

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月10日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22580274

研究課題名（和文）

ベトナム中部におけるダム建設が河川およびラグーン水質に及ぼす影響の解明

研究課題名（英文） Impact of Dam Construction on Water Quality in the Huong River and Tam Giang Lagoon, Central Vietnam

研究代表者

前田 守弘 (Morihiro Maeda)

岡山大学・環境管理センター・准教授

研究者番号：00355546

研究成果の概要（和文）：ベトナム中部フオン川流域における河川，ラグーンの水質調査を行った。市街地では全窒素（2～20 mg L⁻¹），全リン濃度（0.3～1.6 mg L⁻¹）が，雨季，乾季を問わず，本流（<2 mg N L⁻¹，<0.1 mg P L⁻¹）より高かった。市内を挟んだ本川上流と下流の全窒素，全リン濃度を比較すると，下流で高く，市街地由来の負荷が影響していた。水田地域の全窒素濃度は1～4 mg L⁻¹で施肥窒素の流出が考えられた。また，雨量を用いた簡易な流出解析による再現流出高と水質観測データとを併用することにより，フオン川における無機態窒素負荷量を概算できることが示された。

研究成果の概要（英文）：We have monitored the water quality from the upstream to downstream areas of the Huong river basin in Thua Thien Hue Province, Central Vietnam. Results showed that total N and P concentrations in branch streams in Hue City (2-20 mg N L⁻¹, 0.3-1.6 mg P L⁻¹) were much greater than those in the main river (<2 mg N L⁻¹, <0.1 mg P L⁻¹) because of the discharge of untreated domestic and industrial sewage into branch streams. The N and P concentrations in the main river increased slightly when flowing through the city. In a paddy field area, total N concentration was 1-4 mg N L⁻¹, which is regarded as resulting from fertilizer nitrogen outflow. Daily inorganic nitrogen load in the Huong river was simulated by using the Tank model on the basis of daily rainfall, water level and monthly water quality data, and inorganic nitrogen load from the downtown was quantitatively evaluated. Our results suggested that nutrient loads from the city and farmland deteriorated the water quality of the downstream basin.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業土木学・農村計画学

キーワード：ダム，河川，ラグーン，窒素，リン，モデル

1. 研究開始当初の背景

ベトナム中部に位置するテュア・ティエン・フエ省は、面積 5,054 km²、人口 113 万人 (2005 年) で経済発展が著しく、農業地帯では施肥量の増加、都市域では人口増による下水負荷量の増大が加速度的に進行している。同省最大河川のフォンン川はラオス側山岳地帯から太平洋沿いのタムジャンラグーンに向かって注いでおり、上流では洪水調節、水力発電、灌漑等を目的とした大規模ダム建設が進んでいる。こうした理由から、フォンン川およびラグーンでは水質低下が懸念されるが、土地利用と比較して、同地域の水質を継続的に調査解析した事例は極めて少ない。

2. 研究の目的

本研究では、テュア・ティエン・フエ省において、農業の近代化、都市化、ダム建設などが河川およびラグーンの水質に及ぼす影響を調査解析する。また、日雨量データを基にタンクモデルを用いて流量時系列を発生させ、これに L-Q 式を適用して、無機態窒素濃度の季節的変化を推定する。

3. 研究の方法

(1) フォンン川およびタムジャンラグーンの概要

フォンン川上流の山岳地帯では、ゴムやバナナを中心に大規模なプランテーションが行われている。中流域では手作業による水田・畑作や畜産が営まれている。また、フエ市では、下水処理施設がないため、生活排水や工業排水が未処理のまま同川に放流されている。タムジャンラグーンおよびその周辺ではエビ等の養殖が盛んで、そこで用いられる飼料もまた栄養塩負荷に寄与していると考えられる。なお、9 月～12 月が雨期にあたる。

(2) 試料の採取および分析

図 1 に示す地点で、2009 年 6 月、11 月、2010 年 10 月、11 月、2011 年 3 月、9 月、11 月、2012 年 3 月に採水を行った。なお、2010 年 11 月は洪水の翌日に採水した。pH、EC、DO は現地で測定した。水試料は速やかに冷凍保存し、日本国内で分析した。全窒素 (TN) についてはアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム分解、全リン (TP) はペルオキシ二硫酸カリウム分解後にオートアナライザー (BL-TEC QuAAtro2-HR) で測定した。無機態窒素、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素も同機器で分析した。窒素安定同位体比については Finnigan MAT252 を用いた。全炭素は全有機炭素計 (島津 TOC-5000) で測定した。本報告では、pH、EC、TN、TP の結果を示す。

(3) タンクモデルに用いた変数

タンクモデルの入力変数として、フォンン川下流部の河口堰であるタオ・ロン・ダムにおいて 2007～2009 年の 3 年間に観測された日雨量データと、フォンン川流域上流部 2 箇所、下流部 1 箇所で観測された月雨量、月平均気温、月日照時間、月平均湿度 (比湿) を用いた。また、L-Q 式を決定するための水質データには、フエ大学資源環境バイオテクノロジー研究所 (IREB) が毎月モニタリングしている無機態窒素濃度を用いた。IREB は、フォンン川の下流域 10 箇所で水質観測を続けているが、ここでは、市街地の直上流の 1 観測点 (SH4) と、下流側の 2 観測点 (SH5 および SH7) を対象とした。

(4) タンクモデルによる流出解析

フォンン川の流量データが得られていないため、各観測点における無機態窒素の濃度から総負荷量を推定することは不可能である。そこで、ここでは菅原の 4 段タンクモデルに菅原が提示している標準的パラメータを用いて流出解析を行い、流出高を再現することにした。用いたパラメータをタンクモデルの概要とともに図 2 に示す。

蒸発散量の推定には、Penman 式を用いたが、月平均風速のデータが得られなかったため、全月について 1 m s^{-1} と仮定して推定した。

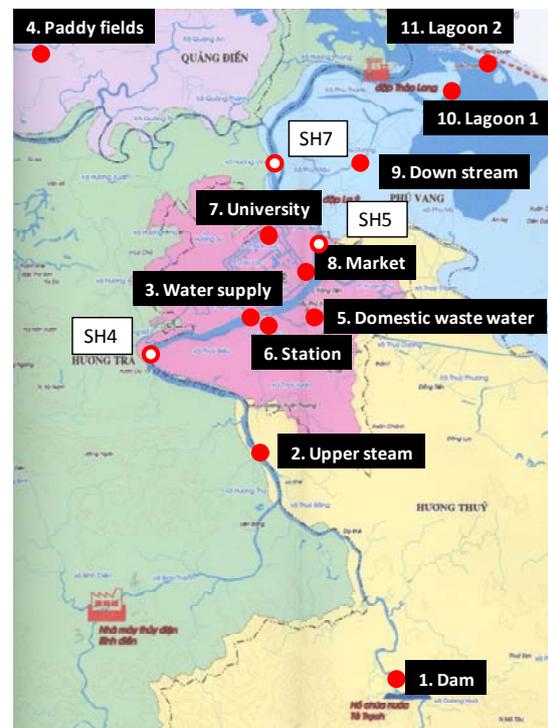


図 1 フォンン川水系における採水地点。
●は採水地点を示す。地点 4～8 は支川。

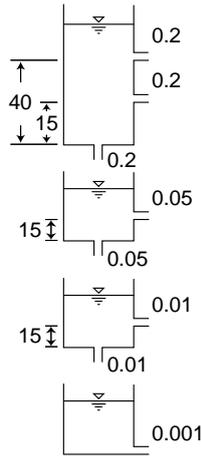


図 2 タンクモデルの概要と代表的パラメータ

4. 研究成果

(1) 水質の変動

① ラグーン内の pH および EC は海水の影響を受けて高い傾向にあった (図 3, 4). ラグーン内の EC の変動幅は大きく, 海水との交換を考慮した水質解析が不可欠である. ダム建設地 (地点 1), 上流 (同 2), 水道水源 (同 3) の EC は $0.03 \sim 0.1 \text{ dS m}^{-1}$ であるのに対して, 市内支川 (地点 5~7) の EC は $0.1 \sim 0.6 \text{ dS m}^{-1}$ と高く, 生活排水等の影響が示唆される.

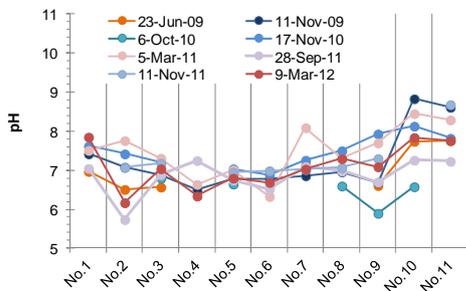


図 3 フォーン川水系における pH の変動

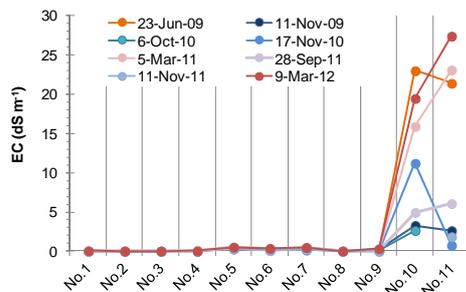


図 4 フォーン川水系における EC の変動

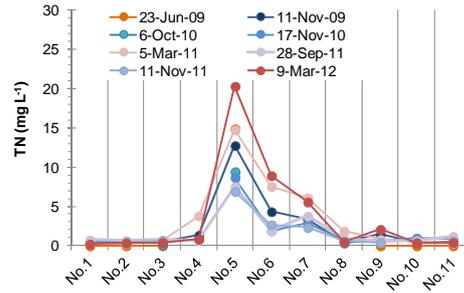


図 5 フォーン川水系における全窒素濃度の変動

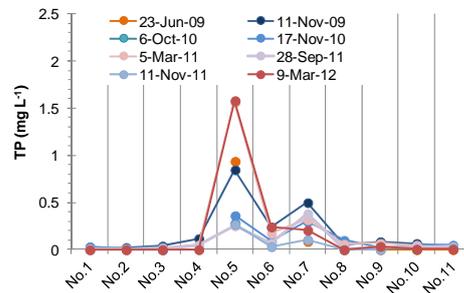


図 6 フォーン川水系における全リン濃度の変動

② 市街地支川 (地点 5~7) の TN, TP 濃度はそれぞれ $2 \sim 20 \text{ mg N L}^{-1}$, $0.3 \sim 1.6 \text{ mg P L}^{-1}$ であり, 上流域 (地点 1~3) およびラグーン域 (同 10~11) の $< 2 \text{ mg N L}^{-1}$, $< 0.1 \text{ mg P L}^{-1}$ と比べて高かった (図 5, 6). 水田地域 (地点 4) においては TN 濃度が $1 \sim 4 \text{ mg L}^{-1}$ であり, 施肥窒素の流出が考えられる. また, 市内を挟んだ本川上流と下流の全窒素, 全リン濃度を比較すると, 下流で高く, 市街地由来の負荷が影響していた.

③ 2009 年 9 月試料の硝酸性窒素安定同位体比をみると, 上流域 (地点 1, 3) では $+4.0 \sim +4.7\text{‰}$ であるのに対して, 市内支川 (地点 5, 6) では $+16 \sim +23\text{‰}$ と高かった. これには生活排水や脱窒の影響が考えられる.

(2) タンクモデルによる無機態窒素濃度の季節変動の推定

得られた日流出高の再現結果を 図 7 に示す. なお, 同図に示した日流出高は全観測地点に共通とした.

① SH4, SH5 および SH7 の 3 観測点における無機態窒素の濃度に, 流出解析により得られた観測日の計算日流出高 (Q) を乗じることにより, 無機態窒素の日流出高 (L) を算出した. 結果の一例として, 図 8 に, SH7 観測

点におけるL-Q関係を両対数紙上にプロットした図を示す。なお、同図に、 $L=BQ^n$ の形式で得られる近似式による直線を併示する。SH4, SH5, SH7 観測点におけるL-Q式は、それぞれ $L=0.133Q^{1.131}$, $L=0.315Q^{1.005}$, $L=0.294Q^{1.064}$ となった。これらの式を見ると、冪数nの値は全地点でほぼ同様であるのに対し、係数Bは、下流側のSH5とSH7で上流側のSH4の2倍以上であり、この相違が、負荷量の差となって現れることが推察される。

② タンクモデルにより再現された流量にL-Q式を適用することにより、無機態窒素負荷量の季節的変化を推定した結果の一例を図9に示す。この図を見ると、市街地よりも上流側のSH4観測点に比べ、下流側のSH5およびSH7観測点における無機態窒素負荷量が年間を通して大きくなっている。このことは、市街地からの無機態窒素の負荷がフォーン川の水質に大きな影響を与えていることを明示している。

③ 各観測点における年間の無機態窒素負荷量の推定値を示した図10でも、下流側のSH5およびSH7における負荷量が大きいことが示されている。

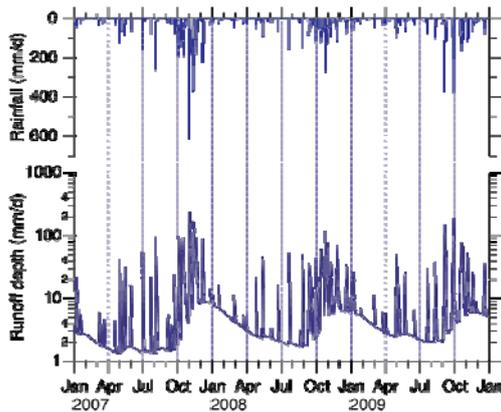


図7 タンクモデルによる日流出高の再現

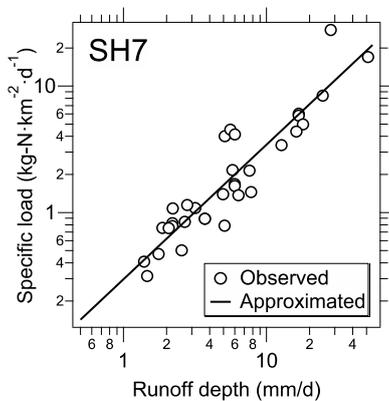


図8 観測点SH7におけるL-Q関係

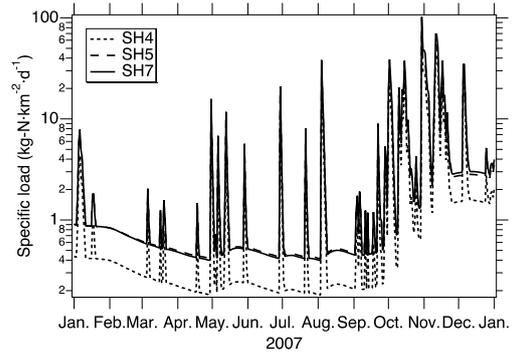


図9 タンクモデルによる無機態窒素負荷量の推定

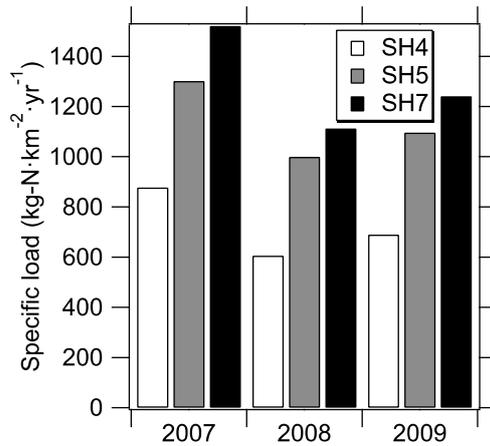


図10 年間無機態窒素負荷量の推定

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

① Nguyen Van Huy, Morihiro Maeda, Effect of pH on phosphate adsorption onto semi-intensive shrimp pond sediment, Science and Technology Journal of Agriculture and Rural Development, 査読有, 198, 2012, 71-76

② 前田守弘, 河野憲治, 谷山一郎, 上藺一郎, 脇門英美, 加藤邦彦, 井上京, 中村真人, 板橋直, 矢部光保, 家畜排せつ物の利活用と水質問題から考える有機物管理の次世代パラダイム, 査読なし, 日本土壌肥料学雑誌, 83, 2012, 203-209

③ 川崎晃, 前田守弘, 原田久富美, 河野憲治, 部門別進歩総説特集 第8部門 環境 環境保全, 日本土壌肥料学雑誌, 査読なし, 82, 2011, 567-577

④ 片柳薫子, 木村園子ドロテア, 安立美奈子, 前田守弘, 伊勢健史, セミナー報告 第5回 モニタリングと広域評価を考える会「広域評価を目指したモニタリングとモデリングの相互フィードバック」, 日本土壌肥料学雑誌, 査

〔学会発表〕(計 13 件)

- ① 茅野瑛介, ベトナム中部沿岸地域における「安全野菜」栽培の取り組みと土壌・水質に関する現地調査, 2012 年度(第 108 回)日本土壌肥料学会関西支部講演会, 2012/12/6, 倉敷
- ② Ha Thi Kim Thanh, Relationships between denitrification (N_2 and N_2O) and nitrate removal in different soils under a flooded condition, 2012 年度(第 108 回)日本土壌肥料学会関西支部講演会 2012/12/6, 倉敷
- ③ Morihiro Maeda, Relationships between land use and water quality in the Huong River Basin, Central Vietnam, Japan-Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes, 11 November 2012, Hue, Vietnam
- ④ Kazuki Miyamoto, Influence of the application of biochar made from rice husks and coconut shells on komatsuna growth and nutrient leaching, Japan-Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes, 11 November 2012, Hue, Vietnam
- ⑤ Tran Thi Tu, Application of Biochar from Coconut Shells to Different Soils in Thua Thien Hue Province, Vietnam, Central Vietnam, Japan-Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes, 11 November 2012, Hue, Vietnam
- ⑥ Huy Van Nguyen, Models of phosphate absorption onto semiintensive shrimp pond sediment at different pH, Japan-Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes, 11 November 2012, Hue, Vietnam
- ⑦ Hidetaka Chikamori, Simulation of Inorganic Nitrogen Loads in the Huong River, Japan-Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes, 11 November 2012, Hue, Vietnam
- ⑧ 近森秀高, ベトナム国フオン川流域における無機態窒素濃度の季節的変動の推定, 平成 24 年度農業農村工学会大会講演会,

2012/9/19, 北大

- ⑨ 前田守弘, 広域水質評価に向けた窒素溶脱モデルの活用と課題, 日本土壌肥料学会 2012 年度鳥取大会 自主企画勉強会第 5 回モニタリングと広域評価を考える会, 「広域評価を目指したモニタリングとモデリングの相互フィードバック」(招待講演), 2012/9/4, 鳥取大
- ⑩ 前田守弘, ベトナム中部フオン川水系における土地利用と水質の概況調査, 日本土壌肥料学会 2012 年度鳥取大会, 2012/9/4, 鳥取大
- ⑪ 宮本一機, 前田守弘, アズハ・ウッドイン, 林聡, 横山理英: モミガラおよびヤシガラバイオ炭の施用が コマツナ生育と窒素・リン動態に及ぼす影響, 日本土壌肥料学会 2012 年度鳥取大会, 2012/9/4, 鳥取大
- ⑫ 前田守弘, ベトナム国フオン川およびタムジャンラグーンにおける水質概況調査, 平成 23 年度農業農村工学会大会講演会, 2011/9/8, 九大
- ⑬ 前田守弘: 有機物施用畑における窒素循環と硝酸性窒素の溶脱, 日本土壌肥料学会 2011 年度つくば大会シンポジウム—家畜排せつ物の利活用と水質問題から考える有機物管理の次世代パラダイム—(招待講演)、日本土壌肥料学会、2011/8/10、つくば

〔その他〕

ホームページ

岡山大学環境理工学部環境管理工学科土壌圏管理学分野 (<http://www.emc.okayama-u.ac.jp/Sections/Lithosphere/lithosphere.html>)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前田 守弘 (MAEDA MORIHIRO)

岡山大学・環境管理センター・准教授

研究者番号: 00355546

(2) 研究分担者

近森 秀高 (CHIKAMORI HIDETAKA)

岡山大学・大学院環境生命科学研究科・教授

研究者番号: 40217229

(3) 研究協力者

Le Van Thang

フエ大学・資源環境バイオテクノロジー研究所・所長

Nguyen Van Huy

フエ農林大学・水産学部・講師