

氏名（本籍）	都築克紀（愛知県）
学位の種類	博士（工学）
学位記号番号	甲第 117 号
学位授与年月日	平成 12 年 3 月 24 日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	流域内物質収支に及ぼす土地被覆状態の影響評価 (Influence of land coverage on the mass balance in river basins)
学位論文審査委員	(主査) 教授 湯浅晶 (副査) 教授 藤田裕一郎 教授 松井佳彦 助教授 篠田成郎

論文内容の要旨

様々な人間活動により引き起こされる大気汚染、酸性雨、水質汚濁などの環境問題は、年々深刻化してきている。このような環境問題を考えるとき、土地利用形態や経済活動状況などの人間活動状況を空間的な分布情報として検討・評価する事が重要となる。とくに、水質環境の問題は、水の循環過程をある程度閉じた系として扱える流域規模のシステム(流域環境システム)での検討が有用であると考えられる。

本研究では、物質収支に及ぼす流域内の土地被覆状況の影響を評価することを目的とし、山地森林域、都市小河川流域および広流域における現地観測データと解析モデルを用いて土地被覆状況が及ぼす窒素およびリンの収支に与える影響を検討した。以下に、本研究で得られた主な成果を示す。

まず、森林の持つ窒素固定機能を定量的に把握するために、広域な森林流域における現地観測結果および詳細な土地被覆情報に基づく多変量解析により、山地森林内の渓流水中全窒素濃度に及ぼす土地被覆分布特性の影響について検討した。

- ・ 植生の成長率および単位面積当たりの材積が大きな集水域ほど、植生に吸収される土壌中窒素量が多くなると考えられ、その結果として、渓流水中の全窒素濃度が低くなることを示した。逆に、落葉量が少なく土壌への窒素要求量が小さいと推測される落葉針葉樹において、渓流水中の全窒素濃度が高くなることを示した。
- ・ 従来は不明であった渓流水中への窒素流出濃度と林齢の関係について、林齢、成長率および材積相互の関係を検討した結果、林齢の及ぼす影響を植生の成長率と材積の両者の効果として捉えることにより、一つの明快な解釈を与えることができた。
- ・ 成長率、材積および落葉針葉樹面積割合ほど顕著な影響はないものの、褐色森林土壌群（B群）に種別される土壌では、リターなどを分解する微生物の活動が活発となるため、土壌から流出しやすい無機態窒素が多量に存在することになり、渓流水中の全窒素濃度を高くする傾向にあることを示した。

- ・ 森林の窒素固定機能を効果的に発揮させるためには、植生の成長率と材積を高く維持できるような適切な林業施策とカラマツなどの落葉針葉樹の適切な配置・管理が重要になることを述べた。

次に、森林流域内での窒素収支に及ぼす植生分布の多様性の影響を定量的に評価することのできるモデルを提案するとともに、広範囲な現地森林域での観測結果を用いてモデルの適用性を検証した。

- ・ 森林流域内での窒素収支から、渓流水中全窒素負荷量や森林生態系内の全窒素増加量と植生特性量との関係を表すモデルを提案した。
- ・ このモデルを現地観測データに適用することにより、森林内植生の成長量や材積が大きな集水域ほど渓流水として流出する全窒素負荷量が低減される傾向を見だし、森林の窒素固定能力が植生の活性度とバイオマスによって決定づけられることを明らかにした。

また、晴天期における都市内小河川流域における水文・水質観測および対象流域内の詳細な土地利用分布・流路網調査を実施するとともに、流域内の土地利用の空間的配置を考慮した物質の排出・流下過程を表す簡便なモデルの提案を通じて、都市内小河川流域での水量、全窒素および全リンの流出特性に及ぼす土地利用分布の影響について検討した。

- ・ モデルにより推定された耕地からの排出負荷原単位は建物用地に比べ小さいものの、濃度として評価すると耕地の方が建物よりも高くなることを明らかにした。このため、下水道整備率の高い都市内小河川での窒素・リン流出現象では、都市内にわずかに残存する耕地からの寄与が無視できないほど顕著となる可能性があることを示した。
- ・ 晴天時における流下過程での物質質量（流量、全窒素負荷量、全リン負荷量）の変化率をモデルから求めることができた。とくに、全窒素や全リンに関する変化率は無視できないほど大きく、かなりの量の物質が、流下過程において浄化または沈降堆積していることが明らかとなった。
- ・ 各土地利用からの排出負荷量のみならず、土地利用の空間的な分布特性が流達量を強く支配するため、効果的に土地利用を配置することにより、河道中での自浄作用を利用して窒素・リンの流出負荷を抑制できることを示した。
- ・ 排出・流下過程を考慮した排出原単位推定モデル式により推定された排出原単位と従来の面源負荷に対する排出原単位を比較した結果、従来の面源負荷に対する排出原単位の一部は、実質の排出負荷原単位を過小評価していることを示した。

さらに、長良川全流域に相当する広流域を対象とした現地観測を実施するとともに、対象流域内の土地利用や人口、農業粗生産額といった人間活動情報を把握し、対象流域内の土地被覆状態量と全窒素および全リン負荷量の流出特性との関係を現地観測結果および様々な土地被覆情報に基づいた多変量解析により検討した。また、土地被覆状態量の空間的配置を考慮した物質排水・流下モデルの提案を通じて、土地被覆状態量の空間配置や流下過程における物質変化率の空間的な分布が全窒素および全リン負荷量の流出特性に及ぼす影響を検討した。

- ・ 多変量解析から、全窒素および全リン比負荷を説明しうる土地被覆状態量は、人口密度、単位面積当たり農業粗生産額、単位面積当たり牛・豚頭数および単位面積当たりの工場排水量であることを示した。とくに、長良川流域では、単位面積当たりの工場排水量の影響が大きいことに加え、畜産系からの全窒素および全リン排出負荷量への寄与も大き

いことが明らかとなった。

- ・ 提案したモデルを現地観測データに適用した結果、流下過程での物質の変化を表現する減少速度係数は、地形要因のみならず、バイオマスや水文および気象要因の関数として表現される必要があることがわかった。

提案したモデルを現地観測データに適用することにより、流域内の土地被覆状態量のみでなく、土地被覆状態量の空間配置も汚濁物質の流出に大きく影響を与えており、負荷流出量を算定する際には、土地被覆状態量とその空間配置の両者を考慮することが重要であることを示した。

論文審査結果の要旨

本論文は、様々な人間活動により引き起こされる流域規模の水環境問題を考える上で、土地利用形態や経済活動などの人間活動状況の空間的な分布の影響について検討・評価することが有用であるとの認識に基づいて、山地森林域、都市小河川流域および長良川全体の広流域における現地観測データの利用方法とモデル解析手法の開発を行い、土地被覆状況が及ぼす窒素およびリンの収支に与える影響について検討したものである。これによって得られた主な成果は以下に示すようであり、博士（工学）論文にふさわしい内容であると判定した。

（１）広域な森林流域における現地観測結果および詳細な土地被覆情報に基づく多変量解析により、山地森林内の渓流水中全窒素濃度に及ぼす土地被覆分布特性の影響について検討した結果、植生の成長率および単位面積当たりの材積が大きな集水域ほど、渓流水中の全窒素濃度が低くなり、植生・土壌中の窒素吸収能が高いことを示した。また、褐色森林土壌群（B群）に種別される土壌では、リターなどを分解する微生物の活動が活発となって無機態窒素が土壌中に多量に供給され、渓流水中の全窒素濃度を高くする傾向にある。森林の窒素固定機能を効果的に発揮させるためには、植生の成長率と材積を高く維持できるような適切な林業施策とカラマツ等の落葉針葉樹の適切な配置・管理が重要であることを示した。

（２）森林流域内での窒素収支から、渓流水中全窒素負荷量や森林生態系内の全窒素増加量と植生特性量との関係を表すモデルを提案し、広範囲な現地森林域での現地観測データに適用した結果、森林内植生の成長量や材積が大きな集水域ほど渓流水として流出する全窒素負荷量が低減される傾向を見いだし、森林の窒素固定能力が植生の活性度とバイオマスによって決定づけられることを明らかにした。

（３）晴天期における都市内小河川流域における水文・水質観測および対象流域内の詳細な土地利用分布・流路網調査を実施し、流域内の土地利用の空間的配置を考慮した物質の排出・流下過程のモデル解析により、全窒素および全リンの流出特性に及ぼす土地利用分布の影響について検討した結果、下水道整備率の高い都市内小河川での窒素・リン流出は、都市内にわずかに残存する耕地からの寄与が顕著となる可能性があることを示した。また、晴天時の流下過程における全窒素や全リンの浄化または沈降堆積はかなり大きく、土地被覆状態量の空間配置も汚濁物質の流出に大きく影響を及ぼすことを示した。

（４）長良川全流域に相当する広流域を対象とした現地観測を実施するとともに、対象流

域内の人間活動情報、土地被覆状態量と全窒素・全リン負荷量の流出特性の関係を多変量解析により検討した結果、全窒素および全リンの流出負荷を説明する土地被覆状態量は、人口密度、単位面積当たり農業粗生産額、単位面積当たり牛・豚頭数および単位面積当たりの工場排水量であることを示した。特に、長良川流域では、単位面積当たりの工場排水量の影響が大きいことに加え、畜産系からの全窒素および全リン排出負荷量への寄与も大きいことを明らかにした。また、流下過程の浄化速度係数は、地形要因のみならず、バイオマスや水文および気象要因の関数として表現する必要性を示した。

最終試験結果の要旨

学位論文提出者は博士後期課程在学中の3年間に勉学・研究活動に精勤し、所定の講義の単位を修得するとともに、環境庁所管の国立環境研究所において1ヶ月間の学外研修を行った。その結果、論文提出者は学位を授与するに十分な専門的知識を有するに至り、学位申請論文の研究内容はすでに6編の審査付き論文として学術誌・論文集に公表されており、他に1編が米国で開催される国際シンポジウムの審査付き論文として受理されている。これらのことを確認して、学位の認定に伴う最終試験を合格と判定した。