

5. 四万十川流域における環境保全型農林水産業による清流の保全に関する研究

担当機関 農林水産省 独立行政法人森林総合研究所 鳥居厚志

重点強化事項 土壌	研究期間	平成 11 年度 平成 14 年度
	研究予算総額	47,626 千円

研究の背景と目的

高知県を流れる四万十川は「日本最後の清流」というキャッチフレーズのもと、河川管理、環境問題に関わる様々な方面から注目される存在である。高知県では、2001 年に「四万十川条例」を施行、2003 年には「森林環境税」を導入するなど、水質や流域景観の保全のための取り組みが進みつつある。これまで四万十川の清流が保たれてきた理由として、流域人口の少なさと、流域の多くを占める森林の存在が挙げられている。しかし、流域市町村の過疎化や人工林化の進んだ森林の手入れ不足、農地の管理水準の低下が進むとともに、農業構造の変化もみられるため、水質変化の実態把握と、水質維持のための予防的な見地からの研究が必要である。

これらの点を踏まえ、本研究では農業地帯や森林地域からの水質負荷の実態を解明することを第一の目的とする。次に、水生生物相と流域の特性との対応を把握し、水生生物相を流域環境の指標にすることを第二の目的とする。さらに、森林や農地からの汚濁流出負荷を抑制する技術の提案を第三の目的とする。

研究の成果

(1) 農業地域や森林地域からの水質負荷の実態

四万十川流域で最も農業（畜産含む）生産規模が大きい窪川町をモデルに、河川への窒素汚濁負荷の推移を汚濁源別に推定したところ（原単位法による）、畜産系の占める割合が大きく、その増減が流域全体の汚濁負荷に大きく影響するものとみられた（図 1）。そこで窪川町の代表流域（815ha）において流量と水質の測定を行い、それらと農家調査データなどをもとに窒素負荷量を排出源別に推定するモデルを作成した。その結果（図 2）、河川への窒素負荷量を排出源別にみると、田畑から地下へ浸出するルートが最も多く（その多くは、堆肥や化成肥料として田畑へ投入されたもの）、その中でもショウガ作による影響が大きかった。次いで畜産排水からの負荷が大きかったが、畜産ふん尿は直接的な排水以外に、堆肥や未熟ふん尿として多量に田畑へ投入されることの影響が大きいと言える。総排出負荷量のうち河川末端へ流達するのは 70% であり、残りの 30% は作物に吸収され収穫物として持ち出されるか、脱窒などで揮散すると考えられた。ここで得られた数値を用いて広域の水質予測を行った結果は、実測値と良く適合し、より広い範囲の水質予測に有効であると考えられた。以上の結

果をもとに、水質汚濁に配慮した農業生産方式を検討・提言する。

森林からの汚濁負荷実態を明らかにするために、広域における多点水質調査(91流域、2000年夏と2001年冬に実施)と橿原町内の小流域固定試験地における定期水質・流量調査(5流域、月2回で3年間実施)、雨水調査などを行った。広域多点調査の結果、全ての流域で硝酸態窒素濃度は0.6mg/L以下(豊水期平均0.159mg/L、渇水期平均0.254mg/L)で、とくに問題となるレベルの汚濁はみられなかった。橿原町の定期調査では、天然林流域よりも人工林流域の方がやや硝酸態窒素濃度が低いこと、平時には硝酸態窒素濃度は低いレベルにあるが(0.1～0.6mg/L)降雨後の増水時には急激に上昇すること(図3)、上流から下流に向かって硝酸態窒素濃度が減少する(自然の浄化作用)場合もあることなどが明らかになった。また、各流域の単位面積当たりの年間窒素負荷量は、年によってばらつきが大きい、0.8～5.4kg/haの範囲であった(図4)。これは水田(40kg/ha)や畑(100～600kg/ha)と比べてはるかに小さいのはもちろん、降水(11kg/ha)よりも小さかった。これらの結果から、人工林化が河川水質に悪影響を及ぼす可能性は小さく、窒素フローからみれば限り森林は降水を浄化して下流へ清澄な水を供給していると考えられる。

(2) 流域環境指標としての水生生物相の評価と水産資源

流域環境の指標生物として、水域生態系の上位捕食者であるトンボに着目し、流域に生息する88種について、6千件以上の生息地データを解析した。トンボ種は、生息地の環境条件に基づいて5つのグループに分類できた(図5)。生息条件として最も重要な地理要因は、生息地の起伏量であった。起伏量の増加にともなって、平地群I+II、山裾群III+IV、山地群Vと種組成が変化し、止水種から流水種へと移行すると同時に、幼虫の水質選好性も変化した。高知県が選定したレッドリスト種の割合は、平地群I+IIと山地群Vが高く、山裾群III+IVではやや低かった。これらの中から平地群13種、山裾群10種、山地群5種を、各流域景観の環境変化を指標する種として選定した。平地群は市街地開発や農業影響の指標となるが、一部の種は既に生息域が著しく縮小しており、今後の「回復期待種」とみなせる。山裾群はおもに農業、山地群は林業による水域や植生の劣化を監視する指標となろう。以上の結果は流域環境のモニタリングやアセスメントに有効であり、たとえばFSC認証(持続的な森林利用等に関して最も権威のある国際認証制度)地のモニタリングなどに活用できる。

魚類相について、上・中流域で8科23種が確認できた。ただし比較的水質の変化に鈍感な(汚濁に堪えられる)種が多いので、水質や流域環境の指標とはなりにくい。そこで、堰堤などの存在が魚類の生息に与える影響を検討するため、ほぼ全域で確認された純粋な在来種(アユのように他水系からの放流がない)であるタカハヤについて、遺伝的多様性と地理的分化を調べた。その結果、遺伝的にいくつかの集団に分かれたが、堰堤等の影響というよりは河川流路の変化など地史的な要因によるものと推察された。また、流域各地に生息するアユの遺伝的多様性と摂餌特性、エサである藍藻・ケイ藻類の分布から判断して、十分な資源量が確保されていると考えられた。

(3) 森林や農地からの汚濁負荷を抑制する技術の提言

(1) で明らかになった農地における肥料投入と汚濁負荷の実態を踏まえ、水稻・大豆・ショウガ作における施肥削減メニューを検討し、(i) 現行の施肥量に対し、化成肥料のみを2割削減、(ii) 堆肥のみを2割削減、(iii) 化成肥料を堆肥で2割代替、の3つの方式を想定した。これらを、(1)で開発した広域河川水質予測モデルに当てはめたところ、図6のように(iii)方式が最も有効と考えられた。(iii)方式は耕作地への窒素投入量に変化がないので作物の品質を維持でき、現地農家へも比較的受け入れられやすく、未熟ふん尿の野積みや投棄を抑制する効果を期待できる。ただし堆肥は、化成肥料に比べて施用効果が見極めにくいとされており、普及のためには高品質の堆肥製造能力の強化と検証試験が必要であろう。

森林地域から流出する水は清澄であり、水質上の問題はないことが(1)で明らかになったが、現在人工林の手入れ不足が問題となっている。とくに流域の多くを占めるヒノキ人工林では、間伐が行われずと林内照度が極端に低くなり、下層植生の消失、表層土壌の侵食を招きやすいとされている。大雨時の河川の濁りや、土壌資源の流亡を抑制するためには、林内照度を保ち、下層植生を維持することが重要である。そこで、間伐や枝打ちの有無、それら施業の強度、施業からの経過年数と林内照度、下層植生量の関係を解析し、下層植生維持のための林分密度管理のガイドラインを作成した(図7)。このガイドライン通りの施業を行った場合、一般的な管理に比べて総材積収穫量の低下は5~10%程度にとどまると推定できるが、材質的な低下(無節性の低下)をいかに抑えるかが課題と考えられる。

広大な流域全体の森林資源の空間分布解析・評価を行うために、林業センサデータによる動向分析、GPSカメラによる流域写真データベースの開発、衛星写真による土地被覆分類などを行った。GIS上でこれらを組み合わせることで、林分密度管理ガイドラインを、より効率的に活用することができる。

研究のまとめ

四万十川の清流を保全するために、汚濁負荷の実態解明を行い、負荷軽減のための農業生産方式、森林管理方式を検討した。また、流域環境を指標する水生生物種を選定した。森林からの窒素流出は少なく、農業地域では畜産ふん尿の処理と肥料投入が問題となっていた。そこで、農地に投入する化成肥料の一部を堆肥で代替する方式を提案した。森林地域では、表土の流亡を抑制することが重要であり、下層植生を維持するための人工林の密度管理のガイドラインを示した。また、流域環境の指標種として、トンボ類28種を選定した。

以上の成果は、当初の目標を十分に達成しており、農林業生産や流域保全モニタリングの現場への導入が期待できる。ただし、農業に関しては堆肥の肥効の検討と負荷軽減の検証試験が必要であり、また林業に関しては材質低下のクリアーと伐採・林道開設等のインパクト評価の問題が残されている。

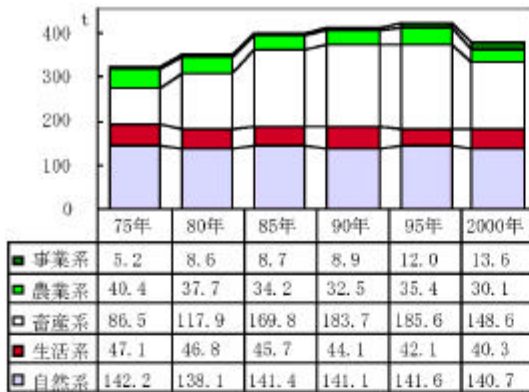


図1 流域各系からの窒素負荷

資料：水質特定事業場届出一覧、農業センサス、高知県農林水産統計年報、国勢調査、林野面積調査、高知県森林局・四国森林管理局資料。

注：推計の方法ならびに使用した原単位は以下のとおり。

事業系－各事業の排水濃度と各事業所の地域内平均排水量の積を原単位として使用。農業系－水田0.0128、畑0.0423、樹園地0.1246 t/ha・年。畜産系－乳用牛0.0584、肉用牛0.032、豚糞0.0077・尿0.0044、採卵鶏0.0007、ブロイラー0.0005 t/頭羽・年。生活系－し尿0.0033、雑排水0.0007 t/人・年。自然系－林野0.004 t/ha・年。

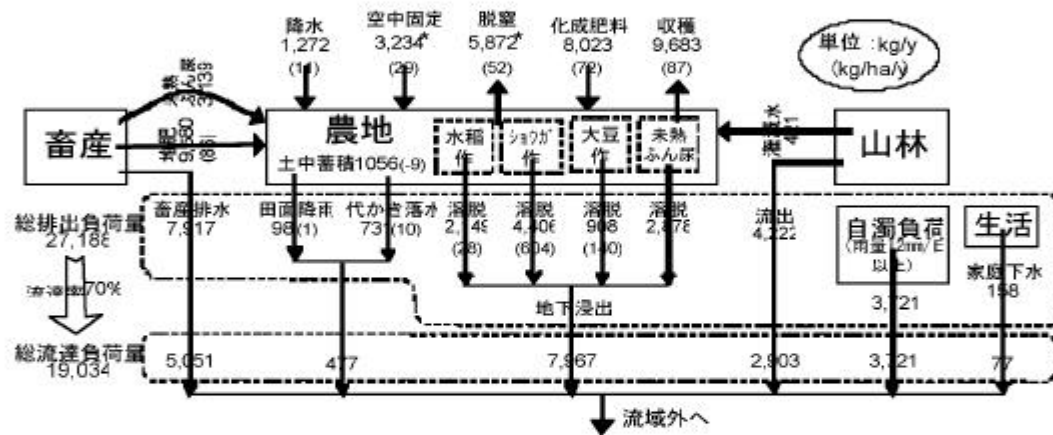


図2 調査流域における2000年3月16日～2001年3月15日の年間窒素フロー (単位、kg/年；カッコ内単位、kg/ha/年；*は文献値より推計)

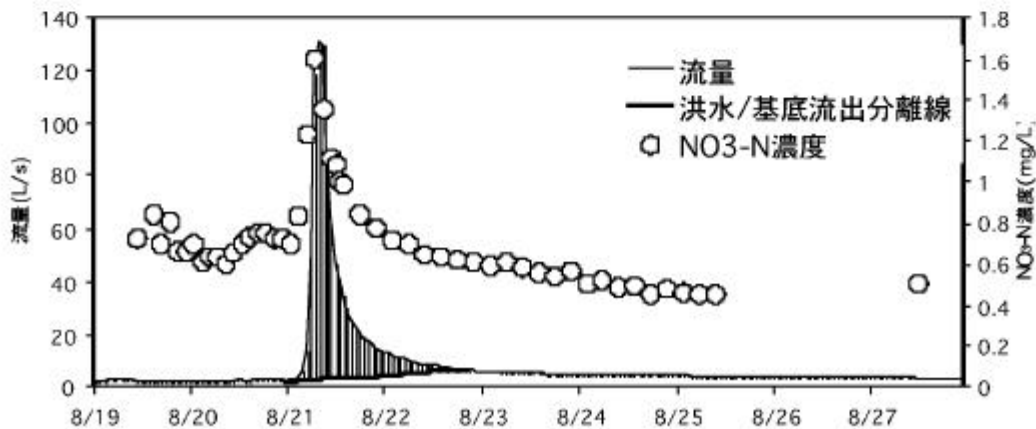


図3 試験地小流域における降雨流出時の流量と硝酸態窒素濃度の変動

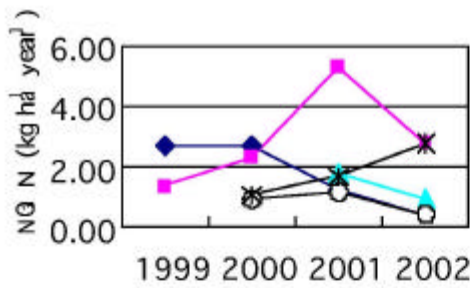


図4 各流域における硝酸態窒素の年間比負荷量の推移

▲ 人工林 ○ 天然林
◆ 流域 * 流域

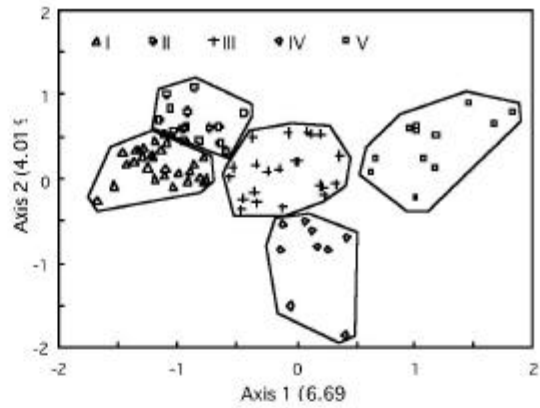


図5. 応分析(CA)によるトシボ種の座標付けと群分類

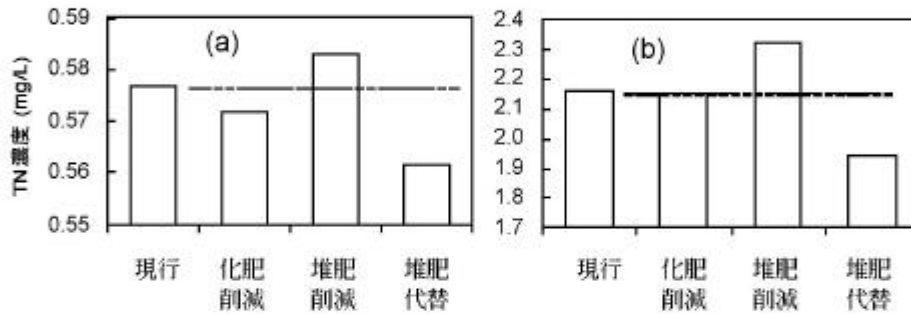


図6 (a) 家地川堰堤(四万十川の窪川地域末端)および(b) 奈路橋(養豚団地の下流河川)における現行、対策1(化肥削減)、対策2(堆肥削減)、対策3(堆肥代替)の年間平均窒素濃度の変動予測

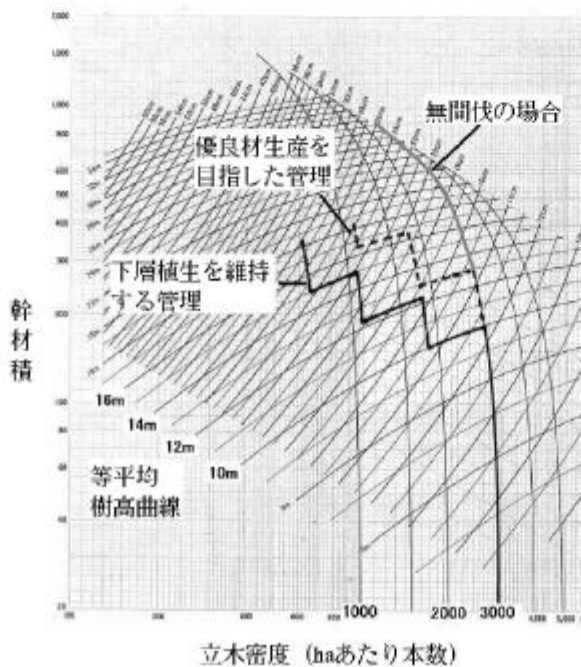


図7 ヒノキ林で下層植生を維持する管理

一般的な管理(破線)に比べて、下層植生を維持する管理(黒い実線)では間伐の回数は増え(間伐時に線上を等樹高線に沿って移動する)、幹材積収穫量が5~10%程度低下する。

研究発表

発表題名	掲載法 / 学会等	発表年月	発表者
(誌上発表) ・小規模河川の流量観測におけるドップラー式超音波流速センサーの簡易適用法	四万十・流域圏学会誌 1	14. 2	吉田正則・村上敏文
・ドップラー式超音波流速センサーによる小規模河川の簡易流量測定法	近畿中国四国農業研究成果情報(平成13年度)	14. 9	吉田正則・村上敏文
・農業地域における窒素動態のモニタリング・モデリングと河川水質の改善方策	近中四農研ニュース第8号	15. 2	吉田正則
・成熟したスギとヒノキの人工林における窒素無機化および硝化特性	日本林学会誌 84	14. 8	稲垣善之・山田毅
・森林小流域からの硝酸態窒素負荷に関するLQ式の適用	四万十・流域圏学会 1	14. 2	篠宮佳樹・山田毅
・四万十川源流部の森林土壌における硝化特性	四万十・流域圏学会 1	14. 3	篠宮佳樹・山田毅・吉永秀一郎・鳥居厚志・稲垣善之
・山地小流域におけるpHと硝酸イオン濃度	森林応用研究 11	14. 2	稲垣善之・山田毅・篠宮佳樹
・水辺があっても森がなくては - トンボ	四万十・流域圏学会 1	12. 2	山田毅・篠宮佳樹・吉永秀一郎
・トンボを通じて流域環境を評価する	「里山を考える101のヒント」、日林協	14. 2	前藤 薫
・四万十川流域におけるトンボ類生息地の地理的解析	森林総研四国情報 27	2003. 3	前藤 薫
・森林の水源かん養機能に関する研究の現状と機能の維持・向上のための森林整備のあり方	昆虫(ニューシリーズ)	13. 10	前藤 薫・光後圭枝・小谷英司・宮田弘明・杉村光俊
・GISを利用した原単位法による四万十川流域の全窒素負荷量の推定	水利科学 261	15. 3	竹内郁雄ほか
	森林応用研究		小谷英司

工業所有権

なし