

Ⅶ-5 積雪寒冷地流域の土地利用と水質成分負荷量について

株式会社福田水文センター ○正員 山崎 晃裕
北海道開発局石狩川開発建設部 正員 中津川 誠

1. はじめに

降水とともに流出する様々な水質成分は、山林・農地・市街地などから河川を經由して湖沼・海域に排出される。これらの流出機構を総合的に理解するには、流域全体から流出する水量・水質を同時に把握する必要がある。

本研究では、河川の流出負荷量と土地利用の関係から、土地利用別原単位を推定した。また、土地利用・土壌・地質構成が、流出負荷量に与える影響を明らかにした。さらに、市街地における原単位と流出負荷量の関係に基づき、浄化（流出負荷量が各発生源から目的地点まで流達する割合）を考慮した原単位の推定を行った。

2. 流域と使用データ

本研究の解析対象流域は石狩川及び鶴川流域で、その概要と各種観測地点を図1に示す。流量データは1985～1994年にわたって収集し、水質データは月1回の水質定期調査の結果を用いた（ただし、伊納橋では月4回、鶴川橋では、95年8月の洪水時、96年4月の融雪時の調査結果を含む）。ここで対象とした水質項目はBOD、COD、SS、T-N、T-Pである。また、生活・産業排水など特定汚濁源の原単位を推定するため、市町村毎の下水処理人口・下水未処理人口・従業者人口・工業出荷額データを流域毎に整理した。

表1 流域毎に決定した土地利用別原単位¹⁾²⁾

流域	水質	森林	水田	畑	市街地
鶴川	BOD	0.00020	0.00117	0.00222	0.03130
	COD	0.00813	0.01591	0.01173	0.02220
	SS	0.27988	0.11180	0.01880	0.18885
	T-N	0.00003	0.00019	0.00679	0.00502
	T-P	0.00006	0.00026	0.00005	0.00056
石狩川	BOD	0.00039	0.00117	0.00222	0.03130
	COD	0.00306	0.01591	0.01173	0.02220
	SS	0.18800	0.11180	0.01880	0.18885
	T-N	0.00004	0.00019	0.00679	0.00502
	T-P	0.00013	0.00026	0.00005	0.00056
定山溪	BOD	0.00039			
	COD	0.00371			
	SS	0.00422			
	T-N	0.00023			
	T-P	0.00001			

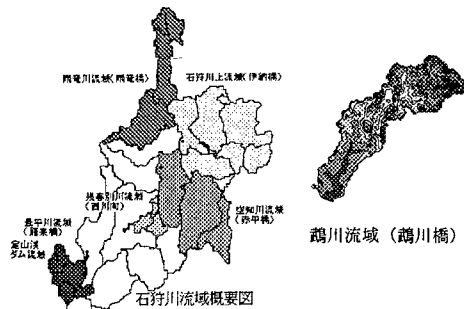


図1 鶴川流域・石狩川流域の概要図

3. 河川流出負荷量から推定した土地利用別原単位

先の報告¹⁰⁾では、流量－負荷量関係式（ $L-Q$ 式）で求めた河川水質の流出負荷量と土地利用の関係から、流出負荷量とバランスするように各水質項目の土地利用別原単位を推定した（表1）。しかしながら、BODに代表される易分解性有機物は、発生源から目的地点間での変化量が大きい、とくに石狩川上流域は特定汚濁源の影響からBOD負荷量が大きく、推定結果に強い影響を及ぼすため、浄化を考慮した原単位を推定する必要性があると考えられる。そこで負荷量が各発生源から目的地点まで流達する割合を浄化率として原単位の推定を行った。

4. 浄化を考慮した土地利用別原単位の推定

4-1. 特定汚濁源（市街地）の原単位の推定

負荷の成分は、難分解性成分物質（浄化率 $\alpha \approx 0$ ）と易分解性成分物質に分離できるとして、流出構造を式(1)に示し、COD、T-N、T-Pについて図2より浄化率 α （傾き）、 k （Y切片）を決定し、両者を式(2),(3)より求めた。

$$L_i = L_0 + L_p = M_0 + \alpha M_p + k \quad \dots(1)$$

$$M_0 = \frac{k}{1-\alpha} \quad \dots(2) \quad M_p = \frac{1}{\alpha}(L_i - M_0) = \frac{1}{\alpha}(L_i - \frac{k}{1-\alpha}) \quad \dots(3)$$

ここで L_i は土地利用状況 i からの流出負荷量、 L_0 は難分解性成分負荷量、 L_p は易分解性成分負荷量、 M_0 は難分解性成分原単位、 M_p は易分解性成分原単位、 α は浄化率、 k は流出負荷量と原単位の関係を一次式で表したときのY切片を表す。流出負荷量 L は土地利用別原単位を適用し、原単位 M は特定汚濁源の原単位である。

原単位、浄化率

札幌市北区北24条西15丁目・TEL(011)736-2371・FAX(011)736-2393

4-2. 非特定汚染源(森林, 水田, 畑)の原単位の推定

有機物についてはその総量を COD で表せるとすると, 難分解性成分の有機物はフミン質のような成分に, 易分解性成分の有機物は BOD 成分に該当し, 負荷量は式(4)に示される.

$$L_{COD} = L_{Humitn} + L_{BOD} = M_{Humitn} + \alpha_{COD} M_{BOD} \quad \cdots(4)$$

ところで, 北海道内の流域の場合, 褐色森林土壌・ポドソル化土壌が占める割合が大きいことから(すなわち, 難分解性成分が卓越する), COD に占める BOD の割合は, 約 0.1 程度と見なせる(図3). そこで次のように COD の原単位 M_{Humitn} (式(1)の M_Q) と M_{BOD} (式(1)の M_P) は, 式(6),(7)より推定した.

$$L_{BOD}/L_{COD} = d \approx 0.1 \quad \cdots(5) \quad M_{Humitn} = (1-d)L_{COD} \quad \cdots(6)$$

$$M_{BOD} = \frac{L_{BOD}}{\alpha_{COD}} = \frac{d}{\alpha_{COD}} L_{COD} \quad \cdots(7) \quad M_{COD} = M_{Humitn} + M_{BOD} \quad \cdots(8)$$

また, T-N, T-P については, 土地利用別の難分解性成分原単位 M_Q を市街地と同値と仮定して, 易分解性成分原単位 M_P は式(3)より推定した.

4-3. 浄化を考慮した SS の土地利用別原単位の推定

SS について, 生活排水・産業排水等に関わる原単位が得られていないので以下のように決定した. T-P のほとんどは懸濁性物質が主体なので, 流域 j の T-P と SS の流出負荷量比 c_j より SS の浄化率を考慮した原単位 M_Q , M_P を式(10),(11)より推定した. ただし, この際 SS の浄化率は, T-P と同値とした.

$$L_{T-P}/L_{SS} = c_j \quad \cdots(9) \quad M_{P,SS} = c_j \frac{\alpha_{T-P}}{\alpha_{SS}} M_{P,T-P} \approx c_j M_{P,T-P} \quad \cdots(10)$$

$$M_{Q,SS} = c_j M_{Q,T-P} \quad \cdots(11)$$

5. 推定結果

難分解性成分原単位 M_Q と易分解性成分原単位 M_P は各流域の平均流出高と平均土地利用別の平均面積で除して, $\text{kg}/\text{km}^2/\text{mm}$ の単位で表した. SS 以外の各水質項目について浄化率, 難分解性原単位, 易分解性原単位の推定結果は表2に示す. 流域 j の SS と T-P の負荷量比(c_j)と SS に関する浄化率, 原単位の推定結果は表3に示す.

これらの結果を総合すると, 土地利用別の原単位では, COD 及び T-N は, 本州の推定された原単位より高いことが示された.

4. おわりに

本研究では, BOD, COD, SS, T-N, T-P の水質特性を把握し, 浄化を考慮した土地利用別の水質成分原単位を決定した. さらに流下過程での水質変化のメカニズムを考慮したモデルの構築を目指したい.

謝辞 本研究を作成に当たって, 「寒地河川学研究会」の成果である流域データベースを活用させていただいた.

ここに, 謝意を表す.

参考文献 1) 中津川誠他(1998): 積雪寒冷地流域における土地利用と水質成分負荷量について, 水環境学会年会講演集

2) 山崎晃裕他(1997): 流域地理情報を用いた積雪寒冷地流域の水質成分流出負荷量の解析, 土木学会北海道支部論文報告集

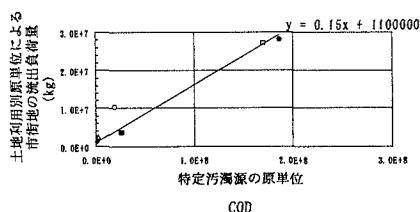


図2 土地利用別原単位による流出負荷量と特定汚染源の原単位の関係

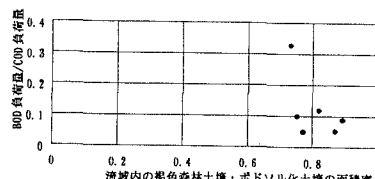


図3 難分解性成分の割合と褐色森林土壌・ポドソル化土壌の面積率

表2 浄化を考慮した原単位

水質項目	土地利用	難分解性成分原単位 M_Q	易分解性成分原単位 M_P	浄化率 α	浄化を考慮した流出負荷量 $M_Q + \alpha M_P$	土地利用別に推定した原単位による流出負荷量
(kg/km ² /mm)						
COD	森林	3.310	2.450	0.15	3.678	3.060
	水田	15.540	11.520	0.15	17.268	15.900
	畑	10.850	8.040	0.15	12.056	11.700
	市街地	3.280	129.000	0.15	22.630	22.200
T-N	森林	0.016	0.130	0.18	0.039	0.040
	水田	0.170	0.180	0.18	0.202	0.199
	畑	0.137	38.700	0.18	7.103	6.790
	市街地	0.140	24.860	0.18	5.215	5.020
T-P	森林	0.002	0.330	0.15	0.051	0.130
	水田	0.020	1.700	0.15	0.275	0.260
	畑	0.015	0.240	0.15	0.051	0.050
	市街地	0.080	3.330	0.15	0.580	0.560

注) 市街地は 4-1, 森林, 水田, 畑は 4-2 で推定

土地利用別に推定した原単位による流出負荷量は, 表1の結果)

COD のうち, 易分解性成分の原単位は BOD の原単位と見なす

表3 T-P と SS の負荷量比 c_j と SS に関する原単位

土地利用	流域名	流域別の T-P, SS 負荷量比 c_j	難分解性成分原単位 M_Q	易分解性成分原単位 M_P	浄化率 α	浄化を考慮した流出負荷量 $M_Q + \alpha M_P$	土地利用別に推定した原単位による流出負荷量
(kg/km ² /mm)							
森林	石狩川上流域	0.0019	1.03	168.93	0.18	28.47	188.00
	南竜川流域	0.0010	2.94	338.93	0.15	52.28	188.00
	空知川流域	0.0011	1.75	288.05	0.15	44.56	188.00
	豊後川流域	0.0006	3.54	584.10	0.15	91.16	188.00
	美保川流域	0.0009	2.34	388.10	0.15	60.26	188.00
	釧路川流域	0.0002	8.09	1580.00	0.15	234.09	188.00
水田	石狩川上流域	0.0019	18.28	873.80	0.15	141.35	177.80
	南竜川流域	0.0010	20.42	1735.70	0.15	280.79	111.8
	空知川流域	0.0011	17.48	1484.10	0.15	240.08	111.8
	豊後川流域	0.0006	35.40	3029.00	0.15	488.75	111.8
	美保川流域	0.0009	23.40	1989.00	0.15	321.75	111.8
	釧路川流域	0.0002	80.91	1727.27	0.15	1250.00	111.8
畑	石狩川上流域	0.0019	10.28	122.26	0.15	28.78	18.80
	南竜川流域	0.0010	20.42	245.04	0.15	57.18	18.80
	空知川流域	0.0011	17.48	209.52	0.15	48.89	18.80
	豊後川流域	0.0006	35.40	424.80	0.15	99.12	18.80
	美保川流域	0.0009	23.40	280.80	0.15	65.52	18.80
	釧路川流域	0.0002	80.91	1050.91	0.15	254.55	18.80
市街地	石狩川上流域	0.0019	41.12	1711.67	0.15	297.88	188.80
	南竜川流域	0.0010	81.88	3359.33	0.15	591.87	188.80
	空知川流域	0.0011	69.84	2907.09	0.15	506.90	188.80
	豊後川流域	0.0006	141.60	5494.16	0.15	1028.72	188.80
	美保川流域	0.0009	93.60	3896.10	0.15	678.02	188.80
	釧路川流域	0.0002	363.64	15136.36	0.15	2634.09	188.80