

連載

生物屋の緩速ろ過池研究

その19 ブラジルでハングリー状態は普通と気づいた

信州大学名誉教授 中本 信忠

1974年、仕事（研究）ができるかどうかと3ヶ月間、でかけた。

1 待ち構えていた生物が活躍

緩速ろ過池の砂層上および砂層上部の生物は栄養物質を常に待ち構えていた。「ハングリー状態の生物」は使える物質を徹底的に捕捉分解していた。

「ハングリー状態の生物」という発想は私が50年近く前の1974（昭和49）年のブラジルで生まれた。自然界で活躍している生物群集は常に倍々と増殖して増えるのでなく、入ってくる栄養物質量に依存して増えることに気づいた。

2 藻類培養指導でブラジルへ

1960年代、ブラジルでも大都市近郊の貯水池で藻が大繁殖し問題になっていた。1970年代になるとサンパウロ州立大 Universidade de São Paulo (USP) サンカルロス São Carlos 分校衛生工学科の研究者が貯水池（ダム湖）で繁殖した藻を利用し、食物連鎖を利用して藻から魚類を生産し、人間の食料としての蛋白生産を考えた（図1）。まず藻類培養か

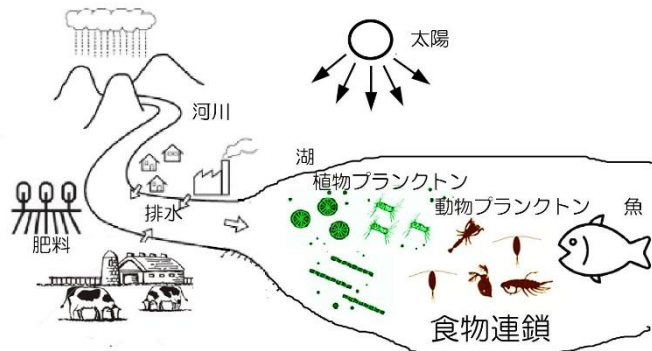


図1 貯水池での食物連鎖

ら研究しようと考えた。

当時、東大の田宮博先生が行ったクロレラの大量培養は世界的に有名であった。1974（昭和49）年にUSPの先生は日本大使館を通して東大に藻類培養の指導を要請した。東大にはブラジルに行ける人がいないため、都立大の宝月欣二先生の所まで話が回って来た。私は、当時、宝月先生の元で大学院課程を修了し、31歳になってまだ就職が決まっていなかった。

私は大学院で海洋や湖沼などの植物プランクトンの増殖や生産力を研究し、緑藻のクロレラや珪藻の培養実験もしていた。また水道水源ダム湖での淡水赤潮現象を研究し、川と湖の境界領域では新しい環境に適した生物が活躍した現象に気づいたところだった。

USPのプロジェクトはダム湖生態系で食物連鎖を活用する考えであった。私はブラジルで最新の面白い研究ができれば職も見つかるかもと専門家要請に応じた。

宝月研卒業生の小牧喬雄さんがサンパウロのコチア農業協同組合で研究をしていた。この先輩に手紙を出したところ「何も来いと思っ

て来い」との返事があった。ブラジルからの要請は1年間であった。藻類培養を教えるだけでなく3ヶ月間で十分と考え1974（昭和49）年8月から出かけた。

現地で頼れるのは本しかないの

英語圏でないのが、少し残念だが、何とかなるかなと思って、でかけた。

ブラジルに居た先輩に問い合わせたら、何も無いと思って来いとのこと。

英語が通じない空港に着いたが、出迎えが来ていなかった。

出迎えの人は違う空港に行っていた。

同じブラントンの屋のシンジ夫妻と出会えたのが良かった。

3 ツンジンとの出会い

私は羽田からロスアンジェルスへ、アルゼンチン航空に乗り換えペルーのリマでも乗り換えた。ブラジルのリオデジャネイロに着き、国内航空便でサンパウロ市内の空港へ着いた。空港では私の出迎えが来ていなかった。そこで空港からサンパウロ領事館に電話をかけ迎えにきてもらった。私を迎える予定の人は約100^{キロメートル}離れた別の国際空港に迎えに行っていた。しばらくして、やっと迎えの教授に連絡がつき、待つこと2時間、領事館まで来てくれた。

領事館でUSPサンカルロス分校衛生工学科のサムエルSamuel Murgel Branco教授とサンカルロス国立大Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)のツンジン教授夫妻と初めて会った。要請したサムエル教授はUSPの分校長になり、時間が取れないのでツンジン教授夫妻(José Galizia Tundisiイタリヤ系ブラジル人とTakako Matsumura Tundisi日系戦前移民の松村貴子さん)に協力を頼んでいた。

ツンジンは私より4歳上の1938年5月生まれで、USPの海洋研究所で植物ブラントンを、貴子さんはUSPの同期で動物ブラントンを専門にしていた。夫妻は海洋研究所から1970(昭和45)年に創設したばかりのUFSCarへ1971(昭和46)年に教授として赴任した。海洋から淡水のブロー貯水池での動植物の研究を始めた。そこで1973年の1年間、英国女王の奨学金で英国サウザンプトン大で陸水生態学を勉強して帰国したばかりであった。

私も太平洋や大西洋での海洋ブラントンの研究をし、ブラジルに行く直前はダム湖での淡水赤潮の研究もしていたので、サンパウロからサンカルロスへの数時間の道中、ツンジン夫妻と話が弾んだ。

4 サンカルロス市とサンカルロス国立大

サンカルロス市へ着いて案内されたのは市で一番高級のホテル・ビラ・リカ(Hotel Vila Rica)であった。ホテルの名前の意味は「金持ち村ホテル」である。日本政府

から支給された日当と宿泊代では赤字であった。翌日、ツンジンに頼んで、もう少し廉価なホテルを紹介してもらった。今度はスイス風大牧場ホテルHotel Estância Suíçaのオーナーがスイス人で英語が通じた。長期滞在の大学の先生なども宿泊していて、プールが2面あった。この国では大学の先生は金持ちのようだった。

サンパウロ州は日本の面積とほぼ同じで人口は約4500万人もいる。この州に1970(昭和45)年に設立された国立大学がUFSCarで創設当初は自然科学を特徴とした。ブラジルでは、各州に

一つずつ国立大学Universidade Federalを建設していた。UFSCar大学の入口には敷地を提供してくれた元の農場入口が残されていた(図2)。住所はRodovia Washington Luiz, km 235でサンパウロからワシントンリッツ通り235^{キロメートル}の場所にあり、サンパウロ州の地理的中心のサンカルロス市のバイパス脇にあった。創設時の入学生は96名であったが、現在は2万6000人の学生が通う大きな大学に発展している。なお

創設時の学長(1970年—1974年)はグルグリーノ(Gurgulino de Souza)で、後に東京にある国連大学第3代学長(1987年—1997年)として活躍した。

ブラジルの大学では日系人学生が目立った。ブラジルの日系人の割合は約0・7%だがUSPやUFSCarの日系人の学生割合は約20%も占めていた。ブラジルでは「教育は未来への投資」と考え公立の教育機関の小学校から大学までの授業料は無料であった。そのため学生は非常に熱心に勉強をしていた。



図2 サンカルロス国立大

創設したばかりの、サンカルロス連邦立大で活気があった。

培養瓶が緑藻で緑色になると、皆が目を向けてくれた。

5 藻類培養を教え始める

USPに行ってもサムエルは忙しく、藻類培養を教える相手がいなかった。仕方がなくUSPの図書室に通っていたらツンジシがUFS Carに來たらと誘ってくれた。そこでUFS Carの生物学科で器具を借りて藻類培養の実験を始めた。

細菌は条件が良いと細胞分裂は20分に1度と短く、数日でも凄い数になる。しかし太陽の日射で光合成をする藻の細胞分裂は環境条件が良くても基本的に1日に1度と遅い。日本から持参したクロレラの寒天培地上の種藻から液体培養を初めても培養液が緑色になるのに日数がかかった。

しばらくするとUFS Carの技術職員が緑色の池の水を持ってきてくれた。ブラジルの環境に適した藻が手に入り、この藻を元に培養を始めた。実験室で何本ものフラスコが緑色になると、皆が興味を示した。そこで毎日、少しずつ藻類の培養技術に関するノウハウを教えた。

6 ブラジル人による湖沼研究の始まり

ツンジシ夫妻は生態学をUFS Carの生物学科の看板にと考えていた。学科の先生を誘って、プロア湖生態系に関する研究を始めていた。ツンジシ夫妻は英国留学で、英国カンブリア地方の湖沼地帯にある淡水研究所(Freshwater Biological Association (FBA))ではプランクトン調査を10年以上も続けていたの知り、自分もプロア(ロボ)湖調査を10年以上は続けると張り切っていた(図3)。私は緑藻の培養を教えながらUFS Car

rのスタッフが何を研究しているのか見て回り、いろいろと助言をした。

当時、ブラジルでは長さ1000メートル以上もある多数のダム湖が次々と建設されていた。サンカルロス市郊外には発電用の浅いプロア貯水池があり、長さ7キロメートル平均水深3メートルでブラジルでは小さなダム湖であった。そこで発電会社はこのダム湖をUSPとUFS Carの研究に自由に使ってもらっていた。

日本は山国、島国である。私は亜熱帯サンパナ地域の大陸平野部の浅いダム湖に興味がありできる限り調査に同行した。

ツンジシ夫妻は1971(昭和46)年から長く続けた研究について英国淡水研究所FBAから出されて、*Freshwater Review*にプロア(ロボ)研究について2013(平成25)年に寄稿し、掲載されていた(図4)。

7 深い湖と浅い湖は違う

細菌と違い藻類の成長は遅い。培養技術を教えても、時間に余裕があった。そこでプロア湖調査に

何度も同行した。堰堤近くは水深12メートルだが(図5)、7キロメートル先の流入部付近は水草帯や湿地が広がっていた(図6)。

当時、ブラジルで市販されている道路地図、都市の地図は、正確で科学的な調査をするには不十分であった。正確な地図を探していたら、地形図があることがわかり、その元の航空写真もあることがわかった。サンパウロの地理研究所を探して地形図や航空写真などを手にいれた(図7)。

The ecology of UHE Carlos Botelho (Lobo-Broa Reservoir) and its watershed, São Paulo, Brazil
J. G. Tundisi and T. M. Tundisi 2013

Freshwater Reviews 6: 75-91, 2013 © Freshwater Biological Association 2013

プロア湖の生態と集水域

<https://core.ac.uk/download/pdf/228600615.pdf>



図4 英湖沼研報告でプロア湖報告

水道公論 2022年7月号58(7)71-80

生物屋の緩速ろ過池研究

その10 ルーツは生物経済学

<https://youtu.be/803waoqg1Dg>

1974年ブラジル



図3 プロア湖研究開始

手作りみたいな調査船でダム湖調査。

ブラジル人による湖沼研究の始まりに中本が関与した。

地図を探し、サンパウロへ、リオデジャネイロまで出かけた。
今、思うと、英語が通じない国なのに、良く、一人で、探し回ったな。

サンカルロス大生物学科では、生態学研究を看板にと張り切っていた。

ツンジシはブローア湖調査でUSPの海洋研究所で使っていた日本

1970年代は、世界的に生態学が注目された。



図6 流入部湿原



図5 ブローア湖堰堤

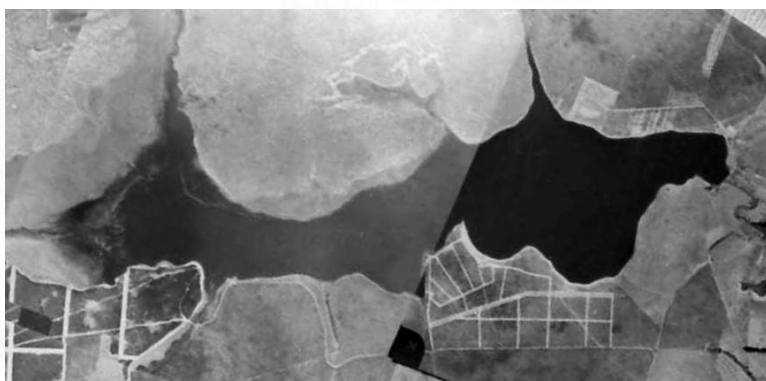


図7 ブローア湖航空写真

の鶴見精機の転倒温度計付き採水器を使って水温測定をしていた(図8)。平均3メートルと浅いの、水深が深い湖での調査と同じに表水層、中間層、低層と区別して採水をしていた。内陸平野部は気温の日格差が大きく、風が吹くと、浅い湖では湖水は容易に上下混合していた。湖の透明度は1メートル程度と濁っていた。底生動物調査で湖底

の泥を採取したところ、底泥は黒くなく好氣的(酸素がある状態)であった。湖水中の窒素やリンを分析したところ日本の貧栄養の湖より少なかった。サバンナ地帯のブローア貯水池は水の上下攪拌が良く、貧栄養の浅い湖と思われた。研究室の学生がプランクトンネットを使って植物プランクトンや動物プランクトンを調べていた。私は種類を調べるだけでなく、定量的にプランクトンを評価した方が良くいと説得し、バケツを使ってネットでろ過水量を測定し、定量評価する方法を教えたりもした(図9)。

ブラジルではその研究者が使っていた道具や機器などは、研究者が移籍しても研究が続けられるように新しい職場に持って行くのが普通であった。調査用ボートや調査用の自動車も研究者と一緒に移動した。驚いた事には、実験助手なども一緒に新しい職場に移籍していた。

日本の国立大学の研究者が研究



図8 採水調査



図9 プランクトン調査

8 研究者の移籍と調査関連機器

苦勞して手に入れた地形図作成用の航空写真を並べた。

浅いダム湖は、表層、下層の垂直変化よりも、流入からダム堰堤までの縦断変化が特徴と说得。

費を獲得し購入した分析機器や道具、図書などは、所属した機関の備品という考えがある。研究者が移籍すると、使っていた機器は廃棄されることが多い。

9 ダム湖生物の縦断変化調査

ダム湖内の生物群集は流入水の影響を強く受ける。ブローア湖内の生態系を理解するには、流入からダム堰堤までの縦断変化の特徴を調べる必要があるとツンジンに説得した。そこでブラジルに着いて2ヵ月後の1974（昭和49）年10月1日、ダム湖縦断調査を皆ですることにした。1日で現場調査をできる様に採取地点を10カ所にした。流入河川の影響が大きい付近は調査地点を密にし、その他の場所の間隔を開けた（図10）。

晴天が長く続いていたが一斉調査の数日前に雨がぱらついた。そのため流入部付近の表層水は多少濁り、沖の調査点の間隔が広い場所（図11）は透明度が1メートル程度であった（図11）。流入部のpHは少し低いが直ぐにpH8位になった。

浅い水辺の底で繁殖する大型の

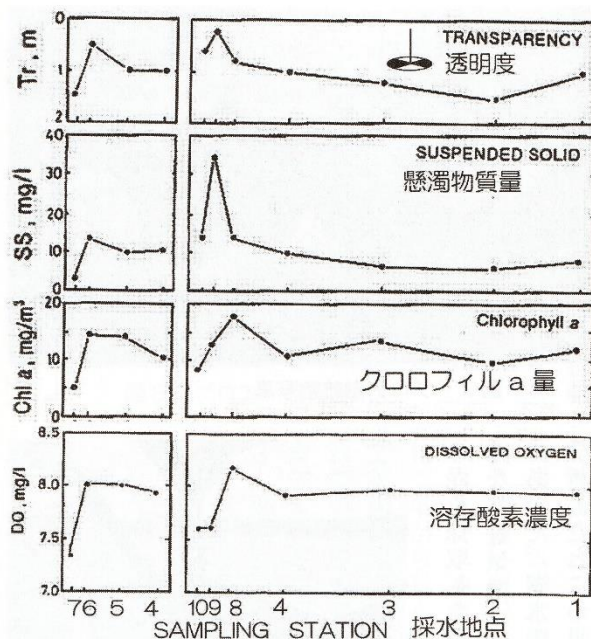


図11 透明度、クロロフィル、溶存酸素

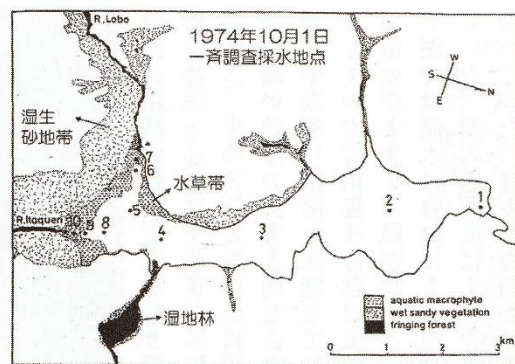


図10 一斉調査地点

小判型の珪藻（スリレラ *Surirella*）は流入部付近に多く、沖合に行くと少なくなった（図12）。顕微鏡で珪藻を計数していたところ、細胞の中に原形質が充満していない不健康な珪藻が多数いたのに気づいた。そこで珪藻の健康状態を原形質の充満割合で評価してみた。

流入部に多くいた大きな珪藻スリレラは健康そうであったが、沖合の細胞状態は不健康状態であった。一方、糸状になる珪藻のメロシラの細胞の連鎖は短かった。どの場所でも

不健康状態の細胞が多かった。注意深く観察すると細胞が長くなり、細胞分裂をしている最中のメロシラも多数、観察された（図13、14）。糸状珪藻メロシラの1連鎖の細胞数を計数すると2の倍数の連鎖が多かった。調査の数日前に雨が降った。ブローア湖は極貧栄養の湖水で、栄養塩飢餓状態であったのが、雨が降り湿地帯や流入河川から栄養塩類がダム湖へ流入し、一斉に細胞分裂を始めたと思われた。砂漠で雨が降ると生物が一斉に動植物が動き出す現象と似ていた。この現象について国際学会誌で発表した。Nakamoto *et al.* 1976:

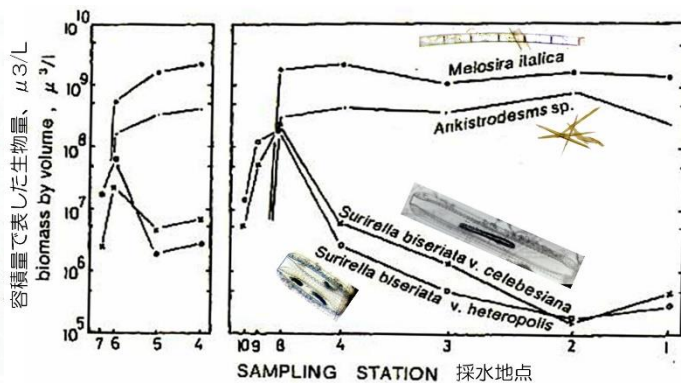


図12 スリレラとメロシラの分布

沿岸の付着藻の縦断変化と浮遊性のプランクトンの変化量を対数目盛で表すと顕著。

浅いダム湖、プランクトンが少ないのに、濁っている。風などで水の攪拌の影響だ。の航空写真を並べた。

糸状珪藻メロシラ *Melosira italica* が目立った。メロシラも付着性のスリレラ（小判珪藻）も活性が悪そうだった。

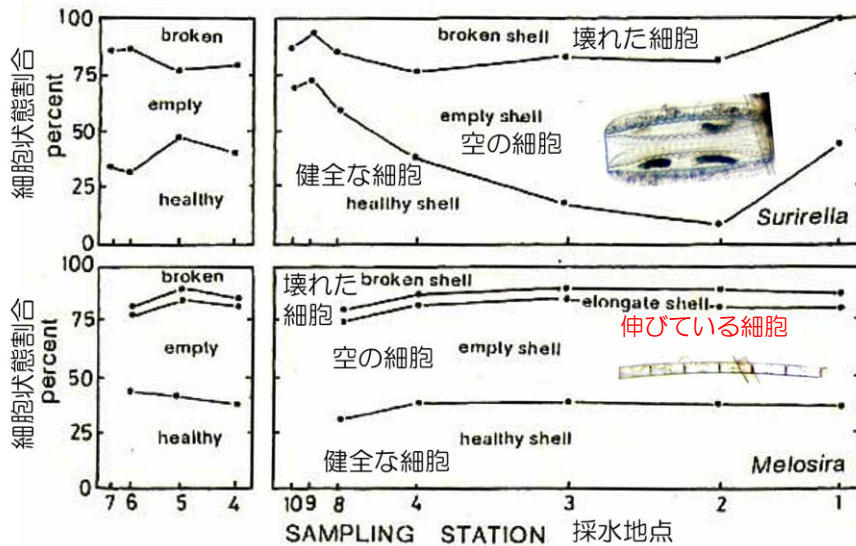


図14 藻類の細胞状態

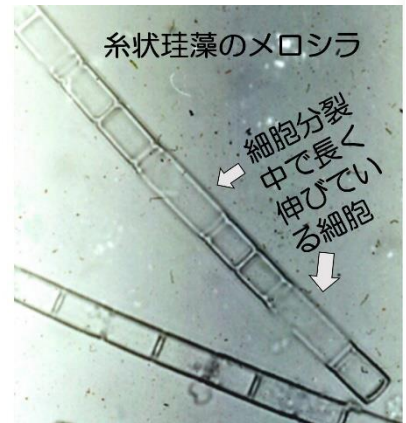


図13 分裂状態のメロシラ

Synchronous growth of freshwater diatom *Melosira italica* under natural environment. *Oecologia* (Berl.) 23:179-184.
 また植物プランクトンの種名を調べるために欧米の図鑑を調べても、少し異なっていた。同じ種類のプランクトンでも、温帯での形態と熱帯では少し違っているようであった。プランクトンのエコタイプ (eco-type、環境型) と思われた。

水中の従属栄養細菌（一般細菌）をシャーレでの平板培養と MPN 法で大腸菌群細菌も計測した。流入部から沖合に向かって細菌数は徐々に減少していた（図15）。平板培養で細菌集落がクリーム色または白の細菌や大腸菌群細菌数は急激に減っていた。しかし、平板培養で色素生産菌は逆に流入部では少なく沖合になると急に増えている。

たまたま、調査は、乾期から雨季の始まりに行った。

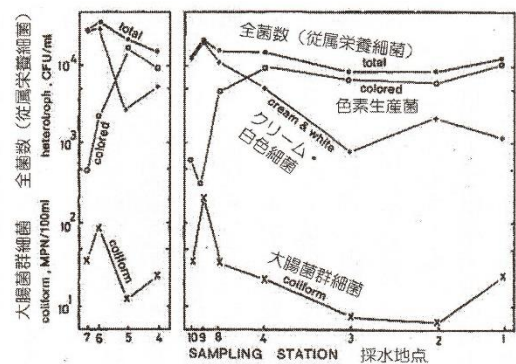


図15 細菌分布

一般細菌は色素生産菌が目立った。

しだすのが普通であると気づいた。自然界にはハングリー状態の生物は普通に存在していた。

亜熱帯地域は日射量が多く、条件が良いと植物の成長の勢いが良いが、すぐに栄養塩が枯渇してしまふ。そこで植物は休眠状態になり、次に栄養がくるのを待ち構えていた。

また熱帯、亜熱帯地域は気温も高いので細菌や微小動物の活性も良い。そのため、土壌での有機物分解も盛んで、徹底的に分解が進むので、温帯、寒帯地域より、土壌の発達が貧弱である。また土壌微生物も微小動物も餌が無くなる、休眠状態に直ぐになってしまう。

10 ハングリー状態は普通と気づく

サンカルロス市は、冬は乾季、夏は雨季である。雨季は熱帯特有の瞬間的な豪雨がある。ブローア湖の縦断調査は、雨季の始まりに行っていた。サバンナ地帯の生物は繁殖する機会を長い間、待ち構えていて、雨などで栄養が流入し一斉に繁殖

分列速度が速い細菌や菌類などは環境の変化に敏感に反応する。休眠状態（ハングリー状態）から直ぐに目覚めることに気づいた。この縦断調査結果については、1997（平成9）年にブラジルで開催された国際陸水学会で発表した。Nakamoto *et al.* 1997: Longitudinal distribution of plankton in a shallow reservoir of Broa in Brazil. SIL

ハングリー状態の生物が、雨が降り、一斉に活動しだしたみたいだった。砂漠で、雨が降ると、一斉に生物が活動しだすのと同じみたい。

ブラジルで仕事ができそうと思い、次は本格的に来ようと思った。でも要請が届かなかった。信州大学繊維学部から声がかかり助手の職に着けた。

ダム湖の生物もハングリー状態だったが、私もハングリー状態だった。

Proceedings, 26(2): 553-557.

11 信州大繊維学部助手の職が決まる

最初のブラジルは1974（昭和49）年8月から11月までの3ヶ月間であったが、私はブラジルは可能性がある国で、若い仲間が多数いるので、応援しようと思った。次に来るときは、3カ月でなく、ブラジルに長く来ようと思った。ツンジシに私を専門家として要請をしてもらうように頼んだ。ツンジシは最後に日本に帰国する時、UFS Carの生物学科全員に声をかけ、ツンジシの家でサヨナラパーティーを開いてくれた（図16）。私はブラジルは新しい研究ができる可能性がある国で、日本の研究者に興味を持ってもらいたかった。そこで帰国した翌1975（昭和50）年4月に京都大学で開かれた第22回日本生態学会で「ブラジル熱帯サバンナのBroca湖における生態学的研究、1. 生産者及びその背景、2. 分解者及びその背景」と題して発表した。また学会の「微生物生態学勉強会」で「浅い湖における微生物はどんな状態



図16 さよならパーティー

なのだろうか？」と題し、ブロー湖調査の結果を解説した。自然界では「ハングリー状態の生物は普通」と解説をした。さらに同年10月に大分大学で開催された第40回日本陸水学会でも「ブラジル熱帯サバンナのBroca湖における生態学的研究、3. セストンについて」と題して発表した。日本の研究者に「南米ブラジルで若い研究者たちがサバンナ地帯のダム湖生態系研究を熱心に始めだした」のを知らせた。

日本に帰国してブラジルからの要請を待っていたが1年半以上も私に連絡が届かず諦めていた。この様な時、長野県上田市の水道水が不味くなり、その原因は菅平高原を水源とするダム湖が富栄養化したためと結論づけられた。そこで、ダム湖生態系研究をする人を探し私に声がかかった。その結果、1975（昭和50）年10月に信州大学繊維学部繊維農学科（応用生物科学科）の助手に採用された。採用されるに当たり「ブラジルから要請があるかも知れないので、短期間でも行かせて下さい」とお願いした。

出張する学科内の教員はほとんど居ず、海外に行ったのは数年前に教授がいた程度で、海外の学会にも行く教員も居なかった。私を推薦してくれた教員は、大都会の大学と地方大学は違うと諭された。「地方大学の助手はお手伝い。海外出張でも最長でも1カ月間」と言われた。そこでツンジシに手紙を書き、2年間の要請を1カ月間に短縮してもらい1976（昭和51）年2月の授業が無い期間に変更した。前回は乾季であったが雨季に出かけた（図17）。

信州大学に採用されると、国際協力事業団から私に「ブラジルからの派遣要請」が届いた。私は要請原文のコピーを送ってもらった。原文を見たらツンジシは私が帰国すると直ぐに派遣要請を領事館に出していた。その後、何度も領事館に行き、催促をしていた。私への要請はブラジルからの要請順位が1番であった。私が正規の大学職員でなく外務省（国際協力事業団）が私を探しても見つからなかったことがわかった。

私は信州大学繊維学部の助手に採用されたばかりであった。海外

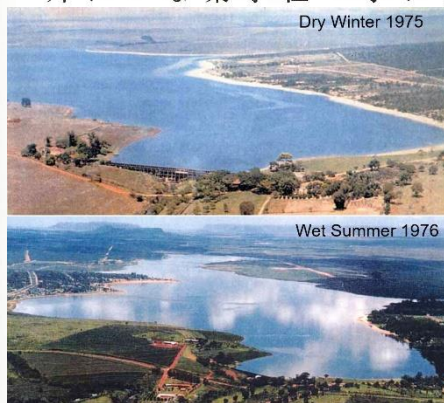


図17 乾季と雨季のブロー湖

2 回目は、1 月間だけだった。1974 年は乾期だったので、雨期に出かけた。亜熱帯のサンパウロ州の真中、雨期でも、そんなに、雨が降らない。

2 回目、大変にお世話になったテクニシャンの一家でも大歓迎してくれた。



図18 技術職員の家で

学生は日系人が多かった。



図19 若い学生らと（手前1期生オデテ）

であったが乾季と同じような調査をした。乾季と雨季を比べると亜熱帯なので生物活性は良くてもすぐに栄養塩を使い尽くしてしまい、すぐにハングリー状態になることがわかった。2度目のブラジルは家内も行った(図18)。私を学生らも覚えてくれ(図19)、ホテルに尋ねてきたり、学生の借家に招待されたりした。

この1974(昭和49)年の私の状況は若者に刺激になると思いい、「暗中模索・日伯陸水研究事始」の題で生物科学38(3):140-148,1986に発表した。現在、この雑誌は国会図書館デジタルコレクションから読むことができる(図20)。

12 ブラジル人による陸水研究に日本の研究者が協力

学会でのブラジルの陸水研究について講演するとサンパウロ育ちの須永哲雄(香川大教授、魚類生態学)さんが信州大を訪ねてきた。もちろんツンジシを紹介し、1977(昭和52)年文部省の在外研究員制度でUFSCarに10か月間、共同研究をした。

須永さんが滞在中に、日本とブラジルとの科学技術協定が197



1974年
中本 31歳

- ①Tundisiとの出会い ②サンパウロ州立大とサンカルロス国立大
- ③藻類培養のデモンストレーション ④ブラジル人による陸水学の第一歩
- ⑤データの再検討 ⑥定性から定量化への努力 ⑦湖沼とダム湖の違い ⑧ダム湖実習
- ⑨Hungry is Normal ⑩さよならパーティ ⑪最初のサミスター ⑫研究者交流が軌道に乗る

図20 生物科学に投稿

8(昭和53)年に結ばれ、ブラジルからの最初の訪問研究者として信州大助手の中本が受け入れ研究者として1978(昭和53)年7月1月間、ツンジシ夫妻が初来日した。

UFSCarにいた須永さんとツンジシとは手紙で来日の打ち合わせをしていた。奥さんの貴子さんは一緒に来日するだろうと思っていたが、羽田空港に迎えに行ったら、息子と歯医者をしている貴子さんの妹さんも来日したのを初めて知った。東京の中本の実家に夕食を招待した(図21)。また驚いた事には、戦前移民の妹さんはブラジルを出国する時はブラジルのパスポートで、日本に入国する時は日本のパスポートで入国(帰国?)したという。妹さんも大丈夫か心配になって相談があった。私もわからないので、ブラジル大使館に問い合わせをしたらと返答した。ブラジル人と付き合うと想定外の事が多々あり驚かされる。夫妻らを国際生物学事業計画研究で日本の陸水(湖沼)研究で重点調査をした日光の湯の湖、諏訪湖(図22)、琵琶湖を案内した。

水道公論 (第59巻第4号)

(73)



図21 ツンジシ夫妻初来日

日本とブラジルとの科学技術協定が結ばれ、ブラジルからの最初の研究者としてツンジシ夫妻が来日した。

ツンジシ夫妻を、国際生物学事業計画の調査対象湖沼 の日光の湯ノ湖、諏訪湖、琵琶湖を案内した。



図22 諏訪湖を案内

に頼んで、日本側の窓口になっても
らった。都立大、信州大、京都大
などで公開ゼミを、また奈良女
子大で日本陸水学会に参加しても
らい多数の陸水研究者を紹介した。
その後、陸水学だけでなく、あら
ゆる科学技術分野でブラジルと日
本との研究者交流が盛んになった。
名古屋大学では日伯陸水共同研
究の打ち合わせをし、1979(昭和
54)年6月、西條先生がブラジ
ルに行き、日伯共同研究の候補地
のリオ・ドッセ湖沼群とパンタナ
ル湿原を訪問した。その後、毎年
両国の陸水研究者が相互訪問をし
た(図23)。

1982(昭和57)年8月に福
原晴夫(新潟大、底生生物)さん
がUFSCarに滞在中に、ブラ
ジル陸水学会が創設され、ツンジ
シが初代会長に推薦された。

1974 中本(都立大) USP, UFSCar, 1976 中本(信州大) UFSCar
1977 須永哲雄(香川大、サンパウロ育ち、魚生態) UFSCar へ、文部省
1978.7. 日伯科学技術協定後、第1号研究者としてツンジシ夫妻初来日
1979.6. 西條八東(名古屋大) 日伯共同研究候補地
リオ・ドッセ、パンタナル訪問。JSPS(日本学術振興会)
1979.10. 第1回日伯科学技術会議(東京) ツンジシ来日
1980 Kozo HINO(UFSCar) 名古屋大、JSPS
8. 第21回、国際陸水学会(京都) ブラジルから多数参加
1981 生嶋功(千葉大、水草) UFSCar へ、JSPS
同年 Roberto Keidi Miyai(UFSCar) 香川大へ、文部省
1982 福原晴夫(新潟大、ベントス) UFSCar へ、JSPS
同年 ブラジル陸水学会発足
同年 第3回日伯科学技術会議(東京) ツンジシ、Kozo、R. Henry来日
1983- '88(6年間) 日伯陸水共同研究(文部省)
1995.7. 第26回、国際陸水学会(サンパウロ) 日本からも多数参加
1997 Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil. 出版

図23 日伯陸水交流史

日伯陸水共同研究 1983-1988
西條・Tundisi プロジェクト リオ・ドッセ湖沼群、パンタナル湿原研究

https://youtu.be/bXPXzucO_6Q



日本側
西條八東
(名古屋大総括)
生嶋功
(千葉大、水草)
須永哲雄
(香川大、魚)
三田村緒佐武
(大阪教育大、水質)
福原晴夫
(新潟大、ベントス)
中本信忠
(信州大、
植物プランクトン)



1983、ロスアンジェルスでの乗り換え

図24 1983年共同研究でブラジルへ

ラジルの陸水に関する教科書をつ
くる必要があると強調してきた。

ツンジシは日伯共同研究の打ち
合わせで「生物標本を同定するた
めに日本に持ち帰っても良いが、
ブラジルに同定したタイプ標本は
戻してくれ」と発言していた。ブ
ラジルの科学技術は遅れているが、
ブラジルの材料での研究は「ブラ
ジル人にやらせてくれ、時間がか
かり、何年かかるかわからないが、
待ってくれ」と言い、科学技術ナ
シヨナリズムの精神を持っていた。

私は湖沼や河川、海洋の植物プ
ール陸水の創設期に関わった。
なおツンジシは1984(昭和
59)年からブローア湖畔にあるUS
Pの水資源応用生態研究センタ
Center for Water Resources and
Applied Ecologyに移籍し10年間
活躍した。
その後1995(平成7)年か
ら1999(平成11)年まで、ブ
ラジル政府科学技術省The
Brazilian National Council for
Scientific and Technological
Development(CNPq)長官
Presidentとしてブラジルで活
躍した。
CNPq長官になったばかりの
1995(平成7)年7月にはサ
ンパウロで開催された国際陸水学
会を開催し、65カ国から1350
名の陸水研究者が参加した。
1999(平成11)年にサンカ
ルロスに戻り国際生態学研究所
(International Institute of
Ecology)を創設し現在に至って
いる。

13 ブローア湖研究と緩速ろ過 池研究

私は湖沼や河川、海洋の植物プ

名古屋大学の西條八東先生を代表で、
日伯陸水共同調査が行われた。

ツンジシは、ブラジル政府の科学技術省の長官の重責を5年間、
ブラジリアで活躍した。

ブラジルでは、ある道具、機器で、できることをした。プランクトンを顕微鏡観察をし、細胞状態を調べた。

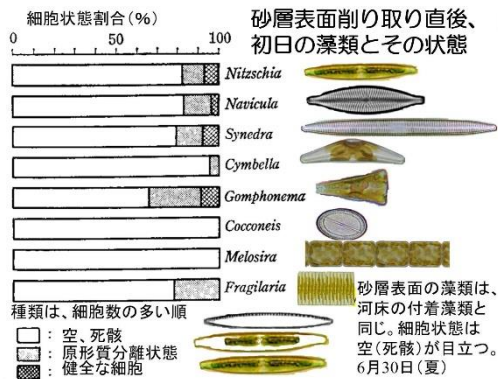


図25 ろ過池削り取り直後の砂層上の藻

ランクトン調査では、顕微鏡観察で細胞状態に注目していなかった。上田市の水道水源ダム湖のプランクトンでも細胞状態が悪いプランクトンはいなかった。その後、上田市の染屋浄水場のろ過池の藻を調査した時、細胞状態が悪い藻類が多いのに気づいた(図25)。ろ過池の状態を判断するのに役立つ(図26)。このアイデアはブラジルのプロア湖調査からきた。

緩速ろ過はハングリー状態の生物の活躍による浄化(生物浄化法)である。上から来る餌を常に待ち構え、利用できる物質を徹底的に生物群集が捕捉分解するという発想もプロア湖だった。

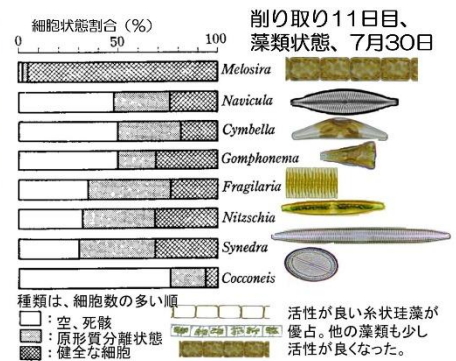


図26 ろ過継続11日目の藻

なおUFSCarの1期生オデテ(Odete Rocha、図19、前出)は動物プランクトンを研究し、ロンドン大学に留学しテムズ水道のろ過池のプランクトン調査をした。また、USPのベルナルド(Luis Bernardo)がプロア湖実験施設での緩速ろ過実験および上向流粗ろ過実験に協力していた。

ツンジシが来日した時は、何度も上田に来てもらい、菅平高原(図27)、菅平ダム湖、緩速ろ過池なども案内した(図28)。

自然界の生物群集が活躍する生態系は、異なる気候、地域では、活躍する生物も違うし、活躍する時期も違う。自分の目で見て経験し、



図28 西原浄水場



図27 菅平高原

どうしてかと考え、方向性が見え、科学技術が進む。海洋のプランクトンから、ダム湖のプランクトン。集水域生態系から緩速ろ過池研究

をしてきた。それぞれの環境でいろいろな生物が増えようと機会を待ち構えていた。ハングリー状態が長い、それは普通のことであつた

14 長年の貯水池生態系研究

ツンジシと貴子の両教授はUFSCarで1971年からプロア貯水池生態系の研究を始めた。それから、50年間も、ブラジルのダム湖生態系研究を続けた。

2011(平成23)年は、両教授は貯水池生態系研究を始めて50年になったので、国際雑誌Oecologia Australis(南の生態学)で貯水池生態系特集をすることになった(図29)。特集号の表紙の左下の写真は1978(昭和53)年の初来日した時の諏訪湖での写真である。

私は特集を企画したツンジシの教え子から頼まれ「生物浄化法の発想はプロア貯水池から生まれた」と投稿した(図30)。プロア貯水池で河川から貯水池へ環境が変わる境界で新しい環境に適した種類が増える。流入部から沖へ向かって生物遷移がある。遷移現象

ツンジシは、英国の湖沼地帯にある淡水生物研ではプランクトン調査を10年間以上も継続調査をしているのに、対抗し、ブラジルのダム湖調査を50年以上も続けた。

ツンジシは何度も、来日し、上田にも何度も足を運んでくれた。



ツンジシは、国際陸水学会からナウマン・テーネマンメダルをもらった。

はハングリー状態の生物が何とか抜け出そうとする現象だった。緩速ろ過池の砂層は上から下への流れで、そこで活躍する生物は常により増えようと構えていた。貯水池での生物群集の遷移現象は水平変化だが、緩速ろ過池は上から下への変化であった。

なお、ドイツ・ベルリンで2022(令和4)年8月に開かれた1922年創設の国際陸水学会100年大会でツンジシはナウマン・テーネマンEinar Naumann/August Thienemann メダルを授

与された。長年の「集水域、貯水池、湖沼の統合管理。特に中南米の熱帯、亜熱帯に焦点を当てた」研究が世界的に評価された。

私もダム湖生態系研究、その水を利用する緩速ろ過池の研究を長く続け、いろいろな事が分かってきた。「継続は力なり」を実感している。

15 USPで上向粗ろ過を検討

私は1974(昭和49)年にUSPサンカルロス分校の衛生工学

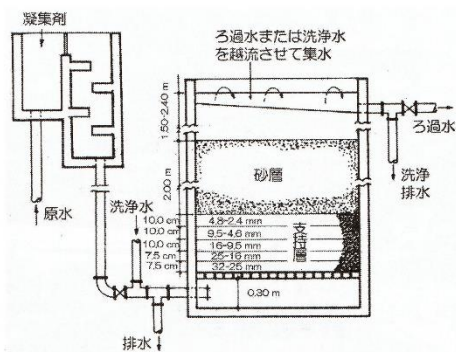


図31 上向急速ろ過池

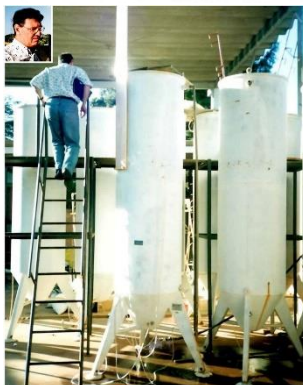


図33 上向流粗ろ過実験装置

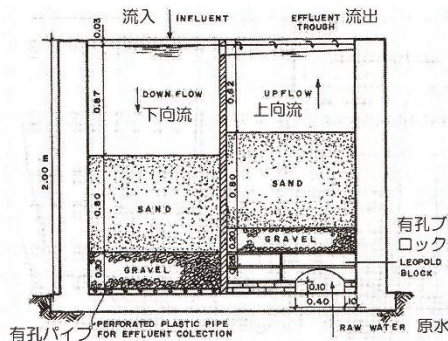


図32 緩速ろ過を下降流と上向流で実験

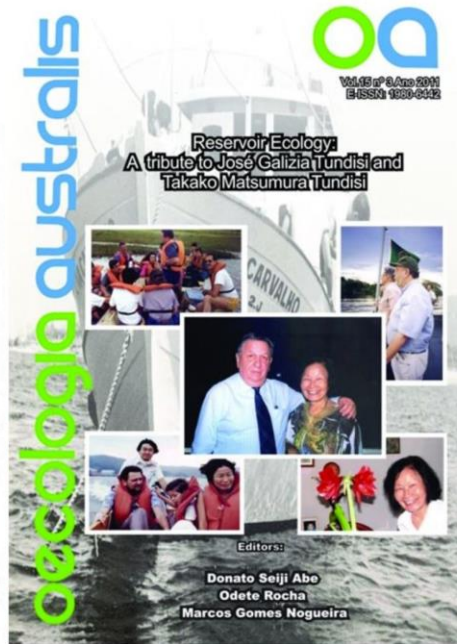


図29 貯水池研究50周年特集

Oecologia Australis 15(3): 709-713, Setembro 2011
IDEA OF ECOLOGICAL PURIFICATION SYSTEM FOR DRINKING WATER COMES FROM BROA RESERVOIR
 Nobutada Nakamoto

Tundisi夫妻の貯水池研究50周年記念号
 貯水池生態学特集

生物浄化法の発想はプロア貯水池から生まれた。
 中本信忠

<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8160/6617>
 Australisはラテン語で「南の」の意味

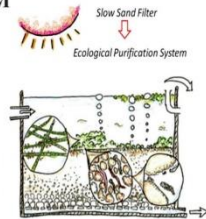


図30 生物浄化法の原点はプロア湖

凝集剤を使わないで逆に流す上向流粗ろ過との比較実験(図32)をした。

に緩速ろ過への水を

に急速ろ過池を排泥が容易にできるよう

に上向流ろ過にする

実験(図31)をし、次

に緩速ろ過への水を

科に初めて行った。私はダム湖での藻類繁殖を利用しようとするプロジェクトの助言でかけた。同じ衛生工学科に水道工学を教えていたベルナルド(Bernardo)教授がいて1970年代後半に急速ろ過池を排泥が容易にできるよう上向流ろ過にする実験(図31)をし、次に緩速ろ過への水を

しCosta, R.H.R.の修士論文として1980(昭和55)年にまとめた。私がサンカルロスへ1995(平成7)年に行った時も、ベルナルドはまだ、上向粗ろ過実験を続けていた(図33)。サンカルロスのUSPはダム湖生態系研究と上向流粗ろ過の実験へと繋がり、不思議な縁を感じている。

国際雑誌でもツンジシのダム湖研究特集をした。

Oecologia australis 15(3),2011
 貯水池生態学特集
 José Galizia Tundisi
 と
 Takako Matsumura Tundisi
 の
 ブラジル貯水池生態学研究50年記念特集
<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/issue/view/639>



ラテン語Australisは「南の」の意味

ダム湖生態系研究と、上向粗ろ過と関係があったとは、驚きである。

私が1974年から行きだしたサンパウロ大衛生工学科には、ベルナルドがいて、上向流粗ろ過の実験をしていたのを、後で知った。