

自然科学系プロジェクト報告書

サブプロジェクト名称

「海洋の恵み・神秘・驚異を科学する」

1 総括表

1-1 組織

| 氏名 | | 部門 |
|----|-------|------|
| 代表 | 田部井隆雄 | 理学部門 |
| 分担 | 宇田 幸司 | 理学部門 |
| | 遠藤 広光 | 理学部門 |
| | 佐々木邦夫 | 理学部門 |
| | 砂 長 毅 | 理学部門 |
| | 松岡 裕美 | 理学部門 |
| | 村田 文絵 | 理学部門 |

1-2 研究経費

総額 1,800 千円（うち大学改革促進経費 1,500 千円）

1-3 活動総表

| 事項 | | 件数等 | 金額（千円） | |
|----------|---------------------|--|--------|------------|
| 研究 活動 | 学術論文 | 16 編 | | |
| | 紀要 | 2 編 | | |
| | 報告書 | 0 編 | | |
| | 学会発表 | 21 件 | | |
| | セミナー・講演会・シンポジウム等の開催 | 0 件 | | |
| 地域貢献 | | 7 件 | | |
| 外部資金 | | | 科研費 | 8,745（6 件） |
| | | | 共同研究 | 320（1 件） |
| | | | 受託研究 | なし |
| | | | 奨学寄付金 | なし |
| | | | その他 | なし |
| | | | 合計 | 9,065 千円 |
| 特許等 | | 該当なし | | |
| その他特記事項 | | 報道 2011 年 9 月 30 日 NHK 徳島「阿波スペシャル—証言 徳島を襲った大津波—」（松岡裕美） | | |

2 研究概要

2-1 研究目的

高知県の風土・産業・自然環境を特徴づける多くの要因が太平洋起源である。太平洋の海洋環境そのものや、そこに存在する多様な生物の生態と進化、海洋物質の生成過程と資源の開発、さらには海洋環境が陸上生活に及ぼす影響などを科学的に解明することは、海洋立県高知に位置する大学の自然科学系分野にとって、重要な研究課題であるとともに責務でもある。このような趣旨の下で、自然科学系プロジェクトの一つとして、マクロ・ミクロ両面における海洋生物の生態と進化、海溝型巨大地震の履歴とメカニズム、海洋と熱帯降雨システムの関係の解明等を目指した学際的な海洋研究サブプロジェクトを実施する。自然を対象とした研究は地道なフィールドワークや基礎実験の積み重ねの上に成り立つものであり、複数年度にまたがる研究計画を立案する必要がある。具体的には下記の課題を設定する。

- (A) 高知県の様々な水域で魚類相の調査を実施し、高知県の魚類相に関する分類学的研究を行う。
- (B) 海洋無脊椎生物に存在するエネルギー代謝酵素の構造及び機能の進化を研究する。また、群体ホヤの多能性細胞で発現する遺伝子を同定し、幹細胞から細胞が分化する分子メカニズムを解明する。
- (C) 土佐湾沿岸部の湖沼における南海地震の津波堆積物の調査を行う。
- (D) 西南日本下に沈み込むフィリピン海プレートの運動を直接計測する GPS 観測を実施する。
- (E) バングラデシュにおいて竜巻やサイクロンなどが頻発するプレモンスーン季(3-5 月)におけるベンガル湾の役割を観測により明らかにする。

本サブプロジェクトの名称「海洋の恵み・神秘・脅威を科学する」と各課題との関連は、課題(A)は「海洋の恵み」、課題(B)は「海洋の神秘」、課題(C)-(E)は「海洋の脅威」に対応する。

2-2 研究成果

具体的な研究成果は各研究者ごとに後述する。今年度の研究テーマと概要は以下の通りである。

「海洋の神秘」関係

- ・宇田幸司／海洋無脊椎生物に存在するエネルギー代謝酵素の構造及び機能の進化
- ・砂長毅／群体ホヤにおける生殖細胞形成機構の解明

両名とも室内実験を基礎とし、前年度の実験・解析結果に基づいて今年度の研究を発展させた。宇田は海洋無脊椎動物のエネルギー代謝酵素フォスファゲンキナーゼ (PK) に着目し、前年度に PK 遺伝子の単離に成功したが、今年度はさらに別の動物からの単離にも成功し、海洋無脊椎動物の PK 遺伝子の分布とその構造と機能の進化について多くの知見を得た。砂長は群体ホヤの生殖細胞の発生・分化機構の解明を通じて動物生殖細胞機構の本質に迫ろうとしている。今年度は抽出した mRNA の塩基配列を解析しデータベース化した。また、胚発生過程における生殖系列細胞の形成をマーカー遺伝子の発現を目印に観察し、減数分裂マーカーの探索とその発現検出系を確立した。

「海洋の恵み」関係

- ・遠藤広光／高知県の魚類相の解明および魚類の分類学的研究
- ・佐々木邦夫／分類学的形質としての側線系の再評価

高知県には非常に多種類の魚類が生息する。遠藤はこれまでに採集された標本を中心に未記載種や未記録種に関する分類学的研究を進めている。前年度は潜水による魚類採集を行い、貴重な標本を得た。今年度は台風接近により夏季の採集は中止となったが、未記載種の論文出版に力を注いだ。佐々木は魚類の分類学的形質としての側線神経系に注目し、生態発光染色法を導入して、多数の分類群で側線系とその神経支配を観察している。今年度は10種類の科の観察を行い、全てにおいて表在感丘の存在を確認するなど、従来の教科書的イメージを崩す発見をした。

「海洋の脅威」関係

- ・田部井隆雄／西南日本の地殻変動場を読み解く ―今なぜ瀬戸内海に注目するか―
- ・松岡裕美／津波堆積物からみた南海地震の履歴 ―四国東岸域における調査より―
- ・村田文絵／バングラデシュにおけるGPS可降水量の変動とその原因

田部井はフィリピン海プレートの挙動を決定するために、前年度は伊豆諸島北部銭洲岩礁でGPS観測を行ったが、今年度は相次ぐ台風接近により予定した観測がすべて中止となった。そこでプレートに沈み込まれる側の西南日本内陸部に目を転じ、瀬戸内海付近の地殻変動場の理解の重要性を論じた。松岡は、湖沼に保存された津波堆積物の解析から、過去のプレート間巨大地震の活動履歴を解明する作業を長年続けている。今年度は徳島県の2ヶ所でコア試料を採取したが、津波堆積物と断定できる結果は得られなかった。こうしたコア採集作業は、九州東岸から東海地方沿岸に至る長大な領域で実施されている。村田は世界でも最多雨地域であるバングラデシュの降水システムの解明に取り組んでおり、今年度は田部井の協力を得て精密GPS観測による可降水量測定を実施した。これはバングラデシュの気象観測にGPSを導入した先駆的研究であり、サブプロジェクトメンバー間の研究協力を促進する上でも大きな貢献をした。

今年度の7名の研究成果をまとめると、査読付き学術論文16編（英文15編，和文1編），査読なし紀要・報告書等2編，学会発表21件（国内18件，国際3件），セミナー・講演会・シンポジウム等の開催0件，地域貢献活動7件となる。また外部資金獲得状況は，科学研究費補助金6件8,745千円（代表4件，分担2件），共同研究1件（代表）320千円である。

最後に，平成24年2月21日（火）13:30より，総合研究棟プレゼンテーション室において，平成23年度自然科学系サブプロジェクト「海洋の恵み・神秘・脅威を科学する」成果報告会を開催したことを報告する。自然科学系理学部門の教員，大学院理学専攻の院生，理学部学生など約25名の参加者があり，16:00までの2時間30分にわたって7件の発表と活発な討論が行われた。

2-3 特筆すべき事項

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の発生を受け，これまで存在が知られていながら防災対策が講じられていなかった連動型プレート間超巨大地震に対する対策が全国的急務となった。津波堆積物から過去の巨大地震の活動履歴を解明する研究にも大きな焦点が当てられ，マスコミ報道にもたびたび取り上げられている。一例を挙げると，2011年9月30日NHK徳島放送で「阿波スペシャル―証言 徳島を襲った大津波―」において研究成果が紹介された（松岡裕美）。

海洋無脊椎生物に存在するエネルギー代謝酵素の構造及び機能の進化

● 宇田 幸司（自然科学系理学部門）

1. 研究目的

フォスファゲンキナーゼ (PK) とは ATP のリン酸基をグアニジノ化合物に転移し、高エネルギー化合物であるフォスファゲンを合成する反応を可逆的に触媒する酵素群の総称である。そして、PK はこの反応によって細胞内の ATP 濃度を一定に保つ働きをすることでエネルギー代謝において重要な役割を担っており、全ての動物に存在することが知られている。

脊椎動物には PK としてクレアチンを基質とするクレアチンキナーゼ (CK) のみが存在し、無脊椎動物ではアルギニンを基質とするアルギニンキナーゼ (AK) が一般的に存在するとされている。しかしながら、我々のこれまでの研究によって海洋無脊椎動物にはこれらに加えて様々な基質を利用する PK が存在することが明らかとなってきた。

本研究では、海洋に生息する様々な無脊椎動物から PK 遺伝子を単離し、その詳細な酵素機能の検討を行う。これにより、海洋無脊椎動物に基質の異なる PK がどのように分布して存在するか、またそれらの構造と機能の進化について明らかにすることを目的とする。

2. 研究結果

(1) 成果

様々な海洋無脊椎動物の内、棘皮動物と刺胞動物を対象を絞って研究を進めた。宇佐の海洋生物研究教育施設周辺で採集された 3 種類のウニ類、9 種類のウミシダ類とフロリダ州立大学の Ross Ellington 教授から提供されたネマトステライソギンチャクから PK 遺伝子の単離を試みた。

過去の研究から、棘皮動物のアメリカムラサキウニには AK と 3 ドメイン構造を持つ鞭毛型 CK が存在することが知られており、このように基質の異なる PK が一つの生物に存在する例は非常にまれであるとされていた。本研究においても 3 種のウミシダ類から AK と鞭毛型 CK 遺伝子が見つかり、さらにミトコンドリア型 CK が見つかった。加えてウミシダの AK には二種類のアイソフォームが存在することが確認された。このことから、ウミシダ類では一つの個体内で 4 種類もの PK が存在

することが明らかとなった。さらに、刺胞動物のネマトステライソギンチャクからはウミシダ類よりも多種多様な PK 遺伝子が存在することが明らかとなった。

本研究でネマトステライソギンチャクから単離された PK 遺伝子は、細胞質型の AK、遺伝子重複と融合によって生じた 2 ドメイン AK 及び 3 ドメイン AK、細胞質型 CK、ミトコンドリア型 CK が 2 つ、3 ドメイン構造の鞭毛型 CK と 7 種類に及ぶ多様なものであった。

ネマトステライソギンチャクの 7 種の PK のアミノ酸配列及び遺伝子構造を他の PK と比較検討することで、PK の初期の進化について明らかとした。また、ネマトステライソギンチャクのそれぞれの PK について、リコンビナント酵素を作成し、詳細な酵素機能の測定を行った。

(2) 問題点等

本研究ではネマトステライソギンチャクの 6 種類の PK のリコンビナント酵素の活性測定を行った。しかしながら、そのうち 1 つの PK については、既知のグアニジノ化合物を基質とはしない可能性が示された。今後は、この PK の真の基質を解明する必要がある。

また、海洋無脊椎動物全体の PK 遺伝子の分布と進化を知る上で棘皮動物と刺胞動物のみを対象とした解析だけでは不十分である。今後はこれら以外の動物門の生物についての解析が必要である。

3. 今後の展望

次年度以降の研究計画においては、今年度の研究で PK 遺伝子が単離できなかったウニ類及びウミシダ類からの PK 遺伝子の単離を再度行うと共に、棘皮動物と刺胞動物以外の海洋無脊椎動物からの PK 遺伝子の単離を進める。これにより、海洋無脊椎動物での PK 遺伝子の分布とその構造と機能の進化についてより多くの情報を得ることが可能となる

また、基質の特定が出来ていないネマトステライソギンチャクの PK については、基質の特定を進める予定である。この PK の基質が特定できれば、これまでに報告されていない新種の PK とな

る可能性がある。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

Uda K., Ellington WR, Suzuki T. (2012) A diverse array of creatine kinase and arginine kinase isoform genes is present in the starlet sea anemone *Nematostella vectensis*, a cnidarian model system for studying developmental evolution. *Gene*. In Press.

Suzuki T, Yamamoto K, Tada H, Uda K. (2011) Cold-adapted Features of Arginine Kinase from the Deep-sea Clam *Calyptogena kaikoi*. *Mar Biotechnol (NY)*. In Press.

Nagataki M., Uda K., Jarilla B.R., Tokuhiko S., Wickramasinghe S., Suzuki T., Blair D., Agatsuma T. (2011) Molecular and catalytic properties of an arginine kinase from the nematode *Ascaris suum*. *J Helminthol*. In Press.

Agatsuma T., Fukunaga S., Jarilla R. B., Natataki M., Tokuhiko S., Xiao J. Y., Devi R. K., Nomura H., Shimada M., Uda K., Suzuki T. (2011) Molecular characterization of a cDNA-derived phosphagen kinases from *Biomphalaria glabrata*, the intermediate host of *Schistosoma mansoni*. *Med. Entomol. Zool.* 62: 1-11.

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

宇田幸司, 米田悠佑, カタネオビエティ リカルド, バベストレオ ジョルジオ, ジオビネ マルコ, 藤田敏彦, 岩崎望, 鈴木知彦, 宝石サンゴのミトコンドリア DNA と分子系統. 日本動物学会第 82 回旭川大会. 旭川. 2011 年 9 月 22 日 (2011).

岡崎紀子, 宇田幸司, 鈴木知彦. テトラヒメナ (*Tetrahymena pyriformis*) のアルギニンキナーゼ (AK) の N-ミリスチル化. 日本動物学会第 82 回旭川大会. 旭川. 2011 年 9 月 22 日 (2011).

宇田幸司, 和田慎也, 藤田敏彦, 岩崎望, 鈴木知彦. ミダレウミシダのフォスファゲンキナーゼ遺伝子の単離とその酵素活性. 日本動物学会第 82 回旭川大会. 旭川. 2011 年 9 月 22 日 (2011).

(5) セミナー等の開催

(6) 地域貢献活動

(7) 外部資金

「平成 23 年度科学研究費補助金」 若手研究 (B) 代表 900 千円 (直接経費) 270 千円 (間接経費)

「平成 23 年度科学研究費補助金」 基盤研究 (C) 分担 100 千円 (直接経費)

「共同研究」 なし

「受託研究」 なし

「奨学寄付金」 なし

(8) その他

群体ホヤにおける生殖細胞形成機構の解明

● 砂長 毅 (自然科学系理学部門)

1. 研究目的

生殖細胞(卵, 精子)はあらゆる動物に共通して種の維持に必須の細胞である。一方で, 生殖細胞をつくりだす過程は, 種ごとの生殖戦略を反映し, 精巧に修飾されている。海産無脊椎動物の「群体ホヤ」は, 生殖細胞を必要としない無性生殖による増殖も可能であり, それ故に, 有性生殖のみで増殖するマウスやショウジョウバエといったモデル生物とは異なるユニークな生殖細胞形成様式をみせる。

私は, 群体ホヤにおける生殖細胞の発生・分化機構を明らかにし, そこから, 動物の生殖細胞形成機構における普遍性と多様性を議論したい。本研究では, 群体ホヤの生殖細胞形成に関わる遺伝子の単離とその発現および機能を調べることを目的とした。

2. 研究結果

(1) 成果

① ミダレキクイタボヤの EST データベースを構築した。同種のような発生段階のサンプルから mRNA を抽出し, 次世代シーケンサーを用いて塩基配列を解析した。その結果, 平均リード長 400bp 程度で, 33 万リードの塩基配列情報を取得した。クラスタリングの結果, 33,000 種のコンティグを得た。各コンティグに対し, GenBank に登録された遺伝子情報をもとにアノテーションを付加し, 塩基配列情報とともに, データベース化した。データベースへは, 塩基配列をクエリとした Blast 検索およびアノテーションに対するキーワード検索機能などを搭載したビューアによりアクセス可能となっている。

② ミダレキクイタボヤの胚発生過程における生殖系列細胞の形成を, マーカー遺伝子の発現を目印にして観察した。昨年度に調べた *Vasa* 遺伝子に加え, *Nanos*, *Piwi* および *Pumilio* 遺伝子の mRNA をホールマウント *in situ* hybridization 法で調べた。その結果, いずれの遺伝子も, 初期胚で *Vasa* を発現する生殖系列細胞での, 発現は見られなかった。初期胚の *Vasa* mRNA 発現細胞の運命追跡は引き続きの課題である。

③ 生殖細胞形成における細胞の分化段階を解析するために必要な, 減数分裂マーカーの探索とその発現検出系を確立した。マーカー遺伝子として

SCP1 と *SCP3* の cDNA を単離し, 塩基配列を決定した。つぎに, *in situ* hybridization 法でそれぞれの mRNA の発現を調べた。その結果, どちらも遺伝子も, 精母細胞および卵母細胞で発現することがわかった。これにより, 生殖細胞分化に関与する遺伝子に対する高精度の機能解析系を実現できる。

(2) 問題点等

- ① データベースの一般公開に至らなかった。
- ② 平成 22 年度からの課題であった初期胚に現れる *Vasa* 発現細胞の発生運命の追跡に結論が得られなかったため, 追跡方法の一層の改善および実験手法の新規開発が必要である。
- ③ 本年度は, mRNA の発現解析に留まり, タンパク質レベルでの解析が完了しなかった。現在, 作成中の抗体をもちいて, より簡便で高精度のマーカー検出系を確立する。

3. 今後の展望

本年度は, 遺伝子解析に必要なリソースの充実化を図った。これらを基盤として, 今後, 個々の遺伝子の機能解析を精力的に進める。生殖細胞形成の分メカニズムについて種を超えた普遍的なルールと群体ホヤ独特の分子機構が明らかになることが期待できる。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

Kawamura, K. & Sunanaga, T. (2011). Role of *Vasa*, *Piwi*, and *Myc*-expressing coelomic cells in gonad regeneration of the colonial tunicate, *Botryllus primigenus*. *Mechanisms of Development* **128**, 457-470.

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

(5) セミナー等の開催

(6) 地域貢献活動

講演活動「幹細胞を上手に使うって増やす, 治す」
高知県鍼灸師会学術研修会

平成 22 年 10 月 23 日 高知共済会館

(7) 外部資金

「平成 23 年度科学研究費補助金」

新学術領域研究（公募研究） 代表
2800 千円（直接経費） 840 千円（間接経費）

「平成 23 年度科学研究費補助金」

若手研究 B 代表

1800 千円（直接経費） 540 千円（間接経費）

（8）その他

高知県の魚類相の解明および魚類の分類学的研究

● 遠藤 広光 (自然科学系理学部門)

1. 研究目的

高知県の魚類相と魚類の分類に関する研究を継続することで、魚類の種多様性の解明に貢献することが目的である。これまでに本研究室の修士論文や卒業論文で研究された未記載種（未発表）とされた標本、最近の調査で採集された標本の分類学的再検討を継続している。

2. 研究結果

(1) 成果

本年度は2011年7月と9月の後半に高知県宿毛市沖の島周辺でのスクーバ潜水による魚類採集を計画したが、いずれも台風接近のため中止となった。高知県沿岸では、卒業研究として土佐清水市の養老、以布利、黒潮町の熊野浦の岩礁性海岸で定期的に出現種を調べ、標本を採集した。

本年度は土佐湾沿岸および沖合の深海域で採集されたウミヘビ科クロウミヘビの再記載（出版済）、ウミヘビ科の3新種、ニギス科ニギス属の1新種およびソコダラ科ネズミダラ属の1新種（Zootaxaへ投稿中）の論文出版に力を注ぎ、ウミヘビ科3新種とニギス属1新種については、国立科学博物館の新種記載プロジェクトの論文集（魚類の第4弾、2012年3月末出版）に掲載予定である。

また、高知県沿岸で採集された未記載種のうち、ハダカイワシ属、*Suttonia*属、タナバタメギス属、ベラギンボ属およびトビササウシノシタ属は論文原稿を準備中である。さらに、高知県初記録種の報告や横浪半島沿岸の魚類相リストの出版も計画し、データを取りまとめつつある。

(2) 問題点等

2011年1月に分類学の研究上必要不可欠な軟X線写真撮影装置のX線照射のフィラメント切れにより故障したが、その後地球科学コースにデジタルセンサー付きの装置が新規購入されたため、この問題は解決された。

3. 今後の展望

高知県南西部の沖の島と柏島での調査を継続しながら、これまでの初記録種や稀種の記録をまとめる予定である。また、現在研究中の各種

の新種記載や初記録に関する論文を作成し、順次投稿予定である。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

McCosker J.E., K. Hatooka, N. Ohnishi and H. Endo.

2011. Redescription and designation of a neotype for *Aphthalmichthys kuro* Kuroda 1947, and its placement in *Callechelys* (Anguilliformes: Ophichthidae). *Ichthyological Research*, 58(3): 272-277.

荻原豪太・遠藤広光. 2011. 鹿児島県志布志湾から得られたアマノガワクラカケトラギス（新称）*Parapercis lutevittata*（ワニギス亜目：トラギス科）の記録. *日本生物地理学会会報*, 66: 261-266.

Endo, H. and K. Nashida. 2012. *Glossanodon xxxxxxxx*, a new argentine fish from Japan and the South China Sea (Protacanthopterygii: Argentinidae). *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A (Zoology), Supplement 6* (印刷中)

McCosker, J. E., S. Ide and H. Endo. 2012. (in press) Three new species of ophichthid eels (Anguilliformes: Ophichthidae) from Japan. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A (Zoology), Supplement 6* (印刷中)

Nakayama, N. and H. Endo. (投稿中) A new grenadier of the genus *Nezumia* (Pisces: Gadiformes: Macrouridae) from southern Japan. *Zootaxa*.

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

竜田直樹・遠藤広光・矢部 衛. ムネエソ科ムネエソ科ホウネンエソ属の1種 *Polypnus latirastrus* Last and Harold, 1994の世界2例目の報告. 第44回日本魚類学会年会, 弘前(弘前大学). 2011/09/30-10/01 (ポスター発表)

遠藤広光・中山直英・三宅崇智. 太平洋産オオイトヒキイワシの形態学的特徴. 第44回日本魚類学

会年会, 弘前 (弘前大学). 2011/09/30-10/01 (ポスター発表)

劔物健太・遠藤広光. 高知県宿毛市沖の島から採集されたハタ科 *Suttonia* 属の 1 未記載種. 第 44 回日本魚類学会年会, 弘前 (弘前大学).

2011/09/30-10/01 (ポスター発表)

片山英里・野川悠一郎・遠藤広光. 高知県から採集されたハゼ科ヨリメハゼ属の 1 未記載種とハゼ科魚類. 第 44 回日本魚類学会年会, 弘前 (弘前大学). 2011/09/30-10/01 (ポスター発表)

井上明生・遠藤広光. 北日本の太平洋岸沖から採集されたカサゴ目クサウオ科の 1 未記載属. 第 44 回日本魚類学会年会, 弘前 (弘前大学).

2011/09/30-10/01 (ポスター発表)

山川 武・遠藤広光. 土佐湾および九州-パラオ海嶺から得られたヒメキチジ属魚類の再検討. 第 44 回日本魚類学会年会, 弘前 (弘前大学).

2011/09/30-10/01 (口頭発表)

中山直英・遠藤広光. ソコダラ科ニホンソコダラ属とその近縁グループの分類学的再検討. 第 44 回日本魚類学会年会, 弘前 (弘前大学).

2011/09/30-10/01 (口頭発表)

渡邊 俊・飯田 碧・遠藤広光・松浦啓一・塚本勝巳. 海洋生活期のボウズハゼ仔魚の初報告. 平成 23 年度日本水産学会秋季大会 (長崎大学). 2011/09/29 (口頭発表)

(5) セミナー等の開催

(6) 地域貢献活動

遠藤広光. 高知大学秋の公開講座: 高知市総合調査 (自然編), 第 3 回高知県の汽水・淡水域の魚類-日本の淡水魚の最近の話題- (90 分) 2011 年 11 月 16 日 (高知市役所たかじょう庁舎)

(7) 外部資金

「共同研究」
2010 年〜 国立科学博物館「黒潮プロジェクト (浅海性生物の時空間分布と巨大海流の関係を探る)」

(8) その他

遠藤広光. 2012. 黒潮と高知県の浅海域の魚類相. 松浦啓一編. 黒潮の魚たち. 国立科学博物館叢書. 東海大学出版会 (印刷中, 2012 年 3 月出版予定)



写真 1 ニギス属の一種 *Glossanodon* sp. (ニギス目ニギス科), NSMT-P 106647 (BSKU 103750), 97 mm SL, 2010 年 7 月 6 日, 土佐湾中央部, 水深 120-116 m, 調査船こたか丸で採集 (写真撮影: 中山直英).

分類学的形質としての側線系の再評価

● 佐々木邦夫（自然科学系理学部門）

1. 研究目的

魚類の分類学的研究において、水流などの機械的刺激を受容する器官である側線系は古くから観察され、分類学的形質として利用されてきた。しかし、その観察は外部形態に留まり、各分類群における神経支配の様式は不明である。私は側線系を支配する神経系（側線神経系）の支配様式を明らかにすることによって、分類群間での側線系の形態および配置について相同性を明らかにし、側線系の分類学的形質としての有効性を再評価することを目的として研究をしている。観察対象の分類群は軟骨魚類と硬骨魚類全般を含む。本年度は発生生物学の分野で使用されてきた生体蛍光染色法を導入し、様々な魚種で表在感丘の存在を確認している。本県は多様な魚類相を誇り、標本の採集には絶好で、地の利を活かした取り組みである。

2. 研究結果

(1) 成果

本年度は次の分類群で側線系とその神経支配を観察した：カラシン科、ボラ科、スズキ科、アジ科、ヒイラギ科、ネズツポ科、イソギンボ科、ヘビギンボ科、テンジクダイ科およびハゼ科。これらすべての分類群において生体染色を施し、表在感丘の存在を確認した。従来、活発に遊泳する種には表在感丘はないとされてきたが、一連の観察により教科書的なイメージが崩れつつある。神経支配の詳細な観察により、テンジクダイ科とハゼ科に共通して出現する頬部の表在感丘は相同とは見なし得ないとの知見を得た。ハゼ科の2種については、表在感丘の成長変異について観察し、複数の増加パターンがあることが明らかになった。

なお 2011 年以降に出版された側線系に直接関係した論文の要旨は以下。

① エイ類においては側線管の同定が困難である。特に舌顎管と肩管の区別はトビエイ亜目においては不可能であった。神経支配を明らかにすることによって、両管の正確な同定が可能になった。トビエイ亜目にあつては肩管は肩部ループのみによって代表される。

② ハゼ科ウロハゼの感丘分布とその神経支配を明らかにした。本種の頭部においては支配する神経枝の違いが感丘の配向の違いと一致していた。体においてはそのすべての鱗に感丘列が発達する。各体節に一对の背側神経枝と腹側神経枝があり、多数の感丘を支配している。夜行性である本種においてこれらの感丘は受容器として重要と考えられた。

③ ヘビギンボにおいて初めて表在感丘が確認された。多数の標本を確認することで、表在感丘の位置と数の変異が確認され、分類形質として十分に安定的であることが示された。

④ 4-Di-2-ASP を蛍光色素として用いる生体染色法が分類学に応用できることを示した。稚魚から成魚までに広く適用可能な標準的なプロトコルを提唱した。

(2) 問題点等

表在感丘の観察には生きた標本が必要である。国外に分布する種を生きたまま入手する工夫が必要である。神経標本の作成にあたり、一部の種で観察に耐える標本が得られない。特に脂質に富む筋肉の種では成功しない。なんらかの前処理を工夫する必要がある。

3. 今後の展望

ボラ類、トウゴロウイワシ類、ダツ類など特異な側線系をもつ種の観察をおこなう。より多くの分類群で観察が進められ、側線系の分類学的形質としての有効性がさらに明らかになり、魚類の系統

進化の解明に資する強力なツールになると思われる。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

Asaoka R., Nakae M. & Sasaki K. (2011) Description and innervation of the lateral line system in two gobioids, *Odontobutis obscura* and *Pterogobius elapoides* (Teleostei: Perciformes). *Ichthyol. Res.*, 58:51-61.

Nakae M., Sasaki K., Nakajima T., Miyazaki Y. & Matsuura K. (2011) Homologies of the branchial arch muscles in *Zacco platypus* (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae): Evidence from innervation pattern. *J. Morph.*, 272:503–512

Abe Y., Asaoka R., Nakae M & Sasaki K. (2011) Ambiguity in the identification of batoid lateral line system clarified by innervation. *Ichthyol. Res.*, DOI10.1007/s10228-011-0261-z.

Asaoka R., Nakae M. & Sasaki K. (2011) The innervation and adaptive significance of extensively distributed neuromasts in *Glossogobius olivaceus* (Perciformes; Gobiidae). *Ichthyol. Res.*, DOI10.1007/s10228-011-0263-x.

Nakae M., Katayama E., Asaoka R., Hirota M. & Sasaki K. (2012) Lateral line system in the triplefin *Enneapterygius theostomus* (Perciformes: Tripterygiidae): new implications for taxonomic studies. *Ichthyol. Res.*, In Press.

Nakae M., Asaoka R., Wada H. & Sasaki K (2012) Fluorescent dye-staining of neuromasts in live fishes: an aid to systematic studies. *Ichthyol. Res.*, In Press.

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

(5) セミナー等の開催

(6) 地域貢献活動

(7) 外部資金

(8) その他

西南日本の地殻変動場を読み解く — 今なぜ瀬戸内海に注目するか —

● 田部井 隆雄 (自然科学系理学部門)

1. 研究目的

西南日本の地殻変動場を支配する最大の要因は、南海トラフにおけるフィリピン海プレートの沈み込みである。プレート境界面の固着が定常的に強く、南海、東南海などの巨大地震が周期的に発生する。その上、プレートの進行方向が西南日本弧の走向に対し $30\sim 35^\circ$ 程度斜交しているため、上盤側プレートの先端部は上盤本体から切り離され、プレート境界に平行に横向きに引きずられる。西南日本においては、この横ずれ境界が中央構造線である。前をプレート沈み込み境界、後ろを内陸横ずれ断層にはさまれたブロックを前弧スリバーと称し、プレート間巨大地震と内陸直下型地震の両方の舞台となる。

四国の大部分は前弧スリバーに含まれる。地震防災を考える上で、プレート境界面の固着分布の解明に最大の努力を払うべきことは自明であるが、背後の内陸横ずれ断層の存在を忘れてはならない。こうした観点から、四国においては、南海トラフのプレート境界面の監視と平行して、中央構造線の構造と運動様式の解明が重要である。四国の大局的な地殻構造は北方向へ傾斜していることが知られているが、中央構造線のすぐ北側には瀬戸内海が存在し、地震・地殻変動観測の空白域が生じている。これを解消すべく新たな連続観測を開始するとともに、地震活動、発震メカニズム、潮位など蓄積された記録を活用して、総合的な解釈に迫りたい。

2. 研究結果

(1) 成果

近年の反射法地震探査[Ito et al., 1996]より、地質境界としての中央構造線断層面は $30\sim 40^\circ$ の角度で北へ傾斜するという結果が得られている。筆者らは以前に中央構造線を横断する稠密 GPS 観測を実施し[Tabei et al., 2002]、観測された地殻変動場を説明するために、約 35° の角度で北傾斜した断層面の上部が深さ 15 km まで固着し、それより深部で年間 5 mm の非地震性の定常的横ずれ運動が生じていると解釈した。このモデルは、反射法地震探査結果だけでなく、地形学的観察に基づく中央構造線の長期間の平均すべり速度(1000年間に $5\sim 9$ m)にも整合するものの、傾斜断層の横ずれ運動という力学的にやや現実離れた解になっている。

一方、中央構造線のすぐ北側に位置する燧灘や高縄半島では、高角断層面上の横ずれを示す微小地震が中央構造線に平行に帯状に発生している[久保・岡田, 2007]。これは、前述した北傾斜した中央構造線モデルとは相入れない。そこで、全ての観測データを説明するモデルとして以下の解釈を提案する。地質構造は全般的に北傾斜であっても、活断層としての中央構造線断層面は高角で、さらにその北側に複数の高角の平行横ずれ断層系から成る剪断帯が形成されている。その幅は約 20 km で、地質学的に提唱されている瀬戸内剪断帯よりは幅が狭い。ある幅を持った剪断帯全体の運動をたった 1 枚の断層面で表現すると、断層面が北へ傾斜し、深部で定常的横ずれが生じていることになり、筆者らが GPS 稠密観測に基づいて提出した以前のモデルと運動学的表現としては一致する。

(2) 問題点等

上記の仮説の検証には中央構造線周辺、とくにすぐ北側の微小地震活動と地殻変動を詳細に明らかにすることが重要である。しかし、ここに瀬戸内海が存在するため、高感度地震観測網(防災科学技術研究所)やGPS連続観測網(国土地理院)でさえ観測点分布が十分でない。そこで、全国観測網を補完する目的で、燧灘上の伊吹島と魚島に2周波GPS受信機を設置し、連続観測を実施している[図1]。当初はデータ収集と計器保守のため数カ月おきに現地を訪問していたが、2012年1月よりNTT のFOMA通信カードとWi-Fiルーターを用いた無線LANシステムを導入し、大学から随時観測データにアクセスできる環境を整備した。

データ解析には高知大がライセンスを有するBernese GPS Software Version 5.0を用い、グローバル衛星精密軌道と時刻情報に基づいた半自動処理を行っている。図2に2011年1月から12月まで1年間の観測結果を示す。3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の際には東へ3 cm、北へ1 cm程度の明瞭なジャンプが観測された。巨大地震の発生により日本全国の地殻変動場が激しく変動しており、定常状態に落ち着くまでしばらくの時間が必要である。

3. 今後の展望

東北地方太平洋沖地震の発生により日本列島の

応力場が激しく変化し、地震活動や地殻変動のパターンがこれまでと比較して大きく変化している。遠隔地域でも誘発地震が発生しており、注意深い監視が必要である。

昨年度の「海洋」サブプロジェクトにおける筆者の研究テーマは「フィリピン海プレート北端部の運動モデルの構築」であった。今年度のテーマが異なったおもな理由は、東北地方太平洋沖地震の発生により国内外で予定していた観測の日程調整が必要になったことと、2011年夏季の度重なる台風接近により、伊豆諸島北部海域で予定した観測が全て中止になったことによる。しかし、四国を含む前弧スリバーの地殻変動場の総合理解には、前方のプレート境界の活動だけでなく、後方の内陸横ずれ断層の活動も視野に入れておく必要がある。その意味で、前年度と今年度のテーマが目指す究極の目標は同じである。さらに、西南日本と類似した立地条件にあるスマトラ北部を対象とした研究も、これまで同様に継続する予定である。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

(2) 紀要

田部井隆雄, プレート沈み込み帯の地殻変動, 日本地質学会編「日本地方地質誌, 7. 四国地方」第14章四国地方の地殻構造, 朝倉書店(印刷中).

(3) 報告書

(4) 学会発表

田中幹人・田部井隆雄・大東雄二, GPS とマイクロ波放射計による可降水量の比較観測, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 5/23/2011, 千葉市.

平田諒次・田部井隆雄, 3 次元 GPS 速度場から推定した南海トラフの定常的プレート間固着分布, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 5/24/2011, 千葉市.

一谷祥瑞・田部井隆雄, 西南日本外帯の地殻変動: プレート間固着とブロック運動, 日本地震学会 2011 年度秋季大会, 10/14/2011, 静岡市.

田部井隆雄・久保篤規・一谷祥瑞, 中央構造線の深部構造と運動様式 - 西南日本の地殻変動場を読み解く -, 日本地震学会 2011 年度秋季大会, 10/14/2011, 静岡市.

Ichitani, S. and T. Tabei, Deformation of the Nankai forearc in southwest Japan: Plate coupling and block movement, American Geophysical Union 2011 Fall Meeting, December 5, 2011, San Francisco.

(5) セミナー等の開催

(6) 地域貢献活動

国土交通省国土地理院研究評価委員会委員
 京都大学防災研究所地震予知研究センター運営協議会委員

南海地震と防災に関する依頼講演 3 件(6/18/2011,

高知市;7/3/2011, 高知市;2/22/2012, 室戸市).

(7) 外部資金

「平成 23 年度科学研究費補助金」 基盤研究 C
 代表 800 千円(直接経費) 240 千円(間接経費)

(8) その他

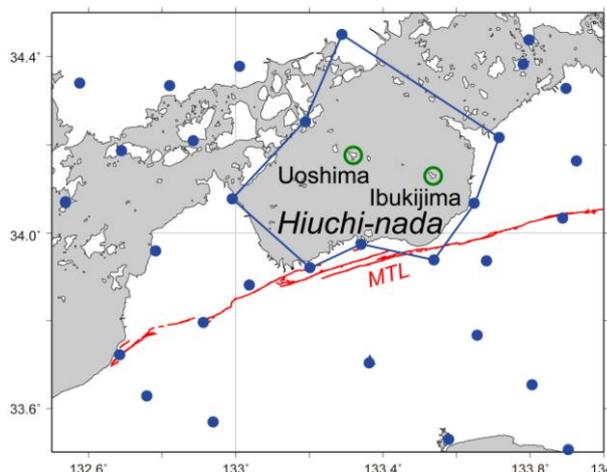


図 1. GPS 連続観測点配置. 緑丸は今回の新設点, 青丸は国土地理院全国連続観測点の位置を示す. 青線は半自動処理における解析対象範囲を, 赤線は中央構造線の地表トレースを表す.

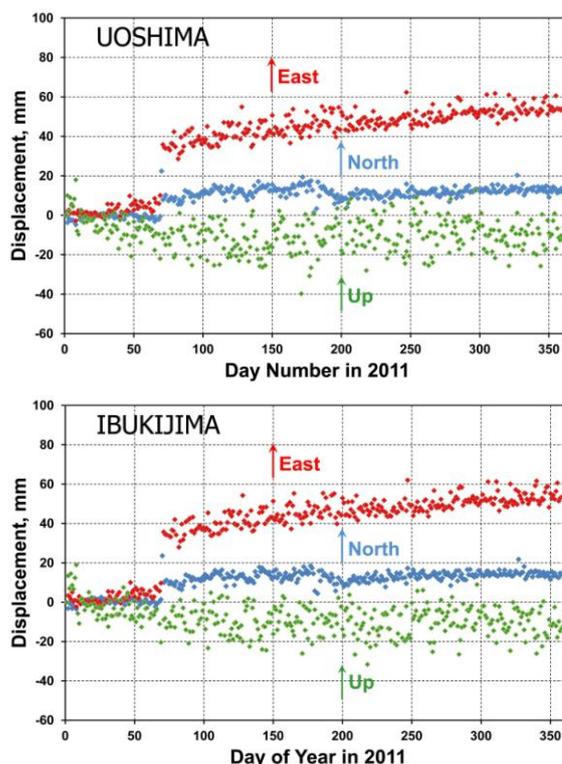


図 2. 魚島, 伊吹島における 2011 年 1 年間の観測結果. 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の発生時に東へ 3 cm, 北へ 1 cm 程度のジャンプが認められる.

津波堆積物からみた南海地震の履歴 — 四国東岸域における調査より —

● 松岡 裕美 (自然科学系理学部門)

1. 研究目的

南海地震とよばれる地震は、高知県の沖合の南海トラフ沿いを震源とする地震である。地震は同じような場所で繰り返し発生するが、その規模や繰り返しの間隔にはある程度の違いがあることが知られている。この違いを明らかにすることは、地震の発生メカニズムを探るという目的のためにも、そして防災という目的のためにも必要なことであるが、地震の繰り返しは百年単位の長いタイムスケールを持つことから容易ではない。そこで、地震を知るためには、現在の情報だけでなく過去の情報を得ることが必要になる。南海地震は過去の繰り返しの履歴が世界で最もよく解明されている地震のひとつである。この過去の情報は主に古文書などの歴史的な記録に残されたもので、日本書紀に記録された西暦 684 年の天武南海地震より 1946 年の昭和南海地震まで、過去 9 回の南海地震が発生したことが明らかになっている。私たちはこの歴史記録よりもさらに古い過去数千年程度の地震履歴を明らかにするために、沿岸域の湖沼に残された津波の痕跡を調査し解説することを試みている。

これまでの研究により、南海トラフ沿岸域の九州東岸、須崎、宇佐の三つの湖沼において津波堆積物から過去数千年間の津波履歴を得ることができた。しかしながら、地質記録は地域的な環境の変化の影響を避けられないことから、いくつかのデータを総合して考える必要がある。また、地震の規模について議論するためには、震源域の沿岸域において地理的な広がりを持った何地点かのデータを検討する必要がある。昨年度から四国東岸域での調査を進めており、四国東南端の蒲生田岬にある蒲生田大池では、過去 3500 年間の履歴を解明しつつある。本研究では阿南市の睺町の池において津波履歴を明らかにすることを試みた。

2. 研究結果

(1) 成果

本研究では、徳島県阿南市睺町にある睺町の池でコア試料を採取し、分析を行った。この池は那賀川の河口から 1km ほど南に位置しており、西側と南側を標高 70m ほどの小高い山に囲まれてい

る。東側は高さ 5m 程度の浜堤を挟んで海岸となるが、北側的那珂川河口に近い平坦地は標高 3m 程度しかないので、津波が流れ込む場合はどちらからも考えられる。この池の周辺の集落では、津波の被害の話は聞いたことがないとのことであった。試料は湖底から約 5m の深さまで採取することができた (図 1)。



図 1 コア試料の写真

試料の上部 1.3m は含水率の高い褐色の泥から成り、この池の底に堆積した堆積物である (図 2)。それよりも下位の深度 1.3~3.5m は黒色の固くしまった泥炭であり、最下部の 3.5~5m は淘汰の良い極細粒—細粒砂によって構成されている。

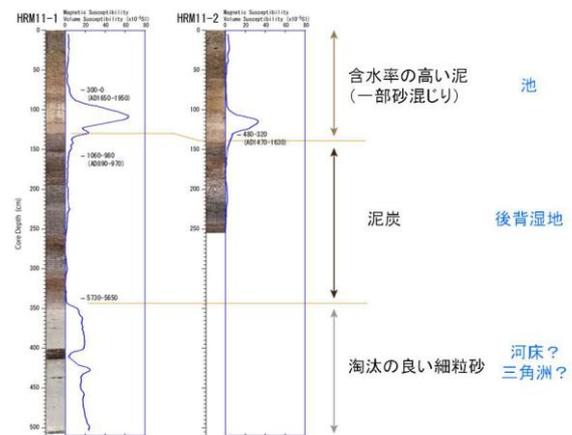


図 2 コア試料の解析結果

最下部の砂は貝殻片などをまったく含まず、

黒色の腐植土を挟んでいる。最下部は河床もしくは三角州の堆積環境、中間部の泥炭は堤間湿地もしくは河川の後背湿地の環境を示していることから、安定した堆積環境とは言い難い。ここでは池の堆積環境を示している上部の1.3mのみで津波堆積物の検討を行った。

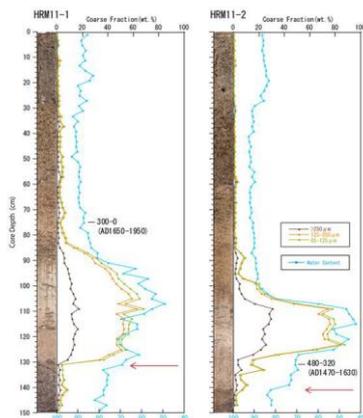


図3 コア試料上部の解析結果

コアの上部1.3mでは、泥炭層の直上に厚さ40cm程度の砂混じりのシルト層が堆積し、それよりも上位ではほとんど砂を含まないシルトが堆積している(図3)。砂混じりのシルト層では、肉眼では厚さ1cm程度の砂層が2-3枚確認できるのだが、粒度分析の結果からは、砂が広く分散していることがわかる。おそらく1回の津波もしくは洪水が泥炭地に流入すると同時に池が形成されたと考えられるが、砂混じりのシルト層では貝殻片などの海成であることを示す証拠は見つかっていない。さらに、堆積物に含まれる植物片を用いて4試料について放射性炭素年代測定を行った(今年度の経費のほとんどは、この年代測定に使用している)。その結果、下部の砂層で約5700年前、中間部の泥炭層では約1000年前という値が得られた。上部の池の堆積物では、深度1.3mで西暦1470-1630年、深度0.75mで西暦1650-1960年という値が得られた。

年代値はバルクの試料で測定しているので、やや古い年代値が得られていると考えられることから、池ができた直後の流入イベントは宝永地震津波であると考えても年代的には矛盾はしない。しかし、この堆積物が海成である証拠も得られていないので洪水イベントである可能性も否定できない。本研究のみでは、結論を得ることはできなかった。

(2) 問題点等

津波堆積物が堆積し、堆積物記録として残される条件としては、そこで堆積物が欠損なく静かに堆積するような堆積環境であることがあげられる。残念ながら、今回調査を行った睺町の池では、この静かな堆積環境は過去400年程度に限られていた。また河口付近であることから、津波と洪水の判別が困難であり、津波堆積物であることを証明するためには、より詳細な調査が必要である。

3. 今後の展望

今回の調査結果から考えて、この池で数千年の津波履歴を解明することは難しい。より可能性の高い場所を求めて、九州東岸から四国西岸にかけての地域であと何か所かの候補地を検討し調査を行いたい。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

(2) 紀要

岡村眞, 松岡裕美, 津波堆積物からわかる南海地震の繰り返し, 科学, 82, 182-191, 2012.

(3) 報告書

(4) 学会発表

松岡裕美, 岡村眞, 土佐湾湾奥部蟹ヶ池の堆積物中に見られる約2000年前のイベント, 地球惑星科学連合2011大会, 2011年5月, 千葉市.

(5) セミナー等の開催

(6) 地域貢献活動

(7) 外部資金

(8) その他

本研究による睺町の池での津波堆積物調査の様子は、NHK徳島が9月30日に放映した「阿波スペシャルー証言 徳島を襲った大津波ー」という番組で紹介された。



バングラデシュにおける GPS 可降水量の変動とその原因

● 村田 文絵 (自然科学系理学部門)

1. 研究目的

バングラデシュは6～9月の雨季(モンスーン季ともいう)の洪水や3～5月或いは10～11月頃に時々現れるサイクロン(台風)の襲来によって大きな被害を受けることで知られる国である。この地域はインドモンスーンの影響を受けて雨季と乾季が非常に明確である。モンスーンとは乾季と雨季で風向がほぼ逆転する季節風、或いはその風と共に出現する季節のことである。その形成には陸地と海洋の熱容量の違いに伴う温度差の形成が本質的であり、本研究は陸地で実施しているが、その意味で海洋が関係する。

本研究は精度の良い天気予報ができるほどには充分理解されていないインドモンスーン地域で雨が降る仕組みについてバングラデシュ及びその周辺に相当するインド亜大陸北東部を対象として理解を深めることを目的としている。

今年度は田部井研究室の所有する高精度GPSアンテナを2機、バングラデシュの首都ダッカと雨の多い北東部シレットに設置して、降水過程の理解に必要な水蒸気変動を高分解能で把握する初めての試みを行った。観測時期はプレモンスーン季からモンスーン季に至る5月から8月である。学系プロジェクトのお金は、GPS設置の専門的知識をもつ学生の出張旅費として使用させて頂いた。

2. 研究結果

(1) 成果

GPSから得られた水蒸気量は、可降水量という水蒸気量の表し方の1形式で算出される。これは観測点上空の地面から大気上端までの大気に含まれる全水蒸気量を仮に全て凝結させて雨として地面に降らせた場合の降水量を意味する。まずGPS観測期間中に同時観測を行ったダッカとシレットのゾンデ観測から得られた可降水量と比較を行った。可降水量はシレットではほぼ同じ値を示したものの、ダッカではゾンデ可降水量がGPS可降水量に比べて10mm系統的に多いという結果となった。この原因はまだ特定されていないが、水蒸気と温度を用いて算出される相当温位とい

う気象量が一般的な値よりかなり高いことから、ゾンデの水蒸気センサー或いは水蒸気の導出過程に問題があるのではないかと考えている。

田部井研究室において5分毎のデータセットとして算出された可降水量時系列に1日移動平均をかけることによって一日より長い周期の変動を調べた。観測期間はプレモンスーン季からモンスーン季の間に相当する。プレモンスーン季には可降水量が40mmから約60mmまでモンスーンオンセットまで増大していた。一方モンスーン季は、平均値はほぼ60数ミリで一定であるものの、この地域に卓越する変動のひとつとして知られる準2週間周期変動(e.g., Fujinami et al. 2010)がみられた。

一方時系列から1日移動平均を引いて得られた1日より短い周期の変動について平均的な日変化を調べると、現地時間の夕方18時に最も少なくなる一方で夜間から午前中に増大する変動を示していた。この結果は、全球の平均的な日変化が朝6時頃に極小、夕方18時に極大となる結果(Wang and Zhang, 2009)と異なっていた。

可降水量変動は短い時間スケールの変動も卓越している。そこでプレモンスーン季に現れた典型的なスコールラインに伴う可降水量変動を調べた。この擾乱はケッパラに設置されている気象レーダーによって降水システムの内部構造が明確にとらえられており、その特徴はアメリカなど世界各地で観測されてきた典型的なスコールラインの特徴(e.g., House 1989)を示していた。可降水量は降水システムの前面の対流性降水域の通過の直前で40mmから70mmまでの急激な増加を示し、対流性降水域の通過後急激に減少して通過前より低い可降水量を観測した。この増大は通常高度2km以上の空気がプレモンスーン季においては非常に乾燥しているが、対流性降水域の強い上昇流に伴って対流圏全層が湿ったことによると考えられる。

3. 今後の展望

現在のところGPS観測期間中のデータがすべてそろっているわけではなく、2-3月に実施するインド・バングラデシュへの出張時に、入手可能なデータを収集する予定である。それらのデ

ータも含めて、バングラデシュにおける水蒸気変動をより詳細に解析できる見込みである。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

F. Murata, T. Toru, M. Kiguchi, A. Fukushima, K. Takahashi, T. Hayashi, A. Habib, S. H. Bhuiyan, S. A. Choudhury, Daytime thermodynamic and airflow structures over northeast Bangladesh during the pre-monsoon season: a case study on 25 April 2010, International union of geodesy and geophysics 2011年6月30日, メルボルン.

F. Murata, T. Hayashi, T. Terao, M. Kiguchi, Y. Yamane, J. Matsumoto, Asia monsoon year (2007-2012) climate monitoring over Bangladesh and northeast India, World Climate Research Programme Open Science Conference 2011年10月22日, デンバー.

村田文絵, 寺尾徹, 山根悠介, 木口雅司, 林泰一, Arjumand Haibb 「バングラデシュにおいて2011年5月11日に観測されたスコールライン」, 日本気象学会秋学会, 2011年11月16日, 名古屋市.

村田文絵, 田中幹人, 田部井隆雄, 寺尾徹, 林泰一, Arjumand Habib 「バングラデシュにおける2011年5~8月の水蒸気変動と気象擾乱の関係」, 京都大学防災研究所一般共同研究集会29K-07, 2012年2月4日, 宇治市.

(5) セミナー等の開催

(6) 地域貢献活動

(7) 外部資金

「平成23年度科学研究費補助金」 基盤研究B
分担 350千円 (直接経費) 105千円 (間接経費)

「共同研究」 「平成23年度生存圏科学萌芽研究」
代表 320千円

「受託研究」

「奨学寄付金」

(8) その他