

森林・農業班

ラオス北部の水田における藻類の分布

藤田裕子・大塚泰介（滋賀県立琵琶湖博物館）

キーワード：分布、ラオス、水田、藻類、珪藻

Distribution of algae in paddy fields in northern Laos.

Yuko FUJITA (Lake Biwa Museum)

Key words: distribution, Laos, paddy field, algae, diatom

要旨

水田における水稻の栽培条件が水田生態系に与える影響を評価するために、ラオス北部、ウドムサイ県のベン川流域の水田とナモー郡アイ村の水田で、水稻の栽培方法について聞き取り調査をおこない、藻類群集の調査を行った。藻類量や種数は水田によって違いが見られ、特に天水田で少なかった。日本の水田で観察される種も多く見られた。

1 . はじめに

水田は、集水地域など水利の比較的良好な場所で、自然環境を利用しながらできるだけ稲の収量のよい方法を試行錯誤の上に見つけていると考えられる。ラオス北部でも山岳地帯の厳しい立地条件ながら、水が得られるあらゆる場所に水田を開墾してきた。近年、周辺国の経済発展と道路などのインフラ整備が進むにつれ、その影響はラオス北部にもあらわれ、生活物資の流入だけでなく換金作物としての農作物の価値も高くなってきている。そのため、収益性の高い裏作物の栽培、収量や換金性の高い栽培稲品種の導入、化学肥料の導入など水田における栽培方法の変化がみられるようになった。栽培方法の変化に伴う近代農業技術の急激な導入は、水田から周辺集水域の環境に深刻な影響を及ぼすことは先進国の多くの事例が示している。人々はコメの収量、栽培の容易さ、栽培コストなど生産性を主たる基準として栽培方法を選択していると考えられ、伝統的か近代的かにかかわらず、栽培方法が生態系に与える影響は評価されていない。水田は田面水の流出によって周辺水域に直接的な影響を与えるため、自然水への生活依存度の高い国では農地の環境変化を監視していくことが必要である。

藻類は水田を含む水域に広く分布し、栽培条件によって群集構造が異なることが知られている [平・宝月 1987, 藤田・中原 1999], また河川や湖沼の代表的な環境指標生物としても使われている [例えば Watanabe et al. 1986], 本研究では、環境指標として藻類群集の特徴を分析し、ラオス北部の水稻作が水田生態系に与える影響を評価し、指標となる藻類種を明らかにしていく。また本研究では、水田生態系における藻類群集動態の解明のための情報探索も行う。水田は、多様な生物が人間活動、すなわち水稻作に伴う定期間な人為的攪乱にあわせて生息する特殊な生態系であるが、水田で優占する藻類種は水分条件の著しい変化や下層土壌の暗条件にも生き残り [Fujita and Nakahara 2006], 有機酸によって増殖促進される [Fujita unpublished] など水田環境への適応が見られる。ラオスでは天水田や昔から栽培方法の変わらない水田があり、そういった立地や栽培活動にあわせた藻類種の環境適応など、水田の藻類群集を特徴付ける新たな情報を得られる可能性が高い。

2. 調査地

調査はウドムサイ県のベン川流域とナモー郡アイ村で行ったが、アイ村は共同調査地としてこれまでに自然背景や人々の暮らしまで、多様な情報が集約されてきているため、最終的な評価分析はアイ村の水田から得たデータを使う。

1) ベン川流域

ベン川はウドムサイ県中心部を北東から南西に横切り、メコン川に合流し、流域各所に水田が見られる。調査は2003年10月に、流域4村の6水田でおこなった。これらの調査水田では化学肥料や農薬は使用されておらず、水源として、ベン川の支流もしくは水田周辺山地からの流水を利用していた。

2) アイ村

アイ村は約250年前からラオス北部、ウドムサイ県ナモー郡に存在し、主要な生業は雨季の水稲栽培であるが、他にトウモロコシ、ネギ、ニンニクなどを生産している。水田の多くは無農薬無肥料で水稲栽培をしているが、家畜肥料や耕耘機が使用され始め、2004年にはラオス政府と中国政府によるケシ代替作物栽培のプロジェクトによって、中国産栽培稲、農薬、化学肥料が持ち込まれ、多くの農家の水田の一部で栽培を始めた。調査はたん水中のサンプリングとして2004年8月と9月、2005年9月に、たん水の2005年5月に行った。

3. 方法

1) 調査水田における比較条件

水田で生態系の変化を捉えるには、同じ水田で栽培条件を変えて継続的な実験調査を行うことが必要である。しかしながら水田の環境条件を決める要因は非常に多様で、実質的にはそのような調査は難しい。そのため、栽培条件の異なる複数の水田を調査対象とし、例えば、無化学肥料で伝統品種を栽培する水田と、化学肥料を使用して新しい栽培品種を栽培する水田を比較し、変化の推測を試みる。藻類群集の構造に直接影響を与える条件として、水田土壌の諸成分、たん水期の調査では田面水の水質を分析するが、それらの土壌や灌漑水の成分を決める要因としては、立地に左右される自然条件と、人為的な選択による栽培条件として肥料の種類、耕起の方法（機械、水牛）裏作物の有無がある。水稲品種としてベン川流域水田ではIRRIの栽培品種IR352とKhao Takiatが栽培されていた。アイ村では多くの品種が栽培されているが、伝統種Khao Hok、Doo yok、Khao Takiat、近年中国から導入され急激に栽培面積を広げている栽培品種Sonviewを比較する。水源は立地条件によって必然的に決まるが、灌漑水路のルートや水路からの位置は人為的選択ともいえる。これら要因は相互に影響しあっていると考えられる。また人々が経験的に蓄積して来た土壌分類[小手川・櫻井2006]などの農業知識や坪刈法に基づく収量は、生態系に影響を及ぼす要因とはならないが、藻類群集と水田の生産性との関係性を評価するために必要である。これら比較条件をどのように扱うかさらに検討が必要である。

2) 土壌採取と藻類の同定・計数

調査水田の水の出入り口から離れた2～3カ所に試料採取地点を設定し、直径4cmのコアチューブを土壌表層から約1cmの深さまで差し込み、大型の動植物片と表層水がある場合はそれを取り除いて残った土壌を採取した。採取した各土壌を細かく粉碎して蒸留水で希釈し、土壌懸濁液をホルマリン溶液で固定した後、殻の中に葉緑体のあるものを生きていた珪藻細胞として計数した。また土壌懸濁液を10%過酸化水素溶液で煮沸、洗浄して有機物を取り除いた後、プレパラートに封入して光学顕微鏡下で観察して珪藻種の同定を行った。緑藻、黄緑藻など珪藻以外の土壌藻を計数するために、土壌懸濁液を寒天濃度1%のCT寒天培地上に置いて、25℃、14:10明暗周期（光強度は $40 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ）で培養した。3週間以上培養した後培養後、フィルター上に形成された藻類コロニー数を計数し、コロニーを単離、培養して藻類種の同定をおこなった。

4. 調査結果と考察

Table 1. List of the diatom taxa from 8 paddy soils in Ay village.

Diatom taxa	Ay1	Ay2	Ay3	Ay4	Ay5	Ay6	Ay7	Ay8
<i>Acnanthidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.							○	○
<i>Amphora copulata</i> (Kütz.) Schoeman & R.E.M.Archibal						○		
<i>Amphora montana</i> Krasske						○	○	
<i>Caloneis limosa</i> (Kütz.) R.M.Patrick								
<i>Caloneis minuta</i> (Grunow) Ohtsuka & Fujita	○	○				○		○
<i>Caloneis</i> sp.		○						
<i>Chamaepinnularia</i> sp.	○					○		
<i>C. halophila</i> (Grunow) D.G.Mann	○							
<i>Diademsis confervacea</i> Kütz		○				○	○	
<i>Diademsis contenta</i> (Grunow) D.G.Mann			○	○	○		○	
<i>Diploneis pseudovalis</i> Hust.			○					
<i>Encyonema vulgare</i> Krammer	○							
<i>Encyonema perminutum</i> Krammer						○		
<i>Eunotia crista-galli</i> Cleve					○			
<i>Eunotia curvata</i> (Kütz.) Lagerst.				○	○			
<i>Eunotia duplicoraphis</i> H.Kobayasi, Kaz.Ando et Nagumc			○					
<i>Eunotia soleirolii</i> (Kütz.) Rabenh.		○					○	
<i>Fallacia pygmaeiformis</i> (H.Kobayasi) Y.Fujita et Ohtsuka								○
<i>Gomphoneis heterominuta</i> Mayama et Kawashima			○					
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bert. et E.Reichard	○	○				○	○	○
<i>Gomphonema gracilis</i> Ehrenb.	○			○			○	
<i>Gomphonema lagenula</i> Kütz.						○		
<i>Gomphonema micropumilum</i> E.Reichardt								○
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.			○				○	
<i>Hantzschia abundans</i> Lange-Bert.		○						
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenb.) Grunow		○			○	○		
<i>Hippodonta uruguayensis</i> Metzeltin, Lange-Bert. et García-Rodríguez						○		
<i>Luticola aequatorialis</i> (Heiden) Lange-Bert. et Ohtsuka		○	○	○	○			○
<i>Luticola muticooides</i> (Hust.) D.G.Mann			○	○	○			
<i>Luticola</i> sp.		○					○	
<i>Navicula kotschyi</i> Grunow							○	
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenb.) Krammer			○					
<i>Neidium javanicum</i> Hust.				○	○			
<i>Neidium longiceps</i> (W.Greg.) R.Ross				○				
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kütz.) Grunow		○	○				○	○
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W.Sm.		○	○					
<i>Nitzschia</i> sp. cf. <i>romana</i>						○		○
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W.Sm.								○
<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>media</i> Krammer	○							
<i>Pinnularia dornii</i> Metzeltin	○							
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve	○			○		○		
<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>rostrata</i> Krammer			○					○
<i>Pinnularia parvula</i> Hust.					○		○	
<i>Pinnularia rivularis</i> Hust.		○						
<i>Pinnularia similis</i> Hust.								
<i>Pinnularia subanglica</i> Krammer	○	○	○					
<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer					○			
<i>Pinnularia subrupestris</i> Krammer					○			
<i>Pinnularia rhombarea</i> var.?				○				
<i>Placoneis</i> sp. cf. <i>pseudanglica</i>		○				○	○	
<i>Placoneis undulata</i> (Østrup) Lange-Bert.			○			○	○	○
<i>Sellaphora</i> sp. cf. <i>alastos</i>	○				○			
<i>Sellaphora auldreelie</i> D.G.Mann et S.M.McDonald	○	○			○		○	○
<i>Sellaphora blackfordensis</i> D.G.Mann et S.M.McDonald								○
<i>Sellaphora capitata</i> D.G.Mann et S.M.McDonald	○	○					○	
<i>Sellaphora pseudopupula</i> (Krasske) Lange-Bert.		○				○		○
<i>Sellaphora</i> sp. cf. <i>laevissima</i>		○	○			○		○
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenb.	○							
<i>Stauroneis gracilis</i> Ehrenb.	○							
<i>Stauroneis obtusa</i> f. <i>minor</i> Krasske							○	
<i>Stauroneis</i> sp.				○			○	
<i>Tryblionella parvula</i> (W.Sm.) Ohtsuka et Y.Fujita								○

* Ay4 and Ay5 are rainfed paddy fields. Chemical fertilizer was used in Ay8

2005年度までの調査では、主に水田生態系に影響を及ぼすと考えられる要因について聞き取り調査をしながらサンプル採取を行い、採取した水田土壌中の藻類群集について藻類量や出現種の分類学的検討など予備分析をおこない、ラオス北部の水田藻類群集の一般的な傾向をとらえるとともに、最終的な同定計数作業をスムーズに行うために必要不可欠な情報収集修正や補足を行ってきた。

1) 珪藻群集

珪藻は、珪酸質の殻を持つ藻類グループで、水田にも大量に発生し [Ohtsuka and Fujita 2001]、珪酸など稲作に影響を及ぼす成分との関係も指摘されている [三枝ら 2004]。予備調査の結果、珪藻細胞数は、 10^3 - 10^5 cells g^{-1} soil で、乾季の水田、また天水田で少なかった。これは灌漑水由来の種がいなかったか死滅していたためと考えられる。ベン川流域の水田で確認された珪藻種 [藤田 2005] と、アイ村の水田で確認された珪藻種 (Table 1) をとりまとめて28属104種を同定し、未同定の11種を含めて分類学議論を加え報告した [Fujita and Ohtsuka 2005]。特徴として *Nitzschia* 属、*Pinnularia* 属の種が多かった。また *Fallacia* spp. や *Tryblionella* spp. といった汽水種が出現も含め、日本の水田土壌に見られる種も多かった。*Luticola aequatorialis*、*Placoneis undulata* (Fig. 1) など、ベン川流域、アイ村とも多くの水田で共通して観察された種もあったが、水田によって種数には違いがみられた。藻類量と種数は必ずしも比例関係にあるわけではなく、これは特定の環境条件に適応した珪藻種が増殖しているためと考えられる。

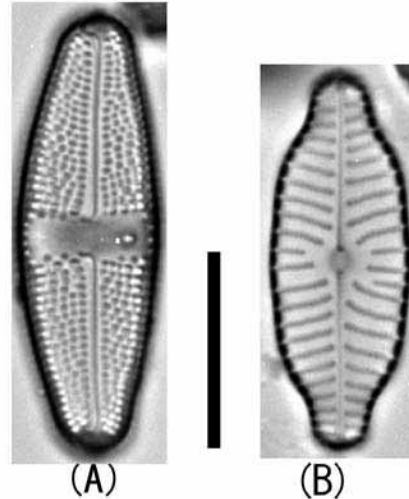


Fig. 1 *Luticola aequatorialis*(A) and *Placoneis undulate*(B). Scale bar = 10 μ m

3. 珪藻以外の藻類群集

培養法によって得られた緑藻や黄緑藻などの藻類量は、 10^5 - 10^6 CFU g^{-1} soil で、天水田や稲の収量が極端に低い水田では少なかったものの、水田ごとの差は珪藻に比べると小さく顕著な違いは見られなかった。これらの藻類量は、アジアの水田から報告された藻類量 [Roger *et al.*, 1987] の範囲であった。優占種は、ラン藻の *Leptolyngbya* spp.、緑藻の *Scenedesmus* spp. や *Chlorella* spp. など水田によって違いが見られた。特に天水田では *Scenedesmus* spp. が非常に高い割合であった。これらの優占種は日本の水田でも高い割合を占めており、生理実験などにより環境条件に適応能力を比較しながら、ラオスの水田の特徴を明らかにしていく必要がある。

5. 今後の予定

2006年度には最終段階として、これまでの予備分類調査の結果を踏まえて計数作業を行い、藻類群集の種組成をもとめる。各水田の栽培条件や土壌・分析結果を加味して統計処理し生態系への影響評価を行う。前述したように日本の水田との共通種も多いことから、定着した近代的な水稲作条件との違いとして比較検討する。また収量との関係など土地の生産性の指標になりうるかどうかあわせて検討していく。珪藻はメコン川流域の環境調査にも用いられるが、これまでのところ周辺国で調査公表されたデータは少ない。本研究の結果が資料として広く使われることを期待したい。

6. 文献

藤田裕子 2005 北部ラオス、ベン川流域の水田における珪藻の多様性．総合地球環境学研究所 研究プロジェクト 4-2 2004年度報告書：151-155．

- 藤田裕子・中原紘之 1999 「農法の違いが水田土壌中の藻類群集に及ぼす影響」 陸水学雑誌 60(1): 77-86 .
- FUJITA, Y. and H. NAKAHARA 2006 Variations in the microalgal structure in paddy soil in Osaka, Japan: comparison between surface and subsurface soils. *Limnology*, 7: in press.
- FUJITA, Y and T. OHTSUKA 2005 Diatoms from paddy fields in northern Laos. *DIATOM*, 21: 71-89.
- 小手川隆志・櫻井克年 2006 ラオス北部山地域における水田土壌の土壌情報学的解析総合地球環境学研究所 研究プロジェクト 4-2 2005 年度報告書 : in press .
- OHTSUKA, T. and Y. FUJITA 2001 The diatom flora and its seasonal change in a paddy field in Central Japan. *Nova Hedwigia*, 73: 97-128.
- ROGER, P. A., S. SANTIAGO-ARDALES, P. M. REDDY and I. WATANABE 1987 The abundance of heterocystous blue-green algae in rice soils and inocula used for application in rice fields. *Biol. Fertil. Soils*, 5: 98-105.
- 三枝正彦・小林紀子・山本晶子 2004 大区画水田における田面水中のケイ素濃度の変化 . 日本土壌肥科学雑誌 , 75: 1-7.
- 平 誠・宝月欣二 1987 水田における施肥とプランクトン群集の種組成の関係 . 陸水雑 , 48 : 77-83 .
- Watanabe, T., K. Asai, A. Houki, S. Tanaka and T. Hizuka 1986 Saprophylic and eurysaprobic diatom taxa to organic pollution and diatom assemblage index (DAI_{po}). *Diatom*, 2: 23-73.

Abstract

Microalgal distributions in paddy soils in northern Laos were investigated in order to evaluate impacts of agricultural conditions on paddy field ecosystem. Interviews with farmers and sampling were conducted in Ben River basin and Ay village in Oudomxay Province. Microalgal abundance and the number of microalgal species differed depending on the conditions of paddy field. Many species which have been reported from Japanese paddy fields were identified.