

十勝川の流出原単位に関する調査研究

棗 庄 輔 三 上 英 敏
有 末 二 郎 伊 藤 英 司

要 約

河川水質の汚濁現象は種々多様な因子によって構成されており、全ての因子を追跡してその機構を解明することは極めて困難である。従って、多くの研究者は、それぞれ、評価目的によって現象をモデル化し、解析を試みており^{1)~5)}、著者等は、河川の流出汚濁現象を定量化するうえで、どの様な手法が有効であるかについて検討を試み、報告を行ってきた^{6)~9)}。

本調査研究に関する一連の報告は^{10)~12)}、地先海域で赤潮が発生することもある十勝川を対象に、水質変化の予測手法を確立しようとするものであり、本報告は、前報¹²⁾において、流出特性の解析手法としてその有効性が示された重回帰分析を用い、昭和62年度から平成2年度までの7月から11月までに実施した水質・水量の調査結果(516検体)から、BOD、COD、SS、T-N、T-Pの流域単位面積当たりの流出負荷量(流出原単位)を流域単位面積当たりの流量(比流量)及び土地利用形態(土地利用面積比率)という簡単な情報から重回帰式を求め、その妥当性を公共用水域の測定結果(流量、BOD、COD、SS、T-N、T-P)から実証したものである。

1 緒 言

近年、十勝川の地先海域において、夏期から秋期にかけて赤潮が発生することが示され、漁業への影響も懸念されるようになってきている¹³⁾¹⁴⁾。この現象のメカニズムは不明であるが、今後、地先海域の水環境を保全するうえで、十勝川から供給される汚濁物質が地域開発等によってどの様な量的、質的な変化を示すかを予測することは、重要な課題の一つである。

本調査研究では、十勝川地先海域の水環境を論じるうえで最も基本的な十勝川の流出汚濁現象を流出原単位という評価目的によってモデル化し、十勝川の流出汚濁負荷量の予測式を水質管理のサブシステム、例えば、赤潮発生予報システムの一つの要素として導入しようとするものである。

流域からの流出汚濁負荷量は、山林・田畑等の面源(非特定汚染源)によるものと工場排水等の点源によるものとに大別され、両者は、汚濁負荷量の発生・流出形態が異なるため、区別して取り扱う必要がある。

先の報告では¹⁰⁾¹¹⁾、流域単位面積当たりの流出負荷量(流出原単位)は面源に関する流域特性項目と高相関関係にあり、点源のそれとは殆ど相関が示されなかったことから、前報では¹²⁾、流出原単

位を面源、即ち、土地利用形態から解析することにした。

面源負荷としての流出原単位は、その面源の立地する水文、気象、地形、地質等や種々の人間活動等の環境条件で大きく異なる性質を有し、広域を対象とする場合、統計的な平均量として取り扱わざるを得ないと考え、BOD、COD、SS、T-N、T-Pの流出原単位を比流量(流域単位面積当たりの流量)と土地利用面積比率をそれぞれ独立変数とした重回帰式で表現することを試み、その有効性を示唆した。

本報告では、昭和62年度から平成2年度までの4年間に種々の土地利用形態を擁する十勝川の主要地点(本流7地点、支流32地点)を対象に実施した観測結果(516検体)を基に流出原単位を比流量と土地利用面積比率及び降雨時等の影響が端的に現れ、自動観測(濁度換算)が可能な比SS量(流域単位面積当たりのSS量)を独立変数とした重回帰式で表現し、その妥当性を公共用水域の測定結果という新たな場において検証した。

2 調査の概略

北海道の3大河川の一つである十勝川は、流路延長156km、流域面積9,010km²を有している。その源は、北海道の屋根である大雪山連峰十勝岳

(標高2,077m)に発し、裏大雪山を東西に迂回し、山間溪谷を縫流し、広大な十勝平野の西北端に出て、佐幌川、芽室川、美生川、然別川等を合わせて十勝地方の中心都市である帯広市に達する。さらに、帯広川、音更川、札内川、士幌川、途別川、猿別川、利別川、牛首別川等を合流しながら、統内平野を直進し、中川郡豊頃町大津において太平洋に注いでいる。図1に十勝川流域の概略を示す。

解析の手法は、十勝沿岸海域で赤潮が発生する夏期から秋期にかけて、種々の土地利用形態をよする調査地点を対象に水質・水量の観測を実施し、その結果を基に各流出原単位(g/sec/km²:以

下「比BOD量,比COD量,比SS量,比T-N量,比T-P量」と称する。)を比流量(m³/sec/km²)及び土地利用面積比率(%)を独立変数として、重回帰式で表現しようとするものである。

解析の資料は、昭和62年度から平成2年度までの7月から11月までの期間に実施した観測結果であり、本流(7地点)112検体及び支流(32地点)404検体、計516検体である。

調査地点の模式図を図2に、調査地点の土地面積比率を表1に示す。

なお、水質分析の方法は、BOD, COD, SSをJIS K 0102, T-N, T-Pをオートアナライザーの比

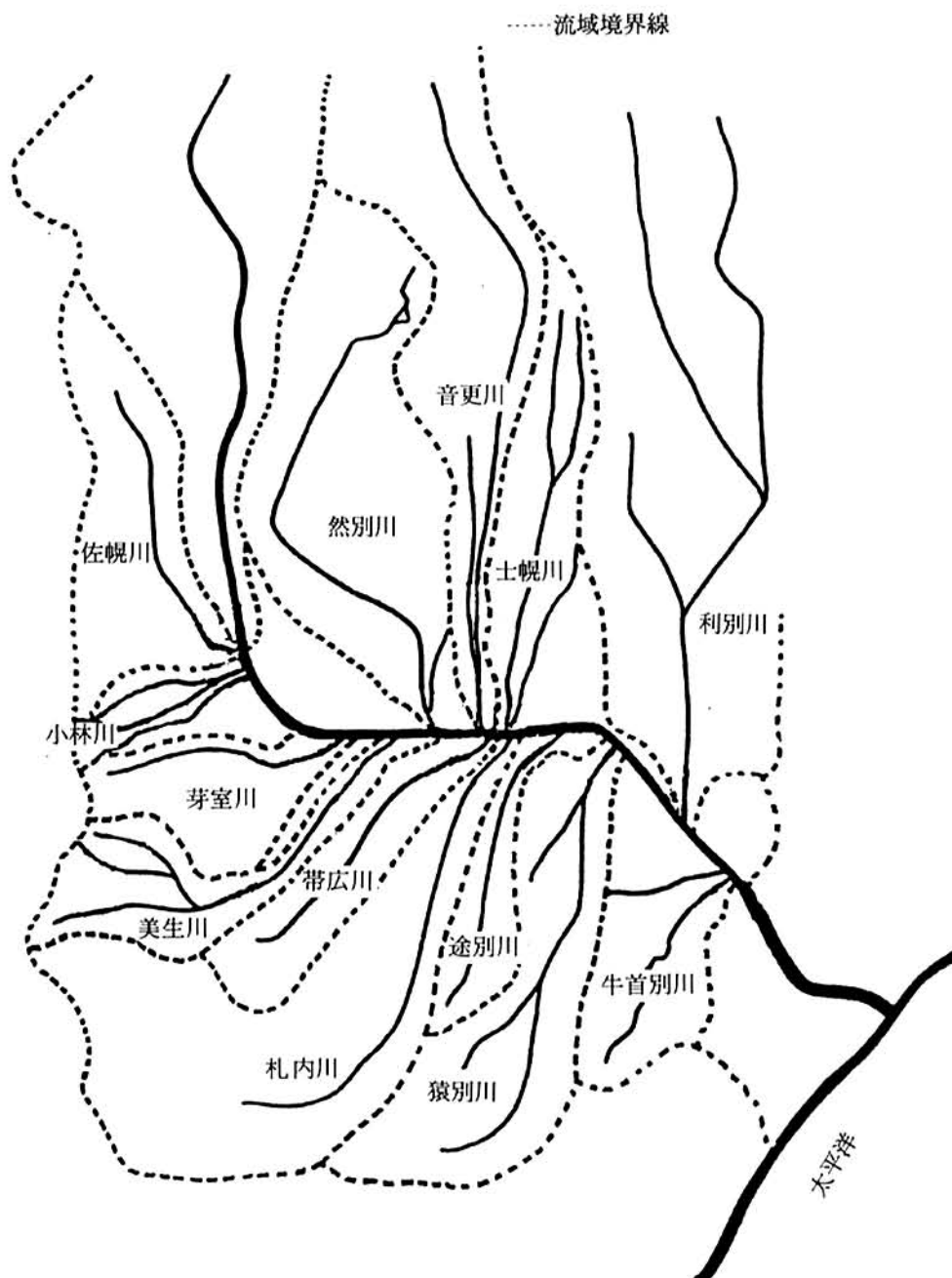


図1 十勝川流域の概略

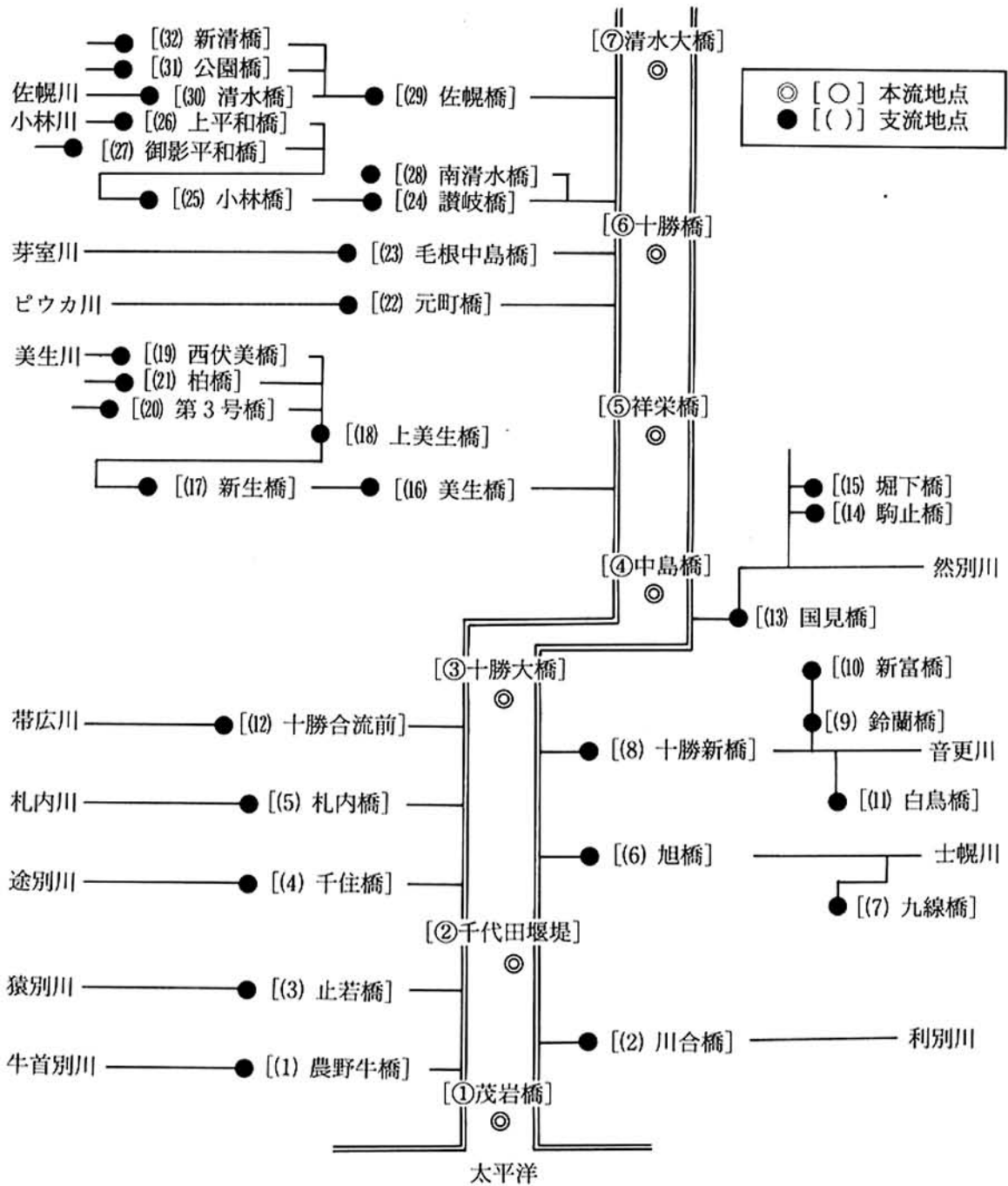


図2 十勝川調査地点模式図

表1 調査地点の流域面積と土地利用形態

地点 番号	河川名	地点名	流域面積 km ²	森林 面積 %	田畑荒地 面積 %	市街地 面積 %
①	十勝川本流	茂岩橋	8,033	65.2	31.8	0.93
②	〃	千代田堰	4,465	59.4	37.1	1.35
③	〃	十勝大橋	2,513	64.6	33.2	0.88
④	〃	中島橋	1,665	75.2	22.8	0.72
⑤	〃	祥栄橋	1,440	77.5	21.3	0.51
⑥	〃	十勝橋	1,237	80.3	17.6	0.48
⑦	〃	清水大橋	848.3	84.1	14.7	0.13
(1)	牛首別川	農野牛橋	175.9	79.6	19.4	0.06
(2)	利別川	川合橋	2,842	80.3	18.2	0.34
(3)	猿別川	止若橋	441.0	31.7	66.1	0.94
(4)	途別川	千住橋	120.1	21.6	75.0	1.73
(5)	札内川	札内橋	706.2	63.6	31.0	1.47
(6)	士幌川	旭橋	224.4	20.8	76.8	0.90
(7)	〃	支流九線橋	11.9	7.6	92.4	0.0
(8)	音更川	十勝新橋	589.7	66.2	30.5	0.74
(9)	〃	支流鈴蘭橋	17.1	7.6	80.7	11.7
(10)	〃	支流新富橋	14.6	8.9	91.1	0.0
(11)	〃	支流白鳥橋	23.7	15.6	84.4	0.0
(12)	帯広川	十勝合流前	187.9	20.1	69.1	9.42
(13)	帯然川	国見橋	633.1	49.2	49.5	0.44
(14)	〃	支流駒止橋	19.9	31.1	68.9	0.0
(15)	〃	支流掘下橋	7.6	20.9	79.1	0.0
(16)	美生川	美生橋	206.0	65.3	29.4	0.60
(17)	〃	新生橋	184.5	72.7	25.8	0.35
(18)	〃	上美生橋	160.8	81.3	17.0	0.0
(19)	〃	西伏美橋	89.9	100.0	0.0	0.0
(20)	〃	支流第3号橋	16.4	100.0	0.0	0.0
(21)	〃	支流柏橋	4.5	100.0	0.0	0.0
(22)	ピウカ川	元町橋	18.1	8.3	72.9	18.8
(23)	芽室川	毛根中島橋	212.7	57.6	41.4	0.65
(24)	小室川	讚岐橋	38.0	83.2	16.5	0.23
(25)	〃	小林橋	32.1	81.9	18.1	0.0
(26)	〃	上平和橋	26.4	97.7	2.3	0.0
(27)	〃	支流御影平和橋	6.6	100.0	0.0	0.0
(28)	〃	支流南清水橋	4.6	23.9	76.1	0.0
(29)	佐幌川	佐幌橋	336.3	73.4	24.9	1.40
(30)	〃	清水橋	261.1	75.7	23.2	0.79
(31)	〃	支流公園橋	6.4	39.1	60.9	0.0
(32)	〃	支流新清橋	36.7	89.6	10.4	0.0

色法によって測定した。

3 重回帰分析結果

調査項目の相関行列を表2に示す。表は対角線に関して対称であり、右上半部分について絶対値が0.7以上の値をゴチック体と下線で示した。

即ち、[森林面積比率]と[畑地(田畑・荒地)面積比率]、[比流量]と[比SS量]、[比BOD量]、[比COD量]の3者、[比SS量]と[比BOD量]、[比COD量]、[比T-P量]の3者、[比BOD量]と[比COD量]、[比T-P量]の両者、[比COD量]と[比T-P量]及び[比T-N量]と[比T-P量]という2項目間の関係である。

ここで、2項目間の相関関係の例として、各項目の流出原単位(g/sec/km²:比BOD量,比COD量,比SS量,比T-N量,比T-P量)と比流量(m³/sec/km²)との散布図を図3に示す。

上述した2項目間の相関関係から、BOD, COD, T-N, T-Pの流出原単位に関する各説明変数を、[比流量]、[森林面積比率]、[市街地面積比率]、[比SS量]の4項目として解析した。また、SSの

流出原単位は、[比流量]、[森林面積比率]、[市街地面積比率]の3項目を説明変数とした。なお、畑地(田畑・荒地)面積比率は森林面積比率と強い相関関係にあるので説明変数から除いた。

これらの説明変数は、十勝川地先海域での赤潮発生予報を可能にするうえで、その構成要因の一つとして十勝川の流出汚濁負荷量を導入すると考えた場合、自動的にプログラム化し得る要素である。すなわち、流量, SS(濁度換算)については自動記録計から入力が可能であり、森林面積比率と市街地面積比率は予めデータを入力し得る。

変数増減法¹²⁾で求めた重回帰式の重相関係数を表3に示す。

表3において下線をした組合せの重回帰式は次のとおりである。

(1) BOD流出原単位 [比BOD量]

$$\begin{aligned} \bigcirc \log(\text{比BOD量}) = & -0.470 + 0.722 \cdot \\ & \log(\text{比流量}) + 0.124 \cdot \log(\text{比SS量}) \\ & + 0.0319 \cdot \log(\text{市街地面積比率}) \quad \text{---} \\ & (r = 0.90) \end{aligned}$$

(2) COD流出原単位 [比COD量]

表2 2項目間の相関係数

	森林面積比率	畑地面積比率	市街地面積比率	比流量	比SS量	比BOD量	比COD量	比T-N量	比T-P量
森林面積比率	——	<u>-0.99</u>	-0.39	0.32	0.04	0.09	0.10	-0.47	-0.16
畑地面積比率	-0.99	——	0.30	-0.32	-0.04	-0.11	-0.10	0.45	0.14
市街地面積比率	-0.39	0.30	——	-0.04	0.03	0.22	0.02	0.31	0.21
比流量	0.32	-0.32	-0.04	——	<u>0.70</u>	<u>0.85</u>	<u>0.84</u>	0.57	0.59
比SS量	0.04	-0.04	0.03	0.70	——	<u>0.74</u>	<u>0.88</u>	0.60	<u>0.78</u>
比BOD量	0.09	-0.11	0.22	0.85	0.74	——	<u>0.85</u>	0.66	<u>0.74</u>
比COD量	0.10	-0.10	0.02	0.84	0.88	0.85	——	0.65	<u>0.80</u>
比T-N量	-0.47	0.45	0.31	0.57	0.60	0.66	0.65	——	<u>0.70</u>
比T-P量	-0.16	0.14	0.21	0.59	0.78	0.74	0.80	0.70	——

表3 流出原単位と各説明変数との重相関係数

説明変数	比流量	比流量 森林	比流量 市街地	比流量 森林 市街地	比流量 比SS量	比流量 比SS量 森林	比流量 比SS量 市街地	比流量 比SS量 森林 市街地
比BOD量	0.85	0.87	0.88	0.89	0.87	0.88	<u>0.90</u>	0.90
比COD量	0.84	0.86	0.84	0.86	0.93	<u>0.94</u>	<u>0.94</u>	0.94
比T-N量	0.57	0.89	0.66	0.89	0.64	0.89	0.71	<u>0.90</u>
比T-P量	0.59	0.70	0.64	0.70	0.78	0.82	0.80	0.82
比SS量	0.70	<u>0.73</u>	0.70	0.73	——	——	——	——