复水循環利用による沿岸域リーフ(サンゴ礁池)の水質・サンゴ礁生態系への影響評価と評価モデルの構築

細菌が放出したポリアミンが石灰化を促進する(Yasumoto et al., 2014)ことやリン酸や窒素などの栄養塩がサンゴの石灰化を阻害しているという報告がある。水中のリンや窒素などの栄養塩、微量元素・主要溶存成分を分析して、陸域からリーフへの水質負荷を明らかにする。また、与論島を対象に沿岸リーフ域の3次元(3D)モデルを構築し、リーフ内の水温・塩分・水質の流動解析と物質循環解析など数値シミュレーションを実施し、沿岸部の海底湧水のサンゴ礁への影響に焦点を当て、物質の挙動と栄養塩による環境影響を明らかにする。それらの成果を元に「島嶼型の総合的沿岸管理」を提言する。

4. 研究成果

(1-1) 琉球石灰岩の溶解速度

溶解速度 D (モル/cm²/年) を求めるため、沖縄本島南端の琉球石灰岩帯水層を対象に、井戸水を採取し、一般水質と水中のSF₆ガス濃度から地下水の滞留時間 t_R を測定した。地下水中のCa濃度の時間変化 R (モル/L/年) (図-1.1) と琉球石灰岩サンプルの X 線 CT スキャンから測定した単位体積の水と接触する石灰岩空隙の表面積 S ($=2.98 \sim 4.48 \text{ m}^2/\text{L}$) から、 $D=R/S$ として琉球石灰岩の溶解速度 D を決定したところ、亜熱帯地域の盛んなバクテリア活動のため水中のCO₂濃度が0.8~6%と高いにもかかわらず、 t_R が15~35年の間では $2.70 \times 10^{-9} \sim 4.06 \times 10^{-9}$ モル/cm²/年を得た。この結果は予想に反して深海域のカルサイトの溶解速度測定値や室内実験値に比べて2オーダー小さい。これは、溶解初期に急速に溶けた後、地下ダムのために琉球石灰岩帯水層中の滞留性の地下水の中でカルサイトに飽和した状態で20年間、滞留していたからであろう。したがって、もしも人為的に地下水が流動しない状態に保てるならば、溶解を大きく遅らせることが可能であると考えられる。このことは地下CO₂貯留に好都合である。しかし、サンゴの石灰化によって形成されたアラゴナイト(CaCO₃)の飽和度は飽和から未飽和に移行している。また、CO₂の水和反応は進み、pHは7.4から6.8に低下しており、地下水で酸性化が進行することは避けられない。琉球石灰岩の溶解速度はCO₂濃度以外に、地下水流動速度の関数になることが予想された。このことは予期せぬことであったため、目的の1つである石灰岩の溶解速度の定式化は実現できなかった。

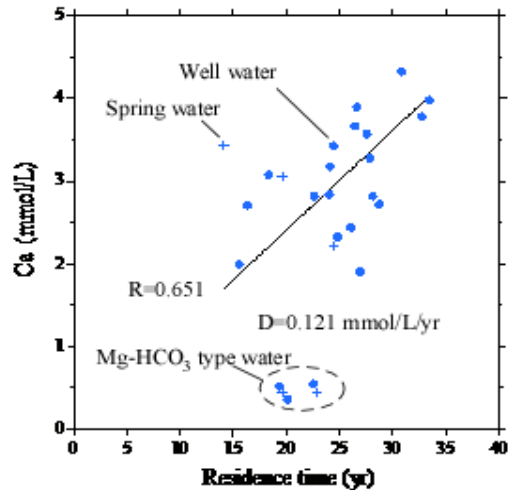


図-1.1 地下水中のCa濃度の時間変化.

(1-2) 石灰岩層の力学的脆弱化

溶解に伴い石灰岩層の脆弱化が懸念される。溶解による孔隙率の増加に伴う圧縮強度の変化を実験で調べた。炭酸カルシウム製の文具用チョークに、方向、大きさおよび個数の異なる削孔を行い、孔隙形状の異なる様々な供試体に対して一軸圧縮試験を実施してそれらの圧縮強度 q_u を単位体積重量 γ_d の関数として求めた(図-1.2)。溶解によって孔隙が増加した石灰岩の脆弱性は、自然の石灰岩の $q_u=0.022(\gamma_d/9.8)^{8.7}$ を用いて評価できることが示唆された。変形係数 E_{50} と q_u の関係は孔隙の方向、大きさ(微視的空隙~地下空洞相当レベル)や個数によらず、原点を通る直線 ($q_u=0.0064E_{50}$) で近似できることが分った。したがって、石灰岩の弾性係数を弾性波探査などによって現地計測することができれば、圧縮強度を推定できるとともに、孔隙率も推定できる。今後、後述する琉球石灰岩の空隙構造の評価法の研究が進むことを期待する。

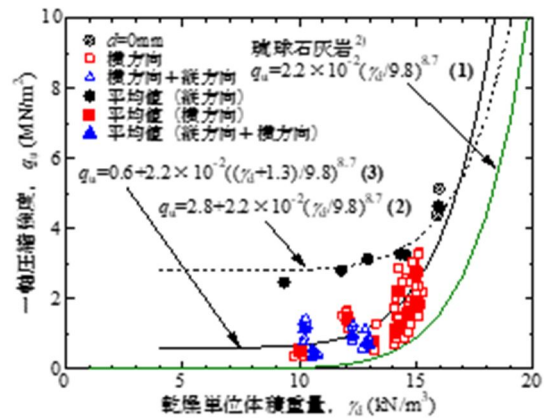


図-1.2 単位体積重量と一軸圧縮強度の関係.

(2-1) 琉球石灰岩体の空隙構造のモデル化

琉球石灰岩から円柱サンプルを切り出し、X線CTスキャンによってその空隙を検出した。まず、空隙と基質に二値化することによって空隙構造を空隙ボクセルの集合体に変換し、空隙ボクセルに基づいて琉球石灰岩体の空隙構造を統計的に評価した。直径100mm, 50mm, 6mmの合計18体の琉球石灰岩円柱サンプルから、1m³当たりの空隙クラスターの体積と空隙表面積について、積算頻度分布を各々、示した(図-2.1, 2.2)。空隙クラスターの体積分布と空隙表面積分布両方に対し、広い範囲でフラクタルであることが示唆される。島嶼のスケールでフラクタル性が保持されているかは不明であるが、空隙のフラクタル性(スケールフリー)に基づけば、島嶼の琉球石灰岩帯水層の空隙構造が数値モデル化可能ということになる。このことは、

島嶼の3次元数値モデル化を容易にし、様々な条件下でフローティング地下ダムの立地に伴う淡水リザーバーの形成について数値シミュレーションが可能となる。今後、島嶼スケールで空隙がフラクタル性を有しているか研究の焦点になるだろう。

(2-2) 淡水リザーバー形成による塩淡水境界挙動評価のための階層的数値モデルとそのモデルによる脆弱性評価

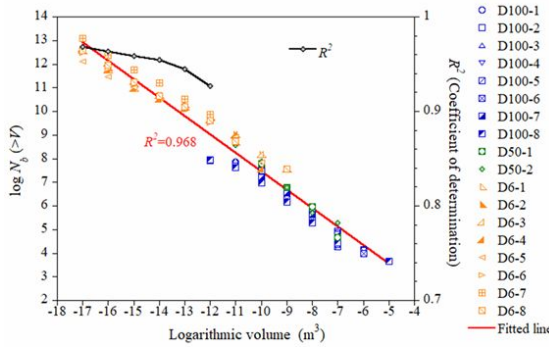


図-2.1 1m³ 当たり空隙クラスターの体積の頻度分布.

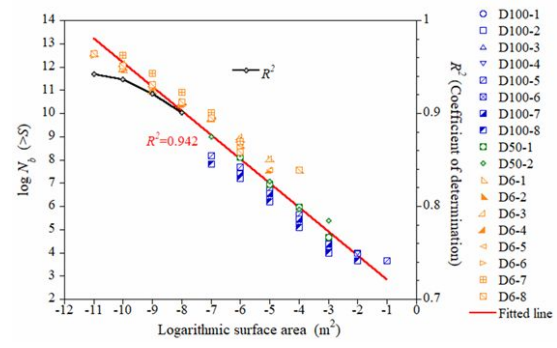


図-2.2 1m³ 当たり空隙クラスターの表面積の頻度分布.

ここでは、塩淡水境界挙動評価可能な有限要素数値モデルを構築するため、琉球石灰岩空隙構造と等価な多孔質媒体モデルへ変換する方法と、そのモデルによって、上方から浸透した淡水(雨水)が海水を置換して淡水リザーバーを形成する室内実験をシミュレーションし、脆弱性を評価、検討した研究成果を示す。まず、琉球石灰岩サンプルの X 線 CT スキャンから、CT 値と空隙率の間に線形関係がある(増岡, 2016)として、CT 値 0 を空隙率 100%、255 を空隙率 0%として、解析格子を CT 値に応じて 12 のグループに分割することで、空隙率の不均質性を持った等価多孔質媒体モデルに変換した(図-2.3)。各グループの CT 値と空隙率を表-2.1 に示す。淡水浸透シミュレーションをするためには、各要素の空隙率を浸透率に変換する必要がある。そこで、琉球石灰岩サンプルからコアリングし、X 線 CT スキャンから 3mm 角の立方体範囲での空隙ローカルモデルを作成し、それらに対してナビエ・ストークス方程式を解く流体シミュレーションを解析コード「poreFoam」(Mostaghimi et al., 2013)を用いて実施し、空隙率と浸透率の関係を得た(図-2.4)。空隙率が 0.1 以下の部分の浸透率が欠落しているが、実際には空隙率が 0.1 付近で急激に低くなるような近似曲線になる可能性が考えられる。淡水浸透実験の多成分多相流解析コード「TOUGH2-MP」を用いた淡水浸透シミュレーション結果から、空隙率が 0.1~0.14 以下の部分が $3.5 \times 10^{-17} \text{m}^2$ 以下の低浸透率を持つとその部分で塩分が長時間残留するテーリング現象を起こし、実験が再現できた。琉球石灰岩中の液相での塩分移行の遅延現象の主な原因は、同石灰岩は移流が卓越する主要な空隙部分と拡散が支配的な極低透水のマトリックス部分が混在する二重空隙的な物質移行挙動によるものである。塩水-淡水境界の塩分移行挙動を同モデリング手法によって再現できることが明らかになった。今後、島嶼スケールでの淡水レンズ形成挙動の評価への拡張が研究の焦点になるだろう。

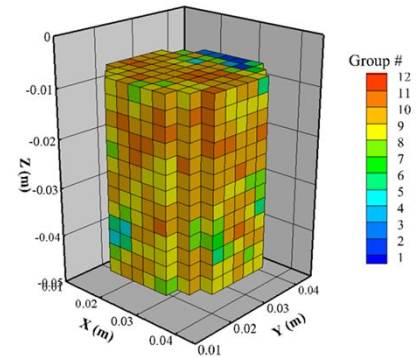


図-2.3 CT 値に応じて空隙率の異なる 12 グループに分割した等価多孔質媒体モデル

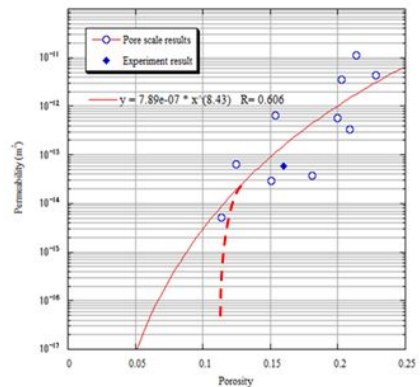


図-2.4 空隙ローカルモデルの流体解析から求めた空隙率と浸透率の関係.

表-2.1 各グループ(No)の CT 値と空隙率 n の関係

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CT 値	70-90	90-110	110-130	130-150	150-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240
n	0.647	0.569	0.490	0.412	0.333	0.294	0.255	0.216	0.176	0.137	0.098	0.059

(3-1) 与論島の琉球石灰岩帯水層の陸水と海底湧水の化学特性の評価

与論島内の井戸水 14 か所と海底湧水 7 か所の化学特性を比べた(図-3.1)。陸域地下水の NO₃-N は、4.7±1.3 mg/L、海底湧水の NO₃-N 濃度は、3.5±2.7 mg/L で、陸域の NO₃-N はほとんど希釈されないで海底湧水として海域に流出していることが分かった。リン P については、地下水中のオルトリン酸 Col-P 及び全リン ICP-P 濃度は、0.003 ± 0.003 mg/L, 0.042±0.009 mg/L, 海底湧水中の Col-P 及び ICP-P 濃度は、0.030 ± 0.008 mg/L, 2.259 ± 0.157 mg/L であった。沿岸部で蓄積された P が海底湧水から海域へ流出していると考えられる。また、陸域地下水の滞留時間 t は、14.4 年±6.9 年、海底湧水の t は、14.9 年±5.3 年で、海底湧水は、陸域地下水が短時間に押し出されたものであると考えられる。したがって、陸域の人間活動によって生産された栄養塩である N や P が海底湧水を経由して海域に流出してサンゴ礁に到達すれば、成長阻害を引き起こすと考えられる。

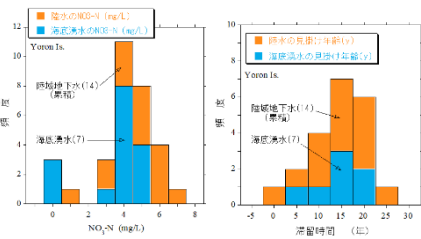


図-3.1 与論島の井戸水 14 か所と海底湧水 7 か所の NO₃-N 濃度と地下水滞留時間。

(3-2) 与論島の海底湧水を経由した陸水による沿岸域リーフのサンゴ礁生態系への影響評価

海底湧水を経由して海域に流出する陸水の拡がりを 3 次元流動シミュレーター Fantom Refined(新谷, 2017) を用いて、礁池内(図-3.2)の海底地形測量と既存海底地形データを組み合わせ、東西方向に 32km、南北方向に 25.6km の範囲を計算領域とし、領域の外側の境界に潮位の変動、潮汐、を与えて、6 日間の領域内の流れ場を 3 次元流動シミュレーションした。海底湧水は潮位によって湧水量が変動することが観測されたので、潮位と湧出量の関係を潮位記録に当てはめて、時間変動する海底湧水量を海底面に与えた。図-3.3 に小潮期の平均的な流れ(潮汐残差流) 図-3.4 にサンゴ被度と小潮期の海水中的湧水の濃度分布の結果を示す。海底湧水は下げ潮時に南へ、上げ潮時に北へ拡がること、サンゴ被度が低い北東部から北部の湧水濃度が高くなりやすい(平均的に北へ拡がる)ことが分かった。海底湧水がサンゴ礁まで広がっていること、サンゴ被度が小さい寺崎・黒花域で海底湧水の濃度が高く、蓄積性も見られることから、陸水の栄養塩の影響が及んでいる可能性がある。陸域の人間活動の影響が海域のサンゴ礁まで及んでいる可能性が大きいことを示すことができた。今後は、サンゴ礁の周りの海底の砂に吸着しているリン濃度分布の調査が期待される。

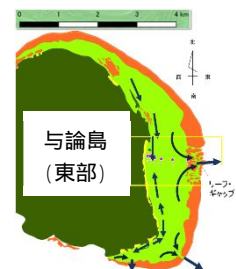


図-3.2 与論島(東部)と沿岸域リーフ。

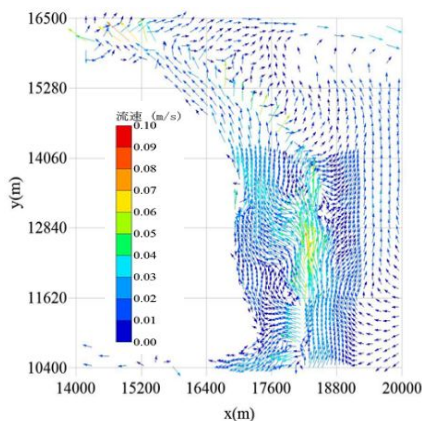


図-3.3 小潮期の平均的な流れ(潮汐残差流)。

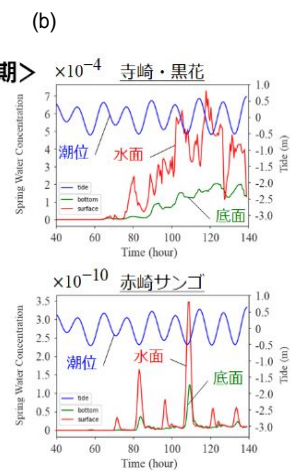
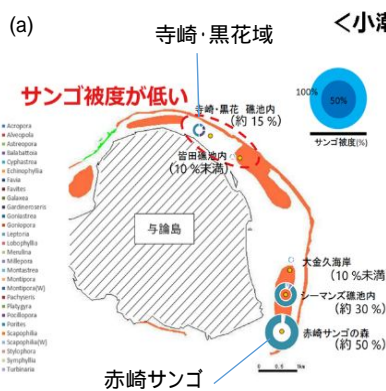


図-3.4 (a)サンゴ被度と (b)小潮期の海水中的湧水の濃度。

<参考文献>

Henry and Dianne, 2009. *Geomicrobiology*. 5th Edition CRC Press, United States. 157-189.
 Mostaghimi et al., 2013. *Mathematical Geosciences*, 45, 103-125.
 Shiklomanov, 1993. Oxford University Press, New York, 13-24.
 Yasumoto et al., 2014. *Marine Biotechnology*, 16:465-474.
 Zaihua Liu et al., 2010. *Earth-Science Reviews* 99 (3-4), 162-172.
 新谷哲也, 2017. 土木学会論文集 B1(水工学), 73(4), I_967-I_972.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Shinji Nakaya, Jun Yasumoto, Phan Min Ha, Hideto Aoki, Fumiya Kohara, Harue Masuda, Kentaroh Masuoka	4. 巻 32
2. 論文標題 Hydrochemical Behavior of an Underground Dammed Limestone Aquifer in the Subtropics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Hydrological Processes	6. 最初と最後の頁 3529-3546
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/hyp.13277	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Iijima M, Yasumoto K, Yasumoto J, Yasumoto-Hirose M, Kuniya N, Takeuchi R, Nozaki M, Nanba N, Nakamura T, Jimbo M, Watabe S	4. 巻 21(2)
2. 論文標題 Phosphate Enrichment Hampers Development of Juvenile Acropora digitifera Coral by Inhibiting Skeleton Formation.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine biotechnology (New York, N.Y.)	6. 最初と最後の頁 291-300
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10126-019-09880-3. Epub 2019 Feb 12.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kentaroh Masuoka, Shinji Nakaya	4. 巻 54
2. 論文標題 Pore Structure Evaluation of Quaternary Highly Vuggy Limestone by a Combination of X-ray CT Images of Differently Sized Cores	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Rock Mechanics and Rock Engineering	6. 最初と最後の頁 1919-1936
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00603-020-02352-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Iijima Mariko, Yasumoto Jun, Iguchi Akira, Koiso Kiyomi, Ushigome Sayaka, Nakajima Natsuki, Kunieda Yuko, Nakamura Takashi, Sakai Kazuhiko, Yasumoto-Hirose Mina, Mori-Yasumoto Kanami, Mizusawa Nanami, Amano Haruna, Suzuki Atsushi, Jimbo Mitsuru, Watabe Shugo, Yasumoto Ko	4. 巻 -
2. 論文標題 Phosphate bound to calcareous sediments hampers skeletal development of juvenile coral	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1098/rsos.201214	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 宮武 敦士・永田 翔・豊田 政史・新谷 哲也	4. 巻 76(2)
2. 論文標題 沖縄サンゴ礁海域特有の流れ場に関する 基礎特性解明のための数値実験	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I 1441-I 1446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Shinji Nakaya, Hai Chi, Kengo Muroda, Harue Masuda
2. 発表標題 Transportation and accumulation of geogenic arsenic (As) from soil water to paddy rice via irrigation water at Japanese paddy rice fields in river system
3. 学会等名 JpGU2018 (International session) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kaito Misawa, Shinji Nakaya, Kazunori Okajima
2. 発表標題 Feasibility study for toxicity evaluation of river sediments by bioassay using Chironomus yoshimatsui
3. 学会等名 JpGU2018 (International session: Poster) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中屋眞司・関谷龍都・高田遼吾・安元 純・益田晴恵
2. 発表標題 与論島の陸域地下水の海域への影響に関する予察的調査
3. 学会等名 日本地下水学会2018年春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野崎真司・安元純・安元剛・飯島真理子・中屋眞司・新城竜一・廣瀬美奈・浅井和見・益田晴恵・茂木勝郎
2. 発表標題 琉球石灰岩地域における土壌および地下水中のリン酸塩の形態別分析
3. 学会等名 日本地下水学会2018年春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飯島真理子, 安元剛, 神保充, 難波信由, 安元純, 廣瀬美奈, 渡部終五
2. 発表標題 リン酸塩を吸着したCaCO ₃ 基盤はサンゴの骨格形成を阻害する
3. 学会等名 マリンバイオテクノロジー学会大会講演要旨集 20th 87 2018年5月
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安元純, 野崎真司, 中屋眞司, 益田晴恵, 細野高啓, 土岐知弘, 新城竜一
2. 発表標題 琉球石灰岩地域の地下水
3. 学会等名 日本地球化学会年会要旨集(Web) 65th(0) ROMBUNNO.2D01(J STAGE) 2018年
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安元純, 野崎真司, RAZAFINDRABE Bam HN, 中屋眞司, 土岐知弘, 新城竜一, 安元剛
2. 発表標題 熱帯・亜熱帯島嶼地域における統合的水循環管理の在り方について
3. 学会等名 日本陸水学会大会講演要旨集 83rd ROMBUNNO.3A06
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野崎真司・安元純・浅井和見・中屋真司・安元剛・廣瀬美奈・新城竜一
2. 発表標題 与論島東海岸域における海底地下水湧出の湧出速度とリン酸塩濃度
3. 学会等名 農業農村工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野崎真司・安元純・前田達紀・中村 崇・中屋真司・浅井和見・茂木勝郎・益田晴恵・安元 剛 ・飯島真理子
2. 発表標題 与論島沿岸域における海底地下水湧出のモニタリングとサンゴの石灰化に及ぼす影響
3. 学会等名 日本地下水学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jun Yasumoto
2. 発表標題 Effect of submarine groundwater discharge containing phosphate on coral calcification
3. 学会等名 The American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永田翔・中屋真司・豊田政史・安元 純・新谷哲也
2. 発表標題 潮汐を考慮した与論島東部沿岸域における海底湧水の拡がりに関する数値計算
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安元純・上地安幸・村尾海・新城竜一・中屋眞司・高田遼吾
2. 発表標題 多良間島における淡水レンズの流動及び水質形成機構
3. 学会等名 日本地下水学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中屋眞司・出野達也・高田遼吾・安元 純
2. 発表標題 与論島の琉球石灰岩帯水層中の高CO ₂ の起源について
3. 学会等名 日本地下水学会春季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中屋眞司・出野達也・高田遼吾・安元 純
2. 発表標題 与琉球石灰岩帯水層の溶解に及ぼすバクテリアの影響について
3. 学会等名 日本地下水学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮武敦士・永田翔・豊田政史・新谷哲也
2. 発表標題 沖縄サンゴ礁海域特有の流れ場に関する基礎特性解明のための数値実験
3. 学会等名 土木学会第65回水工学講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅崎健夫, 河村 隆, 徳田大河, 外谷憲之
2. 発表標題 石灰岩を模擬したチョークの圧縮および引張り強度に及ぼす孔隙の影響 (その2)
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 飯島真理子, 安元 剛, 井口 亮, 水澤奈々美, 安元 純, 酒井一彦, 鈴木 淳, 岩崎晋弥, 木元克典, 廣瀬美奈, 神保 充, 渡部終五
2. 発表標題 蓄積型栄養塩のサンゴ骨格阻害メカニズムと影響評価法の構築
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会第23回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	豊田 政史 (Toyota Masashi) (60324232)	信州大学・学術研究院工学系・准教授 (13601)	
研究分担者	中屋 晴恵 (益田晴恵) (Nakaya-Masuda Harue) (70183944)	大阪市立大学・大学院理学研究科・教授 (24402)	
研究分担者	安元 純 (Yasumoto Jun) (70432870)	琉球大学・農学部・助教 (18001)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	梅崎 健夫 (Umezaki Yasuo) (50193933)	信州大学・学術研究院工学系・教授 (13601)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連 携 研 究 者	増岡 健太郎 (Masuoka Kentaro) (10393711)	大成建設株式会社・技術センタ - ・研究員 (92702)	信州大学大学院博士コース (2021. 3. に工学博士取得)

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関