

平成 22 年 4 月 28 日現在

研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19405008
 研究課題名（和文）西シベリア塩性湖チャニー湖における高次消費者を中心とした生態系解析
 研究課題名（英文）Ecosystem studies of the higher trophic levels of food webs in the saline Lake Chany complex in western Siberia
 研究代表者
 鹿野 秀一（SHIKANO SHUICHI）
 東北大学・東北アジア研究センター・准教授
 研究者番号：70154185

研究成果の概要（和文）：ロシア・西シベリアに位置するチャニー湖沼群は、流入河川河口部から奥部へ塩分勾配がある浅い内陸湖である。チャニー湖における植物プランクトンや水生植物から魚食性魚までの食物網は、水平方向で独立していて、その水体で優占する一次生産者によって特徴付けられることが明らかになった。また、鳥類は高次消費者であるとともに、営巣地の窒素環境や植生に影響を与えていることも明らかになった。さらに、気象衛星ノア画像のモニタリングの有効性が期待できた。

研究成果の概要（英文）：The Lake Chany complex, located in western Siberia, Russia, consists of large shallow inland lakes with the salinity gradient from an estuary part to the most inner part. The food web from phytoplankton and aquatic plants to predatory fish in the Lake Chany was characterized by spatial changes in environmental factors and primary producers. The bird species were considered to be not only highest consumer, but also the effective member for the nitrogen environments and vegetations near their colonies. Furthermore, the NOAA satellite images were thought to be valid for environmental monitoring in Siberia.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2008年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2009年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度			
年度			
総計	11,500,000	3,450,000	14,950,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：ロシア、シベリア、湖沼、食物網、プランクトン、魚類、鳥類

1. 研究開始当初の背景

(1) チャニー湖はロシア西シベリアの中央に位置する、東西約 80km、南北約 65km に達する湖であるが、平均水深が 2.0 -2.5m と非常に浅い湖沼群をなしている。チャニー湖は流

出河川のない内陸湖であり、流入河川より運ばれた塩分が蓄積し、河口部から湖奥部へと空間的な濃度勾配がみられる特徴がある。平成 18 年度までの 6 年間の基盤研究(B) (海外学術研究) によって、チャニー湖において次

の2点が明らかになってきた。

(2)炭素・窒素の安定同位体比による解析から、食物網の起点となる植物プランクトンと食物網上位の動物プランクトン・捕食性動物プランクトンはチャニー湖においては空間的に水平方向で分離していることが明らかになってきた。このことはチャニー湖が浅い水深で広大な面積を持ち、しかも複雑な地形で水体が繋がっているために、水平方向で水質が異なることを反映している。この関係は浮遊性食物連鎖だけでなく、底生藻類を起点とする底生性食物連鎖においても成り立つことが明らかになった。

(3)東北アジア研究センターで構築しているアメリカ大気海洋局気象衛星ノアのシベリア地域の画像データベースを利用して、チャニー湖沼群の環境と植生を1999年から2004年の間に調べた結果、湖面積は4月下旬の雪解け直後に最大の約1800km²を示したが、7月にかけて2/3に減少、その後秋に向けて増加することが分かった。この変化は主に蒸発量と河川流量の差だけでなく、湖の周辺に広がるヨシ原の生育も反映していることが分かった。

2. 研究の目的

(1)チャニー湖沼群では、コイ科に属するフナ、コイ、ローチ、ダイス、アイドと捕食性のパイク、パイク・パーチ、雑食性のパーチが比較的多く採取できる。研究目的のひとつは、これらの魚類の餌資源を炭素、窒素の安定同位体比を測定することによって解明していく点にある。これらの解析から、プランクトンからなる浮遊性食物網を基盤とするプランクトン食魚の食物網と、底生生物食物網を基盤とする底生生物食魚の食物網、更に魚食性魚の食物網関係を調べることにより、チャニー湖の生態構造におよぼす空間的特性を明らかにする。

(2)チャニー湖沼群に点在する島々や周辺のステップ湿地帯は、絶滅危惧種のオオスグロカモメを含むカモメ属3種の繁殖地である。繁殖地のコロニーで孵化したカモメ属の幼鳥は、その周辺の餌に依存しているため、安定同位体による解析だけでなく胃内容物からも餌資源の解析を行い、どのような餌資源が重要か特定することを目的のひとつとする。

(3)チャニー湖周辺で繁殖コロニーもつカモメ類やミヤマガラスは、集団で営巣するため多量の糞由来の有機態窒素が供給・分解され、窒素成分が周辺の草地に蓄積する。この栄養塩の回帰やまわりの環境への影響についても検討する。

(4)チャニー湖は半乾燥地域に位置する内陸湖のため、気象環境の変動が湖水面積や水位、植生に大きく影響を及ぼすため、引き続きノ

ア衛星画像による環境モニタリングを継続して、チャニー湖の水位・気候変動の特徴を抽出することを試みる。

(5)ロシア語で出版されるチャニー湖のあるノヴォシビルスク州の経済統計資料等を収集して、漁獲高などについて調べ、水界生態系における生産性の社会活動への寄与を解析する。

3. 研究の方法

(1)図1に、ロシア、西シベリアのチャニー湖沼群の位置と流入河川とその集水域を示す。

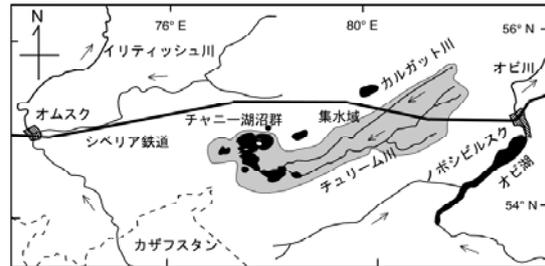


図1. チャニー湖の位置と集水域

チャニー湖沼群において、ロシア科学アカデミーシベリア支部動物分類学・生態学研究所でロシア側の共同研究者と調査を行なった。チャニー湖の流入河川部とチャニー湖北部の島において、刺し網を仕掛けて魚類を採集し、解剖して胃内容をチェックし、筋肉サンプルを得た。更に、プランクトン、水生昆虫、水生植物、堆積物などの候補物質の採集を行い、同時に、塩分、溶存酸素、pH、伝導度、水温などの水質を現地で測定した。食物網解析のためのサンプルは、現地において乾燥して、日本に持ち帰り、筋肉サンプルについては脱脂処理を行い、質量分析器(Deltaplus, Finnigan Mat社製)で炭素と窒素の安定同位体比(それぞれ $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の千分率で表す)を測定した。

(2)カモメ類のヒナの死亡個体を採集し、胃内容物のチェックし、筋肉サンプルを得た。また、魚や昆虫などのエサ候補も採集した。これらのサンプルについても、炭素と窒素の安定同位体比を測定した。

(3)カモメ属の繁殖地において、カモメの営巣状態、雛の生育状態、羽毛の採取、コロニー周辺の植生などを調べ、コロニー周辺の土壌を採集した。また、ミヤマガラスの営巣密度が高いトランセクトの植生と代表地点の土壌を深度別に採取した。これらの土壌は日本に持ち帰り(輸入許可所得)、無機態窒素の含量と窒素安定同位体比を測定した。

(4)2000年から2009年までのノア画像データから利用可能なデータを選び出し、チャニー湖沼群の画像を切り出し、植生指数を算出して、水面に相当する画像を得て、ダムで隔離

されたユジンスキー・プール R2 (チャニー湖西部) とここを除くチャニー湖全体 R1 に分けて、水面と推定されるピクセル数をカウントした。ノア画像で変化の大きい場所については、湖岸状況や植生について現地調査を行った。

(5)モスクワで出版されている『ロシア統計年報』(2008年)と、ノヴォシビルスク州で発行された『2006年のノヴォシビルスク州における工業製品の生産』(2007年)の経済統計資料を収集して、州内の漁獲高や魚種などについて解析した。

4. 研究成果

(1)魚類までの食物網構造

図2にチャニー湖の流入河川河口域における魚類とそのエサ候補の炭素・窒素安定同位体比のプロット(デルタ・マップ)を示す。一般的に、エサとそれを食べている捕食者の間には、炭素の安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ は 0~1‰ しか増加しないのに対して、窒素の安定同位体比 $\delta^{15}\text{N}$ は 3~5‰ 上昇することが知られている。これにより動物とそのエサ候補の炭素と窒素の安定同位体比を測定することによって、エサ資源を推定することが可能となる。

河口域の淡水部においては、魚類の安定同位体比は魚種間で大きく異なった。エサ資源をみると、1)植物プランクトンを食べているミジンコやカイアシ類、ノロなどの動物プランクトン、2)イトトンボやヨコエビの底生動物や堆積物、3)藻類などの水生植物があげられ、それぞれ炭素の安定同位体比の値を異にしている。金ブナ、銀ブナ、ブリームは主に動物プランクトンを餌とし、コイは主に堆積物や底生動物を、ローチとアイデは主に沈水植物を餌としていることが示唆された。

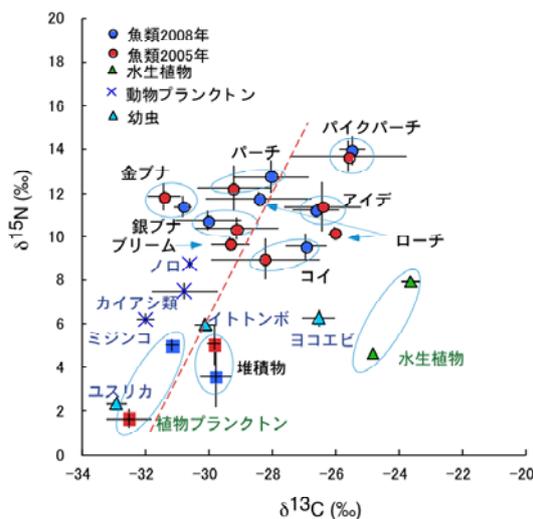


図2. 流入河川河口域のデルタマップ

パーチおよびパイクパーチはいずれも他種と比較して高い窒素安定同位体比を示し、魚食性であることが確認できた。また、河口域の数地点での当歳魚の炭素安定同位体比をみると地点間で値に違いが見られ、パイクパーチの炭素安定同位体比の値に大きなばらつきが見られることから、パイクパーチは移動性が高いことが示唆された。

一方、チャニー湖北部においては(図3)、植物プランクトンの炭素安定同位体比は、-24~-26‰と河口域のそれより高い値を示した。チャニー湖では塩分があるだけでなく、pHが高いため水中の重炭酸の割合が多くなることにより、植物プランクトンの炭素安定同位体比が高くなったと考えられる。これに伴い、魚類の安定同位体比の値は、炭素と窒素ともに淡水部のそれらより高い値へシフトしていた。2007年に採集したローチを除く魚種の炭素安定同位体比が植物プランクトンのそれとほぼ同じ値を取ることから、チャニー湖北部では主に植物プランクトン起源の食物連鎖に依存していることが考えられる。河口域では広大なヨシ原に接しているため多様なエサ資源があるのに対して、湖本体では一次生産者は主に植物プランクトンだけであることを反映していると考えられる。

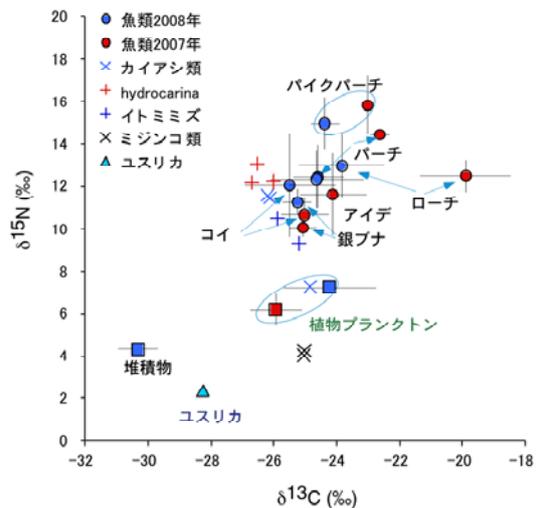


図3. チャニー湖北部のデルタマップ

(2)カモメ類のエサ資源

チャニー湖北部の島におけるカモメ類3種のヒナの炭素・窒素安定同位体比を測定した結果、オオズグロカモメと *Larus cachinaus* は銀ブナのどの魚を主にエサとしていると考えられ、このことは胃内容物からも確かめられた。これに対して、カモメは炭素安定同位体比からみると魚以外のエサにも依存している可能性が高く、雑食性であることが示唆された。

(3)鳥類の営巣の影響

カモメ属鳥類の営巣地土壌に含まれるアンモニアおよび硝酸態窒素の含量変動を時系列で追跡した。営巣期の土壌温度が低温で経過することに加えて、半乾燥気候条件を反映して、アンモニア態窒素の硝化が顕著に遅延することを見出した。また、1年前に営巣、その後放棄された土壌について分析したところ、前年に比較して硝化の促進が見られた。西シベリアの半乾燥気候条件下では鳥類起源の窒素は土壌から洗脱されにくいことが明らかになった。

カモメ類の営巣の影響を受けた地点では富栄養化と踏みつけに抵抗性の高い数種のイネ科草本が優占した。営巣地の植生地上部は、対照区に比較して高い窒素含量を示した。しかし、硝化と脱窒過程が遅延するために、地上部の窒素安定同位体比は湿潤熱帯や温暖地域ほどには上昇しなかった。

流入河川河口域周辺のみヤマガラスの営巣地は、長期間繁殖活動に使われていて、営巣によるエサ資源、窒素環境や植生への影響をみた。ヤマガラスの育雛後期の主要なエサ資源はアリ2種および甲虫2種の幼虫であった。これらエサ資源は高脂肪(41~61%)に加えて、高窒素(7.3~10.6%)で、これを反映して排泄された糞の窒素含量(10.2%)は高く、C/N比は低かった(3.8)。親鳥は高栄養価の餌資源が採取できる営巣立地を選好していることが示唆された。

営巣に伴う土壌への糞窒素フラックスは120~230kg-N/ha/年で、土壌中の無機態窒素含量は極表層1cm以内の落葉層に濃集しており、次層の落葉分解層、その下の無機質土壌の表層に向かうにしたがって急激に減少した。無機態窒素の含量はヤマガラスの営巣木直下で顕著に高く、そこから離れたヨシ帯および反対側の自然草地帯に向かって急激に減少した。硝化率は営巣木直下の周囲で高く、継続した糞供給に対応した微生物活性の上昇に起因すると考えられる。

(4) ノア画像によるチャーニー湖面積変化

ユジンスキー・プールを除くチャーニー湖沼群全体R1では雪解け後の4月下旬に湖水面積が約1,800 km²と最大になり、その後6月下旬まで面積は約1,200 km²まで減少し、8月には湖水面積は約1,150 km²で最小になった。その後、9月から10月にかけて湖面積は増加した。R1における季節変化のパターンは年によって大きく変わらず、8-9月の最小面積は年による有意な差は見られなかった。一方、ユジンスキー・プールR2(図4)では、2000、2005、2006、2008年に湖水面が夏にほぼ干上がったが、2001、2002、2004、2007年では春に80~140 km²の湖水面が観察でき、その後夏にかけて減少するが、これらの年では8-9月の湖面が確認できた。現地のGround Truthから、湖面

積の年変動が大きいユジンスキー・プールは1971年にダムでチャーニー湖本体から仕切られており、集水域も小さく流入河川もないので、天候の影響が現れやすいため、ノア画像を用いてユジンスキー・プールの湖面積変化を長期間にわたって観察することは、この地域の環境のモニタリングに適していることが確認できた。

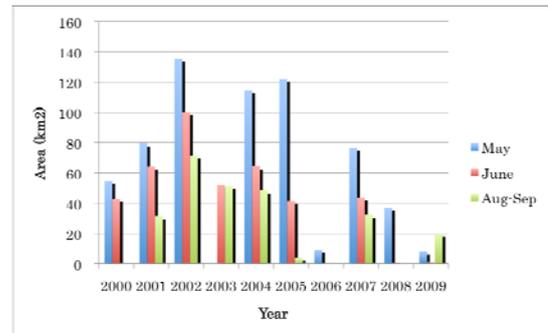


図4. ユジンスキー・プールR2の5月、6月、8-9月の水面面積。2003年5月のデータは欠測。

(5) ノヴォシビルスク州の漁獲高と魚種

『ロシア統計年報』の2000年から2007年のノヴォシビルスク州における漁獲高をみると、2000年の約4000トンから2001年の約2000トン、そして2006年の約3500トンから2007年の約2000トンへの急な落ち込みが見られた。この漁獲高はチャーニー湖のものだけではないが、漁獲高の減少した時期は、図4のR2における8月の水面が干上がった1~2年後にあたり、この地域の気象状況の影響も示唆される。『2006年のノヴォシビルスク州における工業製品の生産』の統計項目として挙げられている魚は、レシュ(lesh)、サザン(sazan)、マス(pikeperch)、コイ(carp)、サケ(salmon)である。2004年から2006年の漁獲高の多い魚は、レシュとサザンであるが、レシュがやや増加している一方、サザンが一貫して減少していた。

(6) 浅く複雑な形で繋がっている水体からなるチャーニー湖沼群における植物プランクトンや底生生物から魚類・鳥類などの高次捕食者までの食物網は、水平方向で水体が隔離されている傾向が強いため、その水体毎に独立していて、かつその水体で優占する一次生産者による上位食物網への寄与が大きいことが明らかになった。また、オオズグロカモメなどは最上位捕食者であるだけでなく、カモメ類やヤマガラスなどの営巣地の窒素環境や植生へ影響を与えていた。10年間のノア画像からは、湖沼群全体では大きな経年変化は観察されなかったが、年間変化が大きい地域の変化は、気象変化のモニターに活用できる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

1. Kanaya G, Yadrenkina EN, Zuykova EI, Kikuchi E, Doi H, Shikano S, Mizota C, Yurlova NI. 2009. Contribution of organic matter sources to cyprinid fishes in the Chany Lake-Kargat River estuary, western Siberia. Marine and Freshwater Research, 60:510-518, 査読有
2. Mizota C, Doi H, Kikuchi E, Shikano S, Kakegawa T, Yurlova N, Yulov AK. 2009. Stable isotope characterization of fluids from the Lake Chany complex, western Siberia, Russian Federation. Applied Geochemistry 24:319-327, 査読有
3. Doi H, Yurlova NI, Vodyanitskaya SN, Kikuchi E, Shikano S, Yadrenkina EN, Zuykova EI. 2008. Parasite-induced changes in nitrogen isotope signatures of host tissues. Journal of Parasitology 94:292-295, 査読有
4. Kalpoma KA, Kawano K, Kudoh J. 2007. NOAA satellite based real time forest fire monitoring system for Russia and North Asian region. Northeast Asian Studies, 11:209-218, 査読有

[学会発表] (計2件)

1. 鹿野秀一、西シベリア・チャニー湖における高次消費者を含む食物網解析、日本陸水学会第74回大会、2009年9月15日、大分大学
2. 鹿野秀一、西シベリア・チャニー湖における生産者から魚食魚までの食物網解析、日本生態学会第56回大会、2009年3月18日、岩手県立大学

[その他]

シベリア・モンゴル画像データベース：
<http://www.cneas.tohoku.ac.jp/database.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鹿野 秀一 (SHIKANO SHUICHI)
東北大学・東北アジア研究センター・准教授
研究者番号：70154185

(2) 研究分担者

溝田 智俊 (MIZOTA CHITOSHI)
岩手大学・農学部・教授

研究者番号：10089930

竹原 明秀 (TAKEHARA AKIHIDE)

岩手大学・人文社会科学部・教授

研究者番号：40216932

太田 宏 (OTA HIROSHI)

東北大学・大学院生命科学科・助教

研究者番号：10221128

菊地 永祐 (KIKUCHI EISUKE)

東北大学「東北アジア研究センター」・名誉教授

研究者番号：00004482

(H19→H20：連携研究者)

工藤 純一 (KUDOH JUN-ICHI)

東北大学・東北アジア研究センター・教授

研究者番号：40186408

(H19→H20：連携研究者)

塩谷 昌史 (SHIOTANI MASASHI)

東北大学・東北アジア研究センター・助教

研究者番号：70312684

(H19→H20：連携研究者)