

学位論文題名

積雪寒冷地における農業流域の
土地利用と水質環境に関する研究

学位論文内容の要旨

1 研究の背景と目的

近年、世界的に環境問題が注目されている。そして、農業もまた、環境汚染原因のひとつであると指摘されるようになった。このような状況のなかでは、もはや環境に負荷をかける営農は許されなくなってきており、環境に調和した持続性の高い農業生産方式への転換が強く求められている。

水は地域環境の重要な構成要素であり、水質保全に配慮した農業は、地域環境保全にも大きく貢献すると考えられる。本研究は、積雪寒冷地の農業流域を対象とした水質水文調査を通じて、流域の土地利用と水質環境の関係を明らかにしたものである。さらに、融雪・融凍期における河川水質特性を詳細に検討することで、積雪寒冷地の農業流域における水質環境保全のための流域管理について考察を加えた。

2 流域の農業的土地利用と河川水質

融雪・融凍期の水質環境を明確に位置づけるため、対象流域における夏期平水時のデータにもとづいて、農業的土地利用が水質環境に及ぼす影響について検討した。

1) 北海道後志管内と上川管内の畑作・畜産を主とした複合型土地利用形態の2流域を比較し、河川水質（おもにN, P）と農地の平面配置、畜産農家の規模・配置、河畔の状況の関係について考察した。両流域とも、発生する家畜糞尿を堆肥化して農地に還元した場合、流域内での作物栽培に必要なとされる量を超過しており、水環境への影響が懸念された。とくに、畜産規模の大きい場合にT-N濃度が高くなっていた。また、河畔まで農地が拡がり、畜産農家が河川近傍に位置すると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ とT-P濃度が高くなり、河畔の土地利用や畜産農家の位置が、発生した家畜糞尿の流出率に大きく影響することが示唆された。

2) 釧路管内の大規模酪農草地流域における河川水質（おもに $\text{NO}_3\text{-N}$ ）の実態から、流域の土地利用や河畔の状況、河川の形態との関係を明らかにすることを試みた。その結果、流域の草地率、飼養頭数密度、河川改修率、が高い場合に濃度が高くなる傾向が認められた。水質環境保全のためには、環境容量の範囲内での営農が最も重要であること、河畔林や湿地による水質浄化機能を十分に活かすには、その平面配置が重要であること、などが示唆された。

3 多雪地域の農業流域における融雪期の水質環境

多雪・土壌非凍結地域の農業流域（上記2, 1))で融雪期の水質調査を行った。

1) 窒素流出挙動を、融雪初期、融雪盛期、融雪後期に区分して検討した結果、以下の事項が明らかになった。①融雪初期には、溶存態成分が高濃度で流出するが、懸濁態成分の

流出は少ない。②融雪盛期では、地下溶脱成分濃度は昼間に減少するものの、その負荷はほとんど日変動せず、長期的には浸透流量の増減に対応して変動する。また、溶存態の表面流出成分は濃度、負荷共に昼間に増加する。長期的には濃度は減少傾向を示し、負荷はほぼ一定で推移する。一方、懸濁態成分は、流量、SSの増加に伴い高濃度で流出する。

③融雪後期における各水質の短期的流出状況は、融雪盛期と類似している。長期的変動をみると、地下溶脱成分は、同程度の水文状況で盛期より後期の方が低濃度であった。このことは、流域内の窒素成分蓄積量が減少したことを示唆している。また、溶存態の表面流出成分と懸濁態成分は、濃度、負荷とも低下する。

2) N, P, SSおよび主要イオン濃度の連続データを主成分分析し、水質変動を3主成分に統合した。湧水と表面流去水水質から、これら3主成分は、水質成分が河川に流出する際における流出形態(溶存態/懸濁態)と流出経路(地表面/地下)を表すと解釈できた。すなわち、第1主成分が地表面経路による溶存態成分の流出、第2主成分が高流量時における地表面経路の懸濁態成分流出、第3主成分が地下経路による溶存態成分の流出を示すと考えられた。求められた主成分のうち、とくに第1、第3主成分の性質は、農業的土地利用が高度に進んでいること、河川間際まで農地が広がり河川周辺に畜舎が存在することなど、流域の農業活動を大きく反映していた。

4 少雪寒冷地域の農業流域における融雪融凍期の水質環境

少雪寒冷・土壌凍結地域の農業流域(上記2, 2))で融雪融凍期の水質調査を行った。

凍結土壌は難透水性であるため、融雪水の地盤への浸入が妨げられる。SiO₂を指標として流出分離を試みた結果、流量増加の大部分は表面流出であることが示された。また、地盤が凍結している場合、土壌による濾過・捕捉機能がほとんど発揮されず、草地や畜産施設等の負荷発生源から流出した物質は、河川からの距離に関係なく表面流去水に伴って河川に流出していた。北海道東部の酪農地域では、冬期間は家畜糞尿を草地に還元できないこともあって、堆肥盤や畜舎周辺等の一次貯留施設、パドック等からの汚水の流出、草地での堆肥の野積み、不適切な糞尿散布などが一部にみられる。これら地表面に大量に存在している汚濁物質が、融雪期の表面流去水に伴われて河川に流出すると思われる。調査流域(12.7km²)における融雪融凍期(51日間)の河川流下負荷量は、降水由来の負荷量を除くと窒素が9.2t、リンが0.7tと試算された。これは、当該流域で飼養する家畜から一年間に排出される糞尿に含まれる窒素・リン負荷量(N:180.9t, P:31.8t, 家畜糞尿原単位から算出)のそれぞれ5%, 2%に相当した。

5 まとめ

多雪・土壌非凍結流域では、様々な経路から水質汚濁成分が河川に流出していた。融雪期特有の汚濁物質の流出を抑制するためには、施肥法など圃場管理上の工夫や、十分な容量をもった畜産廃棄物処理施設の設置等が不可欠である。また、傾斜農地が多い流域では、汚濁物質が河川に流出しやすい状況を改善するために、圃場周辺や河川周辺に緩衝林帯を設置することも有意義、かつ重要と考えられる。

少雪・土壌凍結流域では、冬期間に土壌が凍結するため、融雪水の大部分は表面流去水となって河川に流出する。そのため、土壌凍結地域における融雪融凍期の水質環境保全には、負荷を発生させない「汚濁源対策」が最も重要な対策であるといえる。これを実現するためには、施設容量に適合した規模の経営を行い、植生による吸収の期待できない時期の糞尿施用は避ける必要がある。

積雪寒冷地の農業流域では、短期間の融雪・融凍期に汚濁物質が高濃度、高負荷で流出し、水質環境に多大な影響を与えている状況が明らかになった。しかし、この状況は土壌

の凍結／非凍結条件で大きく異なる。すなわち、汚濁源対策は当然として、発生した汚濁物質の流出抑制には、流域の状況に応じた対策が重要であると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 長 澤 徹 明
副 査 教 授 矢 沢 正 士
副 査 教 授 波 多 野 隆 介
副 査 助 教 授 井 上 京

学 位 論 文 題 名

積雪寒冷地における農業流域の 土地利用と水質環境に関する研究

本論文は6章からなり、図47、表13、引用文献119を含む総頁数110の和文論文である。別に参考論文2編が添えられている。

1. 研究の背景と目的

近年、世界的に環境問題が注目されている。そして、農業もまた、環境汚染原因のひとつとして指摘されるようになった。水は地域環境の重要な構成要素であり、水質保全に配慮した農業は、地域環境保全にも大きく貢献すると考えられる。本研究は、積雪寒冷地の農業流域を対象とした水質水文調査を通じて、流域の土地利用と水質環境の関係を明らかにしたものである。さらに、融雪・融凍期における河川水質特性を詳細に検討することで、積雪寒冷な農業地域における水質環境保全のための流域管理について考察を加えた。

2. 流域の農業的土地利用と河川水質

融雪・融凍期の水質環境を明確に位置づけるため、対象流域における夏期平水時のデータにより、農業的土地利用が水質環境に及ぼす影響について検討した。その結果、流域の農地率、家畜飼養頭数密度、河川改修率が高い場合に、水質濃度が高くなる傾向が認められた。また、河畔まで農地利用されたり、畜産農家が河川近傍に位置すると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と T-P 濃度が高い。すなわち、河畔の土地利用や畜産農家の位置が、河川水質に大きく影響することが明らかとなった。そして、水質環境保全のためには、環境容量の範囲内での営農が最も重要であること、河畔林や湿地の緩衝機能を十分に活かすには、その平面配置が重要であること、などが示唆された。

3. 多雪地域の農業流域における融雪期の水質環境

冬季に土壌が凍結しない多雪地域の農業流域で融雪期の水質調査を行った結果、以下のことが明らかとなった。

1) 融雪期を初期、盛期、後期に区分して検討した結果、窒素流出挙動には次のような特

徴が認められた。①融雪初期には、溶存態成分が高濃度で流出する。②融雪盛期では、地下溶脱成分はほとんど日変動せず、長期的には浸透流量の増減に対応して変動する。一方、懸濁態成分は、流量、SSの増加とともに高濃度で流出する。③融雪後期には、同程度の水文状況で盛期より地下溶脱成分が低濃度であった。このことは、流域内の窒素成分蓄積量が減少したことを示唆している。

2) N, P, SSおよび主要イオン濃度の連続データを主成分分析した結果、河川水質は、①地表面経路による溶存態成分の流出、②高流量時における地表面経路の懸濁態成分流出、③地下経路による溶存態成分の流出、から構成されると考えられた。このうち①、③は、農業的土地利用が高度に進んでいる、河川間際まで農地利用されている、河川周辺に畜舎が配置されていることなどに影響され、流域の農業活動を反映するものである。

4. 少雪寒冷地域の農業流域における融雪融凍期の水質環境

冬季に土壌が凍結する少雪寒冷地域の農業流域で融雪融凍期の水質調査を行った結果、以下のことが明らかとなった。

凍結土壌は難透水性であるため、融雪水の地盤への浸入が妨げられる。SiO₂を指標として流出分離を試みた結果、流量増加の大部分は表面流出であることが確認された。また、地盤が凍結している場合、土壌による濾過・捕捉機能がほとんど発揮されず、草地や畜産施設等の負荷発生源から流出した物質は、河川からの距離に関係なく表面流去水に伴って河川に流出していた。北海道東部の酪農地域では、冬期間は家畜糞尿を草地に還元できないこともあって、堆肥盤や畜舎周辺等の一次貯留施設、パドック等からの汚水の流出、草地での堆肥の野積み、不適切な糞尿散布などが一部にみられる。これら地表面に大量に存在している汚濁物質が、融雪期の表面流去水とともに河川に流出すると考えられる。

5. まとめ

多雪・土壌非凍結流域では、様々な経路から水質汚濁成分が河川に流出する。融雪期特有の汚濁物質の流出を抑制するためには、施肥法など圃場管理上の工夫や、十分な容量をもった畜産廃棄物貯留施設の設置等が不可欠である。また、傾斜農地が多い流域では、汚濁物質が河川に流出しやすい状況を改善するために、圃場周辺や河川周辺に緩衝林帯を配置することも有意義、かつ重要と考えられる。

少雪・土壌凍結流域では、冬期間に土壌が凍結するため、融雪水の大部分は表面流去水となって河川に流出する。このような環境にある酪農地域の融雪融凍期の水質環境保全には、「汚濁源対策」が最も重要な課題となる。これを実現するためには、施設容量と経営規模の整合性をはかるとともに、植生による吸収の期待できない時期の糞尿施用は避ける必要がある。

以上のように本研究は、積雪寒冷地における農業流域の土地利用と水質環境の関係を詳細に検討し、多雪・土壌非凍結地域と少雪・土壌凍結地域それぞれの融雪融凍期における河川水質特性を明らかにした。その成果は、積雪寒冷地の農業流域における水質環境保全に役立つと期待されるとともに、学術的にも高く評価される。よって審査員一同は、鶴木啓二は博士（農学）の学位をうけるのに十分な資格を有するものと認めた。