

千曲川上流域における河畔植生別の水温実態

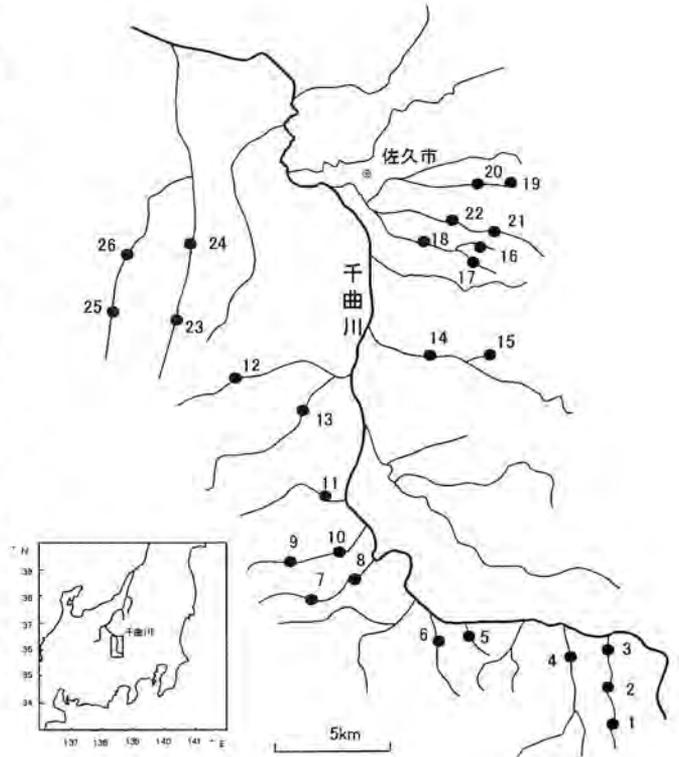
山本 聡・川之辺素一

Investigation of water temperature on various riparian vegetations
in the upper basin of the Chikuma River

Satoshi Yamamoto, Motokazu Kawanobe

溪畔林の樹冠が河川水面への日射を遮断して水温上昇を抑制することはよく知られている（例えば中村¹⁾、井上²⁾、埜尾³⁾）。水温の上昇は、イワナ *Salvelinus leucomaenis*、ヤマメ *Oncorhynchus masao masao* などの冷水性の河川型サケ科魚類にとって、生息制限要因となる。特にイワナやオシロコマ *S. malma* については、地球温暖化によって生息域が減少することを懸念する報告^{4, 5)} があり、溪畔林の消失は温暖化の影響をさらに強くすると予想される。

長野県佐久地方の千曲川とその支流は著名な溪流釣り場であり、関東を中心に多くの釣り人が訪れる。自然状態が保たれている支流では溪畔林が発達しているが、砂防工事などにより床固工や護岸工が設置されると、植物が除去された開空状態になるか、ツルヨシ *Phragmites japonica* が水辺に繁茂するかのどちらかになることが多い。開空状態の河川における水温上昇については、国内では北海道で調査されている^{6, 7)}。しかし、開空化の影響が北海道より大きいと予想される本州中部地方では、調査事例はほとんどない。また、ツルヨシ群落の遮光効果を溪畔林と比較した報告を知らない。そこで我々は開空化およびツルヨシ群落化の影響を知るために、千曲川上流域において、河畔植生が異なる水域を選んで水温上昇の実態を調べた。



材料と方法

調査区間は標高が 700m 以上で河川長が 300m 以上、区間内に支流の流入と人為的取水がない水域を選んだ(図 1、表 1)。各調査区間は水際まで樹木が繁茂する「溪畔林区」、水辺がツルヨシに覆われている「ツルヨシ区」、コンクリート護岸等で水面上に植物の枝葉が伸びていない「開空区」に 3 区分し、区間内ではそれぞれの特徴が連続している水域を選んだ。それぞれの調査区間数は、溪畔林区が 10 カ所、ツルヨシ区が 9 カ所、開空区が 7 カ所の計 26 区間である。各区間の平均標高は、溪畔林区が 1,069m、ツルヨシ区が 1,015m、開空区が 1,031m で有意な差がない ($F_{2,23}=0.13, ns$) ように選定した。それぞれ、イワナ又はヤマメ、あるいはその両種が生息している。

長野県水産試験場佐久支場の計測記録によると、佐久市における千曲川の水温は、例年 7 月下旬から 8 月にかけて最も高くなる。そこで 2000 年の 7 月 31 日、8 月 2 日、4 日、10 日、16 日、28 日に水温、水量の計測を行った。調査日の天候は「晴れ」又は「快晴」で、佐久市における最高気温は、そ

図 1 調査区間の位置 (番号は表 1 の調査区間番号と一致する)

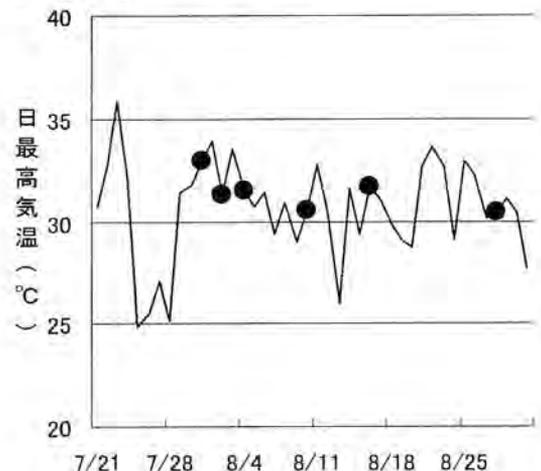


図 2 2000 年佐久市における日最高気温 (●は調査日 データは気象庁電子閲覧室より)

れぞれ 30.0°C 以上であった (図 2)。水温の計測は、区間の上

表1 調査区間の概要(No.は図1の番号と一致する)

No.	河川名	区分	調査日 (2000年)	区間 距離 (m)	区間 平均標高 (m)
1	梓川	開空	8/28	375	1,585
2	梓川	溪畔林	8/28	800	1,518
3	梓川	ツルヨシ	8/28	450	1,320
4	金峰山川	開空	8/28	550	1,320
5	前川	開空	8/28	500	1,175
6	黒沢川	ツルヨシ	8/28	650	1,140
7	柚添川	溪畔林	8/10	750	1,110
8	柚添川	ツルヨシ	8/10	1,000	1,070
9	高石川	溪畔林	8/10	2,350	1,125
10	高石川	ツルヨシ	8/10	300	1,048
11	大月川	ツルヨシ	8/10	500	1,145
12	石堂川	溪畔林	8/4	1,050	1,075
13	大石川	ツルヨシ	8/4	1,650	865
14	抜井川	開空	8/4	700	830
15	抜井川矢沢	溪畔林	8/4	800	950
16	田子川北沢	溪畔林	8/2	500	925
17	田子川南沢	開空	8/2	300	810
18	田子川	開空	8/2	750	718
19	志賀川	溪畔林	8/2	1,100	940
20	志賀川	開空	8/2	500	785
21	滑津川	溪畔林	8/16	490	798
22	滑津川	ツルヨシ	8/16	640	778
23	鹿曲川	溪畔林	7/31	900	1,075
24	鹿曲川	ツルヨシ	7/31	2,500	855
25	八丁地川	溪畔林	7/31	1,150	1,170
26	八丁地川	ツルヨシ	7/31	1,500	920

端と下端に温度ロガー (TR-71S, TR-51A ; 株式会社T&D) を設置して9時から17時まで1時間おきに行った。同時刻における上端と下端の最大温度差を、その区間の距離で除して温度勾配 (500m流下距離あたりの上昇温度) を求めた。区間最高水温は下端での最高水温とした。水温の計測日には上端・下端において流量を計測した。流量は、河川横断線の50cmあるいは1mおきに水深60%点で計測した流速と河川横断面積から算出した。

結果

各区間の流量、最高温度、温度勾配を表2に示した。溪畔林区、ツルヨシ区では最高水温が20℃以上になった河川もあるが、いずれも24℃には達していない。しかし、開空区では25℃以上になった河川があった。温度勾配の平均値を比較すると、溪畔林区とツルヨシ区では両区ともほとんどが1℃/500m未満で差はなかった。開空区では他の2区に比べて有意に大きく(分散分析、 $F=10.55$)、ほとんどが1℃/500m以上で4℃/500mを越える例があった。

温度勾配 C (℃/500m) と最高水温 M (℃) の関係を図3

表2 調査区間毎の流量、最高水温、温度勾配

区分	No.	河川名	流量 (L/秒)	最高 水温 (℃)	温度 勾配 (℃/500 m)	平均 温度勾配 (℃/500m)
溪畔林	2	梓川	585	14.1	0.56	0.78 ^a
	7	柚添川	891	14.2	0.53	
	9	高石川	310	15.4	0.40	
	12	石堂川	106	22.1	0.95	
	15	抜井川矢沢	103	17.4	0.69	
	16	田子川北沢	3	18.0	1.60	
	19	志賀川	43	19.5	0.91	
	21	滑津川	937	21.6	0.31	
	23	鹿曲川	211	17.6	1.06	
	25	八丁地川	223	14.3	0.78	
ツルヨシ	3	梓川	578	17.4	0.44	0.54 ^a
	6	黒沢川	757	17.1	0.31	
	8	柚添川	939	15.4	0.70	
	10	高石川	327	16.1	0.17	
	11	大月川	76	18.6	0.30	
	13	大石川	266	20.6	0.82	
	22	滑津川	1,269	21.8	1.17	
	24	鹿曲川	222	21.6	0.20	
26	八丁地川	526	22.3	0.73		
開空	1	梓川	528	13.9	1.07	2.25 ^b
	4	金峰山川	1,175	16.9	0.55	
	5	前川	137	21.5	2.50	
	14	抜井川	1,138	23.4	1.07	
	17	田子川南沢	30	24.2	2.67	
	18	田子川	14	29.9	3.47	
20	志賀川	185	25.5	4.40		

※異なる符号間で有意な差がある ($p < 0.01$)。

に示した。溪畔林区とツルヨシ区では相関がないが、開空区では一回帰式として

$$M = 2.87C + 15.74 \quad (r = 0.76) \dots \textcircled{1}$$

が得られ、有意な相関が認められた ($T(r) = 2.59, n = 7, p < 0.05$)。

開空区では温度勾配が大きい河川で、最高水温が高い傾向があった。次に温度勾配 C (℃/500m) と河川流量 F (L/秒) との関係をそれぞれ図4に示した。ツルヨシ区では両者に相関がなかった。溪畔林区では、指数回帰式として

$$\ln(C) = -0.00110F + 0.0222 \quad (r = -0.77) \dots \textcircled{2}$$

が得られ、有意な負の相関が認められた ($T(r) = 3.49, n = 10, p < 0.01$)。

開空区でも、指数回帰式として

$$\ln(C) = -0.00133F + 1.2042 \quad (r = -0.89) \dots \textcircled{3}$$

が得られ、有意な負の相関が認められた ($T(r) = 4.37, n = 7, p < 0.01$)。これらの2区では、流量が少ないほど温度勾配が大きくなる傾向があった。

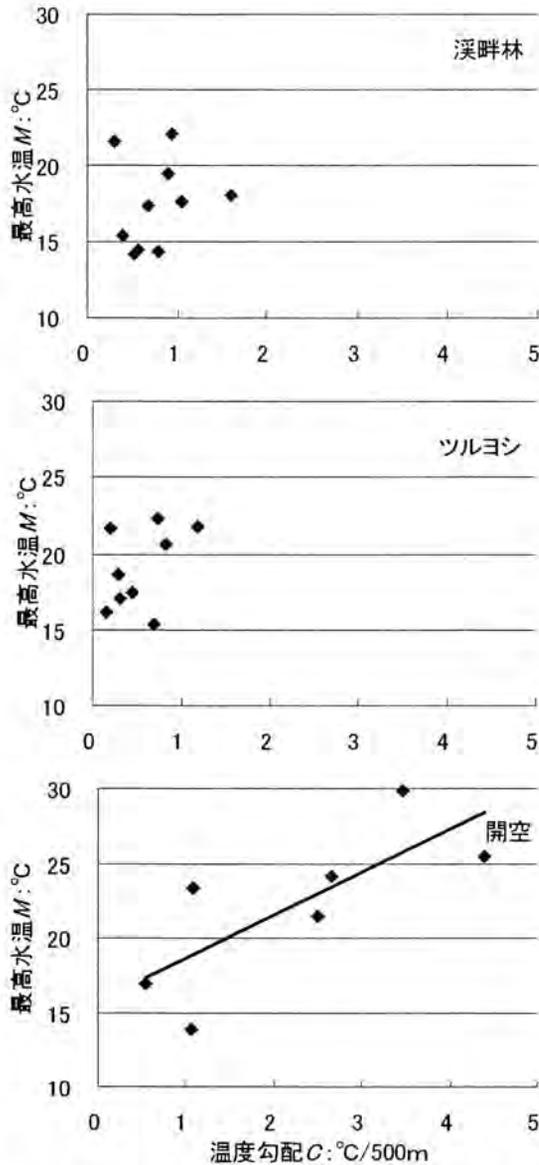


図3 千曲川支流の温度勾配と最高水温の関係

温度勾配と標高との関係をみたが(図5)、3区分とも相関があるとはいえなかった。

考察

今回の調査は、調査河川数が多く千曲川上流域を広く網羅しているので、この水域における水温実態を反映していると考えられる。2000年の佐久市の年最高気温は35.8°Cで、7月23日に記録している。今回の計測日は、いずれも同市において日最高気温が30°C以上となっているので、それぞれの河川における水温計測値は、年最高値と考えて議論を進める。

溪畔林区及びツルヨシ区では温度勾配が大きい河川がなく、開空区では温度勾配が大きい河川ほど高水温になる傾向があった。このことは、高水温となる主原因が水面への日射であることを示唆している。イワナに対する高水温の影響に関して、Takami *et al.*⁸⁾は北海道産アメマスについて、24°C

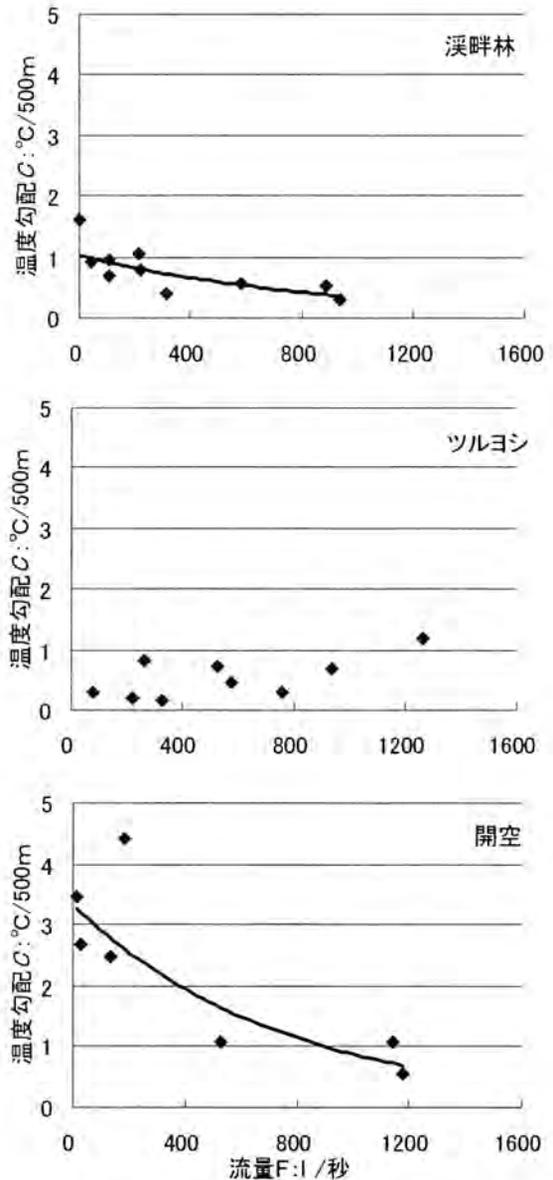


図4 千曲川支流の流量と温度勾配の関係

以上で食欲が低下し、26°C以上で死亡することを観察している。また、小山ら⁹⁾も昇温実験において、24°Cで摂餌が止り26°Cで死亡魚がみられたとしている。ヤマメについては、Takami and Sato¹⁰⁾がサクラマス幼魚について行った昇温実験において、24°Cで摂餌を止める個体が出現し、26°Cを超えると死亡する個体が出現したとしている。今回の調査の溪畔林、ツルヨシ区では24°Cを超える事例はなかったが、開空区では2河川が24°Cを越え、1河川が26°Cを上回った。この1河川ではヤマメの死亡個体が観察されており、水辺植生の消失に伴う水温上昇は、千曲川上流域のイワナ、ヤマメに対して大きく影響すると思われる。

永田ら⁶⁾は北海道中西部の積丹川における調査結果として、溪畔林がある区間では温度勾配が0.50°C/500m、開空状態では1.75°C/500mとなることを報じている。これに比べて本調査での温度勾配は、溪畔林区間で0.78°C/500m、開空

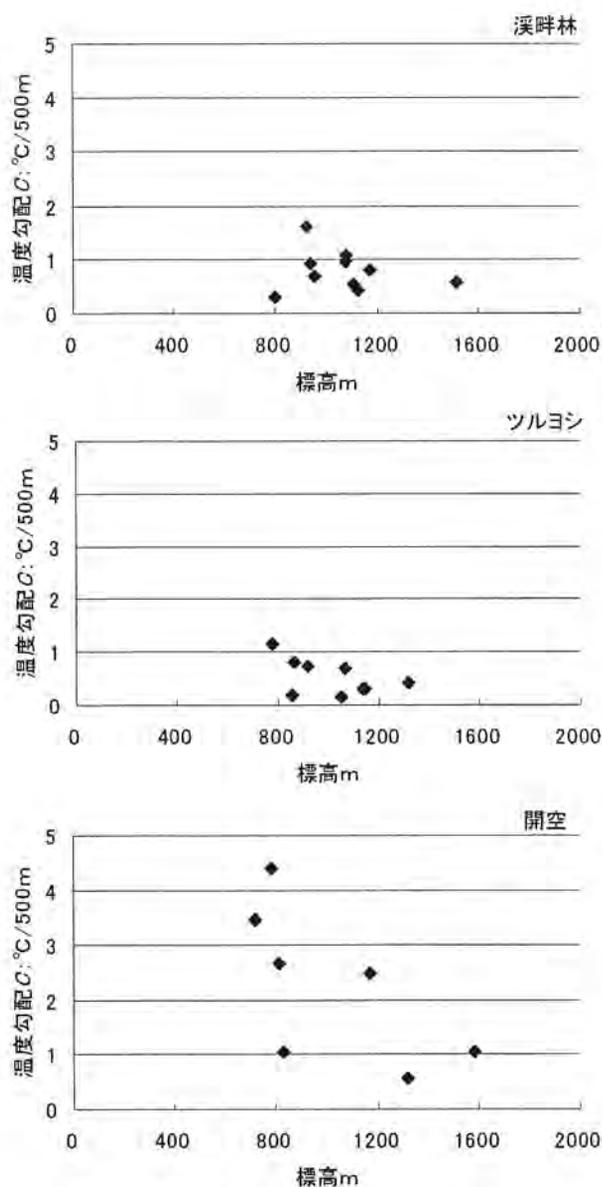


図5 千曲川支流の標高と温度勾配の関係

区間の平均が 2.25°C/500mと値が高く、本州中部の千曲川での開空化の影響は、北海道におけるそれよりも深刻であると考える。

温度勾配は流量が少ない河川ほど大きくなる傾向がある(図4)ので、小河川ほど開空化の影響をうけることになる。また、取水により人為的に流量が減少する区間も影響を受けやすいと予想される。そして標高との相関がないこと(図5)から、標高700mから1,600m程度の範囲では、標高が高い河川であっても開空化の影響が緩和されないことが示唆された。

ツルヨシ区の温度勾配は溪畔林区と差がなく、最高水温もイワナ、ヤマメの摂餌に影響する温度ではなかった。ツルヨシ群落は人為的影響によって繁茂した植生であるものの、水温上昇を抑制する効果については溪畔林と差がないと考えられた。しかし、ツルヨシは梅雨の増水で流されると盛夏は開空状態になってしまう例があるので、昇温抑制効果は不安定

である。

以上のことから、冷水性魚類の生息水域の水温上昇を抑制するためには溪畔林を主体とした河畔植生の保全が適切であると考えられる。しかし、実際の保全に際しての情報は少なく、適切な溪畔林のあり方については、その質、量に関してさらに研究が必要である。

要約

1. 水温上昇と河畔植生との関係を明らかにするため、千曲川上流域で溪畔林区・ツルヨシ区・開空区で水温を計測し、温度勾配(500m流下距離あたりの上昇温度)、最高水温の実態を調査した。
2. 溪畔林区及びツルヨシ区では温度勾配が大きい河川がなく、開空区では温度勾配が大きい河川ほど高水温になる傾向があった。これは、高水温となる主原因が水面への日射であることを示唆している。
3. 開空区では、温度勾配が大きく流量が少ないほど水温が上昇しやすいことが確認された。水辺植生の消失に伴う水温上昇は、千曲川上流域でのイワナ、ヤマメの生息に対して大きく影響すると考えられる。

文献

- 1) 中村太士(1997):水辺林の生態的機能、水辺林の保全と再生に向けて(溪畔林研究会 編),日本林業調査会,東京,pp17-21.
- 2) 井上幹生(1998):森と魚。魚から見た水環境-復元生態学に向けて/河川編-(森 誠一編),信山社サイテック,東京,pp145-157.
- 3) 埜尾 均(1999):水辺林の構造と機能。溪流生態砂防学(大田猛彦・高橋剛一郎 編),東京大学出版会,東京,pp 16-26.
- 4) 北野文明・中野 繁・前川光司・小野有五(1995):河川型オショロコマの流程分布に対する水温の影響および地球温暖化による生息空間の縮小子測。野生生物保護,1(1),1-11.
- 5) Nakano, S., F. Kitano, and K. Maekawa(1996):Potential fragmentation and loss of thermal habitats for charrs in the Japanese archipelago due to climatic warming. *Freshwater Biology*, 36, 711-722.
- 6) 永田光博・佐藤弘和・宮本真人・大久保進一・柳井清治・長坂 有(1998):サクラマス稚幼魚の成長における河畔植生の役割。北海道立水産孵化場研報,52,45-53.
- 7) Sugimoto, S., F. Nakamura and A. Ito(1997):Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperatures and riparian forest in the Toikanbetsu River basin, northern Japan. *Journal of Forest Research*, 2,103-108. (文献2からの引用)
- 8) Takami, T., F. Kitano, and S. Nakano, (1997):High water temperature influences on foraging responses and thermal deaths of Dolly Varden *Salvelinus malma* and White-spotted charr *S. leucomaenis* in a laboratory. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 63(1), 6-8.
- 9) 小山舜二・今泉克英・石井吉夫(1979):魚種別による生育温度の限界。昭和53年度愛知県水産試験場事業報告,176-177.
- 10) Takami, T. and H. Sato, (1998):Influence of high water temperature on feeding responses and thermal death of juvenile masu salmon under aquarium settings. *Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery*, 52, 79-82.