

第4章

恵まれた水環境

水環境 ー河川と湖沼ー

温泉 ー豊かな湯量と高温の温泉ー

治水と利水

1 節 水環境 ―河川と湖沼―

大沼池

志賀高原は日本海側に面した山地斜面で日本海側の気候区に属し、冬期は多雪地域となり年間降水量は丸池で約1700mmに達します。地表に降った雨や雪は、火山噴出物におおわれた大地に浸透し、大量の水量が貯えられています。また、火山地形上には湖沼や湿原が多く、多くの水を保水しています。このため主要な河川の流量は春の雪どけの時期には多くなりますが、比較的年間を通じて安定して流れています。

エコパーク内には、大きく夜間瀬川水系の横湯川、角間川、樽川水系の白沢川、倉下川、雑

魚川水系の3水系があります。夜間瀬川水系の横湯川は、志賀高原赤石山から流下する赤石沢が大沼池に入り、この大沼池を源として流れ下ります。角間川は横手山山麓から流下します。両河川は星川橋の上流で合流して夜間瀬川となります。樽川水系の倉下川は五輪山北のアワラ湿原を源とし、白沢川は竜王山の北から流れ落合で倉下川に合流します。雑魚川水系は、高天ヶ原から流れる雑魚川に岩菅山山麓から流れるアライタ沢が合流し北流しています。

■夜間瀬川水系の水量

河川の水量に関する観測データは多くありません。夜間瀬川水系では公共用水域水質測定に関連して、測定地点の夜間瀬橋（夜間瀬川）と天川橋地点（横湯川）での流量データが長野県によって公表されています。この流量の測定は、水質調査に合わせて月一回行われているため、測定日以前の降雨量が強く影響しています。また、年度による差異もありますが、何年ものデータから月ごとのおよその傾向を読み取ることができます。

最新の2019年度（令和元年度）の月ごとの測定時の流量を下記の表に示します。過去5年間のデータを見ると、多くの場合上流の天川橋地点の方が流量が少



主要河川の水系図(山ノ内町誌, 1973)

ないですが、逆転している月もあります。これは測定の方法や中間地点での状況が反映していると考えられます。

過去における両測定地点の流量値を見ると、年度によって大きく異なっていることがわかります。通常月ごとの流量は大きい時で7 m³/sec、少ない時は1 m³/secと、大きな差が認められます。季節変化を見ると、春は2～5 m³/secと多く、冬は1～3 m³/secと少ない傾向が認められます。



夜間瀬川(夜間瀬橋)



横湯川(天川橋)

河川の水質監視

現在、長野県によって水質汚濁防止法の実施(1971年)による公共用水域水質常時監視が行われています。夜間瀬川水系では、夜間瀬橋(夜間瀬川)、天川橋(横湯川)、丸池(角間川)、琵琶池(横湯川・丸池)の4地点での水質測定結果が公表されています。ここでは2019年度(令和元年度)の夜間瀬橋と天川橋2地点での月ごとの河川水の水質結果を下記の表に示します。

統一地点番号	類型	調査年度	調査区分	整理番号	水域名					地点名					調査担当機関名		枚目/枚数
20-021-51	A口 生物Aイ	2019	0	23	夜間瀬川					天川橋（山ノ内町）					長野県		01 / 01
一般項目	採取月日				4/17	5/15	6/12	7/17	8/21	9/11	10/16	11/13	12/11	1/22	2/12	3/11	
	採取時刻				9:56	10:07	9:35	9:50	10:16	9:58	9:56	9:48	10:05	10:03	9:46	9:45	
	採取位置				流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	
	採取水深	(m)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	天候				晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	晴れ	快晴	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	
	流況				通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	
	臭気				無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
	色相				無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
	気温	(℃)			14.8	17.0	18.8	23.5	25.4	28.7	14.2	7.8	6.3	-1.9	2.0	7.3	
	水温	(℃)			10.8	13.9	15.3	19.2	22.1	24.4	12.6	8.9	7.7	4.6	5.3	7.1	
	流量	(m ³ /sec)			5.1	3.0	3.8	6.0	3.6	1.9	7.0	2.1	1.4	1.4	1.1	3.3	
	全水深	(m)			0.7	0.5	0.8	0.7	0.8	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	
	透明度	(m)															
生活環境項目	pH				7.2	6.8	7.3	7.6	7.1	7.5	7.3	7.5	7.0	7.0	6.9	7.2	
	DO	(mg/L)			10	10	9.6	8.7	8.4	8.6	10	10	10	12	11	11	
	BOD	(mg/L)			< 0.5	< 0.5	0.5	0.7	0.8	0.6	0.5	0.6	0.8	0.6	0.7	0.5	
	COD	(mg/L)			1.1	0.6	0.8	1.8	1.0	1.3	1.6	0.6	0.8	0.6	1.2	2.2	
	SS	(mg/L)			8	7	8	9	8	7	71	8	7	6	8	76	
	大腸菌群数	(MPN/100ml)			240	220	790	1700	3300	3300	1700	7900	3300	790	2200	4900	
	全窒素	(mg/L)															
	全磷	(mg/L)															

令和元年公共用水域水質測定結果 天川橋(長野県)

統一地点番号	類型	調査年度	調査区分	整理番号	水域名					地点名				調査担当機関名			枚目/枚数
20-021-01	A口 生物Aイ	2019	0	24	夜間瀬川					夜間瀬橋（山ノ内町）				長野県			01/01
一般項目	採取月日	4/17				5/15	6/12	7/17	8/21	9/11	10/16	11/13	12/11	1/22	2/12	3/11	
	採取時刻	9:30				9:42	9:12	9:23	9:33	9:30	9:33	9:16	9:44	9:36	9:23	9:28	
	採取位置	流心(中央)				流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	流心(中央)	
	採取水深	(m)	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	天候	晴れ				晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	晴れ	快晴	晴	晴れ	晴れ	曇り	
	流況	通常の状況				通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	
	臭気	無臭				無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
	色相	無色				無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
	気温	(℃)	16.5				20.6	19.7	24.0	26.6	28.5	16.5	8.1	3.5	-1.6	0.2	10.7
	水温	(℃)	11.8				15.4	17.1	20.3	23.1	25.0	14.6	10.1	7.5	3.4	3.7	8.8
	流量	(m ³ /sec)	4.1				5.3	5.5	12	2.1	1.2	3.7	5.7	3.0	2.5	1.5	3.2
	全水深	(m)	0.45				0.5	0.7	0.9	0.6	0.6	0.3	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4
	透明度	(m)															
	生活環境項目	pH	7.0				6.9	6.8	7.7	7.5	7.4	7.5	7.4	6.9	6.8	6.9	7.2
DO		(mg/L)	9.5				9.8	9.5	8.1	8.5	8.8	10	11	11	12	12	11
BOD		(mg/L)	0.6				0.5	1.3	1.2	1.2	1.1	0.8	1.2	1.2	1.5	0.8	0.7
COD		(mg/L)	1.2				1.1	1.5	2.4	2.9	1.6	1.4	0.8	1.0	3.2	1.1	2.5
SS		(mg/L)	6				4	5	8	39	5	25	3	3	21	4	31
大腸菌群数		(NPH/100ml)	330				700	2400	13000	49000	22000	11000	1700	11000	1300	1300	2400
全窒素		(mg/L)					0.32			0.74			0.51			0.64	
全磷	(mg/L)					0.027			0.092			0.018			0.058		

令和元年公共用水域水質測定結果 夜間瀬橋(長野県)

最も下流の夜間瀬橋では、毎月一回一般項目と生活環境項目について測定され、5・8・11・2月には健康項目が追加測定されています。天川橋地点では、一般項目と生活環境項目が測定されています。

夜間瀬橋（夜間瀬川）地点は、温泉街を流れてきた夜間瀬川に三沢川が合流する地点から500mほど下流にあたります。天川橋（横湯川）地点は、横湯川が地獄谷方面から流れてきて渋温泉の温泉街に入る手前にあたる地点です。

2019年度の水温は、9月天川橋で24.4℃、夜間瀬橋で25.0℃と最も高く、例年8月が最も高くなるのとは異なっていました。1月は天川橋で4.6℃、夜間瀬橋で3.4℃と最も低くなります。4月～11月、3月は、下流の夜間瀬橋が1～2℃天川橋より高くなりますが、12・1・2月は逆に天川橋の方が1℃ほど高くなります。このような傾向は過去の年度にも見られます。

BODとは生物化学的酸素要求量のことで、水中の有機物などの量を、微生物が酸化分解のために必要とする酸素の量で表したものです。天川橋では年間を通じて0.8mg/ℓ以下ですが、夜間瀬橋では0.5～1.5mg/ℓとなり、特に6月から1月にかけて高くなります。

大腸菌群数をみると、天川橋では年間220～7900MPN/100mℓの値を示しています。夜間瀬橋では年間330～49000MPN/100mℓの値を示し、とくに7月から10月には高い値を示します。また、4月から1月までは、下流の夜間瀬橋の値が大きく、天川橋と夜間瀬橋との間に生活排水等の汚濁源があることが考えられます。2月・3月は逆に天川橋の値が大きくなっています。

■ 50年前の河川の水質

志賀高原にスキーブームが訪れる50年以上前の1963年、1971年に、志賀高原周辺の58地点の河川水の水質測定が行われました。その結果は山ノ内町誌(1973)に詳しく公表されていま

す。水質分析された項目は、pH、Cl⁻（塩素イオン）、SO₄²⁻（硫酸イオン）、全硬度、Ca²⁺（カルシウムイオン）、Mg²⁺（マグネシウムイオン）、KMnO₄消費量（過マンガン酸カリウム消費量）などです。ここではそれらの測定結果をもとに水系ごとの特徴をまとめることにします。

夜間瀬川水系には、横湯川・角間川・三沢川などの水系がありあます。横湯川本流でのpHには、場所ごとに大きな変化があります。大沼池に流入する赤石沢川はpH3.0の強酸性河川で、大沼池ではpH4.2と少し上がり、金山沢合流部ではpH4.3、カップ沢合流部ではpH7.1の中性河川となり、河原小屋でpH7.2、地獄谷でpH7.1、地獄谷の下流では二ノ沢pH4.2の合流により再びpH6.7と少し下がっています。化学成分の上では、全硬度は大沼池で36.72ppm、地獄谷上流で66.4ppm、二ノ沢合流下流で85.74ppmと高い値となります。塩素イオンは大沼池で284ppmとたいへん少ないが、地獄谷の下流で34.59ppmと増加しています。過マンガン酸カリウム消費量は上流では12.7ppmと少ないが、下流ほど増加し、地獄谷の下流で44.87ppmと増加しています。全体的に、横湯川では地獄谷の上流と下流で大きな成分的な違いが認められ、地獄谷温泉の影響が大きいことがわかります。

角間川本流のpHは熊の湯上流でpH7.0、熊の湯付近でpH7.2、石の湯でpH7.3、幕岩でpH7.7 第2発電所でpH7.4、星川でpH7.2、と変化しています。角間川本流の塩素イオンは3.0～8.5ppm、過マンガン酸カリウム消費量は12～26ppmです。全硬度は11～73ppmと高いです。

いずれの値も途中における硯川温泉・石の湯温泉・岩倉沢などの温泉水の影響を受けていますがそれほど大きな変化は見られません。河川は流下の途中で支流と合流し、地表における有機物や陽イオン・陰イオンを取り入れpHを高めています。

樽川水系の樽川ではpH7.2、竜王山から流れる倉下川はpH7.0、白沢川ではpH7.2といずれ

も中性河川です。3河川とも上流部では、塩素イオンは1.9～2.5ppm、硫酸イオンは1.9～3.0ppm、カルシウムイオンは4～5ppm、マグネシウムイオンは1～1.5ppm、過マンガン酸カリウム消費量は13～16ppmといずれも少なく、全硬度は16～18ppmと高いです。

樽川・倉下川や白沢川の河川の化学成分は、全硬度を除き本邦河川の平均含有量より少なく、人為的汚染を受けていないが、下流に行くにつれて化学成分が増加しています。

雑魚川水系のpHはアライタ沢pH6.9、吉沢pH6.8、高天ヶ原の雑魚川源流pH7.0で中性河川です。塩素イオンは0.8～3.0ppm、硫酸イオンは3.8～12.5ppm、カルシウムイオンは2.5～6.7ppm、マグネシウムイオンは0.5～1.0ppm、過マンガン酸カリウム消費量は7～14ppmといずれも少なく、全硬度は12～20ppmと高いです。

全硬度を除き雑魚川水系の河川の化学成分は、日本の河川の平均含有量より少なく、ほとんど人為的汚染を受けない透明度の高い河川です。

■湖沼の水質

志賀高原の火山地形上には、数多くの湖沼が分布します。これらは成因によって、火口跡に湛水した湖沼、火山の溶岩流によって堰き止められてできた湖沼、火山噴出物がつくる地形の凹地にできた湖沼の3種類に分類できることを第2章で述べました。ここでは、これらの湖沼の水質について述べることにします。

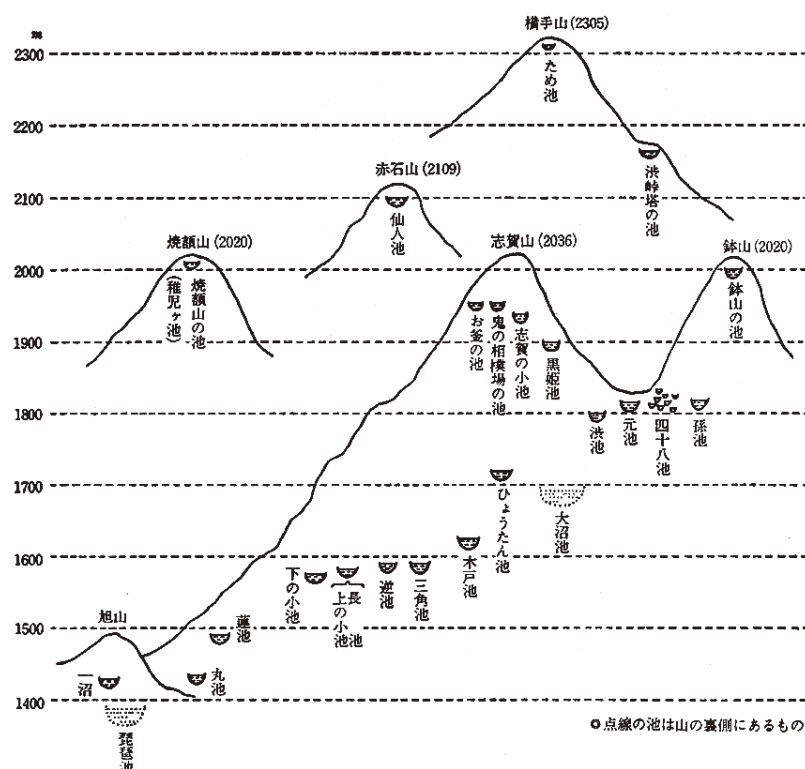
志賀高原の湖沼の水質についての研究の歴史は古く、明治40年代の田中阿歌磨博士の研究にはじまり、昭和時代には多くの研究者によって調査が実施されました。戦後には地元の小中高の先生方による継続的な研究が行われました。

■定期的な湖沼の水質測定

丸池と琵琶池の水質は、公共用水域水質常時監視の測定地点になっており、冬季を除く5月から12月、月一回の測定が行われています。最新の2019年度(令和元年度)の測定結果を表に示しました。この測定での測定項目としては、生

活環境項目、健康項目、要監視項目の一部、水生生物保全項目(環境基準・要監視)があります。なお、丸池は角間川からの水を取り入れ、琵琶池は横湯川と丸池の水を取り入れています。

丸池の生活環境項目では、丸池のpHは5月から12月の間にpH7.1～8.6の変化があり、BODは0.5～1.9mg/ℓの変化があり、9月が最も高くなっています。大腸菌群数は、8月から10月が多く、9・10月は3300MPN/100mℓを示しています。健康項目は5月、8月、11月の3回測定されており、多くの項目は報告下限値以下となっていますが、硝酸性窒素は



湖沼の標高分布図(山ノ内町誌, 1973)

統一地点番号	類型	調査年度	調査区分	整理番号	水域名					地点名		
20-507-01	A口 生物Aイ	2019	0	84	丸池（琵琶池を含む）					丸池流出部（山ノ内町）		
一般項目	採取月日			5/15	6/12	7/17	8/21	9/11	10/16	11/13	12/11	
	採取時刻			11:04	10:15	10:33	11:10	10:49	10:38	10:43	10:53	
	採取位置			上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	
	採取水深	(m)		0	0	0	0	0	0	0	0	
	天候			曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	晴れ	快晴	晴れ	
	流況			通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	
	臭気			無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
	色相			無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
	気温	(°C)		15.7	11.8	19.6	19.5	20.9	7.5	9.2	6.7	
	水温	(°C)		11.9	12.8	17.4	17.5	19.1	12.0	9.6	8.9	
生活環境項目	流量	(m³/sec)										
	全水深	(m)										
	透明度	(m)										
	pH			8.0	7.8	8.0	7.7	8.6	7.6	7.7	7.1	
	DO	(mg/L)		10	9.5	8.5	8.3	12	8.7	10	10	
	BOD	(mg/L)		0.8	0.7	< 0.5	0.8	1.9	< 0.5	0.6	0.9	
	COD	(mg/L)		1.4	0.9	0.9	1.6	1.8	1.2	< 0.5	1.0	
	SS	(mg/L)		3	2	1	4	3	4	1	2	
	大腸菌群数	(MPN/100ml)		110	220	790	2400	3300	3300	330	170	
	全窒素	(mg/L)		0.16	0.18	0.19	0.31	0.20	0.22	0.17	0.17	
	全磷	(mg/L)		0.025	0.038	0.052	0.054	0.050	0.035	0.042	0.050	

令和元年公共用水域水質測定結果 丸池（長野県）

統一地点番号	類型	調査年度	調査区分	整理番号	水域名					地点名		
20-508-01	A口 生物Aイ	2019	0	85	丸池（琵琶池を含む）					琵琶池流出部（山ノ内町）		
一般項目	採取月日			5/15	6/12	7/17	8/21	9/11	10/16	11/13	12/11	
	採取時刻			10:43	10:03	10:16	10:47	10:31	10:23	10:22	10:35	
	採取位置			上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	上層(表層)	
	採取水深	(m)		0	0	0	0	0	0	0	0	
	天候			曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	晴れ	快晴	晴れ	
	流況			通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	通常の状況	
	臭気			無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
	色相			無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
	気温	(°C)		15.9	12.7	21.7	22.0	23.4	10.4	8.1	7.0	
	水温	(°C)		11.2	14.4	18.8	21.6	21.3	13.1	8.7	5.8	
生活環境項目	流量	(m³/sec)										
	全水深	(m)										
	透明度	(m)										
	pH			8.8	8.3	8.8	8.5	8.9	7.4	7.5	7.2	
	DO	(mg/L)		12	10	10	9.2	10	8.7	10	10	
	BOD	(mg/L)		1.4	1.6	2.5	1.9	3.0	1.2	0.8	1.4	
	COD	(mg/L)		2.1	1.5	2.5	1.6	3.4	2.0	0.7	1.0	
	SS	(mg/L)		3	4	3	2	8	3	1	1	
	大腸菌群数	(MPN/100ml)		23	480	170	480	280	790	33	7	
	全窒素	(mg/L)		0.20	0.17	0.33	0.20	0.36	0.19	0.18	0.15	
	全磷	(mg/L)		0.015	0.023	0.038	0.035	0.061	0.036	0.015	0.020	

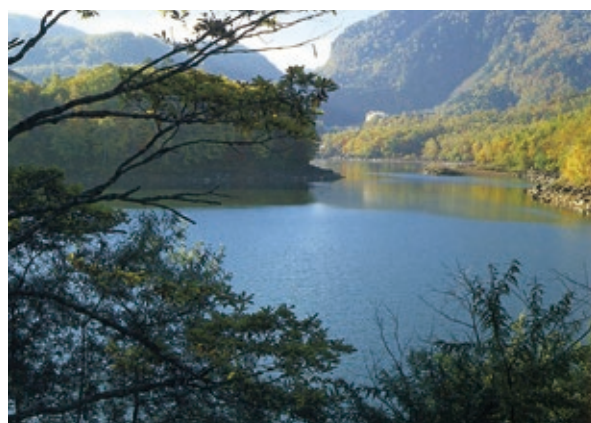
令和元年公共用水域水質測定結果 琵琶池（長野県）



丸池

0.02～0.18mg/ℓ、ほう素は0.17～0.42mg/ℓの値が測定されています。

琵琶池の生活環境項目では、pHは5月から12月の間にpH7.2～8.9の変化があり、BODは1.2～3.0mg/ℓの変化があり、9月が最も高



琵琶池

くなっています。大腸菌群数は8月から10月が多く、10月は790MPN/100mℓを示しています。健康項目は5月、8月、11月の3回測定されており、多くの項目は報告下限値以下となっていますが、硝酸性窒素は0.02～0.18

mg/ℓ、ほう素は0.10～0.28mg/ℓの値が測定されています。

■ 50年前の湖沼の水質

志賀草津高原ルートが開通（1965年）する50年以上前の1962～1963年に水質測定された28地点の湖沼の結果が、山ノ内町誌（1973）に詳しく公表されています。ここではこれらの測定結果をまとめることにします。



四十八池



焼額山頂の稚児池



渡池

志賀高原には、20を超える大小の湖沼が分布しています。これらを湖沼水の化学成分で分類すると、高層湿原湖沼（腐植酸性型）、無機強酸性湖、流入河川の影響を受ける湖との3種類になります。

高層湿原湖沼（腐植酸性型）は、火山地形上に分布する多くの湖沼が相当し、高層湿原を伴うものがあります。このタイプの湖沼は、湖沼の規模は小さく、周りを原生林におおわれています。高層湿原の中には四十八池のように小さな池（池塘）がたくさん分布するところもあります。池の水は腐植酸を含み、pH4.2～4.8の範囲に入る弱酸性水です。湖沼の水の色には、透明なものと褐色の濃いものがあります。また、アンモニウムイオンの存在する湖沼の水の色は、淡褐色か茶褐色を示し、過マンガン酸カリウム消費量が多くなっています。

無機強酸性湖には大沼池が相当し、大沼池には東の赤石山から赤石沢川が流入しています。この赤石沢川の上流には白色～黄褐色の熱水変



大沼池と赤石沢(右上)



大沼池の色

質した大きな崖が露出します。この変質した岩石は閃緑岩類ですが、源岩の組織がわからないほど変質したくさんの黄鉄鉱が晶出しています。黄鉄鉱は水や空気と反応して酸性水を発生させます。この酸性水が赤石沢川に集まり pH3.0の河川水となり大沼池に流入するため、大沼池の pH は4.1～4.2となっています。この湖の pH は、1926年(田中阿歌磨)の記録では pH2.8、1931年(吉村信吉)の記録では pH3.7と次第に数値が上がってきていることがわかります。

流入河川の影響を受ける湖には、丸池、琵琶池、木戸池が相当します。丸池は、水深15mほどの丸型をした池で溶岩の凹地に湛水したもので、水量を増加させるために幕岩下流の角間川から引水しています。琵琶池には、横湯川の臼ヶ淵より引水すると同時に丸池からも取り入れ、江戸時代の末から改修工事が行われていました。

丸池の pH8.0は、引水している角間川 pH7.7と似ています。丸池の塩素イオンが13.16mg/

ℓと他の湖沼より高いのは、角間川が14.59 mg/ℓを示していることからもうなずけます。琵琶池の pH8.2は、横湯川と丸池の影響を受けています。琵琶池の塩素イオンも丸池の影響を受け、横湯川より高い10.85mg/ℓを示し、過マンガン酸カリウム消費量は51.9mg/ℓで、流入河川の横湯川36.02mg/ℓや丸池15.93mg/ℓと比較して高い値を示しています。

なお、蓮池は過マンガン酸カリウム消費量が51.19mg/ℓ、アンモニア0.2mg/ℓが測定され、当時から汚染が進んだ湖沼とされていました。



蓮池

2節 温泉 ―豊かな湯量と高温の温泉―

地獄谷の大噴泉

中世より草津街道の往来によって栄えてきたのが湯田中・渋・角間温泉です。志賀高原では江戸時代の1842年（天保13年）に発哺温泉、1849年（嘉永2年）に熊の湯温泉が発見されました。志賀高原の木戸池温泉、石の湯温泉、平床温泉、硯川温泉、志賀山温泉などは、昭和時代に掘削によって開発された温泉です。

湯田中を中心とする温泉は、いずれも手掘自然湧出の状態で利用されてきた温泉ですが、1953年ころより掘削による開発がはじまりました。1954年の夜間瀬川右岸の河原での掘削では、沸騰点の温泉水が得られ、これ以降この河原には数多くの掘削源泉が増加し、いずれも沸騰点の温度をもつ温泉水が沸騰しました。この時の沸騰高は、20mを越えたといえます。このような掘削源泉の増加とともに、手掘自然湧出泉はしだいに衰退していきました。



星川温泉の大噴泉

現在山ノ内町には、夜間瀬川の両岸に湯田中、新湯田中、星川、穂波、横湯川沿いに安代、渋、上林、地獄谷、角間川沿いに角間温泉の9つの温泉街が発達しています。さらに上流の志賀高原には発哺、志賀山（河原小屋）、木戸池、石の



湯田中温泉街



渋温泉街

湯、ほたる、硯川、熊の湯、高天ヶ原、幕岩などの温泉があります。北志賀高原には、よませ、高井富士の温泉があります。

温泉が誕生するには、高温の熱源と地下水の供給が必要です。どちらが欠けても温泉は生まれません。山ノ内町の地下には、新生代中新世末（約700万年前）に形成された閃緑岩類の岩体が広く分布し、大地の基盤をつくっています。これらの岩体の一部には地下深所から今でも熱が供給され、地表近くでも100℃以上の高温を保っています。この高熱岩体に地下水が接触することによって温泉水が形成されます。

山ノ内町の温泉は、夜間瀬川、横湯川や角間川に沿った場所に位置しています。また、高温の温泉が多いこと、自噴泉が多いこと、湧出量が多いことなどは、地下に高温の熱源の存在を示唆し、これらは温泉誕生の条件を十分に満たし、豊富な温泉資源をもっていることになります。

■温泉の分布と湧出量

山ノ内町の温泉源泉は河川沿いに分布しています。横湯川と角間川が合流して夜間瀬川となり、この右岸側に星川・湯河原・湯田中、左岸側に穂波の各温泉源泉が分布します。上流側の横湯川の右岸に沿って安代・渋の源泉、角間川



山ノ内温泉群の主要な温泉地と源泉(赤羽ほか, 1992)

	山ノ内 (1981)	上諏訪 (1971)	戸倉・上山田 (1975)	浅間・美ヶ原 (1979)	下諏訪 (1980)
湧出量ℓ/min	10522.3	9150	11200	2894	2168
源泉数	135	320	73	21	22
自噴泉数	58	0	0	0	2

長野県の温泉比較(長野県衛生部, 1985)

の左岸に角間温泉源泉が分布します。なお、横湯川上流の荒井河原や地獄谷の源泉は、横湯川の河原の中に分布しています。志賀高原でも角間川沿いには、石の湯・ほたる・硯川・熊の湯などの源泉が分布し、横湯川沿いには、志賀山(河原小屋)温泉の源泉が分布します。これまでの源泉数は200近くになりますが、現在利用されているのは150くらいで、源泉の分布はとくに星川、渋、荒井河原、地獄谷に集中しています。源泉数は、長野県下では上諏訪温泉に次いで多くなっています。

山ノ内町全体の温泉総湧出量は、年度によって多少異なっていますが約11000～12000ℓ/minの湧出量が報告されています。表(長野県衛生部、1985)は、長野県下の主要な温泉の比較です。表中の山ノ内(1981)は、志賀高原、北志賀高原を含まないデータです。志賀高原などを加えた湧出量は、戸倉・上山田温泉と並び長野県下では最大となります。山ノ内町の中では、星



発哺温泉(中腹)と志賀山温泉(左下)

川・渋・穂波・地獄谷・ほたる・熊の湯が1000ℓ/min以上の湧出量を示し、なかでも地獄谷温泉は約4000ℓ/minと最大の湧出量を誇っています。なお、志賀高原の総湧出量は2500ℓ/minほどです。

約150の源泉は自噴泉と動力揚湯泉とに区別されますが、ほぼ半数が自噴泉です。自噴泉とは地下から自然に湧出している温泉です。山ノ内町の温泉に自噴泉の数が多く湧出量が大きいの、この地域の温泉の大きな特徴で、地下水の供給量が多く熱源の温度が高いことを物語っています。特異な温泉として発哺温泉があり、ここでは西館山の南斜面から噴出する噴気を水に通して温泉として利用しています。

■温泉の泉温

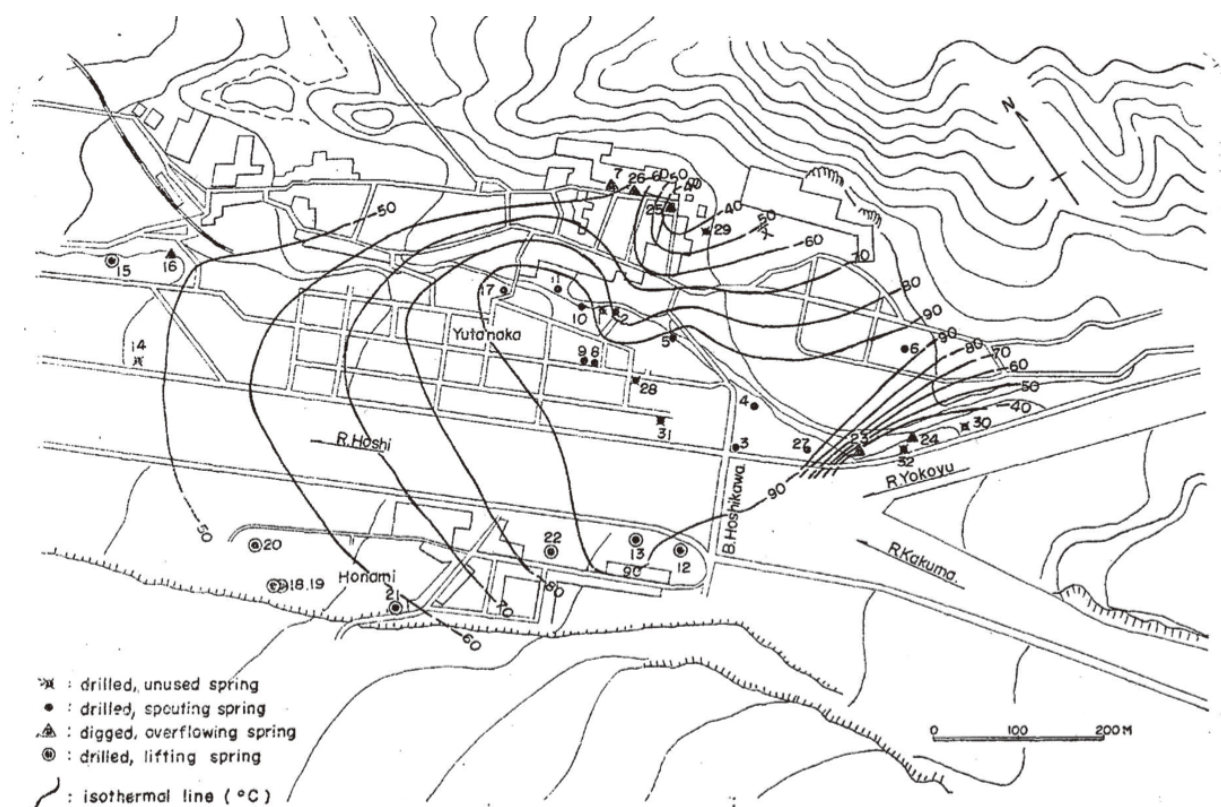
96℃以上ではほぼ沸騰点に達している源泉は、地獄谷・渋・安代・星川に分布し、地獄谷を除けばいずれも掘削沸騰泉です。掘削動力揚湯泉は、掘削沸騰泉に較べて低温で47～95℃の温度範囲に入ります。かつて多かった手掘自然湧出泉は40～70℃でしたが、掘削源泉の増加に伴って泉温が低下しました。

温泉水が42℃以上の温泉を高温泉と呼んでいます。山ノ内町の温泉の90%が高温泉で、50℃以上の源泉が多く見られます。

星川温泉の大噴泉周辺の温泉は、いずれも90℃以上の泉温をもち高温の温泉群となっている

	温 泉 地	代表的源泉名	採水年月日	湧 出 量 (ℓ/min)	温度 (℃)	pH	化 学 組					成 分 (mg / ℓ)					泉質分類	文 献 (ページ)	湧 出 母 岩
							Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	SiO ₂	TSM				
山ノ内	熊ノ湯	Kumanoyu	熊ノ湯	1969. 9. 10	758*	65.0	7.8	83	4.096	2.551	215.7	31.58	388.6	281.3	88.17	1204	Ca・SO ₄ ・HCO ₃	1 (p.500)	閃緑斑岩・石英閃緑岩
	木戸池	Kidoike	木戸池1号	1954.11.15	884*	42.3	7.2	57.62	15.94	36.95	62.42	26.27	40.09	439.3	126.6	871.1	単純温泉 (Ca・Mg・HCO ₃)	1 (p.499)	〃
	地獄谷	Jigokudani	野天風呂	1958. 3. 29	3385	76	7.9	339.3	4.921	27.49	73.02	417.9	350.1	57.36	130.6	1482	Na・Cl・SO ₄	1 (p.501)	〃
	上林	Kambayashi	地獄谷から引湯		59米*	65											Na・Cl	3 (p.34)	〃
	香野	Kutsuno	金貝屋	1959. 6. 14	91*	97.0	8.2	342	35	1.4	110	489	332				Na・Cl・SO ₄	3 (p.18)	〃
	渋	Shibu	かじか泉		1507*	97.4	7.4	568.9	0.859	2.039	87.92	806.7	250.9	91.50	129.9	2005	Na・Cl	1 (p.501)	〃
	安代	Andai	島崎	1969.12.25	1129*	97.3	8.3	471.4	15.98	1.603	57.55	647.6	206.5	46.44	136.8	1749	Na・Cl	1 (p.510)	〃
	角間	Kakuma	薬師の湯	1972. 3. 10	690*	81	7.0	391.5	43.95	2.227	72.16	567.1	235.7	61.62	131.7	1548	Na・Cl	1 (p.517)	〃
	湯田中	Yudanaka	よろづや旅館		111*	97.5	8.2	430.1	179.2	0.184	68.21	842.4	93.1	47.04	175.1	2056	Na・Cl		〃
	新湯田中	Shinyudanaka	1号	1973.10. 6	84.5	8.2	305.7	32.56	0.536	76.08	357.9	305.2	55.61	99.47	1399	Na・Cl・SO ₄	1 (p.513)	〃	
群	星川	Hoshikawa			1421*	98											Na・Cl	3 (p.42)	〃
	穂波	Honami	古藩1	1963. 1. 30	1368*	94.5	7.1	513.0	59.20	9.360	69.59	808.0	156.1	115.0	148.0	1980	Na・Cl	1 (p.520)	〃
			湯本	1963. 8. 5	76.5	7.9	441.1	41.17	8.828	79.84	735.7	180.0	50.94	96.16	1690	Na・Cl	1 (p.522)	〃	
	戸狩	Togari	穂波より引湯		210米*	48.5											単純温泉	2 (p.38)	〃
	上条	Kamijo	2号	1959. 6. 11	284*	98.0	8.2	440	46	4.9	76.8	631	283				Na・Cl	3 (p.18)	〃
湯ノ入	Yunoiri			1987.12. 4	160*	32.5	7.9	103.4	9.4	3.7	11.7	80.9	2.8	192.0		474	単純温泉 (Na・HCO ₃ ・Cl)	4	大川層(泥岩・炭灰岩互層)
	蔵	Warabi		1988. 1. 6	250米*	46.5	7.5	595.4	45.0	3.1	685.5	1384	1008	54.0		3897	Ca・Na・Cl・SO ₄	5	閃緑斑岩・石英閃緑岩
	小布施	Obuse		1989. 6. 20	390米*	40.8	8.8	189.8	5.6	0.4	262.5	325.4	566.2	3.9		1372	Ca・Na・SO ₄ ・Cl	6	

温泉一覧表(赤羽ほか、1992)



湯田中・星川・穂波地区の温泉と泉温の分布(佐藤, 1966)

ます。この辺りでの掘削時における掘削深度と孔底温度との関係を見ると、20m くらいの深度でほとんど沸騰点に近づくことがわかっています。

湯田中温泉では、東小学校から大湯にかけて地温が30℃以上の高温帯が分布しています。

地獄谷の河原には、直径数cmの孔隙からゴーゴーと音をたて熱湯や水蒸気を噴き上げている噴泉があり、1927年(昭和2年)「渋の地獄谷噴泉」として国の天然記念物に指定されています。この噴泉の泉温は、99℃、pH8.2、毎分の湧出量は27～30ℓです。



渋の地獄谷噴泉

■温泉の泉質

山ノ内町の温泉の泉質には、単純泉(湯田中・木戸池・熊の湯・発哺・渋・安代・穂波)、単純硫化水素泉(発哺・熊の湯・湯田中)、弱食塩泉(湯田中・新湯田中・穂波・安代・渋・沓野・地獄谷・志賀山)、含石膏食塩泉(渋・上林・穂波・志賀山・角間)、含重曹弱食塩泉(角間温泉)、含石膏土類硫化水素泉(熊の湯)、硫黄泉(湯田中)など多様な泉質の源泉があり、これらが同一地区内の源泉ごとで異なっている状態にあります。

泉質は表に示すように、Na、Clを主成分とし、これにCa、SO₄が続きます。その溶存物質総量(TSM)は、1000～2000mg/ℓで、泉質はNaCl型もしくはNaCl・SO₄型です。

温泉水は外観ではほとんど無色透明ですが、渋温泉は微黄白色、木戸池・発哺温泉は微白濁、熊の湯は白濁浮遊物がわずかに見られます。熊の湯や発哺温泉には硫化水素臭があります。pHは発哺や志賀山温泉を除いて大部分がアルカリ性です。

■湧出機構

星川・穂波地区の泉温分布図をみると、現河川の流れと同様な地下水あるいは温泉水の流れが存在するようです。また、この地区の地下地質からも、現河川方向の地下水の流れが推定されます。泉温の分布も河川の下流ほど低くなります。

また、星川や穂波地区から得られた井戸水や河川水の化学成分と、手掘自噴泉や掘削動力湯泉の成分がよく似ていることは、温泉水が地下水の加熱、あるいは高温泉水に地下水が多量に混入していることを示唆しています。

山ノ内町の温泉の特徴として、湧出量が大きく自噴泉が多いこと、泉温が高いことがあります。このことは地下の熱源母岩からの熱の供給が大きいだけでなく、熱源への地下水の供給が大きいことを示し、角間川と横湯川の河川水が地下に十分供給され被圧地下水層を形成しているためと推定されます。泉温が高いのは、熱源母岩が比較的浅所で100℃以上の高温を保っているためです。これらのことから、地下深部から上昇するNa、K、Cl、HBO₂、F、H₂Sなどを多含する熱水に、これらの含有量が少ない地下水が混合して各源泉の温泉水が形成されていると考えられます。



ほたる温泉 平床大噴泉

■温泉の活用

山ノ内町は、この自然の恵みである温泉資源

を有効利用するエコのまちづくりをめざして、温泉熱利用プロジェクトを重点プロジェクトのひとつに掲げています。この中では、温泉熱利用設備(発電・熱交換等)の導入、温泉や排湯の余剰熱を発電や熱交換・ヒートポンプ(施設の給湯・冷暖房)、ロードヒーティングなどに有効利用を図る取り組みを拡大・推進していこうとしています。(赤羽貞幸)

参考文献

1. 赤羽貞幸・加藤碩一・富樫茂子・金原啓司(1992) 中野地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 106p.
2. 長野県衛生部(1985) 温泉保護調査事業報告書—山内温泉郷の温泉地質調査—, 58 p.
3. 長野県環境部水大気環境課(2019) 公共用水域水質常時監視等. 河川・湖沼等の水質測定結果/長野県(nagano.lg.jp)
4. 佐藤幸二(1966) 長野県湯田中温泉—沸騰泉の一例として—. 地質学雑誌, vol.72, no.10, 455-467.
5. 山ノ内町誌刊行会編(1973) 山ノ内町誌, 1416p.

3節 治水と利水

剣沢ダム

■山ノ内町の河川

山ノ内町は周りを山地に囲まれ、山林原野が88%（うち7割余が志賀高原）を占め、集落は河岸段丘や扇状地状の緩やかな傾斜地に発達しています。

山間地には3mから5mの積雪があり、やがて融け出し次の3つの水系となって流れ下っています。一つは奥志賀高原を新潟県へと流れ下る雑魚川水系、二つ目は須賀川の倉下川と白沢川が合流して木島平村に流れ下る樽川水系、さらに横湯川と志賀高原の水系から合流していく角間川が湯田中で合流する夜間瀬川水系です。その他に、裏岩菅山、赤石岳、大高山にはさまれた一帯の水を集めて流れ出る魚野川があります。魚野川は雑魚川と切明で合流します。

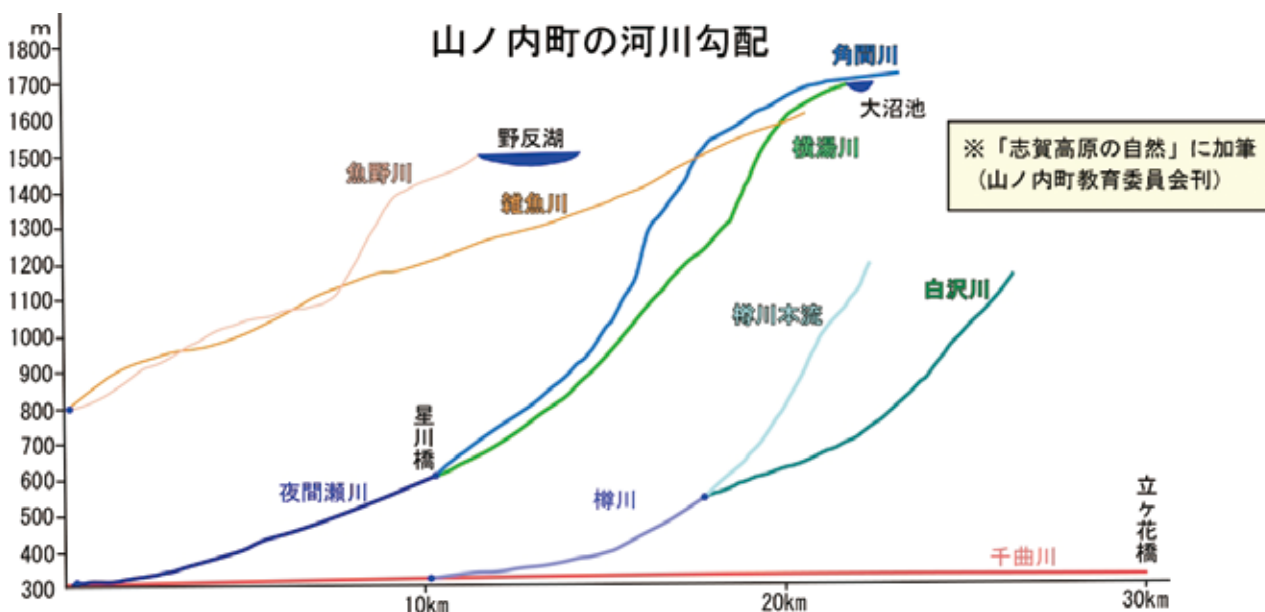
山ノ内町の河川勾配図をみると、南の水系の角間川や横湯川は、最上流では緩やかに流れる

が、その後急傾斜で流下し深い谷をつくり、星川橋で合流して夜間瀬川となります。北の雑魚川や魚野川は南の水系に比べ、比較的緩やかに流れます。

とりわけ急流の横湯川と角間川が合流する夜間瀬川は志賀高原から多量の土砂を流出させ、流出した土砂による河床の上昇によって氾濫を繰り返してきました。土砂流出を防止するとともに氾濫する河川を安定させる砂防が不可欠でした。

■治水と防災

普段はおとなしい夜間瀬川もいったん豪雨に見舞われると水量が豊富で河川勾配が急ということから、大量の水が土や石を取り込み土石流のように流れ下るので、たびたび災害を起こしました。



志賀高原の河川勾配

1950年（昭和25年）
8月4日から5日にかけて熱帯低気圧が上信
県境を北上し、志賀高
原では126mm/日を
観測するほどの集中豪
雨となりました。この
豪雨で8月5日午後9
時20分に角間川の堤



決壊地に建てられている
決壊跡地の碑

防が決壊し、穂波温泉地区は甚大な被害に遭いま
した。2019年（令和元年）の19号台風の夜間
瀬川の増水では、この時の経験から穂波温泉の
住民はほとんど避難しました。



穂波温泉の被害状況（穂波温泉区誌より）



決壊地を上流から望む

このように夜間瀬川は『暴れ川』として古く
から治水対策が行われてきました。横湯川と角
間川が合流する島崎地籍には東屋が建てられ
おり、そこに「夜間瀬川流域の概要」・「夜間瀬川
砂防の特徴」、「夜間瀬川の砂防史」と題したパ
ネルにより砂防について説明されています。

さらに島崎の合流地の突端部には、夜間瀬川



島崎にある東屋



夜間瀬川の砂防史



赤木・宮崎・山本氏の顕彰碑

の防災対策に尽力した農学博士赤木正雄、元平
穩村長宮崎通知、元穂波村長山本保の三氏を頌
徳する碑が建てられています。

碑文には次のように綴られています。

農学博士 赤木正雄
元 平穩村長 宮崎通知
元 穂波村長 山本 保

志賀高原を水源とする横湯川角間川は山岳地
特有の洪水による土石の流出^{おびただ}しく下流夜間瀬
川沿岸星川、穂波地区の災害は累年増大し人命
財産の流亡にふるさとを離れるものも出るに
至った

当時の理事者元平穩村長宮崎通知 元穂波村
村長山本 保は民愛郷の熱意をもって国県当局
に懇請し完全なる防災施設の実現に挺身せられ
これに応えて元内務省 勅任技師赤木正雄博士
は卓越せる砂防技術と深遠なる配慮をもって防
災対策を計画し今日この^{ぼうだい}龐大なる砂防工事完成
の域に達した 昔日の荒河原は化して一千世帯
住民の安住する理想の観光地に発展しつつある
ことは此の地への愛情と治水砂防への熱情の結
晶に外ならず茲に山ノ内町は議会を中心とし住
民の感激をこめ三氏の頌徳碑を建立して感謝の
意を表する所以である

昭和三十六年四月 長野県知事 西沢権一郎

赤木博士の行った砂
防工事は星川橋より下
流域であり、その工法
は通称「赤木砂防」と
いわれるものでした。



赤木正雄博士

出水時には水の勢い
が一カ所に集中して堤
防を突き破って災害を起こすが、そのことをな
くするために川幅を一定にするなどして水勢をお
さえるという多年にわたる築堤研究を当てはめ
たものであったとされています。

■夜間瀬川砂防の特徴

1904年（明治37年）長野県は地獄谷の上流に
堰堤を造り、水が一気に流れ下るのを食い止め
ようとしていました。しかし、1907年（明治40年）
8月の大洪水によりすべて流されてしまいました。
県は県だけでは継続できないとして工事を
中止してしまいました。しかし、住民達は何度
も長野県に請願し、その結果、「国の事業」と
して1918年から1924年（大正7年から昭和4年）
まで横湯川・角間川の堤防工事が行われました。
その後1932年（昭和7年）からは再び県が工事
を引き継ぎ、現在までに34基の砂防えん堤が
完成し、土砂流出を防止しています。



夜間瀬川1号堰堤 昭和8年 農振土木事業 横湯川・
角間川合流地点



昭和8年頃の築堤工事の様子

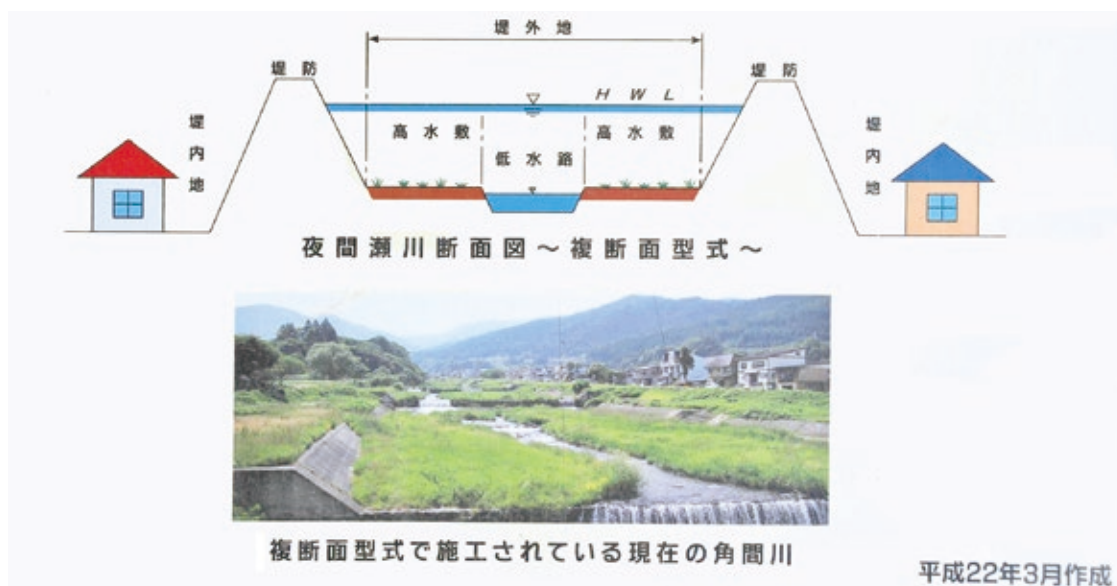


横湯川安代堰堤 昭和12年度通常砂防事業（黒川橋が見える）

■流路工模型実験

夜間瀬川の1958、1959年（昭和33・34年）の
洪水は、流路工へ土砂がたまり流れがかたよっ
たため、床固工の端部で堤防を乗り越え大災害
となりました。

この災害を復旧するにあたり、1963、1964
年（昭和38・39年）に流路工模型実験を行いま



複断面型式で施工されている現在の角間川

した。実験では、千曲川水系産の砂を使った、実物の1/100の大きさの川の模型を用い、流路の形を数種類設定して水を流して、どのような形なら、洪水を防げるかを検証しました。

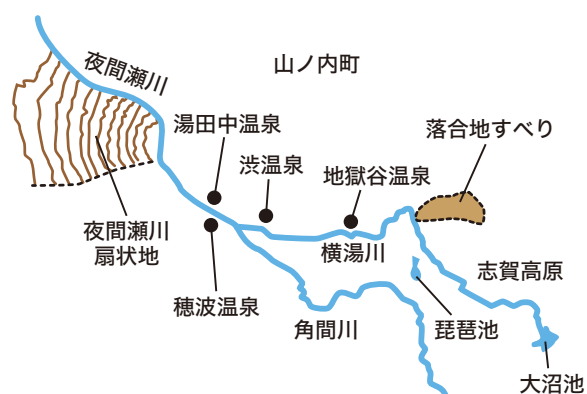
また、洪水が蛇行して護岸に激しくぶつかる状況が確認されたので、流れが蛇行する原因である水路の浅さを解消するため、水路を掘り下げて十分な断面を確保できる形式の流路を採用する必要があることが明らかになりました。そこで、通常の水は低水路を、それ以上の洪水は高水敷も利用して流す特長を持つ「複断面形式」に改良されました。

1965年から1990年（昭和40年～平成2年）にかけて流路を複断面にする工事が行われるとともに、上流の土砂流出を抑制するための工事も進められました。

1991年（平成3年）からは流路工区間で砂防環境整備事業に着手し、歴史的に価値のある砂防施設の保存と環境との調和、流域住民の憩いの場の創設を目的に、魚道の設置や高水敷の整備も行われました。

現在も、下流域で床固工の間隔を広くするなど自然環境や生態系にも配慮した流路整備が進められています。これらの砂防事業によって夜間瀬川の災害は減少し、今日の湯田中洪温泉郷の発展につながっています。

■落合地すべり



標高2000m前後の志賀高原に源流を持つ横湯川と角間川は星川温泉付近で合流し夜間瀬川となります。横湯川の上流右岸には、長さおよそ5km、幅2kmに及ぶ大規模な地すべり（落合地すべり地）が存在しています。基盤の緑色凝灰岩などが熱水・温泉変質により粘土化していたり、かつて形成されたせき止め湖の湖沼性堆積物が分布しています。そのため、1950年（昭和25年）のような甚大な土砂・洪水災害がしばしば起きてきました。そのため崩壊土壌の流出を防ぐ砂防ダムの建設など砂防事業が度々行われてきました。

1991年（平成3年）に地すべり防止区域に指定され、集水井戸や排水トンネル工事が実施され、地すべり変動が抑制されてきました。計器

の設置もなされ変動を把握し、崩壊土壌の下流への流下防止が取り組まれています。



落合ダム

■水力発電

志賀高原を水源とする河川の豊富な水量は水力発電に利用されています。

樽川水系では神津藤平氏が樽川に合流する白沢川に自身の経営する河東電鉄（現在の長野電鉄）の電車で電力を供給するため、第一・第二藤平発電所を建設しました。1926年（大正15年）1月に運用が開始されました。現在は、中部電力に移譲されています。



藤平第二発電所（奥に送水管が見える）

夜間瀬川水系では志賀高原の角間川から送水管で琵琶池や丸池に引水し、中部電力平穏第一・第二・第三発電所の三つの発電所が稼働しています。第一発電所で放水した水を第二で、

第二で放水した水を第三発電所で取水して発電しています。第一発電所はサージタンク（調整池）を有し、出力10800kwです。岡鹿之助画伯による絵画「雪の発電所」のモデルとなった発電所です。第二、第三発電所の出力は5300kw、600kwです。（山本岩雄）



サージタンク（水無池入り口近く）



平穏第一発電所（志賀高原十二沢）

参考文献

1. 山ノ内町誌刊行会(1973)山ノ内町誌
2. 穂波温泉区誌編集局(1991)穂波温泉区誌
3. 夜間瀬かんがい排水事業組合・山ノ内町（2015）
横倉堰・須賀川堰