

九州大學工學部 正負 上田 年比古

1. まえがき 多くの貯水池、河川を水源とする複雑な取水系統について、その取水を経済的にかつ水量の無駄なく行うことが、水資源不足の現在、水道・工業用水において問題となっている。これにはごく一般的な法則しか示されず、現地の状況に応じて解決してゆく必要はならない事項がかなり多い。本報はこの一例として、北九州市遠賀川伊佐座取水系統について、最適な導水方法と各管路の所要通水能力について検討したものである。

2. 伊佐座取水系統 この系統の既設および計画中のものを模式的に図-1に、各浄水場の能力を表-1に示している。ここに引野と穴生は近距離にあつて、引野の着水井から自然落下で穴生に導水できる状態にあるので、引野と穴生は一か導水関係からみて、一つの浄水場とみなして考察する。また穴生の浄水能力には余裕があり、引野の浄水能力、藤木・高田の浄水能力と導水管路および屯田、白木の貯水池容量は確定しているものとする。また屯田と白木への両水流出の流入はほとんど期待できないのでこれを無視する。なお遠賀川の伊佐座地突において北九州市のもつてゐる水利権は $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ($518,400 \text{ m}^3/\text{d}$) で、取水計画年度は昭和26年~36年の11年間のうち2湯水年である昭和35年とする。したがつて問題は昭和35年度の伊佐座地突の水利権内流量と上記の確定施設から、この系統の最大使用可能水量と、この可能水量を経済的に導水する伊~引、伊~屯、伊~白の3管路の通水能力およびその導水方法(水量的なもの)を求めることである。

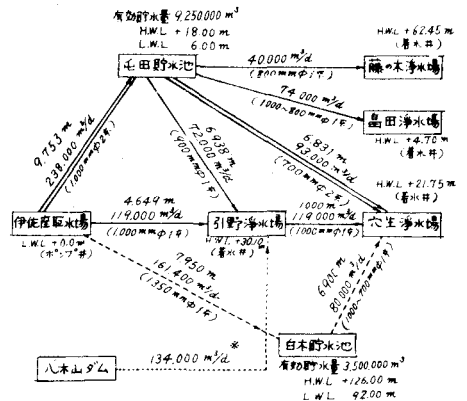


図-1 伊佐座取水系統導水計画図
(ただし伊佐座~白木、白木~穴生間は計画图中の地は既設のものである。各は引野~着水井から引野へ $62,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 、穴生へ $72,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 送水される。)

表-1 昭和44年度における浄水施設(公称能力)単位 m^3/d

浄水場	浄水能力	伊佐座取水場に対する浄水能力*
穴生(上水道)	245,000 (300,000)	173,000 (228,000)**
引野(工業用水)	134,000	72,000
藤木(上水道)	40,000	40,000
高田(工業用水)	74,000	74,000

* 八木山ダムからの送水量を除外する。
** () は施設能力を示す。

3. 最適導水計画の考え方 ①水資源不足の現状から一応在済性を考慮外にして、まず最大使用可能水量を求め、次に②この量を経済的に導水する方法を考へることとする。まず最大使用可能水量は屯田、白木両貯水池が一併と存つて働くと生ずるものと考へられる。したがつてこの水量は計画年度の伊佐座の水利権内流量と両貯水池の合計容量をもつ貯水池が一併あるものとして Ripple 法で求めればよい。次に最適の導水は建設費、維持費から生ずる総経費が最小の管路まで生ずるだけ利用するという考へで進められる。いま各管路の管路延長、揚水

表-2 各管路の管路延長、揚水費の比較

管路	管路延長(m)	揚水費 ($\text{円}/\text{m}^3$)
伊佐座~引野	4650	1.18
引野~穴生	1,000	0
伊佐座~屯田~引野	16,691	2.21
伊佐座~屯田~穴生	16,584	1.83
伊佐座~白木~穴生	14,850	2.66*

(* 白木~穴生間は自然落下の圧り揚水費は0である。)

費をあげると表-2となる。これよりまず伊〜引穴の管路で出るだけ利用し、次いで伊〜屯〜引穴の管路を利用し、伊〜白穴の管路はで出るだけ利用しないようにすることを経済的運用となる。すなわち白木は常時は使わずに、大湯水時のみ使用するいわゆる湯水梯輪用貯水池にする。

4. 最大使用可能水量の決定 昭和35年度に對して、屯田、白木兩貯水池の合計容量を一つの貯水池を想定して、Ripple法で求めた最大使用可能水量 Q は図-2のようになる。

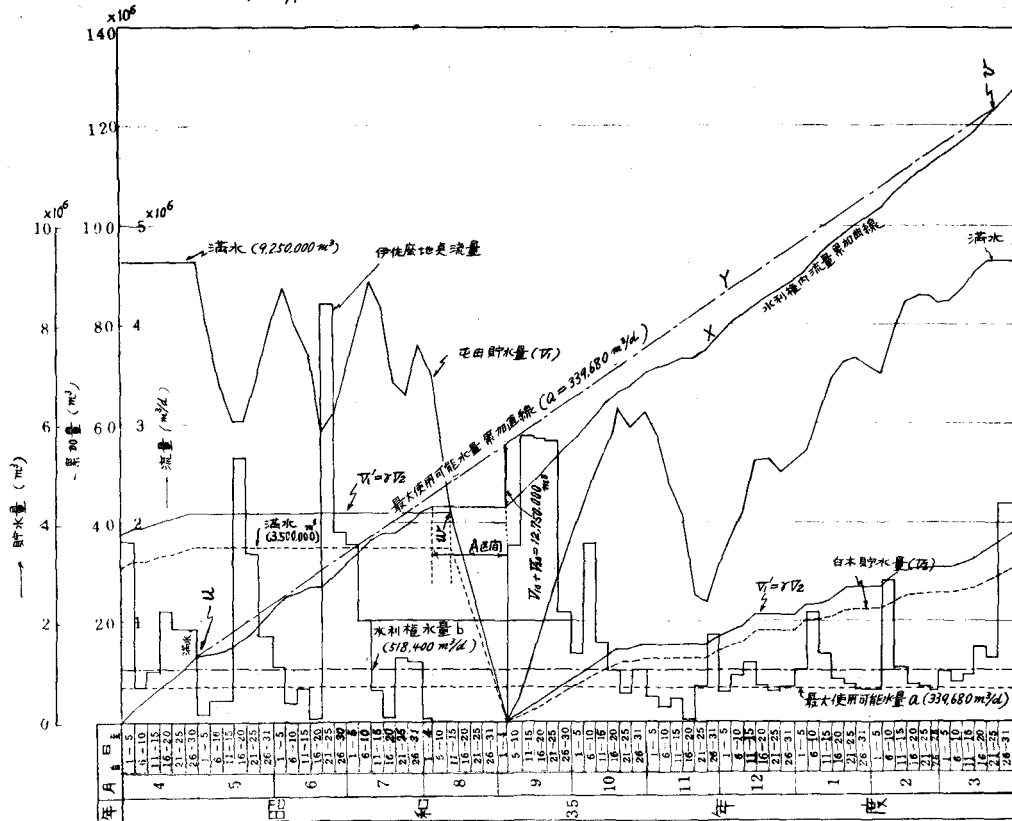


図-2 最大使用可能水量算定図および最適導水計画による屯田、白木貯水池貯水量由來図
(屯田貯水量曲線は昭和36年3月31日より昭和35年4月1日に続けられたものに対して求めたもの。)

5. 最適導水計画における各管路の通水能力の決定 いま伊佐座の水利権流量 $b=518,400 \text{ m}^3/\text{d}$ 、前節の最大使用可能水量 $Q=339,680 \text{ m}^3/\text{d}$ 、藤木、高田必要水量 $Q_1=114,800 \text{ m}^3/\text{d}$ 、引野、穴生の使用可能水量 $Q_2=Q-Q_1=225,680 \text{ m}^3/\text{d}$ 、屯田、白木貯水池容量 $V_{10}=2.25 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $V_{20}=3.50 \times 10^6 \text{ m}^3$ に對して各管路の所要通水能力を求めると次のようになる。

- (1) 伊〜引穴の間 引野・穴生の最大使用可能水量 Q_2 が必要である。なお引穴の間は引野の淨水能力だけ減した値となる。
- (2) 伊〜屯の間 白木満水で屯田に揚水する場合に對して、 $(b-Q_2)$ が必要である。
- (3) 屯〜引穴の間 伊佐座流量が0のとき、引野、穴生の最大使用可能水量 Q_2 が導水でまはければならない。なお屯〜引の間は引野淨水物の能力だけの導水、屯〜穴の間は Q_2 が對

野浄水場の能力を差引いた量の昇水が必要である。

(4) 伊〜白の向 前述のようには白木をなるべく使用しないうようにするのが経済的運用となるが、図-2より白木が効力を発揮するのはA区間であって、その他の期間では因のX、Y線の差が屯田の貯水容量以下であるから屯田のみの調節能力で十分である。すなわち白木はA区間のみ満水から空になるまで穴空に補給すればよい。いま図-2にあげた昭和35年度の期間がサイクルとして続くものと考える。伊〜白の向の管空をなるべく小にするためには、この管路はなるべく長期間をかけて揚水する方法より、図-2のX、Y線からわかるように、いまだ両貯水池は満水していきなればX、Y線から与えられる最大使用可能水量 Q は確保できないうえ、白木はA区間の終末よりいまだまでの238日間で満水するように揚水しなればならない。それ以後は満水状態でA区間に向き込むことになる。これをより伊〜白の向の通水能力を求めると次のようになる。伊佐座の水利権内の流量 Q と最大使用可能水量 Q との差（これを以後余剰水量と呼称する）を屯田と白木に貯水されるから、このうち白木に比率で昇水するとすれば、上記238日間の余剰水量の合計 $S=22.318 \times 10^6 \text{ m}^3$ となるから、 $\alpha = V_{20}/S = 0.16$ となる。すなわち上記238日間は白木にその余剰水量の 0.16 分、屯田に 0.84 分昇水すればよい。したがって伊〜白の向の通水能力は余剰水量の最大値 $(b-a)$ の 0.16 として $28,600 \text{ m}^3/\text{d}$ となる。

この比率をベースとしてさらに検討すると、伊〜白の向の通水能力は余剰水量の全量をとっているから、白木満水の場合は伊佐座の水利権内の流量を無駄に流し去ることはないうえ、屯田満水で白木も満水していかない場合は伊〜白の向の通水能力は小さいから伊佐座の余剰水量の全量と揚げえが無駄に流し去ることばかりである。この観点からすれば白木はできるだけ早い期間に満水しておきたい。しかしこれは伊〜白の向の管空を大にすることになり、また後述のように白木の貯水量を増しておくことは互面白木の使用回数を増すことにもなる。したがって余剰水量の白木への揚水比率又は長年の資料からの経済比較により決定されるべきものであるが、昭和35年度に対しては上記 0.16 が妥当であるので、この値をとることにする。

(5) 白〜穴の向 この向の管空を小にするためには、屯田と白木とを同時に空にするようにするのがよい。そして白〜穴の通水能力を大にする程、屯田の貯水量がより減少したと白木を使用し始めると、白木使用の回数が減ずる。たとえは白〜穴の通水能力と、これを対する白木満水で白木使用開始の屯田貯水量を表-3に示している。したがって、白〜穴の向の通水能力は管敷設費と白木使用回数増加による揚水量の増加との経済比較により決定されるべきものである。昭和35年度については表-3の(イ)の場合は揚水予想の困難な現状では図-2の屯田貯水池曲線からほぼ5月初旬、6月中旬、7月中旬にも白木を使用することになり、(ii)（この通水能力は白〜穴の向の管空を20と仮定）、(iii)の場合はほぼ白木満水の昭和35年4月〜8月の間はA区間のみとなる。また(ii)と(iii)では管空の小なる(ii)が有利となる。したがって一先ここでは(ii)をとることにする。

表-3

	白〜穴の向 の通水能力 (m^3/d)	白木使用開始 の屯田貯水量 (m^3)
(i)	112,900	7,030,200
(ii)	153,680	4,240,000
(iii)	225,680	1,970,000

(注) 日本満水の割合

以上によって決定された各管路の通水能力を図-3に示している。これを図-1と比較すると図-3は①通水能力が全般的に大きい。これは最大使用可能水量を図-1に対して増加しているためである。②伊〜白の向の通水能力が大きい。これはこの管路でできるだけ利用す

る茅之にもとづいた結果である。③伊〜白の向の通水能力が小さく、白〜穴の向が大きい。これは白木が過水補給用としての性格をもった結果である。

6. 最適導水方法 いま屯田、白木の貯水量を V_1, V_2 とし、白木を使用する場合屯田の貯水量を V_1' 、白〜穴の向の通水能力を p_2 、白木が p_2 で導水していて、伊佐座の流量が 0 の場合屯田の導水量を $q = a - p_2$ とすれば、屯田、白木を同時に空にする条件から、

$$V_2/p_2 = V_1/p_1 \text{ or } V_1' = \sigma V_2 \quad \text{--- (1)}$$

すなわち屯田貯水量 V_1 が減じて (1) 式の V_1' に達したとき白木を使用し始めればよく、この場合 V_1/p_1 は σ を保ったまま減水してゆく。図-2 の V_1' 線は (1) 式より与えられるので、これが V_1 線と交った所から白木を使用することになる。次に白木を使用しているとき、伊佐座で $0 \leq g \leq a$ の流量 g が生じたときは厳密として a_2 までは引野に直送し、残量は屯田に揚水し、貯水池から補給すべき不足水量 $(a-g)$ は V_1/p_1 を保った状態で行うのである。屯田より $(a-g)d$ であり $d = p_1/(p_1+p_2)$ 、白木より $(a-g)\beta$ であり $\beta = p_2/(p_1+p_2)$... (2) と補給する。この場合屯田からのみしか補給しなれば藤木、島田の必要量 a_1 に対して、 $(a-g)d < a_1$ であれば、 V_1/p_1 を保つためには、 $a_1 - (a-g)d$ を屯田に揚水し、それだけ引野、穴生への直送を減じなければならぬ。以上の考察により導水方法を 2 に整理すると次のようになる。

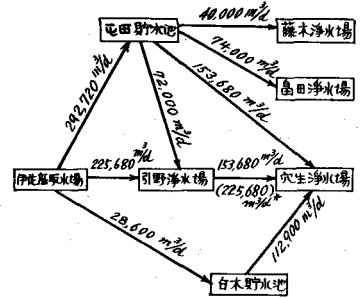


図-3 最適導水計画における各管路の通水能力 (※八木山ダムからの送水量を加算した値)

[A] $V_1/p_1 > \sigma$

(1) $0 \leq g \leq a$ a_2 までを引野、穴生に直送し、余分があれば屯田に揚水し、不足水量 $(a-g)$ を屯田から補給する。補給は藤木、島田および引野、穴生に導水する。

(2) $a < g \leq b$ a_2 を引野、穴生に直送し、 a_1 を屯田まで藤木、島田に導水する。余剰水量 $(g-a) \times 0.84$ を屯田に、 $(g-a) \times 0.16$ を白木に揚水貯水する。

[B] $V_1/p_1 = \sigma$

(1) $0 \leq g \leq a$

(i) $(a-g)d \geq a_1$ or $g \leq (a - \frac{a_1}{d})$ の場合 g を引野、穴生に直送し、不足水量 $(a-g)d$ を屯田から、 $(a-g)\beta$ を白木から補給する。

(ii) $(a-g)d < a_1$ or $g > (a - \frac{a_1}{d})$ の場合 $a_1 - (a-g)d$ を屯田に揚水し、残量 $g - a_1 + (a-g)d$ を引野、穴生に直送する。 a_1 を屯田から藤木、島田に導水する。結局不足水量 $(a-g)d$ を屯田から、 $(a-g)\beta$ を白木から補給する。

(2) $a < g \leq b$ [A] の (2) と同じ。

以上の導水方法によつた結果の両貯水池の貯水量曲線を図-2 に示している。なお σ と p_1 の (4) で示したように白木の貯水量が多いことは白木使用の回数が増すことより図-2 よりわかる。すなわち A 区間の終末以後、早い時期に白木貯水量を回復せよと 11 月初旬で白木使用の必要が生ずるのである。

7. おまけ ここでのべた導水方法によると、両貯水池を一併して求めた最大使用可能水量を確保でき、また両貯水池の使用状況は不足水量の補給を屯田がほとんど受け持ち、白木は最過水期の 1 回の使用のみで、必要を欠かすことなく、ほぼ最適の運用状態を昭和 55 年度では示していると考えられる。なお伊〜白〜穴の向の通水能力は前述のように長年の資料から最適値は決定されるべきだが、ほぼこの程度でよいと推定する。

に、本報についてご協力頂いた北九州市水道局、水工土木教室 崎山 正常、林 謙蔵 氏、大学院 楠田 哲也 氏に感謝します。