

氏名（本籍）	小林 慎也 (岐阜県)
学位の種類	博士 (工学)
学位授与番号	甲第 410 号
学位授与日付	平成 24 年 3 月 25 日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	揖斐川上流域における粒状態有機物の組成と起源に関する研究 (Composition and origin of particulate organic matter in the upper stream of the Ibi River basin)
学位論文審査委員	(主査) 教授 藤田 裕一郎 (副査) 教授 篠田 成郎 教授 李 富生

論文内容の要旨

河川には、河川内で生産される自生性有機物（藻類、生物膜など）のほか、陸域から多くの他生性有機物（落葉、落枝）が流入されている。また、河川に流入された他生性有機物の中でも、粒状態有機物（POM）は微生物や水生生物の餌資源となるため、河川生態を維持する上で重要な役割を担っている。しかし、POMの性状、特に大きなダムを挟んだ河川でのPOMの性状に関しては、研究事例が少なく、未知の点が多く残されている。河川上にダムが建設、運用された場合、大きなPOMはダム内で沈降されるので、ダム上下流の河川内における粒状態有機物の組成が異なり、それを受けて河川内の底生動物の群集構造も変化すると予想されることから、対応した評価は極めて重要である。そこで本研究では、徳山ダムを挟んだ揖斐川上流域を研究対象域とし、通常分析・分類に、炭素と窒素の同位体分析、窒素と炭素の同位体比及び炭素含有量をパラメータとした混合モデルに基づく数値解析より、同河川域における粒状態有機物の組成と起源を明らかにすると共に、それに与える徳山ダムの影響、浮遊性有機物と堆積性有機物の繋がりについて検討を行った。

まず、河川とダム深度方向における浮遊性粒状態有機物の組成と起源について、粒状態有機物を粗大粒状態有機物（LPOM＝16mm以上）、中間粒状態有機物（MPOM＝1mm～16mm）、微細粒状態有機物（1 μ m～1mm）に分類し、その上でLPOMとMPOMについては目視、FPOMについては炭素と窒素の同位体分析結果、炭素と窒素の同位体比及び炭素含有量を変数とした混合モデルに基づく解析により評価した。その結果、河川水中における浮遊性有機物では、LPOMの濃度にのみ落葉期の影響を受けやすいため、粒状態有機物の各粒径の存在割合は通常期でFPOMが高くなり、落葉期でLPOMが高くなった。また、1mm以上のPOMをさらに分類したところ、LPOMでは落葉および落枝のみであり、調査期間全体において落葉の割合が常に60%以上であることが明らかになった。MPOMについては、落葉を含めた他生性有機物の割合が90%以上であった。FPOMの組成と起源については、ダム上流において通常期では他生性有機物が優占しており、その中でも草本および土壌由来の有機物の割合が高いことが分かった。一方、落葉期では落葉および落枝の割合が高くなった。ダム下流ではダムに近い地点ではダムの影響を受けているが、ダムから離れるに連れて徐々にその影響が小さくなってゆくことが推定された。

次に、河床における堆積有機物の組成と起源についても、浮遊性有機物の場合と同様に、粒状態有機物をLPOM、MPOM、FPOMに分類して評価を行った。その結果、河床における堆積有機物の濃度において、粒径が大きく流速が小さい方が落葉期の影響をより受けやすいことが示唆された。また、粒径別の存在割合は、通常期では流速条件に関係なくFPOMが優占しているが、落葉期ではダム上流とダム下流（ダム放流口から1.3～3.0km）の流速が0.2m/s未満の地点ではLPOMが優占していることが判明された。また、LPOMはすべての地点で落葉および落枝が主成分であり、MPOMはダム上流においてその存在割合の季節的な変化は見られず常に他生性有機物が優占している。しかし、ダム下流においてはダム完成からの時間経過と共に河床が変化し、自生性有機物が増加するような環境が形成されつつあることが調査結果から示唆された。さらに、混合モデルによるFPOMの起源推定では、ダム上流において浮遊性有機物と同様に他生性有機物が優占しており、その中で草本と土壌由来の有機物が高くなった。また、ダム下流において2008年では自生性有機物の割合が高くなっていたが、2009年は調査地点の流速によって異なる結果が示された。しかし、一部を除きほとんどの場合は他生性有機物が優占しており、通常期と落葉期で特徴的な変化はないことが分かった。

最後に、浮遊性および堆積性の微細粒状態有機物の炭素安定同位体比を比較した。季節変化に伴う浮遊性有機物と堆積性有機物の関係の変化について、混合モデルに基づく解析結果と合わせて検討したところ、ダム下流における粒状態有機物は、同調査時期の同起源によるものではなく、前年または数ヶ月前の浮遊性有機物が堆積したことによるものであることが明らかになった。地点変化に伴う浮遊性有機物と堆積性有機物の関係の変化については、ダム下流においてはダム側から浮遊しながら流下してきた有機物が沈降した後、巻き上げなどによって再度流下することによる可能性が示唆された。

論文審査結果の要旨

本論文における研究は、国内で最大級の貯水容量を有する徳山ダムを挟んだ揖斐川上流域を研究対象域とし、河川の水質と生態系の両面において重要な評価項目となっている粒状有機物 (POM) について、その組成と起源の観点から詳細に検討するとともに、その結果に基づき、運用開始直後からの徳山ダムの影響、並びに水相と河床堆積物相の両相における粒状有機物の繋がりを評価したものである。

河川水質環境における粒状有機物は水中の浮遊物質をろ紙上に拘束し、その中に含まれる有機物を強熱減量といった総合指標で評価することが一般的である。この方法によっては、河川流下過程における粒状有機物の総量変化は評価できるものの、河川内で生じる様々な物理化学的・生物学的反応に伴う同物質の組成的变化や人間活動とのつながりなどについては評価できない。そこで、本研究では、河川水中における粒状有機物を粗大 (LPOM: 16mm 以上)、中間 (MPOM: 1mm~16mm) 及び微細 (FPOM: 1 μ m~1mm) の3種類に分類し、従来の定量評価手法に加えて、炭素と窒素の同位体分析に基づく窒素と炭素の同位体比、及び炭素含有量をパラメータとした混合モデルに基づく数値解析を取り入れることによって、揖斐川上流域における河川水中と河床堆積物中の粒状有機物の組成と起源、河川を挟んで建設、運用された徳山ダムの影響、並びに水相と河床堆積物相の両相における粒状有機物の関係を明らかにしている。本研究の主な成果は以下の通りである。

まず、上述の分析手法によって、徳山ダムを挟んだダム上流とダム直下の河川及び、ダム内深度方向における浮遊性粒状有機物の組成と起源を検討し、①揖斐川上流河川における粒状有機物は FPOM が占める割合が高く、落葉期では LPOM が高くなること、②LPOM と MPOM は落葉と落枝が主成分であるが、落葉が占める割合が最も大きいこと (LPOM の場合は 60%以上、MPOM の場合は 90%以上) であること、③FPOM は、ダム上流では通常期では草本と土壌、落葉期では落葉と落枝がそれぞれ優占するが、ダム下流ではダム内の微細有機物が主成分となること、④ダムの影響を受けてダム直下河川中の有機物組成が変化し、ダムから離れるに連れて河畔の供給源からの流入によってダム上流河川の組成に漸近していくことを明らかにしている。

次に、河床における堆積有機物の組成と起源についても、水相の粒状有機物の場合と同様の評価手法で評価し、①通常期では FPOM が優占しているが、落葉期では落葉と落枝を主成分とする LPOM が著しく増加すること、②MPOM はダム上流では季節的な変化が見られず常に他生性有機物が優占するが、ダム下流ではダム運用開始からの時間経過とともに自生性有機物が優占するような環境が形成されつつあること、③FPOM はダム上流では水相の浮遊性有機物と同様に他生性有機物が優占して草本と土壌由来有機物の割合が高くなり、一方、ダム下流ではダム運用開始からの期間が長くなるに連れて、またダム放流口から離れるに連れてダムの影響が小さくなるが、ほとんどの場合は他生性有機物が優占すること、通常期と落葉期で特徴的な変化がないことを見出している。

最後に、河床堆積性と水相浮遊性の微細粒状有機物の起源について、炭素安定同位体比と混合モデルに基づく解析結果に基づいて検討し、①河床の粒状有機物は調査時期直前の近隣起源からのものではなく、前年または数ヶ月前の浮遊性有機物が堆積したことによるものであることを明らかにするとともに、②ダム下流における微細粒状有機物は、ダムから流下してきた有機物が一度沈降した後、巻き上げなどによって再度流下して形成された可能性の高いことを示している。

以上のように、本論文は、揖斐川上流域における粒状有機物の組成と起源を明らかにするとともに、これまで評価が困難であったダムが河川水質因子としての粒状有機物へ及ぼす影響の合理的な評価手法の確立に繋がる有用な知見を多数もたらしており、学術と応用の両面において水質工学分野への寄与が大きいと評価されることから、博士 (工学) の学位論文に適合しているものと判定した。

最終試験結果の要旨

学位審査委員会は、提出論文の基礎となる発表論文 (以下の査読付論文3編) の内容を確認し、2月1日 (水) に開催された学位論文公聴会における論文提出者との質疑応答、その後の口頭試問などに基づき慎重に審査した結果、最終試験に合格と判定した。

査読付論文:

- ・小林真也, 吉村千洋, 河井良友, 葛口利貴, 李富生: 森林域において河川の粒状有機物動態に及ぼす試験湛水期のダムの影響, 土木学会論文集 G 65(4), pp. 237-245, 2009.
- ・葛口利貴, 吉村千洋, 小林真也, 廣岡佳弥子, 李富生: ダム湖による河川の粒状有機物動態の変化と底生動物群集の関係, 環境工学研究論文集, 47, pp. 401-411, 2010.
- ・小林真也, 沼田高明, 李富生, 廣岡佳弥子, 吉村千洋: 揖斐川上流河床に堆積した粒状有機物の組成と起源ならびに新設ダムの影響, 土木学会論文集 G (環境), pp. III123-III131, 2011.