研 究 速 報

河川における物質循環と人間活動

Metabolism of Bioelements in River and Human Activities

小 倉 紀 雄*

河川の特徴は湖沼・内湾などに比べ水の滞留時間が短く、物質循環の速度が大きいことである。河川はさまざまな物質を上流から下流へ運搬する場であると同時に、自浄作用などさまざまな形態変化（物質代謝）がおこる場でもある。

都市河川、とくに中小河川の時間変動は、人間活動の影響を受け、非常に大きいことが知られている。そのような河川における物質循環を正しく理解することはなかなか困難であり、そのための方法論を確立することが重要である。筆者らは多摩川支川の南浅川をモデルフィールドとし、物質循環を明らかにすることを試みてきた。本稿ではこれらの結果の概要¹⁾について報告する。

1. 物質収支を求める方法

河川における物質収支を明らかにするために、2点間（南浅川中流のMA-3と下流のMA-5の約3 km）における物質の収入・支出の量を各々求め、またさまざまな代謝過程により生成・消滅する物質の量を推定する方法を用いた。

河川水質の時間変動は大きく、1日1回の測定値により議論するのは、その代表性に問題がある。先づ、1日の代表値を得るための方法を検討した。

MA-5において、水温と電気伝導度を10分間隔で24時間、測定した。これらの変動は大きかったが、測定間隔の違いによる平均値にほとんど差は認められなかった（表1）。したがってある場所の代表水質を得るには、3時間ごとに24時間測定し、平均値を求めれば良いと考えられ、物質収支を求めるためにこのような方法を採用した。

表1 1日の平均値を求めるための測定間隔の影響

測定間隔	試料数	平 均 値	
		水温/℃	電気伝導度/ $\mu\text{U cm}^{-1}$
10分	141	23.9	237
30分	49	23.8	238
1時間	25	23.8	240
1.5時間	17	23.9	237
3時間	9	24.1	238
6時間	5	24.1	240

場所：南浅川 MA-5

期間：1979年7月26日12時—27日12時

2. 水質変動

南浅川における水質変動の例を図-1に示す。上流のMA-3における水質変動は小さいが、下流のMA-5における変動は大きい。平均濃度を比較すると、MA-3に比べMA-5で有機成分、Clは2～3倍に、リンは4～5倍に、NO₂-Nは24倍に、NH₄-Nは110倍に増加した、これら成分は下水を通し供給されたと考えられる。

3. 物質収支

各成分濃度に流量を掛け、1日の平均負荷量を求め（表2）、各成分の収支を推定した。

3.1. 水収支

水収支が合えばMA-3と流入下水の流量の合計（A+B）は下流のMA-5の流量（C）に等しい筈である。しかし、表2に示すように、下流で明らかに流量の減少が認められた（C/(A+B)～0.77）。これは主として伏

*東京農工大学農学部 Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture & Technology. Norio OGURA

図-1 南浅川における各種成分の時間変動

流によるためと推定された。

3.2. 物質収支

ある物質が流下に伴い分解・変質されない保存成分であれば、MA-3の負荷量(A)に流入下水負荷量(B)を加えた量はMA-5の負荷量(C)に等しい筈である。しかし伏流や流量測定の見かけ上誤差を考慮するとC/(A+B)値が0.6~0.9の成分は見かけ上河川水と一諸に挙動すると考えられる。これら成分にはケイ素・カルシウム・マグネシウムなどがある。

C/(A+B) 値が0.6~0.9より大きい成分は $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、chl.aなどでこれらは現場で生成される。またこの値より小さい成分は懸濁物・炭水化物・アンモニア態窒素などで、これらは流下に伴い沈殿・分解などにより減少すると考えられる。

3.3. 物質の形態変化

前述のように河川では様々な物質の形態変化(物質代謝)がおこなわれていることが推定された。

○ 有機物分解(自浄作用)

表2に示すように有機成分のC/(A+B)値は1.0より小さく、流下に伴いその一部は分解などにより減少することがわかった。とくに溶存炭水化物態炭素(DCC)は溶存タンパク態炭素(DPC)より分解され易い。このような有機物分解のおこる場として、河床堆積物が重要な役割を果している。

河床堆積物を浸透した伏流水中の有機物濃度は小さく(1 mgC/l以下)、また堆積物を含むカラムに河川水を通すと、通過液中の有機物濃度は著しく減少することが実験的に示された。建設省では河川敷の礫を利用した浄化実験結果²⁾より、野川の浄化に礫間接触酸化法を用いる計画を進めている。

南浅川に一定量の蔗糖を投入し、下流でその回収量を求める投入実験により、自浄係数0.20~4.8/日の値が得られた。

○ 硝化作用

表2 南浅川における物質収支

成 分	MA-3(A) kg/day	Sw-1+Sw-2+Sw-3 (B) kg/day	(A)+(B) kg/day	MA-5 (C) kg/day	$\frac{(C)}{[(A)+(B)]}$
SS	7.1	71.0	78.0	26.0	0.33
TOC	7.5	27.5	36.0	28.0	0.78
DOC	6.7	25.0	32.0	20.0	0.63
DPC	2.9	5.6	8.5	8.2	0.97
DCC	9.2	5.7	6.6	2.9	0.44
TP	5.4	3.2	3.7	3.1	0.84
TDP	5.3	2.3	2.8	2.9	1.0
RP	4.3	1.8	2.2	2.5	1.1
NH ₄ -N	0.9	22.0	22.0	13.0	0.59
NO ₂ -N	0.6	2.7	3.3	1.9	5.8
NO ₃ -N	3.5	1.3	4.8	8.2	1.7
DUN	1.2	4.9	6.1	5.2	0.85
TON	1.1	7.4	8.5	2.8	0.33
DON	6.1	2.9	3.5	1.7	0.49
MBAS	—	2.6	2.6	2.5	0.96
Chl. a	0.08	—	0.08	0.38	4.8
Cl	20.0	53.0	73.0	70.0	0.96
SO ₄ -S	30.0	44.0	74.0	75.0	1.0
SiO ₂ -Si	24.0	15.0	39.0	28.5	0.73
Ca	30.0	37.0	67.0	58.0	0.87
Mg	9.5	4.0	13.5	12.0	0.89
H ₂ O	26×10 ³ (m ³ /日)	17×10 ³	43×10 ³	33×10 ³	0.77

期間：1978年7月25日—26日

表2に示すように流下に伴いNH₄-Nは減少し、N O₃-N、NO₂-Nの増加が認められた。NH₄-Nの揮発による減少は考えられず、その減少は硝化作用によるためであり、それに河床堆積物が重要な役割を果たしている。

○ 付着藻類による栄養塩の摂取

河床の礫などに大量の付着藻類が生育し、水中から栄養塩を摂取している。MA-3とMA-5の間で付着藻類により取り込まれる栄養塩量を見積ると、窒素は13.5～15.8 kg N/日、リンは2.7～3.2 kg P/日となった。これらはMA-5における窒素・リンの1日の流出量の各々、6～7%、10～12%に相当した。付着藻類は水中から栄養塩を除去するが、河川流量の増大時に剥離し下流へ大きな負荷を与える。

4. 河川水質に影響する因子

4.1. 降 水

河川水の源である降水中には栄養塩・有機物などが含まれている。直接の人間活動の影響の小さい流域では、表面流出水中の硝酸塩や塩素の多くの部分は降水起源と推定されている。

4.2. 排 水

南浅川流域では主として生活排水が流入し下流域に大きな影響を与え、物質循環のバランスを崩壊させて

いる。

4.3. 流域の改変

水源部の樹木を伐採し除去すると、渓流水と共に流出するNO₃-N、カルシウム、マグネシウム、ケイ素の量は著しく増大し、下流域へ影響を与えることが報告されている³⁾。流域の人口増加に伴う土地利用状況の変化が河川水や地下水の水質に影響を与えることが考えられる。

5. 人間活動の定量化

河川の水質や物質循環に与える人間活動の影響を定量化するために「原単位」が用いられる。生活排水原単位は人間1人1日に排出する物質の量(g/人・日)で表現される。原単位に流域人口・流出率を掛ければ、生活排水起源の負荷量が推定される。産業排水・家畜排水・農業排水の各原単位が求められており、流域の人間活動状況により、その影響を定量的に推定することができる。また河川、流入下水などの詳細な観測により、河川における物質循環の真の姿を明らかにすることが重要である。

引用文献

- 1) 小倉：日本陸水学会誌 **41**, 138 (1980), 化学教育 **28**, 487 (1980)
- 2) 矢野：河川, **413**, 5 (1980)
- 3) Likens, G. E. ら：Ecol. Monogr. **40**, 23 (1970)