

長野県内の 2 流域における流域間導水の可能性

信州大学工学部

正会員 寒川典昭

信州大学大学院

○笹川哲央

1. はじめに

近年、水不足の問題が頻繁に取り上げられている。これは長野県においても例外ではない。また、環境や水質への配慮から様々な利水方法を検討する必要性が出てきた。そこで、本研究では、長野県内において千曲川流域・天竜川流域の 2 流域について導水に効果が認められるかを統計的に求めた。両河川の長野県内における最も下流、もしくは長野県をぬけた直後の水位観測所においての、月平均秒流量を自然対数で変換したものを 2 変数正規分布に当てはめ、1%, 5%, 10% の導水も行なった場合について、5 年、10 年、20 年、30 年の非超過確率水文量のリターンピリオド（非超過確率）がどの程度改善されるかを見た。ただし本研究では実際どのような時にどのくらいの量の導水を行うかなど具体的な導水の手法にはふれていない。従って導水によってどのくらい渇水の危険度が減るかなどではなく、導水がこの 2 流域の渇水対策において効果があるのかないのかということを検討している。

2. 対象流域

本研究で対象とする流域は、千曲川流域と天竜川流域である。千曲川の支川である犀川流域と天竜川の上流域は、隣り合っており千曲川下流の立ヶ花地点と天竜川下流の鹿島地点の流量の相関は 0.5~0.9 である。立ヶ花地点での流量は鹿島地点での流量に比べ分散が小さく、その影響で夏場に平均流量では、鹿島が上回っているのに対し非超過確率水文量をとると立ヶ花のほうが高い値をとる。また変動係数をとっても鹿島地点のほうが 0.1 程度高くなっている。また時系列に対して回帰直線をと

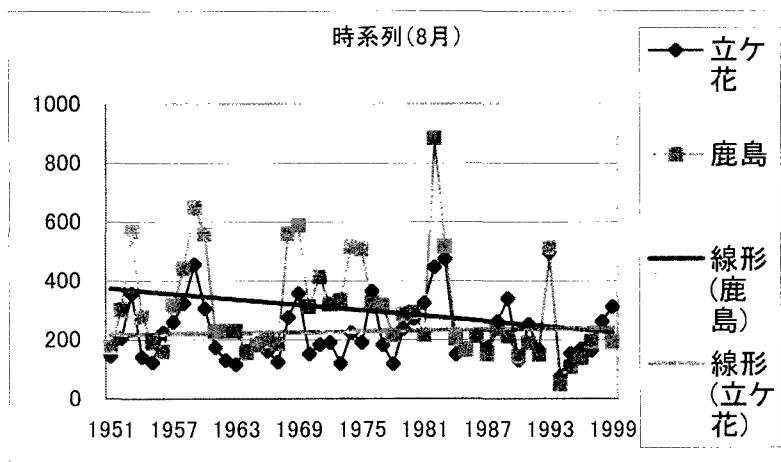


図-1 8 月 月平均流量

経年変化を見てみても、鹿島は減少傾向にあるのに対し、立ヶ花はほぼ変動がなく一定になっている。また両地点での月別の平均流量の年の変動を見ていくと、どちらも 7 月が最大であり冬場の流量は夏に比べ低くなる。2 流域を比べると夏場では鹿島が上回り冬場では立ヶ花の流量が上回る。また鹿島のほうが年内での変動は大きい。

3. 2 変数正規分布

本研究では 2 流域間における関係や導水を行った際の効果を 2 変数正規分布を用いて表す。なお、月別の流量は非対称性があり、非負であるため自然対数により変換を行い正規分布に当てはめることにする。これを式にしてあらわすと、

$$u = \ln x \quad v = \ln y \quad (1)$$

$$f(u, v) = \frac{1}{2\pi \sigma_u \sigma_v \sqrt{1 - \rho^2}} \exp \left[-\frac{1}{2(1 - \rho^2)} \left\{ \left(\frac{u - \mu_u}{\sigma_u} \right)^2 - 2\rho \left(\frac{u - \mu_u}{\sigma_u} \right) \left(\frac{v - \mu_v}{\sigma_v} \right) + \left(\frac{v - \mu_v}{\sigma_v} \right)^2 \right\} \right] \quad (2)$$

となる。ただし x, y は流域 X, Y における流量、 μ_u, μ_v は u, v の平均、 σ_u, σ_v は u, v の分散、 ρ は u と v の相関係数とする。

4. 流域間導水の効果

千曲川の長野県における最下流の流量観測所である立ヶ花地点と、天竜川が長野県をでてすぐにある鹿島地点における月流量を基準とし、これを対数変換したものを2変数正規分布に当てはめ、1流域置ける非超過確率水文量のリターンピリオド（非超過確率）が、どのような変化をするのかを算定し効果を見る。

まず1変数の対数正規分布より導水しない状態でのX流域、Y流域各々で非超過確率水文量 Q_{XT} 、 Q_{YT} を算出する。次にこの確率水文量を基準にしてY流域からX流域にaの割合で水が動くと仮定した場合次のような積分範囲で2変数の正規分布を積分し導水したときの非超過確率を求める。ただしY流域において確率水文量を下回った場合導水しないと仮定したため以下のように場合わけをした。

$$Q_{XT} \geq x + a \geq 0 \quad (y - a y \geq Q_{YT} \text{ のとき}) \quad (3)$$

$$Q_{XT} \geq x \geq 0 \quad (y - a y < Q_{YT} \text{ のとき}) \quad (4)$$

aの値として0.01、0.05、0.1とする。これは立ヶ花流域、鹿島流域は上流側で隣り合い下流側はかなり離れたところに位置するため、10%の割合で導水するにしても、かなり大きめの割合だと思われる。

これによって得られた結果の8月の10年確率水文量に関して表-1に示す。10年の確率水文量においては鹿島流域から立ヶ花流域のほうがリターンピリオドに与える影響は大きいが、20年、30年とリターンピリオドが高くなるにつれて、立ヶ花流域から鹿島流域へのほうが効果は大きくなった。

5. おわりに

1%の割合での導水では、どのリターンピリオドの確率水文量においてもあまり効果があるとはいえない。また、5%の割合になると多少の効果が認められるが十分なものとはいえない。

10%の割合で導水できれば、それなりの効果は得られそうだが実際10%の導水をするのは上流部のみ隣接して下流部が離れているので難しいと思われる。上流のみが集中する長野県では、水量の面でも導水による渇水対策は難しいことがわかった。また地理的な面においても両流域の間には山があり、かなり流域の間をつなぐのも難しいと考えられる。以上のことから長野県においては導水による渇水対策は苦労が多いわりにはあまり効果を得られないと推測される。しかし、長野県内でのリターンピリオドの減り方から推測すれば、下流部が並ぶような流域については導水という渇水対策は選択肢の一つとして考えてもいいように思われる。

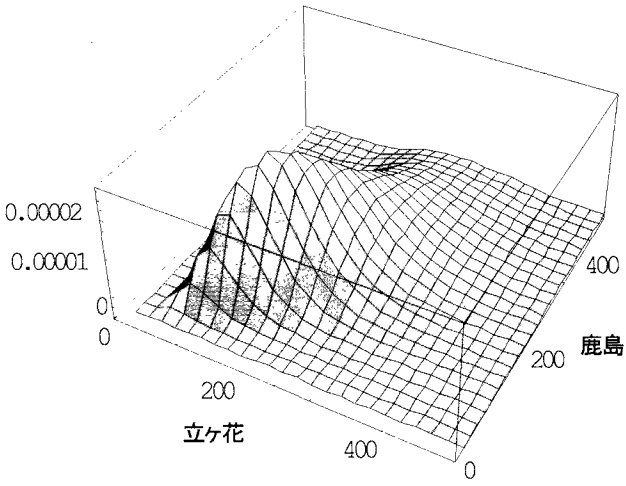


図-2 2変数正規分布（8月流量）

表-1 8月の10年確率水文量のリターンピリオドの変化

	割合		導水なし	導水あり
鹿島⇒立ヶ花	1%	リターンピリオド	10年	10.492
		非超過確率	0.1	0.095
	5%	リターンピリオド	10年	12.387
		非超過確率	0.1	0.081
	10%	リターンピリオド	10年	14.189
		非超過確率	0.1	0.070
立ヶ花⇒鹿島	1%	リターンピリオド	10年	10.300
		非超過確率	0.1	0.097
	5%	リターンピリオド	10年	11.455
		非超過確率	0.1	0.087
	10%	リターンピリオド	10年	12.605
		非超過確率	0.1	0.079
立ヶ花⇄鹿島 (どちらかが下回る確率)	1%	リターンピリオド	6.490	6.827
		非超過確率	0.154	0.146
	5%	リターンピリオド	6.490	8.189
		非超過確率	0.154	0.122
	10%	リターンピリオド	6.490	9.625