

6. 地下水位

6.1 地下水位の課題と原因

発電取水による流量の減少のため、十日町市の地下水位が低下し、水道取水に影響を及ぼしているのではないかと懸念されている。

十日町市の水道水源のうち、深井戸の水は信濃川の河川水とは明らかにイオンバランスが異なっており、信濃川の水とは関係がないと考えられる。一方浅井戸の水は、冬季に信濃川の河川水とやや似たイオンバランスを示しており、冬季における信濃川の河川水との関連が示唆されたため、浅井戸の地下水位低下と信濃川の河川水との関連を検討した。

十日町市の水道水源浅井戸の地下水位は、毎年冬季に低下し、春季に回復するという傾向が認められる。浅井戸からの水道用水取水が困難となるのは、冬季だけであるが、水道用水源浅井戸の冬季の水位低下は、十日町市内の消雪用水くみ上げに伴う地下水位低下に起因するものであると考えられる。

したがって、発電取水による流量の減少が十日町市の地下水位を低下させているとはいえ、水道用水の取水に影響を及ぼしているともいえない。

(解説)

(1) 水源井戸水位の現状

十日町市では、表 6.1-1に示す水源井戸を用いて地下水を取水し、水道水源としている。これらの井戸のうち、第 1 水源地、第 4 水源地、第 5 水源地、第 8 水源地の4箇所の水源地には、深さ 15m 以下の浅井戸がある。浅井戸を用いている水源地の位置を図 6.1-1に示す。4つの浅井戸はいずれも信濃川から200m 以内の距離にある。

表 6.1-1 水源井戸の概要

水源地	区分	深さ(m)
第 1 水源地	深井戸	120
	浅井戸	12.8
第 3 水源地	深井戸	53
第 4 水源地	深井戸	60
	浅井戸	8
第 5 水源地	深井戸	120
	浅井戸	10.6
第 6 水源地	深井戸	250
第 7 水源地	深井戸	55
第 8 水源地	浅井戸	14
第 9 水源地	深井戸	200
第 10 水源地	深井戸	200
第 11 水源地	深井戸	250



図 6.1-1 水源用浅井戸の位置

信濃川の水と井戸水の類似性を検討するため、それぞれの水中に含まれるイオンの分析を行い、その傾向から類似性の検討を行った。

調査時期、調査対象井戸等は表 6.1-2に示すとおりである。

表 6.1-2 井戸調査の概要

調査日	調査対象井戸	
	河川水	井戸水
平成 11 年 8 月 31 日	信濃川河川水	[深層地下水]
平成 12 年 2 月 8 日	川治川河川水	第 1 水源地深井戸
平成 12 年 5 月 19 日	信濃川河道内湧水	第 5 水源地深井戸
		川治観測井戸
		[浅層地下水]
		第 8 水源地浅井戸
		屠畜場浅井戸
		(第 5 水源地に隣接)
		民間井戸

調査の結果は図 6.1-2、図 6.1-3に示すとおりであり、以下のように解釈された。

- ① 深井戸の水は、河川水とはイオンバランスの傾向が異なり、異なる起源を持つものと考えられる
- ② 信濃川近傍の浅井戸は、信濃川の河川水よりむしろ川治川の河川水や信濃川河道内湧水と似たイオンバランスを示す。ただし冬季については、浅井戸は信濃川河川水とやや似たイオンバランスを示す傾向がみられた。

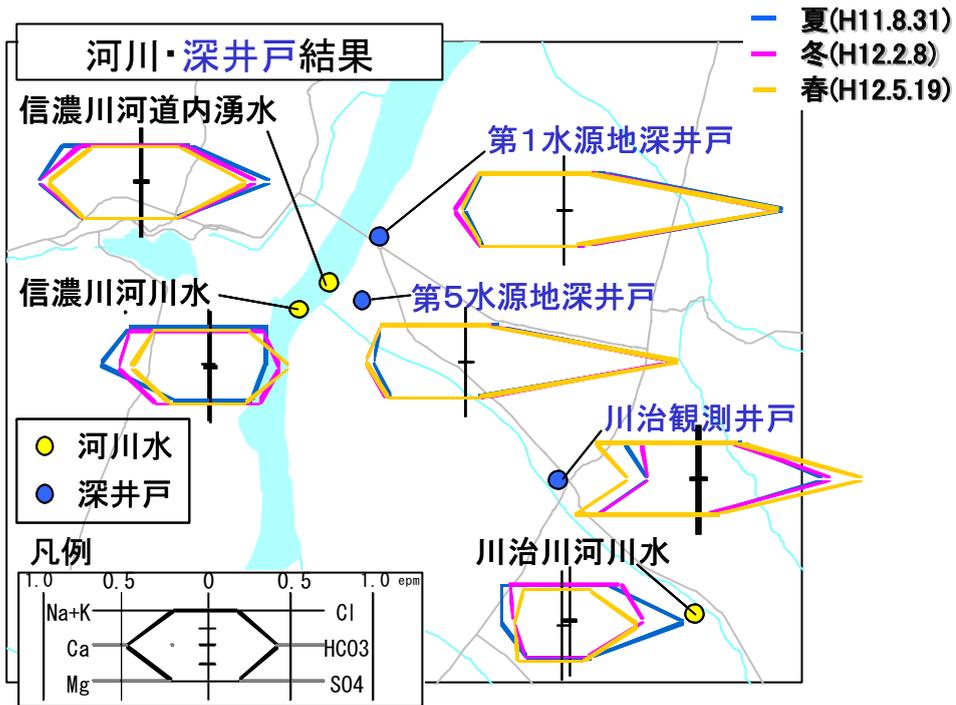


図 6.1-2 深井戸のイオン分析結果

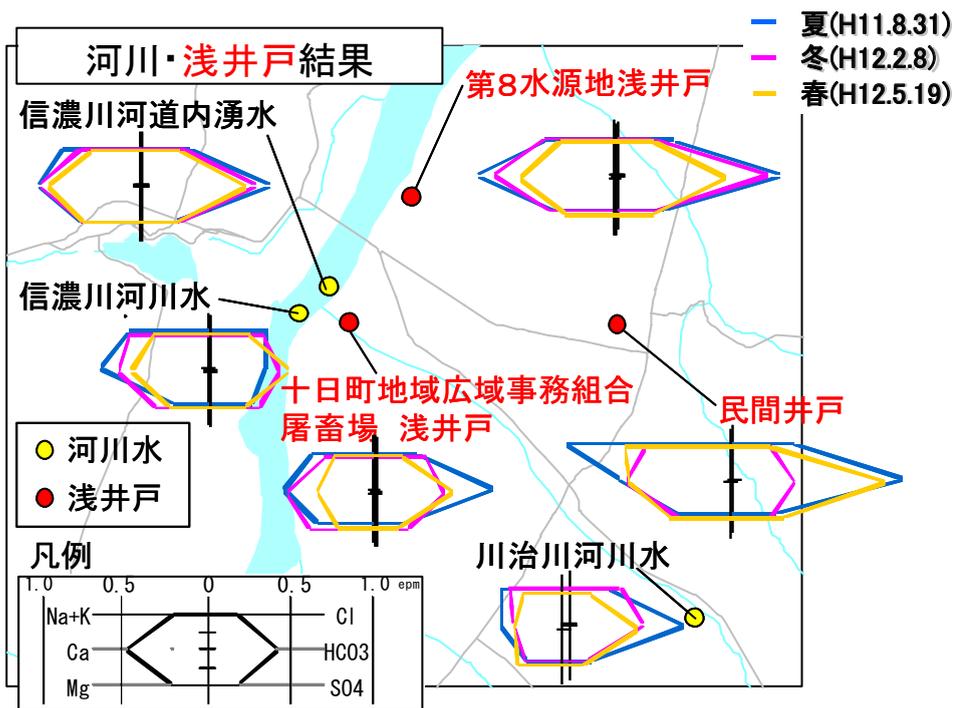


図 6.1-3 浅井戸のイオン分析結果

4本の浅井戸の水位の変化を図 6.1-4に示す。浅井戸の水位は、特に1～3月の冬季に低下し、4月の春季に回復するが、経年的にみると水位は安定している。

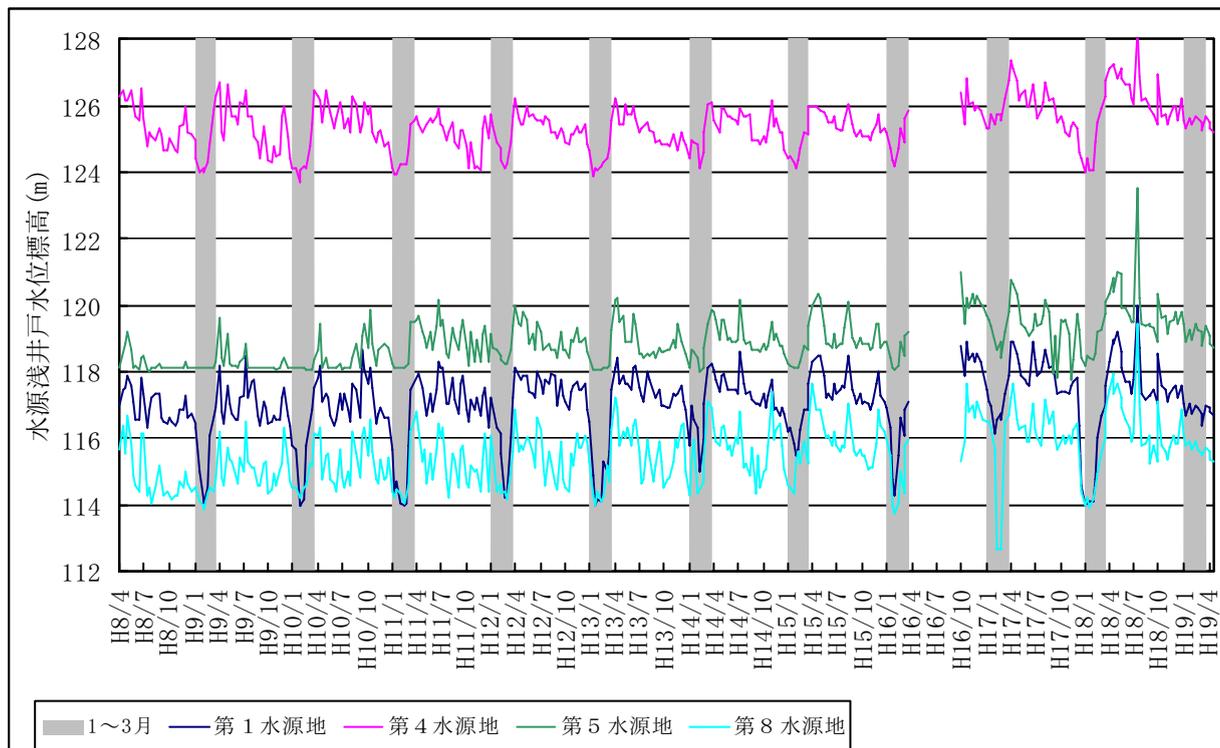


図 6.1-4 水源井戸の水位変化

(2) 発電取水による冬季の流量変化

以下に、冬季に地下水位が低下し取水が困難になることと、宮中ダムによる減水の因果関係について検討する。

宮中ダムにおける取水許可量は、昭和 14 年から昭和 59 年までが $167\text{m}^3/\text{s}$ であり、昭和 60 年以降は $317\text{m}^3/\text{s}$ となっている。十日町地点における冬季（1～3月）の信濃川流量の経年変化は図 6.1-5 に示すとおりであり、取水許可量が増加した昭和 60 年の前後で大きな変化は見られない。これは、図 6.1-6 に示すとおり、冬季には宮中取水ダム地点における信濃川の平均流量がおおむね $150\text{m}^3/\text{s}$ 以下であることから、昭和 59 年以前の許可水量程度しか取水ができないことによる。

したがって、昭和 60 年の取水許可水量の増加が、十日町市内の地下水位低下に影響しているとは考えにくい。

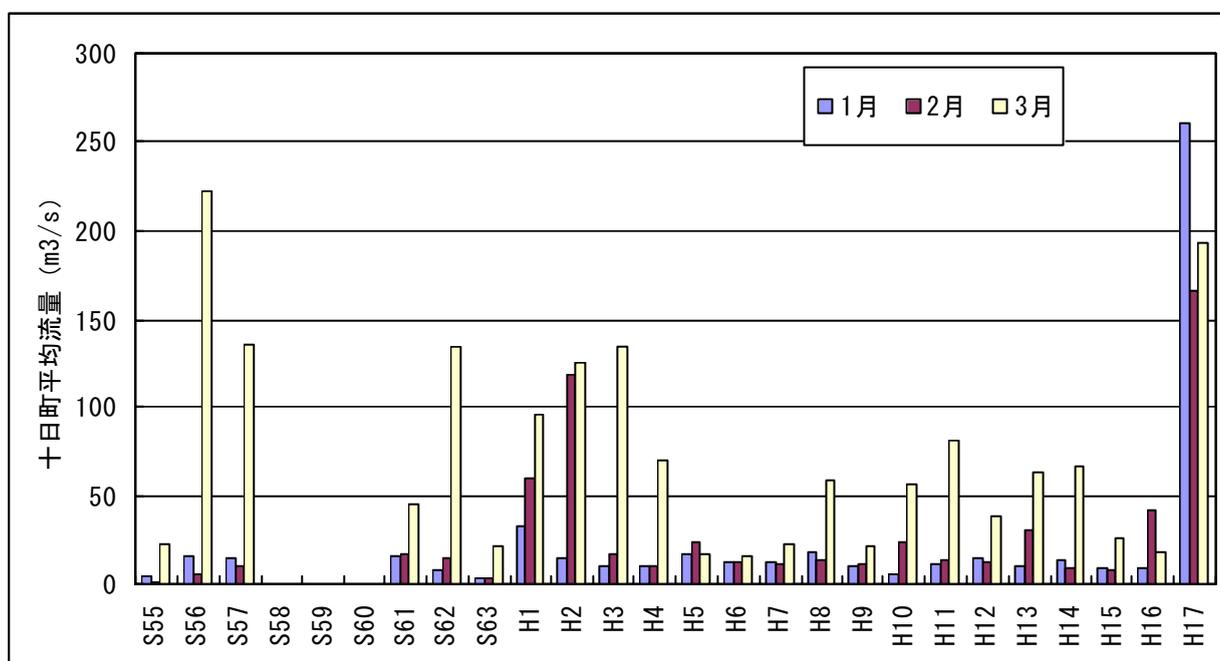


図 6.1-5 十日町地点における冬季の信濃川流量の経年変化

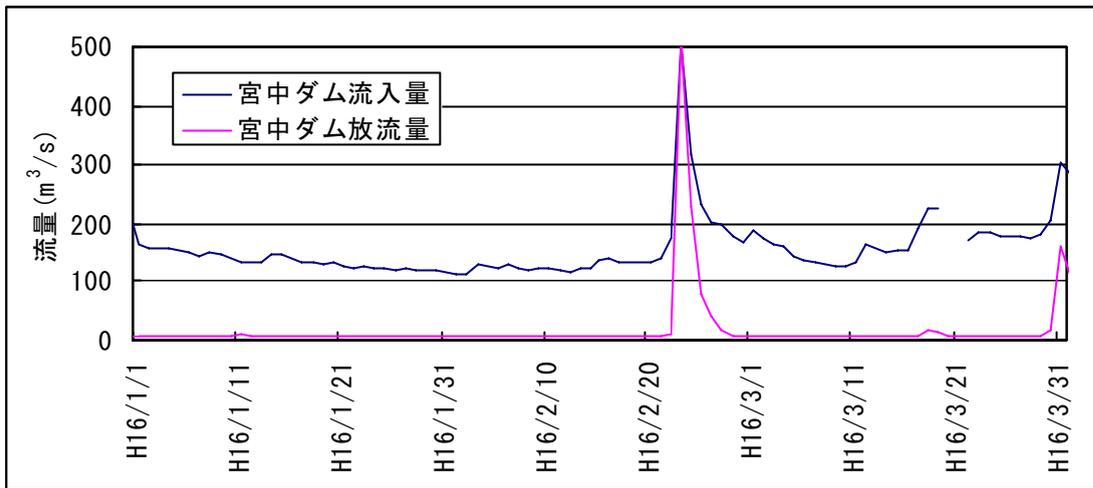


図 6.1-6 宮中ダムにおける流入量と放流量（平成 16 年の例）

(3) 十日町市の地下水分布

十日町市が平成 15 年から 19 年にかけての冬季に、図 6.1-7 に示す地点において計測した地下水位を図 6.1-8 に示す。地下水位は、信濃川の付近では EL 約 119m 付近にあり、水位の変動幅は 5m 以下と小さい。一方河川から離れた十日町市内における地下水位の変動幅は最大 78m に及び、高水位時には信濃川水位より高く、低水位時には信濃川水位より低くなる。一方、水道水源井戸（第 1 水源）の水位は信濃川の水位と比較して、ほぼ同等か 1~2m 低い状態にある。

地下水位の月別平均値の横断を図 6.1-9 に示す。十日町市内の地下水位は、11 月と比較して 12~3 月に低く、水道水源井戸（第 1 水源）の水位は、この水位低下と連動して低下している。

これらの状況から想定される地下水位の模式断面図を図 6.1-10 に示す。

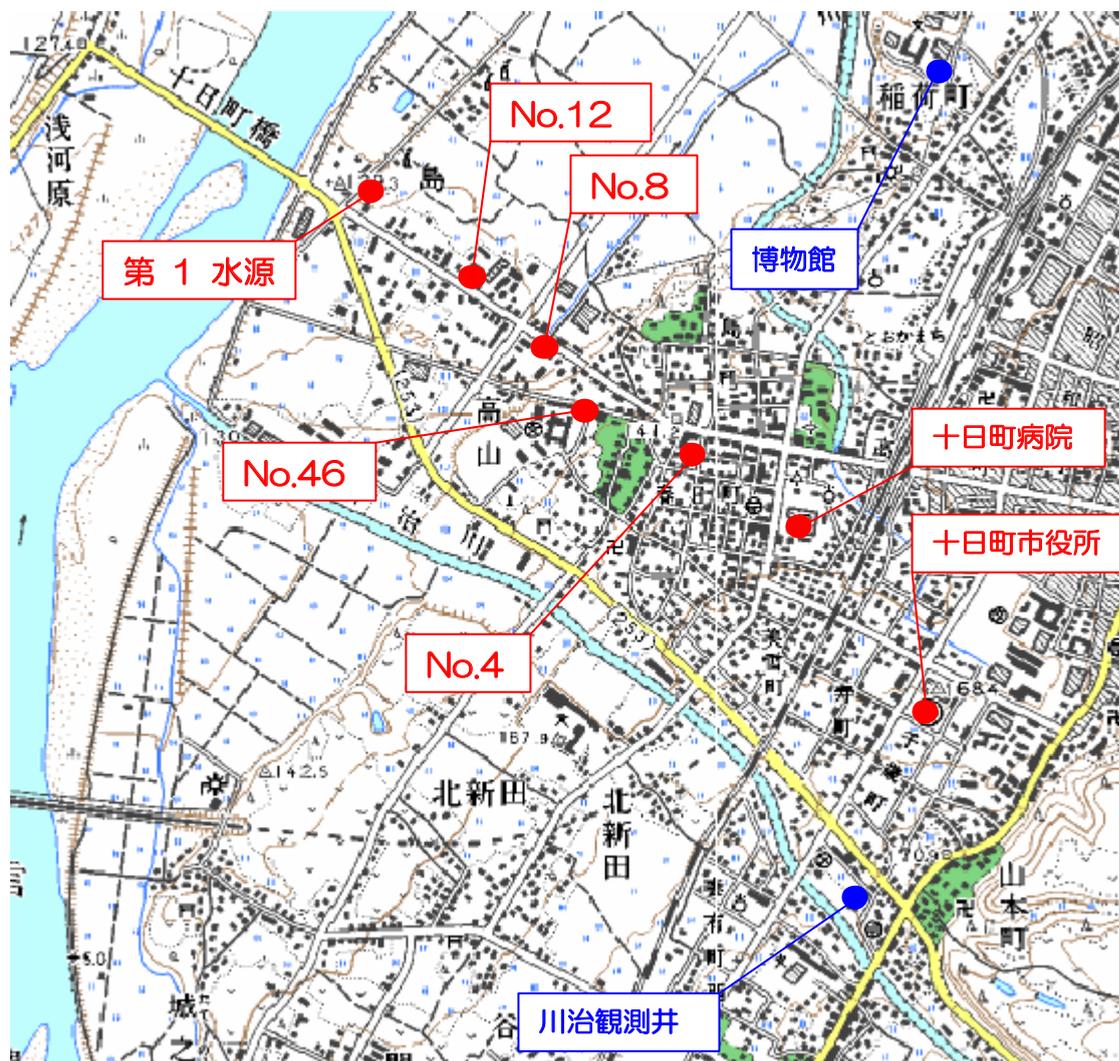


図 6.1-7 十日町市による地下水位計測地点
注：赤い点が水位断面作成のために用いた井戸

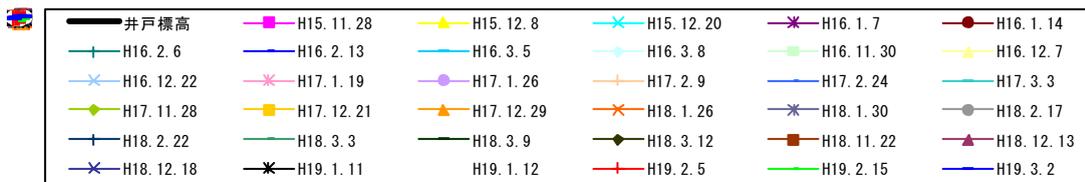
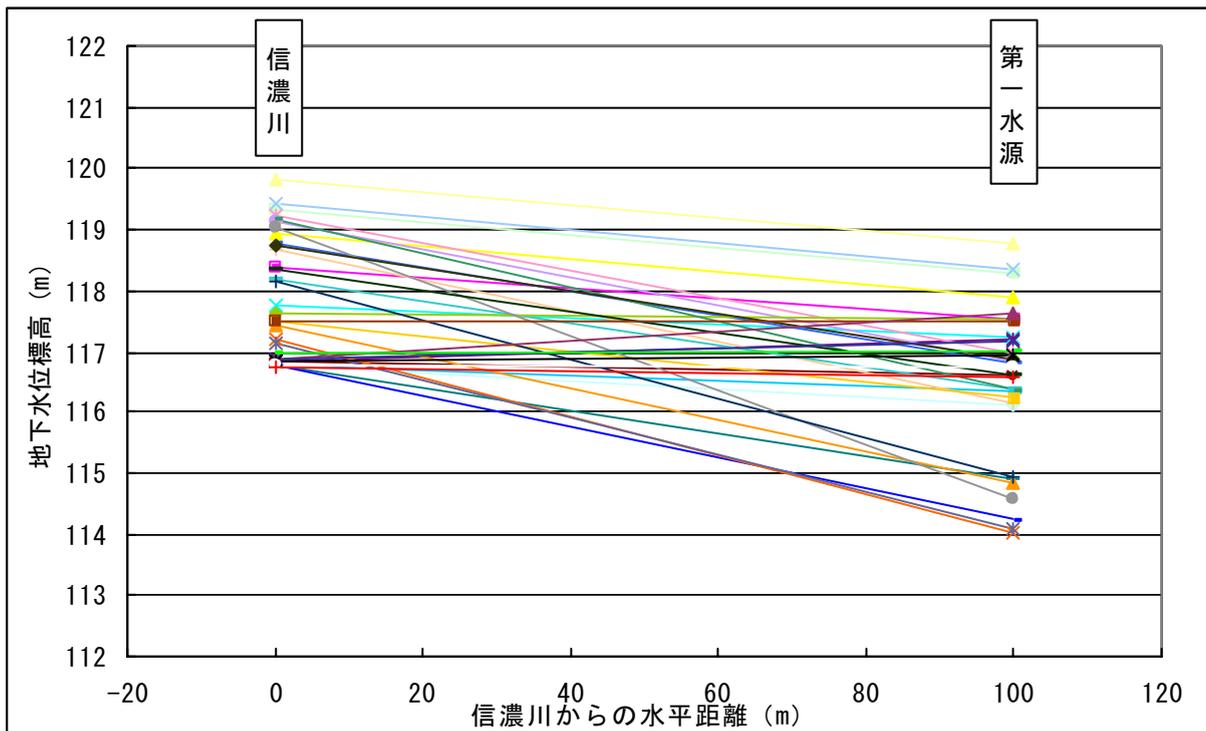
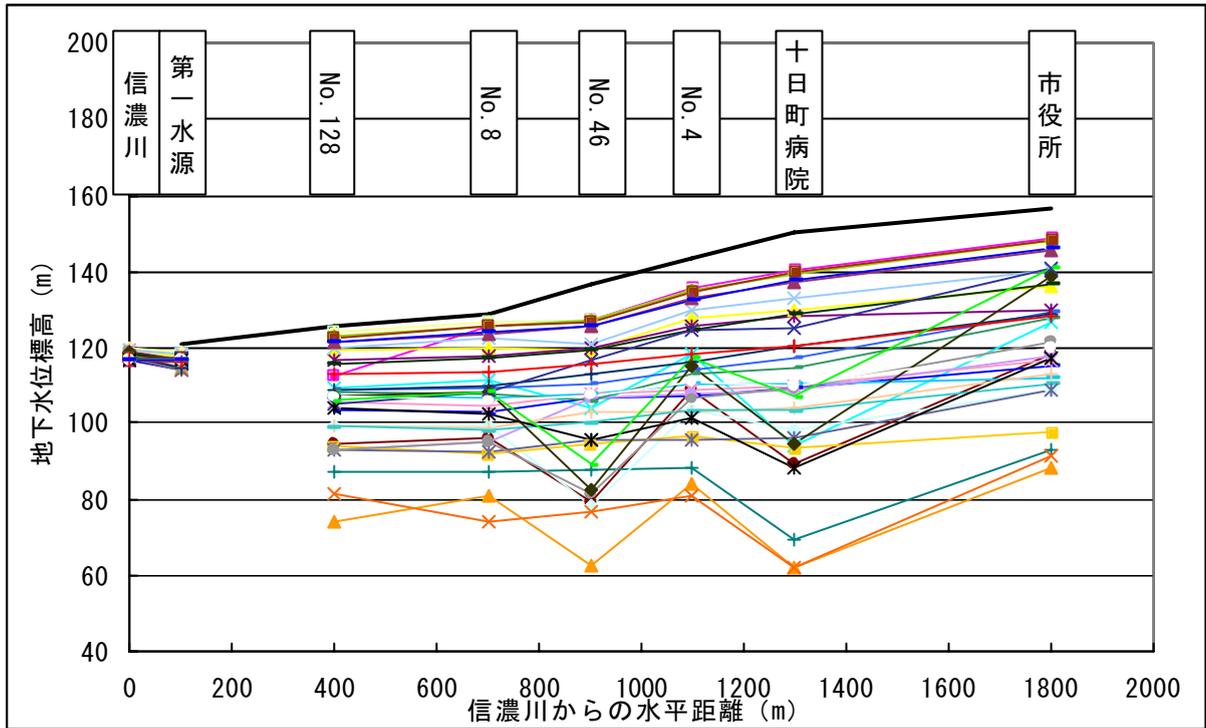


図 6.1-8 地下水位の横断

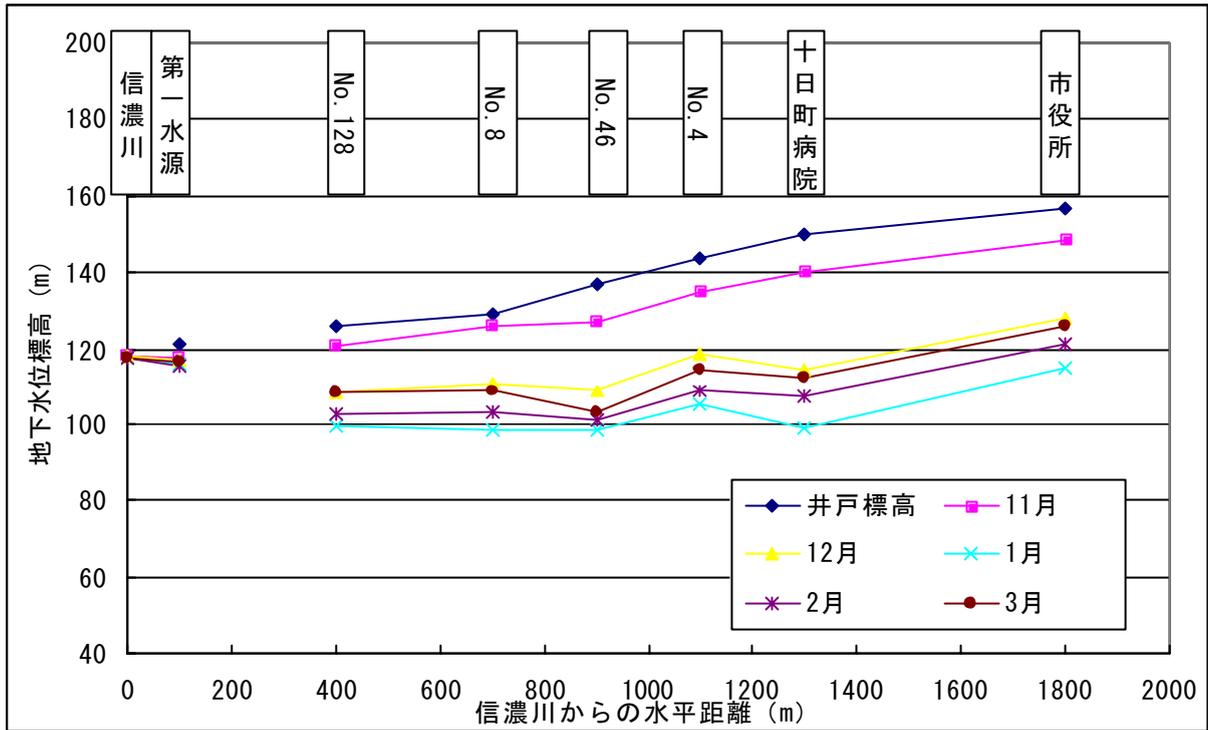


図 6.1-9 地下水位の横断（月別平均値）

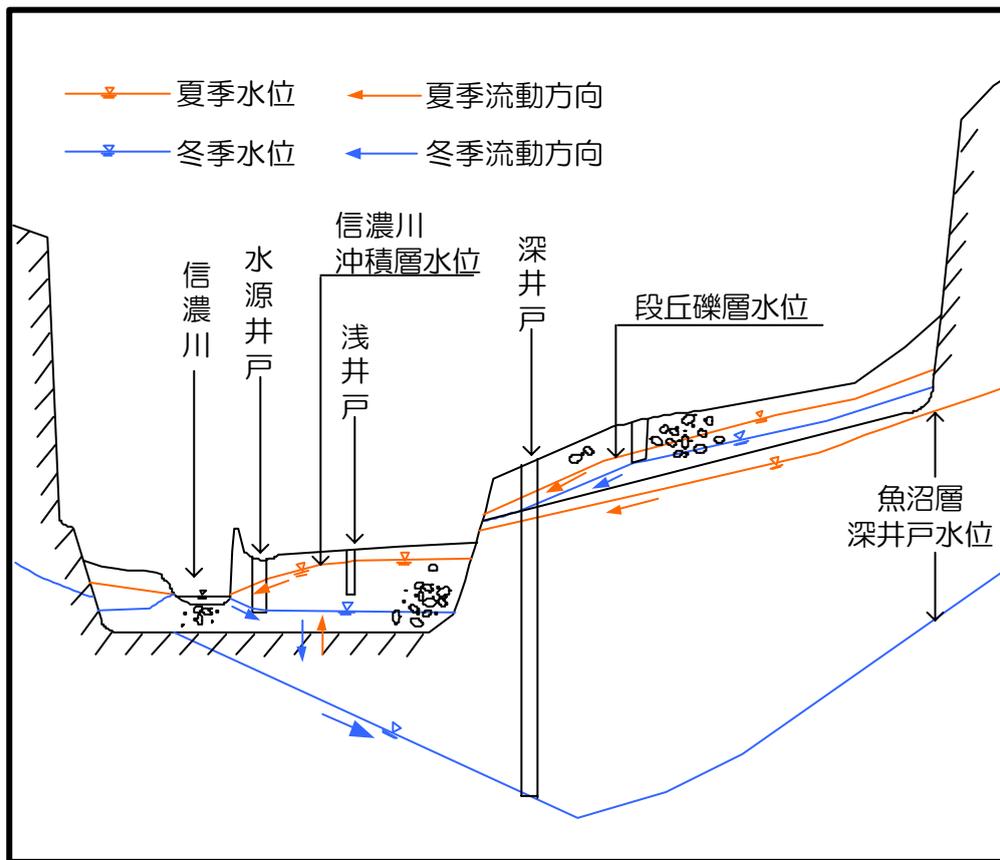


図 6.1-10 地下水位模式断面図

(4) 地下水位の経時変化

十日町市役所の観測井、第1水源地の浅井戸、及び第1水源地付近の信濃川の水位の経時変化を図6.1-11に示す。十日町市役所における地下水位は、冬季に著しく低下し、これと同時期に第1水源地の浅井戸の水位も低下する傾向が見られる。一方、十日町市役所の水位が高い時には、信濃川の水位が上昇した際に第1水源地の浅井戸の水位も上昇する現象が見られる。

平成17年の冬季は中越地震の影響により信濃川の水位が平成14～16年と比較して約2m高く、十日町市役所の水位が低下しているにもかかわらず、第1水源地浅井戸の水位も平成14～16年と比較して約0.5m高かった。一方降雪量の少なかった平成19年の冬季は、信濃川の水位は平成14～16年と同程度であったが、十日町市役所の水位があまり低下せず、第1水源地浅井戸の水位は平成14～16年と比較して約0.5m高かった。

このように、第1水源地浅井戸の水位は、十日町市内の地下水位と信濃川の水位の双方に影響を受けていると考えられる。

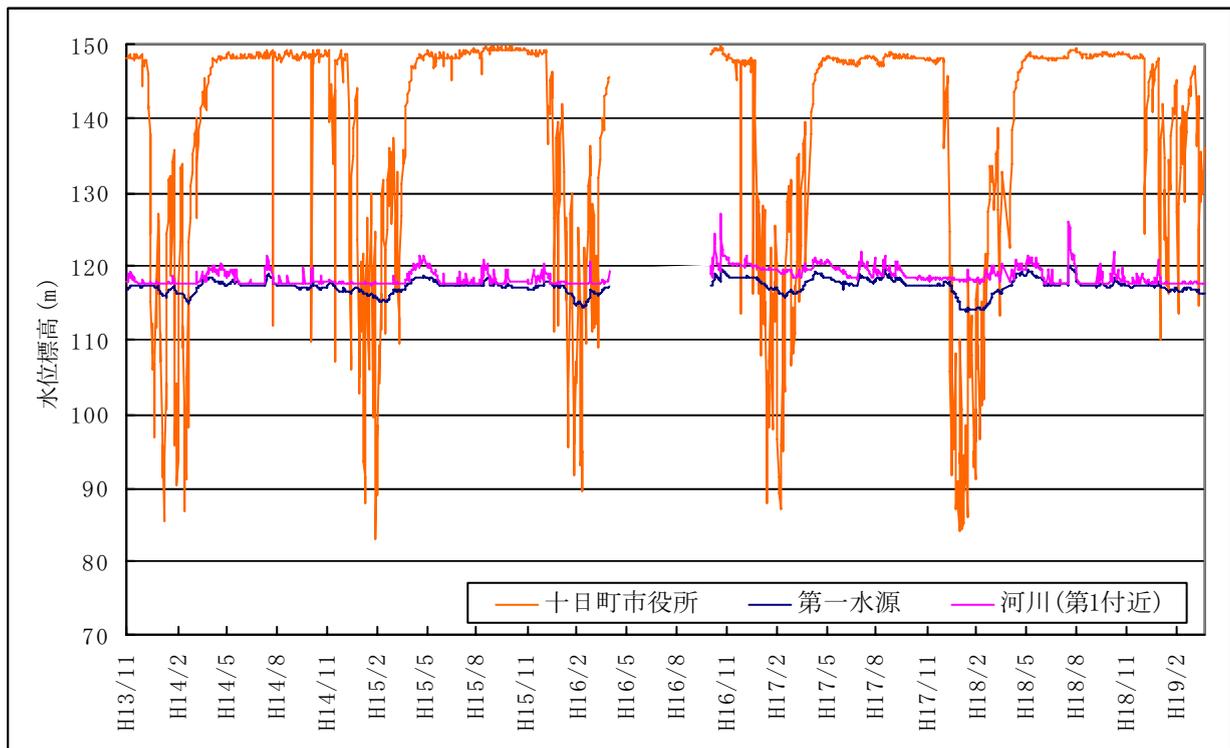


図 6.1-11 地下水位の経時変化（年変動）

第1水源地浅井戸の水位、第1水源付近の河川水位、十日町市役所の地下水位の相関係数を表6.1-3に示す。第1水源地浅井戸の水位は、十日町市役所の地下水位との間には相関が認められるが、河川水位との間の相関は低い。

さらに、第1水源地浅井戸の水位が、平均水位(117.28m)より低い場合、高い場合のそれぞれにおける相関係数をそれぞれ表6.1-4、表6.1-5に示す。第1水源地浅井戸の水位が平均水位より低い時には、井戸の水位と十日町市役所の水位には相関が認められるが、河川水位との間には相関は認められない。一方井戸の水位が高い時には、井戸の水位と河川水位の間の相関が高く、十日町市役所との相関が低い。

以上より、第1水源地浅井戸の水位が低下する冬季には、信濃川の河川水位との関連性はほとんどなく、冬季以外の季節には、信濃川の河川水位との関連性が高いことが分かる。

表 6.1-3 水位の相関 (全データ)

	第1水源	河川 (第1付近)	十日町市役所
第1水源		0.23	0.69
河川(第1付近)	0.23		0.09
十日町市役所	0.69	0.09	

表 6.1-4 水位の相関 (第一水源水位 < 117.28m)

	第1水源	河川 (第1付近)	十日町市役所
第1水源		0.00	0.64
河川(第1付近)	0.00		-0.02
十日町市役所	0.64	-0.02	

表 6.1-5 水位の相関 (第一水源水位 ≥ 117.28m)

	第1水源	河川 (第1付近)	十日町市役所
第1水源		0.82	0.09
河川(第1付近)	0.82		0.02
十日町市役所	0.09	0.02	

(5) 十日町市内の地下水位の経年変化

十日町市内の地下水位の長期的な経年変化を示すものとして、十日町市内の川治観測井における地下水位の経年変化を図 6.1-12に示す。川治観測井の地下水位は、十日町市役所と同様に冬季に低下する傾向を示し、各年の最低水位は 1970 年から 1980 年にかけて低下し、1980 年以降はほぼ標高 140m 程度でよこばいとなっている。

1996 年以前の第 1 水源地の水位は不明であるが、「6.1(4)地下水位の経時変化」に示したとおり、第 1 水源地浅井戸の水位が十日町市内の地下水位による影響を受けていることから、同様に 1970 年から 1980 年にかけて水位低下が生じた可能性が考えられる。

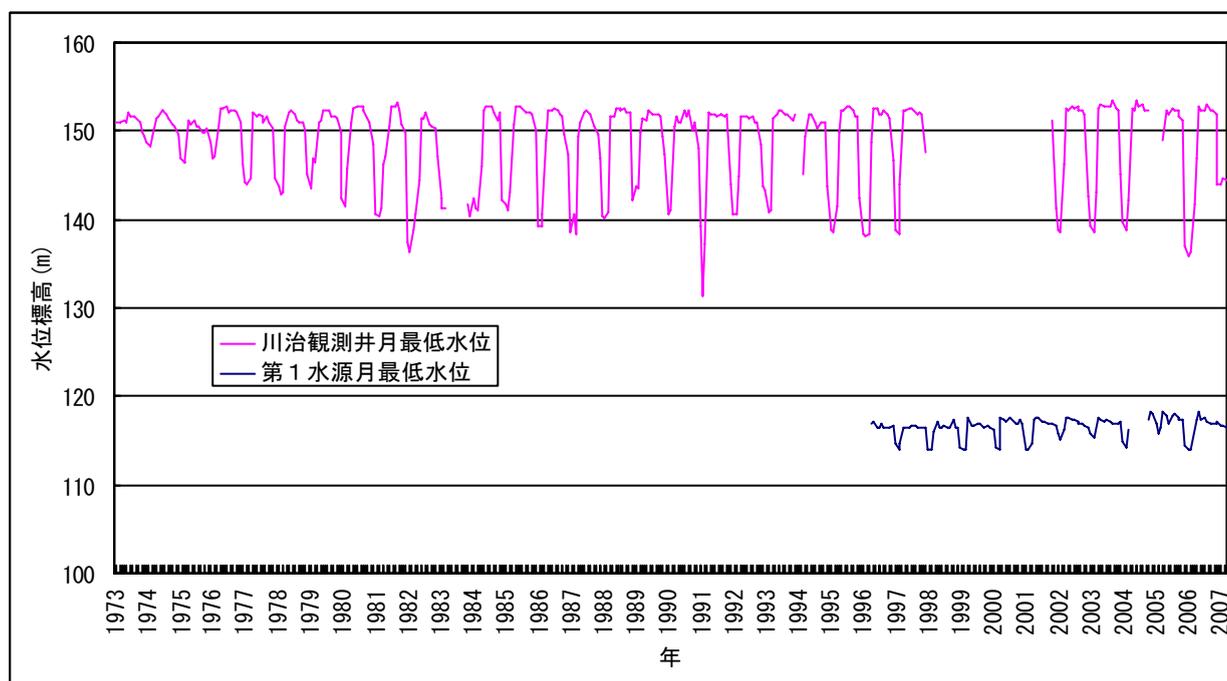


図 6.1-12 地下水位の経年変化

6.2 課題改善の検討と結果

信濃川の水位を上げることにより、冬季における水道用水源井戸の水位を高く保つ可能性はないか。

十日町市内の地下水位が低い時期において、第1水源地の水位をポンプ取水可能な水位とするためには、約 $77\sim 220\text{m}^3/\text{s}$ の信濃川の流量が必要となるが、取水を行った場合には取水に伴う水位低下が生じるため、さらに大きな流量が必要になることから、十分な流量を常時確保することは、発電を中止したとしても困難であると考えられる。

(解説)

6.2.1 目標とする水源地水位の設定

第1水源地浅井戸の月別水位は図 6.2-1 に示すとおりであり、冬季以外の最低水位はおおむね 116.5m 程度である。このことから、目標とする水位は 116.5m とした。

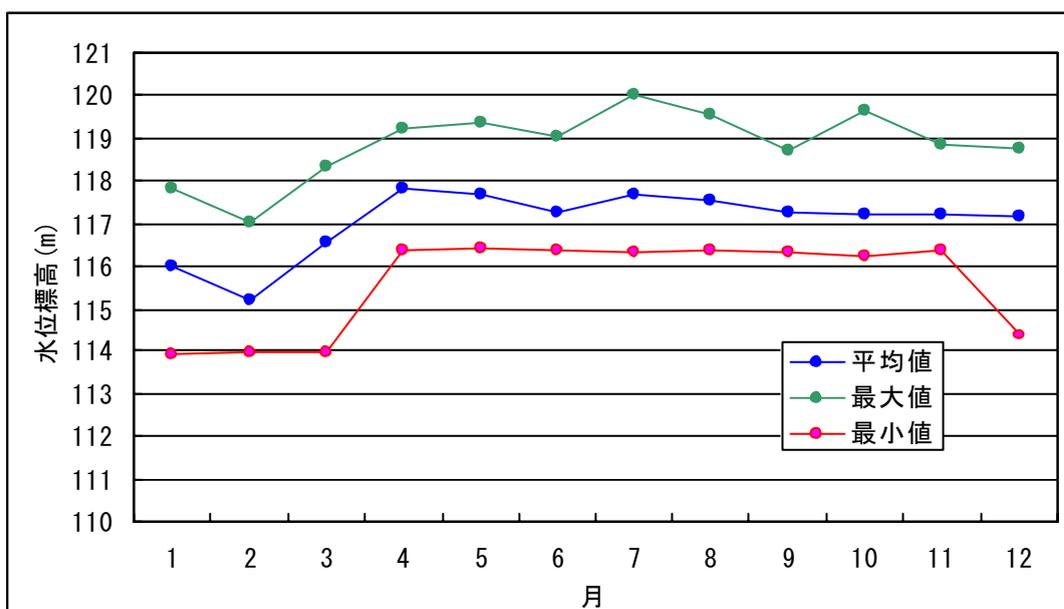


図 6.2-1 第1水源地浅井戸の月別平均水位 (H8~H19)

6.2.2 冬季の水源地水位を高く保つために必要な信濃川の流量

冬季の水源地の水位を取水可能な高さに保つために必要な信濃川の流量について、以下の検討を行った。

(1) 第1水源地水位と信濃川の水位の実績による検討

信濃川の水位と第1水源地の水位の関係を図 6.2-2 に示す。図より、十日町市内の水位が低い場合（図の青色のプロット）に、信濃川の水位が119.5m以下の場合には、第1水源地の水位が116.5mを下回ったことがあることが分かる。このことから、第1水源地の水位を常時116.5m以上に保つためには、信濃川の水位を、119.5m以上に保つ必要があると考えられ、これは図 6.2-3 に示す水位—流量曲線より、約220m³/sの流量に相当する。

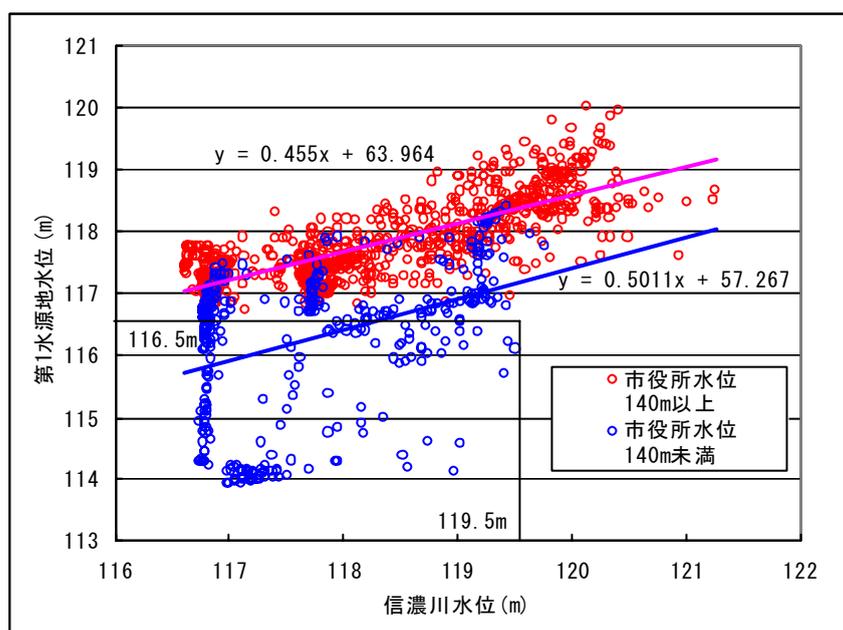


図 6.2-2 信濃川水位と第1水源地水位の関係

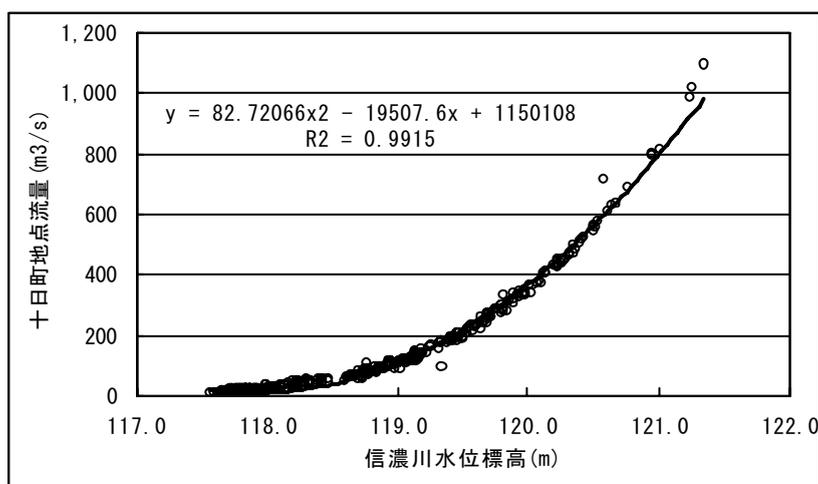


図 6.2-3 信濃川水位と流量（十日町地点）の関係

(2) 平成 17 年冬季の実績水位に基づく検討

平成 17 年冬季の第 1 水源地浅井戸の水位と十日町地点における信濃川の流量の関係をに示す。第 1 水源地浅井戸の水位は、2 月 4 日、2 月 20 日、3 月 1 日、3 月 9 日にそれぞれ約 116.5m となっており、この際の流量は、160 m³/s、220 m³/s、91 m³/s、77m³/s であった。

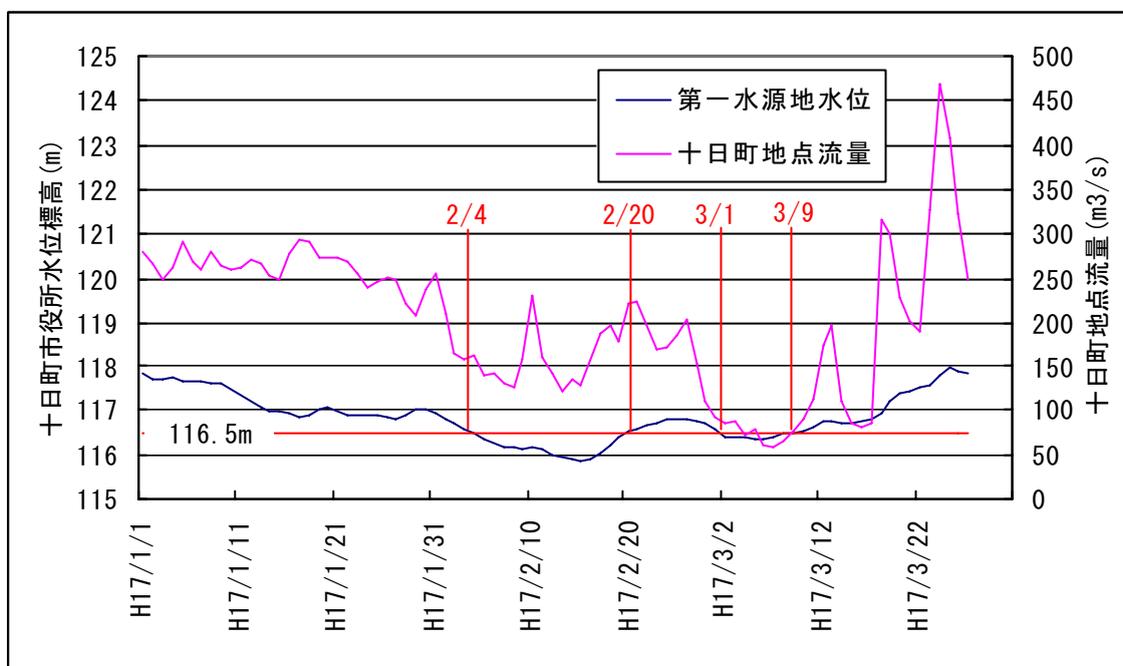


図 6.2-4 平成 17 年冬季の第 1 水源地水位と信濃川の流量（十日町地点）

(3) 水道用水取水による井戸水位低下

上記(1)～(3)の検討は、いずれも水道用水の取水がない状態における水源井戸の水位を元にした検討である。水源井戸から取水を行った場合には、取水に伴う水位低下が生じるため、水位を維持するためには信濃川の水位をさらに高く保つ必要があると考えられる。