

東南アジアにおける陸水の研究

水 野 寿 彦*

Studies of the Inlandwaters in Southeast Asia

Toshihiko MIZUNO

This is an outline of the inlandwaters in the Southeast Asian countries of Thailand, Cambodia, Burma, Malaysia and Indonesia, based on research data collected from 1968 to 1976. The environmental conditions and productivity of the freshwater organisms in Lake Bera, Malaysia, were studied by the IBP team from 1970 to 1974, but general observations were carried out in the inlandwaters of the other countries only during our short trips. Therefore, it is very difficult to compare their lakes and rivers on the same level, but they may be classified into the following three types according to the color of water:

1. Dark brown waters, fairly clear.

Lakes Bera and Merah in Malaysia, Lake Khan Phayao, Bueng Boraped, Nam Pong Reservoir and Nong Rahan in Thailand, Lakes Semajang, Melintang, Djampang, Tempatang, Murung and Uwis in East Kalimantan, Lake Teloko and River Komering in Sumatra and Lake Inle in Burma.

2. Yellow brown waters, remarkably muddy.

Tonle Sap in Cambodia, Mae Nam Chao Phraya and Mae Klong in Thailand, River Mahakam in East Kalimantan and River Musi in Sumatra.

3. Clear waters on high mountains.

Lakes Singkarak, Manindjau, Di Atas and Toba in Sumatra.

Their tropical characteristics are discussed in regard to the representative inlandwaters of each type, and the ecological and limnological problems which must be solved in future are taken up.

I ま え が き

国際生物学事業計画 (IBP) は、1965年から世界各国で開始され、わが国では国内研究に加えて1967年から東南アジアの研究をも分担することになった。筆者は1968年4月から7月までの予備調査に加わり、タイ、カンボジアおよびマレーシアにおける陸水の特性を調べると共に、それぞれの国情や研究体制等を検討した。その結果、本調査はマレーシアのパハン州にある湿原湖沼、Bera湖を対象に調査することに決定した。1970年後半にはマラヤ大学との協同研究体制を作り、研究計画の打ち合わせ基地の設営等を行ない、1971年4月から1974年3月までの3年間継続して調査が行なわれた。この間の短期長期滞在者は合わせて13名である。

* 大阪教育大学教育学部

その後、東南アジア一帯の陸水を比較する必要上1975年11月から1976年2月まで東カリマンタン、ジャワ、スマトラおよびビルマの陸水調査を実施した。これらの調査は、Bera湖のように長期間一定水域と取り組む定着型調査と短期間に多数の水域を観測してまわる移動型調査に大別することができる。従って、その成果を同一レベルで比較することは無理であるが、概括的に東南アジアの陸水の特徴を述べることは可能であろう。水質を中心に生物群集の状態を加えて、調査結果の概要を紹介したい。

この調査は、熱帯多雨林調査の森林班と終始行動を共にし、隊長の大阪市立大学吉良竜夫教授ならびに京都大学森主一教授の御指導を得た。また調査期間中、協力を惜まれなかった森林班および陸水班の各隊員諸氏、現地国の多くの方々に対し深く感謝の意を表する。日本学術振興会、文部省、東レ、朝日新聞社等の御援助に対しても心から御礼を申し上げる。

II 東南アジアの陸水研究史の概要

東南アジアの陸水研究史上忘れてならないのは、ドイツのスンダ列島陸水探検 *Deutsche Limnologische Sunda-Expedition, 1928-1929* であろう。その成果は *Archiv für Hydrobiologie* の補巻に1930年頃から続々と発表されている。身近かなものとしては、第二次大戦中の“東亜の陸水”(吉村, 1943) および“西太平洋圏諸地方の陸水生物”(上野, 1943)、戦後の“東南アジアにおける陸水生物学的研究”(上野, 1964)などは、東南アジア全域にわたる陸水学分野の重要な総説である。また、小林(1958)は、タイ国全土および広く東南アジアの河川水の化学分析を行ない、日本の河川水の水質と比較した優れた業績を残している。

陸水生物の関係では19世紀から淡水魚の分類の論文が多く発表されており、20世紀に入って Regan (1910), De Beaufort (1927), Fowler (1934-1939), Hora (1937-1941), Smith (1945) などがある。Smith (1945) は“*Freshwater Fishes of Siam or Thailand*”を集大成したもので約560種を記載している。戦後、シンガポールの Alfred (1961-1966) が多数の論文を発表した。プランクトンについては、古く W. & G. S. West (1897)、20世紀に入って Kiefer (1933), Krieger (1932), Gestler & Ruttner (1936), Husted (1938) などが有名であり、戦後は Brehm (1952, 1953), M. Scott & G. M. Prescott (1961), Prowse (1957, 1969) などがある。最近日本人の Shirota (1966), Ohno, Fukushima & Kobayashi (1971), Yamagishi & Hirano (1973) などが発表している。甲殻類、特にエビ類は D. S. Johnson (1956-1969) により精力的にまとめられており、その他に水生昆虫や貝類についても若干あるが省略する。

戦後、白石 (1967) は、Tonle Sap およびそれに連なる河川の魚の移動の研究、Le Van Dang (1970) は Mae Kong における洪水氾濫原の魚類生息帯の生態、Blache (1952, 1953) は、Tonle Sap の水位変動とプランクトンの増殖関係、D. S. Johnson (1957) は水質と生物の関係を調べている。東南アジアの陸水生物に関しては、ほとんどが分類学的研究で生態学的研究は

未だ緒についたばかりであるといえるであろう。

III 東南アジアの湖沼

筆者が調査した湖沼は、カンボジアの Tonle Sap をはじめ、タイ国中央平原の Bueng Boraped, 北部の Khan Phayao 湖, 東北部の Nam Pong 湖と Nong Rahan 湖, マレーシアの Bera 湖および Merah 湖, ビルマの Inle 湖, 東カリマンタン (ボルネオ) の湿地帯にある Semajang, Melintang, Djampang, Tempatang, Murung および Uwis の諸湖, スマトラ東南部の湿原中の Teloko 湖, 高山湖の Singkarak, Manindjau, Di Atas および Toba 湖などである。これらのうちマレーシアの Bera 湖は、上述したように IBP 研究の対象となった水域でかなり詳細に調べられた。まず、Bera 湖の概要から述べることにする。

1. マレーシアの Bera 湖

Bera 湖は、Pahang 河の支流 Bera 河上流の湿地帯にある。周辺は原生湿地林に囲まれた水深約 1 m (平水時) の浅い沼で、*Lepironia articulata* が一面に生育する。この群落の中を緩流する水路の両側や開水面の縁には、タヌキモ *Utricularia flexuosus*, クログワイ *Eleocharis variegata* が繁茂し、所々にヒメヌマタコ *Pandanus helicopus* の群叢がある。水路の水底には *Cryptocoryne griffithii* やスブタ *Blyxa* sp., *Lepironia* 群落中には *Nitella* sp. も見られる。水域全体の湖底には少なくとも数メートルの植物残渣が堆積していることは大きな特徴である。

年間の水位変動は、通常 2-3 m であるが、1970年末から1971年初頭の大洪水のときには 6-7 m 上昇し、1972年夏の乾期には全く干上がり、水路にのみ水が残る状態となった。従って、年によって水位変動幅が異なるようである。

湖岸の Fort Iskandar 村の村はずれに日本隊基地を設置し、約 3 年間の定期観測ならびに生物生産の測定を実施した。その結果は総括して発表される予定であるが、筆者らが既に発表した部分を要約すると次のようになる (T. Mizuno, 1972a, 1973, 1974; T. Mizuno & M. Yoshimi, 1976)。

Bera 湖の水の色は、コーヒーか濃い紅茶に似た色で、一般に black water と呼ばれている。水路の水温は年間を通じて 25°-27°C, pH は 4.6-5.2 の強い酸性で有機物に富み、Ca が非常に少なく、水中溶存酸素も 15~30% しかない。

熊野 (未発表) によれば、植物プランクトンの種類数が約 300 種、そのうち鼓藻類は 168 種、珪藻類は 35 種であるという (Ratnasabapathy & Kumano, 1974 には鼓藻類のリストは発表済み)。鼓藻類の豊富なこと、および珪藻類の大部分が *Eunotia* 属, *Frustraria* 属, *Pinnularia* 属, *Surirella* 属で構成されていることは、日本の泥炭池沼や高山の湿原に出現する植物プランクトン群集の構成と類似または共通している点で非常に興味深い。しかし、これらは量的には少ない。このことは光合成量が僅少であるという測定結果からも裏付けられる (沖野, 未発表)。

動物プランクトンは、Protozoa 12種、Cladocera 9種、Copepoda 1種、Rotifera 28種、Ostracoda 1種が見出されたが、その量は少ない。底生動物としてはユスリカ幼虫が生息するが、採泥器では捕獲数が少ないため、羽化ネット代用にベビー蚊帳を取り付けた筏を水路や植物群落内に浮かべ、毎月1～2回、3日間毎日羽化するユスリカ成虫を採集した。この方法によると多い時は2,000～3,000個体/m²/dayの成虫を得るので、これによって季節的変化や年間羽化量の資料を得た。採泥器にほとんど入ってこないトビケラ、カゲロウ、ハエなどの成虫もこの羽化ネットで捕獲できる。これらの種類の同定は目下専門家に依頼中である。また、この湖沼には貝類が全く生息していないことは、大きな特徴といえるであろう。

魚相については、白石ほか(1972)によって70種余りが同定され、主要魚種の生活場所、日周期活動、成長、食性等も明らかにされた。筆者らは、Caの非常に少ないこの水域に魚類が豊富に生息することに疑問をもち、湖の主要生物群、周辺林の落葉枝、湖底堆積有機物等の含有するCaの現存量やそれらから水中への溶解速度を測定し、Caの移動経路を考察した。その結果は、付着藻や堆積有機物を摂食する底生動物、エビ類、稚魚、その他落下昆虫などのCaを蓄積した動物から効率のよいCa摂取をする肉食魚ならば生存が可能であると考えに至った。事実、この湖では調査した60種余りの魚種のうち植食魚はわずか3種で他は肉食魚である。なお、今後はCaの移動の量的な研究および水中から魚体へ直接吸収されるCa量と摂食によるCa摂取量との比率などの研究が必要である。

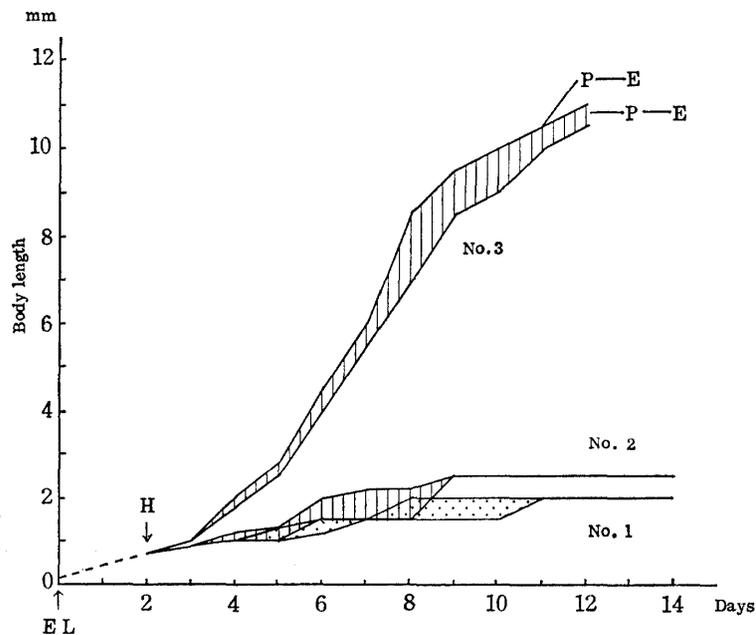


図1 *Chironomus* sp. の成長曲線 (T. Mizuno, 1973)
 No. 1: 湖の水のみで飼育。 No. 2: 湖の水に底砂を入れて飼育。
 No. 3: 湖の水に付着藻を与えて飼育。
 EL: 産卵, H: ふ化, P: 蛹, E: 羽化

筆者は、主として動物の成長や生産力を分担した。その第1はユスリカの成長で、ユスリカ群集中、最も多い種を *Chironomus* sp. Bera-1 と仮称した。この種は湖岸に置かれたカヌーの舟べりに夕刻産卵する。卵塊をシャーレーに移し、卵から幼虫、蛹、成虫までの経過を観察し、体長を測定した。正常に発育した個体は卵から羽化まで12-14日である。日本の同じ属のユスリカは最良の条件で飼育しても25-30日を要するのに比べれば、約1/2の日数で成熟する。羽化量はいくらか季節による増減はあるが、年中発生しているからその回転率を考えると日本のように年1回ないし2回短期間に羽化するのに比べてその生産力は著しく大きい。

他の一つは、この水域のタヌキモ群落中に生息するテナガエビの1種 *Macrobrachium trompi* の成長である。図2は雌個体群の成長経過である。成長速度は1年目に速く、2年目、

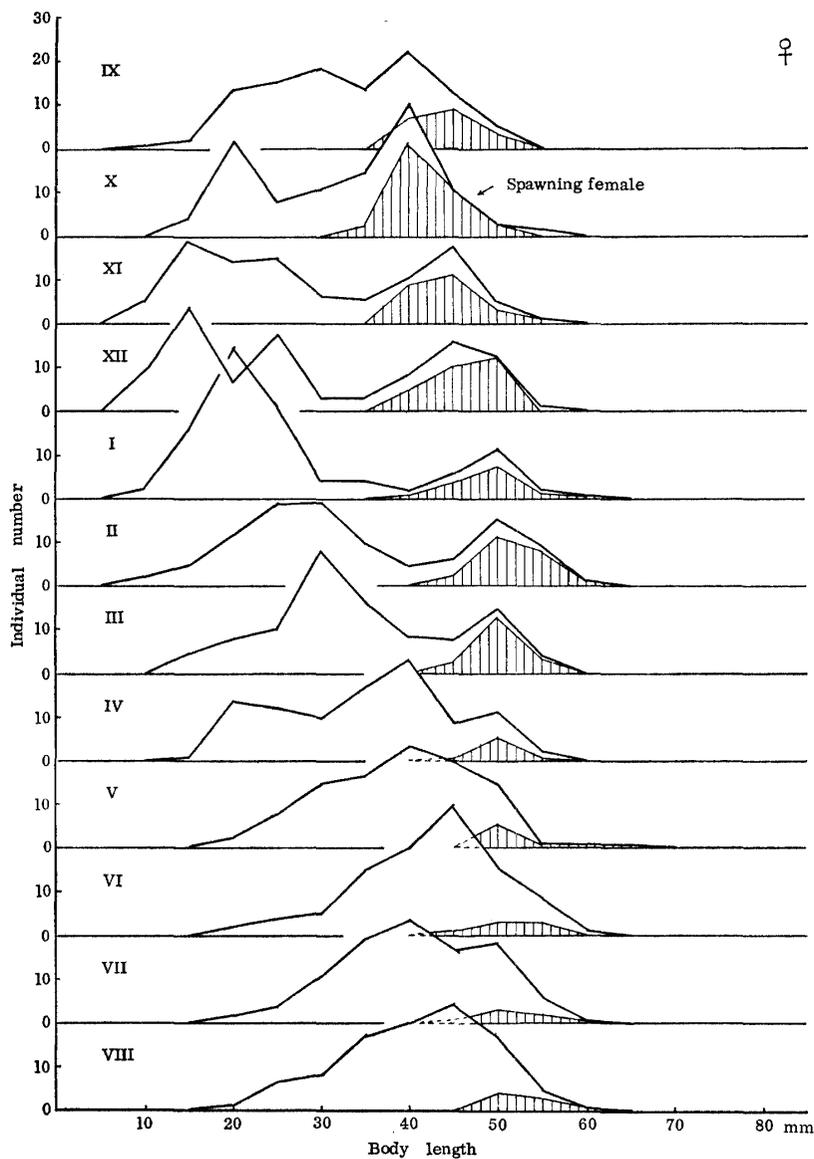


図2 テナガエビの一種 *Macrobrachium trompi* の雌の体長分布と抱卵個体 (T. Mizuno, 1974)

3年目に緩くなり、ほぼ3年で一生を終える。体長が35mmになると成熟し、抱卵する。同じ体長の雌個体に対する抱卵雌個体の百分率は、季節的に多少変動するが年中抱卵雌を発見することができる。長期にわたる個体飼育が困難なため、同一個体が年何回産卵するかを明らかにすることはできなかったが、成長曲線から判断すると約7カ月で成熟する。びわ湖に生息する同属の *Macrobrachium japonensis* は、7~8月の2カ月を中心に産卵するだけで、これに比べると生産力はかなり大きいものと予想される。

2. ボルネオ・スマトラの湿原湖沼

ボルネオ島、東カリマンタンの Mahakam 河中流域には Semajang, Melintang, Djampang, Tempatang, Murung, Uwis などの大型湿原湖沼群がある。また、スマトラ島の南部から中部にかけての大湿地帯にも多数の湖沼が散在するが、ここでは交通の便が悪く Musi 河の支流 Komerling 河流域の Teloko 湖しか訪ねることができなかった。これらの湖沼は、周辺部に水草群落や浮島の発達は見られるが、マレーシアの Bera 湖に比べてはるかに広大な開水面がある。水深が浅く、水は茶褐色で透明度が1-1.5 m である点は、Bera 湖と類似しているが、底泥は堅く植物残渣の堆積はほとんど見られなかった。周囲は湿地林で囲まれた半閉鎖型の湖沼であるとはいえ、開水面が大きく浅いために有機物の分解が進むので堆積物が少ないのであろう。pH の値は5.8-6.1の酸性であるが、Bera 湖の4.6-5.2に比べて弱い。しかし、沿岸部の水草群落の多い部分の植物プランクトンを調べると、*Gonatozygon*, *Hyalotheca*, *Desmidium*, *Micrasterias*, *Spondylosium* などの紐状に連なる鼓藻類、*Xanthidium*, *Triploceras*, *Closterium*, *Pleurotaenium*, *Cosmarium*, *Staurostrum* 等の単独鼓藻類が非常に多く湿原の特徴を示している。沖部のプランクトンは普通の湖沼と同じように珪藻の *Melosira italica* および *M. granulata*, 枝角類の *Bosminopsis deitersi* が優占種で、次いで輪虫類の *Brachionus falcatus* などが出現する。

3. タイ・ビルマの湖沼

タイ国中央平原には大型の Bueng Boraped, 北部に Khan Phayao 湖、東北部に Nam Pong 湖や Nong Rahan 湖などがある。Nam Pong 湖を除くこれらは河川の合流点に生じた天然湖であったが、近年堰を設けて水位を高くした半人工湖である。Bueng Boraped の南半分は、ホテアオイ *Eichhornia crassipes*, ボタンウキクサ *Pistia stratiotes* var. *cuneata* などの水草群落が繁茂し、ボートが通れないので柵を設けて水路を開いていたほどである。Nong Rahan 湖も湖岸は水草で埋まり、浮島が発達し、湖底にはコウガイモ *Vallisneria asiatica* が密生していた。東北部の Nam Pong 人工湖は谷を堰止めたもので白く枯死した大森林が湖中に残存していた。これらはすべて茶褐色の水で、前述の湿原湖沼に似てはいるが、pH は7.3-8.8のアルカリ性である。プランクトン相については既に報告 (T. Mizuno & S. Mori, 1970) したので省略するが、湿原湖沼の特徴を示す鼓藻類はほとんど出現していない。上述したタイ国各地の半人工湖は洪水調節と共に湖面を広げて淡水魚を養殖する目的をもっている。従って、それぞ

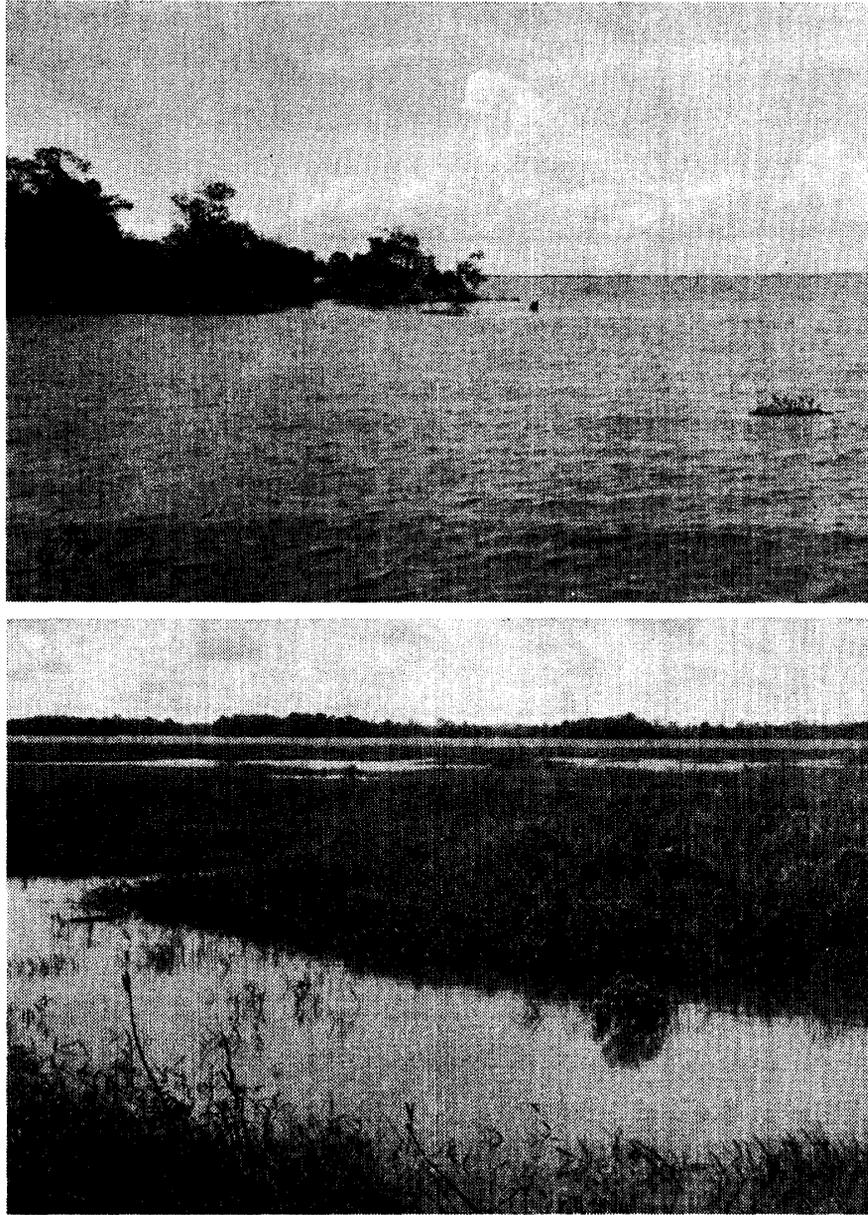


図3 東カリマンタン，Mahakam 河水系における湿原湖沼の景観
（上）開水面は広大であるが，深度は2-3mで浅い。
（下）周辺部は水草群落や浮島が発達している。

れの湖にはたいてい水産試験場が設置され，養魚増産に力を入れている。淡水魚も豊富であるが淡水産のエビ類も多い。特に Nakhon Sawan で入手したオニテナガエビ *Macrobrachium rosenbergii* は体長 32 cm もあり，海産のイセエビに劣らぬ大きさであった。分布はフィリピンまでであるが，昨今日本各地の水産試験場で飼育増殖を試みているということである。Bueng Boraped および Khan Phayao 湖で底生貝類の定量調査を行なったが，前者では生貝 200~600 個/m²，死貝 200~1,000 個/m²，後者では生貝 200 個/m²，死貝 600 個/m² を得た。びわ湖の貝の密度の高い所に比べると数倍ないし10数倍にもあたる。

ビルマ東部の山岳地帯の凹地に Inle 湖がある。ビルマは現在なお観光客しか入国できないので、観測器機を持ち込めず湖の概況のみを記す。湖の北部は数キロメートルに及ぶ大湿地帯を形成し、水路を通過して開水面に出ることができる。ここでは幅 2 m、長さ 10 m ほどの短冊型に切り取った浮島が動く畑として売買されている。サトイモのような水分を好む作物が栽培されるのである。開水面に出ると漁師たちが刺網を用いたり、投網を打つ姿が見られた。漁師が舟を漕ぐのに足を櫓に掛ける方法は、この湖の独特の漕法である。湖の中央部にレストハウスがあるが、この付近ですら水深は 3 m 程度で、湖全体が非常に浅いようである。水の色は湿原湖沼に似た暗褐色でかなり透明であるが、採集したプランクトンは湿原に多い鼓藻類や珪藻類は現われなかった。動物プランクトンの主要種には *Moina dubia*, *Macrothrix rosea*, *Diaphanosoma* sp., *Alona affinis*, *Cyclops serrulatus*, *Diaptomus* sp., *Asplanchna priodonta*, *Testudinera patina*, *Dipleuchlanis propatula*, *Lecane rhenana*, *Plotyias quadricornis*, *Synchaeta* sp. などがあり、植物プランクトンの緑藻、藍藻、珪藻が比較的少なく、*Spirulina* や *Eudorina* の出現はかなり富栄養化が進んでいることを思わせた。

4. カンボジアの大湖 Tonle Sap

Tonle Sap は、乾期で 3,000 km² もあり、びわ湖の約 4 倍、増水期には Mae Kong の河水が逆流して全湖面が 100,000 km² になるという。従って、湖の周辺には平坦な氾濫原が取り巻いている。筆者は京大森主一教授と共に湖南および湖北部を調査した。エンジン付きの漁船を約 1 時間走らせて沖部の数地点で観測を実施したが、どの地点も水深 1 m 前後しかなかった(1968年5月25日観測)。高知大学の調査隊が1969年12月27日から1970年1月20日にかけて全湖横断観測を行なった資料によると、北湖盆の最深部は 4.5 m、南湖盆の大部分は 4.2 m となっている(Mitsushiro, H., M. Ohno & Sam Ay Meas, 1970)。雨期の水位は 10 m 前後上昇するというが、いずれにしても面積の広大な割に著しく浅い湖である。また、水は黄褐色に濁り、その透明度が 3-5 cm しかなく、全くの泥水という感じであった。薄い黄緑色またはピンク色に見える藍藻の水の華が湖面を蔽い、かなり富栄養化が進んでいる。しかし、植物プランクトンの種類、量ともに少なく、かえって動物プランクトン量のほうが多かったのも興味深い。底生動物では予想外にイトミミズやユスリカ幼虫が少なく、貝類が非常に多かった。生貝死貝合わせて 200-1,500個/m²、その種類も豊富である。湖岸、湖中に水上村落が発達し、共同作業場、大型の生簀、網干場、多種多様な漁船や漁具などは、漁業生産の大きいことを示している。漁獲統計によると年間数万トンあり、世界でも屈指の魚類生産地である。ある魚の集積場で標本用の魚を分けてもらったが、種類は非常に豊富であった。熱帯陸水における濁った大型湖の代表といえるであろう。

5. スマトラの高山湖

スマトラのインド洋側山脈中には、いくつかの湖がある。前述したドイツ・スンダ列島陸水探

検隊は、1920代の終わりにこれらの湖沼を調査したが、その後まとまった報告はないようである。海拔 2,000-3,000 m 級の高山に囲まれた湖は、日本の山岳地帯の湖と同様に青藍色の水をたたえ、前節までに述べてきた湖沼群とは全く異なった景観をもっている。スマトラ主要湖沼の概略（吉村，1943）を示すと、表1のようになる（○印は筆者の調査湖）。

表1 スラトラにおける高山湖群（吉村，1943）

	高度 (m)	面積 (m ²)	最深点 (m)
Tawar 湖	1205	45.5	76
○ Toba 湖	905	1129.7	529
Di Talang 湖	1674.2	1.2	88
○ Di Atas 湖	1531	12.31	44
Di Baruh 湖	1462	11.19	309
○ Singkarak 湖	362	108.0	269
○ Manindjau 湖	465	98.0	169
Ranau 湖	540	120.0	229

Toba 湖、Singkarak 湖および Manindjau 湖は、観光船をチャーターして湖上観測をした。図4は、Toba 湖におけるドイツ・スンダ列島陸水探検隊が1929年4月に観測した値と筆者が1976年1月に観測した値とを比較したものである。水温は、サーミスターと転倒温度計の両方で測定したが、表水面から300 mの深さまで24.3°Cであった。pHは7.1-7.2、O₂も74-80%でほとんど変化はなかったのである。水は青藍色で澄み、透明度は15.4 mであった。

ドイツ・スンダ列島陸水探検隊の観測でも水温は垂直的にあまり変化はないが、pHやO₂はかなり変化がみられる。

図5は、Singkarak 湖と Manindjau 湖における観測値である。実線は筆者の1976年1月の結果で、点線はドイツ・スンダ列島陸水探検隊の1929年3月の調査結果である。いずれも水温の垂直分布には大きい変化は見られないが、pHやO₂の分布には顕著な変化がある。

1月のpHは両湖とも中性（pHが7前後）のまま表層から底層まで変化しないが、3月末から4月になると表層（0-20 m）は8以上のアルカリ性に傾く。溶存酸素の分布は1月でも3月でも同じ傾向を示す。即ち表層は70-100%あるが、それ以深は急激に減少する。特に Singkarak 湖は1929年の頃に比べて1976年には無酸素に近い状態が15 m層まで来ている。聞き込みによると Singkarak 湖では最近時折魚が鼻上げしたり斃死することがあるという。

プランクトンの定量的垂直分布を調べた結果、Singkarak 湖では植物プランクトンの大部分が表面から15 m層までを占め、特に *Synedra ulna* および *Melosira granulata* が0-2 m層に集中し、Manindjau 湖では0-5 m層に *Microcystis* sp., *Nitzschia* sp., *Synedra ulna* が集中している。先に述べたpHの値およびO₂の分布は、これら植物プランクトンの分布と密接に関係があると考えられる。Toba 湖の植物プランクトンの優占種は、*Melosira granulata*, *Staura-*

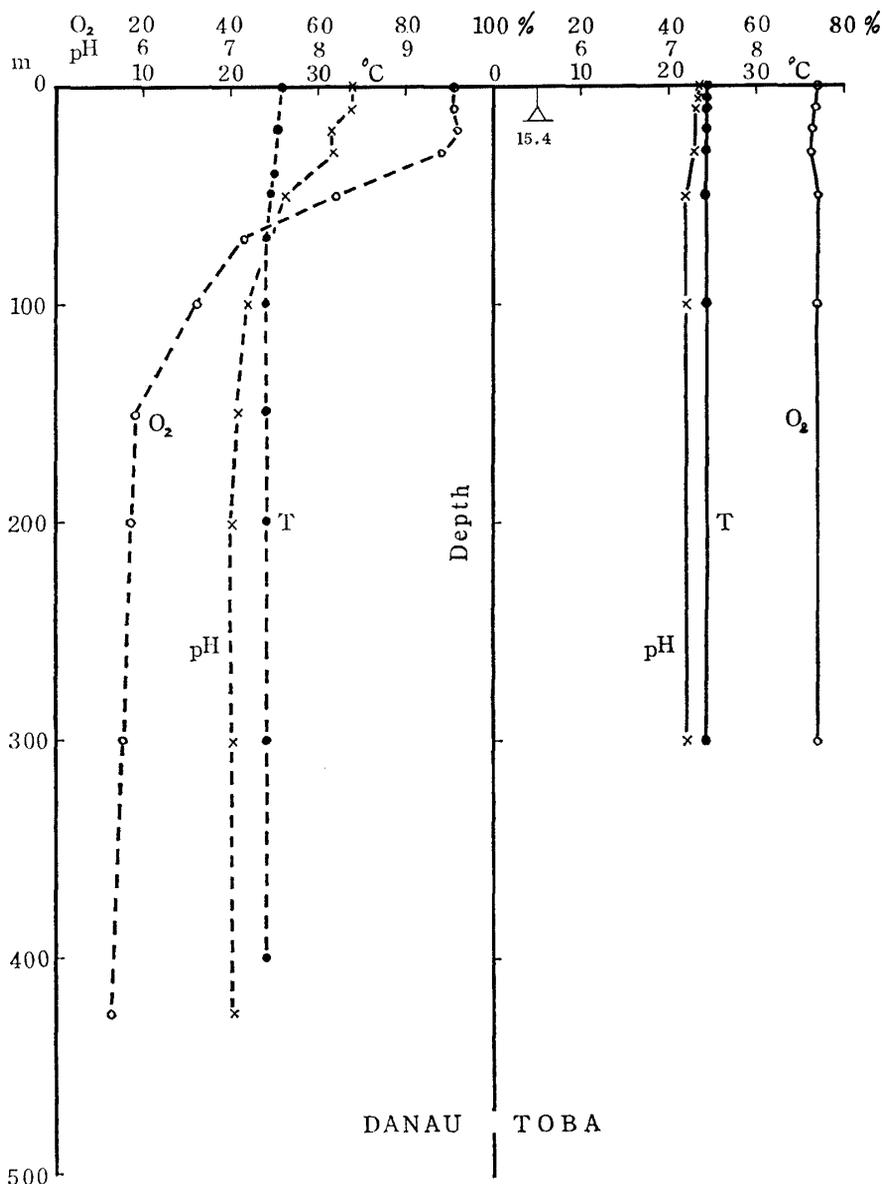


図4 Toba湖における水温(T), 水素イオン濃度(pH), 溶存酸素(O₂%)の垂直分布および透明度(△)

実線: 1976年1月23日筆者の測定値

点線: 1929年4月1日ドイツ・スダ列島陸水探検隊による測定値

strum limneticum であるが、表層 0-5 m 層の植物プランクトンの個体数密度は 43/l であり、Singkarak 湖の 84,000/l, Manindjau 湖の 400/l に比べると非常に小さい。Toba 湖の pH や O₂ の垂直変化が少ない理由は、循環期であったことと植物プランクトンの密度の小さいことによると思われる。

Toba 湖の動物プランクトンの優占種は、橈脚類の *Diaptomus vicinus*, 輪虫類の *Conochirus* sp. で、そのほかに *Diaphanosoma* sp., *Ceriodaphnia* sp., *Asplanchna* sp. などが出現する。Singkarak 湖になると輪虫類の *Keratella valga* var. *tropica* が優占種で、橈脚類の *Cyclops* sp.,

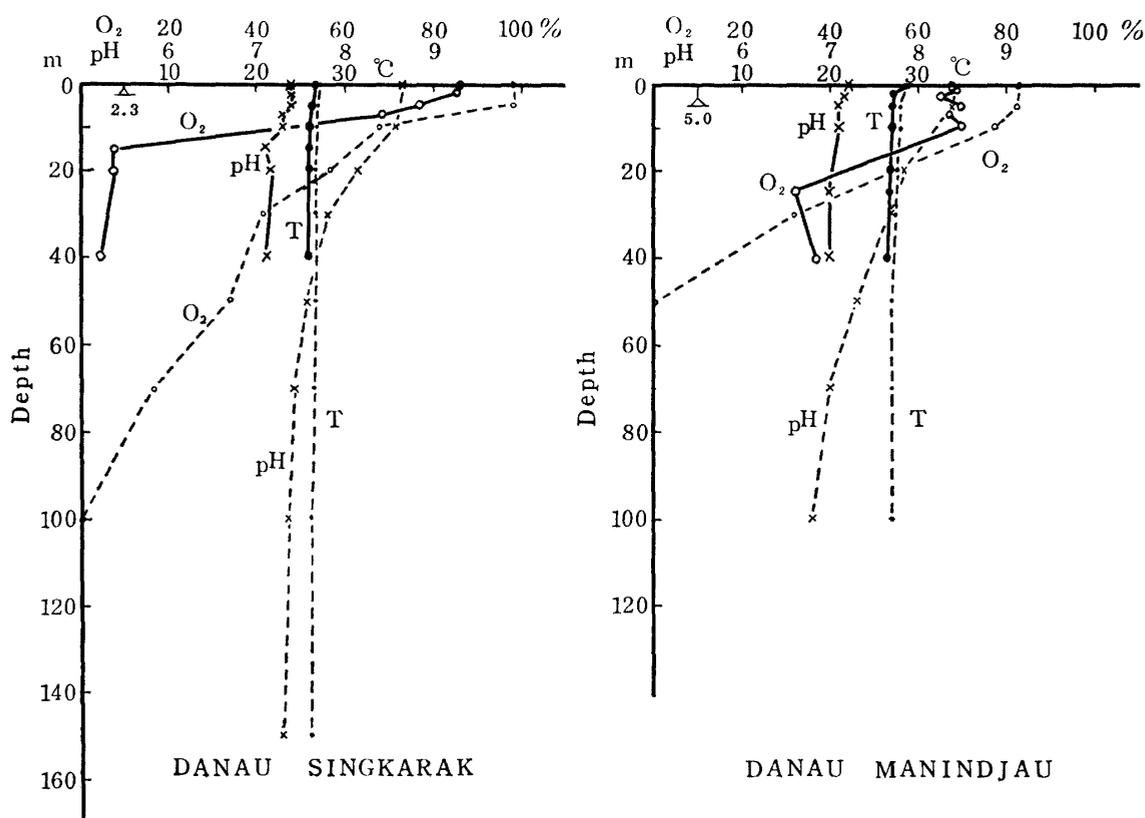


図5 Singkarak 湖および Manindjau 湖における水温 (T), 水素イオン濃度 (pH), 溶存酸素 (O₂) の垂直分布と透明度 (Δ)

実線：1976年1月18日, 19日 筆者の測定値

点線：1929年3月 ドイツ・スダダ列島陸水探検隊の測定値

枝角類の *Moina dubia*, *Diaphanosoma pausispinosus*, 輪虫類の *Hexarthra* sp., *Trichocerca* sp. などがわずかに出現し, Manindjau 湖では枝角類の *Latonopsis austraris*, *Daphnia crenata*, 橈脚類の *Cyclops* sp., 鞭毛虫類 *Synulla* sp. が生息する。いずれも共通して表層 0-2 m にはおらず, 5-15 m 層を中心に生息する。これは日中表層を避けて下層へ移動している状態を良く現わしている。

6. その他の止水

東南アジア諸国は農業国であるから広大な水田耕作地帯がある。従って, 水田の間を走るクリークや道路の両側にあるクリークなどの小陸水はいたる所に見られる。しかも乾期雨期の変化が陸水生物に与える影響は, 陸水学的に見て興味ある問題であろう。

もう一つ目立った小陸水は, マレーシアの錫鉱採掘跡の池 Tin mining pools である。Ipoh から Kuala Lumpur までの鉄道沿線は錫の産地で, いたる所に露天掘りの鉱山がある。錫を選鉱する大きな櫓や掘り上げた白い砂山は旅行者たちに異様な景観として映る。マレーシア水産庁は, これらの凹地に水が溜ってできた無数の池を養魚池として利用する意図があり, IBP 研究の初期の目標の一つに掲げられていた。これらの池は, 清く澄んだ水から濁った水

まであるし、pH が4.4の強酸性のものから9.0以上の強アルカリのものまでである。生物の全く生存しないものから魚類や貝類の生息するものまであって多種多様である。おそらく採掘後の経過年数や土壌土質の影響、それに加えて人為的汚水の流入等の条件が重なっているため解析は困難であるが、興味深い対象となる。また蛋白資源確保の上からも重要な課題であろう。

なお、断片的ではあるが、マレーシアの雲頂高原 Ulu Kali 頂上付近にはミズゴケ湿原があり、東カリマンタンの原生林中に pH 4.2の黒い水の swamp が発達し、熱帯における特殊な peat 地帯のあることを付記しておきたい。

IV 東南アジアの河川

東南アジアの河川は、スケールが大きいだけでなく、大多数は黄褐色に濁るか、やや透明で暗褐色の水である。清澄な水流といえば、タイ、マレーシア、スマトラなどの山岳地帯の小溪流か滝で見かけたにすぎない。日本の河川を見馴れた眼にはこれを奇異に感ずる。

1. タイ国の Chao Phraya 河水系と Mae Klong 河水系

Chao Phraya 河（通常我が国でメナム河と呼ぶ）は、タイ国中央を北から南へ流れるこの国最大の河川で、多くの支流を有する。湖沼調査のため車を走らせる途中、河を渡る地点ごとに観測した結果を模式的に表わすと図6(上)のようになる。

小林(1958)によれば、タイ国河川の水質は Ca が多い。源流付近の山地は石灰岩質のためアルカリ性が強く、pH は8.0以上の所が多く、下流になるほど pH の値は低くなる傾向がある。また、源流の滝や小溪流では、水は清澄で濁度60以上を示すが、河川が合流し平地部へ出るにつれて赤褐色または黄褐色に濁り、これが河口まで続く。

水産庁の Mae Klong 河調査に参加する機会を得た。この河は映画「戦場に架ける橋」で有名になったクワイ河のことで、タイ国南西部の Khwai Noi と Khwai Yai 河が合流し、Mae Klong河となってタイ湾に注ぐ中型河川である。Khwai Noi 河で3地点、Khwai Yai 河で2地点、Mae Klong で1地点、計6地点において水質ならびに魚類調査を行なった。水は暗茶褐色から黄褐色に濁り、pH は8.1-8.2のアルカリ性である。調査が7月上旬であったから渇水期にあり、両岸の浸蝕状態から判断すると洪水期には 6-7 m 水位が上昇する。この河川で得た魚類については既に報告(T. Mizuno & S. Mori, 1970)したので省略するが、同河の淡水貝類について触れておきたい。調査中休憩した河岸や中洲が、砂というよりもほとんど小さな貝殻であるのには驚かされた。流速の弱くなった部分に貝殻が集まることは考え得るが、日本の川原では、まず見ることはできない。中洲や湾曲部に集積された貝の種類は、*Pachydrobia siamensis*, *Mekongia pongensis*, *M. siamensis*, *Tarebia granifera oblonguigranose*, *Ensidens scobinata*, *Corbicula siamensis*, *C. petiti*, *Physunio gravidus*, *Nodularia caerulea* などであった。河川が著しく濁っているにもかかわらず魚類や底生動物、特に貝類の現存量が大きいことは注

目に値する。

2. マレーシアの Pahang 河水系

この河は、マレーシア中央山脈および北部山地に源を発し、一部は南部湿原からの支流を合流し南支那海に注ぐ大河である。その水系を模式化すると図6（下）となる。調査法はタイ国 Chao Phraya 河と同様に予備調査中、道路と支流の交差する地点ごとに測定を行なったものである。測定点の不足はあるが、Pahang 河全体の水質状態を知ることはできるであろう。

マレーシア中央山脈は花崗岩質であり、北部山地も花崗岩と古生層でできているため源流部の水質は弱酸性または中性である。南部湿原の Bera 湖は pH 4.7 の強い酸性でこれが Bera 河を流れて Temerloh 付近で合流するため下流の Lubock 村では 5.7 に低下している。黄褐色の水の濁りは、一部の支流を除けば中程度である。生物相については、現在ほとんど資料の持ち合わせがない。

3. 東カリマンタンの Mahakam 河水系

Mahakam 河は、東カリマンタンの湿原を西から東へ流れる大河である。河口に近い Samarinda の町で便船をチャーターして約 400 km 上流まで本格的な観測を行なった。1975年12月23日朝出発して中流域の湿原湖沼を含め約30地点の観測をし翌年1月2日夕刻 Samarinda へ戻った（図7参照）。

水温は、上流から下流へ徐々に上昇するが、pH は逆に 6.8 から 6.1 へと低くなる傾向がある。ただし、中流域の湖沼の水温は本流のそれに比べてかなり高く、pH は一般に低い。これは湿

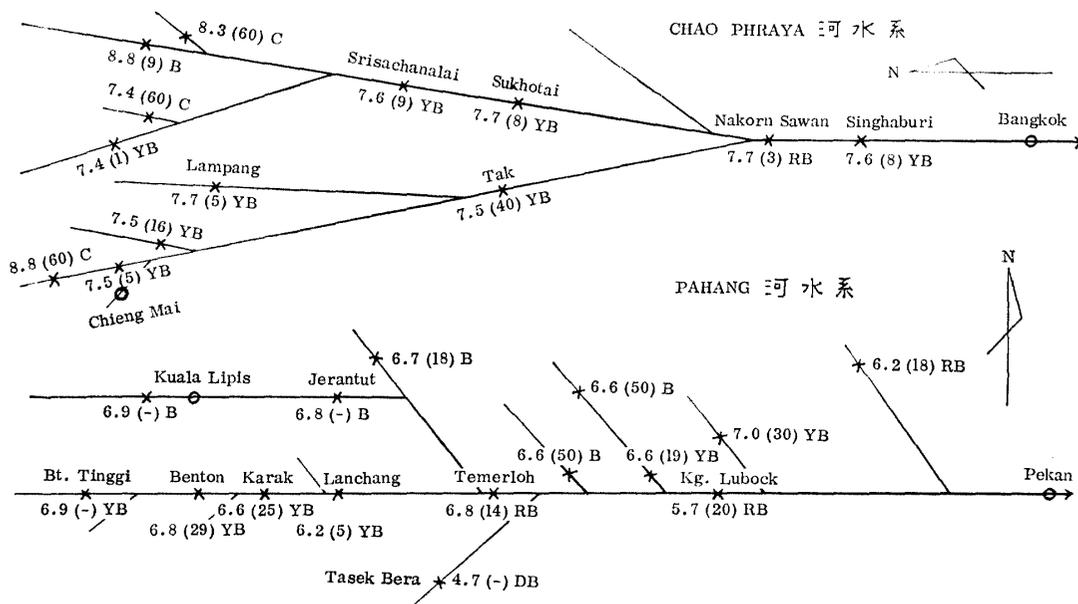


図6 Chao Phraya 河水系および Pahang 河水系の水質

数値は pH 値，() 内は濁度，記号は水の色を示す—C: 清澄，B: 褐色，YB: 黄褐色，RB: 赤褐色，DB: 暗褐色

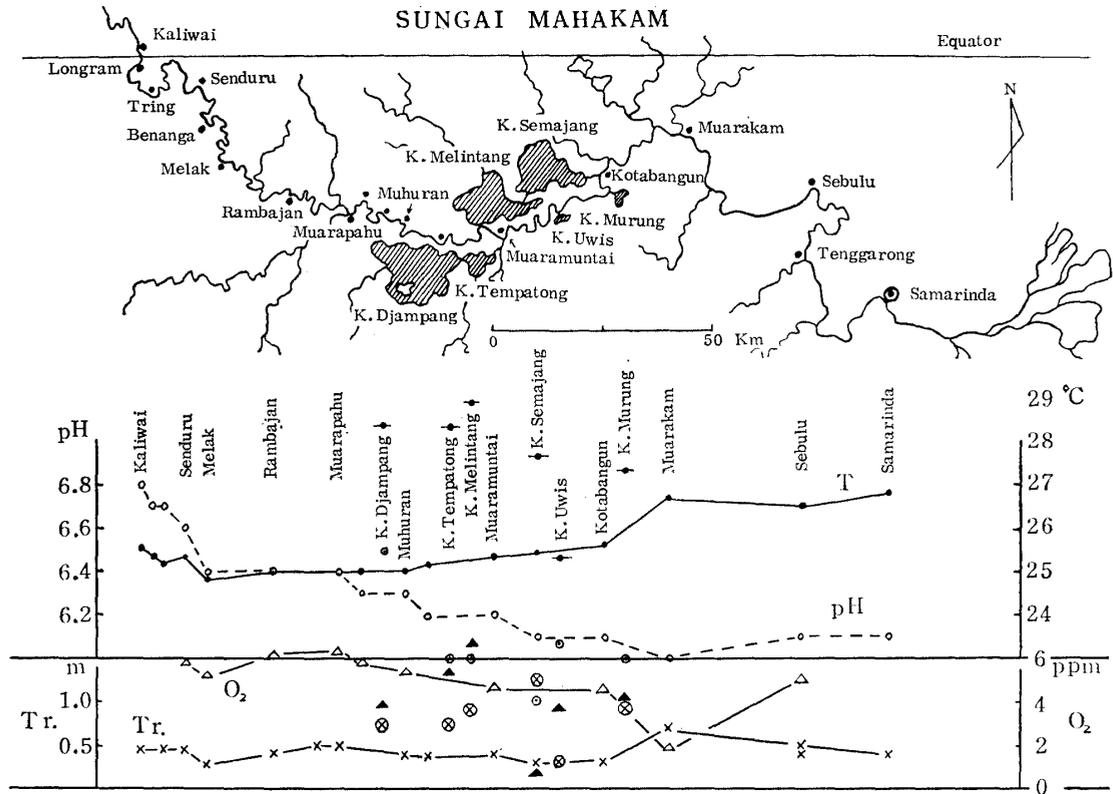


図7 Mahakam 河水系における水質変化

T: 水温, pH: 水素イオン濃度, O₂: 溶存酸素, Tr: 透明度。折線は河川水の測定値を示し, -●-, ▲, ⊙, ⊗ はそれぞれ湿原湖沼の水温, 溶存酸素, pH, 透明度の測定値を示す。

地林に囲まれた 湿原湖沼の深度が浅く (2-4 m), 水が停滞しているために水温が上昇し, pH は湿地林の落葉枝や水草群落の枯死による腐植栄養型の水質を保持していることに原因する。河川水の溶存酸素量は上流が大で下流ほど小となる傾向があり, 透明度は 0.5 m 前後で全流域ほとんど変化がない。本流の上流から下流まで黄褐色に濁っているが, 湿原湖沼の水は暗褐色で透明度は 1.0-1.5 m で本流のそれよりはるかに大きい。

生物相を調査する余裕はなかったが, 中流から下流にかけてホテアオイの群や流木が間断なく流れてゆく光景は壮観である。沿岸の村落近くで四手網に似た大型の三角網をつるべ式に上下させて魚を取っていたし, 村に上陸すると淡水魚を持ち歩く人々を見かけたので魚類の現存量は相当高いものと思われる。タイ国 Mae Klong 河の経験からこの河の中州や沿岸の砂地などを注意して観察したが, 貝殻を全く発見できなかった。その点で同じ熱帯でも河川によって貝類の生産量に著しい差があるように思われる。

4. スマトラの Musi 河水系

スマトラでは南部の湿原を貫流する Musi 河とその支流 Komerling 河を調査した。Musi河は, 遠くスマトラ中部山岳に端を発し, 広大な湿原を貫いて東流し, Palembang から北流し

てマラッカ海峡に注ぐ。支流の Komeri ng 河は南部山岳地帯を發し、湿原の中を北流して Palembang 付近で Musi 河に合流する。Musi 河は Palembang から上流へ 60 km, Komeri ng 河は 59 km をモーターボートで観測した。その結果が表 2 である。

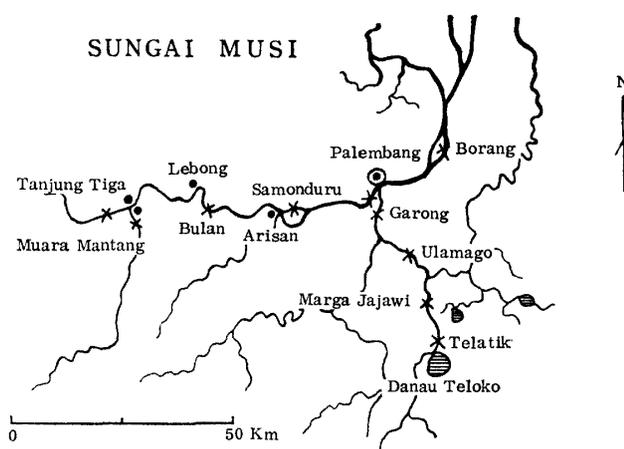


図 8 Musi 河水系の概略

Musi 河本流および Komeri ng 河はともに蛇行が著しい。前者は水の色が黄褐色に濁り、透明度は 0.3-0.5 m であるが、pH は 5.8-6.0 の酸性である。後者は暗褐色で、pH は 5.5-5.8, 透明度は 0.7-0.8 m, 酸素量は本流のそれより少ない。両河川の外観は水の色や濁りの状態から異なるように見えるけれども、pH の値から判断すると黄褐色に濁った Musi 河も湿原の有機酸性水の影響を強く受けているように思われる。

表 2 スマトラにおける Musi 河水系の観測値

	Muara Mantang	Tanjung Tigar	Bulan	Samonduru	Palembang	Borang
Musi 河本流	水 温 (°C)	26.35	25.85	26.0	26.0	26.35
	pH	6.0	5.9	5.9	6.0	6.0
	透 明 度 (m)	0.35	0.33	0.30	0.31	0.30
	溶存酸素 (ppm)	5.1	4.7	4.6	4.3	4.6
	水 色	YB	YB	YB	YB	YB
	Teloko 湖	Telatik	Marga Jajawi	Ulamago	Garong	
Komeri ng 河	水 温 (°C)	27.35	27.3	28.2	27.75	28.8
	pH	5.8	5.5	5.8	5.6	5.6
	透 明 度 (m)	0.82	0.70	0.75	0.70	0.71
	溶存酸素 (ppm)	5.6	3.1	3.7	3.7	—
	水 色	DB	DB	DB	DB	DB

(YB: 黄褐色, DB: 暗褐色)

V 考察とまとめ

以上のごとく東南アジアの大陸部、半島部、東カリマンタンやスマトラの島嶼にある主要な陸水調査を行なった。これらの陸水は、それぞれ特徴をもつが、先ず外観的な水の色によって三つの型に大別することができる。すなわち、止水、流水を含めて 1) 黄褐色に濁った陸水、2) 暗褐色でやや透明な陸水、3) 清澄で透明度の高い陸水である。

黄褐色に濁った陸水の代表は、カンボジアの Tonle Sap である。流水ではタイの Chao Phraya 河や Mae Klong 河、マレーシアの Pahang 河、東カリマンタンの Mahakam 河、スマトラの Musi 河、そのほかに河岸に立って観察しただけではあるが、カンボジアの Mae Kong 河、ビルマの Irrawaddy 河などの大河もこれに属する。

他方、black water と呼ばれる暗褐色の陸水は湿原地帯に多く、マレーシアの Bera 湖をはじめ、東カリマンタン、スマトラの湿地にある湖沼、タイの半人工湖、ビルマの Inle 湖などがこれに属する。河川で実際に調査したのはスマトラの Musi 河支流の Komerling 河だけであるが、航空機から観察するとスマトラの湿原やマレーシアのジョホール州には黒い水の河川が多数存在する。文献によると、熱帯アフリカのコンゴ、南米アマゾン河支流にも黒褐色の水域があり、熱帯陸水の特徴として共通なものといえる（水野，1972）。

濁りの強い陸水は、熱帯特有の赤褐色土壌の影響であろう。一方暗褐色の陸水は湿原の水草群落の枯死および湿地林からの大量の落葉枝に起因すると考えられる。この点については、マレーシアの Bera 湖研究でかなり詳細に調べられ、名古屋大学の佐藤修氏によって近く発表される予定である。ここで特に触れておきたいのは、高緯度地方のPEAT地帯にある泥炭池沼および温帯圏の山岳地帯にあるミズゴケ湿原との関係である。日本の北海道や東北地方の泥炭地や中部地方の高層湿原には茶褐色で酸性の陸水があり、これを腐植栄養型と呼ぶ。水温の低い期間が長く、植物枯死体の分解が進まず、そのまま堆積することによってリグニンやタンニン等が溶出着色し、植物の有機酸のために酸性になるといわれている。熱帯では年中水温が高く有機物の分解速度は速いはずであるが、水中に入る植物量が多く分解量を上回るので有機物が堆積し、泥炭地と同じ現象が起こっていると予測した。しかし、調査の結果は、水中酸素の不足などによって分解が抑制されることやバクテリアの問題もあって単純な差引勘定ではなさそうであるが、結果的には高緯度地方と同じ腐植栄養型の水域を生じたものといえる。ここに生息する生物群には熱帯特有の種類も多いが、植物プランクトン相は鼓藻類や珪藻類が優占し、しかも寒冷地の池沼と共通種が多数存在することは非常に興味深い。

黄褐色で濁った陸水と暗褐色でやや透明度の高い陸水を感覚的に類型化はできるが、湖沼河川の大きさ、場所、周囲の環境、成因によって pH 値、色の濃淡、Ca 量等に種々の段階がある。すなわち、両方の典型的な水域の間には移行型が多数存在し、内容的には決して一様でないことを物語っている。

最後の清澄な高山湖や山地溪流を一つの型としたが、これらは降雨水または地下水の原型をとどめている状態と考えるべきであろう。スマトラの高山湖における1月の水温測定では、垂直的な変化がほとんどなかった。ドイツのスンダ列島陸水探検隊の3月および4月の測定結果もほぼ同様である。その他の季節のデータがないため論議することはできないが、熱帯アフリカの Victoria 湖の例 (Beadle, L. C., 1974) によると12月および1月は 24.6°-25.0°C の間で同

一温度が垂直分布し、他の季節には著しい水温躍層が現われている。従って、これらの湖沼を測定した時期は循環期に当たっていたものと思われる。ただし、Singkarak 湖および Manindjau 湖では溶存酸素が 10-20 m 層で著しく変化した。これは両湖の表層に増殖している植物プランクトンの光合成によるが、特に注目しなければならないのは水深 270 m もある Singkarak 湖の無酸素層が 10 m 層近くまで達していることである。富栄養化が進んでいるには違いないが、その原因の追求および何らかの処置を必要とするであろう。

生物生産力を目的とした研究は、マレーシアの Bera 湖で行なわれたが、典型的な非調和型湖沼（腐植栄養型）であるから生息する生物相は強く制限されている。しかし、生存する動物の成長や生物生産力は大きいようである。前述した通りユスリカの一世代の日数は、日本における最適条件下の約 1/2 で、しかも一年中発生することやテナガエビの 1 種 *Macrobrachium trompi* の成熟が速く、雌の抱卵個体が年間を通じて観察されることから温帯圏に比べて生産力の大きいことが明らかにされた。他方、Tonle Sap を代表する黄褐色で濁りの著しい水域も動物プランクトン、ベストスおよび魚類の現存量が著しく大きいことやタイ国の Mae Klong 河で魚類や河底の貝類の豊富なことを観察した。しかし、断片的な資料を得た程度であって、各地域の現存量を比較する段階には達していない。今後は熱帯アジア地域の陸水における止水、流水それぞれについて前述した三つの典型的な水域を選び、現存量ならびに生産力の測定をすることが必要である。

主 要 文 献

- Annandale, N. 1918. "Fauna of the Inle Lake," *Records of the Indian Museum (Jour. Ind. Zool.)*, Vol. XIV, pp. 196-212.
- Beadle, L. C. 1974. *The inland waters of tropical Africa*, Longman, London.
- Brache, J. 1950. "Considérations sur le plancton de surface de Cambodge," *Service de la pêche et de la chasse en Indochina, Phnon Penh*, pp. 18-36.
- . 1951. "Aperçu sur le plancton des eaux douces du Cambodge," *Cybiurn publié par L'Association des Amis du Laboratoire des pêche Coloniales*, 6, pp. 62-94.
- Brehm, V. 1933. "Die Cladoceren der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition," *Arch. Hydrobiol., Suppl.* pp. 631-771.
- Hauer, J. 1938. CXIX "Die Rotatorien von Sumatra, Java und Bali nach den Ergebnissen der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition," *ibid.* Suppl. XV, pp. 296-384, 507-602.
- Hustedt, F. 1938. CXVII "Systematische und Ökologische Untersuchung über die Diatomean Flora von Java, Bali und Sumatra," *ibid.* Suppl. XV, pp. 393-506, 638-790.
- Johnson, D. S. 1957. "A survey of Malayan freshwater life," *Malayan Natural Journal*, Vol. 12, pp. 57-65.
- . 1961. "Notes on the freshwater Crustacea of Malaya, I. the Atyidae," *Bull. Raffles Mus., Singapore*, Vol. 226, pp. 120-153.
- . 1966. "Some factors influencing the distribution of freshwater prawns in Malaya," *Proceedings of symposium on Crustacea, part I*, pp. 418-433.
- . 1967. "On the chemistry of freshwaters in Southern Malaya and Singapore," *Arch. Hydrobiol.*, Vol. 63, pp. 477-496.

- . 1967 a. "Distribution pattern in Malayan freshwater fishes," *Ecology*, Vol. 48, No. 5, pp. 722-730.
- Kiefer, F. 1933. LXXX "Die freilebenden Copepoden der Binnengewässer von Insulinde," *Arch. Hydrobiol.*, Suppl., XII, pp. 519-621.
- Krieger, W. 1932. LXIV "Die Desmidiaceen," *ibid.* Suppl. XI, pp. 129-230.
- 小林 純 1958. 「東南アジア諸国の河川の化学的研究——タイ国の水質について」『農学研究』46巻2号, pp. 63-112.
- Mitsushiro, H., M. Ohno. & Sam Ay Meas. 1970. "Limnological investigation of the Mekong water system, Cambodia," *Research Reports of Kôchi University*, Vol. 19, No. 6, pp. 59-68.
- Mizuno, T. & S. Mori. 1970. "Preliminary Hydrobiological Survey of Southeast Asian Inlandwaters," *Biol. Jour. Linn Soc.*, Vol. 22, No. 2, pp. 77-117.
- 水野寿彦 1972. 『熱帯の生態—陸水—』生態学講座31, 東京: 共立出版。
- Mizuno, T. 1972 a. "Progress report of reseach work in Tasek Bera, Malaysia," 『大阪教育大学紀要』21巻, III, pp. 111-133.
- . 1973. "Growth of *Chironomus* sp. in Tasek Bera, Malaysia," 『同書』22巻, III, pp. 103-107.
- . 1974. "Progress report of research work in Tasek Bera, Malaysia (II)," 『同書』23巻, III, pp. 17-32.
- Mizuno, T. & M. Yoshimi. 1976. "The distribution and moving processes of calcium in Tasek Bera, Malaysia," 『生理・生態』17巻1・2号, pp. 593-600.
- Ohno, M., H. Fukushima & T. Kobayashi. 1971. "Diatom flora of the Mekong water system, Cambodia," *Res. Rep. Kochi University*, Vol. 20, No. 1, pp. 1-11.
- Prowse, G. A. 1957. "An introduction to the desmids of Malaya," *Malayan Nat. Jour.*, Vol. 2, No. 3, pp. 42-58.
- , 1969. "Some new desmid taxa from Malaya and Singapore," *Garden's Bull., Singapore*, Vol. XXIV, pp. 339-346.
- Ratnasabapathy, M. & S. Kumano. 1974. "Desmids from Tasek Bera, West Malaysia," 『藻類』Vol. XXII, No. 1, pp. 22-28.
- Ruttner, F. 1931. "Hydrographische und hydrochemische Beobachtung auf Java, Sumatra und Bali," *Arch. Hydrobiol.*, Suppl. VIII, pp. 197-454.
- Scott, A. M. & G. M. Prescott. 1961. "Indonesian Desmid," *Hydrobiologia*, Vol. XVII, No. 1-2, pp. 1-132.
- Shirota, A. 1966. *The plankton of South Vietnam*, OTCA, pp. 1-462.
- 白石芳一 1967. 『カンボジアの水産事情』海外水産学双書11, 東京: 石崎書店。
- 白石芳一ほか 1972. 「マレーシア・ベラ湖における魚類の日周期活動と食性の関係」『魚類学雑誌』19巻4号, pp. 295-306.
- Smith, H. M. 1945. *The freshwater fishes of Siam or Thailand*, U. S. Govern. Print. Office, Washington.
- 上野益三 1943. 『西太平洋圏諸地方の陸水生物』太平洋の海洋と陸水, 東京: 岩波書店。
- . 1964. 「東南アジアにおける陸水生物学的研究」『東南アジア研究』2巻2号, pp. 52-66.
- . 1966. "Freshwater zooplankton of Southeast Asia," 『同上』3巻5号, pp. 94-109.
- Yamagishi, T. & M. Hirano. 1973. "Some freshwater algae from Cambodia," *Contribution from the Biological Laboratory, Kyoto University*, Vol. 24, No. 2, pp. 61-85.
- 吉村信吉 1943. 『東亜の陸水』太平洋の海洋と陸水, 東京: 岩波書店。