

平成 28 年 6 月 24 日現在

機関番号：23303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450366

研究課題名(和文) 水質負荷量測定システムの確立と積雪地域における物質循環の解明

研究課題名(英文) Development of system for measurement of water quality load and elucidation of water and mass balance in an experimental watershed

研究代表者

高瀬 恵次 (TAKASE, Keiji)

石川県立大学・石川県立大学・教授

研究者番号：90133165

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：水質負荷量の把握は、水域の水質保全だけでなく水系全体の持続可能な水利用のために必要不可欠な課題である。この負荷量測定には、定時に採水された試料の濃度と水量の測定値から求める方法、あるいは、あらかじめ得られた負荷量(L)と流量(Q)の関係(L-Q式)を用いて推定する方法が用いられてきた。しかしながら、これらはともに多くの時間と労力を要し、また、後者は推定精度が問題とされることも多い。そこで、本研究では、まず、負荷量を現地において簡便に測定するシステムを開発し、その妥当性を検証した。そして、これを現地に適用することによって流域における物質循環のメカニズムを事例的に明らかにした。

研究成果の概要(英文)：It is very important problem to understand the budget of water and mass in a watershed for management of water resources and sustainable water use. Though measurement or estimation of the total effluent load of water quality are necessary for the understanding of mass balance in a watershed, they are not so easy works. It requires great cost and labor with a traditional method in which a lot of water samples should be collected and the concentration of quality should be analyzed. Sometimes, a regressive relation between the load and discharge of flow is alternatively used, but it may be not accurate. In this study, a new system to measure the load of water quality was developed and applied into the experimental forest watershed. Then the availability of the system was inspected and the water and mass balance were discussed in the watershed.

研究分野：水文学

キーワード：水質 流出負荷量 年総負荷量 水収支 森林流域 積雪地域

1. 研究開始当初の背景

水質汚濁物質負荷量の把握は、水域の水質保全のためだけでなく、水系全体の持続可能な水利用のためにも必要不可欠な課題である。

1) 負荷量推定のための課題

流域における物質収支あるいは物質循環を知る上では、対象とする物質の流入・流出負荷量を知ることが求められるが、水に溶存する物質の場合にはその濃度と水量（流量）の同時計測が必要とされ、これが調査・解析上も大きな問題となることも多い。点源として代表的な工場や下水処理場からの排水の場合には、流量の変動が少ないので濃度および流量の自動計測による測定の導入が可能であり、環境省・大気環境局によるマニュアルも完備している。しかし、一方、森林や農地など面源の場合、このような自動計測は経費、設置環境の点で不可能に近く、一般には、あらかじめ得られた負荷量（L）と流量（Q）の関係（L-Q式）を用いて推定する方法が用いられている。しかしながら、この方法は採水と濃度分析のために多くの時間と労力（経費）を要し、十分な精度の回帰関係を得るためのデータ蓄積が難しいのが現状である。また、両者の間に比較的相関の高い関係が得られた場合でも、両者の間に存在するヒステリシスや、回帰式の形（一般にベキ乗関数）などによる推定誤差は大きいと考えられている。このような問題を解決するため、これまでに、河川流量に比例した量の採水・貯水が可能システムを開発し、任意の期間内の試料水濃度を測定することでその期間内の総負荷量を計測（推定）する方法を提案した。しかしながら、LQ式による推定値との比較、貯水期間中の水質の変化の影響など、検討すべき課題がいくつか残されている。

2) 積雪地域における窒素など物質循環解明のための課題

一方、水系レベルでの物質（とくに窒素やリン）循環と収支については、水田や森林での観測も行われ、また、原単位の情報に基づく解析が行われている。しかしながら、その多くは年単位、無積雪地域のもので多く、積雪地域でのより短期的な成果が少ないのが現状である。これに対して、積雪地域では降雪による物質（窒素等）の流入に加え、積雪・融雪過程での物質動態が重要な役割を果たしていると考えられている。これまでの研究によれば、河川水濃度は積雪・融雪の影響を受けること、また、LQ式が季節的に異なることが指摘されている（早瀬、2012）。このように、積雪地域における流出負荷量と河川における物質循環の解明は、自然科学的に興味ある課題であるとともに、地球温暖化に伴う様々な影響を考える上でも重要な課題である。

2. 研究の目的

以上のような課題を解決するために、本研究では、

まず、物質循環把握のための要である（水質汚濁）物質の総負荷量を、現地において簡便に測定するシステムを開発して、その妥当性を検証する。

そして、その成果を現地に適用することによって、積雪地域における物質循環のメカニズムを事例的に明らかにする。

ことを目的とした

3. 研究の方法

1) 現地における負荷量測定システムの確立

システムの原理は図1に示すとおりである。

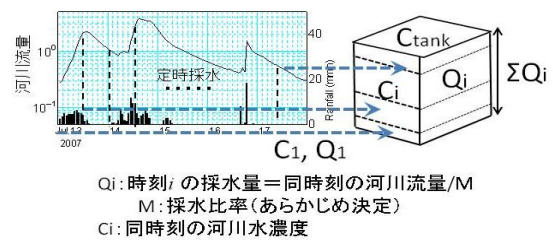


図1 負荷量計測システムの概念図

すなわち、本システムでは、河川流量を堰によって連続観測するとともに、その流量に比例した水量を定時採水する。採取した水は付設した水槽に貯留し、適当な量が貯留した時点でこの水槽内の濃度を測定し、その期間の総流量を乗ずることによって総負荷量を求めるものである。そこで、本研究では、流出量に比例する採水システムを構築し、次に出水時に集中的な採水と濃度分析を行い、従来のLQ式による負荷量算定値と比較することにより、本方式の妥当性を検証することとした。

2) 積雪地帯における物質循環の解明

石川県林業試験内の森林理水試験地にこのシステムを設置して、窒素、リンなどの流出負荷の実態を明らかにする。また、同森林理水試験地内での降雪・積雪・融雪の観測データに基づいて融雪のメカニズムを明らかにするとともに、積雪内の濃度分析によって物質動態のメカニズムについても検討する。

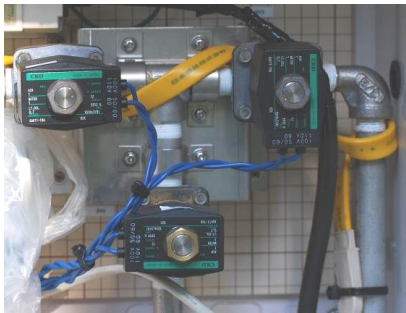
4. 研究成果

1) 現地における負荷量測定システムの確立

森林理水試験地の河川（渓流）の流量に比例した水量を採水するため、電磁弁と水中ポンプおよびこれらを制御するシステムを開発し、現地に設置した。そして、任意の採水期間について、実際にタンクに貯水された水量と堰公式によって計算した越流総水量を比較したところ、ほぼ設定した採水比率で採



採水ポンプ・電磁弁などの制御板



採水のための電磁弁

図2 開発した採水システム

水されていることが検証された。なお、本研究では、採水比率を1/20,000、採水時間間隔を1時間に設定したが、これらは条件に応じて変更可能である。

次に、ある出水について1時間毎の採水を行い、その濃度と各時間の流出量の積の総和から求めた総負荷量()と、対象期間中に本システムで採水されたタンク内の水質濃度と期間総水量から求めた値()を比較することによって、本システムによる負荷量測定の妥当性を検討した。その結果、全窒素、全リンについての両者の比(/)は、それぞれ0.93、0.85となり、本システム有効性がほぼ確かめられた。しかしながら、この点については、今後、従来法による採水時間をより短くすることや、さらに多くの出水によってさらに検証する必要がある。

2) 積雪地帯における物質循環の解明

本システムを用いて、長期間の流出量および流出負荷量の計測を行った。落雷によるシステムの異常や積雪によるトラブル等のため、ここでは、2014年6月から2015年6月までの1年間の負荷量を算出した。その結果、1年間の各総負荷量は、全窒素5.08 [kg/ha/y]、全リンで0.37 [kg/ha/y]となった。この値は、環境省がわが国の森林について示した値の範囲内にはあるが、全窒素の値を森林飽和の状態にあるといわれている関東地方の森林域の値(伊藤、2016)と比べると

と小さな値であり、これが本研究で対象とした流域の特性を示していると考えられることができる。なお、降雪・積雪が物質循環に与える影響については、今後のデータ蓄積を待つて明らかにする予定である。

<引用文献>

早瀬吉雄、手取川流域の融雪流出に伴う河川水の清流化、「農業用水を核とした健全な水循環」(石川県立大学出版会: ISBN 978-4-907321-01-2) 2012、64-73

伊藤優子ほか2名、北陸地方の森林小流域における物質動態 - 2013~2015年の観測結果から - 、The IPU Seminar on the Environment (ISBN 4-9902765-6-6)、2016、11-12

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 5件)

Sanz Grifrio LIMIN, Hiroki OUE and Keiji TAKASE、Estimation of Areal Average Rainfall in the Mountainous Kamo River Watershed, Japan.、Journal of Agricultural Meteorology、71 (2)、2015、90 - 97

戒信宏・高瀬恵次・大竹奈津子、森林水文学的スギ・ヒノキ樹形モデルの構築。砂防学会誌、査読有、68 (1)、2015、25-31

高瀬恵次・小倉晃・藤原洋一・丸山利輔、積雪深の再現を目的としたモデルの構築と検証、水文・水資源学会誌、査読有、29 (2)、107-115。

Keiji TAKASE, Toshisuke MARUYAMA, Akira OGURA, Changes in snow-fall and -melt due to global warming and their effects on agriculture and water resources in Hokuriku region, Japan, Proceeding of ICID.、査読有、2014、1-9

Maruyama T. Yoshida M., Takase K., et.al、Long-Term Assessment of Nitrogen Pollution Load Potential for Groundwater by Mass Balance Analysis in the Tadori River Alluvial Fan Area, Japan、Journal of Water Resource and Protection、Online Publication、査読有、2013

[学会発表](計 2件)

Takase Keiji and Ogura Akira、Development of a new system for measurement of total effluent load of water quality、Abstract of Korean Water Resource symposium (International session)、2015 May 28-29、Sokcho (Korea)

菅原玄太・高瀬恵次、山岳地流域における

流域平均雨量と流出解析、農業農村工学会
京都支部研究発表会、2014年11月13日、
ホテルグランヴェール岐山（岐阜県・岐阜
市）

〔図書〕(計 1件)

高瀬恵次他（石川県立大学自然かるかじり
編集委員会編：分担）、東海大出版部、石川
の自然まるかじり、2016、14-19

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高瀬 恵次 (TAKASE, Keiji)
石川県立大学・生物資源環境学部・教授
研究者番号：90133165

(2) 研究分担者

早瀬 吉雄 (HAYASE, Yoshio)
石川県立大学・生物資源環境学部・教授
研究者番号：70027275
(平成26年3月退職、平成25年度まで)

(3) 研究分担者

瀧本 裕士 (TAKIMOTO, Hiroshi)
石川県立大学・生物資源環境学部・教授
研究者番号：60271467

(4) 研究分担者

小倉 晃 (OGURA, Akira)
石川県農林総合研究センター・研究員
研究者番号：50522611
(平成27年4月転任、26年度まで)