

北上山地源流域における3つの小流域の水温変動の特徴

井良沢道也*

Water temperature change in three small valleys in the Kitakami Mountains

Michiya IRASAWA*

1. 背景と目的

溪流における水温は流域における大気・土壌・地下水帯等間での熱の移動の相互作用によって形成される。溪流沿いには溪畔林が立地していることが多い。溪畔林の存在は樹冠に覆われることで日射をさえぎり、渓流域の気温や水温の上昇または下降の度合いを緩やかにする日射遮断の作用があり、魚類や水生生物が住みやすい環境が作られる(1, 2)。とりわけ水温は水中に生息する生物にとって重要な環境条件である。しかし、水温の形成はその土地の気候や溪流の形態などによって左右されることが多く、定量的評価は難しく、実際の観測事例も少ない(3, 4)。

今後、溪流沿いの様々な気象・水文環境を定量的に把握するための基礎データを得るために、溪流の水温の観測を行った。対象とした溪流は宮古市旧川井村の閉伊川水系の水源流域である黒沢のA, B, Cの3つの小流域である(図-1)。本小流域は北上山地源流域にあり、A流域とC流域は宮古市と盛岡市の分水嶺をなしている。なお、川井村(現宮古市)においては平成18年より本小流域をかわい木の博物館の分館3号「水源の森」と命名し、森林の水土保持効果を把握するために様々な観測が実施されている(5)。今回、水温を測定するために活用した水褥池は川井村(現宮古市)が流量を測定するために設置したもので、今回の調査ではその水褥池にある施設を利用して観測を行った。また同村が測定した過去の気温や降雨、流量データ等も参考にした(6)。

Received March 30, 2012

Accepted April 23, 2012

* 岩手大学環境学系

II. 観測地の概要

今回水温を測定した閉伊川水系黒沢のA, B, Cの3つの試験流域の流域は、それぞれ20.2 ha, 27.1ha, 22.0haである(図-1)。また、流域の最高点はそれぞれ1174m, 1174m, 1130mであり、今回の水温測定の高さは950m, 930m, 920mである。対象流域は年間を通して流水が枯れない状態であり、同様の林相を呈じ、流域特性が近似していることを条件に川井村(現宮古市)が「水源の森」として設定した(5)。

水温の観測期間開始日は2010年8月10日からで、現在も継続で観測中であるが、今回検討する期間は2011年8月23日までである。気温と降雨は宮古市がB流域の量水堰付近の広場で観測している(標高約900m)。なお今回は検討期間のデータが得られなかったため、近傍のアメダス区界のデータを参考に利用した(7)。

宮古市旧川井村西縁部に位置する本小流域を含む区界高原地区は、標高が700mから1000m前後の小起伏面や緩傾斜面が広く発達している。このような地形面は、氷期時代の周氷河気候によって形成されたものと言われており、宮古市旧川井村松草以東の閉伊川中、下流部に見られる開析が進んだ地形面と大きく異なっている。本観測流域は、閉伊川水系黒沢の最上流部に当たり、三方を山腹斜面で囲まれ、ちょうどお椀の内側のような地形を呈している(図-1)。本観測流域の基盤を形成している表層地質は、早池峰構造体・北部北上帯に属する古生層で、主要な岩種は粘板岩であり、生成年代は古生代、石炭紀の頃に海中に堆積し固結化したものである。粘板岩を主とした基岩風化物の上には、奥羽山系各地域の火山活動によって噴出した火山灰が降下し、約50~100cmの厚さで堆積し、土壌の主要な母材となっている。従って、本地区に発達している土壌には基岩風化物の影響は極めて薄く、火山灰母材の影響が強く見られる

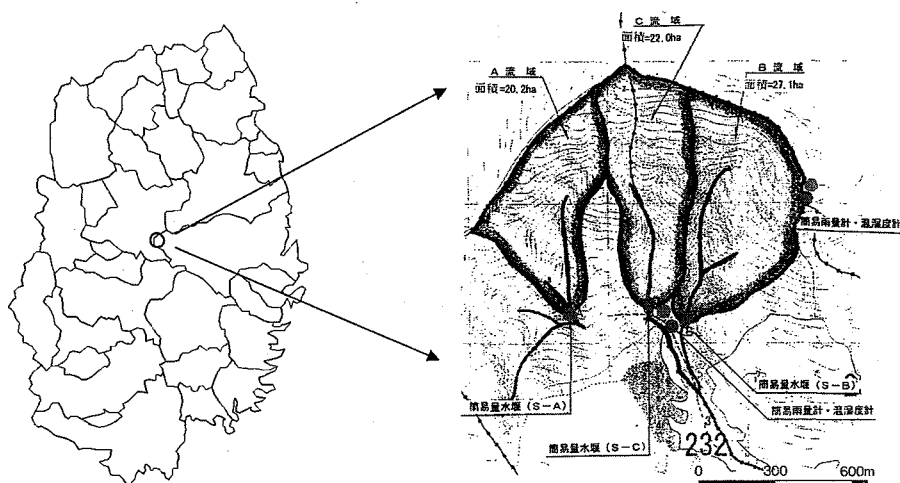


図-1 調査流域位置図

土壌である(6)。

森林土壌は、沢沿い及びリル状侵食地に沿って適潤性黒色土一偏湿型が、また、主要な山腹下方部には、適潤性黒色土が発達している。広い山腹斜面上中部は適潤性黒色土の偏乾型土壌が発達している。更に海拔高度1000m前後の陵線には、低温気候のもとで生成される湿性弱ポドソル化土壌の発達も認められるがその広がり小さい(6)。

流域の植生はミズナラが優占し他にブナ、トチノキ、バッコヤナギ、ウダイカンバ、ダケカンバ等で構成されている。また、下層植生としてチシマザサが特に優占し、オオカメノキ、イタヤカエデ、ノリウツギ、ミズナラ等が生育するなど、植生帯としてはブナーチシマザサ群落である。A、B、Cの3小流域の観測地点の様子を写真-1～写真-3に示す。

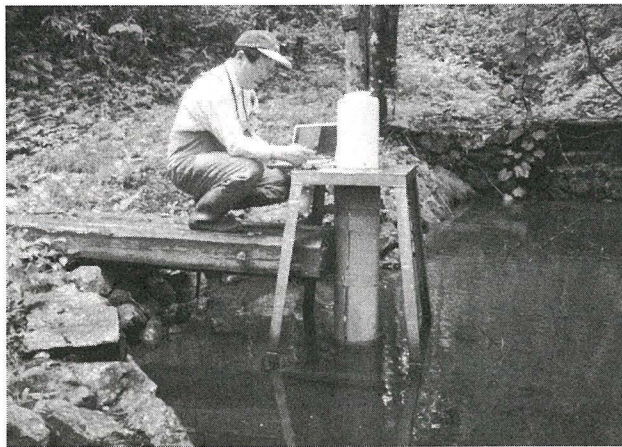


写真-1 小流域Bにおける水温計の設置地点の状況

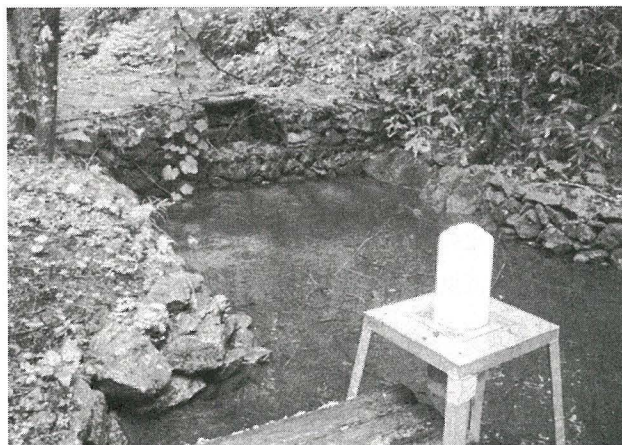
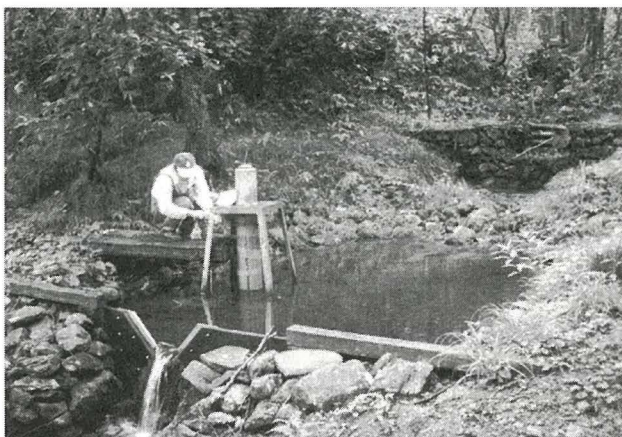


写真-2 小流域Cにおける水温計の設置地点の状況



写真ー3 小流域Aにおける水温計の設置地点の状況

III. 観測方法

黒沢のA, B, Cの3小流域の量水堰背後の水褥池内の水位計のプラスチック製保護管に各地点の川沿いに水温観測器およびデータロガーを設置し、記録を開始した。使用した水温計は水温センサと気温記録計(ロガー)からなっており、それぞれ株式会社ティアンドデイ製おんどとり Jr TR-52S(外付センサ)で、測定精度: ± 0.3 度($-20 \sim 80$ 度)である(7)。水温センサはあらかじめ、 0°C の氷水中に入れて 0°C を示すことを確認した。

水温計はいずれも1時間ごとの瞬間値を記録するよう設定した。水温センサは水褥池の水面から約10cmの場所にセンサの先端があるように設置した。気温記録計(ロガー)(おんどとり Jr TR-52S)は、市販のタッパーウェアにセンサを通す穴を開けたものに入れ、雨の浸入をできるだけ防ぐようにした。水温を記録するロガーは、クーラーボックスにセンサを通す穴を開けたものを使用した。設置が完了した後、シリコン系充填剤(バスコーク)で穴を塞ぎ、雨の浸入を防いだ。また、川の近くは湿度が高く、湿気でロガーが壊れるのを防ぐため、乾燥剤を小さな袋に入れたものをタッパーに入れた。

こうして水温観測を実施し、そのデータについてグラフを作成し、その傾向をみた。また、他の気象要素を組み合わせ、相互関係を調べた。なお今回の検討する期間は前述した2010年8月10日から2011年8月23日までである。

IV. 観測結果

1. アメダス区界と黒沢観測データの比較

気温と降雨は宮古市がB流域の量水堰付近の広場で観測している(標高約900m)が、今回

の検討期間のデータが得られなかったため、近傍のアメダス区界のデータを参考に利用した(6)。黒沢のA, B, Cの3つの小流域の水温の観測結果を分析する際にアメダス区界の気象データと対比した。なお本地点とアメダス区界観測所(標高760m)とは直線距離で約4.5kmと近い。

表-1に2010年6月より11月までのアメダス区界のデータと合わせて示した。黒沢での観測地点の標高はアメダス区界より140m高いこともあり、6月から11月までの日平均気温は黒沢地点の方が約1.1℃程度低いが、それぞれの地点では平均気温、最高気温、最低気温とも変動傾向は類似していることが伺える。同様に降雨量、最大積雪深も類似している(5)。このことから、今回測定した黒沢の水温のデータはアメダス区界の気象データと対比して検討していく。

表-1 黒沢と区界の気温と雨量(2010.6-11)

月	旬別	黒 沢					区 界			雨量 (mm)
		気 温 (°C)			最高	最低	気 温 (°C)			
		平均	最高	最低			平均	最高	最低	
日平均	日最高	日最低	日平均	日最高	日最低	日平均	日最高	日最低		
6	上	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	13.4	20.7	5.8	8.0
	中	16.6	19.1	14.3	22.6	12.9	17.3	21.9	13.1	70.0
	下	17.4	20.6	14.6	25.9	11.3	18.7	22.8	14.7	128.5
	平均	17.0	19.9	14.5	24.3	12.1	16.5	21.8	11.2	206.5
7	上	18.5	21.8	16.7	24.1	15.7	20.0	24.7	17.1	127.0
	中	18.4	20.7	16.2	24.3	12.7	19.6	23.1	15.7	47.0
	下	20.1	22.3	18.4	24.8	16.7	21.5	25.0	18.5	79.0
	平均	19.0	21.6	17.1	24.4	15.0	20.4	24.3	17.1	253.0
8	上	22.0	25.2	19.6	27.9	18.6	23.5	28.1	19.8	13.0
	中	19.9	22.5	17.2	24.4	12.9	21.3	24.8	18.0	167.5
	下	20.8	24.5	17.8	26.2	16.9	21.9	27.0	17.4	55.0
	平均	20.9	24.1	18.2	26.2	16.1	22.2	26.6	18.4	235.5
9	上	19.1	22.8	15.6	26.3	10.8	20.0	25.1	15.0	18.5
	中	14.9	17.4	12.5	20.2	9.0	16.0	19.7	12.4	165.5
	下	10.4	12.9	7.9	18.2	4.0	11.6	14.9	8.1	40.5
	平均	14.8	17.7	12.0	21.6	7.9	15.9	19.9	11.8	224.5
10	上	12.4	15.7	9.3	16.9	5.6	13.5	17.4	8.7	33.5
	中	9.9	13.7	6.2	17.4	-0.7	10.9	15.8	6.2	26.0
	下	5.2	9.4	1.3	15.8	-4.8	5.8	10.2	1	5.5
	平均	9.2	12.9	5.6	16.7	0.0	10.1	14.5	5.3	65.0
11	上	4.1	7.8	1.0	13.4	-1.9	5.2	8.8	1.3	52.5
	中	1.4	5.8	-2.2	10.5	-5.8	2.1	7.4	-2.8	8.5
	下	0.8	5.2	-3.2	12.4	-6.9	1.7	6.2	-3.3	25.5
	平均	2.1	6.3	-1.5	12.1	-4.9	3.0	7.5	-1.6	86.5
6-11の平均		13.6	16.9	10.8	20.7	7.5	14.7	19.1	10.4	1071*

*雨量は合計

2. 日平均水温の季節変動

日平均水温の季節変動を図-2に示す。また、観測した月の日平均水温を表-2に示す。なお記載順は下流域に近い順に、B, C, Aとした。区界と記してあるのはアメダス区界地点のデータである。今回観測した日平均水温の推移から4つの期間に分けることができる。①4月中旬ころから6月下旬ころまでの春期変動期、②7月上旬ころから9月上旬ころまでの夏期安定期、③9月中旬から11月下旬くらいまでの秋期変動期、④12月上旬から4月上旬くらいまでの冬期安定期である。気温と水温の最大値と最小値の差をみると、気温は変動は大きく、一方、水温は変動が小さいことがわかる。

なお図-2の0は2010年8月20日、50は2010年10月8日、100は2010年11月27日、150は2011年1月16日、200は2011年3月7日、250は2011年4月26日、300は2011年6月15日、350は2011年8月23日

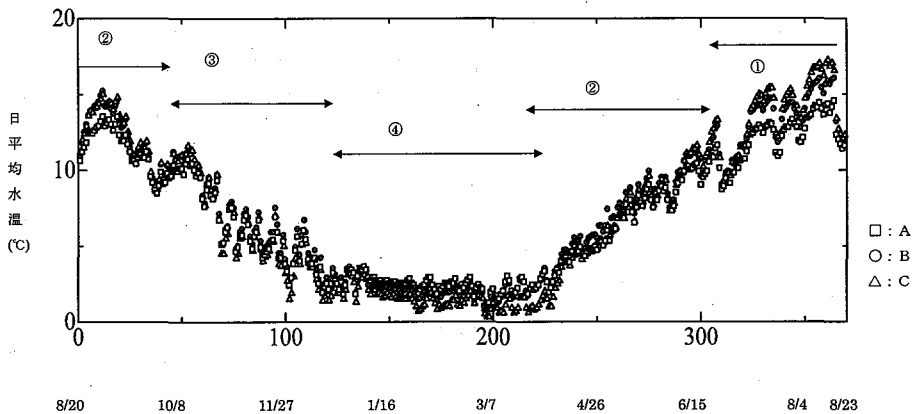


図-2 3地点の日平均水温の推移 (2010年8月10日から2011年8月23日)
□: A, ○: B, △: C

表-2 日平均水温の月別の平均 (°C) (2010.8-2011.8)

	B流域	C流域	A流域	区界
8月下旬	13.6	13.5	12.3	21.6
9月	10	10.2	9.7	12.4
10月	7.6	7.4	7.4	6.3
11月	4.9	4.2	4.5	1.7
12月	2.9	2.3	2.7	-3.1
1月	1.9	1.4	2.4	-8.8
2月	2	1.5	2.3	-3.3
3月	2.4	1.2	2.4	-2.6
4月	5.6	4.9	4.8	4.3
5月	8.9	8.6	8.3	10.9
6月	10.8	11	10	17.4
7月	13.5	14.1	12.4	17.8
8月上・中旬	14.2	15	13.1	19.8

年8月4日である。

3. 日最高水温及び日最低水温の季節変動

観測した月の日最高水温を表-3に、日最低水温を表-4に示す。日最高水温及び日最低水温についても日平均気温と同様に、①4月中旬ころから6月下旬ころまでの春期変動期、②7月上旬ころから9月上旬ころまでの夏期安定期、③9月中旬から11月下旬くらいまでの秋期変動期、④12月上旬から4月上旬くらいまでの冬安定期にわけることができる。また気温と日最高水温及び日最低水温を比較すると、気温は変動が大きく、水温は変動が小さいことがわかる。

表-3 日最高水温の月別の平均(°C)(2010.8-2011.8)

	B流域	C流域	A流域	区界
8月下旬	14.5	14.3	13.1	21.6
9月	10.6	10.7	10.2	12.9
10月	8.8	8.9	8.4	6.1
11月	6.2	5.5	5.9	1.6
12月	3.6	3.1	3.4	-3.7
1月	2.4	2	2.8	-8.3
2月	3	2.7	3.1	-4.9
3月	3.7	2.5	3.6	-2.6
4月	6.7	5.7	5.8	2.7
5月	10.8	10.7	9.9	11.1
6月	11.8	12.1	11.2	14.6
7月	14.4	15.3	13.8	21.6
8月上・中旬	14.9	15.8	14	20.6

表-4 日最低水温の月別の平均(°C)(2010.8-2011.8)

	B流域	C流域	A流域	区界
8月下旬	10.1	10.6	10.1	18.3
9月	7.7	8	7.7	9.5
10月	4.6	3.8	4.6	2.3
11月	1.2	0.5	1.2	-3.2
12月	-0.3	-0.2	-0.3	-8.9
1月	1.3	0.5	1.9	-20.3
2月	0.6	0.3	1	-18.6
3月	1	0	1	-15.1
4月	3.7	3.4	3.5	-8.5
5月	5.5	5.2	5.5	1.4
6月	8.5	8.5	7.9	0.4
7月	10.7	10.8	9.7	11.9
8月上・中旬	11.3	11.7	11.2	14.2

4. 水温の日較差の季節変動

水温の日較差の季節変動を図-3に示す。また、観測した月の日平均水温を表-5に示す。水温の日格差についても①4月中旬ころから6月下旬ころまでの春期変動期、②7月上旬ころから9月上旬ころまでの夏期安定期、③9月中旬から11月下旬くらいまでの秋期変動期、④12月上旬から4月上旬くらいまでの冬安定期にわけることができる。このうち、春期変動期と秋期間変動期は広葉樹の着葉、落葉の影響を受けて直射日光が直接あたるため、その影響を水温も受けていると考えられる。また春期の方が日射量が大きいいためか、その変動差は秋期に比べ大きい。

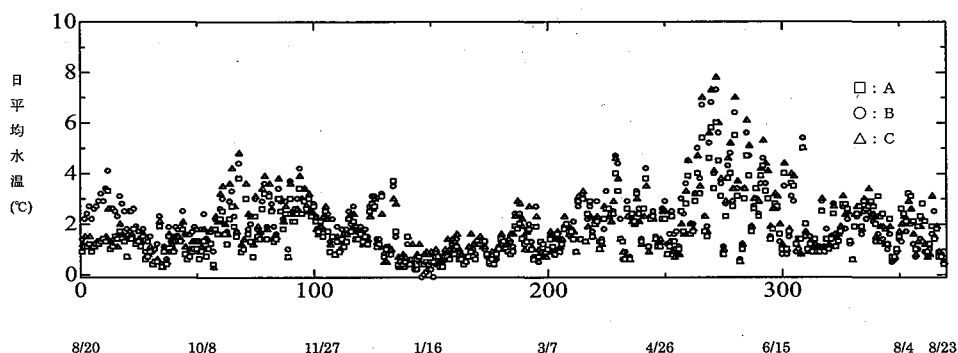
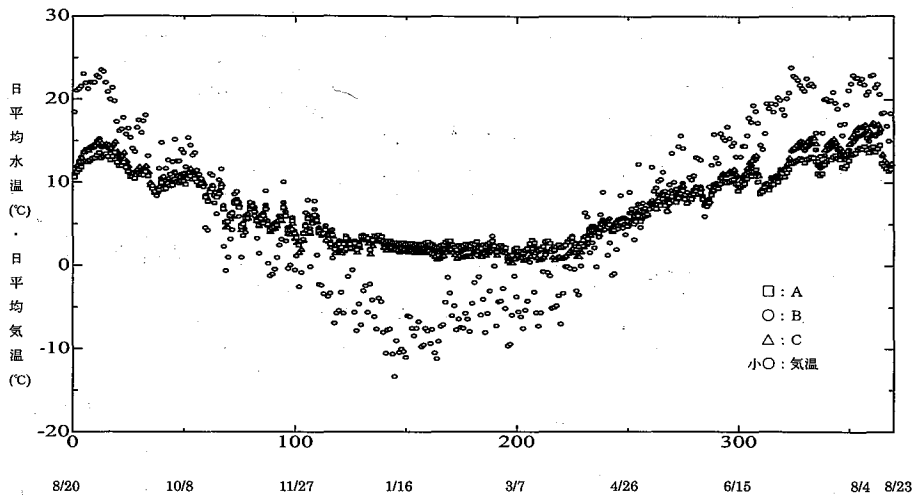


図-3 3地点の水温の日格差の推移図 (2010年8月10日から2011年8月23日)
□: A, ○: B, △: C

表-5 水温の日格差の月別の平均 (°C) (2010.8-2011.8)

	B流域	C流域	A流域
8月下旬	10.1	10.6	10.1
9月	7.7	8	7.7
10月	4.6	3.8	4.6
11月	1.2	0.5	1.2
12月	-0.3	-0.2	-0.3
1月	1.3	0.5	1.9
2月	0.6	0.3	1
3月	1	0	1
4月	3.7	3.4	3.5
5月	5.5	5.2	5.5
6月	8.5	8.5	7.9
7月	10.7	10.8	9.7
8月上・中旬	11.3	11.7	11.2



図－4 3地点の日平均水温と気温（区界）の推移図（2010年8月10日から2011年8月23日）
□：A、○B、△：C、小○：気温

5. 気温と日平均水温の関係

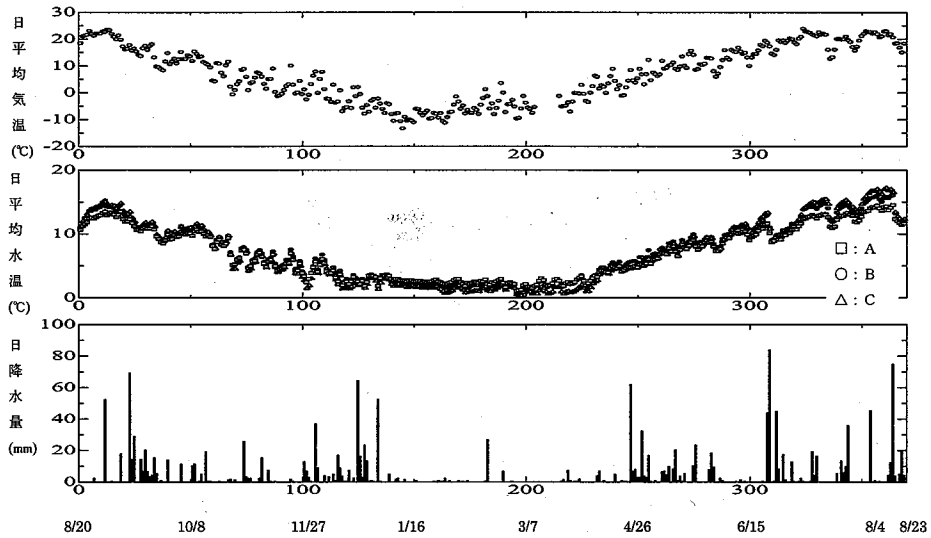
気温（区界）と日平均水温の年間推移を図－4に示す。気温は年を通じて変動が大きく、水温が変動が小さい。気温が水温より下まわるのは10月上旬から中旬頃であり、一方、気温が水温を上まわるのは4月下旬から5月上旬頃である。

6. 気温と降水量の関係

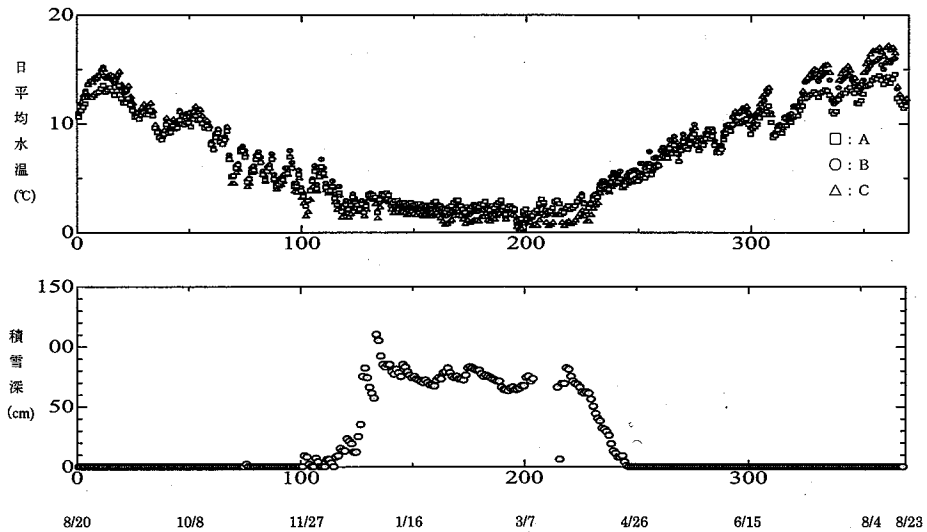
日最高水温の季節変動を図－5に示す。まとまった降水量があると水温がさがる。また3地点の水温がほぼ同一となる。一方、小さい雨量では水温に与える影響は少ない。これは3流域とも流域面積が小さく、降水によってもたらされる浅層地下水の流出の影響を受けていると考えられる。

7. 積雪・融雪と日平均水温の関係

図－6に積雪・融雪と日平均水温の推移を示す。積雪深はアメダス区界地点である。なお、積雪深は森林施業を行なう上でも、融雪時の溪流を推測する上でも重要であることから、川井村では2001年に木の博物館の調査を始めた際から、「黒沢地区」に2箇所、「不伐の森」に5箇所の簡易積雪計を設置して最深積雪を観測してきた。観測の結果、最大積雪深はアメダス区界と同程度であることがわかった（6）。図－6より3月下旬から4月中旬にかけて融雪が進んでいる。また2010年から2011年の冬期は12月末から1月にかけて1mを越える豪雪となった。なお岩手県内ではアメダス39地点で月降水量の多い方からの12月として1位の値を更新した（統計期間5年以上の地点）。



図一 5 3地点の水溫と氣溫(区界), 降水量(区界)の推移図(2010年8月10日から2011年8月23日) 上段の図 氣溫(区界), 中段の図3地点の水溫 □: A, ○: B, △: C, 下段の図 降水量(区界)



図一 6 3地点の日平均水溫と積雪深(区界)の推移図(2010年8月10日から2011年8月23日) 上段の図3地点の水溫 □: A, ○: B, △: C, 下段の図 積雪深(区界),

V. まとめ

北上山地源頭部小流域における水温変動の特徴をさぐるため、閉伊川上流の黒沢川小流域の3小流域において通年で水温の観測を行った。

3小流域の水温の傾向はそれぞれ似通っており、日平均水温、日最高水温、日最低水温とも、気温は変動は大きく、一方、水温は変動が小さい。また、水温の特徴として、①4月中旬ころから6月下旬ころまでの春期変動期、②7月上旬ころから9月上旬ころまでの夏期安定期、③9月中旬から11月下旬くらいまでの秋期変動期、④12月上旬から4月上旬くらいまでの冬期安定期の4つの期間に区分できた。日温差気温については夏期及び冬期安定期は変動が少ないが、春期変動期と秋期間変動期は広葉樹の着葉、落葉の影響を受けて直射日光が直接あたるため、変動が大きい。まとまった降水量があると水温がさがる。また3地点の水温がほぼ同一となる。融雪の進行は水温に影響を与えている。このことは、黒沢流域に降った雨はいったん地下に浸透してから、溪流に浸出するもので、地中の温度は気温に比べて変化が少ないため、浸透水もその影響を受け、1年を通じての変動が少ないと考えられる。

3小流域の水温傾向は似通っていたが、詳細に比較するとC流域はB、Aに比べ、夏期は高く、冬期は低くなった。A流域は逆にB、Aに比べ、夏期は低く、冬期は高くなった。B流域はその中間的傾向を示している。これは図-7の2006降水量と流出量の変動(6)をみると、C流域は降雨にもっとも敏感に反応しているのに対して、B流域はレスポンスが遅いこと関係している。浅層地下水を貯留する能力がB流域は大きく、C流域は小さく、直接流出が多いことが水温の変動に関係している。これは図-1に示す流域の地形特性に関係していると考えられる。C流域は比較的急峻であるが、B、A流域は稜線付近に緩傾斜面を有している。また、

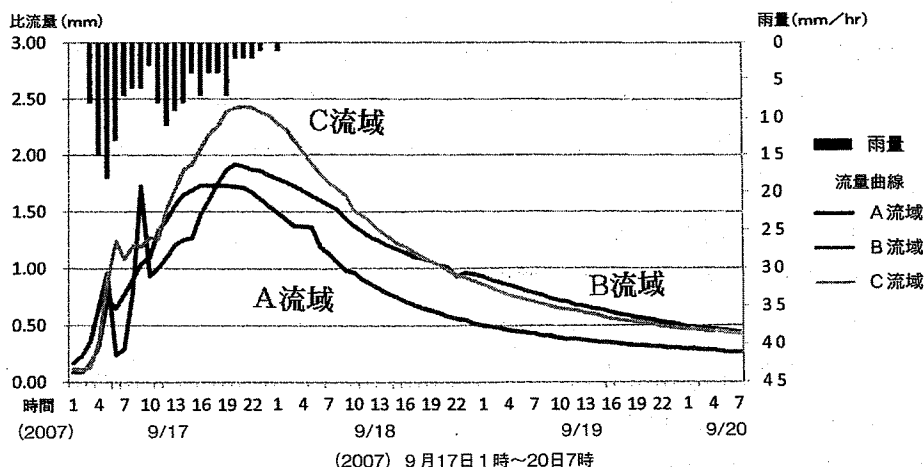


図-7 3つの流域の降水量と流出量 (2007年9月17日1時から9月20日7時まで)

斜面向きがC流域は全体として南斜面, B流域は西斜面, A流域は東斜面であることも関係している。

今回水温測定した流域は面積が0.2km²程度と小さく水温の形成過程の出発点とも言える源流域に位置している。また, 流域最高点と観測地点の標高差が200m程度であるため, 渓流水が流れて日射により水温上昇することは少ないと考えられる。むしろ, 初期の降雨の水温, 樹木自体での熱や地面との熱交換や融雪水の関与, そして浅層地下水などが関係していると考えられる。

とくに表層の地温の変動には気温, 日射量, 雨量などが関係している。日射量と着葉, 落葉は関係があり, 秋に近づくにつれ落葉が進むことで上昇し, 全体の日射量が低下する中, 光が届くようになることで樹冠内の日射量を一定に保つ大きな要素となっていると考えられるので, 日射量の測定を実施していきたい。さらに, 水温の変動を見るにはもっと長い調査区間の設定や, さらに水温形成に関わっている表層土層分布と地下水帯の分布なども検討していきたい。

謝 辞

今回水温の観測にあたっては川井村(現宮古市)においてかわい木の博物館の分館3号「水源の森」として設置した水褥池にある施設を利用した。また同村が測定した過去の気温や降雨, 流量データ等も参考にした。また, 現地調査や気象・積雪データの収集, データ解析にあたって, 森と緑の研究所の村井宏所長, 古澤元雄氏には多大なる便宜と助言を頂いた。ここに厚く御礼申し上げる。

引用文献

- (1) 崎尾均・山本福嘉編(2002)水辺林の生態学. 206pp. 東京大学出版会, 東京.
- (2) 砂防学会編(2000)水辺林管理—その理論・技術と実践. 329pp. 古今書院, 東京.
- (3) 中村太士・百海琢司(1989)河畔林の河川水温への影響に関する考察. 日本林学会誌 71: 387-394.
- (4) 井良沢道也・大内優子(2009)御明神演習林内赤沢川の夏期から秋期における水温変動の特徴. 岩手大学農学部演習林報告 40: 147-160.
- (5) 川井村・森と緑の研究所(2009)かわい木の博物館. 24-30, 岩手県川井村.
- (6) 川井村・森と緑の研究所(2009)平成21年度川井村木の博物館調査業務委託事業報告書.
- (7) 気象庁Webページ <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- (8) (株)ティアンドデイWebページ <http://www.tanidd.co.jp/>

要 旨

溪流における水温変動の特徴をさぐるため、通年で水温の観測を行った。場所は、北上山地源頭部の閉伊川上流の黒沢川小流域の3つの小流域である。3小流域の水温の傾向はそれぞれ似通っており気温は変動は大きく、一方、水温は変動が小さい。本小流域では水温の季節変動は、春期変動期、夏期安定期、秋期変動期、冬期安定期の4つの期間に区分できる。また降雨、融雪は水温に影響を与えている。このように3つの小流域の水温傾向は似通っていたが、詳細に比較すると変動傾向に少し違いがあり、それは流域の地形特性に関係していると考えられる。

Summary

This study examined changes in water temperature in mountain streams. Water temperature data were collected in streams in three small valleys of the Kurosawa Valley. The upper reach of Heigawa Stream flows through the Kurosawa Valley, from its headwaters in the Kitakami Mountains. The water temperature in the three small valleys tended to be similar. Stream temperatures showed large changes, but differences in temperature among the valley sites tended to be small. The seasonal variation in water temperature could be classified into the following four periods: two periods of changing temperature in spring and autumn in response to changes in nearby sea temperatures and two periods of stable temperature in summer and winter, respectively. Rain and thaw also affected water temperature. These factors affected all three small valleys and thus the stream water temperatures tended to coincide. However, a detailed comparison showed a few differences in water temperature changes among the valleys that appear to be related to the geographical features of each valley.