

気候変動が全国の河川水温に及ぼす影響

パシフィックコンサルタンツグループ株式会社
グループ経営企画部 湯浅 岳史

1. はじめに

気温上昇等の気候変動の影響は、水温の上昇、水質・水域生態系をはじめとする水環境への影響を引き起こすと考えられる。しかしこれまで、特定の河川を除いて、日本全国の水温変化傾向を分析した事例はみられない。そこで本研究は、1970年頃から継続的に測定されている全国の公共用水域水質観測における水温データを用いて、全国の河川における冬季及び夏季の水温の変化状況を調べたものである。

2. 分析方法

(1) 気温変化状況の分析

水温の分析に先立ち、気候変動等による気温上昇の状況について分析した。全国のアメダス 157 地点の気温測定値¹⁾を用いて、1981～2007 年（水温分析期間と同期間）の年平均気温、夏季（6～8 月）および冬季（12～2 月）平均気温を算出した。さらに、水温と同様、年次と気温で直線回帰式の傾き（1 年あたりの平均的な気温変化）に 30 年を乗じて、30 年間の気温変化を算出した。なおこの回帰式の傾きの算出にあたり、1～2 年のデータ欠測が見られる地点があったが、この場合は、前後年値から内挿補間して相関式を求めた。

(2) 水温変化状況の分析

水温変化の分析は、以下の方法によった。分析に用いた水温データは、公共用水域水質観測の水温データで、国立環境研究所が環境数値データベースとして公開している検体値データ²⁾をダウンロードして使用した。分析対象年次は、1981年～2007年の36年間である。分析対象とした地点は、全国の河川の公共用水域水質観測地点のうち、1981年以降の経年的な水温データが得られる地点とした。2007年度の水質観測地点は河川で6,053地点あり、うち経年的な水温データが得られる分析対象地点は3,121地点であった（以下、「分析対象地点」とする）。なお、年間を通じた欠測が1～2年程度の場合は許容して分析対象としたが、これ以上の欠測がある場合は分析対象から除外した。

水温変化の分析は、夏季（6～8月）および冬季（12～2月）の平均水温とした。年平均値ではなく夏季平均、冬季平均を用いる理由は、気候変動による気温（および水温）の変化は、平均気温上昇および気温変動増加（極端に暑い・寒い現象が増える）からなり、これにより暑い天候が増える³⁾とされること、夏季や冬季は四季の中でも温度極値をとる時期であり、気候変動による影響が出やすいと考えられることによる。なお、夏季または冬季のみの欠測がある場合は、欠測期のみ分析対象外とした。

水温上昇の判定は、以下の 3 条件を全て満たす場合のみとした。これら条件とは逆の条件を満たす地

点を、水温低下地点として判定した。

- (a) 1980 年代と 2000 年代で夏季または冬季平均値に有意な水準差がある（マン・ホイットニーの U 検定、有意確率 0.05 未満）。
- (b) 年次と水温の回帰直線の傾きが正である。
- (c) 年代別平均値が 1980 年代<1990 年代<2000 年代の順になっている

全ての分析対象地点について、水温上昇・低下の判定とともに、水温変化を「30 年間の水温変化（℃）」として算出した。これは、年次と水温の回帰直線の傾き（一年あたりの平均的な水温変化）に 30 年を乗じて算出した。

3. 分析結果および考察

(1) 気温変化状況の分析結果

全国のアメダス 157 地点について、1981～2007 年の気温変化傾向を調べたところ、全ての地点で年平均、夏季（6～8 月）平均、冬季（12～2 月）平均気温とも上昇傾向が確認された。30 年間の気温上昇は、年平均気温で 0.5～2.5℃程度であった。

(2) 水温変化状況の分析結果

水温変化状況分析の結果を表 1 に示す。分析対象地点 3,121 地点のうち、997 地点（分析対象地点の 31.9%）で冬季または夏季に水温の上昇が認められることが、109 地点（3.5%）で冬季または夏季に水温の低下が認められることがわかった。概して、水温低下よりも水温上昇の方が見られることが明らかになった。

表 1 水温変化地点分析結果

分類	地方	水温変化地点数					水温変化地点の割合 (%)				
		夏季 変化	冬季 変化	夏冬 いずれか 変化	夏冬 とも 変化	全 地点	夏季 変化	冬季 変化	夏冬 いずれか 変化	夏冬 とも 変化	
水温 上昇 地点	北海道	8	5	13	0	110	7.3	4.5	11.8	0.0	
	東北	4	35	36	3	377	1.1	9.3	9.5	0.8	
	関東	130	130	216	44	564	23.0	23.0	38.3	7.8	
	中部	134	110	209	35	579	23.1	19.0	36.1	6.0	
	近畿	119	78	164	33	456	26.1	17.1	36.0	7.2	
	中国	113	68	152	29	370	30.5	18.4	41.1	7.8	
	四国	28	31	56	3	162	17.3	19.1	34.6	1.9	
	九州	129	42	151	20	503	25.6	8.3	30.0	4.0	
	全国	665	499	997	167	3,121	21.3	16.0	31.9	5.4	
水温 低下 地点	北海道	10	7	12	1	110	9.1	6.4	10.9	0.9	
	東北	15	13	21	1	377	4.0	3.4	5.6	0.3	
	関東	8	2	20	1	564	1.4	0.4	3.5	0.2	
	中部	6	18	8	0	579	1.0	3.1	1.4	0.0	
	近畿	5	4	23	0	456	1.1	0.9	5.0	0.0	
	中国	0	0	4	0	370	0.0	0.0	1.1	0.0	
	四国	0	16	0	0	162	0.0	9.9	0.0	0.0	
	九州	5	63	21	0	503	1.0	12.5	4.2	0.0	
	全国	49	0	109	3	3,121	1.6	0.0	3.5	0.1	

水温上昇地点位置図を図 2 に示す。地方別に水温上昇地点の割合を見ると（図 1）、北海道・東北を除き 4 割弱の地点で水温上昇が確認されることがわかる。多くの地点で水温上昇が見られる河川・水系は、表 2 に整理する通りである。周辺部・集水域の

都市化など、人為影響が強いと考えられる河川（荒川・多摩川・淀川・大和川等）のみならず、人為影響が相対的に低いと考えられる河川でも水温上昇が確認されることがわかる。

(2) 夏季および冬季の水温変化傾向

夏季の30年間の水温変化を横軸に、冬季のそれを縦軸にプロットした（図3）。後述するとおり、気温の変化が0.5～2.5℃であるのに対して、水温の変化はより大きく、冬季・夏季とも0～5℃程度上昇する地点が多い。また、地点数は少ないものの、5℃を超えて変化している地点もある。なお、夏・冬とも水温上昇など、夏・冬の傾向が一致している地点が多い。

(3) 気温変化と水温変化との関連性

分析対象地点全3,121地点について、夏季・冬季の30年間の気温および水温変化の関係について整理した（図4）。各分析対象地点の水温変化に対して、最近隣のアメダス地点の気温変化を対応づけた。

夏季の気温・水温変化で見ると、気温変化が0.6～2.1℃程度であるのに対して、水温変化は-5～5℃程度と変化が大きい。気温変化と水温変化とに明確な相関関係は見られない。冬季の気温・水温変化でも、気温変化が1.0～2.6℃程度であるのに対して、水温変化は-5～10℃程度と変化が大きい。また、気温変化と水温変化は、夏季と比較すると、若干の相関性が見られるが、明瞭な相関関係とは言えない。

気温と水温に明確な相関性は見られないことから、水温変化は気温変化以外の影響、例えば人為影響などを受けていることが示唆される。

4. おわりに

本研究の結果、年平均・夏季平均・冬季平均気温とも全国のアメダス157地点において上昇傾向が確認された。一方水温は、全国の公共用水域水質観測地点のうち、997地点（全体の31.9%）において冬季または夏季に水温の上昇が、109地点（同3.5%）で冬季または夏季に水温の低下が認められることがわかった。しかしながら、気温変化と水温変化の関連性は認められなかった。今後は、地域/地点毎に詳細な分析を行い、水温変化要因を明確にする必要がある。また、気温上昇やこれに伴う河川環境への影響が不可避であれば、今後、その影響を予測した上で、適切な適応策を講じる必要がある。

参考文献

- 1) 気象庁：過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 2) 国立環境研究所：環境数値データベース / 公共用水域水質 検体値データ
http://www.nies.go.jp/igreen/mk_down.html
- 3) 環境省 地球温暖化影響・適応研究委員会：気候変動の賢い適応 ―地球温暖化影響・適応研究委員会報告書、p60, 2005

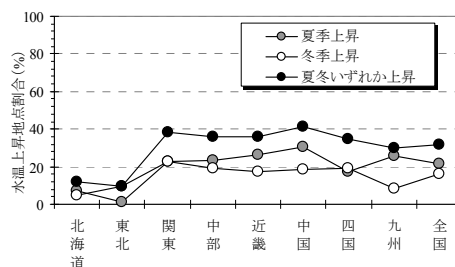


図1 水温上昇地点の割合

表2 水温上昇が見られる河川

地方	河川	地方	河川	地方	河川
東北	雄物川	中部	天竜川	中国	旭川
	最上川		矢作川		芦田川
	阿武隈川		木曾三川		太田川
関東	鬼怒川	近畿	淀川	四国	吉井川
	小貝川		大和川		四方十川
	利根川		九頭竜川		重信川
	多摩川	中国	由良川	九州	吉野川
	荒川		円山川		遠賀川
	鶴見川		天神川		筑後川
中部	相模川	中国	日野川	九州	琢磨川
	信濃川		千代川		川内川

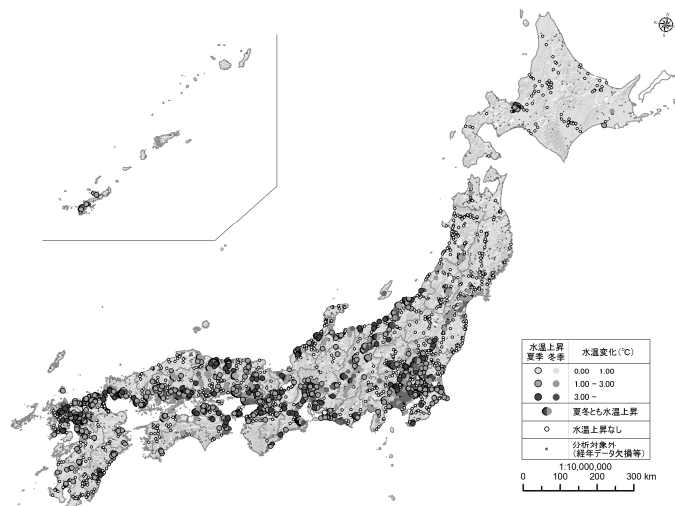


図2 水温上昇地点分析結果

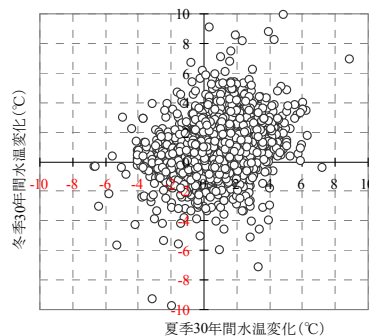


図3 夏季・冬季の水温変化の関係

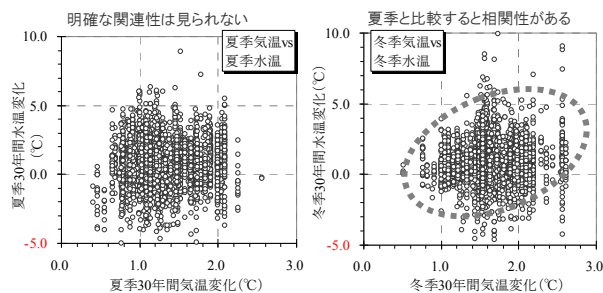


図4 気温変化と水温変化との関連性