

<総 説>

メコン川流域における学際的課題とその解決に向けた研究

渡部哲史¹, 荒谷邦雄¹, 有本寛², 市川香³, 上原克人³, 内海信幸⁴, 大田省一⁵,
鹿野雄一⁶, 木村匡臣⁷, 鈴木伸二⁸, 塚田和也⁹, 藤岡悠一郎¹, 永井信^{10,11}

Interdisciplinary issues in the Mekong River basin and studies towards their solution

Satoshi WATANABE, Kunio ARAYA, Yutaka ARIMOTO, Kaoru ICHIKAWA,
Katsuto UEHARA, Nobuyuki UTSUMI, Shoichi OTA, Yuichi KANO, Masaomi KIMURA,
Shinji SUZUKI, Kazunari TSUKADA, Yuichiro FUJIOKA, NAGAI Shin

¹ Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University, 744 Motooka Nishi-ku Fukuoka 819-0395, Japan

² Institute of Economic Research, Hitotsubashi University, 2-1 Naka, Kunitachi, Tokyo 186-8603, Japan

³ Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 6-1 Kasuga-kouen, Kasuga 816-8680, Japan

⁴ School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8552 Japan

⁵ Center for the Possible Futures, Kyoto Institute of Technology: Matsugasaki-Hashigami-cho, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8585, Japan

⁶ Kyushu Open University, 744 Motooka Nishi-ku Fukuoka 819-0395, Japan

⁷ Faculty of Agriculture, Kindai University, 3327-204 Nakamachi, Nara, Nara 631-8505, Japan

⁸ Faculty of Applied Sociology, Kindai University, 3-4-1 Kowakae, Higashiosaka, Osaka, 577-8502, Japan

⁹ Development Studies Center, Institute of Developing Economies, Japan External Trade Organization (JETRO), 3-2-2 Wakaba, Mihama-ku, Chiba-shi, 261-8545, Japan

¹⁰ Earth Surface System Research Center, Research Institute for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 3173-25 Showa-machi, Kanazawa-ku, Yokohama 236-0001, Japan

¹¹ River Basin Research Center, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu 501-1193, Japan

Abstract

Studies in the fields of earth sciences, humanities, sociology, and biology in the Mekong River basin were reviewed. The importance of interdisciplinary efforts has been more or less emphasized in many research issues. Based on the efforts of each academic field, we discussed the importance of two perspectives to promote interdisciplinary research: understanding changes in the behavior of watersheds, humans, and organisms, and collaboration with watershed residents. We have listed examples of research in each academic field and considered the elements that are common to each to determine the elements that can be implemented as interdisciplinary research. This process itself is an attempt to understand each academic field when conducting interdisciplinary research.

Keywords: interdisciplinary; Mekong River basin; water-related disasters; agriculture; biodiversity

¹ 九州大学 大学院比較社会文化研究院 〒819-0395 福岡市西区元岡 744

² 一橋大学 経済研究所 〒186-8603 東京都国立市中 2-1

³ 九州大学 応用力学研究所 〒816-8680 春日市春日公園 6-1

⁴ 東京工業大学 環境・社会理工学院 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1

⁵ 京都工芸繊維大学未来デザイン・工学機構 606-8585 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町

⁶ 一般社団法人九州オープンユニバーシティ 〒819-0395 福岡市西区元岡 744

⁷ 近畿大学 農学部 〒631-8505 奈良県奈良市中町 3327-204

⁸ 近畿大学 総合社会学部 〒577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1

⁹ 日本貿易振興機構 アジア経済研究所 開発研究センター 〒261-8545 千葉県千葉市美浜区若葉 3-2-2

¹⁰ 国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球環境部門 地球表層システム研究センター 〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町 3173-25

¹¹ 岐阜大学 流域圏科学研究センター 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

1. はじめに

水に関する諸問題（例えば、洪水や干ばつ）は主要なグローバル・リスクの一つである¹⁾。持続可能な世界目標（SDGs：Sustainable Development Goals; <https://sdgs.un.org/goals>（参照：2023年6月1日））の目標6は「すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する」であり、そのターゲットには、水資源や衛生といった人間に直接関係するもののみならず、水に関わる生態系の保全・回復といった水を取り巻く環境や生態系に関連するものも取り上げられている。このように、水に関する課題は水資源の量や質といった地球科学分野が扱う内容のみならず、人間による水の利用や、生物多様性などの人文社会学分野や生物学分野が扱う内容にも及んでおり、これらの課題を解決するためには諸学問分野の融合が必要である。

持続可能な地球社会の実現に向けた学際研究の重要性は、"Future Earth" (<https://futureearth.org/> (参照: 2023年6月1日))²⁾などの取り組みを通じて世界中で広く認識されている。しかしながら各学問分野には多かれ少なかれ他の分野と目的や手法に異なる点が存在するため、その実現は容易ではない。水に関する諸問題を解決するための学際研究の実現に際しては、各学問分野における水に関連する研究の目的や手法を理解し、その上で共通する目的と手法を設定することが重要である。その第一歩として、各分野で蓄積されてきた先行研究を異分野間で共有し、各分野が直面している学術上の課題を相互に把握することが有効であろう。

以上で述べた、世界の水に関連する諸課題とその解決に必要となる学際研究を実施するための要件を踏まえ、本稿では事例として東南アジアのメコン流域を対象に各学術分野での研究を概観し、各分野における課題を抽出する。これは学際研究による地域課題解決に向けた第一歩に該当する。その上で、学際研究として実現可能である項目について考察を行う。メコン流域を対象とする理由は、第一にアジアの主要な国際河川であり、古くから現在に至るまで流域国間の係争が生じている³⁾⁻⁵⁾ことである。第二は、世界で最も生物多様性の高い地域の一つである一方で人口増加や経済開発などの影響により絶滅の危機に瀕した生物が多数存在する^{6),7)}ことである。第三は、これらの課題ゆえに我が国における各学術分野において多くの研究が行われ、その蓄積が認められるためである。本稿で扱う話題はメコンに特化したものではあるが、各学術分野における研究内容や手法の特徴、それらの分野間での差異について理解し、学際研究の方向について検討する試みは他の流域においても参考になると期待される。

本稿では、まず2章において、本研究で着目するメコン川を対象とする各学術分野で行われている研究の概要について述べる。それぞれの研究の詳細については3章から5章で解説する。最後に6章において、それらを踏まえた上でのメコン川流域における学際的課題や、その解決に向けた学際研究のあり方について考察を行う。

2. メコン川流域における各学術分野の研究概要

メコンデルタは、河川と海の両方の影響を受けることで地形や水環境が複雑に変化してきた。このような境界域のダイナミックな挙動に着目した研究が地球科学分野で行われてきた。堆積学や海洋学などの専門誌において複数のメコンデルタに関する特集号⁸⁾⁻¹¹⁾が組まれたほか、メコンデルタの水環境と人間活動¹²⁾や災害¹³⁾との関係を扱った書籍が出版されている。さらに、近年気候変動や経済発展はメコンデルタの自然環境や社会環境に対しても大きな変化をもたらしつつある。例えば、メコンデルタ域では気候変動に起因した海面上昇による影響を大きく受け¹⁴⁾、その結果、上流からの土砂供給資源供給の重要性が高まっている。このため、科学的知見に基づいた流域マネジメントの必要性が重要視されつつある¹⁵⁾。これらの変化は今後より一層顕著になると予想され研究の重要性も増すと考えられる。

メコン流域の持続可能な発展を達成するためには、水循環を解明する地球科学分野の視点に加えて、流域における経済活動や文化を考察する人文社会科学の視点や、流域における生命現象を扱う生物学の視点も欠かせない。メコン流域景観の特徴に沿って人々が過去から現在までどのような生活を営んできたか、また、それが技術の発達や経済のグローバル化によりどのように変化しているかについての考察は、文化人類学や建築学などの分野における知見を必要とする。また、流域に対して人々が及ぼすインパクトのうち最も大きな要因の一つが農業である。地域の社会経済のみならず農業の高度化にともない生じる開発に起因した水循環や水環境の変化、ひいては流域の生物多様性に対して大きな影響を及ぼすと考えられる。メコンデルタにおける農業や農業経営については農学や経済学などの分野における知見が必要である。メコン流域

における人々の暮らしを考慮する上では、流域に存在する生物と人々との関わりも重要な点であり、これらに対しては、生物学や歴史学の観点からの分析が求められる。

以上のメコンの諸課題を取り巻く課題とそれに資する学術分野の関係を表現した一例を示す (Fig. 1)。この概念図では気象や水象など流域における水や物質の振る舞いを解明する分野が存在し、それを包含する形で人間、さらには生物の振る舞いを解明する分野が存在することを表現している。また人間の振る舞いは流域における気象や水象の振る舞いを踏まえたものであり、さらに入間を含む生物全般は流域の気象や水象に加えて人間による振る舞いも踏まえたものであることを示している。これらの関係には逆の影響も当然存在する。すなわち、生物や人間の振る舞いが人間や流域に対して影響を及ぼすのである。以降ではそれぞれの研究例について概観すると共に、それぞれの研究例が流域—人間—生物間の関係においてどのような位置づけにあるのかについて考察する。

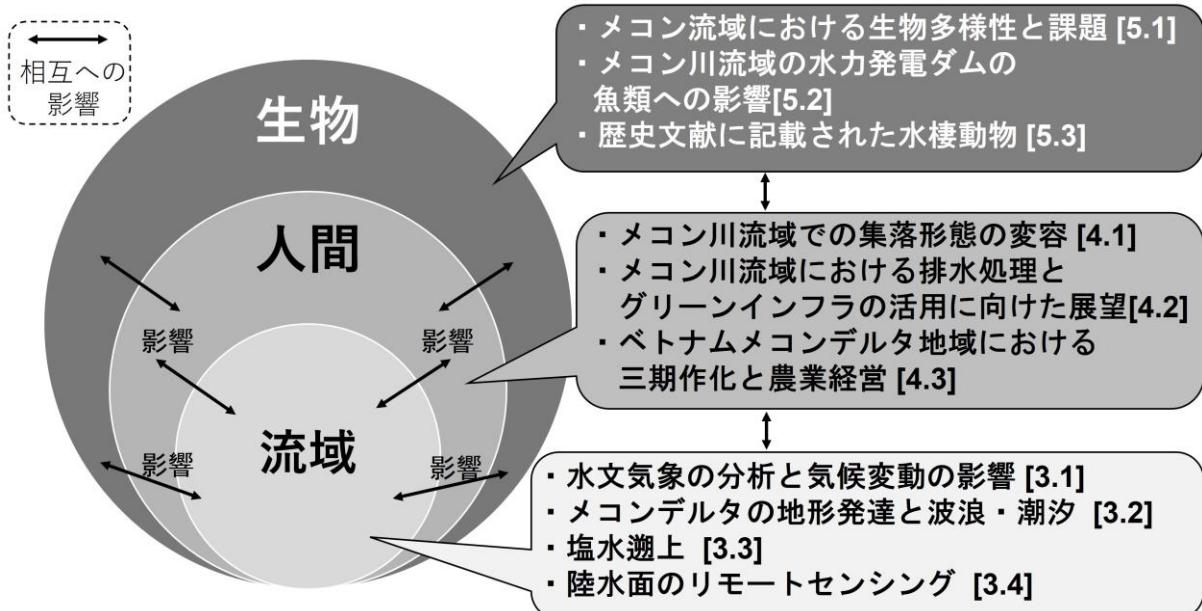


Fig. 1 The Schematic Diagram of Relationships among Research Fields

3. 流域における水や物質の振る舞い

3.1 メコン川の水文気象と気候変動の影響

メコン流域の水文気象環境は大きく雨季と乾季に分かれ、特に下流域では5月中旬～10月に南西モンスーン（季節風）の影響を受け雨季に、11月から5月初旬に北東モンスーンの影響を受け乾季になる¹⁶⁾。また雨季と乾季の期間が上記とは異なる集計ではあるが、流域の平均降水量は、8月をピークとした雨季（4月～10月）では6.58 mm/day、乾季（11月～3月）では0.86mm/day、年間平均では～4.2 mm/day（～1530 mm/year）をそれぞれ示す¹⁷⁾。雨季の降水量は、下流域中部のタイ・ラオス国境周辺において特に多く、同地域の夏季平均降水量は12-14 mm/day程度にまで達する¹⁷⁾。

本川各地点における流量の季節変化は、それらの地点より上流部の降水量の季節変化と比較しておよそ1～2ヶ月程度の遅れを示す傾向がみられる。観測流量が年平均流量を上回る期間を洪水期と定義すると、6月終わりごろから11月初めごろまでが洪水期となる。洪水期には毎年洪水氾濫が発生するが、上流からカンボジア国境付近までは比較的狭い幅数km程度の氾濫原が分布する。一方カンボジアでは、支流であるトンレサップ川とトンレサップ湖周辺を含めた広域で氾濫が発生する。雨季は熱帯低気圧の季節でもあり、下流域において発生した歴史的大規模な洪水は、南シナ海からの熱帯低気圧の影響を受けた場合が多いとされる⁶⁾。

気候変動は南シナ海の熱帯低気圧の頻度を減少させる方向に働くと考えられている¹⁸⁾。メコン川流域に対して直接的に影響を及ぼす熱帯低気圧には明確な長期変化は観測されておらず、また過去数十年間における降水パターンに関しても明確な変化は確認されていない¹⁹⁾。一方、将来の地球温暖化によりメコン川流域の平均降水量の増加²⁰⁾や下流域での氾濫面積および氾濫水総量の増加²¹⁾が予測されている。また、メ

コンデルタは地下水の汲み上げによる影響により 1991 年～2016 年の間に平均 18cm 沈下したが²²⁾、このまま沈下が継続すれば地球温暖化による海面上昇と相まって同地域の洪水氾濫は増加すると予測される²³⁾。気候変動がメコン川流域にもたらす変化と影響について正確に見積もることが求められる。

3.2 メコンデルタの地形発達と波浪・潮汐

現在のカンボジア・プノンペン付近から下流に広がる低地の大部分は、日本の縄文海進期に相当する約 8 千年前～6 千年前には水没しており、その後の河川からの土砂の堆積により陸化が進んだことが地質解析により明らかになっている^{24),25)}。今日でも河口周辺やカマウ半島南西岸では陸域が拡大する一方、600km に及ぶ海岸線の一部では深刻な沿岸侵食が生じている²⁶⁾⁻²⁹⁾。沿岸侵食の要因としては、ダム建設に伴う土砂供給量の減少³⁰⁾、川砂採取の影響³¹⁾、地下水の過剰くみ上げに伴う地盤沈下³²⁾などが挙げられる²⁶⁾。一方、河川の土砂供給量減少の影響は、デルタに隣接する海底（水中デルタ前縁部）において先行的に生じているという報告もあり³³⁾、海陸一体で考える必要がある³⁴⁾。

メコンデルタの地形形成には、河川からの土砂供給に加え、波浪や潮汐などの海の作用が関わっている³⁵⁾。例えば、デルタ南東側の外縁部において海岸線に対して平行な向きで並ぶ、長さ数十 km の長大な浜堤（細長い砂丘）列は、波浪によって作られたと考えられている²⁴⁾。微高地である浜堤には道路や集落が並ぶ一方、浜堤間の湿地は養殖池などに用いられるなど、地形が現地の土地利用形態と結びついているほか¹²⁾、微高地の存在は低地の浸水範囲や浸水後の排水経路などに対しても影響を及ぼしている。小規模ではあるが同様の浜堤と後背湿地は、霧多布湿原や釧路湿原などにおいても見られる。メコンデルタ沿岸の波浪は、デルタの面積が現在の半分程度であった 3,500 年前以降に強まったと推定されている³⁶⁾が、その要因については十分に検証されていない。

岸に対して平行な向きで地形を形成する波浪とは対照的に、潮汐は岸と直角の向きをなす入り江や中洲を生み出す働きがある。メコン川の河口が浜名湖やサロマ湖のように砂州で閉塞せずに、開いた入り江を形成している理由は潮汐の作用が大きいためである。河口周辺を含むデルタ東岸では、大潮時の干満の差が有明海奥部とほぼ同じ 4m に達する。

波浪や潮汐の強さは海の水深や海岸線の位置の変化にともない変化することから、陸域の拡大に伴って昔と今とでは波浪や潮汐の強さが変わっていた可能性がある。このため、著者である上原は現在数値シミュレーションによる古波浪・古潮汐推計を現在準備中である。メコンデルタの北側と南側では地形が異なることや、1～7 世紀に扶南国の港として栄えたオケオ港がデルタ西部に位置する理由など、さまざまな事象について、当時の波浪・潮汐環境の観点から説明できると期待される。さらに、人間による開拓が進んだ最近数百年のスケールでは、土地利用形態の変化³⁷⁾や河川流路の改変に伴う波浪・潮汐場の変化も想定される。

メコンデルタのベトナム部分は、農地開発が進んだ感潮河川流域という点において例えば日本の北部九州の六角川や筑後川などと共に通する要素が多く、政治体制や意思決定プロセスが異なる場所での堤防や取水堰の建設や防災政策の決定プロセス、内水氾濫、ヒ素による地下水汚染などの課題に対する対応など、比較検討の必要なテーマが多いと考えられる。また海洋物理学の観点では、川の人為的な流路改変による河川の潮汐遡上範囲の変化（例えば、江戸時代における六角川³⁸⁾）による影響の評価もまた重要な検討テーマである。数値シミュレーションの結果の信頼度を確保する上では、対比可能な社会学的、もしくは生態学的なデータを用いた検証が不可欠であるため、遂行にあたっては分野横断的な研究の推進が求められる。

3.3 塩水遡上

雨季の洪水や硫酸性土壌とならび、メコンデルタの農業生産に対して大きな影響を及ぼす要素として、河川への塩水の遡上が挙げられる³⁹⁾。遡上の範囲は、基本的には河川水を押し留め、逆に塩水を上流へ押し上げる潮汐作用と川を下る河川流とのバランスにより決まる。最も顕著な変化は季節変動に伴い生じ、河川流量が大きい雨季（3.1 節参照）では塩水が河口から数 km 程度しか流入しないのに対して、河川流が弱い乾季では河口から 50～70km 上流まで塩水が遡上する³⁹⁾⁻⁴²⁾。

遡上範囲を決定する海と河川の要素として、さまざまな要素が検討されている。例えば、温暖化に伴う海面の上昇やダム建設による河川流量の減少は、塩水遡上範囲を拡大させる効果があると推計されている^{2),40)}。その他にも灌漑を目的とした河川水の取水量増加や南シナ海へ流れる河川水の一部をタイ湾側へ流す水

路の建設などもメコン川本流の流量減少をもたらし、その結果、塩水遡上を促進する可能性がある⁴³⁾。川砂採取や航路維持のための河床掘削は、河川流量の増加をもたらす反面、河道内の潮流増加をも引き起こす可能性があるため、塩水遡上範囲にどのような影響をもたらすか、現時点では定かではない⁴⁴⁾。

塩水遡上の研究は全球的な海面上昇の影響を除けば、これまで陸側の変動要因についての検証が大部分であった^{45), 46)}。海側の長期環境変動（例えば、沿岸流やモンスーンの変化に伴う海面変動など）が及ぼす影響をより詳細に評価することが、今後の検討課題として挙げられる。加えて、河川水の測定では塩分が検出されていない河口から160km離れた場所においても汽水性のマングローブや二枚貝、珪藻類などが分布しており⁴¹⁾、その要因についても調べる必要がある。

3.4 陸水面のリモートセンシング

前章まで述べたように、河川流量と海面水位の変動に応じてメコン川流域の環境が変化するため、人間圏・生物圏を含め流域で起きる事象の理解と将来の予測には、河川流量と海面水位の変動を正確に把握することが必要である。流速計や水位計を用いて特定の地点の流量や水位は計測できるが、広大で地形が多様な流域に多くの支流を持つメコン川の場合、観測地点ごとに異なる変動がみられる可能性は高く、流域全体の総観的な理解には多数の観測地点が必要になる。しかし、複数の国にまたがる国際河川で均一の精度の観測を多数整備することは現実には困難であり、主に人工衛星を用いた広域リモートセンシング観測が必要となる。

河川流量は、河川水の体積、すなわち水平方向の広がり（河幅）と高さの計測により求めることができる。このうち河幅は、日中に上空から可視域の光学センサー（カメラ）を用いて観測すれば、河の両岸の距離として画像の空間分解能に応じて把握できる。空間分解能は、カメラのレンズの大きさや撮影高度の組み合わせによって数メートルから数百メートルまで選べるが⁴⁷⁾、高い高度から観測する静止軌道衛星の解像度（現状では0.5～1km）では、流域によっては河幅の変動の捕捉にとって不十分な可能性がある。一方、空間分解能が高いほど一度に観測できる範囲（Field of View; FOV）が一般的に狭くなるため、観測範囲が準回帰軌道衛星とともに移動する場合、同じ地点が再びFOVに含まれるまでの時間間隔（時間分解能）が長くなる傾向がある（ただし、超小型衛星衛星を用いて衛星の台数を増やせば、衛星群全体としての時間分解能は短くすることができる）。なお、雲や植生によって上空からの視界が遮られると可視域の光学センサーでは河岸を判別できなくなるが、適切な波長のマイクロ波ではこれらの遮蔽物を透過して水面に達する。水面と陸面ではマイクロ波の反射特性が異なるため、反射強度のコントラストにより河岸を検出できる⁴⁸⁾。ただし、マイクロ波は可視光より波長が数万倍長いため、カメラのレンズに相当するアンテナの口径を極端に大きくしないと画像の空間分解能は低くなる。このため、疑似的に大きなアンテナを形成させる合成開口レーダー（Synthetic Aperture Radar; SAR）による観測データを用いることが多い。

もし陸地の高度分布（Digital Elevation Model; DEM）が正確に求まっているれば、計測した河岸や沿岸の水位置から、河川や海洋の水面の高さ（水位）を間接的に推定できる。ただし、堆積・侵食や地盤沈下・堤防の整備などで地形が変化するたびにDEMの更新が必要となるため、この方法では長期にわたって広域的かつ高精度に水位の推定を行うことは容易ではない。河川や海洋の水面の高さを衛星から直接計測する場合、衛星高度計を用いる。このセンサーは、上空から直下の水面に電磁波を照射し、反射波が戻ってくるまでの時間を計測して電磁波の往復距離を求める。なかでも衛星マイクロ波高度計は、既に30年以上継続して観測データが供給されており、外洋では広く現業利用されている。ただし沿岸域や河川ではこのデータの精度は低い。これは衛星が直下を照射する半径10km程度の領域（フットプリント）の中に港や建築物など水面以外の物体を含むと電波の反射状況が変わり観測精度が低下するためである。しかし、フットプリントのサイズを小さくするなど外洋と異なる解析処理を施せば^{49), 50)}、河川や沿岸域でも水位の時間変化の計測が可能となり⁵¹⁾、DAHITI^{52), 53)} (<https://dahiti.dgfi.tum.de/en/> (参照: 2023年6月1日)) や HydroWEB^{54), 55)} (<https://hydroweb.theia-land.fr/> (参照: 2023年6月1日)) などの河川水位の時系列データも公開されている。なお、2022年の12月にNASAとCNESが中心となって打ち上げた新型の海面高度計（Surface Water and Ocean Topography; SWOT）は、軌道直下点だけではなく、約100kmの幅にわたって100m格子の面的な水位分布の計測が可能とされており、沿岸や河川の水位変動の知見が今後飛躍的に増加すると期待されている^{56), 57)}。

4. 流域における人間の振る舞い

4.1 メコン川流域での集落形態の変容

メコンデルタでの人間居住の歴史を振り返ると、かつてはクメール人の領域であったこのエリアは、古代に港湾施設が設置された交易地ではあったものの、基本的には小人口世界でしかなかった。圧倒的な大河が迷走する水漬く地では、安定した集落を営むことは困難であり、カンボジアを出るとデルタ東端外の現ホーチミン市までは無主の地に近い状態であった。それが 17 世紀以降、中国からの移民(明が清に滅ぼされた後の亡命移民など)を、当時のベトナム人政権が入植させたことを契機に人口が増加した。しかしながら、この段階でも交易や小規模な農漁業を営む程度に留まっていた。

この状況は、フランスによる植民地支配により一変した。運河ネットワークが整備され、排水、灌漑、交通のインフラとして利用されるようになると、大土地所有による米作プランテーションが展開され、メコンデルタは一大穀倉地帯へと様変わりした⁵⁸⁾。デルタの各所に集落が形成され、農作物の集散地としての都市群も成長した。これらの集落は、ベトナム各地からの移民によるものが多かったが、就農のための自由移民を主としており、ベトナム北部の緊密な社会に対して、開放的でゆるやかな社会がみられた。第 2 次大戦を経て南北分断期には、デルタ上にも北ベトナム側のゲリラ支配区と南部支配区域が入り乱れて、地域形態の違いにも影を落とした。南ベトナム政権下ではアメリカ人研究者が入り、メコンの集落についての学術調査が行われた⁵⁹⁾。

1976 年のベトナム統一後は、社会主義政権下で農業の集団化が進められたが、生産性が上がらず、市場経済の導入によるドイモイ政策が開始された。この政策により、収穫高の増大を目指した農業経営が行われた一方、土地無し零細農民も多く発生した。彼らを集団移住させて農業開拓民とする政策が採られ、その受け皿としてメコンデルタ各地に「新経済村」と呼ばれる計画集落が建設された⁶⁰⁾。現在のメコンデルタでは、上述のような、地元民や自由移民による自然村、国家による計画居住地、また在地クメール人集落が混在した人間居住環境がみられるが、近年の工業化と道路交通網の整備がいかなる変化をもたらしたかを解明する継続的な研究が求められる。

4.2 ベトナムメコンデルタ地域における三期作化と農業経営

ベトナムメコンデルタ地域では、2000 年代以降、高堤防に伴う水稻の三期作化が進行した⁶¹⁾。この変化は農地利用の集約化という観点から言えば農業生産や農家所得の向上に繋がると期待される。その一方で、過剰な土地利用による環境や土壤に対する負荷や、それに伴う肥料や農薬等の投入の増加は、持続的な農業に疑問を突きつける⁶²⁾。これらの功罪を勘案した結果、近年では 3 年 8 作 (3 年に 1 回休耕する) など環境面に配慮した作付けパターンが政策的に奨励されるようになった⁶³⁾。ベトナムメコンデルタ地域の水稻作付面積は、1995 年から 2015 年にかけて 34% 増加した⁶⁴⁾。水田面積自体にさほど変化はなく、この増加は農地利用の集約化、つまり三期作の進展によるものである。2000 年代以降、高堤防の整備により洪水期であっても河川から水田への氾濫水の流入を制御できるようになり、通年の作付けが可能となった。その結果、作付面積の増加に伴い、水稻生産量も増加している。

こうした変化の一方で、農家の営農状況を調査した研究では、三期作の導入によって肥料や農薬の投入と費用が増えた結果、農家経営として必ずしもプラスになっていないことが報告されている⁶⁵⁾⁻⁶⁷⁾。ただし、これらの事例研究はクロスセクションデータを使い、三期作地域の農家と二期作地域の農家の横断面の比較をしているため、それぞれの地域に固有のコスト要因の影響(例えば、三期作地域はもともと地力が低い)が排除し切れないことから、必ずしも三期作がコスト増の原因であると推論できるわけではない。Arimoto et al. (2022)⁶⁸⁾は、衛星画像の解析に基づく三期作が行われた地域^{69), 70)}の経年的な情報と、代表的なサンプルの農家調査データ (Vietnam Household Living Standards Survey: VHLSS) を組み合わせ、2006-12 年にかけての平均的な農家の費用や収入の経年変化を利用し、(1) 三期作が 4 年以上継続すると肥料投入が約 5% 増えること、(2) 除草剤や殺虫剤の投入が増える傾向はみられないこと、(3) 反収や作付け面積当たりの稻作所得も低下していないこと、(4) 農業所得の構造としては、三期作により稻作所得が増え、漁業所得が下がり、全体としては 23-32% 上昇していること、(5) 賃金所得や自営所得が下がることはなく、トータルとして農家所得は 13-16% 程度上昇したことを報告している。これらの結果は、三期作化が肥料投入を増やす可能性はある一方、稻作所得や農家所得を低下させるという既存研究の主張とはやや異なる。上述の三期作を

継続すると肥料投入が増えるという発見は、水田への氾濫水の流入がもたらしていた環境上の正の効果が失われたという指摘と整合的である。すなわち、氾濫水は肥沃な堆積土砂の流入によって地力を回復させ⁷¹⁾⁻⁷⁶⁾、病害虫や酸性土を流すといった便益をもたらしていたとされる⁷⁷⁾。

以上の知見は、三期作の導入によって、環境上の便益が失われる可能性がある一方、少なくとも 2010 年代初頭までは、農業生産および農家経営上負の影響を与える兆しあはみられなかつたことを意味している。実際、2020 年代まで三期作の耕作面積はそれほど減少しておらず、農家としても三期作を継続するインセンティブがあることが示唆される。ただし、農業が環境へ与える負の影響、収益性の高くない稻作から高付加価値作物への転換、農村での非農業就労機会の拡大など、三期作を取り巻く農学的および社会経済的な環境は変化しており、それに合わせて政策も変化していると考えられる。

4.3 メコン川流域における排水処理とグリーンインフラの活用に向けた展望

モンスーンアジア地域に位置するメコン川流域では、熱帯気候で水資源が比較的豊富なことから、人々の生活に関わる水利用の大部分は森林や湿地による水の流れの調節や水質の浄化といった供給や調整の生態系サービスに強く依存してきた⁷⁸⁾。しかし特に新興国（CLMV[カンボジア、ラオス、ミャンマー、ベトナム]諸国）において、近年の急速な経済成長、都市化の進展に伴う農村部の社会変化により、都市と農村を含む流域の水・物質循環が大きく変化しつつある。気候変動と都市化の進展は、いわゆるメガシティのみならず、人口 100 万人程度の中規模都市にも水不足の深刻化をもたらす可能性が懸念されている⁷⁹⁾。これらの中規模都市が位置する途上国では、一般に日常生活での生態系サービスへの依存度が高く⁸⁰⁾、インフラ整備への経済的制約が厳しいことから、従来の都市開発モデルのようにグレーインフラストラクチャーのみによる水不足解消は困難といえる。そこで、持続的な水環境の創出に向け、Nature-based Solutions (NbS; <https://www.iucn.org/our-work/nature-based-solutions> (参照: 2023 年 6 月 1 日)), グリーンインフラストラクチャー (<https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure> (参照: 2023 年 6 月 1 日)) との適切な組み合わせによるアプローチが注目を集めている⁸¹⁾。

排水処理分野に着目してみると、下水道普及率は依然として低く（2020 年：カンボジア 16.5%，ラオス 1.1%，ミャンマー 1.0%，ベトナム 1.3%）⁸²⁾、都市部においても生活排水の多くは浸透槽または簡易な浄化槽を経由するのみで下流に排出されている。SDGs のグローバル指標 6.3.1 である「安全に処理された排水の割合」の推定値（2020 年：カンボジア 30.6%，ラオス 10.1%，ミャンマー 8.5%，ベトナム 18.5%）⁸²⁾をみても、人口の急激な増加とは裏腹に普及が進んでいないことがわかる。近年、さまざまな先進国からの資本による集中型の下水処理施設建設の計画はあるものの、受益地区が観光施設の密集地域に限られており、その周辺の住宅の生活排水や農村部の排水は対象外である事例や、導入後の維持管理の体制やその資金確保の面での課題も多い。そのため、小規模で分散型の処理システムの必要性は今後も高く、湿地や水田地帯をグリーンインフラとして活用する方策も効果的と考えられる。

メコン川沿岸の都市であるラオスの首都ビエンチャンにおいても、急速な都市拡大と人口増加（2005 年：約 70 万人、2020 年：約 95 万人）が進行中であり、水環境のさらなる悪化が懸念されている。市街地の排水路は雨水と污水の合流式であり、その排水は Mak Hiao 川、That Luang 湿地を経由してメコン川に流入している。街中を流れる排水河川の上流は、ビエンチャン市郊外に広がる水田地帯に接続しており、そこからの余剰水や水田排水が水源となっている。しかし、かつて整備された水田灌漑施設の粗放的な維持管理や湿地帯の開発が進んだこともあり、乾季の流量の減少、水質悪化が顕著にみられる⁸³⁾。そこで、水田灌漑施設を復活させ、農地の生態系サービスをグリーンインフラストラクチャーとして再活用することが、環境保全機能のみならず食料供給機能の面でも効果を発揮すると期待される。グリーンインフラストラクチャーが持続的に効果を発現するためには、住民や農家による自発的な適応的管理が不可欠であり、環境教育等による啓発活動や次世代の人材育成、農業の生態系サービスに関する価値共創が重要である。

NbS による排水処理技術としては他にも、人工湿地を活用したものが代表的であり⁸⁴⁾、メコン川流域においても、気候や土地資源の面において適用性が高いと考えられる。人工湿地による浄化機能については、これまでにさまざまなタイプの構造や流況、曝気の方法や素材、植生を用いた効果検証がなされている⁸⁵⁾。一方、そのほとんどが小規模で実験的な取り組みであり、大規模な実装に向けては維持管理の技術移転や体制構築が欠かせない。持続的に機能を発揮させるためには行政機関のみによる対応では不十分であり、この

点においてもやはり、水環境保全に関する市民の意識向上、水共生社会に向けた価値共創を通じた超学際的アプローチが肝要である。

5. 流域における生物の振る舞い

5.1 メコン流域における生物多様性とその保全における課題

チベット高原に源を発し南シナ海まで 4,000km 以上、東南アジア最長を誇る大河であるメコン川流域には、森林やサバンナ、湿地、農地など多様な生態系が存在し、生物多様性の宝庫としても知られている。1993 年には大型哺乳類としては 50 年ぶりの新種となるウシ科のサオラ (*Pseudoryx nghetinhensis*) が発見され⁸⁶⁾、世界中の注目を集めたが、それ以降も毎年多数の新種の記載が続いている。WWF (世界自然保護基金) は、メコン川流域で発見された新種の動植物を定期的に報告しているが、最新の情報によると 2020 年だけでも哺乳類 1 種を含む 224 種もの新種が発見されており、WWF が報告をまとめ始めた 1997 年以降、この地域から発見された新種は実に 3,007 種に達するという⁸⁷⁾。残念ながら WWF の報告には地球上で最も種数の多い分類群である昆虫類のデータがほとんど反映されていないが、本地域から毎年多数の新種の昆虫も記載されている。

著者の一人である荒谷も本地域の現地調査を開始した 1994 年以降、クワガタムシ科やクロツヤムシ科、コガネムシ科の甲虫類 6 種⁸⁸⁾⁻⁹³⁾ とクチキゴキブリ科のゴキブリ 1 種の新種を自ら採集し記載している⁹⁴⁾。このうちミャンマー北部から新種として記載したクワガタムシ科の 1 種は既知のどのグループとも異なる形態的な特徴を有していたため、この種をタイプ種として新たに *Noseolucanus* 属を創設した⁸⁹⁾。荒谷の手元には実際に現地で採集したクワガタムシ科の甲虫を中心に未記載種と思われる標本が多数あり、今後、精査の上で順次記載を予定している。クワガタムシ科は昆虫の中でも特に分類が進んでいるグループである⁹⁵⁾ことを考慮すると上述の状況は特筆すべきことであり、本地域の生物多様性の全容はいまだに解明されていない状況であることがよくわかる。メコン川流域の動植物相は西南日本、特に奄美・琉球地域との関連性が深く⁹⁶⁾、本地域の生物多様性の実態解明は、日本の動植物相の起源や成立過程の解明にも繋がる。

しかし、その一方でメコン川流域では周辺諸国の近年の急速な経済発展にともない、急激な開発等による自然環境の劣化・消失も、深刻な規模で進んでいる。中でも森林生態系の改変は特に著しく、メコン川流域では 3 地域が WWF によって「森林破壊の最前線 24 (The 24 Deforestation Fronts)」に指定されている⁹⁷⁾が、上述したサオラはもちろん、2020 年にミャンマーから発見されたサルの 1 種であるポッパラングール (*Trachypithecus popa*) は、記載と同時に、IUCN (国際自然保護連合) の「レッドリスト」において最も絶滅の危険性が高い近絶滅種 (CR) にランクされるほど森林破壊の影響は深刻である⁹⁸⁾。

森林生態系のみならず、農地を含む里地生態系もまた大きく変化している。メコン川流域の湿地や、山岳地帯を中心に広がる伝統的営農形態である棚田は豊かな水生昆虫相を育んできたが、観光開発による湿地の埋め立てや、トウモロコシやコーヒーなど換金農作物栽培の集約化・大規模化の進行に伴う棚田の消失によって、こうした水環境に依存していた水生昆虫は壊滅的な打撃を受けている⁹⁹⁾。加えて、商業的なコメ生産の拡大に伴って農薬の使用量がメコンデルタ地域をはじめ各地で急増したことがさらに水生昆虫類の消失に拍車を掛けた。このような森林と里地生態系における生物多様性の変化はそれぞれの生態系機能の劣化に直結し、流域に生活する人々が恩恵に浴している様々な生態系サービスに対しても深刻な影響を与えるばかりではなく、異常気象や感染症の拡大、病害虫の蔓延などの側面において、より広範囲に被害を及ぼす可能性も高い。こうした現状にあって、手遅れになる前に、メコン流域の生物多様性の実態を把握するとともに、その保全と持続的利用をめざした実効的なシステムを構築することが極めて緊急かつ重要な課題となっている。

5.2 メコン川流域の水力発電ダムの魚類への影響

メコン川中下流域における一つの大きな環境問題は、水力発電ダムの建設と稼働である。2018 年頃までは、メコン本流のダムは上流の中国領域のみに存在したが、ラオス領域およびカンボジア領域において 10 基以上の建設が予定されており、一部はすでに稼働していると推測される。特にラオス北西部のサイヤブリダムなどは建設が終わり、すでに稼働していると報道されている。メコン川中下流域のダムは、メコン川の淡水魚類にどのような影響を与えるのであろうか？メコン川の淡水魚の多くは、その広い流域内を回遊し

ている。ダムによって分断化されるとその回遊ができなくなり、繁殖・産卵などに影響を与えると考えられる。また、ダムにより止水域が増え、流水に適応した種などは生存が難しくなると考えられる。Kano et al. (2016)¹⁰⁰⁾ は、1,571 地点における 363 種の魚種分布データを用いて、淡水魚類相に対するダムの影響を機械学習によるシミュレーションにより評価した。その結果、メコン中下流域における淡水魚種数は 24% 減少することが予想された。特にラオスでは著しい減少 (31%) が予想された。またカンボジアなどにおいては、水力発電ダムによる利益がほとんどないにも関わらず、淡水魚種数は 22% の減少を示し、上流の影響を大きく受けることも予想された。メコン川は国際河川であるためこのような歪みが生じ、今後のミシゲーション (<https://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=2509> (参照: 2023 年 6 月 1 日)) や保全上の大きな問題になると考えられる。加えて、地球温暖化による影響も懸念される。なぜなら、温暖化による水温の上昇は、各種が適温とする生息地を上流へとシフトさせると考えられるためである。このとき、ダムの存在は生物の上流への移動を阻害し、生息地の縮小・消滅による個体群の減少など、大きなダメージを与える可能性がある¹⁰¹⁾。このようにダムと地球温暖化は独立の問題ではなく、魚類多様性にとって負の相乗効果を持っていることが懸念される。

5.3 歴史文献に記載された水棲動物

過去に人々が動植物をどのように利用してきたのか?という情報を知ることもまたメコン川における生物多様性やその課題を考える上で重要である。この点を理解する上で史料に記載された名前は重要な手がかりとなる。日本においてはすでに戦前から史料に記載された名前から種名を同定する研究が行われてきた。例えば、金丸但馬は 1931 年に『本草綱目』に記載された 29 種の蚌蛤類の同定を行っている¹⁰²⁾。また渋沢敬三の『魚名集覧』は魚類語彙辞典であるが、和名、方言名、古文献から種名を同定しており、水産業史研究の基本文献となっている¹⁰³⁾⁻¹⁰⁵⁾。

一方、東南アジアの史料に記載された動植物の種名を同定するといった研究は管見の限りみられない。このような中で 1820 年に阮朝ベトナムの 2 代皇帝明命帝に献上された『嘉定城通志』は 19 世紀初頭のメコンデルタを知る一級の史料となる（慶應義塾大学斯道文庫蔵の版本の影印が 2019 年に同言語文化研究所より出版された）。同書を編纂した鄭懷徳 (1765~1825 年) は阮朝初代嘉隆帝、2 代明命帝に仕えた華人の高級官吏であり、19 世紀初頭のベトナムを代表する知識人であった。深い漢文の素養をもった鄭懷徳の地誌は、動植物の同定において日本や中国、韓国など他の漢語文化圏の地誌や本草書と比較検証できるという利点をもつ。『嘉定城通志』¹⁰⁶⁾は星野志、山川志、疆域志、風俗志、物産志、城池志の 6 卷からなるが、物産志には 19 世紀初頭のコーチシナで人々が利用していた動植物が数多く記載されている。水棲動物に限っても、「海魚」33 種、「江魚」(メコン川の魚類を意味する) 36 種、「澤魚」(淡水魚) 10 種、「毒魚」3 種、貝 9 種、エビ 7 種、カニ 5 種が漢語や字喃で記載され、採取方法や加工方法、生息場所、味、食品以外の使用方法が紹介されている。

『通志』はベトナム人歴史学者によって翻訳され、水棲動物もある程度は現在のベトナム名で示されているものの、種名の同定は未だ行われていない。そのため、当時の人々がどのような種の水棲動物をどのように利用していたのかが明確に述べることができない状態にある。例えば、「江魚」の項目にある「査魚」は「ヒレヒゲ、鋭いトゲがあり、鱗はなく身は青く、腹は白い。5, 6 尺にもなり太っていて干物にできる。油も多く、ともし油や船を防水するための油としても利用される」(著者の一人である鈴木訳) と記載されている。ベトナム人歴史学者はこれを “Cá Tra” と比定しているが、種名には言及していないためベトナム人以外の研究者には査魚が具体的にどのような種を指しているのか分からぬ^{107), 108)}。ちなみにメコンデルタにおいて “Cá Tra” と呼ばれている魚は *Pangasianodon hypophthalmus* であり、現在でも食用としてアンザン地方やドンタップ地方で盛んに養殖されている。『通志』では「同種の油がともし油や船の水漏れを防ぐ油として利用されている」と記載されており、現在では見られなくなった利用方法がかつてあったことが分かる。

メコン川の生物多様性をいかに維持するのかが問題となっている現代にあって、19 世紀初頭の人々がどのような水棲動物を認知し、どのように利用してきたのかを知ることは未来の保全を考える上でも重要な研究テーマであると思われる。そして、過去に人々がどのように水棲動物と関わってきたのかを理解するためにも、本稿で掲げる水共生学という学際的なアプローチが必要である。

6. メコン川流域における学際的課題とその解決に向けた学際研究

前章までにおいて、メコン川流域を対象とした地球科学、人文社会学、生物学のそれぞれの研究例を概観した。それぞれの分野に置いて示された課題を流域一人間一生物間の関係に関する概念図(Fig.1)を踏まえて検討する(Fig.2)。

流域における水や物質の振る舞いに関する研究では、第一に本来地球が有している水循環の変化が研究の主眼に置かれている。ただし、水循環が物理学や化学における基礎的な知見の組み合わせでおおよそ表現可能である一方、例えば河川流量が人間による取水やダムの影響を受けるように、実際に我々が観測できる水循環には人間による操作の影響が大きい。従って、多くの地球科学分野の研究では人間による操作も含めた水循環について考慮されており、それはメコンでも同様である²⁰⁾。上述の「メコンデルタの地形発達と波浪・潮汐」(第3.2節)は主に地球圏の変化を対象としたものであり、「メコン川の水文気象と気候変動の影響」や「塩水遡上」(第3.1節、第3.3節)は人間による影響が加味された水循環を対象とした分析と言える。流域における水や物質の振る舞いを理解するためには、その振る舞いを広域的かつ長期連続的にとらえることが必要であり、そのための観測技術が重要となる。その研究課題を扱うのが「陸水面のリモートセンシング」(第3.4節)であり、そこから得られる情報が、流域における水や物質の振る舞い、ひいてはそれが人間や生物に及ぼす影響を明らかにするための基礎情報となる。

流域における人間の振る舞いを対象とした研究では、流域における水や物質の振る舞いの下で人々がどのように振る舞い、それがどのような結果をもたらしているかといった点が考察されている。「メコン川流域での集落形態の変容」(第4.1節)では、過去から現在まで人々が水や物質の振る舞いの下でどのような社会が形成され、それが流域環境にどのような影響を及ぼしたかについて考察されている。人間による流域環境への影響という観点では、農業による影響が最も大きいもの一つと言える。「ベトナムメコンデルタ地域における三期作化と農業経営」(第4.2節)では農業の高度化に伴う流域環境への影響が考察されている。また、メコン川流域では近年急速な都市化が進んでおり、その影響が流域環境にも大きく及んでいる。「メコン川流域における排水処理とグリーンインフラの活用に向けた展望」(第4.3節)では、都市の排水という観点からその影響を考察している。

流域における生物の振る舞いを対象とした研究では、流域における水や物質さらには人間の振る舞いの上で、生物がどのような振る舞いを行っているか、そしてそれがどのような影響を人間や流域環境に及ぼしているかという点が考察されている。水や物質の振る舞いに関しては、限りはあるものの過去からの一定の観測情報が利用できる。人間の振る舞いに関しても、史料などから情報を得ることが可能である。一方で生物に関してはそのような情報を得ることは必ずしも容易ではない。「歴史文献に記載された水棲動物」(第5.2節)は、本来生物を記録するための資料ではない史料から過去の水棲動物の情報を得る試みである。このように生物に関してはその振る舞いを理解する事自体が大きな研究課題である。従って、水や物質の振る舞いが人間に及ぼす影響と比べて、水や物質および人間の振る舞いが生物に及ぼす影響を把握することはより困難と言える。「メコン川流域の水力発電ダムの魚類への影響」(第5.3節)においては、水力発電ダムが魚類に及ぼす影響という観点に関してこの影響を考察するものである。

流域、人間、生物という3つの振る舞いからメコン川流域における研究課題を概観した。これらはおおよそ地球科学、人文社会学、生物学としてそれぞれ扱われてきた課題と言える。しかしながら、人間の操作を加味しない地球本来の水や物質の振る舞いを解明しようとする試みなどの専門性の高い研究課題を除いては、いずれの研究課題も単一の学問領域のみで解決できるものではない。特に課題解決型の研究課題においてはその傾向が強い。ここから言えることは、既にそれぞれの分野で取り組まれている課題の多くは既に学際的な課題の側面を多かれ少なかれ有していることを意味する。流域を扱う課題では人間による操作に関する考慮が進められており、生物を扱う課題では流域環境の変化も踏まえた上での人間の操作に関する考慮が進められている。一方で、人間を扱う研究課題では流域や生物を扱う研究と同様に流域や生物の振る舞いが人間に及ぼす影響について検討されるのみならず、人間による操作が流域や生物に及ぼす影響が検討されている。

各研究分野で進められている学際的課題の進展の基礎は各研究分野の取り組みであるが、そこに学際研究のアプローチが加味されることにより、研究課題の進展や新たな展開が期待できる。本稿で例示した研究

課題の例を基に学際研究について2つの観点から検討する。第一の観点は流域、人間、生物それぞれの振る舞いに関する過去、現在、将来の変化の把握である。これらの変化の把握は各研究課題を進める上での基礎データとなりうるものである。この変化の把握に際しては各学術分野の様々な方法が活用可能である。例えば水循環を例にすると、地球科学分野における数値シミュレーション、人文社会分野における史料、生物学分野における気象プロキシ資料（年輪や同位体による気温や降水量の推定）などが考えられる。水循環のみならず、水環境や水利用などの各学術分野で共通する対象を設定し、それぞれの分野で用いることのできる手法や資料/史料を持ち寄ることで、対象の過去から現在、将来への変化をそれぞれの分野単独の場合よりも詳細な姿で描き出すことが可能と考えられる。

第二の観点は、流域住民との協働である。特に流域における課題解決に関する研究課題においては、研究から得られた知見を還元するために流域住民との協働が不可欠となる。また、第一の観点にも関わる点として、流域、人間、生物それぞれの振る舞いに関する詳細な情報を得る上で流域住民から得られる情報の重要性は高く、その取得には流域住民との協働が欠かせない。流域住民との協働を進めるためには、流域住民から各研究課題の目的や意義、得られた結果について理解や共感を得ることが必要となる。流域の課題解決や目指すべき将来像の共有なども重要と考えられる。これらを進めるには流域、人間、生物を扱う研究者間でそれぞれの相互理解が必須である。

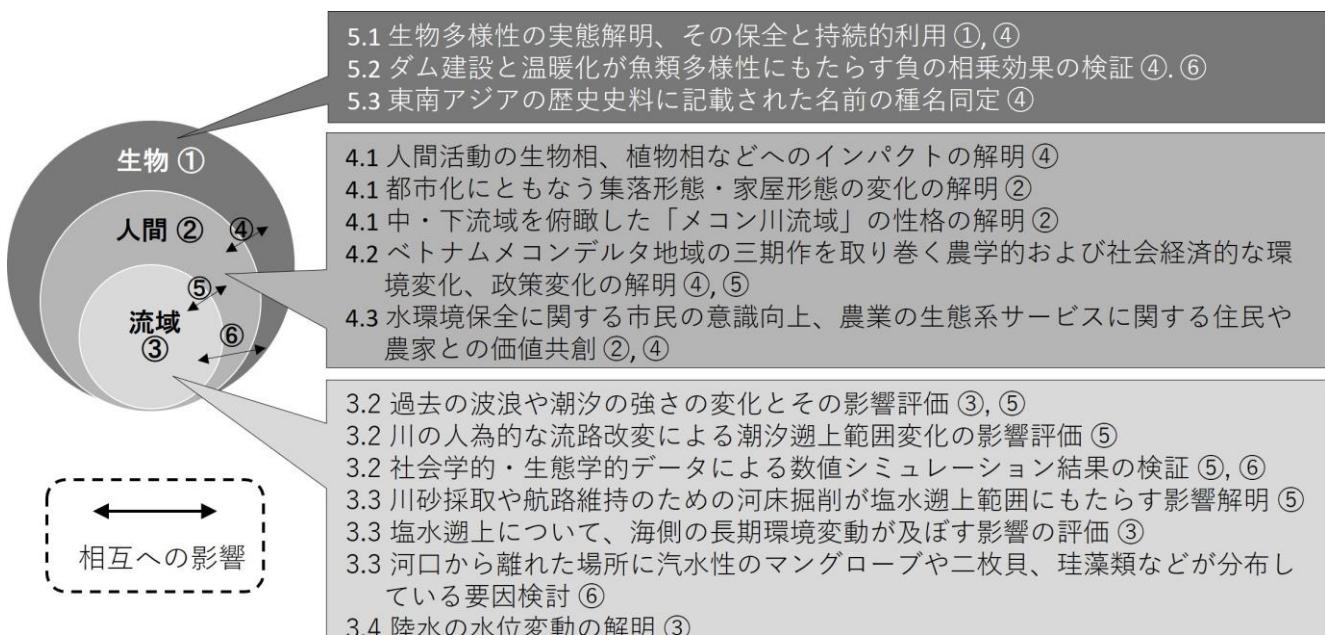


Fig. 2 Issues derived from research overviews in each field

7. おわりに

メコン川流域を対象として、地球科学、人文社会学、生物学分野の研究例を概観すると共に、それらの研究の進展に寄与すると考えられる学際研究について考察を行った。メコン川流域を対象とする研究について、流域、人間、生物の振る舞いという観点から各研究分野における取り組みを整理した。多くの研究課題では既に多かれ少なかれ学際的な側面があり、それを踏まえた上での研究が実施されていた。各学術分野において学際的な観点の分析が進められている中で、その分析の進展や新たな展開へと寄与する学際研究アプローチとして、流域、人間、生物の振る舞いの変化の把握という観点と、流域住民との協働という観点の2点を挙げた。学際研究の重要性は広く認識されているが、その実施は容易ではないことが多い。本稿は各学術分野の研究事例を挙げたうえで、それぞれの分野において共通すると考えられる要素から学際研究として実施できる内容を考察した。このプロセス自体が、学際研究を実施する際の各学術分野間の理解のための第一歩となる試みと言えるだろう。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 (JP21H05178, 21H05179, 21H05180, 21H05181) の助成を受けた。ここに記して、感

謝の意を示す。

参考・引用文献

- 1) World Economic Forum (2022): The Global Risks Report 2022 (17th ed.). <https://www.zurich.com/knowledge/topics/global-risks/the-global-risks-report-2022>. (参照: 2023年6月1日)
- 2) 春日文子 (2014) : Future Earth —持続可能な地球社会のための新たな研究体系と国際連携, 横幹, Vol.8, No.2, pp70-72.
- 3) 中山幹康 (2007) : 国際流域での水の分配をめぐる係争と協調, 地学雑誌, Vol.116, No.1, pp43-51.
- 4) 大塚健司 (2020) : メコン流域の開発と環境: 最近の動向から, バンコク日本人商工会議所所報, No. 702, 30-34.
- 5) 加本実 (2004) : メコン河委員会の活動と課題, 水文・水資源学会誌, Vol. 17, pp181-199.
- 6) WWF. (2021): New species discoveries in the Greater Mekong 2020, https://wwfasia.awsassets.panda.org/downloads/wwf_new_species_discoveries_2020_spreads_final.pdf (参照: 2023年6月1日)
- 7) WWF. (2017): Protecting Biodiversity in the Mekong River Basin, <https://www.wwf.or.jp/eng/activities/250.html> (参照: 2023年6月1日)
- 8) Stattegger, K (2013): Land-ocean-atmosphere interaction in the coastal zone of southern Vietnam—Editorial note. Global and Planetary Change, 110, Part B., 153-155. doi:10.1016/j.gloplacha.2013.10.001
- 9) Nittrouer, C.A., Mullarney, J.C., Allison, M.A., and Ogston, A.S (2017): Introduction to the Special Issue on Sedimentary Processes Building a Tropical Delta Yesterday, Today, and Tomorrow: The Mekong System. Oceanography, 30(3), 10-21. doi:10.5670/oceanog.2017.310.
- 10) Ogston, A.S., Allison, M.A., Mullarney, J.C., Nittrouer, C.A., 2017. Sediment- and hydro-dynamics of the Mekong Delta: From tidal river to continental shelf. Continental Shelf Research, 147, 1-6. doi:10.1016/j.csr.2017.08.022
- 11) Saito, Y., Goodbred, S.L., Chen Z. (2022): Deltas in Monsoon Asia and North Australia region, Sedimentary processes, evolution and human impacts, Marine Geology, Special Issue, <https://www.sciencedirect.com/journal/marine-geology/special-issue/10M4T02RCLF> (参照: 2023年6月1日)
- 12) 春山成子(2009): 自然と共生するメコンデルタ, 日本地理学会『海外地域研究叢書』, 7, 古今書院, 162pp. ISBN978-4-7722-8101-0
- 13) Thao, N.D., Takagi, H., Esteban, H., eds. (2014): Coastal disasters and climate change in Vietnam, engineering and planning perspectives. Elsevier, London, 393pp. ISBN978-0-12-800007-6
- 14) Schmitt, R. J., Giuliani, M., Buzzi, S., Kondolf, G. M., Daily, G. C., and Castelletti, A (2021): Strategic basin and delta planning increases the resilience of the Mekong Delta under future uncertainty, Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(36), e2026127118.
- 15) Kondolf, G. M., Schmitt, R. J. P., Carling, P. A., Goichot, M., Keskinen, M., Arias, M. E., and Wild, T. (2022): Save the Mekong Delta from drowning, Science, 376(6593), pp.583-585.
- 16) 村岡和満, 朝位孝二 (2013) : メコン河中下流域における水文データの時系列傾向の分析, 土木学会論文集 b1 (水工学) , 69, I_289-I_294, doi.org/10.2208/jscejhe.69.I_289.
- 17) Ruiz-Barradas, A., and Nigam, S. (2018): Hydroclimate Variability and Change over the Mekong River Basin: Modeling and Predictability and Policy Implications, Journal of Hydrometeorology, 19, pp.849–869, doi.org/10.1175/JHM-D-17-0195.1.
- 18) Utsumi, N., and Kim, H. (2022): Observed influence of anthropogenic climate change on tropical cyclone heavy rainfall, Nat. Clim. Chang., 12, pp.436–440, doi.org/10.1038/s41558-022-01344-2.
- 19) Mekong River Commission (2019): State of the Basin Report 2018, MRC Secretariat.
- 20) Pokhrel, Y., Burbano, M., Roush, J., Kang, H., Sridhar, V., and Hyndman, D. W. (2018): A Review of the Integrated Effects of Changing Climate, Land Use, and Dams on Mekong River Hydrology, Water, 10, p.266, doi.org/10.3390/w10030266.
- 21) Try, S., Tanaka, S., Tanaka, K., Sayama, T., Lee, G., and Oeurng, C. (2020): Assessing the effects of climate change

- on flood inundation in the lower Mekong Basin using high-resolution AGCM outputs, *Prog Earth Planet Sci*, 7, 34, doi.org/10.1186/s40645-020-00353-z.
- 22) Minderhoud, P. S. J., Erkens, G., Pham, V. H., Bui, V. T., Erban, L., Kooi, H., and Stouthamer, E. (2017): Impacts of 25 years of groundwater extraction on subsidence in the Mekong delta, Vietnam, *Environ. Res. Lett.*, Vol. 12, 064006, doi.org/10.1088/1748-9326/aa7146.
 - 23) Triet, N. V. K., and Coauthors. (2020): Future projections of flood dynamics in the Vietnamese Mekong Delta, *Science of The Total Environment*, Vol. 742, 140596, doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140596.
 - 24) Ta, T. K. O., Nguyen, V. L., Saito, Y., Gugliotta, M., Tamura, T., Nguyen, T. M. L., Truong, M. H., Bui, T. L. (2021): Latest Pleistocene to Holocene stratigraphic record and evolution of the Paleo-Mekong incised valley, Vietnam, *Marine Geology*, Vol. 433, 106406, 16pp. doi:10.1016/j.margeo.2020.106406
 - 25) Zoccarato, C., Minderhoud, P. S. J., Teatini, P. (2018): The role of sedimentation and natural compaction in a prograding delta: insights from the mega Mekong delta, Vietnam, *Scientific Reports*, Vol. 8, 11437, 12pp. doi:10.1038/s41598-018-29734-7
 - 26) Anthony, E. J., Bruneir, G., Basset, M., Goichot, M., Dussouillez, P., Nguyen, V. L. (2015): Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities, *Scientific Reports*, 5, 14745, 12pp. doi:10.1038/srep14745
 - 27) Marchesiello, P., Nguyen, N. M., Gratiot, N., Loisel, H., Anthony, E. J., Dinh, C. S., Nguyen, T., Almar, R., Kestenare, E. (2019): Erosion of the coastal Mekong delta: Assessing natural against man induced processes, *Continental Shelf Research*, Vol.181, pp.72-89. doi:10.1016/j.csr.2019.05.004
 - 28) Tamura, T., Nguyen, V. L., Ta, T. K. O., Bateman, M. D., Gugliotta, M., Anthony, E. J., Nakashima, R., Saito, Y. (2020): Long-term sediment decline causes ongoing shrinkage of the Mekong megadelta, Vietnam, *Scientific Reports*, 10, 8085, 7pp. doi:10.1038/s41598-020-64630-z
 - 29) Xuan, T. L., Ba, H. T., Thanh, V. Q., Wright, D. P., Tanim, A. H., Anh, D. T. (2022): Evaluation of coastal protection strategies and proposing multiple lines of defense under climate change in the Mekong Delta for sustainable shoreline protection, *Ocean and Coastal Management*, Vol.228, 106301, 20pp. doi:10.1016/j.ocecoaman.2022.106301
 - 30) Li, X., Liu, J. P., Saito, Y., Nguyen, V. L. (2017): Recent evolution of the Mekong Delta and the impact of dams. *Earth-Science Reviews*, Vol. 175, pp.1-17. doi:10.1016/j.earscirev.2017.10.008
 - 31) Allison, M. A., Weathers, H. D. III, Meselhe, E. A (2017): Bottom morphology in the Song Hau distributary channel, Mekong River Delta, Vietnam, *Continental Shelf Research*, Vol. 147, pp.51-61. doi:10.1016/j.csr.2017.05.010
 - 32) Minderhoud, P. S. J., Coumou, L., Erban, L. E., Middelkoop, H., Stouthamer, E., Addlink, E. A. (2018): The relation between land use and subsidence in the Vietnamese Mekong delta, *Science of the Total Environment*, Vol. 634, pp.715-726. doi:10.1016/scitotenv.2018.03.372
 - 33) Unverricht, D., Szczucinski, W., Stattegger, K., Jagodzinski, R., Le, X. T., Kwong, L. L. W. (2013): Modern sedimentation and morphology of the subaqueous Mekong Delta, Southern Vietnam, *Global and Planetary Change*, Vol. 110B, pp.223-235. doi:10.1016/j.gloplacha.2012.12.009
 - 34) Tu, L.X., Thanh, V.Q., Reynolds, J., Van, S.P., Anh, D.T., Dang, T.D., Roelvink, D. (2019): Sediment transport and morphodynamical modeling on the estuaries and coastal zone of the Vietnamese Mekong Delta, *Continental Shelf Research*, Vol.186, pp.64-76, doi:10.1016/j.csr.2019.07.015.
 - 35) Collins, D.S., Nguyen, V.L., Ta, T.K.O., Mao, L., Ishii, Y., Kitagawa, H., Nakashima, R., Vo, T.H.Q., Tamura, T. (2021): Sedimentary evolution of a delta-margin mangrove in Can Gio, northeastern Mekong River delta, Vietnam, *Marine Geology*, Vol.433, Article 106417, 16pp., doi:10.1016/j.margeo.2020.106417.
 - 36) Tamura, T., Saito, Y., Bateman, M.D., Nguyen, V.L., Ta, T.K.O., Matsumoto, D. (2012): Luminescence dating of beach ridges for characterizing multi-decadal to centennial deltaic shoreline changes during Late Holocene, Mekong River delta, *Marine Geology*, Vols.326-328, pp.140-153, doi:10.1016/j.margeo.2012.08.004.
 - 37) Allison, M.A., Nittrouer, C.A., Ogston, A.S., Mullarney, J.C., Nguyen, T.T. (2017): Sedimentation and Survival of the Mekong Delta: A Case Study of Decreased Sediment Supply and Accelerating Rates of Relative Sea Level Rise, *Oceanography*, Vol.30, No.3, pp.98-109, doi:10.5670/oceanog.2017.318.

- 38) 野間晴雄 (1987) :『疏導要書』にみる佐賀藩の治水と利水, 歴史地理学会編: 治水・利水の歴史地理 (歴史地理学紀要 29), pp.55-83, http://hist-geo.jp/img/archive/029_055.pdf.
- 39) White, I. (2002): Water Management in the Mekong Delta: Changes, Conflicts and Opportunities, in International Hydrological Programme, Technical Documents in Hydrology, No.61, UNESCO, 75pp.
- 40) Toan, T.Q. (2014): Climate Change and Sea Level Rise in the Mekong Delta: Flood, Tidal Inundation, Salinity Intrusion, and Irrigation Adaptation Methods, Thao, N.D., Takagi, H., Esteban, M. Eds.: in Coastal Disasters and Climate Change in Vietnam, Elsevier, pp.199-218, doi:10.1016/B978-0-12-800007-6.00009-5.
- 41) Nowacki, D.J., Ogston, A.S., Nittrouer, C.A., Fricke, A.T., Tri, V.P.D. (2015): Sediment dynamics in the lower Mekong River: Transition from tidal river to estuary, Journal of Geophysical Research: Oceans, Vol.120, pp.6363-6383, doi:10.1002/2015JC010754.
- 42) Gugliotta, M., Saito, Y., Nguyen, V.L., Ta, T.K.O., Nakashima, R., Tamura, T., Uehara, K., Katsuki, K., Yamamoto, S. (2017): Process regime, salinity, morphological, and sedimentary trends along the fluvial to marine transition zone of the mixed-energy Mekong River delta, Vietnam, Continental Shelf Research, Vol.147, pp.7-26, doi:10.1016/j.csr.2017.03.001.
- 43) Hoanh, C.T., Suhardiman, D., Anh, L.T. (2014): Irrigation development in the Vietnamese Mekong Delta: towards polycentric water governance?, International Journal of Water Governance, Vol.2, No.2-3, pp.61-82. doi:10.7564/14-IJWG59.
- 44) Rentier, E.S., Cammeraat, L.H. (2022): The environmental impact of river sand mining, Science of the Total Environment, Vol.838, Part 1, Article 155877, 7pp., doi:10.1016/j.scitotenv.2022.155877.
- 45) Eslami, S., Hoekstra, P., Trung, N.N., Kantoush, S.A., Doan, V.B., Do, D.D., Quang, T.T., van der Vegt, M. (2019): Tidal amplification and salt intrusion in the Mekong Delta driven by anthropogenic sediment starvation, Scientific Reports, 9, Article 18746, 10pp., doi:10.1038/s41598-019-55018-9.
- 46) Eslami, S., Hoekstra, P., Minderhoud, P.S.J., Trung, N.N., Hoch, J.M., Sutanudjaja, E.H., Dung, D.D., Tho, T.Q., Voepel, H.E., Woillez, M.-N., van der Vegt, M. (2021): Projections of salt intrusion in a mega-delta under climatic and anthropogenic stressors, Communications Earth & Environment, 2, Article 142, 11pp., doi:10.1038/s43247-021-00208-5.
- 47) Nagai, S., Saitoh, T.M., Takeuchi, Y., Miura, T., Aiba, M., Kurokawa, H., Onoda, Y., Ichii, K., Nakamura, K.N., Suzuki, R., Nakashizuka, T. and Muraoka, H. (2022): Review: Monitoring of land cover changes and planet phenology by remote-sensing in East Asia, Ecological Res., Vol.38, pp.111-133, doi:10.1111/1440-1703.12371.
- 48) Chew, C., Reager, J.T., Small, E. (2018): CYGNSS data map flood inundation during the 2017 Atlantic hurricane season, Scientific Reports, 8, Article 9336, 8pp., doi:10.1038/s41598-018-27673-x.
- 49) Wang, X.F, Ichikawa, K. (2017): Coastal Waveform Retracking for Jason-2 Altimeter Data Based on Along-Track Echograms around the Tsushima Islands in Japan, Rem. Sens., Vol.9, Issue 7, Article 762, 13pp., doi:10.3390/rs9070762.
- 50) Ichikawa, K., Wang, X.F., Tamura, H. (2020): Capability of Jason-2 Subwaveform Retrackers for Significant Wave Height in the Calm Semi-Enclosed Celebes Sea, Rem. Sens., Vol.12, Issue 20, Article 3367, 23pp., doi:10.3390/rs12203367.
- 51) Frappart, F., Do Minh, K., L'Hermitte, J., Cazenave, A., Ramillien, G., Le Toan, T., Mognard-Campbell, N. (2006): Water volume change in the lower Mekong from satellite altimetry and imagery data, Geophys. J. Int., Vol.167, pp.570-584, doi:10.1111/j.1365-246X.2006.03184.x.
- 52) Schwatke, C., Dettmering D., Bosch W., Seitz F. (2015): DAHITI - an innovative approach for estimating water level time series over inland waters using multi-mission satellite altimetry, Hydrol. Earth Syst. Sci., Vol.19, pp.4345-4364, doi:10.5194/hess-19-4345-2015.
- 53) Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der Technischen Universität München (DGFI-TUM): Database for Hydrological Time Series of Inland Waters (DAHITI), <https://dahiti.dgfi.tum.de/en/> (参照 : 2023/1/12).
- 54) Normandin, C., Frappart, F., Diepkilé, A.T., Marieu, V., Mougin, E., Blarel, F., Lubac, B., Braquet, N., Ba A. (2018): Evolution of the Performances of Radar Altimetry Missions from ERS-2 to Sentinel-3A over the Inner Niger Delta,

- Rem. Sens., Vol.10, Issue 6, Article 833, 27pp., doi:10.3390/rs10060833.
- 55) Theia Data and Services centre: Time series of water levels in the rivers and lakes around the world, <https://hydroweb.theia-land.fr/> (参照: 2023年6月1日).
- 56) Fu, L.L., Alsdorf, D., Morrow, R., Rodriguez, E., Mognard, N. (2012): SWOT: the Surface Water and Ocean Topography Mission: wide-swath altimetric elevation on Earth, JPL Publication 12-05, 228pp., <http://hdl.handle.net/2014/41996>.
- 57) 市川 香 (2014): 21世紀初頭の衛星海面高度計, 海の研究, 23(1), 13-27, doi:10.5928/kaiyou.23.1_13
- 58) 高田洋子 (2014): メコンデルタの大土地所有一無主の土地から多民族社会へ フランス植民地主義の80年, 京都大学学術出版会.
- 59) Gerard Cannon Hickey (1964): Village in Vietnam, Yale University Press.
- 60) 岩井美佐紀, 大野美紀子, 大田省一 (2016): ベトナム「新経済村」の誕生, 神田外語大学出版局.
- 61) Vu, H. T. D., Tran D. D., Schenk, A., Nguyen, C. P., Vu, H. L., Oberle, P., Trinh, V. C., and Nestmann, F. (2022): Land use change in the Vietnamese Mekong Delta: New evidence from remote sensing. *Science of the Total Environment*, 813, 151918. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151918>.
- 62) FAO. (2011): Save and grow - A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 63) Nguyen, T. B., Le, V. T. T., Luu, T. T., Nguyen, M. T., Tran, D. D., and Nguyen, H. Q. (2022): Resilience of various innovative water management practices: The case of rice production in the Vietnamese Mekong Delta floodplains. *Agricultural Water Management*, 270, 107739, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107739>.
- 64) FAO. (2022): FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (参照: 2023年6月1日).
- 65) Nguyen, T. H. (2017): An overview of agricultural pollution in Vietnam: The crop sector, The World Bank, Washington, DC., 2017.
- 66) Tong, Y. D. (2017): Rice Intensive cropping and balanced cropping in the Mekong Delta, Vietnam - Economic and ecological considerations, *Ecological Economics*, 2017, 132, 205-212.
- 67) Tran, D. D., van Halsema, G., Hellegers, P. J. G. J., Fulco, L., and Wyatt, A. (2018): Questioning triple rice intensification on the Vietnamese Mekong delta floodplains: An environmental and economic analysis of current land-use trends and alternatives," *Journal of Environmental Management*, 2018, 217, 429-441.
- 68) Sakamoto, T., Nguyen, N. V., Ohno, H., Ishitsuka, N., and Yokozawa, M. (2006): Spatio-temporal distribution of rice phenology and cropping systems in the Mekong Delta with special reference to the seasonal water flow of the Mekong and Bassac rivers," *Remote Sensing of Environment*, 2006, 100, 1-16.
- 69) Sakamoto, T., Van, P. C., Kotera, A., Duy, K. N., and Yokozawa, M., (2009): Detecting of yearly change in farming systems in the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery, *Japan Agricultural Research Quarterly*, 43, 173-185.
- 70) Arimoto, Y., Kojin, E., Mano, Y., Nguyen, K. L., and Tsukada, K. (2022): Cumulative Effects of Triple Rice Cropping on Fertilizer Use in the Vietnamese Mekong Delta, mimeo.
- 71) Manh, N. V., Dung, N. V., Hung, N. N., Merz, B., and Apel, H. (2014): Large-scale suspended sediment transport and sediment deposition in the Mekong Delta, *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 3033-3053.
- 72) Manh, N. V., Dung, N. V., Hung, N. N., Kummu, M., Merz, B., and Apel, H. (2015): Future sediment dynamics in the Mekong Delta Floodplains: Impacts of hydropower development, climate change and sea level rise, *Global and Planetary Change*, 127, 22-33.
- 73) Chapman, A., and Darby, S. (2016): Evaluating sustainable adaptation strategies for vulnerable mega-deltas using system dynamics modelling: Rice agriculture in the Mekong Delta's An Giang Province, Vietnam, *Science of the Total Environment*, 559, 326-338.
- 74) Chapman, A.D., Darby, S.E., Hòng, H.M., Tompkins, E. L., and Van, T. P. D. (2016): Adaptation and development trade-offs: fluvial sediment deposition and the sustainability of rice-cropping in An Giang Province, Mekong Delta.

- Climatic Change 137, 593–608. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1684-3>
- 75) 藤井秀人, 藤原洋一, 星川圭介 (2013) : メコンデルタ洪水常襲稻作地域におけるフルダイク化の進展とその影響, 農業農村工学会論文集, 285, :67-74.
- 76) 藤原洋一, 藤井秀人, 星川圭介, 柏木淳一 (2013): メコンデルタにおける3期作化が農地および周辺水文環境へ及ぼす影響, 水文・水資源学会 2013 年度研究発表会.
- 77) van Staveren, M. F., van Tatenhove, J. P. M., Warner, J. F. (2018): The tenth dragon: controlled seasonal flooding in long-term policy plans for the Vietnamese Mekong Delta, Journal of Environmental Policy & Planning, 2018, 20, 267-281.
- 78) Meynell, P.J., Metzger, M. and Stuart, N. (2021) : Identifying ecosystem services for a framework of ecological importance for rivers in South East Asia, Water, 13(11), 1602, doi: 10.3390/w13111602
- 79) Florke, M., Schneider, C. and McDonald, R.I. (2018) : Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth, Nature Sustainability, 1(1), 51-58, doi:10.1038/s41893-017-0006-8
- 80) TEEB (2010) : The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan: London and Washington.
- 81) 加藤 亮, 乃田啓吾, 木村匡臣, 大倉英美, 堀切友紀子, 小山知昭 (2021) : ラオス国首都近郊の水環境整備におけるグリーンインフラの実装可能性, 農業農村工学会誌, Vol.89 , No.11, pp19-22.
- 82) WHO (2021) : 2021 Country files for SDG 6.3.1: "Proportion of wastewater safely treated", <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/monitoring-and-evidence/wash-monitoring/2021-country-files-for-sdg-6.3.1-proportion-of-water-safely-treated> (参照: 2023 年 6 月 1 日)
- 83) Kimura, M., Noda, K., Makino, T., Yamagata, H., Douangsavanh, S., Keokhamphui, K., Hamada, H., Kiguchi, M., Iida, T. and Oki, K. (2018) : Seasonal characteristics of surface water quality in the wastewater catchment system of an urbanizing basin, Paddy and Water Environment, 16(3), 519-531, doi:10.1007/s10333-018-0645-z.
- 84) Boano, F., Caruso, A., Costamagna, E., Ridolfi, L., Fiore, S., Demichelis, F., Galvao, A., Pisoero, J., Rizzo, A. and Masi, F. (2020) : A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits, Science of the Total Environment, 711, 134731, doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134731
- 85) Wu, S.B., Kuschk, P., Brix, H., Vymazal, J. and Dong, R.J. (2014) : Development of constructed wetlands in performance intensifications for wastewater treatment: A nitrogen and organic matter targeted review, Water Research, 57, 40-55, doi:10.1016/j.watres.2014.03.020
- 86) Dung, V. V., Giao, P. M, Chinh, N. N., Tuoc, D.; Arctander, P. MacKinnon, J. (1993): A new species of living bovid from Vietnam. Nature. 363 (6428): 443–445.
- 87) WWF (2021a): New Species Discoveries in the Greater Mekong 2020. 44pp.
- 88) Araya, K., Matsui, M., Nabhitabhata, J. Panha, S (1995): A New Bristly Aesalus (Coleoptera, Lucanidae) from Peninsular Thailand. G. it. Ent. 7, 73-77.
- 89) Araya, K., Tanaka, M. (1998) Discovery of the new genus allied to the genus Lucanus (Coleoptera, Lucanidae) from the high mountain in north Myanmar. Elytra 26 (2), 333-339.
- 90) Ayaya, K., Yoshitomi, H. (2003): Discovery of the Lucanid Genus Aesalus (Coleoptera) in the Indochina Region, with Description of a New Species., Spec. Bull. Jpn. Soc. Coleopterol., 6, 189-199.
- 91) Kon, M., Johki, Y., Araya, K. (2003): A new species of the genus Leptaulax (Coleoptera, Passalidae) from Ph-Pan, Laos., Elytra, 31, 149-154.
- 92) Muramoto R. Araya K. 2000: A new species of the genus Fruhstorferia Kolbe, 1894 (Scarabaeidae, Rutelinae) from northern Thailand, Kogane, 1, 12-16.
- 93) Neumann, C. Kon, M., Araya, K. (2013): Checklist of Passalidae Leach 1815 (Coleoptera, Scarabaeoidea) of Laos with a key to their identification and a description of Leptaulax pacholatkoi mutoniatus ssp. nov. Entomologica Basiliensis et Collections Frey 34, 207-235.
- 94) Maekawa, K, Kon, M., Araya, K. (2005): A new species of the genus Salganea (Blattaria, Blaberidae, Panesthiinae) from Myanmar, with molecular phylogenetic analyses and notes on the social structure., Entomological Science,

8: 121-129

- 95) Krajcik, M. (2001): Lucanidae of the World. Catalogue Part1: Checklist of the Stag Beetles of the World (Coleoptera: Lucanidae) 108pp.
- 96) Tagawa H. (1997): World-wide distribution of evergreen lucidophyll oak-laurel forests. TROPICS Vol. 6 (a): 295-316.
- 97) WWF (2021): Deforestation fronts: drivers and responses in a changing world. 125pp
- 98) IUCN (2023): The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>
- 99) Oleg E. K. (2012): A rapid survey of Odonata on Bokor Plateau, Preah Monivong National Park, Cambodia. Cambodian Journal of Natural History 2012 (1) 75-86.
- 100) Kano et al. (2016) Impacts of Dams and Global Warming on Fish Biodiversity in the Indo-Burma Hotspot. PLoS ONE, 11(8), e0160151, doi:10.1371/journal.pone.0160151
- 101) Dudgeon, D. (2007): Going with the flow: global warming and the challenge of sustaining river ecosystems in monsoonal Asia. Water Sci Technol Water Supply, 7, 69–80.
- 102) 金丸但馬 (1931) : 日本貝類學史 (8) 第4編江戸時代 (其の1) 第1章本草學の隆盛, ヴヰナス, No3 (1), pp.32–38.
- 103) 渋沢敬三 (1942) : 日本魚名集覽 第1部, アチックミューゼアム彙報, 52.
- 104) 渋沢敬三 (1943) : 日本魚名集覽 第3部 魚名に関する若干の考察, 常民文化研究所彙報, 59.
- 105) 渋沢敬三 (1944) : 日本魚名集覽 第2部, 常民文化研究所彙報, 58.
- 106) 鄭懷德 撰 (2019) : 嘉定城通志 (版本影印), 慶應義塾大学言語文化研究所.
- 107) Trịnh Hoài Đức (LÝ Việt Dũng dịch. chú giải; Huỳnh Văn Tới giới thiệu). (2006): GIA ĐỊNH THÀNH THÔNG CHÍ. Đồng Nai: Nhà Xuất bản Đồng Nai.
- 108) Trịnh Hoài Đức (Phạm Hoàng Quân. Bản quyền dịch, chú và khóa chứng). (2019): GIA ĐỊNH THÀNH THÔNG CHÍ. Nhà Xuất Bản Tông Hợp Thành phố Hồ Chí Minh.

(原稿受付 2023年1月13日 原稿受理 2023年7月9日)