

森林・農業班 B

ラオス北部の水田における微細藻類の生態学的研究－藻類量－

藤田裕子（琵琶湖博物館）

キーワード：ラオス、水田、藻類、

調査期間・場所：2003 年 10 月 14-24 日、ウドムサイ県ベン川流域

Ecological Study on Micro-algae in Paddy Fields in Northern Laos – Algal abundance –

Yuko FUJITA (Lake Biwa Museum)

Keywords: algae, abundance, Paddy Field, Northern Laos

Research Period and Site: 2003, October 17-21, Beng River

要旨

ラオス北部のベン川流域の 6 つの水田において藻類量を調査した。珪藻以外の藻類は希釈培養法を用い、珪藻は直接計数によって藻類量を評価した。その結果、珪藻以外の藻類量は  $10^5 \sim 10^6$  CFU  $g^{-1}$  soil でこれまでに報告された熱帯アジアの藻類量に匹敵するものであった。一方珪藻量は少なく、ほとんど見られない水田もあった。

1. はじめに

稲作はアジア・熱帯モンスーン地域の主要な生産活動として長い歴史をもっており、耕作方法は地域住民の伝統的な文化の一つとして発展してきた。ラオスでも林業とともに主要な産業であり、焼畑を中心とする陸稲と水田での栽培が行われている。しかし近年、増え続ける人口を養うために、焼畑の休閑期間が短くなる傾向にあり、土壌養分の減少や雑草制御が深刻な問題となってきた。そのため、生産性の低い焼畑面積を減らして、定住型で生産性の高い稲作が可能なる場として水田の重要性が増してきている。

水田は稲の栽培サイクルに応じて、一時的な冠水と乾燥が繰り返されるとともに、さまざまな農作業が行われ、比較的短期間に土壌や水に物理化学的な変化が起こる。熱帯アジアでは養魚も行われるなど、人為的攪乱の大きな環境の中で、固有種も含めた多くの生物が生息する独特の生態系を作っており、それらの生物は民族集団の水田管理と稲作方法に適応して生息してきたと考えられる。また水田は水の流入、流出によって水田外の陸水域とも深く関わっており、広範囲な地域の環境システムの中で重要な地位を占めている。

水田の水や土壌中に生息する藻類は、水田生態系の主要な一次生産者であり、微小動物の餌として重要な役割を担っている。窒素固定によって水田の物質循環に対して直接的な影響を与えるだけでなく、水や土壌中の栄養塩量に反応して増減するため、環境指標としても高い可能性を持っている。

水田の藻類に関する研究は、他の陸水域と比べて非常に少ないが、日本では冠水中の藻類相に影響を及ぼす農作業などの環境要因について、稲の生長に伴う田面への有効光量の変化、動物プランクトンからの捕食圧、施肥量が報告されている [ICHIMURA 1954:269-279, 平・宝月 1987:77-83, 倉沢 1956:86-98, 倉沢 1957:73-84, KURASAWA 1957:180-186, 山崎・佐伯 1985:401-409] 他、乾燥期間の水田土壌にも冠水中に匹敵する量の藻類が生息することがわかっている [藤田・中原 1999:67-76]。また農法の異なる水田土壌では藻類種の相対優占度が大きく異なり、有機農法では緑藻の相対優占度が高くなることが報告されている [藤田・中原 1999:77-86]。アジアの水田ではインド [PANDEY 1965:299-326, GUPTA 1966:213-222] とフィリピン [PANTASTICO and SUAYAN 1974:313-326, SAITO and WATANABE 1978:427-440] で藻類相や季節遷移が報告されている。

アジア・熱帯地域では、De[1939:121-127] がインドの水田土壌中の窒素固定ラン藻について報告して以来、土壌の窒素循環に対する藻類の寄与が注目されるようになった。その後インド、タイ、フィリピンなどの水田土

壤で、窒素固定ラン藻の分布、各ラン藻種の窒素固定能力の比較、窒素固定に影響を及ぼす水田の物理化学的要因などの研究が行なわれた [WATANABE 1959:21-29, SINGH 1961:79-88, WATANABE and YAMAMOTO 1971:403-413, REYNAUD and ROGER 1978:148-157, ROGER and REYNAUD 1979:287-310, SAHA and MANDAL 1979:470-477, ROGER et al. 1987:98-105)。特に熱帯地域では高価な化学肥料の代わりに、単一または複数のラン藻種を大量培養して水田土壌に接種したり、窒素固定藍藻 *Anabaena* sp. が内部に共生しているアカウキクサ (*Azolla* spp.) を緑肥として土壌に鋤き込むことによって、土壌中の窒素量を増加させるなど土壌改良の研究が行われている (VENKATARAMAN 1972:1-75; LUMPKIN and PLUCKNETT 1982:1-230, MIAN and STEWART 1985:363-370, SINGH and SINGH 1987:53-61, REDDY and ROGER 1988:14-21, WATANABE and LIU 1992:57-62, MANDAL 1999:329-342)。一方、窒素固定ラン藻以外の藻類については、現在に至るまでほとんど研究されていない。

特にラオスでは藻類に限らず、水田生態系の生物相に関する調査研究は行われておらず、民族の農作業と生態系との関係は人々の農作業が水田生態系におよぼす影響はわかっていない。

そこで本研究では、ラオス北部地域の水田において藻類相を調べ、水田の環境要因との相互関係から民族集団の水田管理が水田および周辺地域の環境要因に与える影響について検討する。本報告では、まず、藻類量を調査し、これまでに報告されている熱帯アジアの水田の藻類量との比較を試みた。

緑藻、ラン藻、黄緑藻など採取したサンプルからの直接計数が難しい藻類については希釈培養法を用いて計数し、逆に培養によるコロニー計数が難しく、直接計数が可能な珪藻については、固定サンプルを直接計数によって藻類量を得た。

## 2. 調査地および方法

調査は、2003年10月17日から21日までにラオス北部、ウドムサイ県のベン川流域の6水田で行った (Table 1)。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。調査した6水田のうち4水田 (NP1, NP2, FE1, SX1) では2003年からIRRIの栽培品種IR352を、他の2水田 (NL1, NL2) では伝統品種 *Khao Takiat* を栽培していた。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。調査時、NL1, NL2のみ冠水状態であった。各水田ともまだ稲の刈り取りは行われていなかった。

Table 1 Study sites and algal abundance

site	sampling date	latitude(N)	longitude(E)	village	variety	yield (t ha <sup>-1</sup> )	soil moisture content(%)	algal abundance(CFU g <sup>-1</sup> soil)	algal abundance (CFU g <sup>-1</sup> dry soil)	diatom cell density (cells g <sup>-1</sup> soil)
NP1	2003.10.17	20.45425	101.8192	Napa Tai	IR352	3.1	35.8	8.6x10 <sup>5</sup>	1.4x10 <sup>6</sup>	7.0x10 <sup>3</sup>
NP2	2003.10.18	20.44583	101.8127	Napa Tai	IR352	3.3	19.3	1.5x10 <sup>5</sup>	1.9x10 <sup>5</sup>	2.7x10 <sup>3</sup>
FE1	2003.10.19	20.12731	101.4312	Fei	IR352	2.7	31.2	3.9x10 <sup>5</sup>	5.7x10 <sup>5</sup>	n.s. *2)
SX1	2003.10.21	20.14919	101.4554	Somxai	IR352	1.6	29.8	3.4x10 <sup>5</sup>	4.8x10 <sup>5</sup>	n.s. *2)
NL1	2003.10.21	20.66652	101.9711	Nale	<i>Khao Takiat</i>	- *1)	66.4	1.6x10 <sup>6</sup>	4.8x10 <sup>6</sup>	1.5x10 <sup>4</sup>
NL2	2003.10.21	20.68432	101.9758	Nale	<i>Khao Takiat</i>	- *1)	49.7	1.1x10 <sup>6</sup>	2.3x10 <sup>6</sup>	7.1x10 <sup>3</sup>

\*1) no data

\*2) not significant

実験方法を Fig.1 に示す。各水田の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。

採取した各土壌サンプルはよく混合し、細かく粉砕して100mlの蒸留水で希釈し、十分攪拌して土壌懸濁液を作成した。土壌懸濁液をホルマリン溶液で固定し、珪藻計数用の試料とし、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。緑藻、黄緑藻など珪藻以外の土壌藻類量を計数するために、希釈培養法を用いた。土壌懸濁液0.1mlをさらに蒸留水で希釈しながら0.45 μmの格子付きフィルターで濾過し、土壌微粉末の付いたフィルターを寒天濃度1%のCT寒天培地上に置いて、20℃、14:10明暗周期 (光強度は40 μmol・m<sup>-2</sup>・

s<sup>-1</sup>) で3週間以上培養した。各土壌について3枚のフィルターで培養を行った。培養後、フィルター上に形成されたコロニー (Fig. 1) のうち藻類と確認されたコロニー数を、colony-forming unit (CFU) とした。

### 3. 結果および考察

得られた藻類量を Table 1 に示す。培養法によって得られた緑藻や黄緑藻など藻類量をみると、調査時に冠水していなかった NP1, NP2, FE1, SX1 の4水田では  $1.5 \sim 8.6 \times 10^5$  CFU g<sup>-1</sup> soil とこれまでに熱帯アジアの水田から報告された藻類量の範囲にある。化学肥料や農薬、農業機械による近代的稲作を行っている日本の水田で、同様の培養方法を用いて調査した藤田・中原 [1999:77-86] の報告データともほぼ同じオーダーであった。調査時に冠水していた NL1, NL2 の2水田ではさらに1オーダー多い藻類量が見られたが、これは外部から水とともに流入した藻類か、乾燥期間には休眠していた淡水性の藻類種が増殖しているためと考えられた。実際、冠水中の水田土壌表面には藻類の繁茂が確認できた (Fig.2)。一方、直接計数によって得られた珪藻量をみると、NP1, NP2, NL1, NL2 で  $1.9 \times 10^5 \sim 4.8 \times 10^4$  cells g<sup>-1</sup> soil と日本の水田に比べてかなり少なかった。FE1 と SX1 ではさらに珪藻は少なく、有意な計数データ得られなかった。珪藻は死後も珪酸質

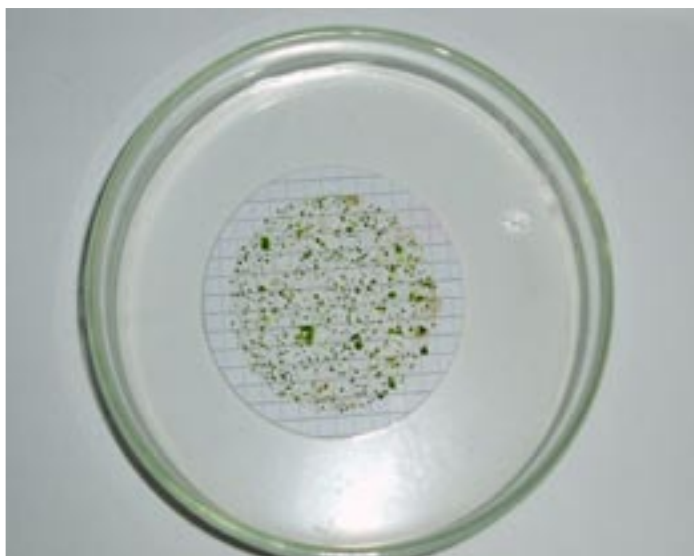


Fig. 1 Algal colonies on an agar plate



Fig. 2 Luxuriance of algae on a surface soil.

の外殻が残るが、本調査ではこのような外殻も少なかったため、珪藻細胞数の少なさは季節変動によるものではなく、他の要因による可能性が高い。これまでに熱帯アジアの水田で珪藻量を調査した報告はないため、珪藻量が少ないことが熱帯アジアでの一般的な傾向なのか、ラオス北部の水田の特徴なのかは不明であるが、ラン藻や緑藻などが十分増殖できるにもかかわらず、珪藻が極端に少ない理由について、今後、土壌や水質の分析を行い、立地条件も考慮しながら解明していく必要がある。

### 4. 今後の調査計画

本報告で初めて、ラオスの水田における藻類量、および珪藻量が非常に少ないことが明らかにされた。しかしこれが北部ラオスの調査水田の立地条件、すなわち流入水や土壌の成分、気象条件によるものなのか、稲作管理方法の特徴を現しているのかはわからない。今後培養によって得られた藻類株を分類し、出現種の生態学的特長を考慮しながら、調査水田の環境要因の特徴と稲作方法との関係を考察していく。日本では有機農法水田で緑藻優占度が非常に高くなる傾向が報告されているが、同様の傾向がラオスでも見られるのかどうかも重要な検討課題である。また、水田の管理方法、稲作方法が異なる地域や、歴史的に稲作方法に変化があったと思われる地域を調査地として選定し、民族集団の営農活動の文化的・歴史的特徴が藻類相すなわち生物相にどのように反映されているかを検討していく。

## 5. 文献

- FUJITA, Y. and H. NAKAHARA 1999 「水田の田面水と土壌における藻類群集の季節変化」 陸水学雑誌 60(1):67-76.
- FUJITA, Y. and H. NAKAHARA 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.
- GUPTA, A. B. 1966 Algal flora and its importance in the economy of rice fields. *Hydrobiologia*, 28 : 213-222.
- ICHIMURA, S. 1954 Ecological studies on the plankton in paddy fields. I . Seasonal fluctuations in the standing crop and productivity of plankton. *Jap. Journ. Bot.*, 14 : 269-279.
- KURASAWA, H. 1957 The phytoplankton zooplankton relationships in two paddy fields in central Japan. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI , Zool.*, 13 : 180-186.
- LUMPKIN, T. A. and D. L. PLUCKNETT 1982 Azolla as a green manure : use and management in crop production, Westview Tropical Agriculture series, No.5, Colorado. 230pp.
- MANDAL, B., P. L. G. Vlek and L.N. MANDAL 1999 Beneficial effects of blue-green algae and Azolla, excluding supplying nitrogen. *Biol. Fertil. Soils*, 28:329-342.
- MIAN, M. H. and W. D. P. STEWART 1985 Fate of nitrogen applied as Azolla and blue-green algae(Cyanobacteria) in waterlogged rice soils –a <sup>15</sup>N tracer study. *Plant and Soil*, 83 : 363-370.
- PANDEY, D. C. 1965 A study on the algae from paddy field soils of Ballia and Ghazipur districts of Uttar Pradesh, India. *Nova Hedwigia*, 9 : 299-334.
- PANTASTICO, J. B. and Z. A. SUAYAN 1974 Algal succession in the ricefields of College and Bay, Laguna. *Phillipp. Agric.*, 57 : 313-326.
- REDDY, P. M. and P. A. ROGER 1988 Dynamics of algal populations and acetylene-reducing activity in fuvu rice soils inoculated with blue-green algae. *Biol. Fertil. Soils*, 6 : 14-21.
- REYNAUD, P. A. and P. A. ROGER 1978 N<sub>2</sub>-fixing algal biomass in Senegal rice fields. *Ecol. Bull. (Stockholm)*, 26 : 148-157.
- ROGER, P. A. 1996 Biology and Management of the Floodwater Ecosystem in Ricefields., *Int. Rice Res. Inst.*, Manila.
- ROGER, P. A. and S. A. KULASOORIYA 1980 Blue-Green Algae and Rice., *Int. Rice Res. Inst.*, Los Baños.
- 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.
- SAHA, K. C. and L. N. MANDAL 1979 Distribution of nitrogen fixing blue-green algae in some rice soils of West Bengal. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 27 : 470-477.
- SAITO, M. and I. WATANABE 1978 Organic matter production in rice field flood water. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 24 : 427-440.
- SINGH, A. L. and P. K. SINGH 1987 Comparative study on Azolla and blue-green algae dual culture with rice. *Isr. J. Bot.*, 36 : 53-61.
- SINGH, R. N. 1961 Regulation of the development of algae in soil. *Eurasian Soil Science*, 24 : 79-88.
- 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.
- VENKATARAMAN, G. S. 1972 Algal biofertilizers and rice cultivation, Today and Tomorrow' s Printers and publishers, Faridabad. 75pp.
- WATANABE, A. 1959 Distribution of nitrogen fixing blue-green algae in various areas of South and East Asia. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 5 : 21-29.
- WATANABE, A. and Y. YAMAMOTO 1971 Algal nitrogen fixation in the tropics. *Plant and Soil*, Special

Volume : 403-413.

WATANABE, I. and C. C. LIU 1992 Improving nitrogen-fixing systems and integrating them into sustainable rice farming. *Plant and Soil*, 141 : 57-67.

山崎史織・佐伯敏郎 1985 肥料処理の異なる水田における緑藻 フシマダラの消長について. *日本生態学会誌*, 35 : 401-409.

#### Summary

Algal abundance in 6 paddy fields of Beng River Basin, northern Laos were investigated using culture dilution method and directly counting of diatoms. The abundance excluding diatoms ranged from  $10^5$  to  $10^6$  CFU  $g^{-1}$  soil which are comparable to the abundance in the previous reports from the tropic Asia. The cell densities of diatoms were low or undetectable.