

案件名	ティティカカ湖における淡水動植物資源管理
派遣専門家	高橋鉄美・畑啓生
所属機関	京都大学 大学院理学研究科・研究員 愛媛大学 大学院理工学研究科・助教
相手国研究機関	プーノ アルティプラーノ国立大学 (National University of the Altiplano, Puno)

ティティカカ湖における淡水動植物資源管理

(平成 25 年 6 月～ 8 月)

1. 背景

ティティカカ湖はペルーとボリビアの国境に位置する古代湖で、アンデス山脈の中腹という高所に位置する(標高 3800m)。この湖には、ここでしか見られない固有な生態系が存在し、学術的にも貴重である。一方、この湖は周辺の住民に食料を供給し、また観光資源として利用されるなど、地域の生活や経済と強く関わって来た。しかし、この湖において様々な環境問題が生じている。例えば、ニジマス(トゥルーチャ)のケージ養殖が盛んに行われ、配合飼料(ペレット)の過剰な投与による富栄養化が懸念されている。また移入種であるペヘレイ(トウゴロウイワシ目)が在来種と餌などの資源で競合していることが考えられる。このように湖の生態系は変化しつつあると考えられるが(実際に、すでに絶滅が確認された固有魚種もある)、その生態系については分かっていないことが多い。湖の現状を把握することは、この貴重な生態系を保全する基礎となり、必要なことである。このような観点から本プロジェクトは、1) どのような生物(とくに魚類)が生息するかを分類学的に解明し、あわせて2) 資源管理の方法を指導することを目的としている。



ティティカカ湖



トゥルーチャの養殖筏

2. 事業活動内容

今回の派遣では、上記の二つの目的のうち分類学的整理に焦点を当てている。すなわち、湖に在来のカダヤシ目キュブリドン科 *Orestias* 属魚類とナマズ目ヒルナマズ科 *Trichomycterus* 属魚類の分類である。*Orestias* はアンデス地方に分布するグループで、とくにティティカカ湖において多様性が高く、固有種も多い。しかし、その種数は研究者によって 16～32 とまちまちで、はっきりしたことは分かっていない。いっぽう *Trichomycterus* 属には 100 種を超える多くの種が含まれるが、ティティカカ湖に生息するのはそのうちの 2 種のみであり、共に固有種ではない。しかし、これら 2 種は形態が類似しており、近年の報告書では 1 種として扱うなど、実情はよく分かっていない。このような分類の混乱は、湖の生態系に悪影響を及ぼす可能性がある。例えば、固有種の資源維持を目的とした人工交配・放流事業が挙げられる。規模は小さいながらも、知らずに異なる種同士を交配して放流することがあれば、多様性の低下を招きかねない。また固有種は地域住民の食料として漁獲されているが、個体数の減少した種も無差別に獲ってしまえば、絶滅を早めてしまう可能性がある。このように、分類学的整理は喫緊の課題である。これらの魚類の分類が進まない理由の一つに、外見が種間で類似することが挙げられる。このため、形態の調査だけではなく、分子実験を用いた分類が必要である。また、本プロジェクトでは魚類に焦点を当てているが、生態系を総合的に解明するには、魚類以外の分類も重要である。このため、カウンターパートのアルティプラーノ国立大学(UNA)において分子生物学的解析を指導し、プロジェクト終了後も続けて研究を行う体制を作ることが望まれる。



国立の魚類増殖施設

3. 今回の派遣における活動内容

(1) 魚類標本の作成

分類学的整理を行うため、湖の 6 ヶ所から 800 個体ほど採集し、分子実験用のアルコール標本と形態測定用のホルマリン標本を作成した。採集に必要な物資は現地で入手可能なものを利用することにより、プロジェクト終了後も現地で継続して調査ができることを確認した。また、学生や教官に作成方法を指導した。

(2) シーケンサーの購入準備

シーケンサーは、DNA の配列などの分子情報を取得するのに必要な機器である。このため、本プロジェクト終了後も UNA に於いて研究を続けるには、シーケンサーを購入することが近道である。実際、当初の予定では、今回の派遣の前に UNA で購入し、その使い方を指導する予定であった。しかし、高価であるなどの理由により、いまだに購入されていない。このため今回は計画を変更し、シーケンサーの購入を含む分子実験施設 (MEGA laboratory) の充実に関わる助言を行った。具体的には、現在ある機器のチェックと、購入すべき機器の機種選定である。また、簡単な分子実験の手法を指導した。今後は、シーケンサーを購入できない場合も考慮し、柔軟な対応が必要と考える。

(3) セミナーの実施

UNA の学生に対してセミナーを行い、ティティカカ湖における保全上の問題、および分類学的問題の解決法について話した。また、分子生物学の重要性を説いた。セミナー後は活発な質疑があり、学生の関心の高さが伺えた。



採集された魚類



サーマルサイクラー

4. 所感

ペルーでは UNA のほか、ペルー海洋研究所 (IMARPE) の研究者とも活動を共にした。彼らは本プロジェクトの意義を理解しているように見受けられた。しかし、技術や機材が不足しているだけでなく、どのような機材が必要でどのように操作したら良いか、といった知見が不足しており、自ら分類や保全活動を行うことが困難な状況であった。UNA を中心に分子生物学の拠点を作り、ティティカカ湖の保全に協力できたらと考えている。



UNA のカウンターパート(左)と IMARPE の職員(中)

案件名	ティティカカ湖における淡水動植物資源管理
派遣専門家	森田孝晴・井口恵一朗
所属機関	茨城大学 教育学部 理科教育教室(生物学)・准教授(※) 長崎大学 大学院 水産・環境科学総合研究科・教授
相手国研究機関	プーノ アルティプラーノ国立大学(National University of the Altiplano, Puno)

※派遣時の役職

ティティカカ湖における淡水動植物資源管理

(平成 25 年 8 月)

2013 年 8 月 18 日～8 月 25 日の日程で、ペルー共和国プーノ州で活動を行った。今回の活動の主目的は、ティティカカ湖の生態系管理の観点から、湖の富栄養化及び過剰な漁労活動を抑制する方法に関するセミナーの実施を通じて、同湖の水環境保全及び在来の産業重要種の適切かつ持続的な管理・利用の意識を高めることであった。同湖には、1930 年代から北米由来の外来魚ニジマス(trucha)が導入され、現在でも湖岸域におけるケージ養殖が盛んに行われているが、養殖の餌料であるペレットが高価なため、ティティカカ湖固有の淡水魚類であるキュブリドン科 *Orestias* 属の魚体を粉砕して、代替餌料として利用している実情を昨夏の事前出張の際に聞き及んだ。安価に入手できる故に、養殖餌料の材料として在来魚が使用されやすいという現状がティティカカ湖の在来魚類の個体数の減耗に拍車を掛けている可能性が考えられた。

そこでプーノ入りした翌日(8月20日)の午前中にアルティプラーノ国立大学(UNAP)のモレノ先生の協力を得て、市内の市場で聞き取りによる魚種の価格調査を行った(写真 1)。

Orestias 属の中で、食材としての価値が高く、プーノの市場で取引されているカラチ(Carachi:写真 2)は、ペルー海洋研究所(IMARPE)プーノ支所の調査によると、最盛期の 1990 年代には 3000 トン/年を超える漁獲量があったが、近年では 300 トン/年程度と最盛期の 1/10 程度にまで漁獲量が激減している。

カラチは量り売りではなく尾数単位で売られていた。興味深いことに同じ店でも魚のサイズによって価格が異なり、1 尾当りの小型サイズの価格(0.17～0.29 Sol)は中大型のサイズ(0.4 Sol)よりも安い傾向が見いだされた(表 1)。



(写真 1) プーノの市場で魚類の価格調査中の井口専門家(左)



(写真 2) プーノ市場で売られていたカラチ

表 1. プーノ市場で販売されていた魚類の価格聞き取り調査結果(2013年8月20日)

魚種	店名	サイズ	尾数(Kg)	価格(Sol)	単位当り価格(Sol)
carachi (カラチ)	A	大	4尾	2	0.5/尾
carachi (カラチ)	B	大	5尾	2	0.4/尾
carachi (カラチ)	C	大	5尾	2	0.4/尾
carachi (カラチ)	D	大	5尾	2	0.4/尾
carachi (カラチ)	D	小	7尾	2	0.29/尾
carachi (カラチ)	E	中	5尾	2	0.4/尾
carachi (カラチ)	E	小	6尾	1	0.17/尾
Peru salmon	F	-	(1Kg)	6	6.0/kg
Peru salmon	G	-	(1Kg)	6	6.0/kg
trucha (ニジマス)	H	-	(1Kg)	10	10.0/kg
trucha (ニジマス)	I	-	(1Kg)	12	12.0/kg
jurel (アジ)	J	-	(1Kg)	6	6.0/kg
caballa (サバ)	K	-	(1Kg)	5.5	5.5/kg

カラチのサイズ(標準体長)を目視で、大(>10cm)、中(5～10cm)、小(<5cm)の3段階に区分

この現象の背景として、以下の可能性が考えられる。カラチは現地の人々にスープの食材として重用されている。カラチは小骨が多いため、魚肉を食べるのに苦勞するが、小型のサイズは大型のサイズよりも可食部分が少ないため、魚肉を食べるのに一層難儀することが考えられ、消費者側から見て魅力に乏しい食材である。そのため、価格が低く抑えられがちであると考えられる。このような小型の魚をたくさん捕っても、1尾当りの単価が安いいため、大きな漁獲努力量(CPUE)を払う割には、利益につながらないという事実を漁業関係者にまず広く周知する必要を感じた。そのうえで漁具の網目サイズを大きくして小型の魚への漁獲圧を下げることで、小型のサイズクラスの集団が成長・成熟して再生産に至ることが期待され、それがカラチの持続的な資源利用につながると考えられる。その際に網ずれによる個体へのダメージ(死亡率など)がどれくらいなのかについても定量的に検証する必要がある。



(写真 3) 講演に臨む梶田専門家



(写真 4) 講演中の井口専門家

ここからは 8 月 22 日に UNAP で開催されたセミナーについての報告である。セミナーの前日までモレノ先生がティティカカ湖の関係者に広くアナウンスして下さったお蔭で、セミナー当日は 100 名を超える聴衆が集まり、会場の席はほぼ満席であった。地元テレビ局の中継も来ており、セミナーの内容はプーノ市全域に生中継された旨をモレノ先生から伺った。午前中は「Eutrophication in lakes: implications of mitigation from ecological perspective」の演題で、湖沼の富栄養化が生じる背景とその軽減策についてのリテラシー的なセミナーを梶田専門家(茨城大学)が担当した(写真 3)。プーノ湾は水深が 10m 前後と浅く、かつ湾内沿岸に人口が集中しているため、窒素やリンをはじめとする栄養塩の過剰な流入が湾内の富栄養化を引き起こしやすい特性を紹介した。また、ニジマスのケージ養殖に投与するペレットの投与量やペレットサイズごとの増肉係数を調べ、水温と関連して変化するニジマスの接餌活性に応じた適切な量のペレットを投与することで、湖水への残餌流入負荷を減らし、湾内の富栄養化の軽減に寄与する可能性を示唆した。

午後は井口専門家(長崎大学)が「Lessons from Lake Biwa in crisis of biodiversity」の演題で、ティティカカ湖と同様に古代湖である琵琶湖で育まれてきた在来の生物多様性が、近年急激に減少が生じている経緯とその背景について、様々な側面から講演した(写真 4)。

琵琶湖には固有種ニゴロブナを材料にしてつくられる「フナずし」という発酵保存食文化が古来より存続している。日頃から local food に慣れ親しむ生活態度は、身のまわりの自然のちょっとした変化に対して敏感にさせてくれる。このように、住民の間で培われる Awareness(気付きの姿勢)は、地域の生物多様性の保全に対して有効に機能すると考えられる。また琵琶湖では魚食性の鳥類カワウの個体数増加に伴う在来魚への捕食圧が懸念されている。カワウの習性を理解したうえでのユニークかつ効果的な駆除手法について、聴衆から感嘆の声が漏れたのが印象的であった。

セミナー後に聴衆から多くの質問が出て、ティティカカ湖の生物多様性や環境保全に対する彼らの関心の深さが感じられた。中でも、外来種の侵入による在来の生物多様性の喪失や、都市部からの下水の流入によって生じる湾内の富栄養化への具体的な対処策についての質問が多かった。そこで琵琶湖や諏訪湖、霞ヶ浦など日本の湖沼で展開されている保全生物学的な生物多様性の修復や環境保全の取り組みについて、可能な限り具体例を交えながら紹介した。願わくば、琵琶湖をはじめとする湖沼の生物多様性保全に対する理論と実践的な取り組みの一部が、ティティカカ湖独自の地域性を考慮したうえで実践され、現状を打開する一助となればと切に思った。



(写真 5) セミナー後の記念撮影

盛況のうちにセミナーは無事終了し、モレノ先生をはじめ UNAP 関係者の人達と和やかな雰囲気の中で記念撮影を行った(写真5)。セミナーのお膳立てをしてくださったモレノ先生(写真左から4番目)をはじめ大学関係者の皆さん、またセミナーでの我々の英語を淀みなくスペイン語に翻訳してくれた通訳の Cuba さん(写真左端)に大変お世話になった。この場をお借りして改めて謝意を表したい。

セミナー当日の昼にモレノ先生に連れて行って貰った食堂で、Qui(テンジクネズミ)を食する機会があった(写真 6)。見た目はげっ歯目(モルモット)そのものであったが、巧みに調理されており大変美味であった。このような local food は、日本の琵琶湖周辺部で培われてきた「フナずし」と同様、地域固有の食文化として守っていくべき重要なものと考えられた。



(写真 6) qui(テンジクネズミ)の料理