

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 20 日現在

機関番号：50101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：平成 20 年度～平成 22 年度

課題番号：20510213

研究課題名（和文） 熱帯と温帯の湿原水域に及ぼす人為影響の比較による適切な環境管理の検討

研究課題名（英文） Comparison of human impacts on the lakes and rivers in temperate and tropical mires for the appropriate environmental management

研究代表者

岩熊 敏夫（IWAKUMA TOSHIO）

函館工業高等専門学校・校長

研究者番号：60124335

研究成果の概要（和文）：北海道稚内地域の砂丘列に分布する閉鎖池沼は、水質から、農地への隣接、道路への隣接、少ない人為的攪乱の 3 グループに分類され、動物プランクトン、底生動物は富栄養度と水位低下による干上がりの指標となることが示された。インドネシアカリマンタンの河川中流域の住民の聞き取り調査から、井戸水を生活用水に、表流水を舟運と漁場に利用することが明らかにされた。住民は生態系サービスの価値を十分に認識しているものの、道路環境の整備で人口増加が見込まれ、今後、湿地環境の保全上課題となろう。

研究成果の概要（英文）：Based on their water quality, the ponds located in the Wakasakanai Sand Dune forest were classified into three categories, i.e., ponds adjacent to farmlands, ponds adjacent to road, and intact ponds. Eutrophic status and the degree of drying up of the ponds were indicated by the zooplankton and zoobenthos communities. A questionnaire survey on the attitudes of local residents in the middle reaches of a river in Kalimantan, Indonesia revealed that they use well water for daily use but utilize surface water for transportation and fishing grounds. Although they are well aware of the benefit of ecosystem services, the ongoing increase in the population after the road improvement in this area will cause problems concerning conservation of wetland environment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 20 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
平成 21 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
平成 22 年度	57,610	17,283	74,893
（平成 23 年度） 年度	（繰越 542,390）	（繰越 162,717）	（繰越 705,107）
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：資源保全学・資源保全学

キーワード：環境管理、湿原、湖沼、水位変動、水生生物、生物多様性、開発影響

1. 研究開始当初の背景

(1) 温帯泥炭湿地池沼の特性：申請時の先行研究による知見

①北海道北西部の日本海に面し、サロベツ湿原の西側に隣接する幅 2km 長さ（北北西～南南東）16km の稚内（わかさかない）地

域の砂丘列には砂丘林が発達し、砂丘林の間には 100 以上の池沼と湿原が存在する。

②ほとんどの稚内池沼は流入出河川がなく池沼の水位は降水に依存する。中南部の池沼では降水によって水位が上昇し、乾燥期には低下し、砂丘の斜面勾配に沿って地下から

水が抜けていくことが示唆されている。

(2) 稚咲内池沼群の環境問題と課題

①1947～2005年の間に、耕作などにより池沼数は減少した。特に砂丘南部の標高の低い砂丘では農地開発が進み、そこに位置する池沼それぞれの開放水面面積は減少した。農地境界との距離が近いほど面積減少率が高い。

②砂丘に発達する泥炭層および有機物層は薄く、海岸沿いに耕地が開発され、池沼の衰退が懸念されている。

(3) 熱帯泥炭湿地湖沼環境の生物多様性：申請時の先行研究による知見

①一般的に水域の連結度は生物多様性を高める。河川氾濫原では増水氾濫 (flood pulse) による陸域、水域、湿地の接続が水域生物の生産性と多様性を高める。

②インドネシアカリマンタンのカハヤン川中流域の低湿地湖沼 (三日月湖・氾濫原湖) では雨季の水位上昇期には河川と湖沼、湖沼と湖沼が接続する。乾季から雨季への移行期には河川表流水の越流による湖水の鉛直攪拌と低層への酸素供給が観測されている。

③これらの低湿地湖沼は、面積が100ha前後と比較的小さい魚類の種類は多い。

(4) カリマンタンの泥炭湿地湖沼の研究課題

①カリマンタンの河川中下流域の氾濫原は透水性の高い石英砂が堆積している。カハヤン川中流域の低湿地湖沼では低水位期に河川と隣接する湖が切り離されていても、両者の水位変動はほぼ一致する。

②カリマンタンの河川下流域では泥炭湿地林が発達していたが、1996～99年に湿地林を耕作地に転換する開発計画が進められた。水路掘削と森林伐採が行われたが広大な耕作放棄地が残った。地下水位が低下したためエルニーニョによる乾燥年には森林・土地火災が頻発している。また、下流部の水域の硫酸酸性化が問題になっている。

2. 研究の目的

(1) 熱帯・温帯湿原水域の生物多様性

①稚咲内の湿原・池沼のように砂丘帯に発達した湿地に関する基礎データは乏しく、また東部に位置するサロベツ湿原に比べてもデータが少ない。この砂丘林地帯の生態系保全のために、池沼生態系の水質・生物調査を行う。

②湖沼・池沼の水位変動要因と水生生物への影響を整理する。

(2) 熱帯・温帯湿原水域に及ぼす人為影響と適切な環境管理の検討

①熱帯・温帯湿原水域における水位変動が水生生物に及ぼす影響を比較検討する。

②カハヤン川中流域の住民にとって、河川・湖沼は水の供給源のみならず、魚類などの食料源となっている。住民にとって水域生態系の価値は、生態系サービスとして評価し管理

の方向性を示す。

3. 研究の方法

(1) 稚咲内池沼の水質、底質及び生物

①周辺が開発され人為影響の大きい池沼と比較的影響の少ない池沼の合計8池沼について、水質・底質調査及び底生動物、動物プランクトンの組成を調べた。

②稚咲内砂丘地の池沼群の季節別の生態的特性を解析手法を用いて明らかにした。表層水温とpHは現場で水質計を用いて測定し、炭素、窒素、リン濃度は採水後室内でオートアナライザーを用いて、クロロフィル a (chl a) 濃度は懸濁液をろ集・抽出後分光光度計を用いて定量した。ピートサンプラーで沿岸の底質柱状資料を採取し層別に分取し室内に持ち帰り灼熱減量を測定した。

動物プランクトンは10Lの湖水を41µmのネットですり集し、ルゴール固定後室内で同定した。また、297µmメッシュのDフレームネットで25cm×25cmの面積の底質を採取し、現地底生動物を選別しアルコール固定の後室内で同定・秤量を行った。

(2) 熱帯・温帯湿原水域に及ぼす人為影響と適切な環境管理の検討

①中部カリマンタン州都パランカラヤ近郊で協力研究者と共に地域住民インタビューによる意識調査を行った。調査を行った村はTaruna Jaya村(パランカラヤの東南20km、カハヤン川から約4km)、Bukitguha村(パランカラヤの北20km、テハン湖から約0.5km)、Sigi村(パランカラヤの北17km、テハン湖から約0.7km)、Tuwung村(パランカラヤの北8km、Sabuah湖畔)、Lais村(パランカラヤの北北東5km、ライス湖から約1km)、Rungan村(パランカラヤの北4km、カハヤン川沿い)、Rungan村(パランカラヤの北北西6km、タカパン湖上)であった。

②調査項目は年齢、家族構成、居住開始時期、職業、宗教、設備、生活水の供給源と利用方法、食料の調達法、日常の交通手段に加え、以下の生態系サービス項目を調べた。河川・湖沼・池の生態系サービス項目：(1)供給サービスとして(i)養殖または捕獲による魚類等の食糧供給、(ii)野菜などの供給、(iii)医薬原料供給、(iv)水の供給、(v)トイレ水浴等衛生サービス、(vi)運輸手段供給、(2)調節サービスとして(i)大気の質調節、(ii)気候調節、(iii)水調節、(iv)浸食制御、(v)水質浄化・排水処理、(vi)疾病制御、(vii)害虫制御、(viii)自然災害制御、(3)文化サービスとして(i)精神的・宗教的価値、(ii)審美的価値、(iii)レクリエーション・エコツーリズム。森林の生態系サービス項目：(1)供給サービスとして(i)栽培または収穫による果実等の食糧供給、(ii)野菜などの供給、(iii)医療原料供給、(iv)木材・繊維・燃料の供給、(v)その他、(2)調節サービスとして

(i)大気の質調節、(ii)気候調節、(iii)水調節、(iv)浸食制御、(v)水質浄化・排水処理、(vi)疾病制御、(vii)害虫制御、(viii)自然災害制御、(3)文化サービスとして(i)精神的・宗教的価値、(ii)審美的価値、(iii)レクリエーション・エコツーリズム。さらに、2001年のカハヤン川の架橋と道路舗装がもたらした影響と森林・土地火災の影響についても聞き取りを行った。

4. 研究成果

(1) 稚咲内池沼の水質及び生物

①調査 8 池沼の地形・水質特性 (表 1)

No.51、65、67 は砂丘北部の比較的人為影響の少ないと考えられる砂丘林内に位置し、No.106、107 は砂丘林を南北に分断する道路の南側に位置し、No.112、119 は砂丘南部の最も標高の低い池沼で、農地に隣接している。No.125 は砂丘南部の砂丘林内に位置する。No.125 の底質表層は砂であったが、他の 7 池沼は底質表層から 0.5~2.5m までは灼熱減量 40~70%の泥炭層で覆われていた。No.107、112、119 は水深が浅く、水位変動に伴い夏期に干上がりが起こった。No.106 は水位が下がったものの池の中心部には水が残っていた。池沼の富栄養度は砂丘林に囲まれている No.51、65、125 ではほぼ中栄養であったが、砂丘林が伐採され、農地に近接した No.112、119 は全陳 (TP) 濃度とクロロフィル a 濃度が非常に高く過栄養であった。観測したいずれの池沼とも、TN:TP 比は 7.6 以下であり、窒素が池沼一次生産の制御要因になっていると考えられた (表 1)。

表 1. 稚咲内池沼の地形的特性と水質特性。括弧内の数値は観測回数。pH はオレンジを、他の水質項目は平均値を示す。

池沼番号	水面標高 (m)	湖面積 (ha)	pH	TOC (mg/L)	TN (µg/L)	TP (µg/L)	TN:TP	Chla (µg/L)	富栄養度
51	11.7	5.93	5.4-6.0(8)	4.70	535	71	7.5	4.2	中・富栄養
65	11.3	0.931	5.6-5.8(5)	6.28	1160	152	7.6	8.7	中・富栄養
67	11.5	19.5	5.7-6.2(7)	9.30	2343	402	5.8	15.5	富栄養
106	9.5	0.095	5.6-5.9(3)	9.95	1917	376	5.1	58.7	過栄養
107	9.8	0.056	4.1-5.6(4)	5.49	1863	525	3.6	145.2	過栄養
112	8.8	0.70	5.4-5.9(3)	19.22	703	829	0.08	211.8	過栄養
119	6.7	0.107	5.8-6.2(3)	1.11	647	4681	0.14	210.8	過栄養
125	6.1	9.72	5.5-5.8(8)	2.42	324	36	9.0	2.6	貧・中栄養

②水質による池沼の類型化

主成分分析の結果、高いリン濃度により特色づけられる No.112、119、溶存窒素濃度により特色づけられる No.106、107、そしていづれにも属さない No.51、65、67、125 の 3 グループに類型化された。この 3 つは、それ

ぞれ農地に隣接する池沼、道路に隣接する池沼、人為的攪乱の少ない池沼に対応していた。

③動物プランクトン

その池沼でもワムシ類、カイアシ類幼生が出現していた。比較的深く干上がりの見られていない池沼 (No.51、65、67、125) では枝角類 (ミジンコ類、ゾウミジンコ類、マルミジンコ類等) が出現したが、干上がりの見られた浅い池沼のうち No.106 を除く池沼では枝角類の密度は低かった。枝角類は池沼の永続性の指標生物と考えられる。

④底生動物

35 分類群 (タクサ) が確認された。表 2 に優占底生動物群を示す。ヒル類、トンボ類 (トンボ亜目) 幼虫、センブリ科幼虫、ゲンゴロウ科幼虫はユスリカ幼虫などの底生無脊椎動物の捕食者である。ユスリカ類幼虫は一部がユスリカ類の若齢幼虫の捕食者であるが (例えばモンユスリカ亜科)、他は藻類・デトリタス食者 (例えばユスリカ属 *Chironomus* など) で構成されている。ヨコエビ類は破碎食者、貧毛類はデトリタス食者である。腹足類の食性は幅広いが、出現した種類は捕食者ではないと考えられる。

表 2. 稚咲内池沼沿岸部の底生動物。括弧内の数値は観測回数。

池沼番号	底生動物平均現存量 (g 湿重 / m ²)	ユスリカ類平均現存量 (g 湿重 / m ²)	ユスリカ属平均現存量 (g 湿重 / m ²)	優占底生動物群
51	72.9(4)	2.2	1.8	腹足類、ユスリカ科、ゲンゴロウ科
65	10.6(4)	0.9	0.6	トンボ類 (トボ [*] 亜目、トボ [*] 亜目)、二枚貝類、ユスリカ科
67	58.4(4)	10.9	10.6	腹足類、ユスリカ科、トンボ類 (トボ [*] 亜目)
106	10.8(4)	7.1	7.1	ユスリカ科、腹足類、トンボ類 (トボ [*] 亜目)
107	8.3(1)	0	0	トンボ類 (トンボ亜目)
112	15.1(1)	0	0	ヒル類
119	114.5(2)	0.04	0.03	腹足類、トンボ類 (トボ [*] 亜目、貧毛類、ヒル類)
125	10.6(4)	0.04	0	トンボ類 (トボ [*] 亜目、トボ [*] 亜目)、ゲンゴロウ科、ヨコエビ類

干上がりの見られていない 5 池沼では、ユスリカ類が個体数で最優占し、最大密度は 3600 個体 / m² (No.67) であった。この 5 池沼のいづれにおいても、ユスリカ属幼虫が優占し、現存量も高かった。一方、干上がりの見られた池沼 (No.107、112、119) ではトンボ類やヒル類、腹足類が優占する湖沼 (No.51、67、119) では現存量が非常に高いことが示された。干上がりの観測された湖沼 (No.107、112、119) ではトンボ類、ヒル類などが優占し、他の湖沼で普遍的に見られたユスリカ類

の現存量は低かった(表2)。捕食者の主要な餌はユスリカ幼虫であると考えられる。捕食者の平均現存量とユスリカ幼虫の平均現存量との間には有意な負相関がみられた($p < 0.05$, Spearman 順位相関)。

いずれの池沼においても魚類は目視されていなかった。流入出河川がないことから、人為放流以外に魚類が分布する可能性はない。

(2) 稚稚内池沼における開発影響

①無脊椎動物群集の環境指標性

干上がりの見られない栄養度の高い池沼の底生動物群集ではデトリタス食のユスリカ類が卓越していた。耐久卵により干上がりに耐えられるワムシ類等に比べて、本研究で出現したユスリカ類幼虫は耐乾性を備えていないと考えられる。干上がりの見られた池沼にはトンボ垂目幼虫やヒル類が生息しており、湿った底質中に潜ることができるのは水位の低下に耐えられることを示唆していた。動物プランクトンや底生動物の群集組成から池沼の栄養状態、水域の安定度が推定できることが示された。

②人為影響のないと考えられる池沼でも全リン濃度は高く、富栄養度は中栄養ないしは富栄養と判定された。No.125 以外の池沼底質には泥炭が堆積しており、森林からの落葉は有機物供給に大きな役割を果たしていることを示していた。しかし、池沼の高いリン濃度を説明することはできない。浅い小さい水域への生物による栄養塩輸送の可能性もあるが、現時点で原因は不明である。

③砂丘西側の農地開発と森林減少が、地下水位の低下と地下水勾配の増加、さらには地下からの池沼水の流出を増加させる可能性については今後の検討課題である。

(3) 中部カリマンタンの住民意識

①生活環境

調査した 20 家庭の宗教は 55%がイスラム教、45%がキリスト教(プロテスタント)、家族構成は 2~8 名(平均 5.7 名)、居住年数は 1~44 年で、居住開始時期は 1960 年代(5%)、1970 年代(5%)、1980 年代(20%)、1990 年代(25%)、2000~2010 年(45%)であった。

調査家庭の 70%は自営業で、1 人で複数の業種に携わる例が多かった。主に漁業(75%)、農業(60%)、家畜飼育(40%)等の一次産業や建設業(35%)等の二次産業の他、金採取に携わる者もいた。調査家庭の残りの 30%は公務員(15%)などの被雇用者であった。彼らもまた、漁業や農業に携わり、ゴム採取、魚の仲買、ボートドライバーを営む者もいた。タカパン湖上の生活者を除き、電気が使用可能で、それらの家庭には液晶テレビが普及していた(90%)。また、冷蔵庫(50%)、洗濯機(30%)、炊飯器(30%)、扇風機(40%)

が普及していた。通信手段には携帯電話を用い(90%)、湖や河川のそばに住んでいるにもかかわらず多くの家庭(70%)で井戸を掘っていた。

②水利用

バランカラヤ市内は水道が普及しているが、調査対象となった地域には普及しておらず、住民の 70~75%は生活用水(飲料、炊事、洗濯、水浴、トイレ)に井戸水を利用し、他の住民は湖水や河川水を利用していた。住民の全ては米と牛乳を購入し、肉類もほとんどの住民は購入していた。一方で、多くが漁業や農業に携わっていたため、住民の 75%は魚を捕獲し、45%は野菜を収穫していた。

住民の多くは日常の移動にオートバイを用い(80%)、次にボートを使用した(45%)。自動車の普及率は低かった(5%)。多くの住民(85%)は 2001 年のカハヤン橋の建設と道路の舗装が大なり小なり生活に影響を及ぼしたと感じ、建設前に比べて交通と経済は良くなったと答えた。

③生態系サービス

カハヤン川中流域に住む住民の多くは、表流水を直接飲料水、水浴、洗濯に利用していなかった。その代わりに、表流水は舟運手段と漁場として利用されていた。このことは、淡水生態系の生態系サービス調査に明瞭に示されていた。養殖や漁獲による食糧の供給は、供給サービス全項目のうちで唯一全員がその価値を認めていた。一方で、水の供給は 55%の住民しか価値を認めておらず、医療原料供給(35%)とともに供給サービスの中で低く評価されていた。

森林生態系の供給サービスでは食糧供給がやや低かった(90%)ものの、野菜などの供給、医薬原料供給、木材・繊維・燃料の供給といった価値は全員が認めていた(100%)。調節サービスについては淡水生態系、森林生態系とも傾向は似ており、大気質調節、気候調節、水調節、浸食制御、自然災害制御についてはいずれの生態系についても高く(95~100%)評価していた。水質浄化・排水処理は淡水生態系(95%)に比べて森林生態系(75%)がやや低く、疾病制御は半数強が価値を認め(55~60%)、害虫制御は評価していなかった(0~5%)。文化サービスについては淡水生態系、森林生態系とも傾向は類似し、審美的価値とレクリエーション・エコツーリズムは全員が価値を認め、精神的・宗教的価値については淡水生態系が 80%、森林生態系が 65%とやや低くなった。また後者については信奉する宗教との関連は認められなかった。

④土地・資源利用

住民の多くは日常の移動にオートバイを用い(80%)、次にボートを使用した(45%)。自動車の普及率は低かった(5%)。多くの住民(85%)は 2001 年のカハヤン橋の建設と

道路の整備が大なり小なり生活に影響を及ぼしたと感じ、建設前に比べて交通と経済は良くなったと答えた。

住民の半数近くが 2000 年以降にパランカラヤより上流域に移住してきたが、カハヤン橋の建設と道路の整備が主要因であろう。それに伴い、水産・森林資源への圧力はこの 10 年あまりで上昇したと考えられる。住民は淡水及び森林生態系サービスの価値を十分に認識しているものの、今後の人口増加が湿地環境の保全上課題となるであろう。

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 2 件)

- ① Iwakuma, T., S. Gumiri & Ardianor, A preliminary study on the attitudes of local residents towards the wetland ecosystem in Central Kalimantan, Indonesia, experiencing rapid economic growth. Research Reports of Hakodate National College of Technology, 査読有, No.46, 2012, pp.1-9.
(<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008765679>)
- ② Kido, M., Yustiawati, M. S. Syawal, Sulastri, T. Hosokawa, S. Tanaka, T. Saito, T. Iwakuma & M. Kurasaki, Comparison of general water quality of rivers in Indonesia and Japan, Environmental Monitoring and Assessment, 査読有, Vol.156, 2009, pp.317-329.

[学会発表] (計 4 件)

- ① 岩熊敏夫：泥炭湿地の物理化学環境と水生生物、日本化学会北海道支部大会、2010 年 7 月、函館
- ② Iwakuma, T. : Characteristics of tropical and temperate wetland ecosystems, 2008 International Wetlands Conference for COP10, 29 Oct. 2008, Changwon, Korea
- ③ 口町紗英子、橘治国、斎藤道彦、岩熊敏夫：稚咲内砂丘林内湖沼群の水環境、日本陸水学会第 73 回大会、2008 年 10 月 11-13 日、札幌
- ④ Ardianor, S. Gumiri and T. Iwakuma : Seasonal changes and species composition of phytoplankton in oxbow and backwater lakes in Central Kalimantan, Indonesia, 日本陸水学会第 73 回大会、2008 年 10 月 11-13 日、札幌

[図書] (計 2 件)

- ① 岩熊敏夫、養賢堂、湿地生態系の定義、

『湿地環境と作物 - 環境と調和した作物生産をめざして -』(坂上潤一・中園幹生・島村 聡・伊藤 治・石澤公明編)、2010、pp.1-11.

- ② 岩熊敏夫、岩波書店、変貌する水辺、『ボルネオ 燃える大地から水の森へ』(大崎満、岩熊敏夫編著)、2008、pp.101-123.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩熊 敏夫 (IWAKUMA TOSHIO)
函館工業高等専門学校・校長
研究者番号：60124335

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし