

学位論文題名

Effects of thermal habitat alteration due to riparian disturbance on the stream community in boreal streams of Hokkaido, Japan

(北海道の河川生物群集における人為的攪乱による温度環境改変の影響)

学位論文内容の要旨

1. 水温は、水生生物に影響を及ぼすもっとも重要な環境要因のひとつである。水温変化は、生物の地理分布・流程分布・生息場所利用・成長・生存に大きな影響をもたらす可能性がある。近年、河川の温度環境は、河畔域における人間活動により大きく改変されつつある。日本の河川においても、堰堤設置や森林施業といった人為的攪乱による水温環境の改変が懸念されている。河畔林伐採が引き起こす水温上昇は、河川生物の現存量や生理活性（採餌活性・死亡）に直接的に作用する。また温度耐性の高い種であっても、温度変化に敏感な種からの生物間相互作用を介して、間接的に水温の影響が波及する可能性が考えられる。したがって生物の温度に対する耐性や選好性がそれぞれ異なれば、温度環境改変により群集構造に著しい変化が現れるものと予測される。本研究では、まず水温変化に伴う生物群集構造（捕食性魚類・藻類食水生昆虫・藻類からなる 3 栄養段階系）の応答について室内水槽実験により検証を行った。また野外調査により、流域における森林施業や流路への堰堤設置による河川温度環境の改変と生物群集の応答について検討した。
2. 水温の 3 栄養段階系の群集構造に対する影響について明らかにするために、捕食性魚類（オシロコマ *Salvelinus malma*）の採餌活性、藻類食水生昆虫（ヤマトビケラ *Glossosoma* sp.）の採餌活性、藻類の生産量の水温に対するそれぞれの応答（各栄養段階レベルの実験）と、下位の栄養段階に対する捕食者のトップダウン効果と水温との関係（群集レベルの実験）を水槽実験により検証した。各栄養段階レベルの実験の結果、魚類の採餌活性は、森林河川の夏季水温に該当する 12°C 時に最大となり、3°C および 18°C 以上の水温時には低下した。トビケラの採餌活性は、12°C で高く、3°C 時に低いが、魚類と異なり 21°C 時でも採餌を行った。藻類生産は水温の上昇とともに増大し 15°C 以上で頭打ちの傾向がみられた。群集レベルの実験の結果、トップダウン効果は 12°C の時に発現したが、低水温および高水温時には、明瞭な捕食圧は認められなかった。これらの実験から、魚類の存在下であっても、捕食圧の発現が水温によって左右されることが明らかになった。本研究により、捕食者の採餌活性は水温によって変化するため、群集構造が水温条件に大きく依存することが示された。

3. 河畔域における森林施業は、河川棲生物群集にしばしば影響を及ぼす。農地化や都市化に伴う河畔林伐採だけでなく、商業目的の人工林化によっても河川環境の改変が予想される。日本における森林施業では、堰堤や林道の敷設がしばしば流路沿いで行われるので、河川環境の改変が起こるものと予想される。本研究では、北海道東部の知床半島の 12 河川において、森林施業に起因する河川水温の変化と、河川生物群集（オショロコマ・藻類食水生昆虫・藻類）の現存量の応答について検証した。その結果、人工林が流域に占める割合と河川水温との間に正の相関が認められ、水温上昇によってオショロコマ現存量が減少する傾向が示されたが、生物間相互作用を介した水温の間接効果は認められなかった。本研究において、森林施業地での河畔林除去が河川水温の上昇を引き起こし、高水温がオショロコマを減少させる傾向が示された。今後、適正な河畔林維持を行わなければ、将来地球温暖化による温度上昇が起こった場合、オショロコマ減少を加速させることが懸念される。
4. 日本の大部分の河川には、治山・砂防堰堤が多数設置されている。これまでの諸研究により、これらの堰堤が回遊性魚類の移動を阻害している事例が明らかにされつつある。堰堤設置は、同時に河川の温度環境を改変する深刻な要因のひとつとして考えられてきたが、堰堤設置後の河川環境改変による生物群集への影響については解明が進んでいない。本研究は、河川水温がオショロコマ・藻類食水生昆虫・藻類の各現存量とそれら 3 者間の生物間相互作用に及ぼす影響を検証した。その結果、堰堤設置区間は、対照区間よりも樹冠被覆が小さく、夏季最高水温が高く、魚類密度が小さかった。また回帰分析の結果、河畔林伐採に起因する高水温が魚類を減少させる要因になることを示した。しかし、藻類食水生昆虫と藻類の各現存量の変化や魚類からのトップダウン効果の発現は、いずれも確認されなかった。トップダウン効果の強度は、従来しばしば捕食者の現存量によって説明されていた。その要因として、調査年の日照時間が例年よりも短かったため、水温上昇とそれに伴う魚類の減少が不十分であり、藻類食水生昆虫への捕食圧が作用しなかったものと推測される。また採餌活性の低下は、比較的小幅の水温上昇によっても生じるので、魚類の存在にかかわらず捕食圧が作用しない可能性も考えられる。本研究は、水温に対する捕食者の採餌活性の改変がトップダウン効果の強度を規定する可能性を示唆した。
5. 本研究において、まず河川水温がオショロコマの生息を規定する最も重要な要因であることが示された。知床半島の河川における野外調査の結果、森林施業や堰堤設置による河畔林伐採が水温上昇を引き起こしており、本種の生息密度を低下させていることが明らかとなった。本研究では、当初、水温上昇に伴う魚類減少により、下位栄養段階の生物の現存量に変化が起こるものと予想したが、これら調査では、藻類食水生昆虫および藻類の現存量に対する魚類のトップダウン効果は確認されなかった。また藻類食水生昆虫および藻類に対する直接的な水温の作用は認められなかった。しかし捕食者（魚類）の存在・不在にかかわらず、温度変化に伴う魚類の採餌活性の変化は、藻類食水生昆虫へのトップダウン効果や、さらに藻類への間接効果（トロフィックカスケード）の発現を左右する要因であることが室内水槽実験によって示された。これらの結果から河川生物群集に対する温度環境の重要性について論議

した。さらに、これら河川生物に最適な温度環境を維持するには、河畔域における緩衝帯の設定や植生が消失した箇所での植林が有効であり、これが倒木・落葉・陸生昆虫の供給といった他機能の維持にも貢献するものであることを考察した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 前 川 光 司
副 査 教 授 齋 藤 裕
副 査 教 授 中 村 太 士
副 査 助 教 授 齋 藤 隆

学位論文題名

Effects of thermal habitat alteration due to riparian disturbance on the stream community in boreal streams of Hokkaido, Japan

(北海道の河川生物群集における人為的攪乱による温度環境改変の影響)

本研究は85ページの英文論文で、引用文献150を含み、5章で構成されている。他に参考論文9編が添えられている。

水温は、水生生物に影響を及ぼすもっとも重要な環境要因のひとつである。水温変化は、生物の地理分布・流程分布・生息場所利用・成長・生存に大きな影響をもたらす可能性がある。近年、河川の温度環境は、河畔域における人間活動により大きく改変されつつある。日本の河川においても、堰堤設置や森林施業といった人為的攪乱による水温環境の改変が懸念されている。本研究は、まず水温変化に伴う生物群集構造（捕食性魚類・藻類食水生昆虫・藻類からなる3栄養段階系）の応答について室内水槽実験により検証を行った。また野外調査により、流域における森林施業や流路への堰堤設置による河川温度環境の改変と生物群集の応答について検討した。

水温の3栄養段階系の群集構造に対する影響について明らかにするために、捕食性魚類（オシロコマ *Salvelinus malma*）の採餌活性、藻類食水生昆虫（ヤマトビケラ *Glossosoma* sp.）の採餌活性、藻類の生産量の水温に対するそれぞれの応答（種レベルの実験）と、下位の栄養段階に対する捕食者のトップダウン効果と水温との関係（群集レベルの実験）を水槽実験により検証した。種レベルの実験の結果、魚類の採餌活性は、森林河川の夏季水温に該当する12℃時に最大となり、3℃および18℃以上の水温時には低下した。トビケラの採餌活性は、12℃で高く、3℃時に低いが、魚類と異なり21℃時でも採餌を行った。藻類生産は水温の上昇とともに増大し15℃以上で頭打ちの傾向がみられた。群集レベルの実験の結果、トップダウン効果は12℃の時に発現したが、低水温および高水温時には、明瞭な捕食圧は認められなかった。これらの実験から、魚類の存在下であっても、捕食圧の発現が水温によって左右されることが明らかになった。

河畔域における森林施業は、河川棲生物群集にしばしば影響を及ぼす。日本における森林施業では、堰堤や林道の敷設がしばしば流路沿いで行われるので、河川環境の改変が起こるものと予想される。本研究では、北海道東部の知床半島の12河川において、森林施業に起因する河川水温の変化と、河川生物群集（オショロコマ・藻類食水生昆虫・藻類）の現存量の応答について検証した。その結果、人工林が流域に占める割合と河川水温との間に正の相関が認められ、水温上昇によってオショロコマ現存量が減少する傾向が示されたが、生物間相互作用を介した水温の間接効果は認められなかった。本研究において、森林施業地での河畔林除去が河川水温の上昇を引き起こし、高水温がオショロコマを減少させる傾向が示された。

日本の大部分の河川には、治山・砂防堰堤が多数設置されている。堰堤設置は、同時に河川の温度環境を改変する深刻な要因のひとつとして考えられてきたが、堰堤設置後の河川環境改変による生物群集への影響については解明が進んでいない。本研究は、河川水温がオショロコマ・藻類食水生昆虫・藻類の各現存量とそれら3者間の生物間相互作用に及ぼす影響を検証した。その結果、堰堤設置区間は、対照区間よりも樹冠被覆が小さく、夏季最高水温が高く、魚類密度が小さかった。また回帰分析の結果、河畔林伐採に起因する高水温が魚類を減少させる要因になることを示した。しかし、藻類食水生昆虫と藻類の各現存量の変化や魚類からのトップダウン効果の発現は、いずれも確認されなかった。その要因として、調査年の日照時間が例年よりも短かったため、水温上昇とそれに伴う魚類の減少が不十分であり、藻類食水生昆虫への捕食圧が作用しなかったものと推測された。本研究は、水温に対する捕食者の採餌活性の改変がトップダウン効果の強度を規定する可能性を示唆した。

本研究は、まず河川水温がオショロコマの生息を規定する最も重要な要因であることを示し、さらに森林施業や堰堤設置による河畔林伐採が水温上昇を引き起こし、それが本種の生息密度を低下させていることを明らかにした。これらの結果から河川生物群集に対する温度環境の重要性について論議した。さらに、河川に生息する生物に最適な温度環境を維持するには、河畔域における緩衝帯の設定や植生が消失した箇所での植林が有効であり、これが倒木・落葉・陸生昆虫の供給といった他機能の維持にも貢献するものであることを考察した。

以上のように本研究は、人為的改変による水温の変化が魚類および河川の生物群集に与える影響について明らかにしようとしたものであり、得られた成果は学術的に貴重なものであり、その応用のための基礎資料としても高く評価される。よって審査員一同は、岸大助が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。