

II-268

移流拡散を考慮した河川水質事故物質の予測手法について

北海道開発局開発土木研究所 正会員 玉川 尊・渡邊康玄・佐藤耕治

北海道開発局石狩川開発建設部 正会員 齋藤大作

（株）福田水文センター

正会員 甲斐達也

1. まえがき

水質事故に迅速かつ的確に対応するためには、事故物質の下流への広がりや早期に予測することが最も重要なことである。玉川ら¹⁾は、物質の流下過程での広がりやを決定する移流拡散係数が、水質濃度を規定する重要な要因と考え、河川形状や流況の異なる実河川での現地調査の結果と米国の河川での解析例から、それが川幅水深比のような河道水理諸元により決定できることを提案した。本報告は、この手法を用いて実際に発生した小貝川のシアン酸の事故記録を検証した結果を報告するものである。

2. 移流拡散係数の推定方法

Fick拡散方程式を基にした、投入点より下流の x 地点でのピーク濃度 C_p の移流拡散係数を表す式は、式(1)である。

$$D = 1/\pi \cdot (M/2AC_p)^2 = u/\pi x (M/2AC_p)^2 \quad (1)$$

Yotokura ら²⁾が米国の河川で調査したものと、著者ら¹⁾が北海道内で調査を実施した結果を用い、各河川の川幅水深比と移流拡散係数を断面平均流速と水深で無次元化したものとの関係を示したものが図-1である。回帰式は式(2)となる。

$$D/uh = 5.42 \times 10^{-3} (B/h)^{2.48} \quad (2)$$

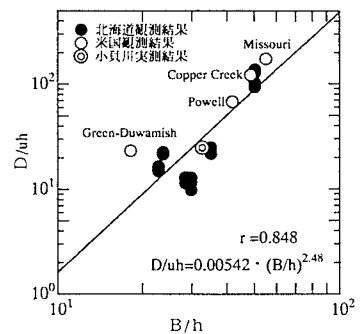


図-1 B/hとD/uhの関係

3. 実際の水質事故例を対象とした検証

(1) 小貝川（利根川水系）の事故概要

事故は、1986年4月3日に下館市内のメッキ工場から漏出したシアン酸が本川に流出し、魚類の中毒死や飲料工場の取水停止を引き起こす被害を出した。図-2に流域の概要図を示す。

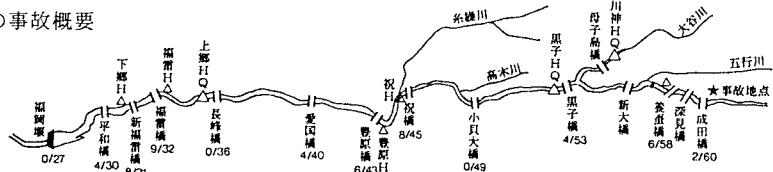


図-2 小貝川の流域概要図

(2) 流下時間と川幅水深比による水質変化の比較

検証は発生源から下流の32.5kmを対象とした。事故物質の流下時間と水質変化を再現するため、事故時に近い縦横断面測量データ（200m毎）を基に算出した水理諸元から不等流計算を実施し、式(2)により移流拡散係数を求めた。その結果を長峰橋を基準にして、計算結果と実測値を比較したのが図-3である。ここで、水質濃度は、各地点のピーク濃度を示しており、流下時間は、ピーク濃度が到達した時間を示したものである。記録では流下時間は73.2時間であったが、再現時間は72.6時間であった。水質変化の再現では、長峰橋より上流の2地点で実測値より予測値の方がやや低い濃度を示した。また、長峰橋より下流は逆に実測値より若干高い傾向を示している。しかし、

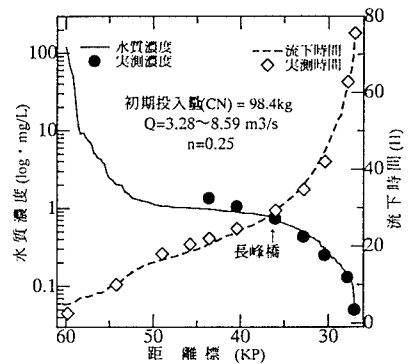


図-3 流下時間と水質変化曲線

キーワード：水質事故、移流拡散、予測手法

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目 Tel.011-841-1111

おおむね事故物質の濃度変化を再現しているものと言える。

(3)各地点における流下時間と濃度の比較

主要な観測地点である長峰橋と福雷橋における実測の濃度分布と、式(2)より算出した移流拡散係数を用いて推定した計算結果の比較を図-4に示した。なお、式(3),(4)で表される既往の方法で求めた移流拡散係数を用いて推定した濃度変化も並記した。

$$\text{Elder} \quad D = 5.93u_h \quad (3)$$

$$\text{Harleman} \quad D = 224R(gRi_s)^{1/2} \approx 224u_h \quad (4)$$

その結果、長峰橋は川幅水深比を用いる式(2)による結果が実測値に近かった。Harlemanの式は実測値より濃度分布が小さく、さらにElderの式は小さかった。この傾向は福雷橋でも同様である。

(4)汚染物質の流出量の推定

小貝川の事故記録では、シアン物の漏出量は約50kgと推定されている。一方、図-4で示した長峰橋の実測の濃度分布から累積した通過量は75.5kgであった。各式の初期投入量を長峰橋の濃度に整合させた場合、Elderの式では9.5kg、Harlemanの式は59.7kg、川幅水深比では98.4kgである。今回の結果ではElder

(5)移流拡散係数の推定結果

小貝川と過去に調査された実河川の濃度分布から逆算して得られた移流拡散係数と式(2)～式(4)による移流拡散係数をそれぞれ算出した。この結果と、各移流拡散係数のDを u_h で除して無次元化した値を表-1に示す。また、実測の濃度分布より求めた移流拡散係数(D/ u_h)と式(2)～式(4)により求めた移流拡散係数(D/ u_h)とを比較した結果を図-5に示す。この図から、実測値と各移流拡散係数に等しい値(D/ u_h)の線に近似しているのは、小貝川をはじめ他の調査河川の川幅水深比で算出した方法によるものであった。

4. まとめ

水質事故物質の流下予測の手法として、流下時間を不等流計算で、移流拡散係数を川幅水深比から推定する方法を提案し、この手法を用いて実際に事故歴を有する小貝川で再現を試みた。その結果、流下時間はほぼ実測値に近い結果が得られたが、水質の濃度変化では今回、川幅水深比による方法よりHarlemanの式による方法が実測値に近い値を示した。しかし、著者らが過去に調査した河川の実測からの移流拡散係数(D/ u_h)と各移流拡散係数(D/ u_h)の推定結果では、ElderやHarlemanの式より川幅水深比が水質濃度変化を推定する方法として、最も有効な手法であることがわかった。今後は、他の実河川での調査を加えて、移流拡散係数の精度の向上を図って行きたいと考えている。本研究を行うにあたって、建設省（下館工事事務所）の武田秀明氏にご協力を戴いた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 玉川尊、中津川誠、長谷川和義：河川における水質事故物質の分散について、平成5年度、第48回土木学会年次学術講演会論文集
- 2) Yotsukura, Fischer, Sayre: Measurement of Mixing Characteristics of the Missouri River between Sioux City, Iowa, and Plattsmouth, Nebraska, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 1899-G, 29p, 1970.

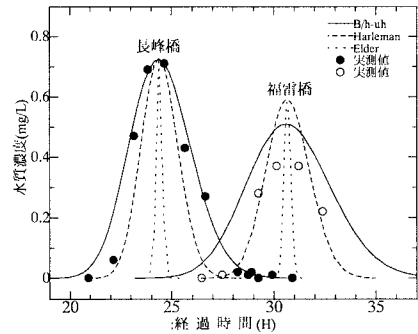


図-4 長峰橋・福雷橋の濃度分布図

表-1 調査河川による移流拡散係数の推定

河川名	実測		Elder		Harleman		B/h-uh	
	u_h	D(逆算)	D/ u_h	D1	D1/ u_h	D2	D2/ u_h	D3
小貝川	0.019	10.20	528.5	0.110	5.72	4.32	224	12.01
	0.050	3.28	65.6	0.297	5.93	11.22	224	6.67
厚別川	0.049	3.74	76.3	0.291	5.93	10.99	224	6.73
	0.054	5.45	101.0	0.320	5.93	12.08	224	8.40
喜茂別川	0.015	13.85	899.1	0.091	5.93	3.44	224	9.78
	0.022	15.48	692.9	0.132	5.93	5.00	224	14.61
島松川	0.018	2.86	158.4	0.107	5.93	4.04	224	1.69
	0.025	2.96	120.6	0.146	5.93	5.50	224	2.43

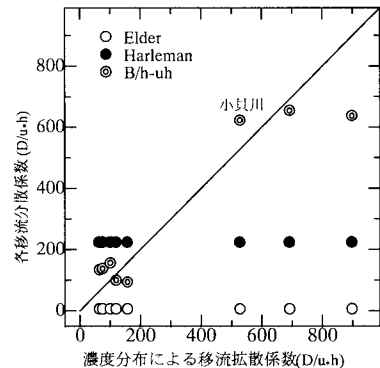


図-5 移流拡散係数の推定結果