河川の流水断面における主要溶存成分ならびに溶存態重金属類の濃度分布について
―埼玉県福川を例として―

木　村　真　夏*　　安　原　正　也**　　李　　盛　源**

キーワード：河川水，流水断面，主要溶存成分，溶存態重金属類，濃度分布，負荷量

１．はじめに

河川の水環境を議論する際には，河川水中に含まれる物質の濃度だけでなく，それぞれの物質の濃度に河川流量を乗じることによって得られる「負荷量」を明らかにすることが不可欠である．そのためには，河川流量ならびに各物質の濃度を詳細に測定・分析し，負荷量を正確に算出することが重要となる．

河川における負荷量については，山口ほか（1980）や若井ほか（2005）など数多くの研究がおこなわれてきた．また，流速（野満・瀬野，1959）や水温（高山，1986）に関しては，これまで流水断面における詳細な測定がおこなわれ，その水平・鉛直方向の分布構造が報告されている．しかし，負荷量を求める場合，従来の研究では物質の濃度については河川の流水断面の１ポイントのみの試料，一般的には流水断面中央部の表層付近の河川水の試料で代表させることが多く，流水断面における濃度の分布構造を明らかにした研究例は見当たらない．すなわち，従来の研究では，採水した試料（流水断面中央部の表層付近の試料）の流水断面における代表性，さらにはその濃度を流水断面の代表値として用いた場合に生ずる負荷量の推定値への影響についての検討はおこなわれていないのが現状である．

そこで，本研究では埼玉県北部を流れる福川において河川の流水断面の深度別採水をおこない，流水断面における主要溶存成分と溶存態重金属類の濃度分布を明らかにする．また，その結果に基づき，流水断面中央部の表層付近の試料水の濃度をもって流水断面の濃度を代表させた場合，負荷量の推定結果にどの程度の“誤差”が生じるのかについて議論をおこなう．

２．地域概要および調査方法

埼玉県北部の水田地域を東流する福川（図１）において研究を実施した．福川は利根川水系の一級河川（全長20.77km）であり，源流は埼玉県深谷市岡部地域に位置し，埼玉県行田市において利根川と合流する．本研究では，深谷市北東部の福川の流路区間における地点FR６ならびに地点FR７という異なる河川環境を呈する地点（図２）を対象に，それぞれの流水断面において流速分布と溶存物質の濃度分布の測定をおこなった．地点FR６（図３）は両岸が高さ２m程度のコンクリートによって護岸され，地点FR７に比べて河川幅が狭く水深が深い矩形の流水断面を呈する．一方，地点FR７（図４）は両岸が高さ２m程度のコンクリートによって護岸され，地点FR６に比べて河川幅が広く水深が浅い矩形の流水断面を呈する．

地点FR６と地点FR７の流水断面においては，水平・鉛直方向にグリッド状に測定ポイントを設定した．地点FR６では流速の測定10ポイント，試料水の採水９ポイント，また地点FR７ではそれぞれ16ポイント，９ポイントを設定した．現地調査は2018年11月23日の無降雨時に実施し，それぞれの測定ポイントで流速の測定と室内分析用の試料水の採水をおこなった．各ポイントにおいては現地測定項目として，pH，EC（電気伝導度），DO（溶存酸素量）の測定もあわせて実施した．流水断面の各ポイントにおける流速の測定にはプロペラ式流速計（VR-301，KENEK社製）を用いた．また，深度別の採水には，ペリスタポンプ（GEO-pump-CFC-a，㈱地球科学研究所製）を用いた（図４）．ビニール製のホースを長さ１mのスタッフに巻きつけ，ホースの先端を所定のポイントにセットしたのち，ポンプを稼働させて試料水

*　立正大学大学院地球環境科学研究科
**　立正大学地球環境科学部

を採水した．この際，試料水の汚染を避けるため，所定のポイントの河川水を十分な時間をかけてホースに通水したのち，分析用の試料水を採水した．採水はポリエチレン製の容器（ポリ瓶）を用いて，主要溶存成分分析用と溶存態重金属類分析用に分けておこなった．溶存態重金属類分析用の試料水には，容器の内面への重金属類の吸着防止を目的に試料水100mlにあたり微量分析用の硝酸（濃度約60％）0.1mlを滴下した．これらの試料水は実験室に持ち帰り，0.22μmメンブレインフィルター（Millex®-GP，MerckMillipore社製）を用いてろ過をおこなった．その後，イオンクロマトグラフ（Dionex ICS-1600, Thermo Fisher Scientific社製）により主要溶存成分（各種溶存イオン：Na^{+}，K^{+}，Ca^{2+}，Mg^{2+}，Cl^{-}，NO_3^{-}，SO_4^{2-}）の定量を，また誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICP-OES）（ARCOS，SPECTRO社製）により溶存態重金属類（溶存態Al，溶存態Fe，溶存態Mn；以後，それぞれD-Al，D-Fe，D-Mnと称する）の定量をおこなった．

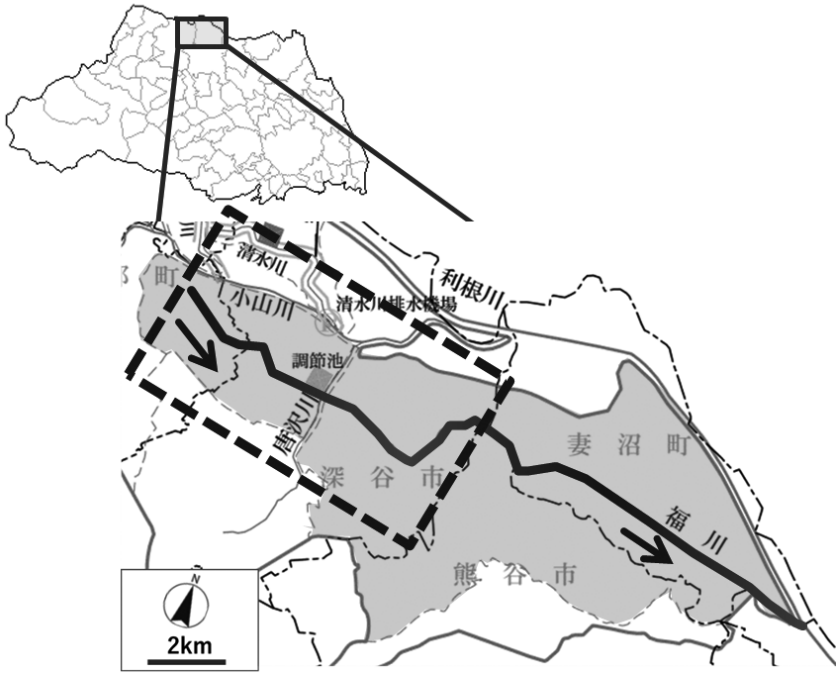


図１　福川とその流域（利根川水系小山川ブロック河川整備計画（附図）（県管理区間）埼玉県に加筆）．図中矢印は福川の流下方向を示す．破線の範囲は図２に対応．

図２　福川と調査地点（地点FR6ならびに地点FR7）（国土地理院25,000分の１地形図「深谷」に加筆）．図中矢印は福川の流下方向を示す．

図３　調査地点FR6の概況（河川幅約5.7m，平均水深0.8m）．

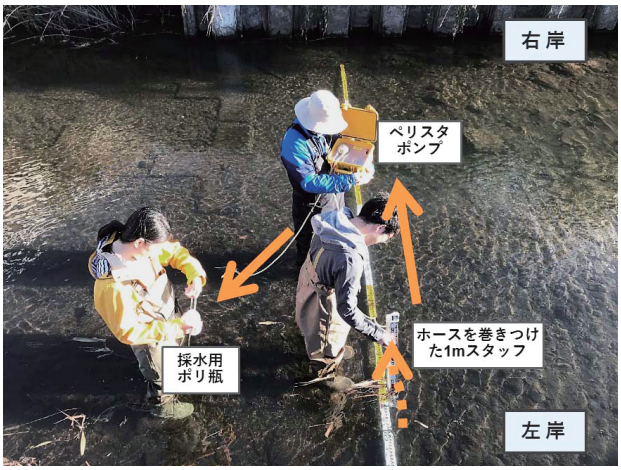


図４　地点FR7の概況とその流水断面における試料水採水の様子（川幅約7.7m，平均水深0.5m）．

３．結果および考察

地点FR６（図５）ならびに地点FR７（図６）の流水断面における流速分布から，地点毎に流速の分布パターンが大きく異なることがわかる．地点FR６では右岸から左岸に向けて流速が徐々に減少する．一方の地点FR７では，流水断面中央部付近を中心に高い流速を示している．これは，地点FR６と地点FR７付近では流路が直線ではないことに加えて，河川幅が広く水深が浅い福川のような河川の場合，流速は河床の影響を受けやすくなるためだと考えられる．

次に，流水断面における主要溶存成分の濃度分布について検討する．地点FR６と地点FR７における陽イオン（Na^{+}，Ca^{2+}，Mg^{2+}）の濃度分布を図７と図８に，また陰イオン（Cl^{-}，NO_3^{-}，SO_4^{2-}）の濃度分布を図９と図10にそれぞれ表す．地点FR６ではいずれの陽イオンも異なった濃度分布パターンを示す（図７）．陰イオンについては，Cl^{-}とSO_4^{2-}は類似したパターンを示すが，NO_3^{-}はこれらとは大きく異なった濃度分布パターンを示す（図９）．また，Na^{+}とCl^{-}，SO_4^{2-}の分布パターンがほぼ類似していることがわかる（図７，図９）．地点FR７でも，地点FR６と同様にNa^{+}，Cl^{-}，SO_4^{2-}の３つの成分は同様の分布パターンを示す（図８，図10）．一方で，陽イオンCa^{2+}，Mg^{2+}と陰イオンNO_3^{-}の３成分はほぼ同様の分布パターンを示すが，Na^{+}，Cl^{-}，SO_4^{2-}のそれとは明瞭に異なっている（図８，図10）．以上のように，地点FR６と地点FR７とも，Na^{+}，Cl^{-}，SO_4^{2-}が同様の濃度分布パターンを示すことが注目される．ただ，これら Na^{+}，Cl^{-}，SO_4^{2-}を含めて，いずれの各種イオンの濃度分布パターンも両地点の流水断面の流速分布（図５，図６）とは対応していない．また，河床の形状との関係も認められない．現時点ではこの理由は不明である．

流水断面における溶存態重金属類の濃度分布を図11（地点FR６）と図12（地点FR７）に示す．それぞれの流水断面において，D-Al，D-Mn，D-Feは極めて似た濃度分布パターンを呈することがわかる．地点FR６では流水断面中央部の深度40cm付近に，また地点FR７では

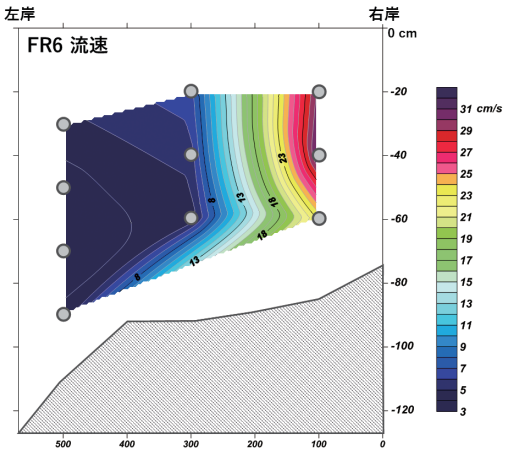


図５　地点FR6の流水断面における流速分布図（2018年11月23日）．

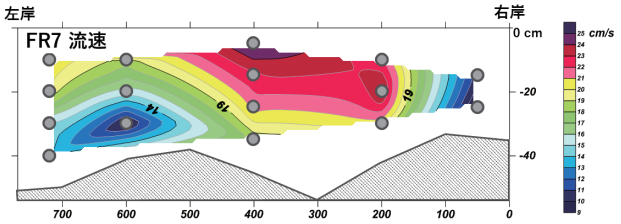


図６　地点FR7の流水断面における流速分布図（2018年11月23日）．

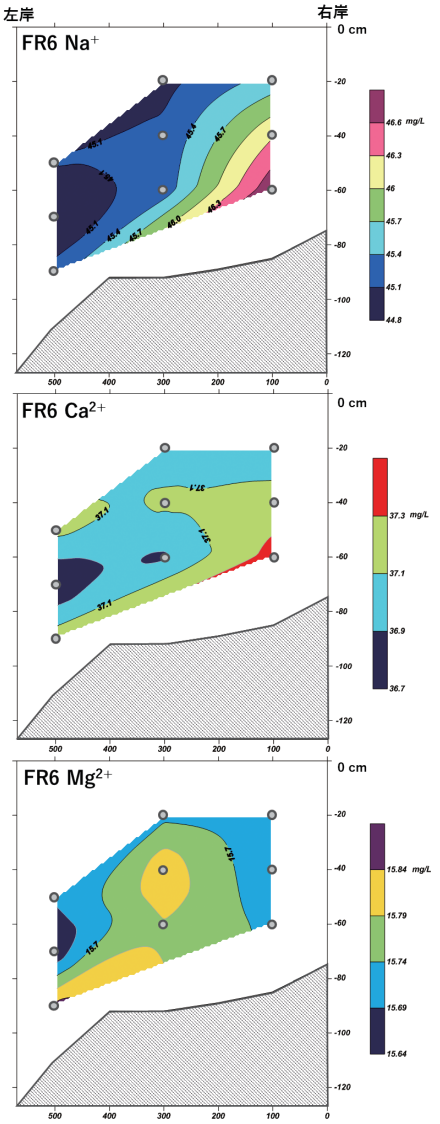


図７　地点FR6の流水断面における一般水質成分（Na^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}）の濃度分布（2018年11月23日）.

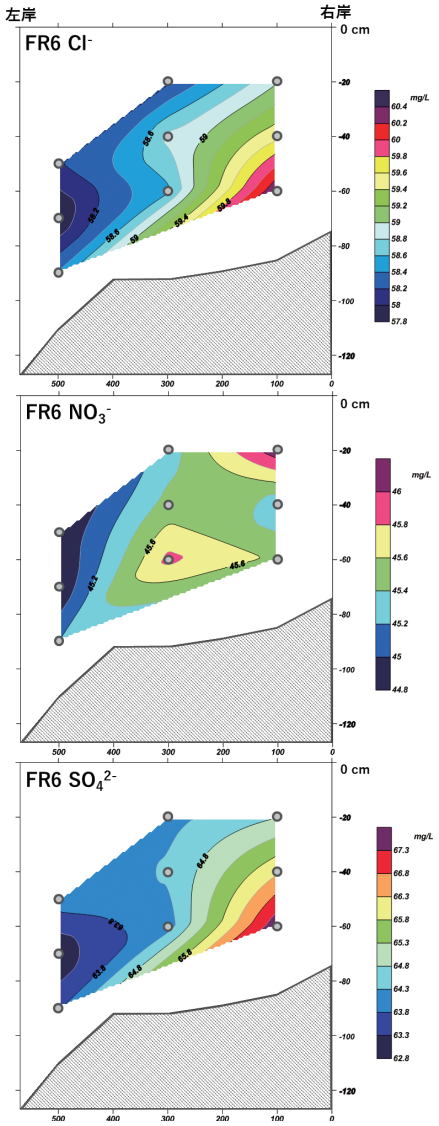


図９　地点FR6の流水断面における一般水質成分（Cl^{-}, NO_3^{-}, SO_4^{2-}）の濃度分布（2018年11月23日）.

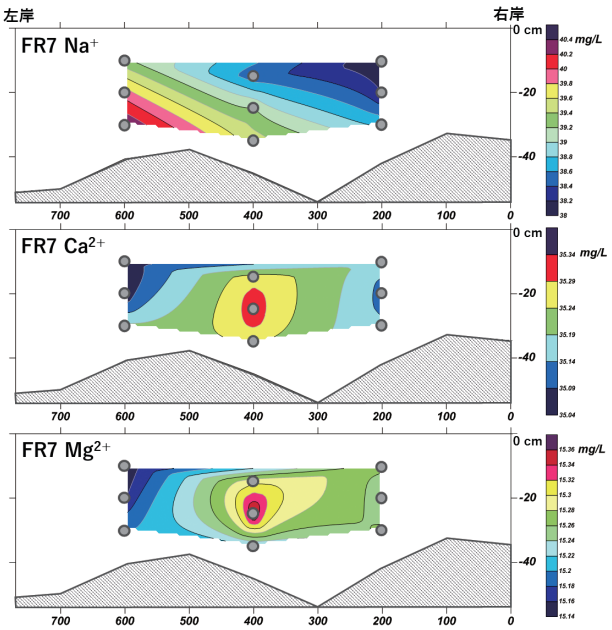


図８　地点FR7の流水断面における一般水質成分（Na^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}）の濃度分布（2018年11月23日）.

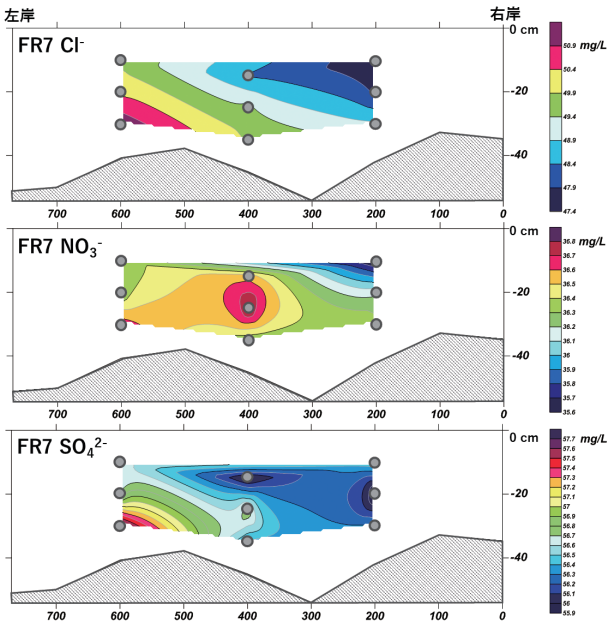


図10　地点FR7の流水断面における一般水質成分（Cl^{-}, NO_3^{-}, SO_4^{2-}）の濃度分布（2018年11月23日）.

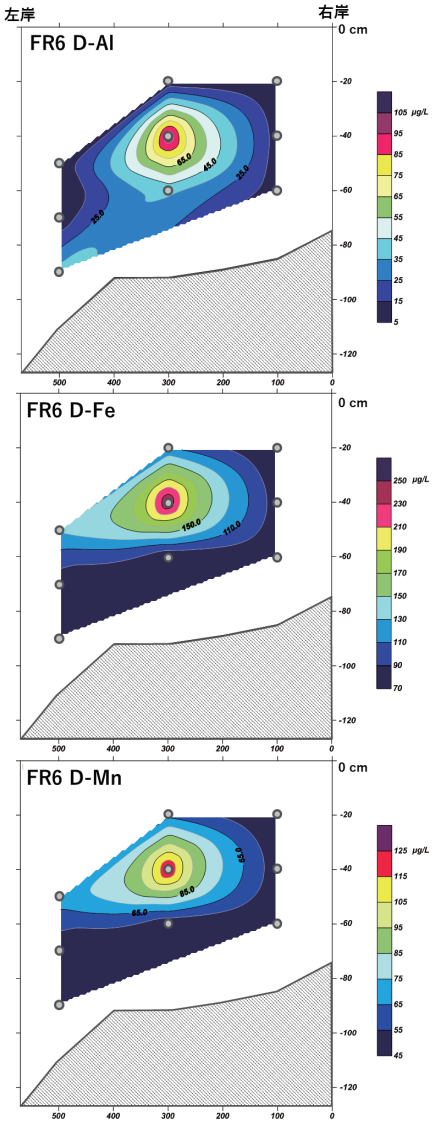


図11　地点FR6の流水断面における溶存態重金属類（D-Al, D-Fe, D-Mn）の濃度分布（2018年11月23日）.

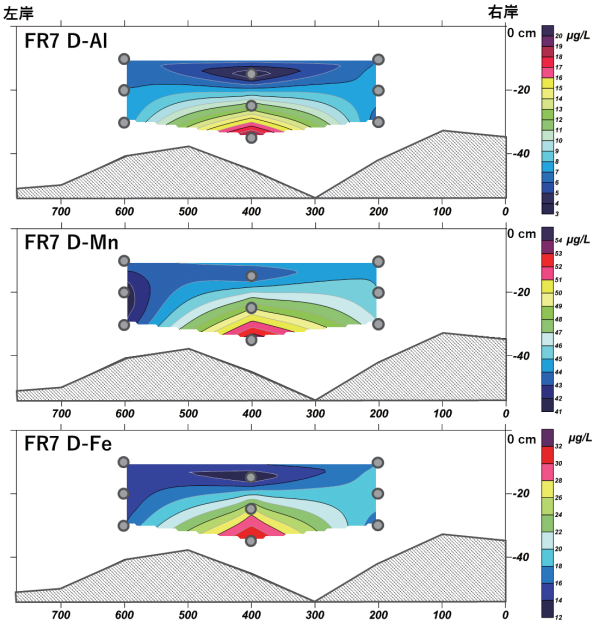


図12　地点FR7の流水断面における溶存態重金属類（D-Al, D-Mn, D-Fe）の濃度分布（2018年11月23日）.

流水断面中央部の深度35cm付近に濃度のピークが出現している．前述の主要溶存成分と同様に，溶存態重金属類の濃度についても，その濃度分布パターンとそれぞれの流水断面の流速分布（図５，図６）や河床の形状との明瞭な関係は認められない．

ここで，それぞれの流水断面における各溶存物質の濃度変動率を次の（式１）に基づいて計算した．

溶存物質の濃度変動率＝
（（最低濃度－最高濃度）/最高濃度）×100
……（式１）

その結果を表１に示す．地点FR６における主要溶存成分の濃度変動率は1.3％（Ca^{2+}）～7.2％（SO_4^{2-}），地点FR７においても0.8％（Mg^{2+}, NO_3^-）～7.2％（Cl^-）と，いずれの流水断面においても主要溶存成分濃度の水平・鉛直方向の差は小さい．しかし，主要溶存成分とは対照的に，溶存態重金属類は高い濃度変動率を有することが明らかになった（表１）．地点FR６では濃度変動率が最も小さいD-Mnでも65％，続いてD-Feの72％，さらにD-Alでは94％という極めて高い濃度変動率を示した．地点FR７でも同様に，D-Mn（24％），D-Fe（64％），D-Al（95％）と，流水断面における採水ポイント毎の濃度差が著しい．同時に，両流水断面とも，D-Alの濃度変動率が特に大きいことも注目される．

以上のように，主要溶存成分測定用の試料水を採水する際には，流水断面における採水ポイント（水平・鉛直方向）についてそれほど注意を払う必要はない．しかし，溶存態重金属類の濃度の場合には，流水断面のどのポイントにおいて試料水を採水するかについて極めて慎重な検討が必要であることが明らかとなった．

続いて，地点FR６と地点FR７の流水断面において，以下のような３つのケースを想定して各溶存物質の負荷量を算出し，得られた結果について比較・検討をおこなう（図13，図14）．３つのケースとは，流速（流量）測定との濃度測定（採水）を流水断面のセクション毎におこなう場合（以後，Case A），流速（流量）測定はセクション毎に実施；濃度測定（採水）は流水断面中央の表層水のみからおこなう場合（以後，Case B），流速（流量）測定は流水断面中央の６割水深のポイントのみで実施；採水は流水断面中央の表層水のみからおこなう場合（以後，Case C）である．

Case Aでは，まず流水断面のセクション毎の流量を求め，それぞれの流量に各ポイントの溶存物質濃度を乗

表１　それぞれの流水断面における各溶存物質の濃度変動率（%）

地点　FR 6		溶存態重金属類			主要溶存成分					
		D-Al	D-Mn	D-Fe	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
最高値	濃度（mg/L）	0.11	0.13	0.25	47	37	16	60	46	68
	ポイント	C2	C2	C2	R3	R3	L3	R3	R1	R3
最低値	濃度（mg/L）	0.0060	0.045	0.070	45	37	16	58	45	63
	ポイント	C1, L1, L2	R1, R3	L1, C1, R3	L2	L2	L2	L2	L2	C2
	変動率（%）	**−94**	**−65**	**−72**	**−4.4**	**−1.9**	**−1.3**	**−4.4**	**−2.9**	**−7.2**

地点　FR 7		溶存態重金属類			主要溶存成分					
		D-Al	D-Mn	D-Fe	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
最高値	濃度（mg/L）	0.020	0.054	0.033	40	35	15	51	36	58
	ポイント	C3	C3	C3	L3	C2	C2	L3	C2	L3
最低値	濃度（mg/L）	0.0010	0.041	0.012	38	35	15	48	36	56
	ポイント	C1	L2	C1	R1	L2	L1	R1	R1	C1
	変動率（%）	**−95**	**−24**	**−64**	**−5.8**	**−0.85**	**−1.5**	**−7.2**	**−0.81**	**−3.1**

じることでセクション毎の負荷量を算出し，その合計をもって断面全体の負荷量（L_A）とする（式２）：

$$L_A = (V_a \times S_a \times C_a) + (V_b \times S_b \times C_b) + \cdots + (V_i \times S_i \times C_i) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（式２）$$

$V_a, V_b, \cdots\cdots$ V_i：各ポイントで測定された流速
$S_a, S_b, \cdots\cdots$ S_i：各セクションの断面積
$C_a, C_b, \cdots\cdots$ C_i：各ポイントで測定された溶存物質濃度

Case Bでは，流水断面のセクション毎の流量を求め，その合計をもって流水断面全体の流量とする．そして，この全体の流量に流水断面中央の表層水の溶存物質濃度（$C_{surface}$）を乗じて流水断面全体の負荷量（L_B）とする（式３）：

$$L_B = \{(V_a \times S_a) + (V_b \times S_b) + \cdots + (V_i \times S_i)\} \times C_{surface} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（式３）$$

$V_a, V_b, \cdots\cdots$ V_i：各ポイントで測定された流速
$C_{surface}$：流水断面中央の表層水における溶存物質濃度

Case Cでは，流水断面中央の６割水深の流速（$V_{0.6}$）に流水の全断面積（S_T）を乗じて流水断面全体の流量を求める．この全体の流量に流水断面中央の表層水の溶存物質濃度（$C_{surface}$）を乗じることで流水断面全体の負荷量（L_C）とする（式４）：

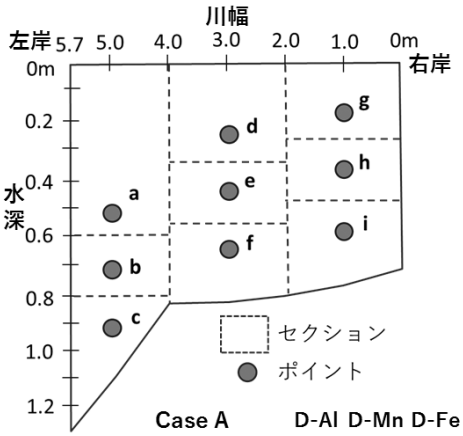
$$L_C = (V_{0.6} \times S_T) \times C_{surface} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（式４）$$

$V_{0.6}$：流水断面中央の６割水深の流速
S_T：流水の全断面積

ここで，真の負荷量に最も近い値をもたらすのは，流速（流量）測定と濃度測定（採水）を流水断面のセクション毎におこなうCase Aであると考えられる．そこで，Case Aを基準とし，Case BとCase Cで得られた各溶存物質負荷量（図13，図14）について，その相対誤差を次の（式５）に基づいて算出した．

負荷量の相対誤差＝
((Case B − Case A) / Case A) × 100　または
((Case C − Case A) / Case A) × 100
……（式５）

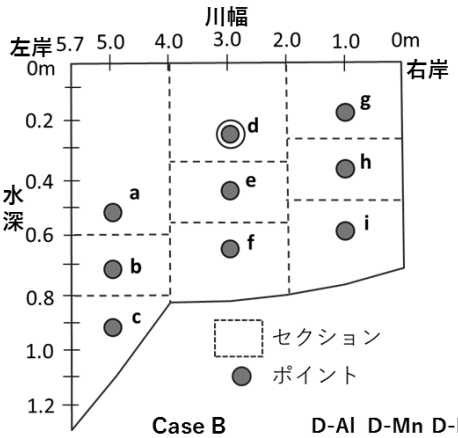
Case A：セクション毎の負荷量を合計して流水断面全体の負荷量（L_A）とした場合



	流速 (cm/s)	面積 (cm²)	流量 (L/s)
a	3.43	10200	**35.0**
b	3.57	3400	**12.0**
c	4.13	2625	**11.0**
d	6.57	6000	**39.0**
e	5.43	4000	**22.0**
f	4.23	6000	**25.0**
g	30.5	6000	**183**
h	31.6	4000	**127**
i	23.2	5600	**130**

Case A	D-Al	D-Mn	D-Fe	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
負荷量（m^3/day）	0.69	2.5	4.2	2300	790	1900	3000	2300	3300

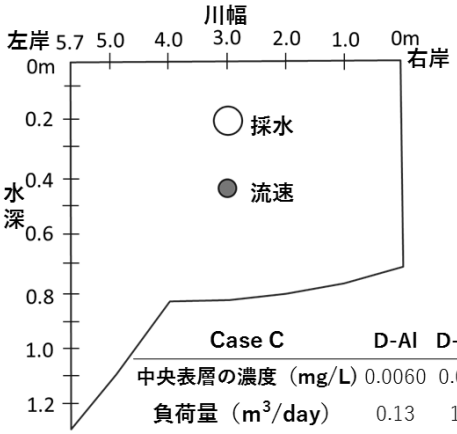
Case B：セクション毎の流量を合計して流水断面全体の流量とし，それに流水中央表層水の濃度を乗じて負荷量（L_B）とした場合



	流速 (cm/s)	面積 (cm²)	流量 (L/s)
a	3.43	10200	35.0
b	3.57	3400	12.0
c	4.13	2625	11.0
d	6.57	6000	39.0
e	5.43	4000	22.0
f	4.23	6000	25.0
g	30.5	6000	183
h	31.6	4000	127
i	23.2	5600	130
			584

Case B	D-Al	D-Mn	D-Fe	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
中央表層の濃度（mg/L）	0.006	0.046	0.070	45	16	37	58	45	64
負荷量（m^3/day）	0.30	2.3	3.5	2300	790	1900	2900	2300	3200

Case C：流水断面中央６割水深の流速に全断面積を乗じて流水断面全体の流量とし，それに流水中央表層水の濃度を乗じて負荷量（L_C）とした場合

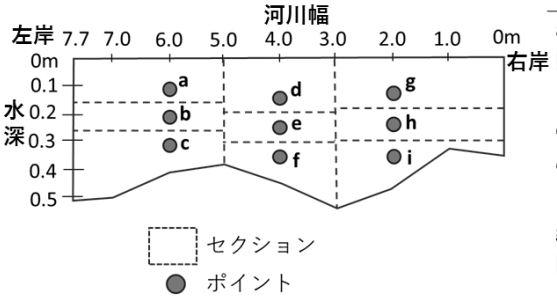


流速 (cm/s)	面積 (cm²)	流量 (L/s)
5.43	47800	**260**

Case C	D-Al	D-Mn	D-Fe	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
中央表層の濃度（mg/L）	0.0060	0.046	0.070	45	16	37	58	45	64
負荷量（m^3/day）	0.13	1.0	1.6	1000	350	830	1300	1000	1400

図13　地点FR6の流水断面における負荷量の算出結果.
Case A, Case B, Case Cの計算の詳細については本文を参照.

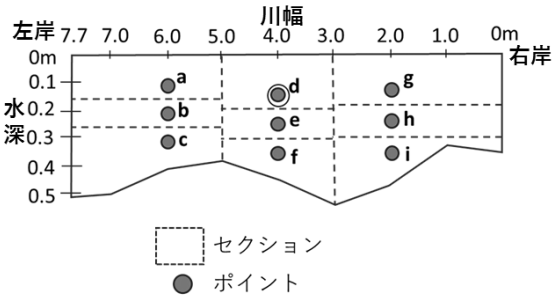
Case A：セクション毎の負荷量を合計して流水断面全体の負荷量（L_A）とした場合



	流速（cm/s）	面積（cm²）	流量（L/s）
a	18.6	4050	**75.0**
b	15.6	2700	**42.0**
c	9.45	5500	**52.0**
d	22.7	4000	**91.0**
e	21.4	2000	**43.0**
f	18.3	3100	**57.0**
g	22.2	4800	**107**
h	24.5	3000	**73.0**
i	20.5	4900	**101**

Case A	D-Al	D-Mn	D-Fe	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
負荷量（m^3/day）	0.41	2.5	1.0	2100	840	1900	2700	2000	3100

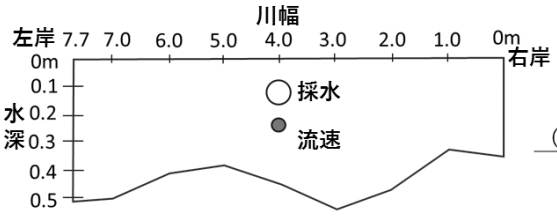
Case B：セクション毎の流量を合計して流水断面全体の流量とし，それに流水中央表層水の濃度を乗じて負荷量（L_B）とした場合



	流速（cm/s）	面積（cm²）	流量（L/s）
a	18.6	4050	75.0
b	15.6	2700	42.0
c	9.45	5500	52.0
d	22.7	4000	91.0
e	21.4	2000	43.0
f	18.3	3100	57.0
g	22.2	4800	107
h	24.5	3000	73.0
i	20.5	4900	101
			640

Case B	D-Al	D-Mn	D-Fe	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
中央表層の濃度（mg/L）	N.D.	0.043	0.012	38	15	35	48	37	56
負荷量（m^3/day）	N.D.	2.4	0.66	2100	850	1900	2700	2000	3100

Case C：流水断面中央６割水深の流速に全断面積を乗じて流水断面全体の流量とし，それに流水中央表層水の濃度を乗じて負荷量（L_C）とした場合



流速（cm/s）	面積（cm²）	流量（L/s）
21.4	34100	**729**

Case C	D-Al	D-Mn	D-Fe	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
中央表層の濃度（mg/L）	N.D.	0.043	0.012	38	15	35	48	37	56
負荷量（m^3/day）	N.D.	2.7	0.76	2400	960	2200	3000	2300	3500

図14　地点FR7の流水断面における負荷量の算出結果.
Case A, Case B, Case Cの計算の詳細については本文を参照.

表２　地点FR6ならびに地点FR7における負荷量の相対誤差（%）

	溶存態重金属類			主要溶存成分					
地点　FR６	D-Al	D-Mn	D-Fe	Na^{+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^{-}	NO_3^{-}	SO_4^{2-}
相対誤差（%）（B-A/A）	−56	−7.8	−16	−1.9	-8.5×10^{-3}	-3.2×10^{-1}	−1.9	-6.5×10^{-1}	−2.2
相対誤差（%）（C-A/A）	−80	−59	−63	−56	−55	−56	−56	−56	−56

	溶存態重金属類			主要溶存成分					
地点　FR７	D-Al	D-Mn	D-Fe	Na^{+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^{-}	NO_3^{-}	SO_4^{2-}
相対誤差（%）（B-A/A）	−100	−5.1	−34	−1.1	3.6×10^{-1}	2.8×10^{-1}	−1.3	7.8×10^{-1}	-8.9×10^{-1}
相対誤差（%）（C-A/A）	−100	7.9	−25	13	14	14	12	15	13

地点FR６と地点FR７における結果を表２に示す．真の負荷量に最も近いとみなされるCase Aと，一般的な河川調査でよく行われる方法であるCase Bでそれぞれの負荷量を比較したところ，地点FR６では主要溶存成分の負荷量の相対誤差は−2.2%（SO_4^{2-}）〜-8.5×10^{-3}%（Mg^{2+}），地点FR７では−1.3%（Cl^{-}）〜7.8×10^{-1}%（NO_3^{-}）と，いずれの流水断面においてもCase BとCase Aの差は極めて小さい（表２）．一方，溶存態重金属類では主要溶存成分と比較して相対誤差は大きくなる．地点FR６ではD-Mnの相対誤差は−7.8%，D-Feは同−16%であるが，D-Alでは−56%という大きい相対誤差を示す．同様に，地点FR７でもD-Mn（相対誤差−5.1%），D-Fe（同−34%），D-Al（同−100%）と，両ケースで求めた負荷量には差が認められるが，その差はD-Alで特に大きい．いずれにしても，Case Bの場合は，両地点とも溶存態重金属類の負荷量を過小評価する結果となった．

同じように，Case Aと，簡易的な河川調査でしばしば採用される方法であるCase Cから求めたそれぞれの負荷量を比較した（表２）．地点FR６では，主要溶存成分の負荷量の相対誤差は各イオンについてほぼ一定（−56%程度）である．すなわち，Case Cは主要溶存成分の負荷量を50%以上過小評価していることになる．反対に，地点FR７では12%（Cl^{-}）〜15%（NO_3^{-}）と相対誤差の絶対値は小さくなるが，地点FR６と異なり，地点FR７ではCase Cは主要溶存成分の負荷量を10%以上過大評価している．溶存態重金属類については，地点FR６ではD-Mnは−59%，D-Feは−63%，さらにD-Alでは−80%といずれも大きい相対誤差を有する（表２）．地点FR６と同様に，地点FR７でも特にD-Alの負荷量の差が著しく，その相対誤差は−100%を示す．

以上のように，流水断面中央の表層水の測定値で流水断面の濃度を代表させた場合，流量を詳細に測定したCase Bでは，主要溶存成分のすべてについて両地点とも極めて正確な負荷量が得られた．しかし，流水断面中央の６割水深の流速のみに基づいて流量を算出したCase Cでは，その負荷量には50%程度の誤差（地点FR６）が生じた．また，溶存態重金属類については，流水断面中央の表層水の測定値で流水断面の濃度を代表させる場合には，流量の算出方法（精度）にかかわらず，両地点ともその負荷量には最大で100%の誤差が生じることが明らかになった．既存の研究でも，試料水の採水深度や流量測定の精度について十分な検討や記載が行われていないことが多いため，負荷量を正しく評価できていない可能性が示唆される．

４．まとめ

埼玉県北部を流れる福川において，流水断面における主要溶存成分と溶存態重金属類の濃度分布ならびに負荷量について検討をおこなう．主要溶存成分については濃度の分布パターンはイオン毎に異なるものの，いずれの

溶存イオンも流水断面の水平・鉛直方向に濃度の差はほとんどなかった（最大で7.2%）．対照的に，溶存態重金属類では物質毎の濃度の分布パターンはほぼ一様であったが，いずれの物質にも流水断面の水平・鉛直方向に顕著な濃度差が認められた（最大で95%）．

また，溶存物質の負荷量の算出に際しては３つのケースを想定し，それぞれのケースから得られた値について比較検討をおこなう．その結果，一般的な調査・研究でよく採用される，流水断面中央の表層水の濃度で流水断面全体の濃度を代表させるやり方であると，負荷量を正確に評価できない場合があることが明らかとなった．この傾向は溶存態重金属類の場合にとりわけ顕著となる．河川において主要溶存成分や溶存態重金属類の濃度や負荷量の検討をおこなう際には，試料水の採水ポイントや流量の算出方法（精度）について十分考慮・検討する必要がある．ただし，調査時間の制約などでやむを得ず溶存態重金属類の採水を１ポイントのみでおこなう場合は，採水は流量観測時と同じく，流水断面中央の６割水深のポイントで採水することが望ましい．

今後，さらに高密度な流速（流量）測定と採水（溶存物質の濃度測定）をおこない，流水断面における濃度分布構造と負荷量の実態をより詳細に明らかにすることが求められる．また，今回は溶存態重金属類のみを対象としたが，今後は懸濁態重金属類も加味した上で，重金属類の負荷量の正確な調査・推定方法を検討，確立していく必要がある．

謝辞

本研究を実施するにあたり，現地調査に協力して頂いた立正大学大学院地球環境科学研究科の長谷川武俊氏に心から御礼申し上げます．

参考文献

野満隆治・瀬野錦蔵（1959）：新河川学．地人書館，318p.

高山茂美（1986）：理科年表読本　川の博物誌．丸善，237p.

利根川水系小山川ブロック河川整備計画（附図）（県管理区間）埼玉県：https://www.pref.saitama.lg.jp/a1007/kasen/documents/373000_1.pdf（2018年12月10日閲覧）

若井泰佑・金木亮一・板倉啓人・板野美里（2005）：代かき・田植期の河川水質と負荷量．水文･水資源学会誌，18（２），167-176.

山口高志・吉川勝秀・輿石　洋（1980）：河川の水質・負荷量に関する水文学的研究．土木学会論文報告集，293，49-63.

Cross-sectional distribution in water chemistry and dissolved heavy metal concentration in Fuku River, Saitama, Japan

KIMURA Manatsu*, YASUHARA Masaya**, LEE Seongwon**

* Graduate School of Geo-Environmental Science, Rissho University
** Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

Key words: River water, River cross section, Water chemistry, Dissolved heavy metal, Cross-sectional distribution, Dissolved load