

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23701032

研究課題名(和文) 熱帯大湖沼トンレサップ湖における栄養塩の空間的分布と水域変遷帯における環境変化

研究課題名(英文) The spatial distribution of nutrient substance around the inundated forest in Lake Tonle Sap, Cambodia

研究代表者

大八木 英夫(OYAGI, Hideo)

日本大学・文理学部・助教

研究者番号：50453866

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円、(間接経費) 1,110,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、カンボジア王国におけるトンレサップ湖流域を対象として、経年的・季節的な物質収支の解明について、栄養塩・溶存酸素がどのように分布しているかを明らかにすることを目的とした。特に、同湖の湖岸域に形成されている浸水林の影響に着目し、重点的に調査を実施した。本成果では、水質の空間分布および季節変化について、雨季と乾季との違いについて考察をすすめた。その結果、水質成分はあまり変化が生じないが、溶存酸素について浸水林帯で差異が生じることを明らかにした。本結果は、すなわち湖の高水位期では、浸水林帯における湖底・河床部分で、より水の動きが少なく、酸素が消費される環境が形成されていることを示唆した。

研究成果の概要(英文)：The characteristic inundated forest is broadly distributed over the circumference shoreline in Tonle Sap, and it is necessary to make clear the characteristic of water quality and ecological system to maintain the biodiversity. The purpose is seasonal changes in both concentration and constitution of nutrient substance and dissolved oxygen and around the area of inundated forest in Lake Tonle Sap, Cambodia.

Electrical Conductivity does not appear the difference by the rain and dry season. However, the spatial distributions of dissolved oxygen of the surface and river bed water of the value in this area were from 30 to 80% in the dry season. On the contrary, in the rainy season, the river bed water was measured from 0 to 50%. It is considered that it is caused by the respiration in plants and no motion of water on the river bed water in the rainy season.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：トンレサップ湖 カンボジア 溶存酸素 水質 浸水林 熱帯湖

1. 研究開始当初の背景

湖水と表流水の相互作用を明らかにすることは、地域の水環境の特性を決定づけるだけでなく、湖沼の水収支や理化学的特性を解明するのに重要であり、水循環とともに栄養塩・懸濁物質の物質収支を解明してなくてはならない課題である。

本申請研究では、『現在』の熱帯湖沼と『未来』の日本の湖沼の環境予測を念頭に計画を設立した。特に、自然環境の急速な変化が進行していることやアンコール遺跡群がカンボジア随一の観光資源であるとともに世界的な文化財の存在などの理由から、環境の変動の度合いが大きいことが予測される、カンボジアの熱帯湖トンレサップ湖流域を対象とした。

本研究対象地域の一つであるトンレサップ湖は、東南アジア最大の淡水湖である。同湖は、アジア有数の大河メコン川とトンレサップ川によってつながっており、メコン川の水量の増減によって、メコン川から湖に流れ込む時期と、逆に湖からメコン川へ水が流れ出る時期が入れ替わり、それとともなう湖の深さは、最低約 0.5m から最高約 8.5m、そして面積は、最小約 2,500 km² から最大約 20,000km² に伸縮する。この変化は、世界有数の値でもあり、雨季にメコン川の水がトンレサップ川を通じて逆流することによって生じ、メコン川の水利特性と密接に関係しており、湖の水質に大きな影響を与えているといえる。

この水位変動によって、同湖の特徴ともいえる浸水林帯が形成される。この浸水林は、同湖への栄養塩の供給場所であると考えられ、すなわちカンボジア王国に住む住民にとっても食料の供給源として貴重な存在であるといえる（同国では、動物性たんぱく質の 60% ほどが同湖から採取される魚によるものであると報告がある）。したがって、『現在』の熱帯地域の湖沼研究は国際協力のみにかかわらず、進行しつつある地球温暖化問題に伴う水環境の変化を特に浸水林帯である水域の変遷帯において評価し解明することは『将来』の日本の湖沼・湿地環境を予測する意味でも重要な研究となると考えられた。

2. 研究の目的

本研究は、カンボジアのトンレサップ湖流域を対象として、経年的・季節的に物質収支がどのように変動し、結果として、栄養塩・懸濁物質が流域から流入した湖内部での挙動し、その地域の生態系がどのように維持されているか、その機構を明らかにすることを目的とした。本研究は、特に、栄養塩や DO (溶存酸素) の分布について同湖の湖岸に形成されている浸水林の影響に着目し、重点的に調査を実施した。また、この結果から、熱帯湖沼の水質変化の特性を見だし、進行する地球温暖化に伴う日本の湿潤温暖な地域の湖沼環境の将来予測を評価する基礎資料

とすることを目標とした。

3. 研究の方法

本申請研究は、平成 23 年～平成 25 年度の 3 年間の研究である。主たる調査地点は、都市の成長著しく開発が進行するシェムリアプ州を流れるシェムリアプ川、その下流域で湖の中間区域にあたる水域変遷帯である浸水林内およびトンレサップ湖北部とした。調査期間は、雨季と乾季の 2 時期でほぼ毎年実施した。調査項目は、水温・水質・溶存酸素・濁度である。現地調査により得られる流量・湖水位等の観測データをあくまでも最重要の基礎資料と位置づけ、持ち帰る検水については、主要イオン・栄養塩類・水素・酸素安定同位体を加えた多項目の水質分析を実施した。また、各水域の栄養塩・懸濁物質と湖水位変化との関係を把握すると共に、流域の人間活動に由来する栄養塩の湖への流入と湖内部での挙動について考察を進める。

4. 研究成果

(1)

研究計画 1 年目には、シェムリアプ川における流下に伴う変化と流入河川が水域変遷帯、すなわち、浸水林の存在が水質へ与える影響について、雨季および乾季転換期に現地調査を実施した。浸水林内における調査は、比較的困難を極め船の侵入などに工夫を要したが、河川流入付近から湖沼の沖合まで調査が実施された。



図 1 主な調査地点

1 年目に関しては、水収支・物質収支の観点から、湖水の水位計などの設置により、基礎資料の収集に努め、フィールドワークが実施された。また、過去の資料を整理しつつ、浸水林帯における水質の変化パターンにつ

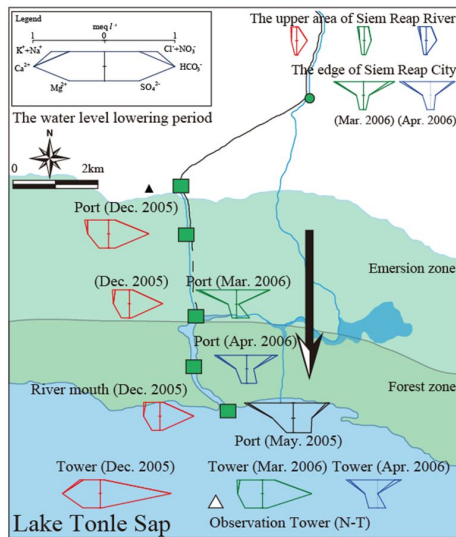


図2 浸水林帯における水質の変化
- 水位低下期の事例 -

いても整理し、現況との違いについて考察を実施した。

過去の資料によれば、水位が上昇していく期間（6～10月）における水質変化はあまりないが、水位が低下していく期間（11～翌年5月）において同地点であっても、水質が異なることが明らかとなった。このように、雨季と乾季の時期による水量の差異が湖岸域に生活を営む水上生活者からの生活雑排水の混入の影響が湖水に貯蓄され、湖水による希釈効果が弱まったと考えられる。この雨季と乾季の水位の季節変動が、周期的な水質形成機構に大きく寄与していることが明らかとなった。

(2)

過去の資料の整理と1年目の調査結果をもとに、雨季転換期、雨季および乾季転換期に調査を実施した。本年は、流入河川の水質特性を明らかにするべく、シムリアプ川およびアンコールワット遺跡区域の水域に関する調査に力点を置いた。

特に、2012年・2013年の高水位期（雨季転換期）における人間活動の指標となる Na^+ の上流と下流における差異がもっとも顕著であり、最上流調査地点(SRR1)で 0.06meq/L に対し、最下流調査地点(SRR7)では 0.07meq/L となった。一方、低水位期（乾季転換期）においてはSRR1では 0.06meq/L に対して、SRR7では 0.11meq/L となった。本結果からも低水位期において、下流域では人間活動の影響による水質汚染が生じていることが指摘できる。これは、生活雑排水などには多量に含まれていない Ca^{2+} は、流下に伴い 0.11meq/L (SRR1) から 0.13meq/L (SRR7) へと変化しているがわずかに 0.03meq/L ほどしか増加しておらず、 Ca^{2+} と Na^+ の増加比率は、SRR7/SRR1 でそれぞれ 1.2 (高水位期)・2.0 (低水位期) であった。すなわち、流下に伴

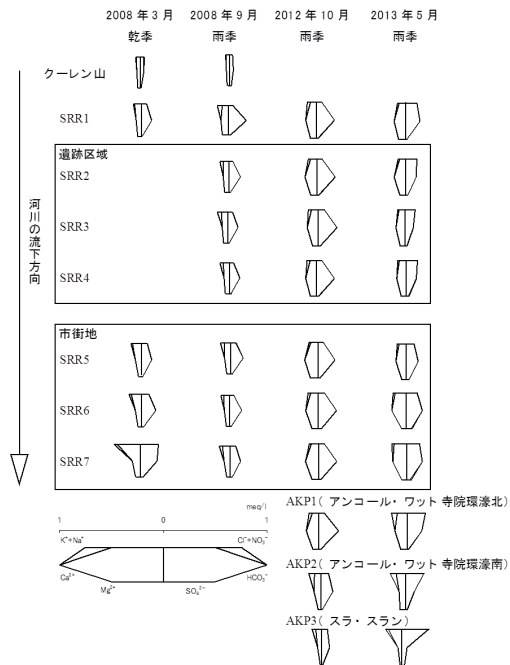


図3 アンコール遺跡区域の水域の水質

い Na^+ のみ大きく増加していることを示し、蒸発濃縮で生じたことではないと確認できる。このように、乾季と雨季に水質差異が明瞭であり、特に、源流より 80km 地点より下流域 (SRR5～SRR7) の乾季における Ca^{2+} の変化はほとんど見られないが、 Na^+ のみ増加が認められた。乾季における下流域において Na^+ や栄養塩の代表物質の NO_3^- などの増加が認められ、人為的な汚染によるものであると示唆できる。すなわち、市街地を流れるシムリアプ川は、乾季に河川流量が減少し、生活雑排水の希釈作用が弱まり、人間活動の影響が水質汚染となって表面化したと考えられる。この雨季と乾季の流量の季節変動が、シムリアプ川の水質の季節変化に寄与していることが明らかとなった。

(3)

調査計画の最終年度に当たる3年目には、水域変遷帯であるの浸水林帯が生物多様性維持のメカニズムを水質やプランクトンとの各諸要因間の相互関連性を解明するため、特に、水質の空間分布および季節変化について DO (溶存酸素量) とクロロフィルの分布について注目しながら調査を実施した。

そこでは、DO の変化について中止できる結果が得られた。乾季の EC は、出発点である港では 11.3mS/m に対して、浸水林地帯では 10.1mS/m 、浸水林を抜けた最終観測地点では 13.1mS/m であった。一方、雨季の EC は、港では 11.9mS/m に対して、浸水林地帯では 12.1mS/m 、浸水林を抜けた最終観測地点では 12.3mS/m であった。したがって、どちらの時期においても、大きな変化があるとはいえない。

しかしながら、DO についてみると、乾季の表層では、港で酸素飽和度が 81% に対して、浸水林地帯では 50% 前後となり、最終観測地

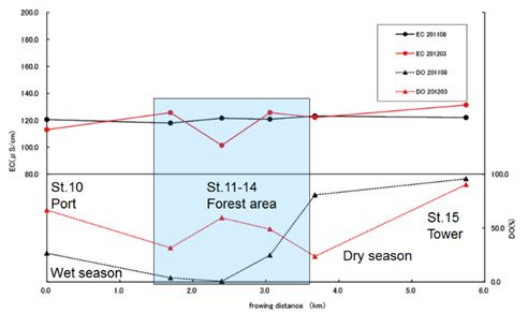


図 4-1 浸水林帯における EC(電気伝導度)と DO の流下に伴う変化

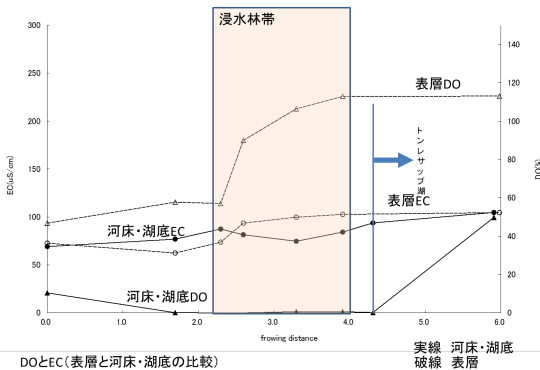


図 4-2 浸水林帯における EC(電気伝導度)と DO の流下に伴う変化 - 乾季における鉛直の水質の差異 -

点では 91%まで上昇し、浸水林内で酸素が消費される環境であることが確認された。この傾向は、雨季でも同様であり、雨季の表層の DO は、港では 81%の値を示し、浸水林内では、50~80%となり、湖では 113%と過飽和状態になった。しかしながら、表層に限ってみれば、EC の変化と差異はないが、乾季の河床・湖底では、港より低く 10%程度であった。これに加えて、浸水林地帯では 0%と無酸素環境となり、最終観測地点ではふたたび 50%ほどに回復した。(しかし、2013 年は無酸素環境)ここで、DO に大きな空間的差異の季節変化が認められた。

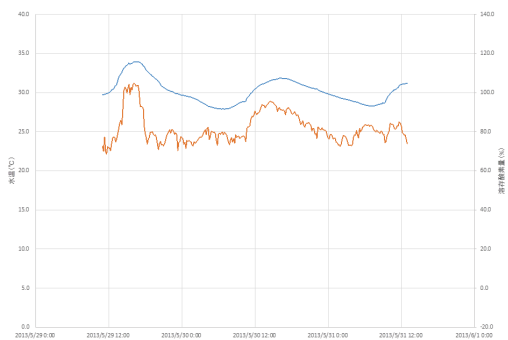


図 5-1 湖の沖合における溶存酸素の日変化 - 乾季の湖沖合湖底の水温(青)と DO(オレンジ) -

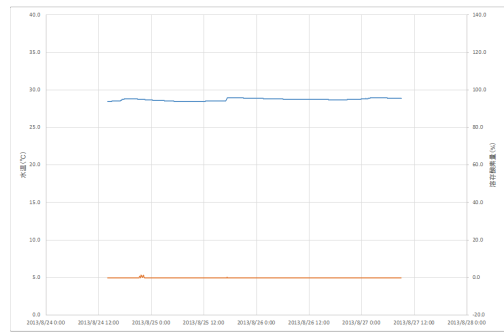


図 5 湖の沖合における溶存酸素の日変化 - 雨季の湖沖合湖底の水温(青)と DO(オレンジ) -

空間的な DO の差異に加えて、季節ごとに 2 日程度の湖底・河床における DO の日変化について観測を実施した。雨季転換期(5月)では、水深約 1m である湖底における DO の変化(酸素飽和度 70~105%:平均約 85%程度)をとらえることができた。しかしながら、乾季転換期(10月)については、水深約 7m 湖底の DO は 0%であり、その状態が継続的であることが明らかとなった。これに加えて、雨季においては浸水林内における河床に同様の期日で、DO の日変化について調査を実施した結果、湖の沖合と差異なく、表層部分では酸素が検出されるが、河床部分では DO は 0%で無酸素環境が継続的に形成されていることが明らかとなった。本結果は、雨季、すなわち高水位期において、1) 浸水林域において河床で酸素が消費される環境にある、2) 水の動きがないことの 2 点を示すものと考えられる。

浸水林内における酸素の消費・生成は、本地域の生態系にとって重要な要素であり、また、水質にとっても大きな変化の要因でもある。さらに、その周辺に生活を営む水上住宅者や魚を食する住民にとっても大きな関心事であるといえる。この酸素の挙動と栄養塩類の供給については、季節の特徴は解明できたが、さらなるメカニズムについても解明・解析が必要であるといえる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2 件)

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

OYAGI Hideo, ENDOH Shuichi, et al: Seasonal changes in water quality as affected by water level fluctuations in Lake Tonle Sap, Cambodia. Geographical Review of Japan. 87, 2014 (印刷中) (査読有)

大八木 英夫・Hang Peou・塚脇真二:カンボジア・シェムリアプ川流域における陸水の水質特性. 日本大学文理学部自然科学研究所, 49, 2014, 103-114. (査読有)

〔学会発表〕(計7件)

Hideo OYAGI et al: The distribution of nutrient substance and dissolved oxygen around the inundated forest in Lake Tonle Sap, Cambodia International Scientific Conference 『Water Sustainability: New Challenges and Solutions』【Commission for Water Sustainability, International Geographical Union】, 24th August 2014, Dubrovnik (Croatia)

大八木 英夫ほか：カンボジア・シェムリアプ川およびトンレサップ湖浸水林帯における理化学的特性 .日本水文科学会，2013年10月19日，千葉商科大学(千葉)

大八木 英夫ほか：カンボジア・シェムリアプ川河口域における水質の季節変動 .日本地理学会 2013年秋季学術大会，2013年9月29日，福島大学(福島県)

大八木 英夫ほか：カンボジア・シェムリアプ川流域における水質の季節変動 .日本地理学会 2012年秋季学術大会，2012年10月7日，神戸大学(兵庫県)

OYAGI Hideo : Seasonal Change in the Water Quality around the Angkor Park, Cambodia, Cambodia. IGC 2012(The 32nd International Geographical Congress), 26th August 2012, Cologne (Germany)

大八木 英夫ほか：カンボジア・トンレサップ湖における水温・水質の空間的分布について .日本地理学会 2011年秋季学術大会，2011年9月23日，大分大学(大分県)

OYAGI Hideo et al : The behavior of arsenic with seasonal change in water level around Lake Tonle Sap, Cambodia. The 18th Congress of the International Union for Quaternary Research, 27th July, 2011, Bern (Swiss)

6. 研究組織

(1)研究代表者

大八木 英夫 (OYAGI Hideo)

日本大学文理学部・助教

研究者番号：50453866