

地下水性生物を指標とした 琉球列島の地下水環境評価基準の確立

藤田 喜久

沖縄県

1. はじめに

琉球列島には、琉球石灰岩で構成される島や地域が随所であり、地下水系が発達している。このような「地下水環境」には特殊かつ希少な生物が生息することが知られているが、近年、土地改良等による湧水の消失、地下水脈の分断と改変、地下水汚染が進行するなど、地下水環境の悪化が問題視されている。しかし、環境を評価するための指標は水質に関するもののみで、生物学的見地からの評価手法は確立されていない。

そこで本研究では、生物学的見地から地下水環境を評価するために必要な基礎的情報の収集を目的として、琉球列島の各島において地下水性生物の種組成と分布様式を解明するための野外採集調査を行う。

2. 材料と方法

琉球列島の地下水域に生息する生物相の解明を目的として、北大東島、南大東島、多良間島、与那国島の洞穴地下水域や湧水において野外採集を行った(図1、3-8)。各島の洞穴地下水域や湧水では、プランクトンネット・タモ網・トラップを用いて生物を採集した(図2A-E)。トラップの餌として、観賞魚用配合餌料(テトラ社製「テトラコリドラス」)をトラップごとに約10-15粒ずつ使用した。なお、与那国島および多良間島においては、洞穴や湧水の一部が天然記念物や史跡に指定されているため、現状変更申請を行い、許可を得た後に調査を行った。

また、各調査地点において、東亜ディーケーケー株式会社製の多項目水質計 WQC-24 を用いて、水温(°C)、DO(溶存酸素: mg/L)、pH(水素イオン濃度)、電気伝導度(S/m)、塩分、濁度(NTU)を計測した(図2F)。なお、地下水の水質調査では通常 R_{pH} 測定するが、本報告では WQC-24 水質計で計測可能な pH のみを示した。

採取された生物は、現地にて10%ホルマリンまたは70%エタノールにて固定し、研究室に持ち帰った。また、一部の地下水性コエビ類については、将来的な遺伝子研究のために、99%エタノールにて保存した。

なお、近年、沖縄に生息する固有生物・希少生物が興味本位で採集または売買され、問題となっている。したがって、本報告では、生物および洞穴環境の保全の観点から、生物の採集地(洞穴および湧水名)の記述は行わないこととする。

3. 結果と考察

1) 北大東島

北大東島における野外調査は2008年2月22-25日の1回行った。北大東島では、2カ所の洞穴地下水域と1カ所の地表水性の湧水を調査することができた(図3)。トラップ採集では何も採集できなかったが、プランクトンネットによる採集により、1カ所の洞穴湧水

においてカイアシ類の一種が採集された(表1)。また、外来生物としてスッポンが確認された。

北大東島では、現在も土地改良が頻繁に行われており、実際、調査を予定していた洞穴が消失していた(地元の人の話では、埋められたとのことである)。また、沖縄県天然記念物の洞穴である北泉洞付近でも、大規模な土地改良工事が行われており、落盤の危険から洞穴内に入る事ができなかった。

2) 南大東島

南大東島における野外調査は2007年11月29日-12月2日と2008年2月25-27日の2回行った。南大東島では、8カ所の洞穴地下水域を調査することができた(図4-6)。

トラップおよびタモ網による直接採集により、オハグロテッポウエビ、ドウクツヌマエビ、ヘリトリオカガニが採集された(表1)。また、プランクトンネット採集により、カイアシ類の一種と、テルモスパエナ目の一種が採集された(図10D)。外来生物として、オオヒキガエルが確認された。

今回の調査で特筆すべき発見のひとつは、先に挙げたテルモスパエナ目の一種の発見である。テルモスパエナ類は、温泉や地下水域などに生息する小型の甲殻類で、現在までにわずか4科7属33種しか知られていない。北太平洋海域からは全く発見されておらず、生物地理学上極めて重要な発見となる。また、今回の発見はテルモスパエナ類の国内初記録となる。標本の精査の結果からは、*Halosbaena* 属の未記載種である可能性が高く、現在、分類学的研究を進めている。南大東島を含む大東諸島は、約4800万年前に現在のニューギニア諸島付近で誕生し、島の沈降とサンゴ礁の隆起を経ながら移動してきたとされる(大東諸島移動説)。テルモスパエナ類は、卵を頭胸甲内に産みつけ、直達発生で浮遊幼生を持たないことが知られており、形態的にはオーストラリア産の種に最も類似していることなどから、南大東島の地史や生物相の成立過程を考える上でも極めて興味深い発見となる。しかし、南大東島においても、生息地洞穴の付近で土地改良が進んでおり、生活(農業)排水の流入が見られる洞穴もあった(図5A、B)。緊急な保護・保全策の立案と実行が必要であると思われる。

3) 多良間島

多良間島における野外調査は2007年11月10-12日の1回行った。多良間島では、6カ所の洞穴地下水域と井戸を調査することができた(図7)。

トラップおよびタモ網による直接採集により、オハグロテッポウエビ、ドウクツヌマエビ、チカヌマエビ、ヘリトリオカガニ、オカガニが採集された(表1)。この内、オハグロテッポウエビ、ドウクツヌマエビ、チカヌマエビ、ヘリトリオカガニは、多良間島からの初記録となる。また、プランクトンネット採集により、カイアシ類の一種が採集された(表1)。

多良間島は、洞穴湧水がすべて多良間村記念物(史跡)に指定されており、極めて良好に保たれていた。

4) 与那国島

与那国島における野外調査は、2007年10月25-28日と11月15-18日の2回行った。3

箇所の洞穴地下水域、3箇所の地表性の湧水において調査を行うことができた(図8)。洞穴地下水域においては、トラップおよびタモ網による直接採集によってドウクツヌマエビ、コンジテンナガエビ、ヘリトリオカガニが採集された。このうち、ドウクツヌマエビとヘリトリオカガニは与那国島からの初記録となる(表1)。地表水性の湧水においては、サキシマヌマエビ、タイワンペンケイガニ、ミズムシの一種(等脚目)(図10C)が採集された。ミズムシ類は、育苗内で発生が進み、浮遊幼生を持たない純淡水性生物である。したがって、与那国島の地史や生物相の成立過程を考える際の重要な研究対象となる可能性がある。また、ミズムシ類は、琉球列島から3種が知られているのみであり、未記載種の可能性もあるため、今後詳細な研究を行う必要がある。

また、2カ所の湧水では、プラナリアの一種(扁形動物門ウズムシ綱ウズムシ目)も確認された(図10F)。

5) 地下水性生物相と地下水環境の評価指標としての可能性

本研究においては、十脚目の甲殻類が最も多種多数採集された。北大東島、南大東島、多良間島、与那国島の洞穴地下水域と地表水性の湧水から、4科8属8種の十脚甲殻類が採取された。特に、多良間島と与那国島の洞穴地下水調査は、これまでに全く調査が行われていなかったことから、そのほとんどが初記録となった(表1)。

これらの十脚甲殻類のうち、洞穴地下水域から採集されたのは、4科6属6種(オハグロテッポウエビ、ドウクツヌマエビ、チカヌマエビ、コンジテンナガエビ、ヘリトリオカガニ、オカガニ)である(表1)。このうちのドウクツヌマエビとチカヌマエビは、眼が退化傾向を示し、体色が白色または赤色を呈すなどの特徴を有する地下水性に特有の種であった。ドウクツヌマエビは、環境省のレッドデータブックで絶滅危惧II類(VU)に、沖縄県版では絶滅危惧IB類(EN)に指定されており、チカヌマエビは、環境省版で絶滅危惧II類(VU)に、沖縄県版で絶滅危惧IB類(EN)に指定されている。一方、オハグロテッポウエビは、陸封潮溜(地下で海域と連絡のある汽水域)でのみ採取され、塩分が高い(2.0-7.3)地下水域でのみ採取された。なお、オハグロテッポウエビは、環境省版のレッドデータブックにおいて準絶滅危惧、沖縄版で絶滅危惧II類(VU)にそれぞれ指定されている。ヘリトリオカガニとオカガニは、陸性種であるが、小型個体は洞穴地下水域で見つかることが知られている。コンジテンナガエビは河川等の地表水に生息する普通種であり、洞穴環境には偶来したものと思われる。

オハグロテッポウエビ、ドウクツヌマエビ、チカヌマエビは、表1にまとめたように、琉球列島の様々な島で見つかっている。これらのエビ類の生活史はまだ明らかになっていないが、多数の島に生息していることから幼生は海流によって分散している可能性が高い。したがって、これらのエビ類が生息していることは、その洞穴湧水が海域とつながりを持っていることを示す。本研究では、魚類などの水棲生物は採集できなかったが、これらのエビ類が生息している洞穴地下水域には通し回遊性の生物が生息していることも十分に考えられる。また、本研究では、オハグロテッポウエビが比較的高い塩分の地下水域にのみ生息することが示された。ドウクツヌマエビは塩分0.3-2.0、チカヌマエビは塩分0.2-7.3と好塩分の幅が広いようであり、地下水性エビ類の分布パターンは、種によって異なる可能性が高い。今後、さらに多数の島々で同様の研究を行うことと、有機物量や汚染度などの

水質データと関連づけることで、これらの地下水性コエビ類が地下水環境を計る指標として用いられる可能性は高いものと考えられる。

一方、プランクトンネットを用いた採集調査によって、未記載と思われる微小甲殻類（カイアシ類、テルモスバエナ目の一種）が多数得られた。特に、カイアシ類は調査を行った島のすべてで採集された。小型種であることから種同定までは至らなかったが、地下水環境における重要な指標種となる可能性が考えられる。今後のさらなる研究が求められる。

琉球列島の地下水域の生物多様性に関する調査研究は、まだまだ十分とは言えない。未調査の島も多数あり、今後も興味深い発見が続くものと期待される。しかしその一方で、琉球列島の各島では、開発による湧水の消失、地下水脈の分断や改変、地下水汚染の進行など、地下水環境が悪化してきており、早急な現状調査・保全対策が求められる状況にある。特に、北大東島や与那国島では、洞穴自体が消失したり、ゴミ捨て場となっている場合があり、早急な保全の必要性を感じた。地下水域に生息する生物は、地下水環境を計る指標として利用できる可能性をもつばかりでなく、本研究でのテルモスバエナ目の一種の発見のように、島の地史や生物相の成立過程を考える際にも重要なものである。これらの生物がこれからも生き続けていけるような環境を残す努力が必要である。

4. 謝辞

まず、本研究に助成いただいた公益信託 TaKaRa ハーモニストファンドに感謝する。

各島における現地調査では、様々な方にお世話になった。

北大東島の調査では、北大東小中学校の中山愛子さんに現地案内をしていただいた。南大東島の調査では、南大東島まるごと館副館長の東和明氏に現地案内をしていただいた。多良間島の調査では、宮古島市総合博物館の砂川博秋氏に同行していただいた。また、多良間村教育委員会の皆様、とりわけ翁長艶子さんには、調査の実施や現地案内に際し便宜を図っていただいた。さらに、同村体験考房「無限塾」主宰の垣花昇一氏には、現地案内や、生物や環境に関する様々なお話を聞かせていただいた。与那国島の調査では、与那国町教育委員会の長濱利典氏に現地案内をしていただいた。また、同町のアヤミハビル館職員の村松稔氏にも様々な有益な情報をいただいた。洞穴調査は、現地の方々の協力無くしては効率的に行う事ができないものである。ここに記して、これらの方々に感謝の意を表したい。

表 1. 琉球列島の洞穴地下水域から得られた甲殻類.

(地表水性の湧水に生息する種は除いた. 丸印は本研究で採取されたことを示す. 十脚目に関しては, 過去の研究記録を星印で示した.)

	島 州	豊 後 郡 永 良 部 町	豊 後 郡 大 分 町	北 大 東 島	南 大 東 島	宮 古 島	伊 良 部 島	多 良 間 島	石 垣 島	黒 島	鳩 間 島	与 那 国 島
カイアシ綱 (カイアシ類)				●	●			●				●
軟甲綱												
テルモスパエナ目					●							
等脚目: ミズムシ亜目												●
十脚目												
テッポウエビ科												
オハグロテッポウエビ		★			●	★	★	●		★		
ヌマエビ科												
ドウクツヌマエビ					●	★	★	●	★	★		●
チカヌマエビ			★			★	★	●			★	
アシナガヌマエビ		★			★	★						
サキシマヌマエビ	★	★				★						
トゲナシヌマエビ	★	★				★						
ヒメヌマエビ		★										
<i>Caridina okinawa</i>			★									
クラヤミヌマエビ (仮称)						★						
テナガエビ科												
ウリガーテナガエビ						★						
オオテナガエビ		★				★						
コンジシテナガエビ		★	★			★						●
ミナミテナガエビ						★						
ヒラテナガエビ		★										
オカガニ科												
ヘリトリオカガニ		★			●	★	●	●		★		●
オカガニ		★				★		●				
モクズガニ科												
オオヒライソガニ						★						
ドウクツモクズガニ									★			

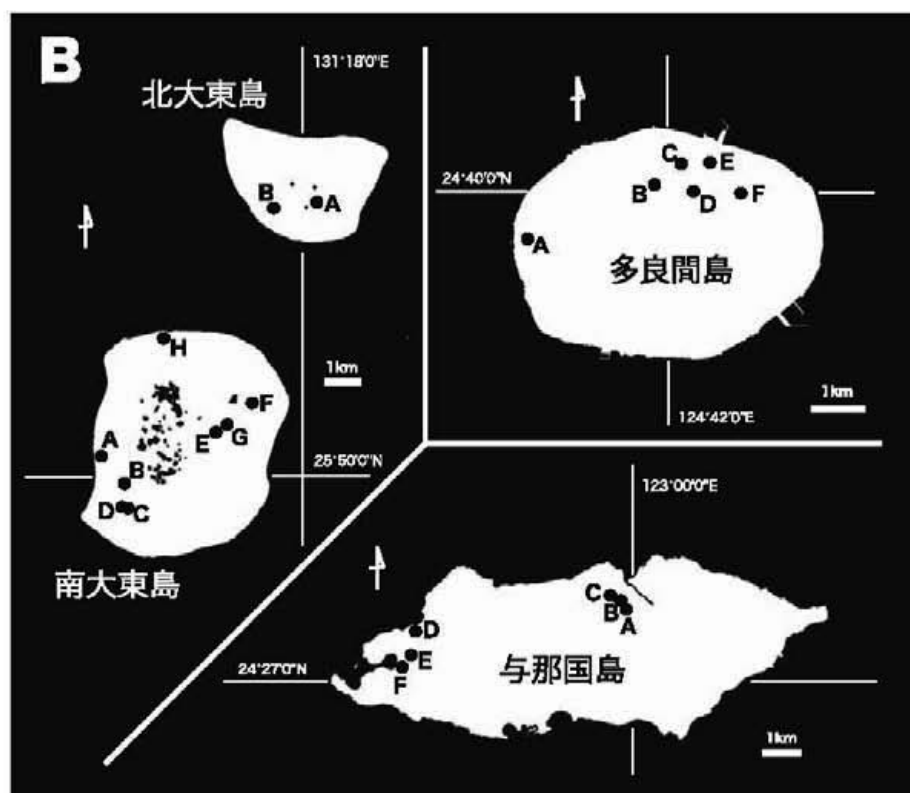
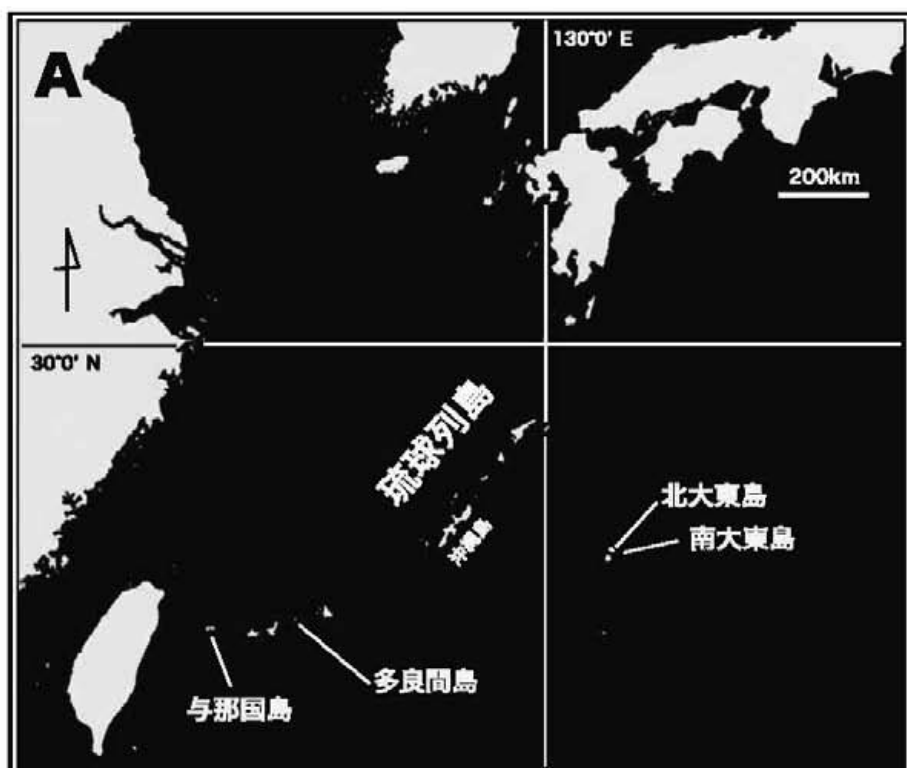


図1. 調査地. A, 琉球列島の全体図; B, 調査離島.

A**B****C****D****E****F**

図2. 調査の様子。 A, タモ網による採集; B, プランクトンネットによる採集; C, 柄付きプランクトンネットによる採集, 水深の浅い場所で行う; D, プラスチック製のトラップ(台湾製)による採集; E, トラップで採取された甲殻類; F, 多項目水質計 WQC-24による水質測定。

A**B****C****D****E****F**

図3. 北大東島の調査地と開発の現状。 A, 調査地点Aの湧水(写真右上付近にBの洞穴がある); B, 調査地点Aの洞穴地下水域; C, 調査地点Bの洞穴入口; D, 調査地点Bの洞穴内; E, 沖縄県天然記念物の北泉洞と周辺の土地改良工事; F, 土地改良工事の様子。かなり深く掘り下げられている様子がわかる。

A**B****C****D****E****F**

図4. 南大東島の調査地1. A, 調査地点Aの洞穴入口; B, 調査地点Aの洞穴内; C, 調査地点Bの洞穴入口; D, 調査地点Bの洞穴内; E, 調査地点Cの洞穴入口; F, 調査地点Cの洞穴内.

A**B****C****D****E****F**

図5. 南大東島の調査地2. A, 調査地点Dの洞穴内; B, 調査地点Dの洞穴にある排水管; C, 調査地点Eの洞穴入口; D, 調査地点Eの洞穴内; E, 調査地点Fの洞穴入口; F, 調査地点Fの洞穴内.

A**B****C****D****E****F**

図6. 南大東島の調査地3. A, 調査地点Gの洞穴入口; B, 調査地点Gの洞穴内のプール1; C, 調査地点Gの洞穴内のプール2; D, 調査地点Gの洞穴内のプール3; E, 調査地点Hの洞穴入口; F, 調査地点Hの洞穴内.

A**B****C****D****E****F**

図7. 多良間島の調査地. A, 調査地点Aの洞穴内の湧水点; B, 調査地点Bの洞穴入口; C, 調査地点Cの洞穴内の湧水点; D, 調査地点Dの湧水点; E, 調査地点Eの洞穴内の湧水点; F, 調査地点Fの湧水(井戸).

A**B****C****D****E****F**

図8. 与那国島の調査地。 A, 調査地点Aの湧水; B, 調査地点Bの湧水; C, 調査地点Cの湧水; D, 調査地点Dの洞穴内の湧水点; E, 調査地点Eの洞穴入口; F, 調査地点Fの湧水。

A**B****C****D****E****F**

図9. 本研究で採集された生物。 A, オハグロテツポウエビ; B, ドウクツヌマエビ; C, チカヌマエビ; D, サキシマヌマエビ; E, コンシンテナガエビ; F, ヘリトリオカガニ,

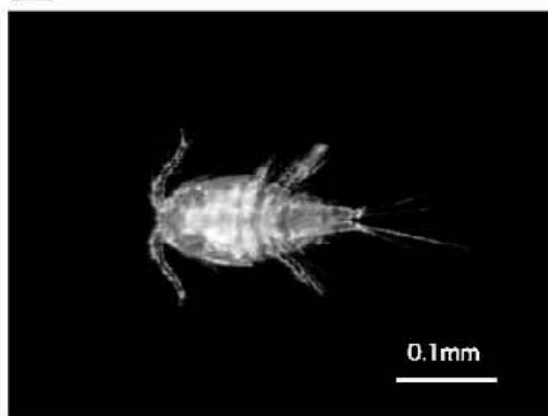
A**B****C****D****E****F**

図10. 本研究で採集された生物。A, オカガニ; B, タイワンベンケイガニ; C, ミズムシの一種(等脚目); D, テルモスパエナ目の一種; E, カイアシ類の一種(南大東島産); F, プラナリアの一種(扁形動物門ウズムシ綱ウズムシ目)。