

水質汚濁解析とL - Q式

NPO法人北海道水文気候研究所

橋 治国

(環境タリエイト技術顧問)

研究歴と水質汚濁 1967 - 2007 現場調査の経験として

衛生工学

- 散水濾床生物膜(し尿処理)の研究

環境衛生工学

- 河口における硫酸還元菌によるH₂S生成・大学院

環境工学(公害)

- 石狩川の有機汚染・公害問題 汚濁負荷減の特性解析 **L - Q式とその応用**

- 茨戸湖の富栄養化・富栄養化 懸濁態リンの藻類増殖への寄与

環境工学(環境科学)

- 湿原変貌・広く自然活動把握 地下水質の湿原植生への影響

- ダム湖の富栄養化と異味異臭 漁川ダムにおける放線菌による着臭と防止対策

環境社会工学

- 海外調査・広域的・海外環境保全 (環境科学・人間社会・途上国協力)

- 中国雲南省、広西壮族自治区

- インドネシア・カリマンタン

- ベトナム・フエ

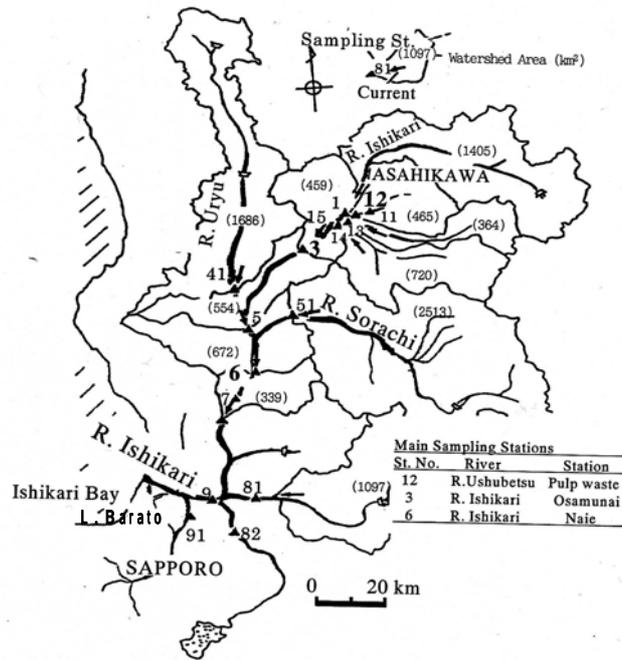
環境安全工学

- 釧平川のヒ素汚染とその制御・国内環境保全 ヒ素の流出機構と飲料水の安全

自然環境(社会)工学

- インドネシアカリマンタンの泥炭地環境と生活

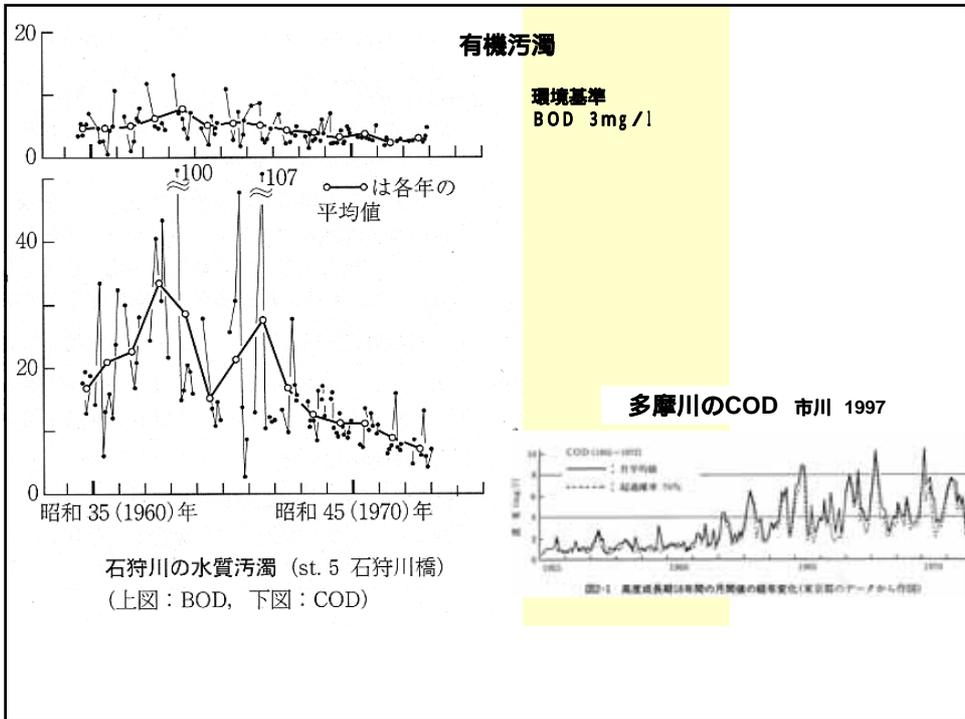
Map of Ishikari River



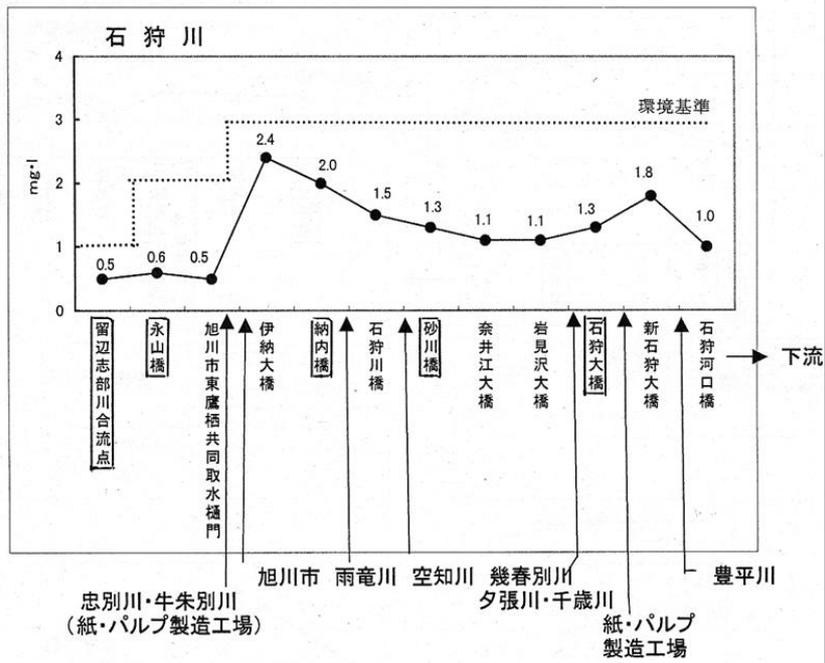
昭和43年~昭和47年



$3\text{ m}^3 / \text{s}$
 $100\text{ mg} / \text{l}$



(2)主要河川のBOD(75%値)の流程変化(12年度) (は基準点)



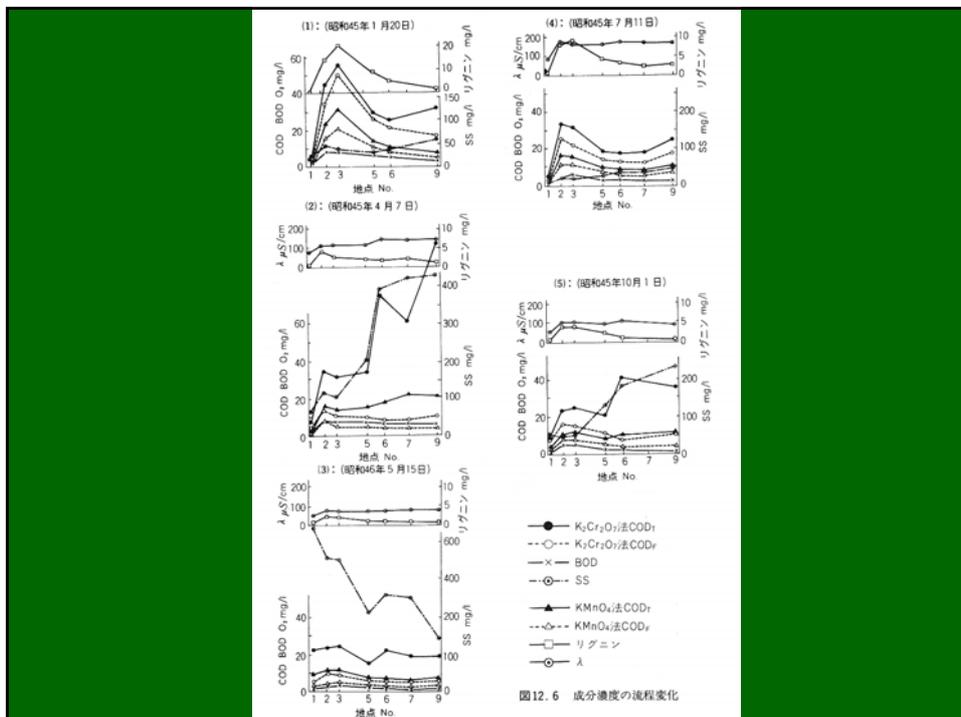
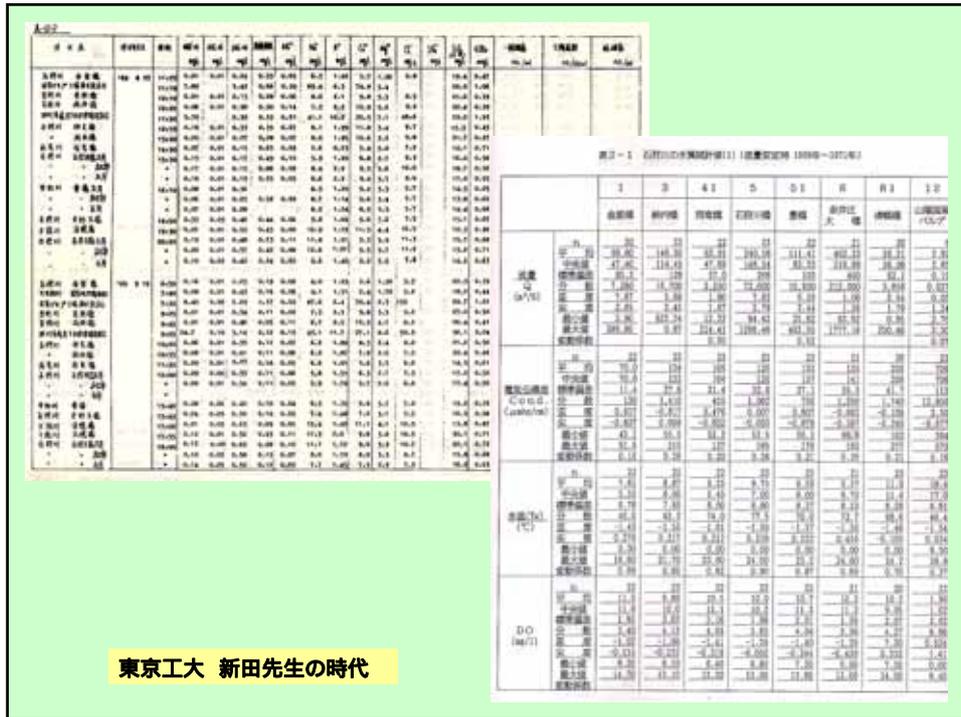
石狩川の汚濁量調査に関する研究

報告書
昭和44年度

北海道大学工学部衛生工学科

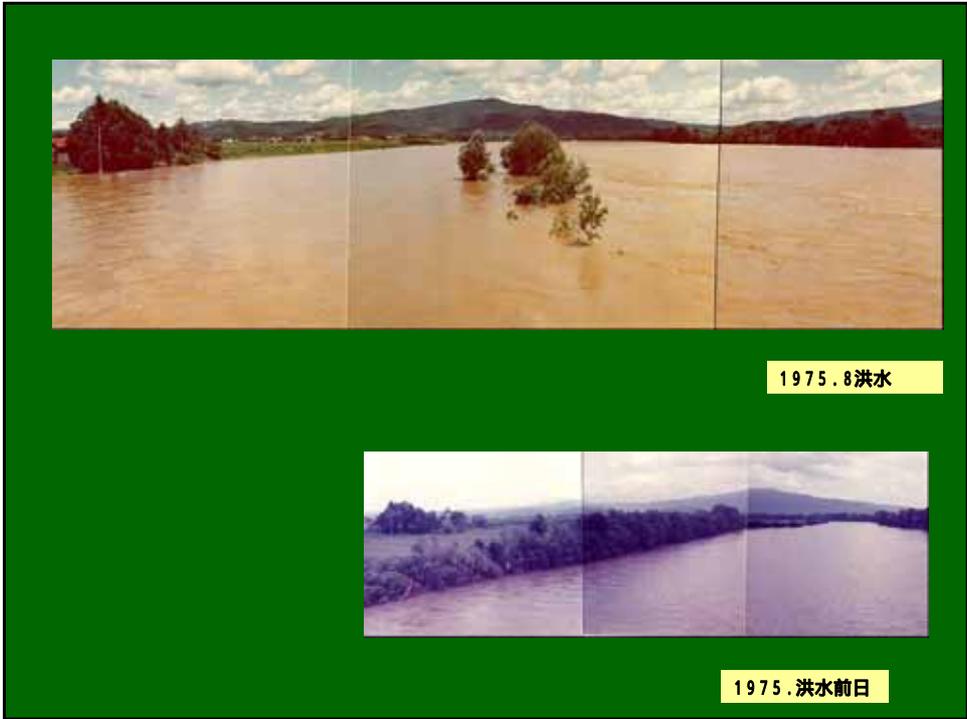
表1-1 各河川汚濁調査結果(昭和44年度)

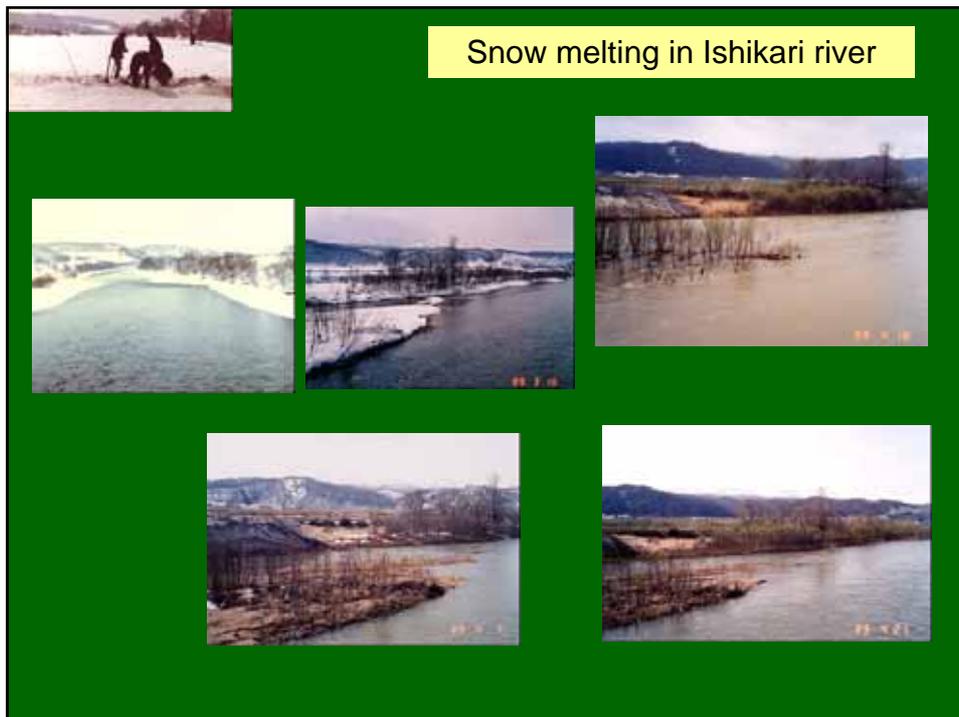
| 河川名 | 調査地点 | 調査日 | 調査時間 | 水温 | pH | 溶存酸素 | 透明度 | 濁度 | 色度 | 臭気 | 浮遊物 | 有機物 | 無機物 | その他 | |
|--------------|----------|------------|-------|------|------|------|------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 石狩川 | 留辺志部川合流点 | 1969.07.14 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.15 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.16 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.17 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.18 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.19 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.20 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.21 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.22 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.23 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.24 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 1969.07.25 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| 1969.07.26 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | | | |
| 旭川市東鷹栖共同取水樋門 | 伊納大橋 | 1969.07.14 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | |
| | | 1969.07.15 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | |
| | | 1969.07.16 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | |
| | | 1969.07.17 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | |
| | | 1969.07.18 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | |
| | | 1969.07.19 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | |
| | | 1969.07.20 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | |
| | | 1969.07.21 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | |
| | | 1969.07.22 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |
| | | 1969.07.23 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |
| | | 1969.07.24 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |
| | | 1969.07.25 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |
| 1969.07.26 | 14:00 | 14.5 | 7.2 | 8.0 | 10.0 | 100 | 10 | 0 | 0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | | |



Rice field along the Ishikari River







Snow melting in Ishikari river

石狩川を例に L-Qについて考えてみる。

汚濁物質濃度の予測 汚濁制御という視点での

汚濁物質総量の予測 と 流量

汚濁物質総量とその環境支配要因

環境支配要因

(人為汚濁:資料収集)

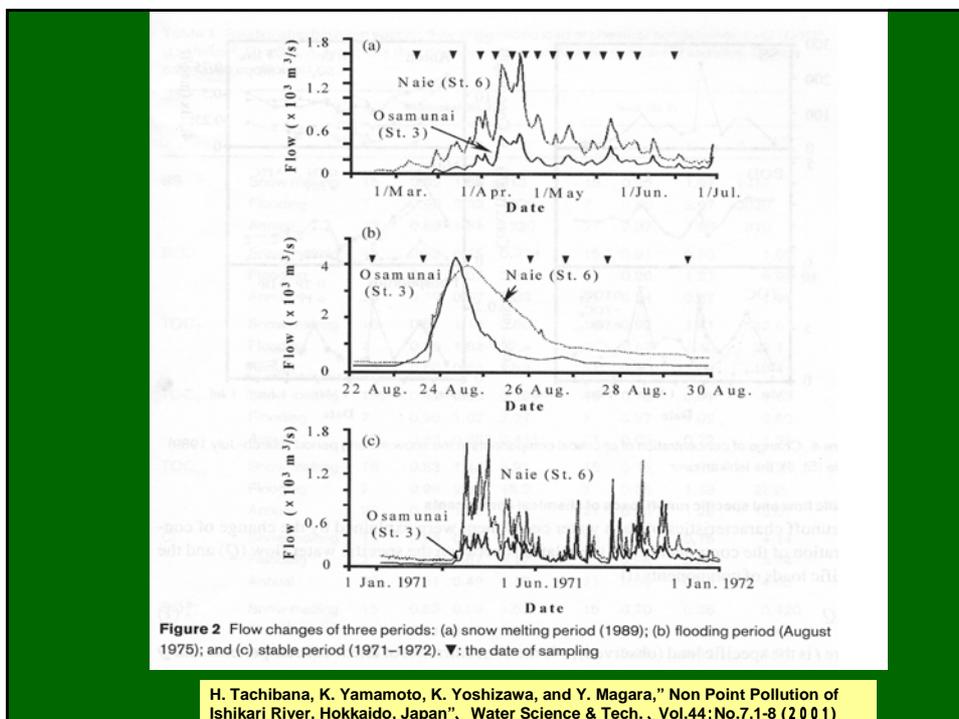
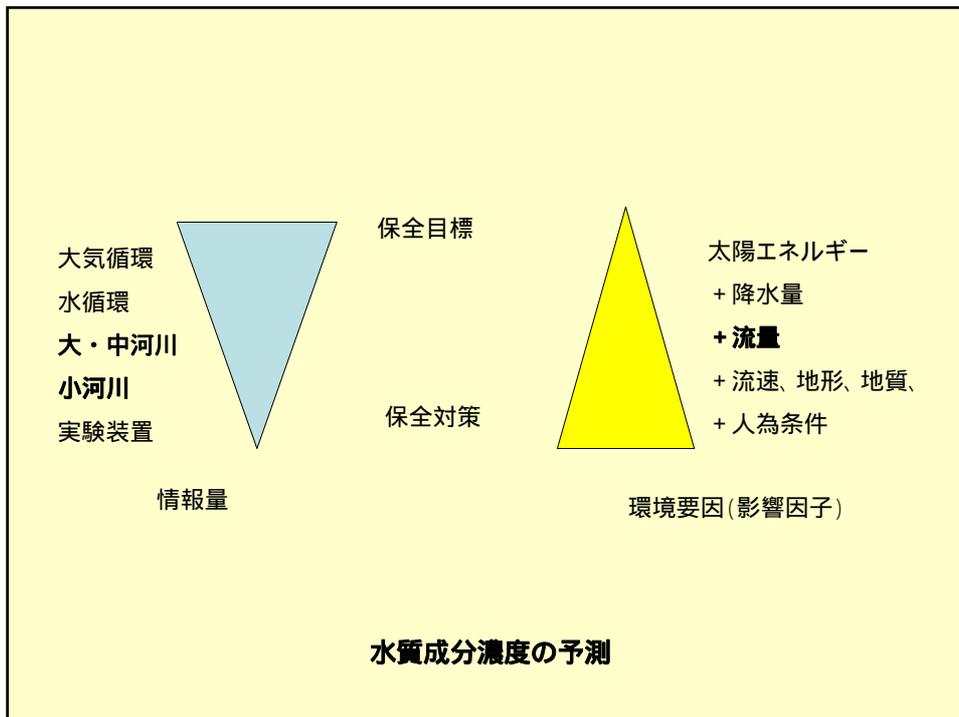
(自然汚濁:環境要因の選択が必要)

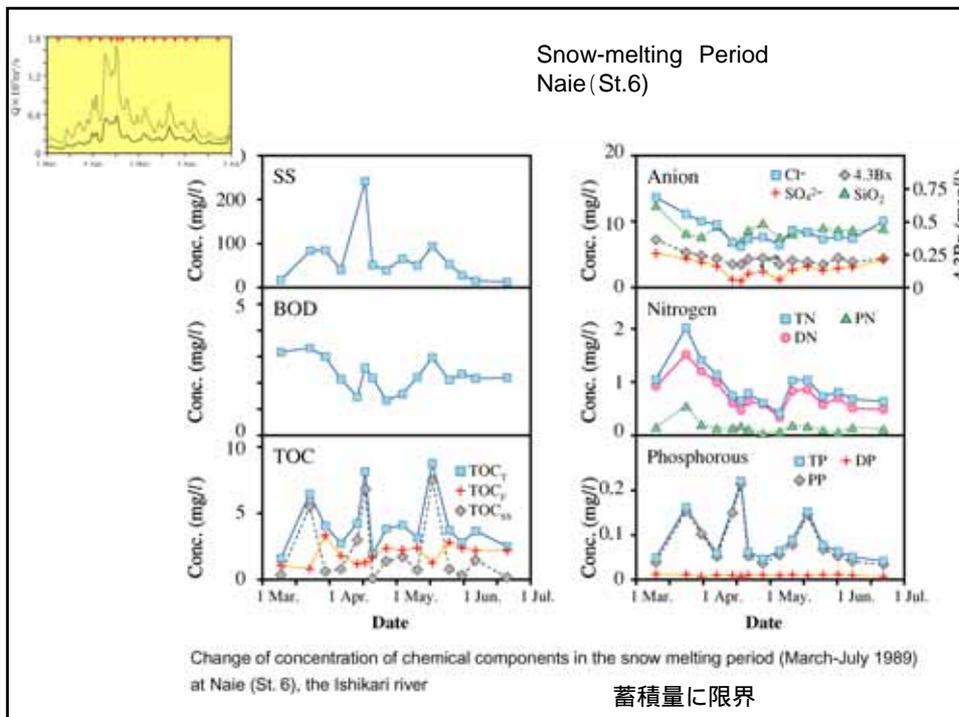
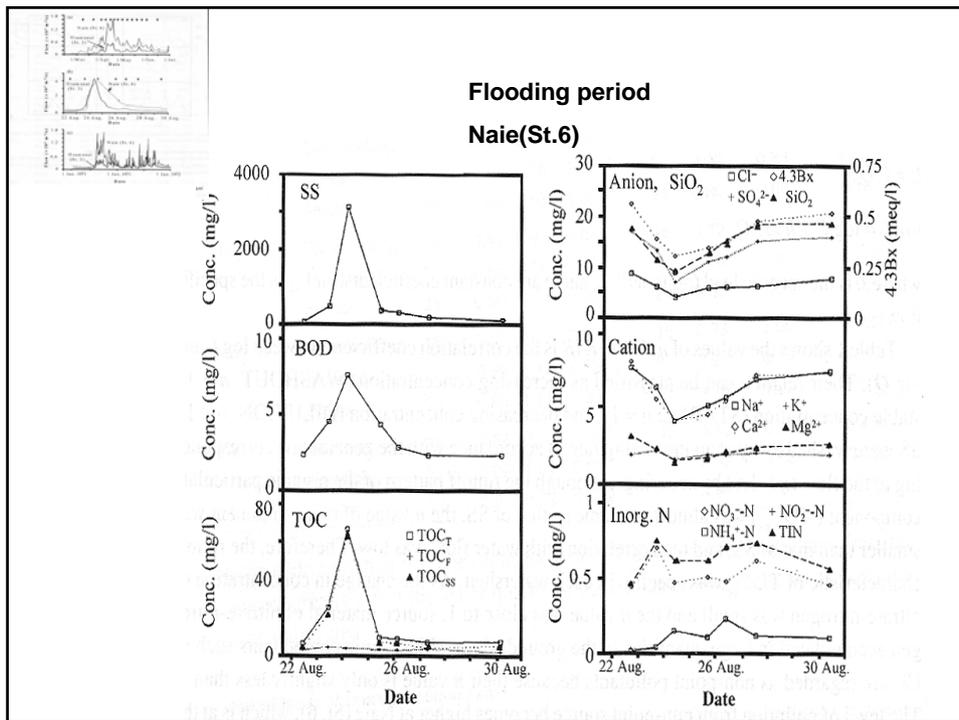
自然的要因 降水量、温度、蒸発量、地質、地形、化学的・生物的環境 (pH、ORP、生物相等)、物理的環境(掃流等)、水質成分の化学的特性等、時間(蓄積時間、浄化時間)そして流域面積

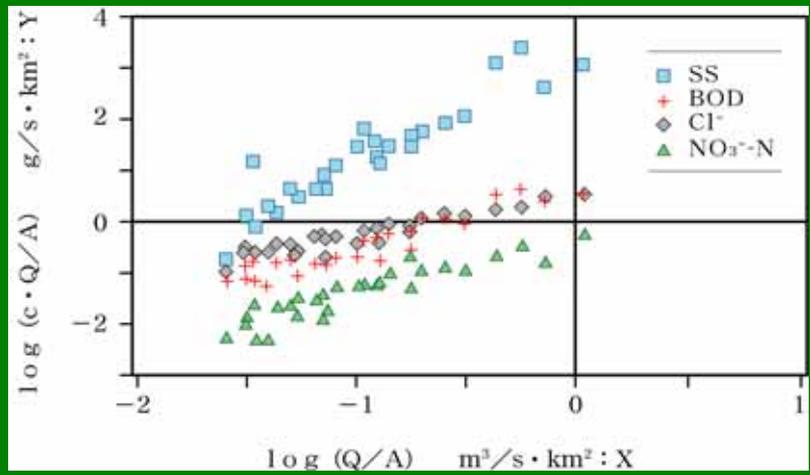
総合自然的要因の選択 比流域面積で基準化

流量 降水量、蒸発量、地形、水質成分特性

時間 蓄積時間、浄化時間







蓄積量に余裕

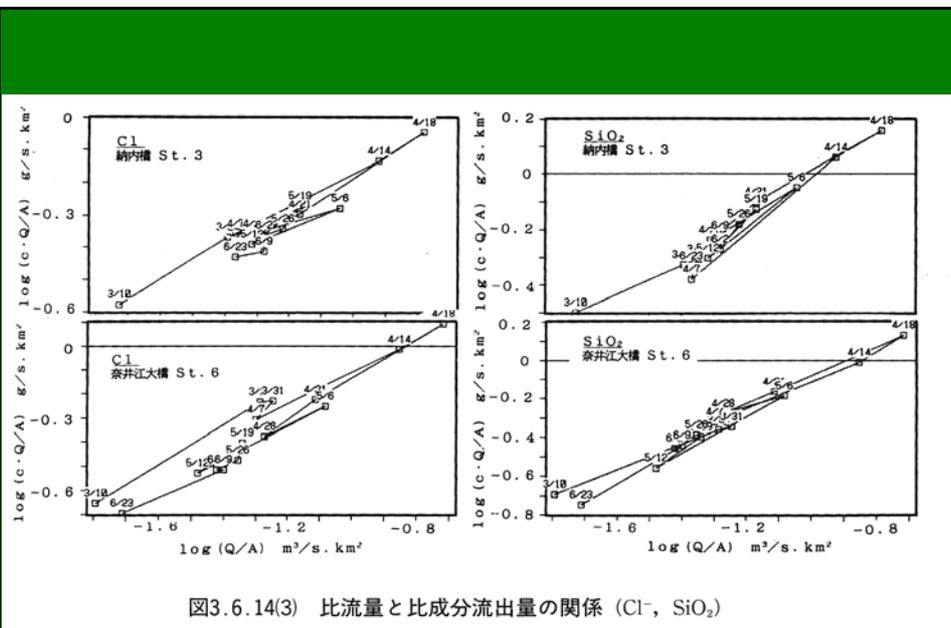


図3.6.14(3) 比流量と比成分流出量の関係 (Cl⁻, SiO₂)

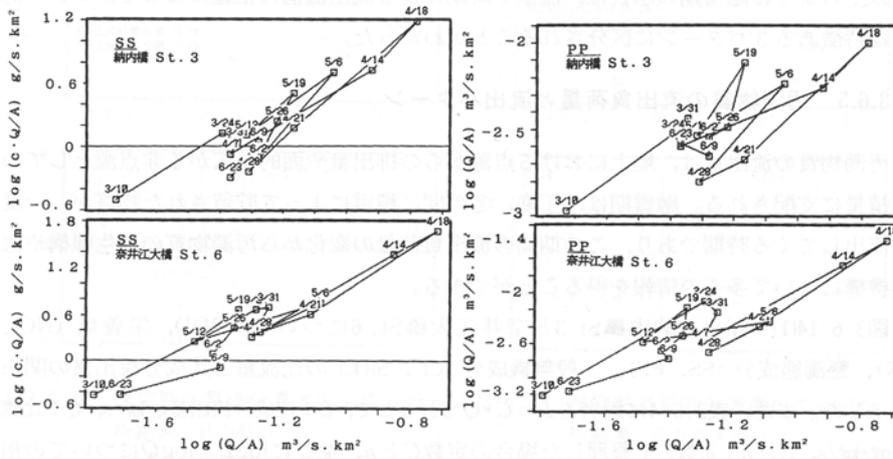


図3.6.14(2) 比流量と比成分流出量の関係 (SS, PP)

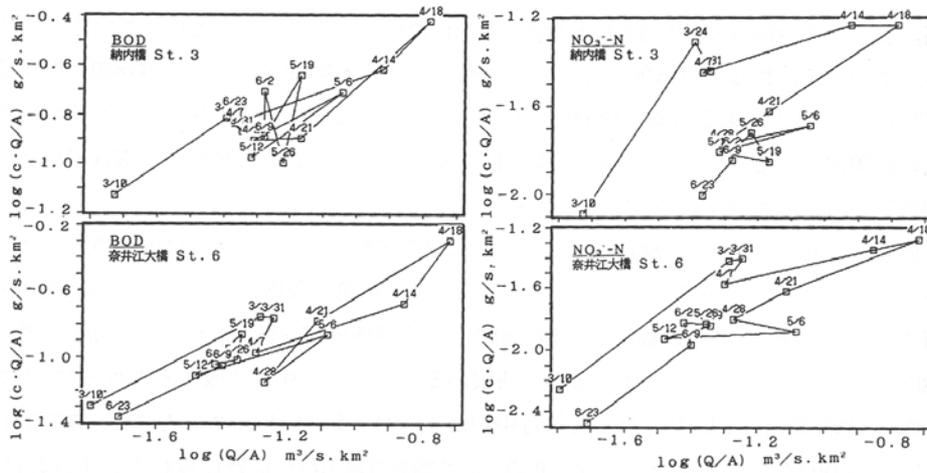


図3.6.14(1) 比流量と比成分流出量の関係 (BOD, NO₃--N)

Runoff characteristics of chemical water components

Water quality is affected by the characteristics of the water's area of origin. We tried to clarify the runoff characteristics of chemical components from the relationship between specific water flux (Q/A) and specific runoff load of chemical components (L/A).

$$L/A = C \cdot (Q/A)^n \quad L: \text{runoff load of chemical components in g/s,} \\ = C \cdot Q$$

Q: flux in m³/s, A: watershed area in km²,

C, n: constant coefficient

$$L = C \cdot Q, \quad C: \text{concentration of chemical component in mg/l}$$

When $n > 1$ (increasing concentration of chemical component),
the water component is of washout type.

When $n = 1$, the concentration is stable.

When $n < 1$, the concentration is decreasing and is of dilution type.

河川での実証的研究

- Smith et al. (1977) *Wat. Res.*
- Stevens et al. (1978) *Wat. Res.*

- 6通りのC-Q, L-Q等近似 $L = kQ^n$ がベスト
- DN, PPは $n > 1$: 土壌浸食
- DPIは $n < 1$: 希釈

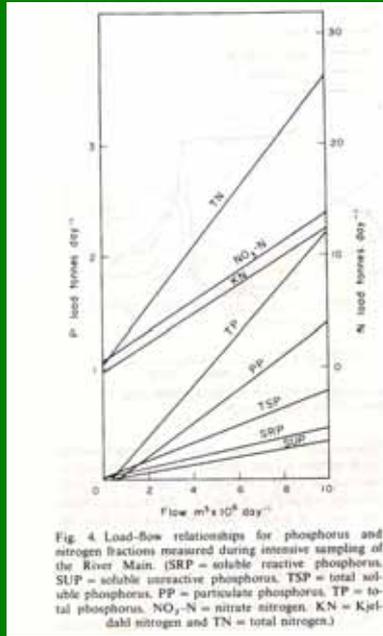
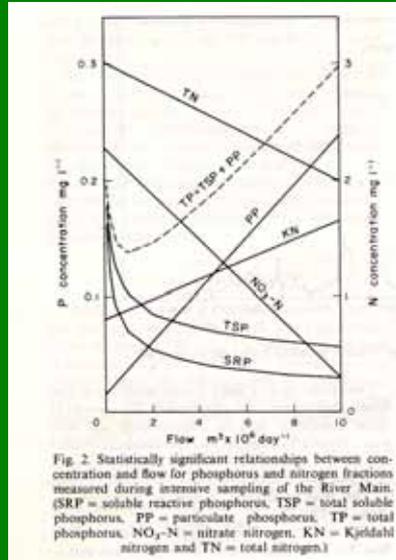
- 和田 (1978) 用廃

BOD, COD, TN, TP, SS

$$L = aQ + b$$

- SSは非線形
- 地形等の環境要因
- 機構解明の必要性 (係数 k, n)

西田鑑(山梨大学) 第41
回日本水環境学会年会
ノンポイント汚染研究委員会
(2007/3/15)講演「ノンポイント研究の新しい試み」より



Stevens & Smith 1978

河川での実証 機構の理解

- ・山口ら (1980) 土木論
- ・戸原ら (1983) 佐賀大農
- ・國松ら (1986) 水処技
- ・橋ら (1973-93)
- ・奥川ら (1991) 水環誌

L-Q, C-Qパターンの整理 (係数k,nの解釈)

山口高志らの整理と...

$L = f(Q)$: 流送能力型 $n > 1$: 汚濁型
 $L = f(Q, S)$: 流送能力・供給関数型 $n < 1$: 希釈型

見出された課題

1. 空間的汎用性
2. 時間解像度
3. 主たる要因の抽出

西田健(山梨大学) 第41
 回日本水環境学会年会ノン
 ポイント汚染研究委員会
 (2007/3/15) 講演「ノンポイ
 ント研究の新しい試み」より

$$L = C \cdot Q^n \cdots L - Q \text{式 } L=c \cdot Q$$

発生負荷量 流量

$$L/A = C \cdot (Q/A)^n$$

$$c(\text{濃度}) = C \cdot (Q/A)^{n-1} \quad R: \text{相関性}$$

n: 水質成分の固有の特性

溶存成分か懸濁成分か

懸濁成分(粒径、密度、有機質、無機質・・・)

溶存成分(吸脱着能力、置換侵入力、岩石溶解度・・・)

C: 水質成分の存在状態(環境条件)

存在量(蓄積量、蓄積速度・・・)・・・山田・山本一般化、

R: 水質成分の変化特性

微生物による分解・合成能力、発生源の変化・・・



| | Osamunai (St. 3) | | | | Naie (St. 6) | | | | |
|---------------------------------|------------------|------|------|------|--------------|----|------|------|-------|
| | N | R | n | C | N | R | n | C | |
| SS | Snow melting | 15 | 0.92 | 1.86 | 313 | 15 | 0.95 | 1.97 | 1016 |
| | Flooding | 7 | 0.98 | 2.32 | 1830 | 7 | 0.90 | 2.07 | 3020 |
| | Annual | 23 | 0.89 | 1.85 | 1220 | 21 | 0.97 | 1.68 | 810 |
| BOD | Snow melting | 15 | 0.82 | 0.65 | 0.978 | 15 | 0.91 | 0.86 | 1.50 |
| | Flooding | 7 | 0.97 | 1.02 | 3.85 | 7 | 0.96 | 1.31 | 6.94 |
| | Annual | 23 | 0.79 | 0.57 | 0.83 | 21 | 0.94 | 0.87 | 1.96 |
| TOC _T | Snow melting | 15 | 0.87 | 1.10 | 3.85 | 15 | 0.92 | 1.41 | 12.6 |
| | Flooding | 7 | 0.99 | 1.82 | 37.4 | 7 | 0.87 | 1.45 | 32.1 |
| | Annual | 23 | 0.80 | 0.66 | 2.19 | 21 | 0.90 | 1.04 | 10.4 |
| TOC _F | Snow melting | 15 | 0.40 | 0.65 | 0.299 | 15 | 0.84 | 0.91 | 1.43 |
| | Flooding | 7 | 0.98 | 1.02 | 2.27 | 7 | 0.97 | 1.02 | 2.60 |
| | Annual | 22 | 0.62 | 0.38 | 0.411 | 21 | 0.93 | 0.72 | 1.36 |
| TOC _{ss} | Snow melting | 15 | 0.83 | 1.48 | 6.91 | 15 | 0.76 | 1.92 | 18.2 |
| | Flooding | 7 | 0.99 | 2.22 | 45.2 | 7 | 0.85 | 1.53 | 27.9 |
| | Annual | 22 | 0.83 | 1.16 | 5.74 | 21 | 0.85 | 1.29 | 12.0 |
| Cl- | Snow melting | 15 | 0.96 | 0.54 | 2.18 | 15 | 0.96 | 0.75 | 4.14 |
| | Flooding | 7 | 1.00 | 0.67 | 3.17 | 7 | 0.98 | 0.80 | 3.74 |
| | Annual | 23 | 0.91 | 0.49 | 1.13 | 21 | 0.96 | 0.76 | 4.03 |
| SO ₄ ²⁻ | Snow melting | 15 | 0.63 | 0.59 | 1.51 | 15 | 0.70 | 0.36 | 0.420 |
| | Flooding | 7 | 0.91 | 0.85 | 7.71 | 7 | 0.98 | 0.72 | 6.42 |
| | Annual | 23 | 0.89 | 0.48 | 2.24 | 21 | 0.95 | 0.62 | 4.91 |
| 4.3Bx | Snow melting | 15 | 0.95 | 0.64 | 0.130 | 15 | 0.97 | 0.80 | 0.250 |
| | Flooding | 7 | 1.00 | 0.70 | 0.169 | 7 | 0.98 | 0.81 | 0.264 |
| | Annual | 23 | 0.96 | 0.72 | 0.122 | 21 | 0.98 | 0.78 | 0.239 |
| SiO ₂ | Snow melting | 15 | 0.98 | 0.77 | 5.58 | 15 | 0.99 | 0.82 | 5.13 |
| | Flooding | 7 | 1.00 | 0.78 | 10.2 | 7 | 0.96 | 0.83 | 9.50 |
| | Annual | 23 | 0.82 | 0.67 | 4.60 | 21 | 0.89 | 0.65 | 4.35 |
| NH ₄ ⁺ -N | Snow melting | 15 | 0.49 | 0.43 | 0.041 | 15 | 0.72 | 0.87 | 0.099 |
| | Flooding | 7 | 0.86 | 0.56 | 0.040 | 7 | 0.86 | 2.10 | 0.770 |
| | Annual | 23 | 0.50 | 0.64 | 0.050 | 21 | 0.55 | 0.66 | 0.088 |
| NO ₃ ⁻ -N | Snow melting | 0.15 | 0.59 | 0.72 | 0.176 | 15 | 0.93 | 1.00 | 0.332 |
| | Flooding | 7 | 0.99 | 1.10 | 0.62 | 7 | 0.98 | 0.95 | 0.450 |
| | Annual | 23 | 0.90 | 1.11 | 0.538 | 21 | 0.95 | 1.23 | 0.800 |
| TIN | Snow melting | 15 | 0.64 | 0.60 | 0.204 | 15 | 0.82 | 0.91 | 0.404 |
| | Flooding | 7 | 0.99 | 1.01 | 0.650 | 7 | 0.99 | 1.03 | 0.660 |
| | Annual | 23 | 0.83 | 0.89 | 0.389 | 21 | 0.90 | 1.01 | 0.761 |

| | | Osamunai (St. 3) | | | | Naie (St. 6) | | | | |
|-------------------------------|-------------------|------------------|------|------|-------|--------------|------|------|-------|------|
| | | N | R | n | C | N | R | n | C | |
| 洪水時流出 | SS | Snow melting | 15 | 0.92 | 1.86 | 313 | 15 | 0.95 | 1.97 | 1016 |
| | | Flooding | 7 | 0.98 | 2.32 | 1830 | 7 | 0.90 | 2.07 | 3020 |
| | | Annual | 23 | 0.89 | 1.85 | 1220 | 21 | 0.97 | 1.68 | 810 |
| | BOD | Snow melting | 15 | 0.82 | 0.65 | 0.978 | 15 | 0.91 | 0.86 | 1.50 |
| | | Flooding | 7 | 0.97 | 1.02 | 3.85 | 7 | 0.96 | 1.31 | 6.94 |
| | | Annual | 23 | 0.79 | 0.57 | 0.83 | 21 | 0.94 | 0.87 | 1.96 |
| | TOC _T | Snow melting | 15 | 0.87 | 1.10 | 3.85 | 15 | 0.92 | 1.41 | 12.6 |
| | | Flooding | 7 | 0.99 | 1.82 | 37.4 | 7 | 0.87 | 1.45 | 32.1 |
| | | Annual | 23 | 0.80 | 0.66 | 2.19 | 21 | 0.90 | 1.04 | 10.4 |
| バルブ排水の直接的影響 | TOC _F | Snow melting | 15 | 0.40 | 0.65 | 0.299 | 15 | 0.84 | 0.91 | 1.43 |
| | Flooding | 7 | 0.98 | 1.02 | 2.27 | 7 | 0.97 | 1.02 | 2.60 | |
| | Annual | 22 | 0.62 | 0.38 | 0.411 | 21 | 0.93 | 0.72 | 1.36 | |
| バルブ排水の直接的影響 | TOC _{ss} | Snow melting | 15 | 0.83 | 1.48 | 6.91 | 15 | 0.76 | 1.92 | 18.2 |
| | Flooding | 7 | 0.99 | 2.22 | 45.2 | 7 | 0.85 | 1.53 | 27.9 | |
| | Annual | 22 | 0.83 | 1.16 | 5.74 | 21 | 0.85 | 1.29 | 12.0 | |
| Cl ⁻ | Snow melting | 15 | 0.96 | 0.54 | 2.18 | 15 | 0.96 | 0.75 | 4.14 | |
| | Flooding | 7 | 1.00 | 0.67 | 3.17 | 7 | 0.98 | 0.80 | 3.74 | |
| | Annual | 23 | 0.91 | 0.49 | 1.13 | 21 | 0.96 | 0.76 | 4.03 | |
| SO ₄ ²⁻ | Snow melting | 15 | 0.63 | 0.59 | 1.51 | 15 | 0.70 | 0.36 | 0.420 | |
| | Flooding | 7 | 0.91 | 0.85 | 7.71 | 7 | 0.98 | 0.72 | 6.42 | |
| | Annual | 23 | 0.89 | 0.48 | 2.24 | 21 | 0.95 | 0.62 | 4.91 | |
| | Snow melting | 15 | 0.95 | 0.64 | 0.130 | 15 | 0.97 | 0.80 | 0.250 | |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|------|------|------|-------|----|------|------|-------|
| TOC _F | Flooding | 7 | 0.98 | 1.02 | 2.27 | 7 | 0.97 | 1.02 | 2.60 |
| | Annual | 22 | 0.62 | 0.38 | 0.411 | 21 | 0.93 | 0.72 | 1.36 |
| TOC _{ss} | Snow melting | 15 | 0.83 | 1.48 | 6.91 | 15 | 0.76 | 1.92 | 18.2 |
| | Flooding | 7 | 0.99 | 2.22 | 45.2 | 7 | 0.85 | 1.53 | 27.9 |
| | Annual | 22 | 0.83 | 1.16 | 5.74 | 21 | 0.85 | 1.29 | 12.0 |
| Cl ⁻ | Snow melting | 15 | 0.96 | 0.54 | 2.18 | 15 | 0.96 | 0.75 | 4.14 |
| | Flooding | 7 | 1.00 | 0.67 | 3.17 | 7 | 0.98 | 0.80 | 3.74 |
| | Annual | 23 | 0.91 | 0.49 | 1.13 | 21 | 0.96 | 0.76 | 4.03 |
| SO ₄ ²⁻ | Snow melting | 15 | 0.63 | 0.59 | 1.51 | 15 | 0.70 | 0.36 | 0.420 |
| | Flooding | 7 | 0.91 | 0.85 | 7.71 | 7 | 0.98 | 0.72 | 6.42 |
| | Annual | 23 | 0.89 | 0.48 | 2.24 | 21 | 0.95 | 0.62 | 4.91 |
| 4.3Bx | Snow melting | 15 | 0.95 | 0.64 | 0.130 | 15 | 0.97 | 0.80 | 0.250 |
| | Flooding | 7 | 1.00 | 0.70 | 0.169 | 7 | 0.98 | 0.81 | 0.264 |
| | Annual | 23 | 0.96 | 0.72 | 0.122 | 21 | 0.98 | 0.78 | 0.239 |
| SiO ₂ | Snow melting | 15 | 0.98 | 0.77 | 5.58 | 15 | 0.99 | 0.82 | 5.13 |
| | Flooding | 7 | 1.00 | 0.78 | 10.2 | 7 | 0.96 | 0.83 | 9.50 |
| | Annual | 23 | 0.82 | 0.67 | 4.60 | 21 | 0.89 | 0.65 | 4.35 |
| NH ₄ ⁺ -N | Snow melting | 15 | 0.49 | 0.43 | 0.041 | 15 | 0.72 | 0.87 | 0.099 |
| | Flooding | 7 | 0.86 | 0.56 | 0.040 | 7 | 0.86 | 2.10 | 0.770 |
| | Annual | 23 | 0.50 | 0.64 | 0.050 | 21 | 0.55 | 0.66 | 0.088 |
| NO ₃ ⁻ -N | Snow melting | 0.15 | 0.59 | 0.72 | 0.176 | 15 | 0.93 | 1.00 | 0.332 |
| | Flooding | 7 | 0.99 | 1.10 | 0.62 | 7 | 0.98 | 0.95 | 0.450 |
| | Annual | 23 | 0.90 | 1.11 | 0.538 | 21 | 0.95 | 1.23 | 0.800 |
| TIN | Snow melting | 15 | 0.64 | 0.60 | 0.204 | 15 | 0.82 | 0.91 | 0.404 |
| | Flooding | 7 | 0.99 | 1.01 | 0.650 | 7 | 0.99 | 1.03 | 0.660 |
| | Annual | 23 | 0.83 | 0.89 | 0.389 | 21 | 0.90 | 1.01 | 0.761 |

Table 3. Daily runoff loads of chemical components during three periods (snow melting period, flooding period and annual period).

| | Osamunai (St. 3) | | | Naie (St. 6) | | |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Snow melting period | Flooding period | Annual period | Snow melting period | Flooding period | Annual period |
| | kg/km ² /day |
| Q (x10 ³ m ³ /km ² /day) | 6.9 | 19.5 | 3.9 | 6.7 | 13.6 | 3.2 |
| SS | 276.8 | 20100 | 467 | 695 | 10125 | 386 |
| BOD | 16.3 | 73.6 | 11.5 | 14.2 | 60.6 | 9.2 |
| TOC _f * | 20.8 | 463.9 | 23.1 | 31.5 | 232.9 | 29.7 |
| TOC _f ** | 4.90 | 44.30 | 10.4 | 12.1 | 34.9 | 10.4 |
| TOC _{ss} * | 15.2 | 509.6 | 14.3 | 13.9 | 181.5 | 16.7 |
| NH ₄ ⁺ -N | 1.19 | 1.29 | 0.562 | 0.93 | 2.47 | 0.801 |
| NO ₃ ⁻ -N | 2.40 | 11.0 | 1.50 | 2.25 | 6.65 | 1.31 |
| TIN | 3.83 | 11.9 | 2.09 | 3.38 | 8.63 | 2.36 |
| DN | 4.36 | | | 4.27 | | |
| TN | 0.58 | | | 0.81 | | |
| PN | 5.00 | | | 5.23 | | |
| DRP | 0.030 | | | 0.024 | | |
| DP | 0.078 | | | 0.054 | | |
| PRP | 0.203 | | | 0.456 | | |
| TP | 0.385 | | | 0.687 | | |
| PP | 0.475 | | | 0.752 | | |
| Cl ⁻ | 47.6 | 89.2 | 20.1 | 51.1 | 70.4 | 26.3 |
| SO ₄ ²⁻ | 29.0 | 175 | 40.5 | 13.9 | 137 | 50.4 |
| 4.3Bx** | 2.21 | 4.56 | 1.08 | 2.71 | 4.83 | 1.47 |
| SiO ₂ | 69.1 | 78.0 | 47.0 | 53.5 | 169 | 41.3 |

*TOC = 0.375 COD(Cr); Flooding period and period.

**10³eq/km²/day

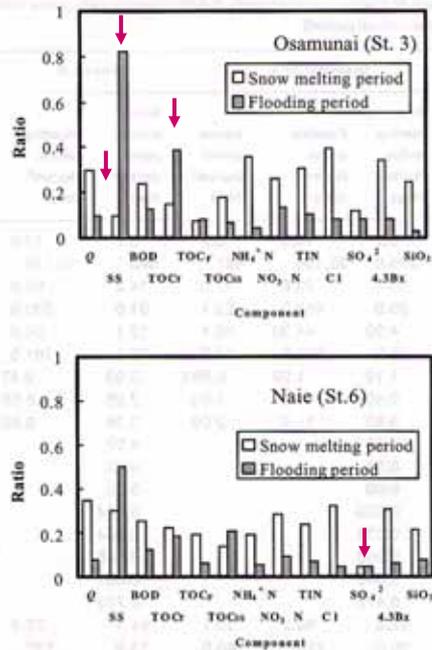


Figure 5 Ratio of snow melting period and flooding period to annual period

Table 4. Average concentration of loads of chemical components during three periods (snow melting period, flooding period and annual period) The values in that table are calculated by flow weighted method.

| | Osamunai (St. 3) | | | Naie (St. 6) | | |
|---------------------------------|---------------------|-----------------|---------------|---------------------|-----------------|---------------|
| | Snow melting Period | Flooding period | Annual period | Snow melting Period | Flooding period | Annual period |
| | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| Q (m ³ /s) | 274 | 771 | 152 | 684 | 1394 | 325 |
| SS | 39.9 | 1030 | 121 | 103.9 | 743 | 122 |
| BOD | 2.4 | 3.8 | 3 | 2.1 | 4.4 | 2.9 |
| TOC _T * | 3.0 | 23.8 | 6 | 4.7 | 17.1 | 5.3 |
| TOC _F * | 0.7 | 2.30 | 2.7 | 1.8 | 2.6 | 3.3 |
| TOC _{SS} * | 2.20 | 26.1 | 3.7 | 2.1 | 13.4 | 5.3 |
| NH ₄ ⁺ -N | 0.17 | 0.07 | 0.15 | 0.14 | 0.18 | 0.25 |
| NO ₃ ⁻ -N | 0.35 | 0.31 | 0.39 | 0.34 | 0.49 | 0.41 |
| TIN | 0.55 | 0.34 | 0.54 | 0.51 | 0.63 | 0.73 |
| Cl ⁻ | 6.9 | 4.6 | 5.2 | 7.6 | 5.2 | 8.3 |
| SO ₄ ²⁻ | 4.2 | 9 | 10.5 | 2.1 | 10 | 15.9 |
| 4.3Bx** | 0.319 | 0.234 | 0.281 | 0.404 | 0.335 | 0.463 |
| SiO ₂ | 10.0 | 4.0 | 12.2 | 8.0 | 12.4 | 13.0 |

*TOC = 0.375 COD(Cr); Flooding period and Yearly **meq/l

CONCLUSIONS

We studied how non-point pollution relates to the characteristics of runoff loads of chemical components of the Ishikari River.

- Non-point pollution greatly influences the water quality of the Ishikari River.
- In other words, chemical components are present in great quantities as non-point pollutants on the ground surface and in soil.
- Because of the land area used by people expands, pollutant loads rise when the river rises.
- For the Ishikari river basin, preservation measures are necessary to control non-point pollutants, so as to maintain the environment of the basin in its natural state, and improved agricultural production methods are necessary to decrease non-point pollution.
- We must rethink our approach to water if we are to preserve it successfully.

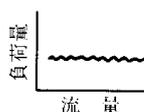
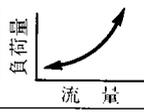
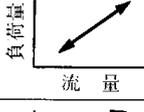
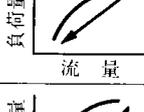
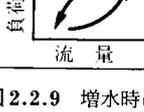
| | 変化パターン | 水質項目 | 変化の特徴 | |
|-----|---|---|--|-----------------|
| I |  | リグニン | ポイントソース ほとんど一定 濃度減少 | バルブ排水 家庭排水 |
| II |  | SS, P-COD | 土壌洗い出し 流量の増加比率を上回る負荷量の増加比率となる 濃度増加 | 降雨時 土砂流出 |
| III |  | SiO ₂ | 流量の増加に比例して負荷量も増加 濃度一定 土壌溶出 | 土壌 溶出成分 |
| IV |  | D-COD, BOD Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ | 流量の増加に対して早い負荷量の増加が見られ、ある濃度に達した後比例的に減少する 蓄積タイプ | (広域的)人為 汚濁成分 |
| V |  | inorg.-N | 流量の増加に対して負荷量が遅れて増加する 地下からの寄与 | 農地流出 栄養分 |

図 2.2.9 増水時における水質濃度変化パターン (石狩川：北海道)¹⁹⁾
 環境流体汚染 松梨順三部 森北 1993
 水質変化予測調査報告書 土木学会 昭和50年3月

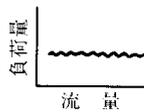
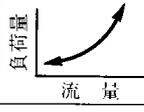
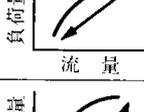
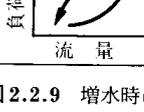
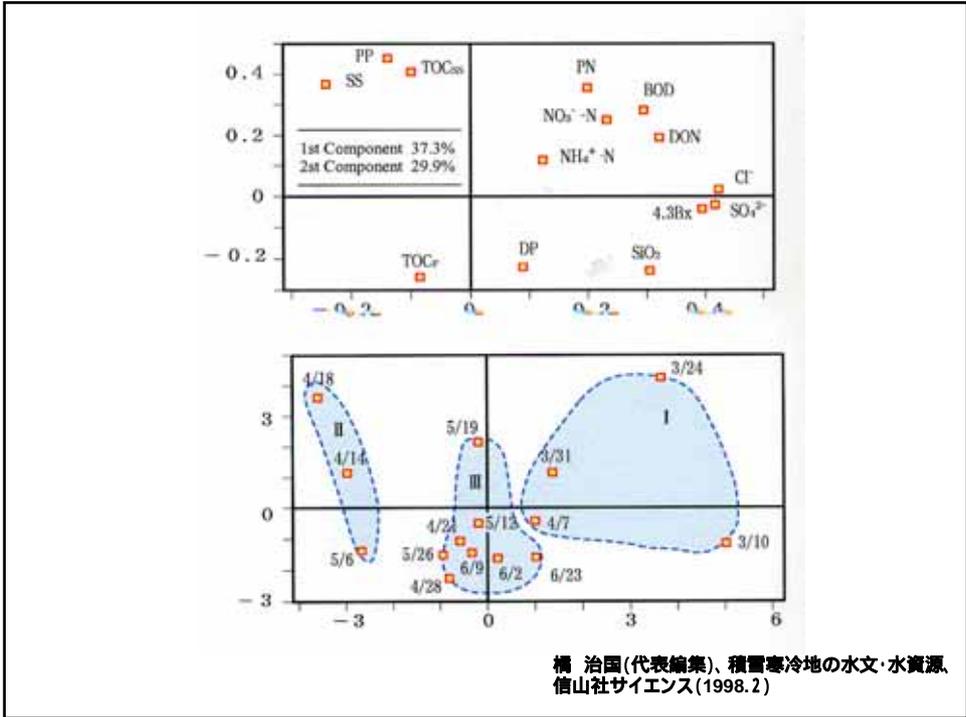
| 水質変化予測調査報告書 土木学会 昭和50年3月 | | | | |
|--------------------------|---|---|---|-----------------------|
| | 変化パターン | 水質項目 | 変化の特徴 | |
| I |  | リグニン | ほとんど一定 濃度減少 | n = 0 希釈型 n < 1 |
| II |  | SS, P-COD | 流量の増加比率を上回る負荷量の増加比率となる 濃度増加 | n > 1 洗い出し型 |
| III |  | SiO ₂ | 流量の増加に比例して負荷量も増加 濃度一定 | n = 1 濃度一定型 |
| IV |  | D-COD, BOD Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ | 流量の増加に対して早い負荷量の増加が見られ、ある濃度に達した後比例的に減少する | ヒステリシス型 |
| V |  | inorg.-N | 流量の増加に対して負荷量が遅れて増加する ヒステリシス型 | |

図 2.2.9 増水時における水質濃度変化パターン (石狩川：北海道)¹⁹⁾



$L/A = C \cdot (Q/A)^n$ のCの意味づけ

漁川: 荒廃河川、モイチャン川: 自然森林河川

晴天時平均水質 (1991~1997, n=41)

| | | 漁川 | モイチャン川 |
|-----|------|-------|--------|
| SS | mg/l | 2.2 | 2.0 |
| TOC | mg/l | 0.8 | 1.3 |
| DOC | mg/l | 0.7 | 0.9 |
| TN | mg/l | 0.12 | 0.17 |
| DN | mg/l | 0.10 | 0.14 |
| TP | mg/l | 0.008 | 0.019 |
| DP | mg/l | 0.004 | 0.013 |

土木学会誌編集委員会編 録 (橋 治国、山田俊郎 森が水を富ます、
119 - 132、土木学会(丸善)、2003

漁川



モイチャン川



表-4 比流量と比水質成分流出負荷量の関係 (1997)

$L=C \cdot (Q/A)^n$ (L : $\text{kg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$, Q : $\text{m}^3 \cdot \text{day}^{-1}$, A : km^2) R : 相関係数

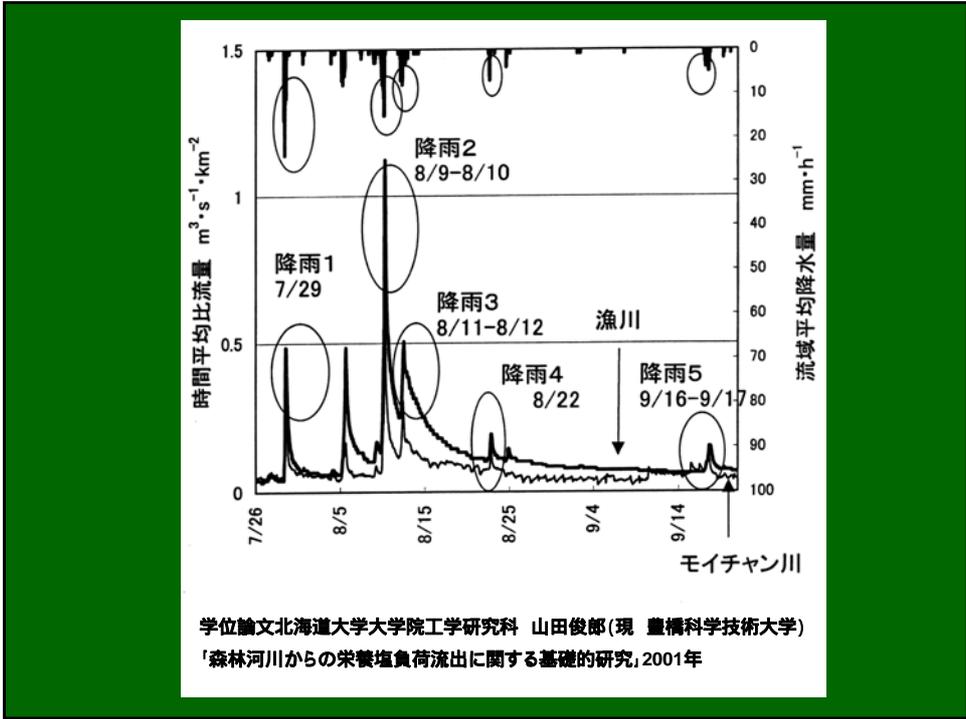
| 漁川 | | | | モイチャン川 | | | |
|---------------------------------|-----|------|--------|---------------------------------|-----|------|--------|
| | n | R | C | | n | R | C |
| TOC | 1.3 | 0.82 | 0.55 | TOC | 1.3 | 0.76 | 0.90 |
| DOC | 1.1 | 0.91 | 0.70 | DOC | 1.3 | 0.74 | 0.56 |
| POC | 1.5 | 0.62 | 0.12 | POC | 1.1 | 0.34 | 0.27 |
| SS | 2.8 | 0.62 | 0.58 | SS | 1.8 | 0.40 | 2.2 |
| SiO ₂ | 0.8 | 0.93 | 41 | SiO ₂ | 0.8 | 0.90 | 49 |
| 4.3Bx | 0.9 | 0.98 | 0.48 | 4.3Bx | 1.0 | 0.98 | 0.40 |
| Cl ⁻ | 0.9 | 0.93 | 5.0 | Cl ⁻ | 0.9 | 0.90 | 5.6 |
| TN | 1.6 | 0.65 | 0.078 | TN | 1.2 | 0.63 | 0.151 |
| DN | 1.4 | 0.72 | 0.064 | DN | 1.2 | 0.64 | 0.102 |
| PN | 2.3 | 0.52 | 0.087 | PN | 1.4 | 0.35 | 0.027 |
| NO ₃ ⁻ -N | 1.9 | 0.83 | 0.009 | NO ₃ ⁻ -N | 1.5 | 0.76 | 0.031 |
| NO ₂ ⁻ -N | 0.7 | 0.46 | 0.039 | NO ₂ ⁻ -N | 0.3 | 0.11 | 0.008 |
| NH ₄ ⁺ -N | 0.9 | 0.35 | 0.015 | NH ₄ ⁺ -N | 1.0 | 0.27 | 0.013 |
| TP | 1.5 | 0.55 | 0.0058 | TP | 1.2 | 0.61 | 0.0170 |
| DP | 0.9 | 0.49 | 0.0046 | DP | 0.2 | 0.67 | 0.0084 |
| PP | 1.9 | 0.54 | 0.0019 | PP | 1.1 | 0.36 | 0.0076 |
| DRP | 1.1 | 0.55 | 0.0017 | DRP | 1.5 | 0.65 | 0.0031 |

表-5 $L=C \cdot Q^n$ による森林河川水質成分流出特性 (原図は参考文献13))

| 流出タイプ | n | C | R | 流出の特徴 | 存在状態 | 成分 |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----------------------------|--------------|--|
| I 洗い出し型 | >2 | 変動大 | ○ | 流量増加に 対応して著 しく流出 | 堆積量大 | 懸濁成分 (SS, PN, PP) |
| II 安定流出型 (貯留型) | $2 \sim 1$ | 変動大 | ○ | 流量増加に 対応して流出 | 蓄積量大 (速度) | $\text{NO}_3^- - \text{N}$, DP, DOC等 |
| III 安定流出型 (非貯留型) | ≤ 1 | 変動小 | ◎ | 流量との相関 がよい(濃度 変化が小さい) | 広範囲に分布 | 一般無機イオ ン (Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} 等) |
| IV 非安定流出型 | 1前後 | 変動大 | × | 流量との相関 が低い(溶存 変動が大きい) | 化学反応性 に富む | $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, $\text{S} : \text{O}_2$ |
| (V 濃度減少 希釈型) | $0 < n < 1$ | - | - | - | - | - |
| (VI 希釈型) | ≈ 0 | - | - | - | - | - |

表 2 森林からの全窒素、全リン発生負荷量の比較

| TN $\text{kg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ | TP $\text{kg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ | 出 典 |
|---|---|------------------------------------|
| 694 | 18.4 | 土木学会 (1970) ³⁾ |
| 258 | 13.5 | // (1975) ⁴⁾ |
| 405 | 13.5 | // (1978) ⁵⁾ |
| 245 | 21.5 | 中西 他 (1973) ⁶⁾ |
| 340 | 32.5 | // |
| 720 | - | 和田 (1978) ⁷⁾ |
| 360 | 12.0 | 渡辺 他 (1979) ⁸⁾ |
| 445 | 9.5 | 国松 他 (1986) ⁹⁾ |
| 358 | 11.3 | // |
| 335 | 12.0 | // (1987)¹⁰⁾ |
| 390 | 32.3 | 本報告 (小川集水域) ²⁾ |
| 520 | 11.5 | // (試験地河川) ²⁾ |
| 353 | 23.0 | // (漁川) |
| 249 | 27.0 | // (モイチャン川) |



$$L = C \cdot Q^n \quad L = k \cdot Q^n \quad Q = Q / Q_0 \quad Q_0 : \text{最小比流量}$$

表6-1 1997年夏期降雨時調査^{*}における流域係数(k値)の平均値および変化幅

| 成分 | 漁川 | | モイチャン川 | |
|---------------------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | log(k)値 平均 | log(k)値 最大-最小 | log(k)値 平均 | log(k)値 最大-最小 |
| SS | -1.25 | 2.75 | -1.19 | 2.51 |
| PN | -3.10 | 1.29 | -2.73 | 0.81 |
| NO ₃ ⁻ -N | -2.46 | 1.18 | -2.26 | 0.33 |
| NH ₄ ⁺ -N | -3.34 | 0.70 | -3.20 | 0.67 |
| DON | -2.55 | 0.81 | -2.52 | 0.54 |
| PP | -4.33 | 2.00 | -3.92 | 1.30 |
| DP | -3.66 | 0.60 | -3.11 | 0.15 |
| 4.3Bx | -1.55 | 0.03 | -1.67 | 0.06 |
| Cl ⁻ | -0.59 | 0.11 | -0.61 | 0.16 |
| SO ₄ ²⁻ | -0.01 | 0.04 | -0.55 | 0.18 |
| SiO ₂ | 0.18 | 0.46 | 0.18 | 0.21 |
| Na ⁺ | -0.41 | 0.09 | -0.43 | 0.14 |
| K ⁺ | -1.16 | 0.11 | -1.23 | 0.24 |
| Ca ²⁺ | -0.21 | 0.16 | -0.65 | 0.15 |

^{*}1997年夏期降雨時調査および流域係数(k値)に関しては第4章参照

Cについて検討

漁川

$$K_{SS} = 0.39e^{0.23 \times t}$$

$$K_{NO3} = 0.69e^{-0.12 \times t}$$

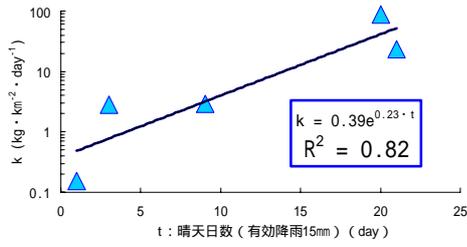


図6-1 漁川における晴天日数とSSのk値との関係

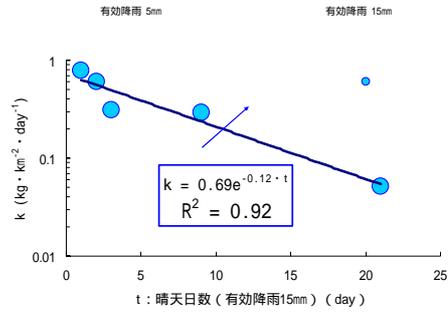


図6-2 漁川における晴天日数と硝酸態窒素のk値との関係

モチャン川

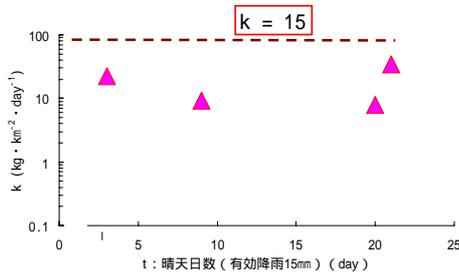


図6-3 モイチャン川における晴天日数とSSのk値との関係

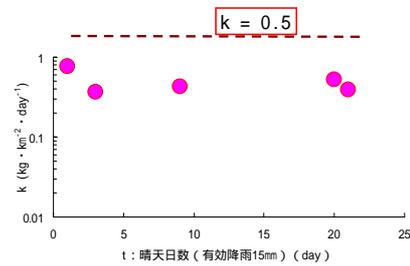


図6-2 漁川における晴天日数と硝酸態窒素のk値との関係

森林河川の安定した水質

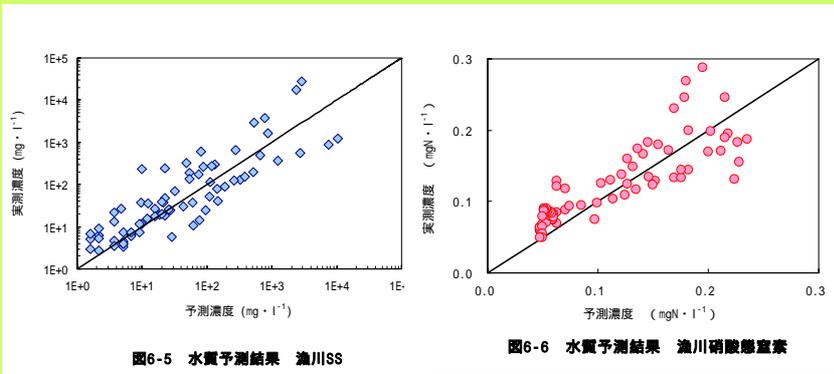


図6-5 水質予測結果 漁川SS

図6-6 水質予測結果 漁川硝酸態窒素

$$L = k \times (Q/Q_0)^n = k_0 \times e^{-\alpha t} \times (Q/Q_0)^n$$

$$C = L / Q$$

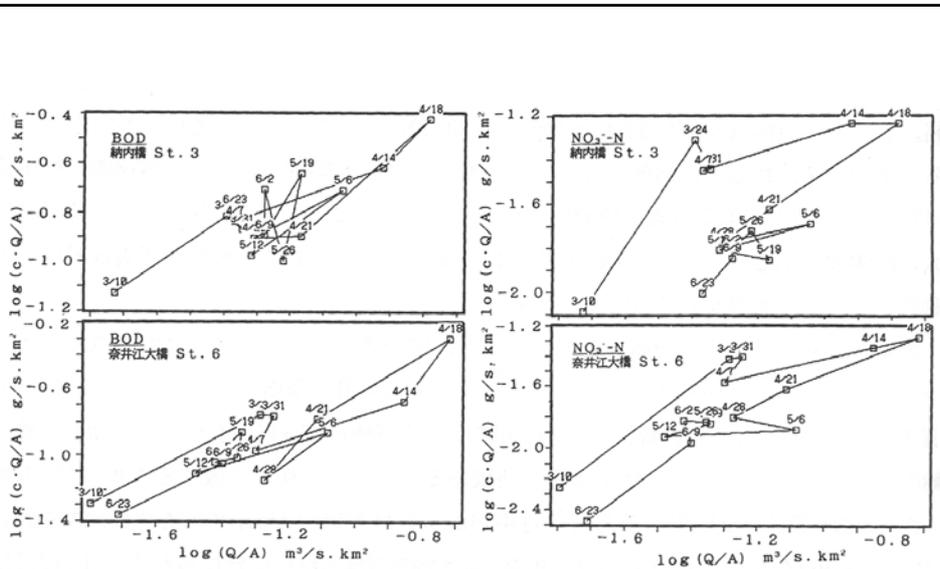


図3.6.14(1) 比流量と比成分流出量の関係 (BOD, NO₃--N)

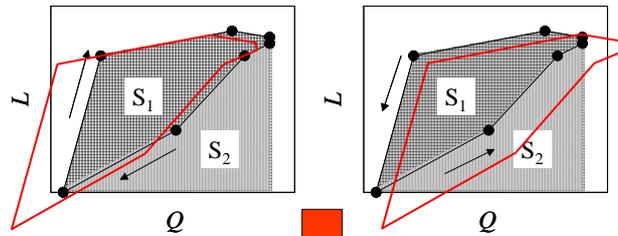
橋 治国、清水達雄、中川佳久、石狩川の融雪期水質 水文・水資源学会誌、9巻5号、444-456、1996

Methods-Data processing

Quantification of the magnitude of the hysteresis

Clockwise rotation type

Anticlockwise rotation type



$S_1/(S_1+S_2)$ represents magnitude of the hysteresis.

$S_1/(S_1+S_2)$ = Nutrient Load Hysteresis Coefficient (NLHC)

山本浩一他 濁度計による懸濁態栄養塩負荷推定に関する研究 河川技術論文集、第9巻、515 - 520、2003

Methods-Data processing

Classification of the characteristics of nutrients load L by modeling with power number n in the $L = CQ^n$ and H

| | $n < 0.9$ | $0.9 \leq n \leq 1.1$ | $1.1 < n$ |
|------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| $0.25 < H$ | D ⁺⁺ | C ⁺⁺ | I ⁺⁺ |
| $0.1 < H \leq 0.25$ | D ⁺ | C ⁺ | I ⁺ |
| $-0.1 \leq H \leq 0.1$ | D | C | I |
| $-0.25 < H \leq -0.1$ | D | C | I |
| $H < -0.25$ | D ⁻ | C ⁻ | I ⁻ |

H : Nutrient Load Hysteresis Coefficient, n : Power of the flow rate

D: Dilution type, C: Constant type, I: Increasing type

++ to +: clockwise rotation type, none: little hysteresis, - to --: anticlockwise rotation type



Results- Classification of the characteristics of nutrients load L by modeling with power number n in the $L = CQ^n$ and H

| Components | n | | | | H | | | | Classification |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-----------------|
| | Max. | Av. | Min. | S.D. | Max. | Av. | Min. | S.D. | |
| Turbidity | 2.13 | 1.67 | 1.18 | 0.25 | 0.86 | 0.46 | 0.00 | 0.29 | I ⁺⁺ |
| SS | 2.29 | 1.83 | 1.05 | 0.34 | 0.79 | 0.51 | 0.11 | 0.27 | I ⁺⁺ |
| NH ₄ ⁺ -N | 1.33 | 1.05 | 1.00 | 0.10 | 0.61 | -0.03 | -0.38 | 0.28 | C |
| NO ₂ ⁻ -N | 1.61 | 1.16 | 1.00 | 0.22 | 0.27 | -0.02 | -0.66 | 0.28 | I |
| NO ₃ ⁻ -N | 1.37 | 1.04 | 0.88 | 0.21 | 0.13 | -0.12 | -0.30 | 0.15 | C |
| DN | 1.33 | 1.04 | 0.87 | 0.18 | 0.14 | -0.10 | -0.28 | 0.14 | C |
| TN | 1.40 | 1.20 | 1.06 | 0.11 | 0.31 | 0.17 | 0.02 | 0.10 | I ⁺ |
| PN | 2.07 | 1.57 | 1.04 | 0.28 | 0.70 | 0.43 | -0.01 | 0.27 | I ⁺⁺ |
| DRP | 1.19 | 0.89 | 0.21 | 0.28 | 0.73 | 0.16 | -0.05 | 0.25 | D ⁺ |
| DP | 1.38 | 0.91 | 0.35 | 0.30 | 0.96 | 0.33 | -0.16 | 0.38 | C ⁺⁺ |
| TP | 1.91 | 1.51 | 0.91 | 0.26 | 0.77 | 0.51 | 0.07 | 0.26 | I ⁺⁺ |
| PP | 1.94 | 1.59 | 0.92 | 0.30 | 0.77 | 0.50 | -0.04 | 0.29 | I ⁺⁺ |
| TOC | 2.04 | 1.62 | 1.04 | 0.29 | 0.81 | 0.34 | -0.40 | 0.42 | I ⁺⁺ |
| DOC | 1.67 | 1.14 | 0.95 | 0.21 | 0.66 | -0.01 | -0.80 | 0.54 | I |
| POC | 2.24 | 1.75 | 1.06 | 0.32 | 0.84 | 0.39 | -0.40 | 0.44 | I ⁺⁺ |

Hinuma R. And
Shirakawa R.

L-Q式から

水質の変化パターンの分類

汚濁の負荷発生機構の解明

負荷削減対策

河川管理手法

L-Q式

安定した濃度予測

$$C=K \cdot Q^{n-1}$$

しかし



Sebangau R.

熱帯泥炭地とは

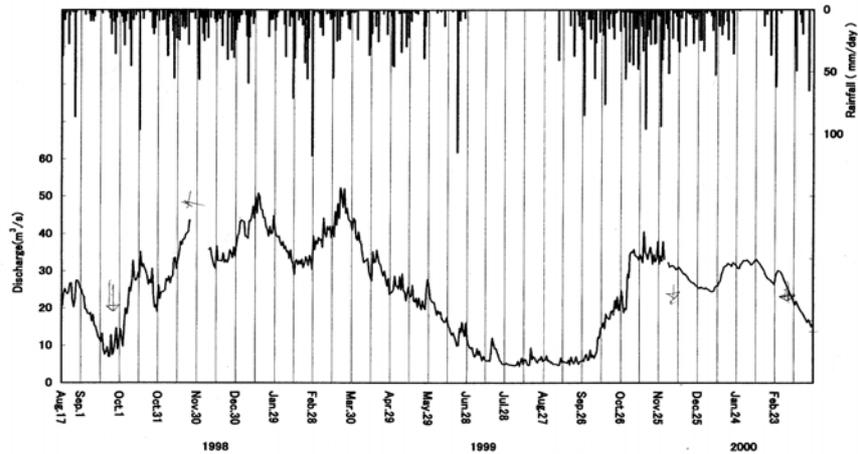
- 「水に浮かぶ森」
倒木の幹・枝・落ち葉などが水に浸かる。
風化・分解されない。
そのままか半分腐った(腐植)状態で堆積する。

- 特殊な環境

種間の生
特定の種

希少種
オランウータン

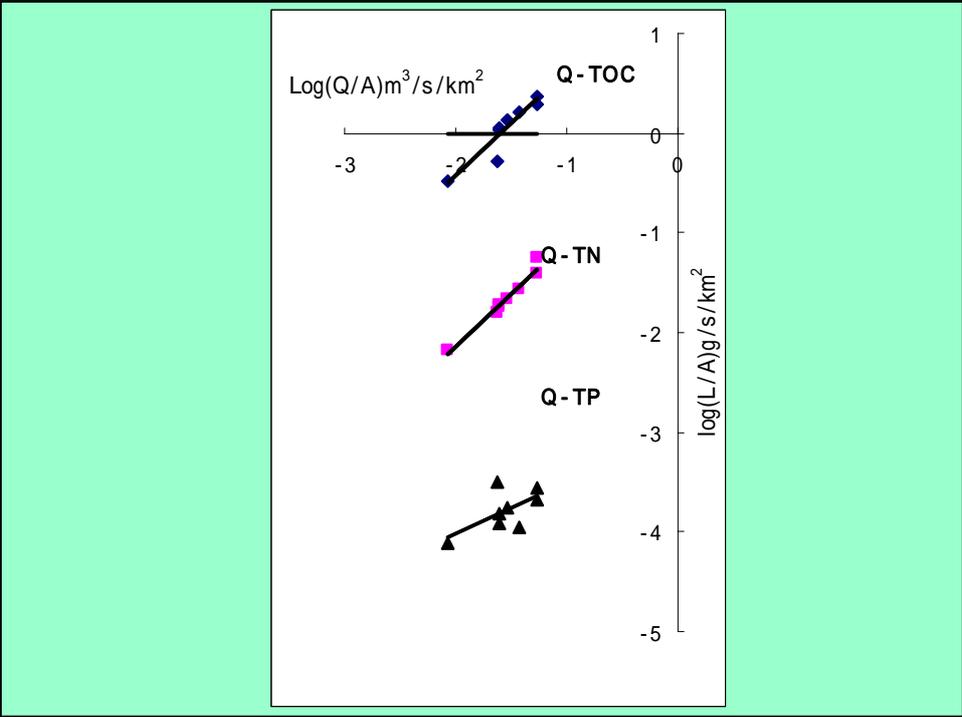




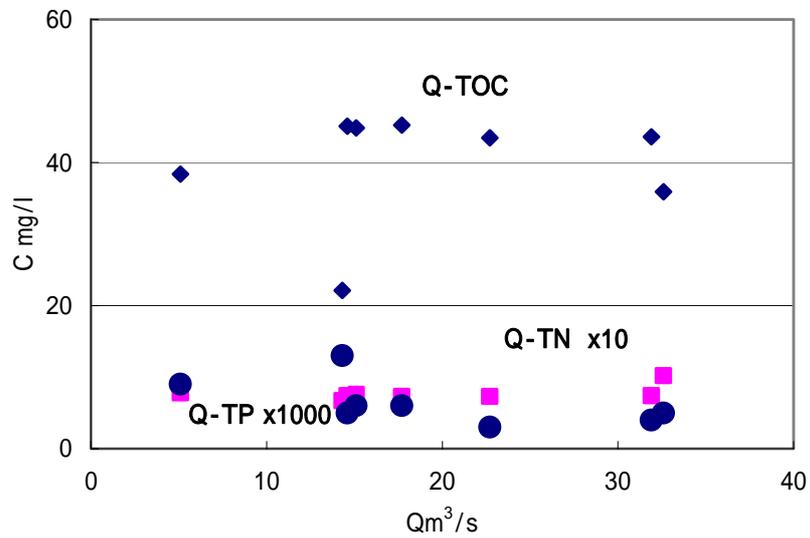
H. Tachibana, R. Iqbal, S. Akimoto, M. Kobayashi, K. Ohno, A. Mori, T. Itakura, H. Takahashi, K. Utosawa, N. Sumawijaya, S. Dohong, U. Darung and S. Limin Chemical characteristics of water at the upper reaches of the sebangau river, central kalimantan, indonesia, TROPICS 15(4),411-415,2006

| | Average C.V. | |
|--------|--------------|------|
| | mg/l | mg/l |
| Q | 19.25 | 0.49 |
| pH | 3.84 | 0.03 |
| EC | 52.66 | 0.04 |
| TOC | 39.82 | 0.09 |
| DOC | 37.56 | 0.10 |
| POC | 2.26 | 0.36 |
| TN | 0.77 | 0.14 |
| DN | 0.76 | 0.15 |
| PN | 0.01 | 1.11 |
| NO3--N | 0.01 | 1.09 |
| NH4+-N | 0.06 | 0.44 |
| TP | 0.01 | 0.30 |
| DP | 0.00 | 0.35 |
| DRP | 0.00 | 0.13 |
| Na+ | 0.79 | 0.38 |
| Cl- | 0.71 | 0.23 |
| SiO2 | 15.23 | 0.06 |
| TN/TP | 145.86 | 0.37 |
| TIN/DN | 0.09 | 0.44 |

| | Sebangau R. | | | | Ishikari R. | | | |
|--------|-------------|------|--------|-----------|-------------|------|------|-------|
| | N | R | n | C(=10^C) | N | R | n | C |
| EC | 8 | 0.91 | 1.07 | 64.6 | | | | |
| SS | 5 | 0.92 | 0.62 | 0.523 | 21 | 0.97 | 1.68 | 810 |
| TOC | 8 | 0.93 | 1.06 | 47.4 | 21 | 0.9 | 1.04 | 10.4 |
| DOC | 8 | 0.87 | 1.07 | 46.7 | 21 | 0.93 | 0.72 | 1.35 |
| POC | 8 | 0.60 | 1.01 | 1.746 | 21 | 0.85 | 1.29 | 12 |
| TN | 8 | 0.98 | 1.06 | 1.037 | | | | |
| DN | 8 | 0.98 | 1.05 | 0.897 | | | | |
| PN | 8 | 0.62 | 1.97 | 0.139 | | | | |
| NO3--N | 8 | 0.12 | 0.26 | 0.0002 | 21 | 0.95 | 1.23 | 0.80 |
| NH4+-N | 8 | 0.29 | 0.28 | 0.004 | 21 | 0.55 | 0.65 | 0.086 |
| TP | 8 | 0.65 | 0.52 | 0.0010 | | | | |
| DP | 8 | 0.70 | 0.72 | 0.0009 | | | | |
| PP | 8 | 0.10 | 0.26 | 0.0002 | | | | |
| DRP | 8 | 0.98 | 1.18 | 0.006 | | | | |
| PP | 8 | 0.31 | 0.2581 | 0.0002 | | | | |
| Na+ | 8 | 0.40 | 0.40 | 0.079 | | | | |
| Cl- | 8 | 0.78 | 0.87 | 0.415 | 21 | 0.96 | 0.76 | 4.03 |
| SiO2 | 8 | 0.85 | 1.06 | 17.6 | 21 | 0.89 | 0.65 | 4.35 |



自分の場を多様な環境で確認しよう。



L-Q式の今後の課題

• [成果]

成分の流出特性把握
流出負荷量の推測可能
簡易濃度予測

[今後]

より分かり易い特性分類
汚濁機構との関係
C, n の予測

[さらに]

流量を除く(降水量、地形、地質など)環境要因からの濃度や負荷量の予測



Brisbane R.

ありがとうございました。