

学 位 論 文 題 名

Environmental factors affecting lacustrine phytoplankton community dynamics in Central Kalimantan, Indonesia

(インドネシア・中央カリマンタンの三日月湖に生息する
植物プランクトンの群集動態に影響を及ぼす環境要因)

学位論文内容の要旨

Abstract

There were six series of field sampling conducted from February 2004 until October 2009 in oxbow and backwater lakes in Central Kalimantan, Indonesia. The first, third, and fifth series of observation were carried out in Lakes Batu and Tehang and the Kahayan River aiming to clarify the effect of water level fluctuation on phytoplankton community and the relationship between water level changes and temperature in lakes and main river; the second series were performed to investigate the diel vertical distribution of phytoplankton. The fourth series were done in Lake Lutan aiming to compare composition of phytoplankton beneath the floating macrophytes mat (IR) and open water area (OW).

Results showed that phytoplankton on all observed lakes were represented by a total of 96 species belonging to 8 classes, dominated by Euglenophyceae (38%), Bacillariophyceae (31%), Chlorophyceae (21%). Number of species identified differed among lakes: Lakes Tehang (80), Batu (77) and Lake Lutan (74). Phytoplankton species that were abundant in all of the observed lakes were *Cryptomonas* sp. and *Trachelomonas volvocina*. Seasonal trends of phytoplankton varied over period of 29 months observation in Lakes Tehang and Batu. *Clamydomonas* sp., *Cryptomonas* sp. and *Trachelomonas volvocina* were species that occurred throughout the year. *Trachelomonas volvocina* (Euglenophyceae), *Cryptomonas* sp. (Cryptophyceae), *Chamydomonas* sp. (Chlorophyceae) and *Eunotia* sp. were among the species with high contribution to the community. Contribution of nano-phytoplankton to the ecosystems was significantly higher in density but lower in biomass.

The density and biomass of phytoplankton was higher in Lake Tehang than Lake Batu. Diel pattern of phytoplankton species revealed that vertical distribution within 24 hours was subject to the availability of light. During day time they tended to move upward. Nevertheless, some flagellates species of Euglenoids, Dinoflagellates and Cryptomonads occurred even in night time at surface layer because of high motility.

Chlorophyll-a concentration, density and biomass of phytoplankton were significantly different between high and low water periods in both Lakes Tehang and Batu. Water temperatures on both lakes were significantly different between high and low water periods. The three ways ANOVA of phytoplankton density by sites, months and species showed that Lake Tehang was significantly different from Lake Batu. However, in term of abundant species, *Eunotia* sp. and *Trachelomonas volvocina* were among the species that was significantly different. August, September and October were months that have been significantly higher in density of phytoplankton. The interaction of

site and species exhibited that *Trachelomonas volvocina* and *Eunotia* sp. were significantly specific in Lake Tehang , but *Eunotia* sp. only in Lake Batu.

Water temperature was presumably one of the important environmental factors controlling phytoplankton production in Lakes Tehang and Batu. Water level fluctuation was the main factor affecting phytoplankton species composition and biomass in floodplain lakes of the Kahayan River system in line to Junk's flood pulse concept. Connectivity of studied floodplain lakes to the main river on which their degree of water level fluctuation depended affected greatly on density and biomass of phytoplankton of the observed lakes. Flood pulse has potentially increased similarity of phytoplankton in the connected lakes of the Kahayan River floodplain system.

Data trends and PCA in Lake Lutan revealed that water level fluctuation greatly influenced physico chemical parameters changes. Total number of species found was 74 and IR (73) was slightly higher than OW (59). Euglenoids, Diatoms and Chlorophytes were among higher number of species of plankton group identified in Lake Lutan. Phytoplankton density and biomass were slightly higher in IR than in OW, although chlorophyll-a was the opposite. Statistically, there were no significantly difference between OW and IR, even if the presence of floating macrophytes seemed to increase diversity and abundance of phytoplankton in IR. Chlorophyll-a concentration tended to be higher in low than in high water period on both sites (two ways ANOVA). Species was among independent variables that was significantly different in three ways ANOVA, in which *Chlorella* sp2. was significantly dominant among abundant species by MCA. Similarly, when Lake Lutan was disconnected from the main river, lake's water became standing, and then was possibly to create a different condition between open water and beneath floating mat macrophyte sites. Light and temperature could presumably be as constraint factors for the growth of phytoplankton. The existence of phytoplankton in the lacustrine ecosystem as function of light and nutrient was controlled by water temperature and was also noticeable in Lake Lutan.

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 東 正 剛

副 査 教 授 田 中 俊 逸

副 査 准教授 野 田 隆 史

副 査 助 教 藏 崎 正 明

副 査 教 授 國 井 秀 伸 (島根大学

汽水域研究センター)

学 位 論 文 題 名

Environmental factors affecting lacustrine phytoplankton community dynamics in Central Kalimantan, Indonesia

(インドネシア・中央カリマンタンの三日月湖に生息する
植物プランクトンの群集動態に影響を及ぼす環境要因)

申請者は、インドネシア・中央カリマンタンを南北に流れるカヤハン川水系の2つの湖において、約3年間植物プランクトン群集の動態を研究し、以下のような結果を得ている。

川の氾濫による攪乱をしばしば受けるテハング湖と、あまり攪乱されないバツ湖で種多様性を比較したところ、年間を通じてテハング湖で高く、特に攪乱がほとんど起こらない乾季のバツ湖ではしばしば超優占種による独占が起こり、種多様性が最も低くなった。非平衡群集では中規模の攪乱が一部の種による独占を妨げ、高い種多様性を実現すると主張する Connell の「中規模攪乱説」はこれまで主に中緯度地域の河川や潮間帯などで支持するデータが得られているが、熱帯の河川湖での研究例は少なく、貴重である。

植物プランクトンの現存量とクロロフィル a 濃度の変動を比較したところ、いずれの湖においても有意な相関は認められなかった。そこで、優占9種について、クロロフィル濃度と1細胞あたりの炭素量との相関を求めたところ、6種で有意性が認められなかった。これまで、温帯域ではこれら二つの変量間には非常に高い相関が認められており、植物プランクトン量の目安として、比較的容易に測定できるクロロフィル濃度を用いることも多いが、本研究の結果は、少なくとも熱帯の湖では、この方法が採用できないことを示唆している。

2つの湖において、水位、水温、透明度、電気伝導度、pH、溶存酸素量などの環境要因を測定し、植物プランクトンの密度、現存量、優占種などの生物的要因との相関を求めている。まず、RDA 分析を行ったところ、密度や現存量はいずれの湖においても水温や水位

との相関が高かった。また、CCA 分析と重回帰分析の結果、優占種の動態も水温の影響を大きく受けていることが明らかとなった。3 年間における最高－最低水温の差は約 8℃、カヤハン川における水温の年変動はわずか 3.5℃程度であり、時には年間 20℃前後の水温差を示す温帯域の河川や湖に比べると、熱帯の河川や湖の水温はかなり安定している。にもかかわらず、水温が植物プランクトン群集の動態に最も大きな影響を及ぼしていることを明確に指摘した論文は少なく、重要な成果と言える。

さらに申請者は、攪乱の少ない乾季に、上記 2 つの湖において、24 時間定点観察を行い、植物プランクトンの垂直移動を調査している。等密度図を用いて群集の動態を解析したところ、夜は水深 1m（テハング湖）から 2m（バツ湖）付近に分布の中心があるのに対し、昼間は多くの植物プランクトンが恐らく太陽光を求めて表面付近に移動していることが明らかとなった。そこで、優占 10 種について動態を解析したところ、鞭毛がなく、遊泳能力に劣る Bacillariophyceae 目の種では明確な垂直移動が見られないのに対し、鞭毛を有する Euglenophyceae 目や Cryptophyceae 目の種は 24 時間周期の垂直移動を示した。熱帯の湖沼に生息する動物プランクトンの垂直移動については比較的多くの報告があるが、植物プランクトンの垂直移動を詳しく解析した例は少なく、興味深い研究成果である。

最後に、申請者は、上記 2 つの湖から約 20km 下流にあるルタン湖において、水草に被われた湖面（IR）と被われていない湖面（OW）の植物プランクトン群集および環境要因を比較し、水草の影響を解析している。両湖面間で種多様性に有意な差は認められなかったが、IR には特異的な種が多く、種構成には差が認められた。また、RDA 分析を行い、群集動態と有意な相関を示す環境要因として、IR では水温と透明度、OW では水温と溶存酸素量が抽出され、ここでも水温の重要性が示されている。また、湖面を水草で被われた IR では、植物プランクトンの光合成に必要な光の確保が重要な要素であるため、透明度が群集動態に大きく影響しているのに対し、溶存酸素は水草からも供給されるため、植物プランクトン量との相関は OW ほど有意ではないのだろうと考察している。熱帯の湖において、水草が植物プランクトン群集に及ぼす影響を調査した例は南米でいくつかあるものの、IR と OW の違いを多変量解析によって明瞭に示した例は少なく、本研究の重要な研究成果の 1 つと評価できる。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせて、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。