

山梨県内河川の水温、pH の長期変動

吉澤 一家

Long-term Trends of Both Water Temperature and pH of the Rivers
in Yamanashi Prefecture

Kazuya YOSHIKAWA

キーワード：河川、水温、pH、長期変動

近年、気候変動に伴う河川水の水質変化に関する調査が多く見られ、気温の上昇による水温上昇や、酸性沈着による pH の低下等の調査結果が報告されている¹⁾。

しかし、山梨県内の河川については、これらに関する詳細な情報がえられていないため少なく、原野らが釜無川、富士川、笛吹川、桂川の各河川の上流 1 地点について変動を確認している程度である²⁾。本研究では約 40 年間の測定データを用いて、山梨県内河川の 39 地点について水温および pH の長期変動傾向について解析を行った。

調査方法

1 解析データ

山梨県内の河川は、主に富士川水系、相模川水系、多摩川水系の 3 水系に分類される。山梨県ではこれらの河川について、公共用水域水質調査を毎月実施しており、今回の解析にはその中の 39 地点について、現地で測定された水温、気温および pH の値を用い、基本的に 1973 年度から 2013 年度までのデータを解析対象期間とした(図 1、表 1)。

また気温については、山梨県内の 39 地点で測定されている AMeDAS データもあわせて解析対象とした。

2 解析方法

長期トレンドの把握は、測定値の経時変化グラフの一次回帰直線の傾きと、Mann-Kendall 検定により行い、両方法で同一の傾向が認められた場合にトレンドがあると判断した。なお、Mann-Kendall 検定に際して、欠測データがある場合は、前後のデータの平均値を補填し解析を行った。また水温の経時変化は季節変動を伴うため、素データから季節変動を取り除いたトレンド成分を用いて Mann-Kendall 検定を行った。一方、pH に関しては、季節変動の寄与が低かったため、素データを用いて検定を行った。なお、これらの処理には R を用いた。

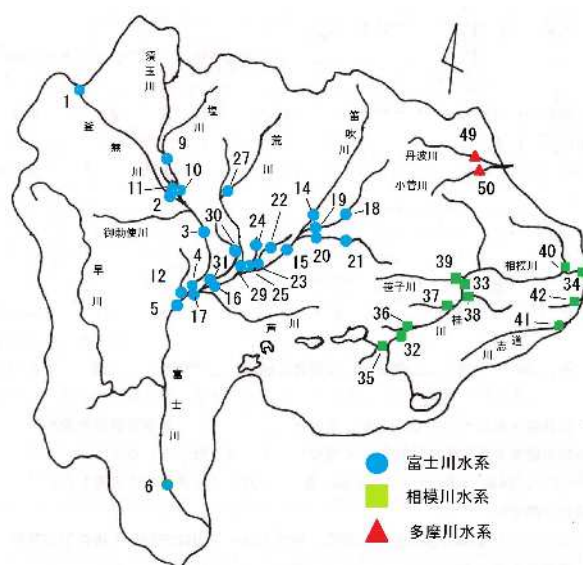


図 1 解析対象地点

表 1 解析対象地点名と水系

NO.	水系名	地点名	NO.	水系名	地点名
1	富士川	国界橋	24	相模川	砂田橋
2		船山橋	25		濁川橋
3		信玄橋	27		桜橋
4		三郡西橋	29		三川橋
5		富士橋	30		高室橋
6		南部橋	31		鎌田川流末
9		藤井堰	32		富士見橋
10		塩川橋	33		大月橋
11		黒沢川流末	34		桂川橋
12		新大橋	35		昭和橋
14		亀甲橋	36		柄杓流川流末
15		鵜飼橋	37	大幡川流末	
16		桃林橋	38	落合橋	
17		三郡東橋	39	西方寺橋	
18		千野橋	40	鶴川橋	
19		重川橋	41	道志川流末	
20		葡萄橋	42	秋山川流末	
21		日川橋	49	多摩川	下保之瀬橋
22		平等橋	50		小菅川流末
23		平等川流末			

表 2 AMeDAS 測定データによる気温の長期トレンド

No.	AMeDAS 地点名	平均気温		最高気温		最低気温	
		一次回帰傾き	Mann-Kendall	一次回帰傾き	Mann-Kendall	一次回帰傾き	Mann-Kendall
1	富士山	0.0004	+	0.0026	+	0.0006	+
2	古関	0.0021	+	0.0047	+	0.0021	+
3	勝沼	0.0007	+	0.0034	+	-0.0011	nd
4	河口湖	0.0016	+	0.0018	+	0.0039	+
5	切石	0.0010	+	0.0025	+	0.0009	+
6	甲府	0.0020	+	0.0027	+	0.0021	+
7	南部	0.0003	+	0.0013	+	-0.0001	+
8	韮崎	-0.0006	+	0.0002	+	-0.0014	nd
9	大泉	0.0016	+	0.0034	+	0.0001	+
10	大月	0.0012	+	0.0011	+	0.0016	+
11	山中湖	0.0014	+	0.0030	+	0.0007	+

※ Mann-Kendall 検定での+は上昇傾向を示し、ndはトレンドが見られなかったことを示す

結果と考察

1 AMeDAS データによる気温の長期トレンド

図 2 に山梨県内の AMeDAS 測定地点を、表 2 には各地点の測定値による月間平均気温、月間最高気温、月間最低気温のトレンド解析結果を示した。代表的な測定地点である甲府 AMeDAS での月間平均気温の変化を図 3 に示したが、月間平均気温は、11 測定地点のうち、韮崎局を除く全ての地点で上昇傾向を示した。また、月間最高気温では全地点で、最低気温では 7 地点で上昇傾向を示しており、山梨県内のほぼ全域で気温上昇の傾向が認められた (表 3)。

また表 3 に示したとおり、各測定地点の月間平均気温の上昇率は 0.05~0.25℃/10 年である一方で、月間最高気温の上昇率は平均気温のそれよりも高く、最高気温の上昇が平均気温の上昇に寄与していることが推察された。

2 水温の長期トレンド

表 4 に各測定地点の水温、現場測定 of 気温、次式で計算した気温水温差、pH の長期トレンド解析結果を示した。

$$\text{気温水温差} = \text{現地測定気温 (}^{\circ}\text{C)} - \text{河川水温 (}^{\circ}\text{C)}$$

図 4 には水温の長期トレンドが顕著に見られた濁川橋 (No. 25) での水温変化を示した。これを含めて 39 地点の中で水温に一定のトレンドが見られたのは 26 地点 (67%) で、水温低下傾向を示した河川が 9 地点、上昇傾向を示した河川が 17 地点であった (図 5)。環境省の調査による全国の河川に関する統計では、夏季に 73%、冬季には 77%の河川で水温上昇傾向が見られ、気候変動に

よる気温の上昇が河川水温の上昇傾向の一因となっているとされている¹⁾。本研究では水温の上昇が見られたのは約 44%の地点に限られ、全国平均よりも少ない結果となった。

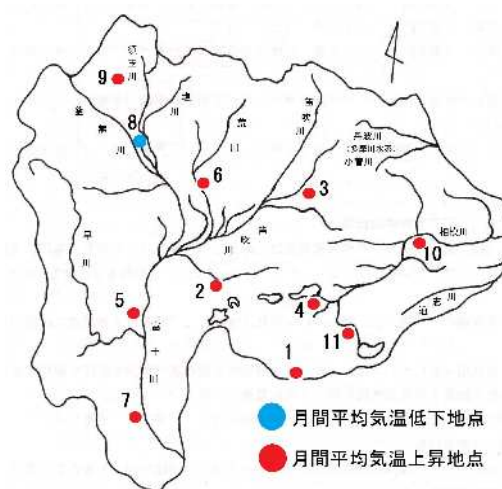


図 2 山梨県内の AMeDAS 配置地点

表 3 各測定地点の月間平均気温の上昇率

No.	AMeDAS	平均気温	最高気温	最低気温
1	富士山	0.05	0.31	0.07
2	古関	0.25	0.57	0.25
3	勝沼	0.09	0.40	-0.14
4	河口湖	0.19	0.22	0.47
5	切石	0.13	0.30	0.11
6	甲府	0.24	0.33	0.25
7	南部	0.04	0.15	-0.01
8	韮崎	-0.07	0.02	-0.17
9	大泉	0.19	0.41	0.01
10	大月	0.14	0.13	0.19
11	山中湖	0.16	0.36	0.09

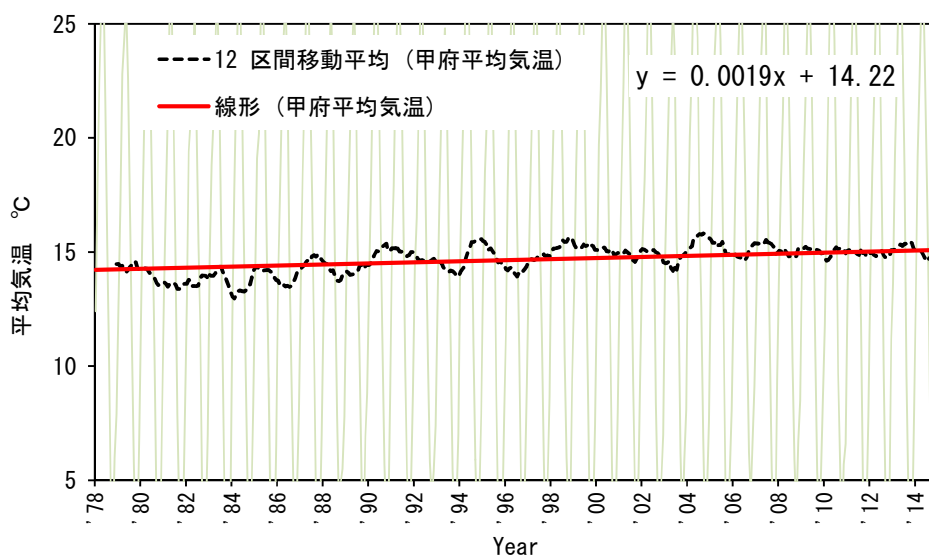


図 3 甲府 AMeDAS での月間平均気温の経年変化

これは、環境省調査では一次回帰直線の傾きのみでトレンドを判定していることと、本県内の河川の河床勾配が大きく、流下速度が速いため、気温の影響を受けにくいことによるものと考えられた。

3 気温（現地測定）の長期トレンド

同じく図 4 に、濁川橋での現地測定気温の経年変化を示した。グラフより明らかなように、気温の変化（低下）傾向は水温よりも顕著な傾向を示していた。この傾向は 25 地点において観察され、気温が上昇傾向を示したのは 4 地点にとどまり、河川水温の上昇傾向が多くみられることとは対照的であった（図 6）。

AMeDAS データでは、山梨県内のほぼ全域で気温が上昇する傾向が見られ、現地気温はこれと相違する傾向が見られた。その原因については今後の課題となっている。

4 気温水温差の長期トレンド

河川水温に影響を与える因子は、流量、流速、家庭からの温排水量、気温上昇、蒸散量、河畔林の有無など多数あり、簡単に推察することは困難と考えられる。しかし、気候温暖化が進む場合、その影響は河川水温の上昇因子になると考えられ、気温と水温の差が減少することも考えられたため、気温と水温の差を求めその経年変化を考察した。

一例として、濁川橋での気温水温差を図 7 に示した。表 4 に示したとおり、同地点では水温および現地気温ともに低下傾向を示していたが、現地気温の低下傾向が強いため、気温水温差は減少する傾向を示した。

他の地点においては、前述のとおり、水温は上昇傾向、現地気温は低下傾向が見られるため、気温水温差が減少する地点が 32 あり、温度差が拡大したのは鶴川橋（No. 40）、鶯飼橋（No. 15）の 2 地点のみであった（図 8）。

表 4 各地点での水温、気温、気温水温差、pH のトレンド検定結果

NO.	水系名	地点名	水温	気温	気温水温差	pH
1		国界橋	+	nd	-	+
2		船山橋	+	nd	nd	+
3		信玄橋	+	+	-	+
4		三郡西橋	nd	-	-	nd
5		富士橋	+	nd	-	+
6		南部橋	+	+	nd	+
9		藤井堰	+	-	-	+
10		塩川橋	+	+	nd	+
11		黒沢川流末	-	-	-	+
12		新大橋	nd	-	-	-
14		亀甲橋	nd	nd	-	+
15		鶯飼橋	+	+	+	+
16	富士川	桃林橋	+	+	nd	+
17		三郡東橋	nd	nd	-	+
18		千野橋	+	nd	-	+
19		重川橋	-	-	-	+
20		葡萄橋	+	-	-	+
21		日川橋	-	-	-	+
22		平等橋	+	-	-	nd
23		平等川流末	nd	-	-	+
24		砂田橋	-	-	-	+
25		濁川橋	-	-	-	-
27		桜橋	+	nd	nd	-
29		二川橋	+	-	-	+
30		高室橋	+	-	-	-
31		鎌田川流末	nd	-	-	+
32		富士見橋	nd	-	-	+
33		大月橋	-	-	-	+
34		桂川橋	+	-	-	+
35		昭和橋	+	-	-	+
36		柄杓川流末	nd	-	-	+
37	相模川	大幡川流末	-	-	-	+
38		落合橋	nd	nd	-	+
39		西方寺橋	nd	-	-	nd
40		鶴川橋	nd	nd	+	+
41		道志川流末	-	-	-	-
42		秋山川流末	nd	-	-	nd
49	多摩川	下保之瀬橋	nd	nd	-	-
50		小菅川流末	-	-	-	-

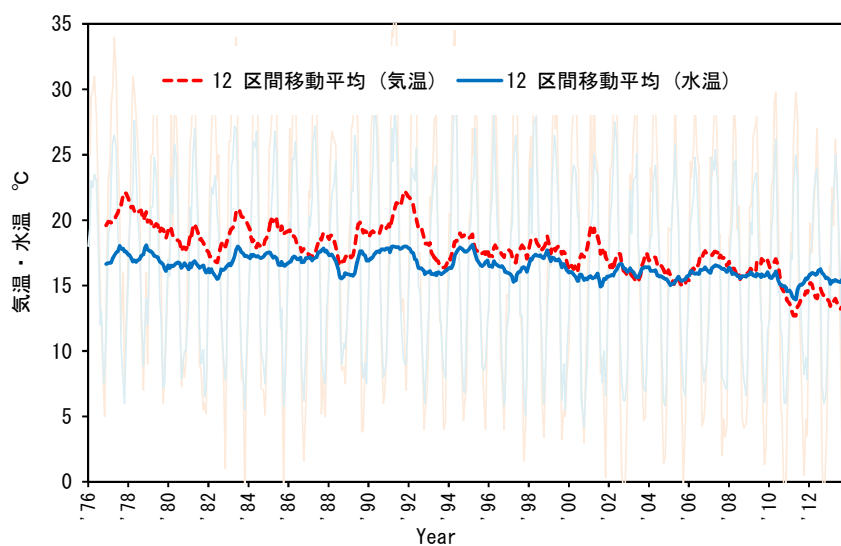


図 4 濁川橋での気温、水温の経年変化

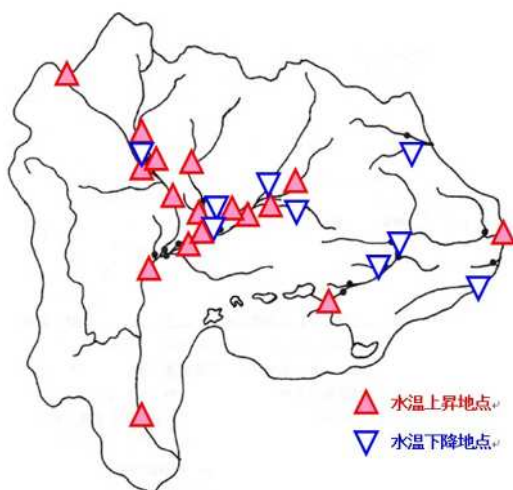


図 5 河川水温の長期トレンド

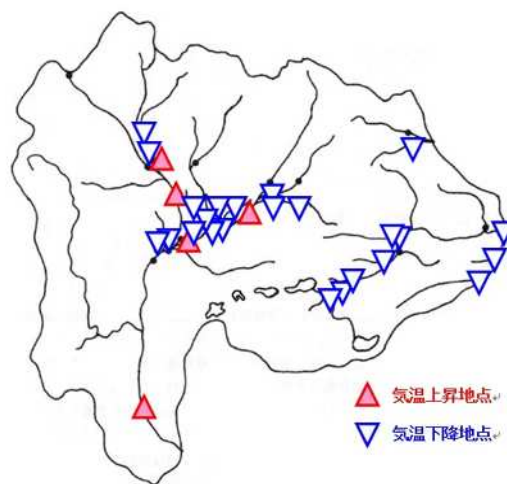


図 6 気温の長期トレンド

河川水温の上昇と、現地気温の低下のいずれがこの温度差の減少に寄与しているかを知るために、図 9 及び図 10 に、各地点の気温水温差の一次回帰傾き値 (slope) と現地気温トレンドの一次回帰傾き値及び水温トレンドの一次回帰傾き値の各相関図を示した。

これらの相関係数を比較すると、現地気温の低下が気温水温差の減少と良い相関を示し、水温との相関は低いことから、温度差の減少には現地で測定された気温の低下の寄与が高いことが推定された。

5 pHの長期トレンド

pHについては、30 地点でトレンドが見られ、4 地点が低下傾向を、30 地点が上昇傾向を示し、図 11 に示したとおり県内全域で pH が上昇していることが明らかとなった。河川水の pH 変動には酸性降下物による酸性化が考えられる一方で、硝酸性窒素濃度の上昇と水温上昇による光合成植物の活性化により、pH が上昇している可能性

も指摘されている³⁾。また地質要因も考えられるため、今後詳細な解析を行う必要がある。

まとめ

山梨県内の河川で約 40 年間連続して測定された水温、pH 等の長期トレンドを解析したところ、以下の諸点が明らかとなった。

- 1) AMeDAS 気温データから、山梨県内の全域で気温上昇トレンドがあり、特に月間最高気温での上昇傾向が顕著であった。
- 2) 県内河川の水温は、上昇トレンドを示す地点が多く見られた。
- 3) 水温と同時に測定される現地測定気温データは、ほぼ全域で AMeDAS データとは対照的に低下傾向が見られ、その原因については明らかではない。

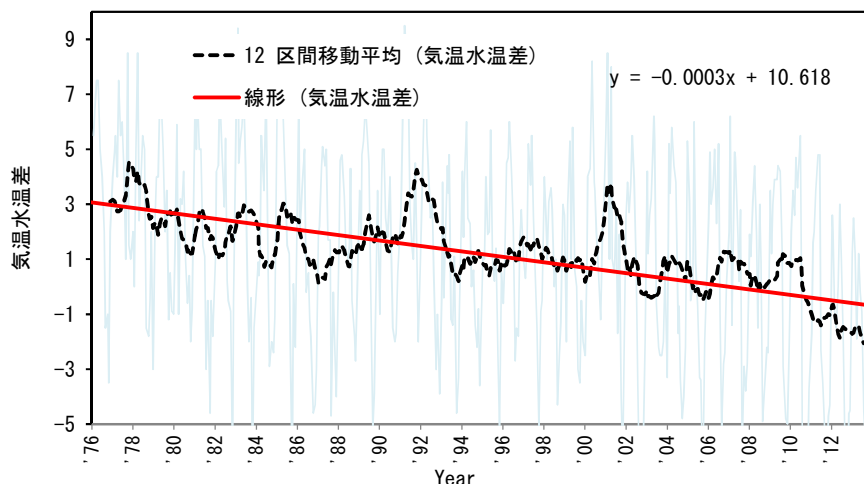


図7 濁川橋での気温水温差の経年変化



図8 気温水温差の長期トレンド



図11 pHの長期トレンド

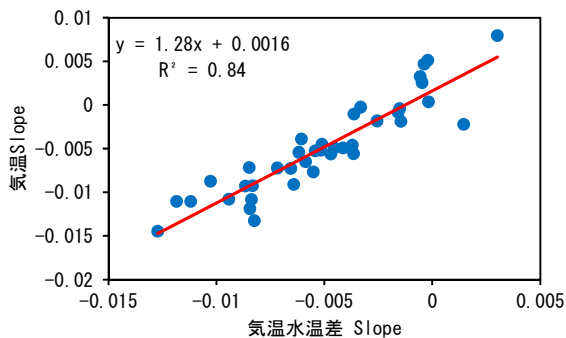


図9 気温傾き値と気温水温差傾き値の相関

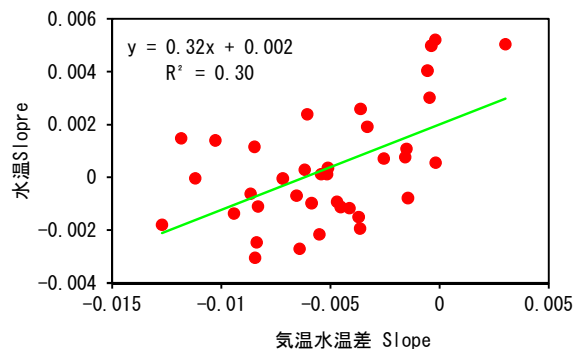


図10 水温傾き値と気温水温差傾き値の相関

- 4) その結果、現地気温と河川水温の差（気温水温差）は減少する傾向が、ほぼ全域で見られた。
- 5) 河川水の pH は、上昇トレンドを示す地点が多くみられた。
- 6) 以上のようなトレンドを示す要因は、気候変動、流量減少等様々考えられ、集水域の面積や土地利用状態などのデータと合わせて、今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 環境省：気候変動による水質等への影響解明調査報告（2013）
- 2) 原野晃一ら：山梨県の主要河川の水質環境に関する既

往資料解析，日本陸水学会関東甲信越支部会報，**43**，
53-54（2017）

- 3) 鈴木穰：地球環境の変化が河川水質に与える影響の基礎的検討，土木研究所研究成果報告書（2007）