

河床付着生物膜によるケイ酸の可逆的変換に関する考察

環境工学株式会社 （正会員）酒見ゆき
石巻専修大学理工学部 高橋俊策 （正会員）高崎みつる

はじめに

「森は海の恋人」の言葉の本質になる、海を育てる要素の実体はケイ酸、鉄、フミン物質などであることが広く知られるようになってきた。河川から運ばれる物質が沿岸域の一次生産へどのように寄与するのが明確にし、河川中で、それら物質の挙動を明らかにすることがこれからの陸域と海域相互を結ぶ総合的な環境保全や生態系修復を考えていく上で大切になるであろう。本研究は、近年海域生態系に異変をきたす原因の一つと認知されているケイ酸に注目し、陸から海へ向かうケイ酸供給の中で大きな役割を担うと考えられる河川中のケイ酸挙動に関して考察したものである。河川流下過程におけるケイ酸の挙動を明らかにする為、河床礫付着生物膜の河川中での働きと河川内で起こる、ケイ酸の溶出 / (吸着又は取り込み) の二点に関してフィールド調査と擬似現場実験を通して検討を行った。本研究のゴールは、ケイ酸供給の豊かな河川環境を支える諸条件の模索を通し、最終的に沿岸域の生産を豊かに出来る河川構築を目指すものである。

調査及び実験方法

調査対象河川は北海道道南唯一の一級河川で日本海に注ぐ後志利別川（しりべしとしべつがわ）である。対象河川はこれまで（2001年まで）清流日本一に6回選ばれ、中流から上は原始河川の様相を色濃く残す河川となっている。調査は1999～2001年にかけて融雪期、初夏、盛夏、秋期を中心に行ってきた。河川中でのケイ酸挙動をはじめとした水質変換の追跡は、流下に伴う全体的な変化の把握と共に一定区間での物質収支調査や擬似現場実験より検証した。ケイ酸測定はオートアナライザーを用いたモリブデン青法で行った。定量範囲（0 mg/L～30 mg/L）における標準偏差は0.1～0.4であった。

物質収支調査対象区間は中流域の約10kmは礫河床区間と下流域約1.2kmの砂河床区間とした。中流域調査対象区間では、上流端と対象区間に流入する支流3本、樋門・樋管8本全ての流量測定と水質調査から、対象区間へのインプットを算出し、アウトプットとの評価から流下過程における物質量的変化を考察した。下流域の調査対象は途中に流入のない区間で、上流端と下流端の水質から河川流下過程における物質量的変化を算出した。擬似現場実験は河床が礫の中流域で行った実験と、こぶし大以上の石が河床に転がっている上流域で行った実験の二つである。中流域の擬似現場実験は付着生物膜が増殖した河床を採取しカラムに詰めたもので、付着生物膜による浄化機能とケイ酸供給の関わりを評価した。実験系は河川水がカラム内河床礫と接触しながら循環する系、栄養分添加河川水がカラム内河床礫と接触しながら循環する系の2つとした。栄養分添加河川水のBODは3 mg/lになるように人工下水によって調整した。実験に用いたカラムは100×1000 mm塩ビパイプ製で河川内に設置した。生物膜付着礫を採集後直ちにカラム充填し、循環ポンプとリザーバタンクを介し水は循環している。

上流域での擬似現場実験は、付着生物膜の働きを評価するものである。実験系は3つで、礫付着生物膜が明条件下、暗条件下、また強制的に剥離させた条件でそれぞれ水質にどう影響するか検討した。

明条件礫や剥離させた礫、コントロール系河川水は透明ポリ袋に入れ河川中の流れによって揺らぐように設置した。暗条件礫は黒色ビニール袋に入れ、河川水を加え河川中に設置した。

キーワード：ケイ酸、河床付着生物膜、可逆的水質変換、物質収支

連絡先：宮城県石巻市南境新水戸 石巻専修大学理工学部 0225-22-7711

東京都立川市曙町2丁目 環境工学株式会社 042-525-3767

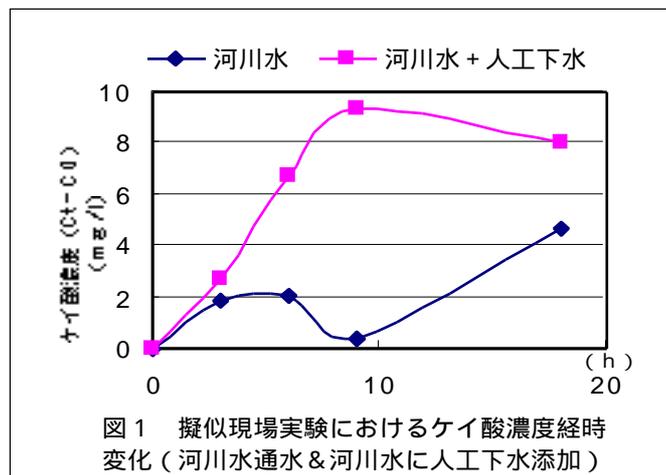


図1 擬似現場実験におけるケイ酸濃度経時変化（河川水通水&河川水に人工地下水添加）

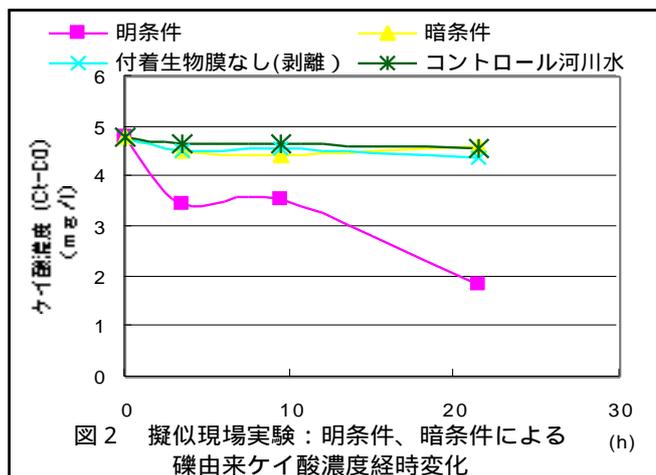


図2 擬似現場実験：明条件、暗条件による礫由来ケイ酸濃度経時変化

結果および考察

河川中のケイ酸濃度は、物質収支調査より礫河床流下過程で増加し、砂河床流下過程ではあまり変化がないといった傾向を示した。河川流下過程のケイ酸濃度の支配因子は礫河床に付着する生物膜が中心になると考えられた。夏期物質収支および秋期物質収支調査からケイ酸供給への水温依存性は見掛け上認められなかった。むしろケイ酸増加の影響因子は河川中での河床生物膜の付着安定度と思われる。付着生物膜による浄化機能とケイ酸供給の関わりを評価した擬似現場実験結果を図1に示す。図1に示す結果から、ケイ酸の時間的な変化は安定していなかったが、栄養塩添加系では河川水だけの系に比べ明らかに大きく、生物膜が付着した礫からのケイ酸溶出は、栄養分添加に伴う付着生物膜の活性の高まりに影響していると考えられた。栄養分添加河川水系の経時変化からは、礫付着生物膜を介したケイ酸増加現象はDOC及びDON除去と同時進行する傾向が確認できた。河川水のみを通水した場合にもケイ酸溶出と有機物減少の同時進行が確認できたが、その系での窒素の現象は認められなかった。

2つ目の擬似現場実験から得られたケイ酸濃度の経時変化を図2に示す。明条件に置いた付着生物膜付きの石では、ケイ酸を取り込む結果が示された。暗条件や生物膜を剥離させた石では、ケイ酸濃度の変化が見られなかったことから、付着生物膜はそれ自身もケイ酸を取り込み、河川中のケイ酸濃度を減少させる働きのあることを示した。図1の河川水系と図2の暗条件系では場所（河川環境）や礫/石の大きさ、付着膜の状態が異なっていた。しかし質的/量的な付着膜の組成比変化や場所の影響がどの程度異なっているか、河川環境が付着生物膜の状態にどう関わるか明らかにすることは容易ではない。図1から礫/石付着生物膜を介したケイ酸変化は、暗条件で浄化機能が働く状態のとき増加し、そうで無い場合は微増から変化無しの範囲で変動したことが分かる。このような暗条件下の変化と図2に示される明条件下での変化（減少傾向）を総括すると、付着生物膜はケイ酸を溶出させる働き、取り込む働きといった可逆的な働きを示すという興味深い結果が示される。このような可逆的な変化を支配する要因や機構の解明は本研究の範囲から言及できなかった。河川での物質収支はケイ酸供給を示したことから、擬似現場実験を越えた要因が河川流下過程のケイ酸供給に働いていると考えられ、今後ケイ酸供給の豊かな河川環境を考えていく上で課題となる。

まとめ

後志利別川の礫河床区間で行った物質収支の評価から、流下過程にケイ酸供給の起こることが示された。河川でのケイ酸供給を礫/石に付着する生物膜の影響を考えた擬似現場実験から考察した結果、付着生物膜を介したケイ酸の動きには可逆的な変化が認められ、一方的なケイ酸供給を示さなかった。

謝辞

研究でお世話になった国土交通省東北地方建設局「海の生態系を支える河川システム研究」研究会の皆様、および北海道建設局函館開発建設部河川事業担当、ピリカダム管理所の皆様にお礼申し上げます。