筑後川上流河川環境モニタリングの調査地点の変更に対する既存データの連続性の検討

髙橋　佑太[1]・清野　聡子[2]・木下　英生[3]・
池松　伸也[4]・佐藤　光流[5]

[1]学生会員　九州大学　工学部土木工学科（〒819-0395福岡県福岡市西区元岡744 ）
E-mail:takahashi.yuta.999@s.kyushu-u.ac.jp (Corresponding Author)

[2]正会員　九州大学大学院工学研究院環境社会部門（〒819-0395福岡県福岡市西区元岡744）
E-mail: seino@civil.kyushu-u.ac.jp

[3]正会員　九州大学大学院工学研究院附属環境工学研究教育センター（〒819-0395福岡県福岡市西区元岡744）E-mail: h.kinoshita@civil.kyushu-u.ac.jp

[4]正会員　九州大学工学部技術部（〒819-0395福岡県福岡市西区元岡744）
E-mail: s.ikematsu@et.kyushu-u.ac.jp

[5]非会員　九州大学大学院附属工学研究院環境工学研究教育センター（〒819-0395福岡県福岡市西区元岡744）E-mail: h.sato@civil.kyushu-u.ac.jp

本研究室では筑後川上流域にて2011年から現在にいたるまで水質調査を続けている．このような長期間の調査では，その間に災害や工事により調査地の環境変化が生じるが，収集したデータはその影響を考慮しておらず，これは他の長期観測の研究でもあまり触れられない．本研究の目的は豪雨災害による調査地点の変化前後での差異を比較・検討し，連続性を評価することで環境変化を考慮する必要性を確認する．

手法として，筑後川上流域で取得した10年分の既存データを調査地点変更前後，豪雨災害前後で分割し，Welchの検定（有意水準α＝0.05）を行った．前後のデータの平均差を求め，データの連続性を評価した．

調査の結果，以下のことが分かった．(1) 一部の調査地点では，水質の連続性が喪失していた．(2) 下筌ダム上流での調査地点はダムの水位上昇により夏季と冬季で川幅や水深が変化するが，水質の変化は見られなかった．(3) 濁度の変化を調べる場合，平均差による検定は適切ではない．

Key Words : *monitoring survey, water quality, change of survey point*

1. はじめに

九州大学生態工学研究室では筑後川上流域での水質調査を2011年4月から現在に至るまで毎月行ってきた．**図−１**はその調査地点である．このような長期的な環境モニタリングを行う中で問題になるのが，災害や護岸工事，植物の繁茂等による調査地点の環境の変化である．しかし収集したデータはその影響を考慮しておらず，これは他の長期観測の研究でもあまり触れられない（Cinii Researchにて10年以上の水質調査による研究を対象に確認）．実際本調査地域では調査期間内で3度の豪雨災害（2012年，2017年，2020年）が発生した．これらの災害や，アクセスの困難等に伴う地点変更が幾度と行われてきた．

そこで問題になるのがデータの連続性の喪失であり，この確認は十分にされていないため，精査すべきと考えた．

本研究では既存データを調査地点変更や豪雨災害による周辺環境の変化前後で比較・検討し，連続性の有無を確認することを目的とする．



図−1　調査地点

2. 研究の対象と方法

研究対象は筑後川上流域であり，調査地点は12地点である．これらの地点で毎月水質調査を行っている．調査項目は気温，水温，pH，溶存酸素濃度（DO），濁度，電気伝導度（EC），酸化還元電位（ORP），総溶解物質濃度（TDS）である．これらの既存データを調査地点変更前後，豪雨災害前後で分割し，その前後のデータセット全てが等分散であると断定できないため，t検定ではなく，Welchの検定（有意水準 $\alpha = 0.05$）を行った．検定統計量Tの式を（1）に示す．前後のデータの平均値の差を判定し，それによりデータの連続性を評価した．

$$T = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{\sqrt{\frac{{U_A}^2}{n_A} + \frac{{U_B}^2}{n_B}}} \quad \begin{cases} \bar{X}_i : \text{標本平均} \\ {U_i}^2 : \text{不偏分散} \\ n_i : \text{データ数} \end{cases} \quad (1)$$

3. 調査結果

ここでは地点変更が行われた4地点（**図-1**参照）について紹介する．なお判別のため地点の変更順にNo.1，No.2，……と振り分けている．

（1）St. 1　大山川

この地点はアクセスの困難性を理由に2021年7月に調査地点を900 m下流に移した．

表-1にて地点変更前後でpH，EC，ORP，TDSで有意差が見られ，そのうちEC，ORP，TDSはSt.3（St.1の上流，**図-2**参照）でも同様に変化した．これからSt.1での地点変更による水質変化はpHのみだと考えられる．

また濁度について，**図-3**を見ると総じてNo.1の方が濁度は高く，降雨量と濁度に相関が見られない．No.1は底質が砂礫であるのに対し，No.2は底質・河原がともに岩盤である．またNo.1の上流には取水堰がある．以上からNo.2では雨の日でもNo.1のように河原からの土砂の流入や，河床の砂の巻き上げがないので，濁度も上がりにくいと推測される．また取水堰直下では洗掘が起き河床の砂礫が巻き上げられる[1]．このためNo.1は晴れの日でも濁度が高くなると推測される．

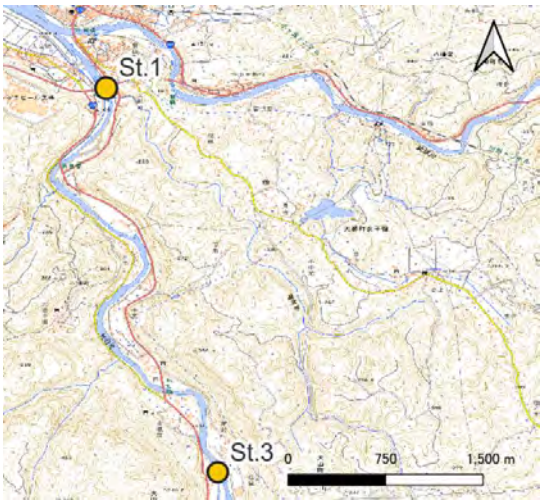


図-2　St.1とSt.3の位置関係



図-3　地点No.1, 2での濁度と日田市での降雨量
降雨量は調査日当日と前日，一昨日の合算量

表-1　St.1,3における地点変更前後での1年間分のデータによる検定の結果
有意差が見られた水質項目は色付けしている．St.3は検定統計量Tのみ記載．

St.1		気温 (℃)	水温 (℃)	pH (—)	DO (mg/L	濁度 (NTU)	EC (μS/cm)	ORP (mV)	TDS (ppm)
No.1 2020年7月～2021年6月	平均	19.46	16.32	8.47	10.86	1.44	117.88	212.78	79.08
	max	29.80	23.40	8.78	12.10	2.11	129.80	258.00	87.60
	min	3.40	7.70	8.09	9.00	0.56	105.00	166.00	70.50
	median	22.20	15.40	8.46	11.15	1.42	118.20	212.00	79.20
	n	9	9	9	8	9	9	9	9
No.2 2021年7月～2022年6月	平均	25.37	17.87	8.16	10.89	0.94	101.18	169.36	66.55
	max	38.80	25.60	8.58	13.70	1.82	122.00	203.00	82.00
	min	8.20	10.80	7.49	8.80	0.10	77.00	131.00	52.00
	median	25.60	17.80	8.18	11.00	0.89	104.00	175.00	70.00
	n	11	11	11	11	11	11	11	11
検定統計量　**T**		1.2610	0.6538	**-2.4732**	0.0477	-1.8490	**-2.7783**	**-3.1329**	**-2.9504**
St.3　検定統計量**T**		1.0049	0.2507	-0.6701	-0.5224	-1.0820	**-2.7321**	**-4.0849**	**-2.7327**

(2) B1　津江川

この地点は下筌ダムの上流に位置しており，下筌ダムは冬季に貯水量を増やすが，それにより調査地点がバックウォーターの一部となり水没する（**図-4**）．調査開始当初はこの現象を把握しきれておらず，地点へのアクセスが不可能になったとして何度も地点が変更された．各調査地点を図-5に示す．現在は時期に関わらず同一の地点No.1で調査を行っているため，この地点では地点変更前後での検定の他に季節別の検定も行った（**表-2**，次頁）．検定の結果，気温，水温，DOに有意差が見られたが，季節別による検定のためこれは当然であり，それら以外の水質の変化は見られなかった．しかし水没した際の調査地点はダム湖の一部とみなせるような状態であり，ダム湖内の環境は一様ではないということから[2]，採取地点をずらしたり，深い位置の水を利用したりすると，異なる結果が得られるかもしれない．

次に地点変更前後での水質変化について論じる．地点変更回数が多いため，有意差が見られた水質項目のみをまとめる（**表-3**）．灰色の部分はこの変化が調査地点の変更によるものだと断定できないものである．検定の結果を以下にまとめる．なお地点No.4での調査は3ヶ月しか行っておらず，データとして不十分だと判断したので，本研究では除外した．

- No.1 → No.2について，これは調査期間の関係上，No.1での調査は冬での調査がなく，逆にNo.2での調査は冬での調査のみ2年分あるため，気温，水温，DOに有意差が見られるのは当然である．
- No.2 → No.1について，ここではpHに変化が見られたが，上記のNo.2に地点変更する前のNo.1（以下No.1.1と表記する．それに伴いNo.2から変更した後の地点No.1をNo.1.2と表記する．）とNo.1.2を比較すると同様にpHが低下していた（**表-4**）．そのためこのpHの変化は地点変更によるものではなく，この時期に植生の変化等により河川一体で変化したものだと推察される．
- No.1 → No.3ではpH，DOに連続性はない．植生の変化によるものと推察される．
- No.3 → No.1ではEC，TDSに連続性はない．またORPの変化はB1だけでなく，調査対象である筑後川上流域全体で起きていることであるため，調査地点の変更によるものではないと判断した．
- No.1 → No.3の時と変化した水質項目が異なる．これはNo.3での調査期間が81ヶ月と長く，その間に河川全体で変化が起きたからと推察される．





図-4　季節による地点B1のNo.1の状況
上：2022/08/29　下：2022/11/10

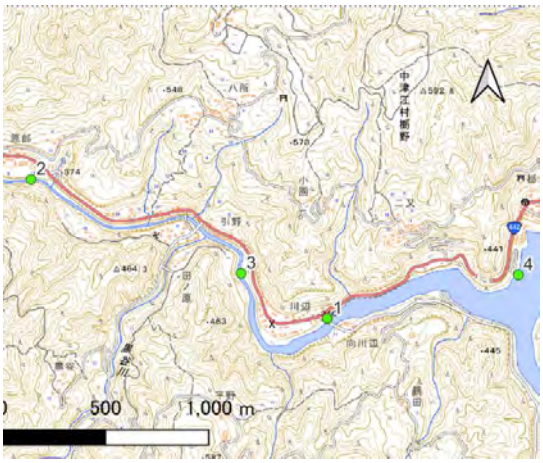


図-5　津江川での各調査地点

表-3　B1での地点変更前後で有意差がある水質

地点		有意差が見られた水質項目
変更前	変更後	
No.1	No.2	気温、水温、DO
No.2	No.1	pH
No.1	No.3	pH、DO
No.3	No.1	EC、TDS、ORP

表-4　pHの変化（値は平均値）

pH			
No.2	7.51	No.1.1	7.43
No.1.2	6.87	No.1.2	6.87
T	**-3.3885**	T	**-2.6441**

表-2　B1における季節別の水質変化

B1		気温 (℃)	水温 (℃)	pH (—)	DO (mg/L)	濁度 (NTU)	EC (μS/cm)	ORP (mV)	TDS (ppm)
4～9月	平均	24.49	17.53	6.93	9.81	0.68	84.53	254.05	54.25
10～翌3月	平均	10.03	10.14	6.75	12.64	0.64	81.00	255.83	57.33
検定統計量	T	**-3.9731**	**-3.2266**	-0.6177	**2.9983**	-0.1643	-0.5789	0.0780	0.7279

(3) B2　杖立川（図-6）

この地点は松原ダムの上流に位置しており，河川が温泉街を通っていることから，温泉排水の流入が確認される．そのため他の調査地点と比較すると特にEC，TDSが高く，また水面はいつも白濁している．またこの地域では令和2年7月豪雨に襲われて土砂災害が発生した．これにより当時の調査地点は埋まってしまい，地点の変更を余儀なくされた．なおこの地点は2023年3月現在も河道にクレーン車が降り工事が行われている．

ここでは計4回の地点変更があったため，B1同様有意差が見られた水質項目のみをまとめて紹介する（**表-5**）．

- No.1.1 → No.2，並びにNo.2 → No.1.2の地点変更による水質の変化について，No.2でのは2012年10月～2013年3月という冬での6ヶ月間のみなため，気温や水温に有意差が見られるのは当然である．またNo.2 → No.1.2でのpHの変化について，No.1.1，1.2で比較したところ（**表-6**），同様に変化していたため，地点変更によるものではなく，この時期に植生の変化等により河川一体で変化したものだと推察される．
- No.1.2 → No.3では，濁度とORPで有意差が見られどちらも低下した．
- No.3 → No.4の地点変更ではORPに有意差が見られ低下した．
- 上記の2つのORPの変化は，この期間内に調査流域の全ての地点で同様に起こっていることであるため，地点変更によるものとは断定しにくい．
- 以上のことからB2では地点変更は度々あったが，どれも水質変化には繋がらなかったと判断する．

表-5　B2での地点変更前後で有意差がある水質

地点		有意差が見られた水質項目
変更前	変更後	
No.1.1	No.2	気温、水温
No.2	No.1.2	気温、pH
No.1.2	No.3	濁度、ORP
No.3	No.4	ORP

表-6　pHの変化（値は平均値）

pH			
No.2	8.04	No.1.1	7.95
No.1.2	7.18	No.1.2	7.18
T	**-3.4981**	T	**-3.6407**

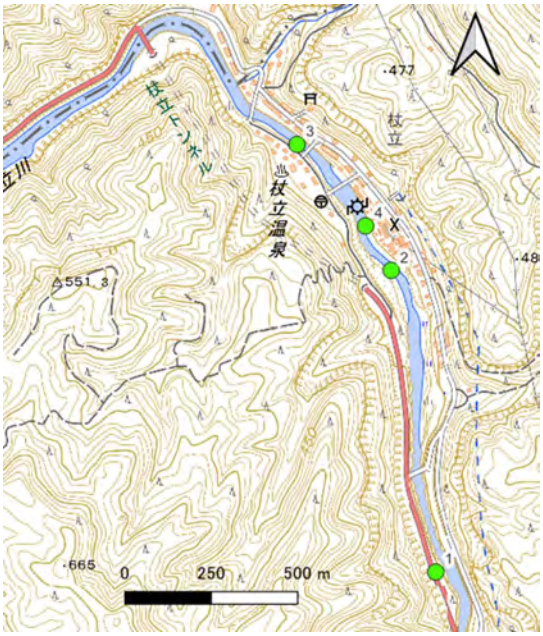


図-6　津江川での各調査地点

(4) St.9　大山川（図-7）

大山川に設置した地点のうち最も上流に位置する．松原ダムの直下にあり，この地点では2019年4月に地点変更を行った．原因はアクセスの困難さ，調査実施場所の危険性を鑑みた結果である．

検定の結果を**表-7**（次頁）に示す．検定の結果St.9では地点変更による水質の変化はなかった．

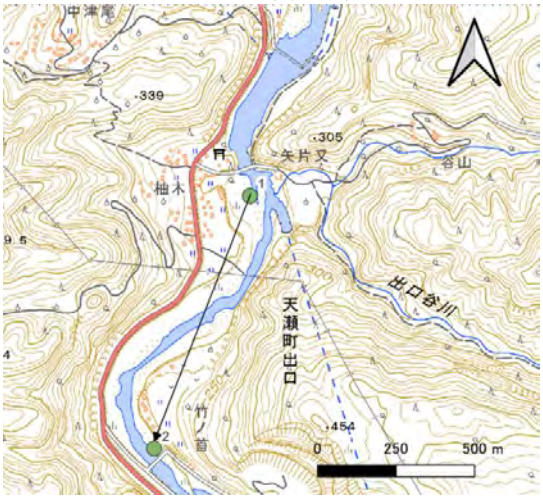


図-7　St.9での調査地点

表-7　St.9における地点変更前後での1年間分のデータによる検定の結果

地点		気温 (°C)	水温 (°C)	pH (—)	DO (mg/L)	濁度 (NTU)	EC (μS/cm)	ORP (mV)	TDS (ppm)
No.1 2018年4月 ～ 2019年3月	平均	20.81	16.25	8.19	10.17	1.12	119.39	258.40	78.13
	max	33.50	24.38	8.89	13.09	3.10	142.00	296.00	92.00
	min	10.30	9.74	6.64	3.03	0.00	94.00	203.00	61.00
	median	22.70	14.55	8.21	11.11	0.75	122.00	250.00	79.00
	n	10	11	11	10	11	11	10	11
No.2 2019年4月 ～ 2020年3月	平均	19.48	16.66	8.53	10.81	0.57	116.74	225.18	78.53
	max	30.50	23.20	9.30	13.80	1.95	145.30	304.00	97.40
	min	8.20	10.30	7.95	8.80	0.00	74.30	145.00	49.80
	median	21.50	17.60	8.58	10.50	0.29	122.40	224.00	82.00
	n	11	11	11	10	11	11	11	11
検定統計量　**T**		-0.3515	0.2021	1.5649	0.6213	-1.4239	-0.3305	-2.0749	0.0767

4. 結論

(1) データの連続性

地点変更を行った4地点について，St.1，B1では一部の水質の連続性が喪失していた．逆にSt.9，B2では水質に変化はなかった．この差は地点変更前後での他河川の流入の有無や周辺構造物，河床材料等が関係していると推察される．自然を対象とする調査である以上，今後も地点を変更する必要が出るだろうが，これらの点を注意して地点を選べば，ある程度はデータの連続性を担保できるだろう．

(2) ダムの水位上昇による環境の変化

下筌ダムの上流に位置する調査地点B1-2は3章2節で触れたようにダムの水位上昇により夏季と冬季で川幅や水深が大きく変化するが，検定の結果この変化による水質の変化は見られなかった．

しかし先述の通り今回は表層水での比較であり，中層，深層の水を用いるとまた違った結果が導き出されるかもしれない．この水域は堰やダムの数が多くそれらの河川への影響をはかるという点からもこの地点での観測は続けていく．

(3) 濁度の判定

筑後川上流域のように汚染源がなく，濁度の上昇と降雨に高い相関がある場所での濁度の判定では，天候によってデータが大きく変わるためWelchの検定のような母平均の差による判定は適していないと判明した．グラフ等を用いての確認が必須である．

(4) ORPの減少

３章２節，３節で少し記載したが，2017年7月から現在に至るまで調査流域内の河川全てでORPの減少が確認された（図-8）．ただし最近ORP計測機器を買い直して 計測したところ，全ての地点でORP減少前の値が計測された．頻繁に観測者が入れ替わる大学の調査という形態上，センサーの徐々の劣化に気がつかなかったのではないかと考えられる．

今後このようなことが起きないような運営形態を構築することと，これまでのデータをどう取り扱うかが早急の課題である．

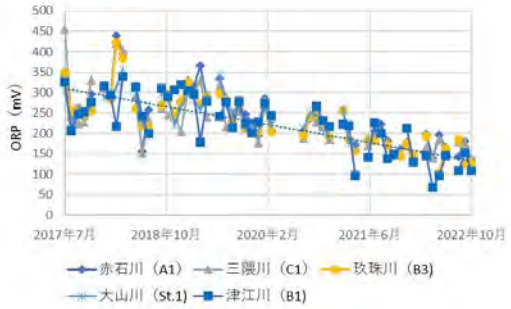


図-8　各河川でのORPの減少

(5) オープンデータの取り扱い

冒頭で論じたように，多くの研究は実際の現場の状態（変化）に触れずに論理を展開している．今後水文水質データベース[3)]のようなオープンデータを利用する研究が増えると，この在り方が更に増えると推測される．しかし本研究からも分かるとおり調査現場の環境とデータには確かな関係性があり，これを軽視すると誤った推論を導き出す恐れがある．扱うデータが採取された時期に対象地域で起きた災害や工事，加えてそれにより調査地点が変更されていないかなどを実際の調査員や地元の人々に確認するし，豪雨や人為的改変など，通常時とは異なるような影響を受けやすい状況下での観測値は特に慎重にとらえることが，正しい結論を導き出すのに必須である．

また他者が蓄積したオープンデータを使う機会は今後増えると思われるからこそ，大学研究室のような教育機関では，実際の現場での調査を学ぶ必要があると考える．主著者を事例に考えると，現場での調査経験とデータを結びつけられると，過去のデータを見る中でおかしな点等に気がついたり，現場での観測者の苦労や努力が理解できたりするようになった．

（6）今後の課題

今回データの連続性の検討を平均値の差から統計学的に処理したが，含有元素（イオン）や周りの植生などには触れずに展開しており，環境変化による影響を考察する上で不足している部分がある．これへの対応が今後の課題である．

謝辞：モニタリングの継続に貢献されてきた地域の協力者，九州大学工学部技術部職員，研究室メンバーに謝意を表します．

REFERENCES

1） 常住直人：取水堰直下落下流による経時洗掘深に関する実験的研究，農業農村工学会論文集，No. 307 (86-2)， pp. Ⅱ_63- Ⅱ_68， 2018． [Tsunesumi, N.:Experimental Study on Scouring Depth by Free Over-fall Downstream of Irrigation Weirs, Irrigation, Drainage and Rural Engineering journal, No.307(86-2), pp.Ⅱ_63-Ⅱ_68, 2018.]

2） 谷田一三，村上哲生：ダム湖・ダム河川の生態系と管理，p7，名古屋大学出版会，2010. [Tanida, K. and Murakami, T. et al.: Ecosystem and management of dam lakes and dam rivers, p7, Nagoya University Press, 2010.]

3） 国土交通省：水文水質データベース，[Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Water Information System] http://www1.river.go.jp/

(Received June 19, 2023)
(Accepted August 21，2023)

INVESTIGATION OF CONTINUITY OF EXISTING DATA FOR CHANGES IN SURVEY POINTS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING IN UPSTREAM OF THE CHIKUGO RIVER

Yuta TAKAHASHI, Satoquo SEINO, Hideo KINOSHITA,
Shinya IKEMATSU and, Hikaru Sato

The laboratory I belong to has been conducting water quality surveys in the upper reaches of the Chikugo River from 2011 to the present. During such long-term surveys, environmental changes occur at survey sites due to disasters and construction work. However, the data has not been taken that into ac-count, and this has not been touched on in other long-term observational studies. The purpose of re-search is the check for the continuity by comparing and examining the existing data before and after the changes of the surrounding environment due to the heavy rain disasters and the changes of the survey site.

The survey items are temperature, water temperature, pH, turbidity, electrical conductivity (EC), oxidation reduction potential (ORP), and Total Dissolved Solid (TDS). These existing data were divided before and after the survey site change and the heavy rain disaster. It cannot be concluded that the data before and after that have equal variance, so I tested by Welch's t-test (significance level $\alpha = 0.05$) instead of the t-test. I determined the difference between the mean values of the data before and after, and evaluated the continuity of the data.

The results of the study are presented below. (1) At some survey sites, the changes of water quality are found. (2) The site, located upstream of the Shimouke Dam, showed changes in river conditions be-tween summer and winter due to the rising water level of the dam, but no changes in water quality were observed. (3) When the change of turbidity is checked, test using mean difference does not appropriate. (4) If we must change the survey site, we must check riverbed materials, nearby structures, and inflow river. Ideally, they are almost all match, and we investigate both points before and after the change over 6 months to 1 year.