

新規利水上乗せに伴うため池の運用手法

木本凱夫・奥田康博*

三重大学生物資源学部

Operating technique for new users of reservoirs

Yoshio KIMOTO, Yasuhiro OKUDA*

Faculty of Bioresources, Mie University

Abstracts

Rainfall in Japan is decreasing, so we need to use water resources more effectively. For this purpose we need to construct watershed facilities. However, constructing these facilities has various problems like lack of places for dams, environmental problems, etc. Compared to such facilities, existing small reservoirs will be considered more important in the future, because there are so many of them and they don't require much construction expenditure.

At present, most of the reservoirs are used for irrigation and are controlled and used by local farmers. Their control is based on long experience, so when new users come into the system, rules have to be formulated to avoid conflict between them and existing users.

In this paper, we suggest a technique using a "standard operating line" and "required storage for drought volume line" to be applied as rules for reservoirs. The "standard operating line" is the line indicating standard variation of volume of water in reservoirs. The "required storage for drought volume line" is the line indicating the least amount of water below which water becomes inaccessible.

Using this technique involving the two lines above will enhance proper distribution of water from reservoirs.

Key words : reservoir, newly usable water, standard operating line, required dearth of water storage volume line

1. はじめに

かんがい用水の基となる降水量について近年の推移をみると、図1-1¹⁾のトレンド値のとおり徐々に少雨傾向にある。

少雨傾向になると水源（特にダム）に用水を依存する割合が高くなる。しかし、新規開発では、①効率的（集

水、容量、地盤）なダム適地が皆無に近い、②多額の建設費を要する、③環境問題の課題などがある。

このような状況を考えると、既存ため池は、①ヶ所数が多い、②新たな建設費を要しない等の理由から、今後ますます重要になると考えられる。ただし、既存ため池の利用にあたっては、補償問題を忘れてならない。

本論文では、今後ため池の活用が重要と考えられる点

平成12年11月15日受理

*現、若鈴コンサルタンツ株式会社（名古屋市西区）

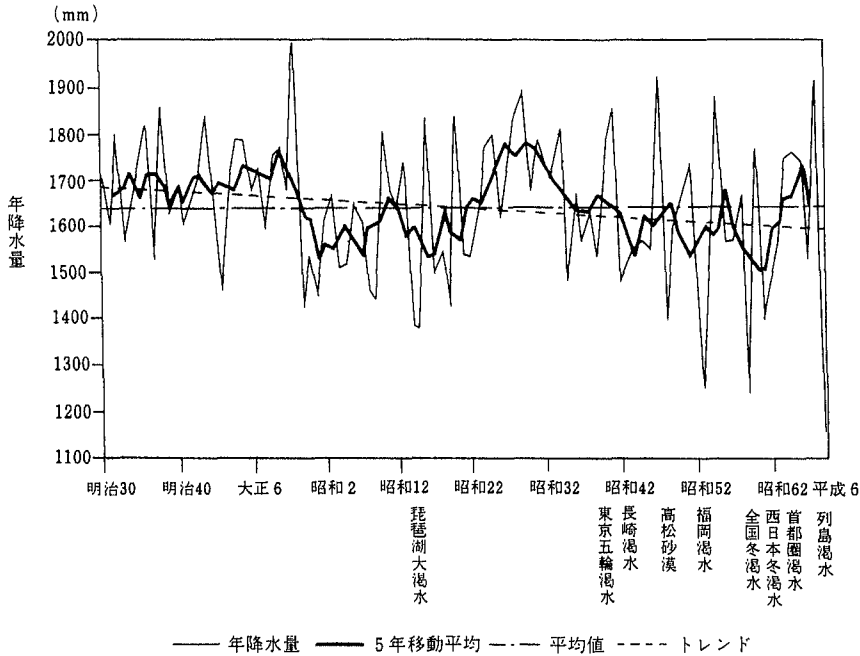


図 1-1 日本の年降水量の経年変化

(注) 1. 気象庁資料に基づいて国土庁で試算。全国46地点の算術平均値。
 2. トレンドは回帰直線による。

地点名：網走 根室 寿都 札幌 函館 宮古 山形 石巻 青森 秋田
 福島 前橋 熊谷 水戸 宇都宮 甲府 東京 長野 金沢 新潟
 福井 浜松 名古屋 岐阜 彦根 京都 大阪 和歌山 岡山 境
 浜田 釧原 広島 多度津 徳島 松山 高知 熊本 宮崎 福岡
 佐賀 長崎 鹿児島 名瀬 那覇 石垣島

を踏まえ、愛知県犬山市にある入鹿池を例に、新たに必要とする用水（“新規利水”）を既存ため池に上乘せする際の運用手法の検討について、提案、考察する。

池の運用は、地元の長年の経験則に基づいて運用されているのが現状である。しかし、新規利水者が上乘せ利水を行う場合を考えると、経験則に基づいた池の運用では、既利水者と新規利水者の利水に問題が生じる恐れがある。従って、新規利水の上乗せにあたっては、池の運用を改めてルール化する必要がある。このルール化の決め方及び運用方法の検討を愛知用水二期事業計画を事例として行う。

2. 対象地区概要

2.1 入鹿池²⁾

入鹿池は、今から約360年前に尾張藩の事業として築

造された大ため池である。その後、昭和に入り老朽ため池工事が行われ、ついで昭和54年～平成2年までは、防災ダム工事が行われた。

池の諸元は、流域面積3,440ha、有効貯水量15,187千³m³、満水位EL90.95m、最低水位EL74.00mである。入鹿池のかんがい地域は、池を管理運用している入鹿用水土地改良区の受益地1,011haの水田である。愛知用水幹線水路は、入鹿池の受益地内を通過しているが、現在両者は互いに独立している。

2.2 補給水源を必要としている愛知用水³⁾

愛知用水(愛知用水改良区)は現在、二期事業を実施している。この中で冬期畑かん面積の約1,680ha増加に伴い、約5,300千³m³の補給水の需要が発生(新規利水)し、これを地区内ため池である入鹿池に求めることとしている。なお現在、二期事業では幹線水路(開水路)の複断面化、支線水路の管水路化を実施している。

3. 実運用状況

ここでは、入鹿池の新規利水上乗せの計画運用検討にあたり、前もって実運用状況の把握を行う。

3.1 かんがい期間

かんがい期間は改良区の取水計画によると、表3-1のとおりである。

3.2 実運用状況¹⁾

入鹿池の貯水位変化図は図3-1に、総取水量は表3-2に示す。入鹿池の日々貯水位と放流量は、改良区によって管理月報に整理されている。

3.3 考察

①貯水位

昭和58年～平成2年までは防災ダム工事のため、冬期間間の貯水を故意に下げていると考えられる。

また、代掻き開始日である6月10日の貯水位は、満水位となるよう冬期間間に貯水を行っていると思われる。

平成6年6月以降の貯水位が他の年次に対し低下しているのは、渇水による影響と考えられる。また、7月後半に貯水位が上昇しているが、これは中干しによるものと考えられる。

②入鹿用水総取水量

昭和58年～平成5年までの11ヶ年平均では、16,859千m³の取水を行っている。二期事業計画が用いた昭和23年～42年の20ヶ年平均総取水量は、13,510千m³と算出されており、約1.2倍実績の方が多し（「4 二期事業計画水収支計算」の項参照）。これは、年次の違いによる降雨の差や池から受益地までの水路ロス差が考えられる。ここで水路ロス差とは、現況（S58～H5）の水路は開水路であるのに対し、二期事業計画は支線水路を開水路から管水路にするものであり、S23～S42は管水路を想定した取水量で、現況と二期事業計画では送水施設が異なることによる損失差である。

4. 二期事業計画水収支計算

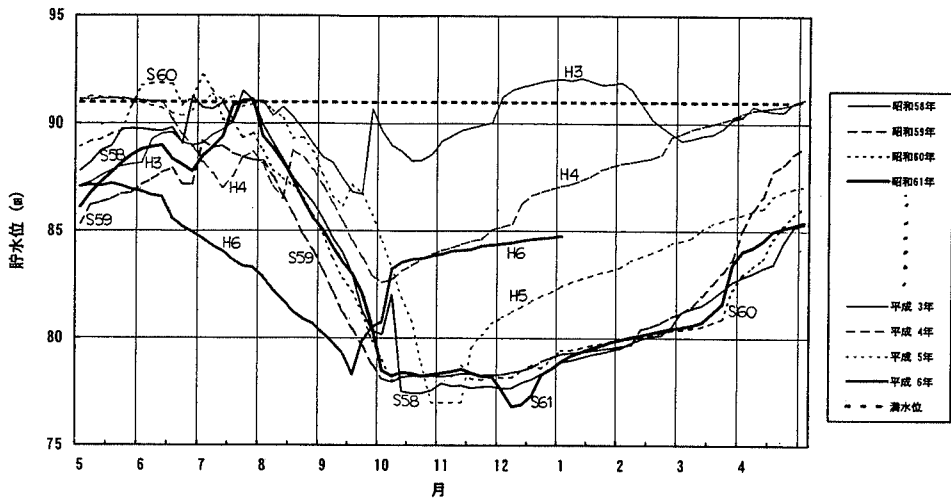
4.1 二期事業計画水収支計算

二期事業計画水収支計算は、昭和23年～42年の20ヶ年で行っており、入鹿池の貯水量を半月単位で算出している。その貯水位変化は図4-1のとおりである。

二期事業計画での入鹿池の利用は夏期（二期事業計画上は5月1日～10月3日）期間が入鹿用水、冬期（二期事業計画上は10月4日～翌年4月30日）期間が愛知用水となる。このため運用を考える際は、夏期末（10月3

表3-1 入鹿用水のかんがい期

月	5	6	7	8	9
日	6	10 15	15 20 30	5	30
作 期	苗代期		活着期	分けつ	中干し
		代かき期		幼穂形成	出穂開花期
取 水 量 m ³ /s	0.2	3.5	2.6	2.2	0
	(5/6～5/9)			3.5	2.4
	0.4 (5/10～5/30)				(8/6～8/24)
		0.3 (5/31～6/9)			2.2
					(8/25～8/30)
					登熟期



注) 防災ダム工事期間：昭和54年度～平成3年度
 入鹿用水土地改良区管理月報より作成

図3-1 入鹿池実運用貯水位

表3-2 入鹿用水総取水量 単位：千 m^3

実運用		二期事業計画			
年次	取水量	年次	取水量	年次	取水量
S58	18,291	S23	12,817	S33	13,681
S59	11,853	S24	14,187	S34	14,083
S60	17,934	S25	13,582	S35	13,954
S61	13,461	S26	13,772	S36	14,260
S62	13,426	S27	13,159	S37	14,744
S63	15,366	S28	12,204	S38	13,612
H1	19,878	S29	12,398	S39	14,459
H2	16,937	S30	14,239	S40	13,340
H3	16,798	S31	12,100	S41	13,513
H4	19,881	S32	12,001	S42	14,096
H5	21,623				
H6	11,759				
平均	16,859			平均	13,510

日)と冬期末(4月30日)の貯水位や貯水量が問題となる。参考に二期事業計画で算出した両日の貯水位は、表4-1のとおりである(現況の入鹿用水代掻き開始日である6月10日の貯水位も示す)。

4.2 考察

二期事業計画上における貯水位変化は、最低水位がEL85mまで低下し、冬期末日(4月30日)は昭和39年以外の年次でほぼ満水位となる。ちなみに昭和39年の冬期の降雨は異常小雨であった。

全体的に10月から翌年4月までの貯水位は、EL86~EL90.95mの間で推移している。冬期の愛知用水取水量(約5,300千 m^3)は、夏期の入鹿用水取水に対し、影響は少ないと思える。

この二期事業計画水収支計算は、実運用と比べ貯水位が全体的に高く推移しており、かなりかけ離れている。この要因として、計画と実運用とは「入鹿用水取水量が異なる」事が考えられる。この検証を以下に示す。

入鹿用水取水量について二期事業計画と実運用を比較すると次のとおりである。

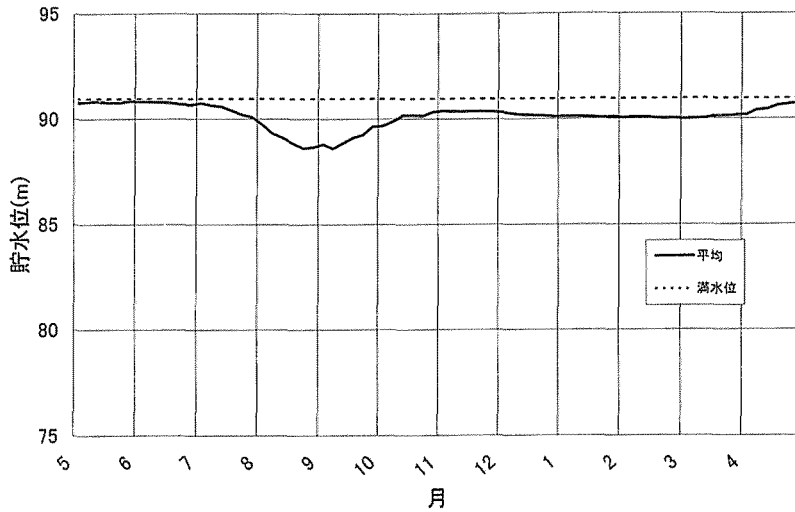
$$K = VJ / VN = 16,859 \times 10^3 / 13,510 \times 10^3 = 1.09$$

K:比率

VJ:実運用平均取水量(16,859 $\times 10^3 m^3$)

VN:二期事業計画平均取水量(13,510 $\times 10^3 m^3$)

これより、二期事業計画に対し実運用が、1.09倍大きい値を示している。これは、入鹿用水のかんがい方式の違い(二期事業計画はパイプライン、現在は開水路)によるものと考えられる。



注) 愛知用水二期事業計画水収支計算書より作成

図 4-1 入鹿池20ヶ年平均貯水位変化 (二期事業計画: S23 ~ S42)

表 4-1 入鹿池貯水位表 (二期事業計画)

単位: m

年次 (昭和)	6月10日	10月3日	4月30日
23	90.76	90.95	90.95
24	90.95	88.95	90.87
25	90.95	89.80	90.95
26	90.78	88.18	90.95
27	90.91	89.10	90.51
28	90.95	90.95	90.83
29	90.95	90.54	90.95
30	90.69	90.95	90.95
31	90.92	90.95	90.86
32	90.95	90.60	90.95
33	90.95	90.95	90.95
34	90.88	90.01	90.95
35	90.69	90.24	90.95
36	90.95	86.10	90.95
37	90.95	88.25	89.86
38	90.95	87.15	90.80
39	90.25	87.31	88.58
40	90.79	90.31	90.88
41	90.95	90.69	90.95
42	90.17	87.73	90.95
平均	90.82	89.67	90.72

計算は、5月1日から翌年の4月30日までを1年としている。

5. ため池運用方法の検討

5.1 検討諸元

①新規利水

二期事業計画の新規利水は、冬期畑かん用水のみである。本論文では、新規利水として計画されている冬期畑かん用水に今後需要が期待される夏期畑かん用水をプラスした「通年畑かん用水」と言うケースを考え、運用手法を検討する。水量は次のとおりとする。

入鹿池に依存する冬期畑かん用水は二期事業計画で算出されており、その値を使用する。夏期の畑かん用水は、愛知用水全体で必要とする夏期畑かん用水の1割を新規利水分と仮定する。

②池流入量

池流入量は二期事業計画の値を使用する。

③入鹿用水取水量

入鹿池は入鹿用水土地改良区が既利用者であることから、入鹿用水土地改良区に取水の優先権がある。新規利水にあたっては、既利用者の許可を得る必要がある。既利用者にとっては、多くの貯水量を確保しておきたいのが普通である。

入鹿用水土地改良区としては、実運用に用いられている入鹿用水計画取水量 (通常値) 程度 (表 5-1) を確保したいと考えられる。従って、既利用者の取水量を優

表 5-1 入鹿用水計画取水量（通常値）

期 間	取水量 (m ³ /s)	日 数	総量 (千m ³)
5/6 ~ 5/9	0.2	4	69.1
5/10 ~ 5/31	0.4	22	760.3
6/1 ~ 6/9	0.3	9	233.3
6/10 ~ 6/14	3.5	5	1,512.0
6/15 ~ 7/14	2.6	30	6,739.2
7/15 ~ 7/19	2.2	5	950.4
7/20 ~ 7/29	0.0	10	0.0
7/30 ~ 8/4	3.5	6	1,814.4
8/5 ~ 8/24	2.4	20	4,147.2
8/25 ~ 8/29	2.9	5	1,252.8
8/30 ~ 9/29	2.2	31	5,892.5
9/30 以降	0.0		
計		147	23,371.2

先に考え、二期事業計画の値を使用せず、入鹿用水計画取水量（通常値）を使用する。

5.2 検討方法

池の運用は豊水時は問題にならないが、渇水時が問題である。このため池の運用は通常時の運用に際し目標（目印）となる貯水ラインと、渇水時に節水を行う際の節水ラインの2つが必要となる。そこで、目標となる貯水ラインは“標準運用曲線”といい、節水ラインは“渇水要貯水量曲線”⁹⁾とする。

①標準運用曲線

標準運用曲線は、以下に示す算式に基づき、計算対象年次の古い時点 (y) から新しい時点 (y+1) へと計算を進めていく。求めた貯水量 $V(y, i)$ を対象年次分プロットし、各計算単位期間 (i: 例えば、時間、日、半旬であるが本論文では半旬である) 毎に 1/2 確率相当の点、つまり上位から N/2 番目の $V(y, i)$ を抽出し、これらを結んだ線または直線近似した線を標準運用曲線とする。

$$V1(y, i) = V2(y, i) - V3(y, i) - V4(y, i) - V5(y, i)$$

$$V(y, i) = V(y, i-1) + V1(y, i)$$

y : 計算年次 (1 ≤ y ≤ N)

N : 計算年数

i : 計算時間単位 (ここでは半旬)

V(y, i) : 貯水量

V1(y, i) : 貯水可能量

V2(y, i) : 池流入量

V3(y, i) : 入鹿用水取水量

V4(y, i) : 新規利水水量

V5(y, i) : 無効放流量

以下に、この標準運用曲線の考え方について説明を示す。

標準運用曲線は渇水・豊水にかかわらず、どの年次においても目標とするラインであるから、平均的なラインでもある。その際に単なる平均値を採用するか、ある確率の年次をピックアップするかの考え方がある。ここでは次項に示す渇水要貯水量曲線が 1/10 確率年をピックアップすることより、標準運用曲線もある確率の年次をピックアップする方が適当であると考え。また、確率をいくつにするかという問題もあるが、標準運用曲線は平均的なラインであることを考えると、より発生確率が高いことが求められる。よって、確率は 1/2 がもっとも高い確率であることから、1/2 を採用する。

一般的に「計画基準年」がそうであるように基準となる年次を抽出する場合、1年間を通して見て1つの年次を抽出するのが普通である。しかし運用を考える場合、半旬毎に 1/2 確率相当の年次を抽出する方がよいと考える。その理由は、次のとおりである。

確率計算を行う際、その項目は通常、年間降水量や用水量やダム容量等といった年間トータル量を対象に確率計算を行う。このような項目から 1/2 確率相当の年次を

ピックアップしても貯水変化ラインがどの時期においても 1/2 確率にはなりえない。例えば、確率計算でピックアップした 1/2 確率相当の年次の貯水変化ラインを見ると、ある期間で最低の貯水位といったことが想定される。

各半句において 1/2 確率相当の年次をピックアップすれば、そのようなことがないため、各半句において 1/2 確率相当の年次をピックアップする。

② 渇水要貯水量曲線

渇水要貯水量曲線は、以下に示す算式に基づき、計算対象年次の新しい時点 (y) から古い時点 (y-1) へと計算を進めていく。これは、標準運用曲線作成時の逆である。計算で得られた貯水量 (VD(y, i)) をプロットし、各計算時間単位 (i) 毎に 1/10 相当の点、つまり上位から N/10 番目の V (y, i) を抽出し、これらを結んだ線または直線近似した線が渇水要貯水量曲線である。

各半句で 1/10 相当の年次をピックアップする理由は、次による。渇水時の確率年は計画基準年がそうであるように、一般的に 1/10 確率を採用する。渇水要貯水量曲線は、渇水時の対応に充てる曲線であることから、1/10 確率の年次とする。また、1 年間をみて 1 ヶ年をピックアップするのではなく、半句毎に 1/10 確率の年次をピックアップする事については、標準運用曲線と同じである。

渇水要貯水量曲線は渇水時の対応を考え、今後の取水に影響が生じないよう必要量を前もって貯水しておくことを示している。式で表すと以下のとおりである。

$$VA(y, i) = V3(y, i) + V4(y, i)$$

$$VB(y, i) = VA(y, i) - V2(y, i)$$

$$VC(y, i) = VC(y, i+1) + VB(y, i)$$

If $VC(y, i) < 0$ then $VD(y, i) = 0$ else $VD(y, i) = VC(y, i)$

y : 計算年次

i : 計算時間単位 (ここでは半句)

- V2(y, i) : 池流入量
- V3(y, i) : 入鹿用水取水量
- V4(y, i) : 新規利水水量
- VA(y, i) : 取水量
- VB(y, i) : 過不足量
- VC(y, i) : 累加不足量
- VD(y, i) : 要貯水量

計算方法を、図で示すと次のとおりである。

今、考えをわかりやすくするため、雨なしのパターンを示す。各半句の用水量が、図 5-1-1 のとおりとする。

次に、図 5-1-1 を 9 半句目から 1 半句目に向かって累加していく。例えば、8 半句目は、9 半句目の 1m³/s を 8 半句目の 2m³/s に加え、3m³/s となる。これを図に示すと図 5-1-2 のとおりとなる。

これは、当該半句 (i) の用水量と 1 半句先 (i+1) の用水累加量の合計が、該当半句 (i) のはじめに池に貯めておく必要がある量、つまり“要貯水量”を表している。

現実には、流域からの流入があるから流入量と用水量の差 (過不足量) が、図 5-1-1 に置き換えられる。

1 半句先 (i+1) の累加値を当該半句 (i) の値に加えていく方法が、渇水要貯水量曲線の計算方法である。つまり、当該半句のはじめには、貯水しておかなければならない量を求めていくものである。

③ 標準運用曲線と渇水要貯水量曲線との関係

次に、標準運用曲線と渇水要貯水量曲線との関係を示す。いま、説明をわかりやすくするため、昭和 37、39 年をピックアップして 2 つのラインを対比して示す。一般に 2 つのラインの関係は、図 5-2-2 のように標準運用曲線が上で、渇水要貯水量曲線が下に位置する。また、お互い平行している。ただし、標準運用曲線が昭和 37

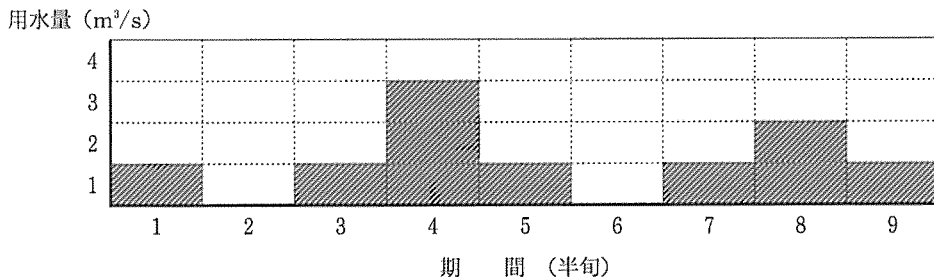


図 5-1-1 半句別用水量

年6月1半旬から4半旬にかけての満水位の時は、渇水要貯水量曲線は計算方向からみて下降ライン（グラフでは右から左方向に下がる）となる。これは、標準運用曲線での無効放流量が、渇水要貯水量曲線では利水にまわせられるため下降ラインとなる。

また、標準運用曲線で昭和38年8月5半旬から9月5半旬にかけて貯水量=0のときは、不足が生じている。このとき、渇水要貯水量曲線で、貯溜が必要となるため計算方向からみて上昇ライン（グラフでは右から左方向に上がる）となる。

よって、標準運用曲線が0となる前の時期では、渇水要貯水量曲線の方が標準運用曲線より上に位置することになる。これは、図5-2-2をみると明かである。

これらを模式図で示すと、図5-3-1のとおりである。

以上より、標準運用曲線と渇水要貯水量曲線の関係は、次のとおりである。

- ア: IF (“標準運用曲線で全ての年次で不足がない” and “全ての年次で満水に達しない”) THEN (“標準運用曲線>渇水要貯水量曲線” and “平行”)
- イ: IF (“標準運用曲線ですべての年次で不足がない” and “一部の年次が満水に達する”) THEN (“標準運用曲線>渇水要貯水量曲線” and “平行にならない”)
- ウ: IF (“標準運用曲線で一部の年次で不足が生ずる” and “一部の年次が満水に達する”) THEN (“標準運用曲線<渇水要貯水量曲線” and “平行”)

用水累加量 (m³/s)

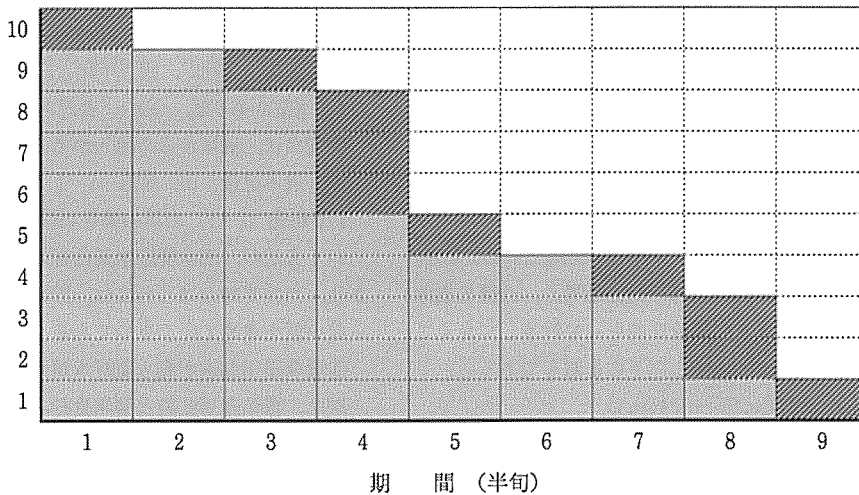


図5-1-2 半旬別用水累加量

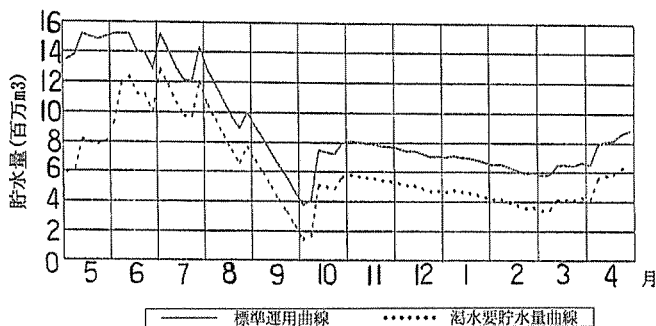


図5-2-1 昭和37年の関係図

にならない”)

④運用面からの関係

運用の面から両曲線の関係について、図5-3-2を参考に考えてみる。

1) 通常時の関係

通常の場合は、図5-3-2のように標準運用曲線の方が渇水要貯水量曲線より上に位置するはずである。標準

運用曲線は運用の目標とするラインであるから、利用者はできるだけ貯水が標準運用曲線に近いように運用する。

渇水要貯水量曲線は節水ラインであるから、干天が続き池流入量が減少した場合や取水量が増加するなど、貯水量が渇水要貯水量曲線を下回ると節水を行うことになる。言い換えれば、渇水要貯水量曲線より上に貯水量があれば、節水を行わなくて良いことになる。

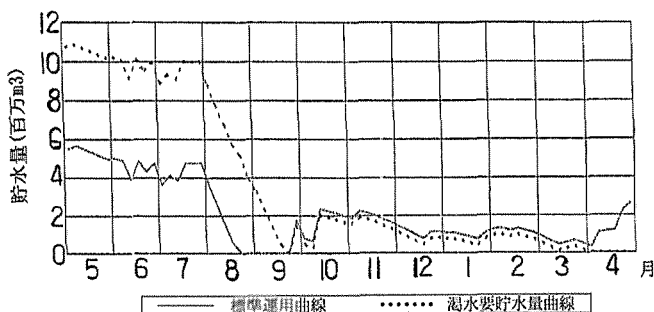


図5-2-2 昭和39年の関係図

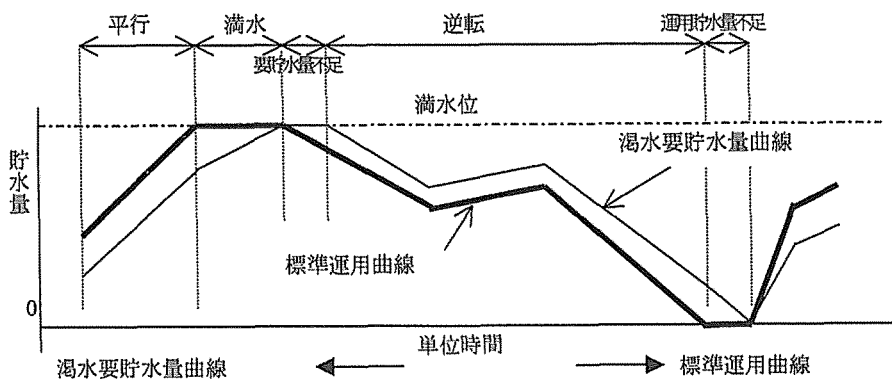


図5-3-1 標準運用曲線と渇水要貯水量曲線との関係模式図1

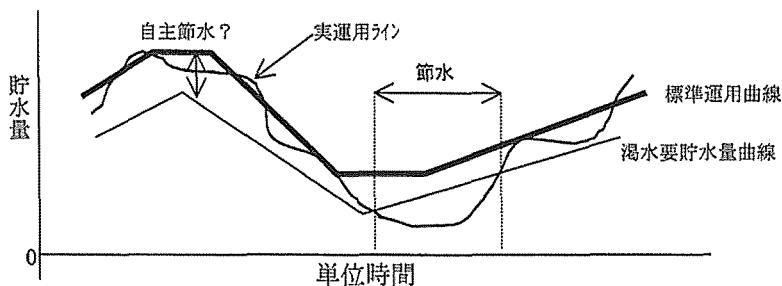


図5-3-2 標準運用曲線と渇水要貯水量曲線との関係模式図2

2) 逆転時

次に、図5-3-3のように標準運用曲線が渇水要貯水量曲線を下回った（逆転）場合である。標準運用曲線は、どのような年次においても運用の目標とするラインであるから節水を行わないラインでもある。

このため、標準運用曲線が渇水要貯水量曲線を下回った場合（逆転区間）は、“渇水要貯水量曲線＝標準運用曲線”とする事が考えられる。ただし、この区間では標準運用曲線を下回った場合は、即節水となる。しかし、通常時の目標とするラインが節水に入るラインと同じになることは、利水計画上適切でない。

このようなケースは取水量が多くなる、池流入量が少なくなる等池利用の条件が厳しくなればなるほど生ずる。標準運用曲線は、図5-3-4の左図のようにこのような条件が厳しくなると、ラインが低下してくる。逆に渇水要貯水量曲線は図5-3-4の右図のように上昇してくる。このようなことから逆転区間は発生する。

このような条件について、以下の具体的なケースを当てはめ検討を行っていくこととする。

5.3 計算方法

運用手法検討にあたって水収支計算をおこなう。次に計算方法を示す。

1) 標準運用曲線作成時の計算方法

- ア：計算は計算対象年次の古い時点から新しい時点へと進める。
- イ：初期貯水量は満水（15,187千 m^3 ）とする。
- ウ：貯水量は半旬毎に「1半旬前（古い時点）の貯水量＋池流入量－取水量計」で求める（ m^3/s ）。
- エ：ただし、貯水量は有効貯水量を限界とし、越えた分は無効放流とする。
- オ：半旬毎の貯水量（ m^3/s ）を体積換算（ m^3 ）し、貯水量 $V(y, i)$ （ m^3 ）を求める（ y :年次, i :半旬）。
- カ：貯水量 $V(y, i)$ を計算対象年次分プロットする。
- キ：半旬毎に1/2 確率の点を抽出するものとする。
- ク：これら抽出した点を結び、直線近似した線が標準運用曲線である。

2) 渇水要貯水量曲線作成時の計算方法

- ア：計算は計算対象年次の新しい時点から古い時点へと進める。これは、標準運用曲線作成時の逆である。
- イ：初期貯水量は貯水 $0m^3$ とする。
- ウ：半旬毎に過不足量（ m^3/s ）を「入鹿用水改良区、愛知用水取水量合計－入鹿池流入量」で求める。これはその半旬の取水量を、同一半旬の

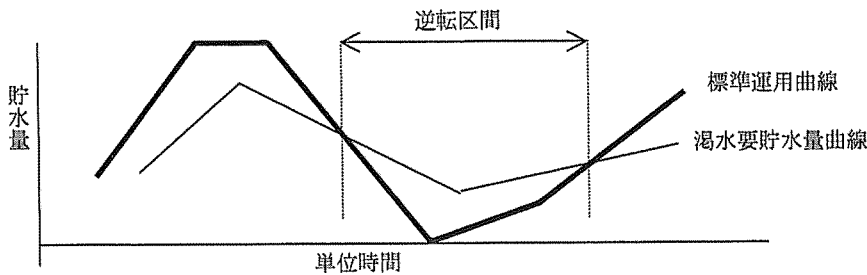


図5-3-3 標準運用曲線と渇水要貯水量曲線との関係模式図3

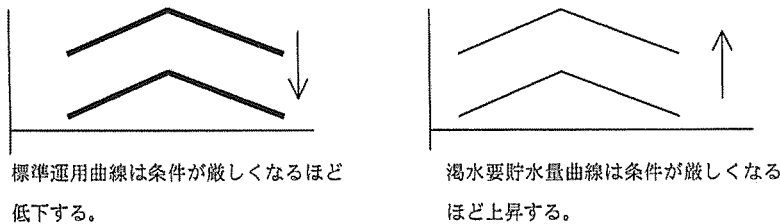


図5-3-4 標準運用曲線と渇水要貯水量曲線との関係模式図4

池流入量で賄うという考えである。

- エ: 不足量が生じれば、その量が1半旬前(古い時点)に確保する貯水量となる。従って、古い時点に向かってこの不足量を累加していくことで、各半旬において、この先(新しい時点)、最低確保しておくべき貯水量(累加不足量)を知ることが出来る。
- オ: 過量は基本的に無効放流量として取り扱うが、その半旬に累加不足量があれば、累加不足量から過量を差し引き、1半旬前(古い時点)の貯水量とする。
- カ: 半旬毎の貯水量 (m³/s) を体積換算 (m³) し、貯水量 Vd (y, i) (m³) を求める。
- キ: 計算で得られた貯水量 Vd (y, i) をプロットする。
- ク: 半旬毎に 1/10 確率の点を抽出する。
- ケ: これら抽出した点を結び、直線近似した線が、渇水要貯水量曲線である。

6. 通年畑かん用水を上乗せした場合

6.1 標準運用曲線

①水収支計算結果

前項で示した計算方法に基づき水収支計算を行う。その結果をグラフに示すと図6-1のとおりである。ここ

から、池が空となり不足が生じた年次は、昭和38年(12月6半旬~1月2半旬)と昭和39年(8月3半旬~9月5半旬)である。

②標準運用曲線の作成

標準運用曲線は、「どの年次においても池運用の目標とする貯水量を示すライン」と位置付けられる。先に示した方法で標準運用曲線を作成し、これを図6-1-1の太線で示す。

6.2 渇水要貯水量曲線

①水収支計算結果

前項で示した計算方法に基づき、水収支計算を行う。この結果をグラフに示すと図6-2-1のとおりである。

これより、1/10 渇水相当の年次を各半旬からピックアップし、これらを結んだ線が渇水要貯水量曲線である。また、これを直線に近似したラインを実運用に充てる。このラインを下回ると節水に入ることになる。

②節水率を考慮した場合

次に、節水率をいくつかのパターンに想定したケースを考える。ここで使用する節水率は、過去の愛知用水の節水状況を参考に、20%、40%、60%の値とする。各々の取水量は、それぞれ取水量に0.8、0.6、0.4を乗じた値となる。また計算は連続計算で行わず、夏期と冬期に分けて行うこととする(半期毎の計算)。これは、次の理由による。

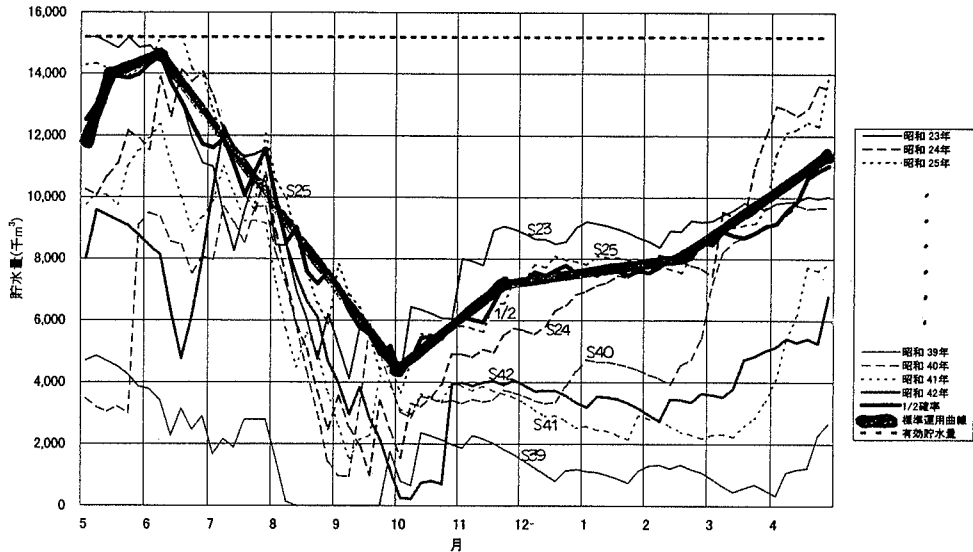


図6-1 標準運用曲線(通年畑かん用水を上乗せした場合)

池の運用は、夏期は愛知用水も利用するが主な利水は入鹿用水、冬期は愛知用水である。このため、夏期末（10月3日=10月1半旬）と冬期末（4月30日=4月6半旬）の貯水量を固定した運用が想定されることから、各期日までに一定の貯水量を回復させることが利用者に求められる。従って、節水率を設定しない計算における各年次の10月1半旬、4月6半旬の貯水量を初期貯水

量として半期ごとの計算を行う。

この結果をグラフ化すると図6-2-2～6-2-4のとおりである。それぞれにおいて、1/10 確率相当の年次を結んだ線の中太線を示す。また、直線近似ラインを太線で示す。

図6-1-2、図6-2-1～4を1枚の図で示すと図6-2-5のとおりである。この図から、「池貯水量が節水率

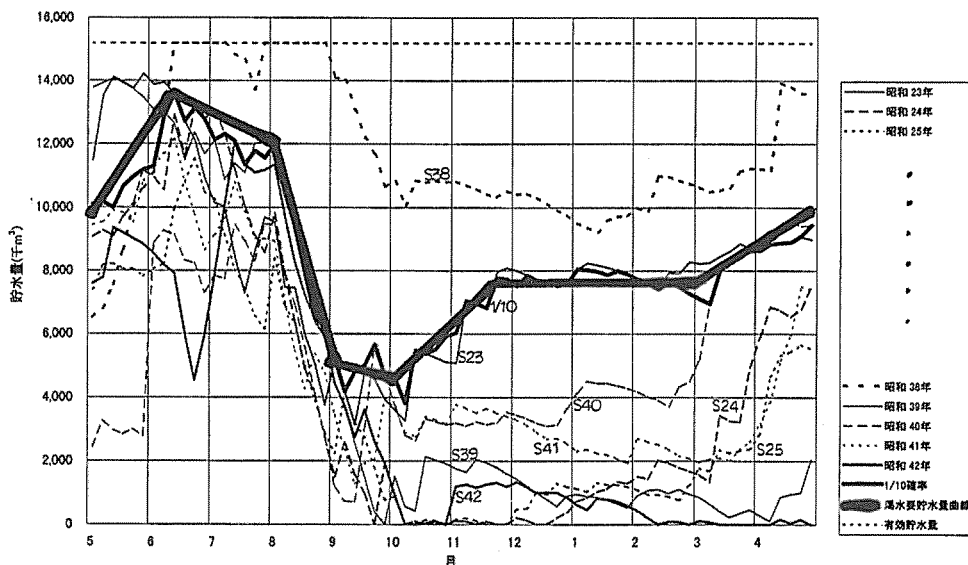


図6-2-1 渇水要貯水量曲線（通年畑かん用水を考慮した場合）

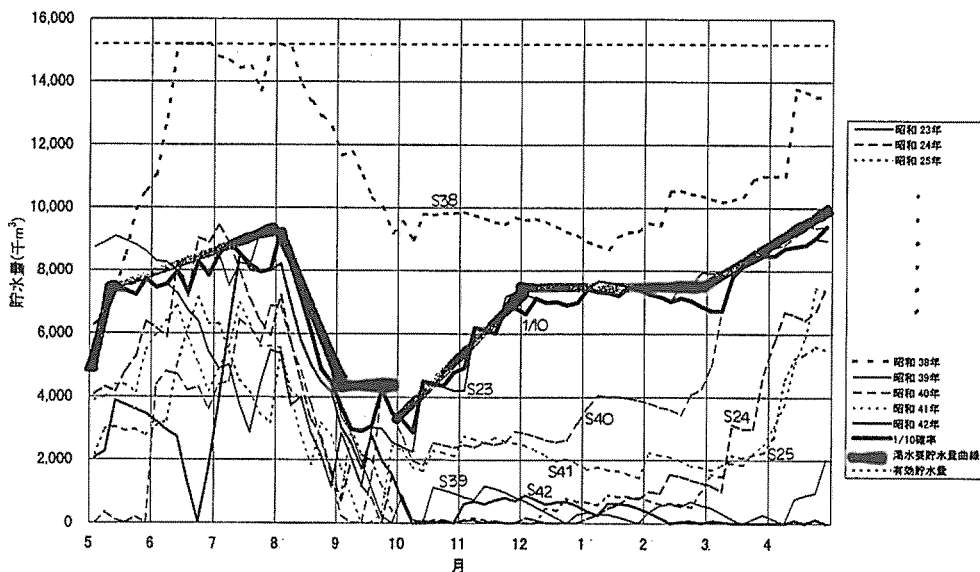


図6-2-2 渇水要貯水量曲線（通年畑かん用水を考慮した場合、節水率20%）

0%のラインを下回った場合は、節水率20%の線までは節水を20%行い、さらなる貯水低下を防ぐ」ことが表されている。

6.3 考察

図6-2-5を見ると標準運用曲線と渇水要貯水量曲線の0%節水の線が交差、逆転しているところがある。本

来、標準運用曲線は、渇水要貯水量曲線を上回っていないから、このように逆転している場合は、一部の年次で不足が生じていることを表している。本検討では、昭和38、39年の2ヶ年で不足が生じ、図6-2-5のような結果となった。この場合、「5.2検討方法1) 通常時の関係」で示したように、逆転区間は「渇水要貯水

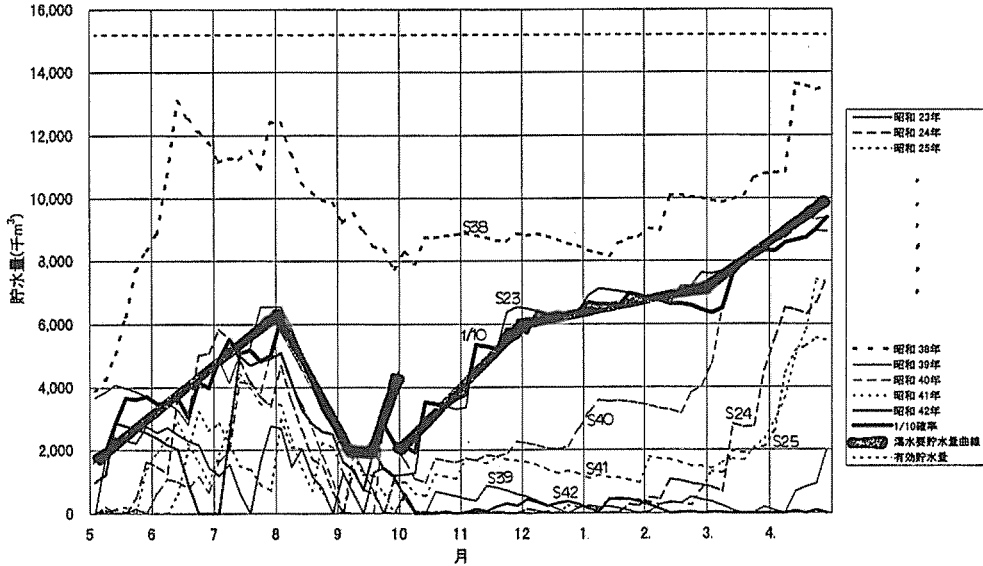


図6-2-3 渇水要貯水量曲線（通年畑かん用水を考慮した場合、節水率40%）

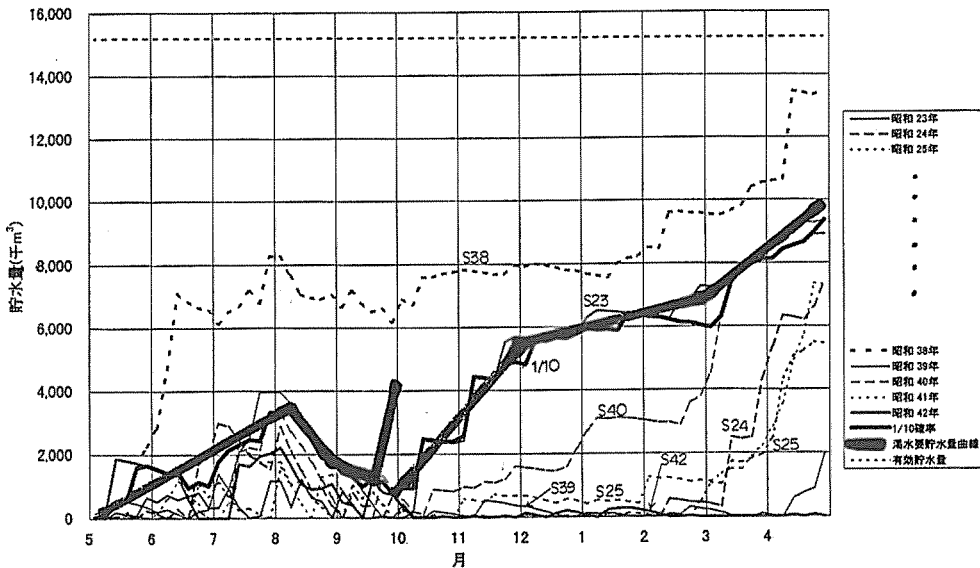


図6-2-4 渇水要貯水量曲線（通年畑かん用水を考慮した場合、節水率60%）

量曲線＝標準運用曲線」となるが、利水計画上適切でない。「4.2 考察」で示したように、昭和39年は異常渇水年である。ここで、昭和39年がどの程度の確率異常年か確率計算（岩井法）を行った。その結果、表6-1に示すとおり、昭和39年が1/250という異常年であった。昭和38年は1/4確率であり、特に異常年ではない。渇水要貯水量曲線の計算の場合、計算を遡って進めていくため、昭和39年の影響が昭和38年に生じてきている。

このため、昭和39年は確率異常年として、まず除外するものとし、昭和38年は渇水要貯水量曲線作成において昭和39年の渇水を受ける年次であることから、この2ヶ年を控除して再度両者の関係を検討する。この2ヶ年を除くことは、新規利水量が既設ため池の容量に見合っていないという考え方もあるが、利水計画の場合、施設整備水準から1/10確率の渇水に見合った計画を立てることから、1/10を大きく超過している昭和39年を控

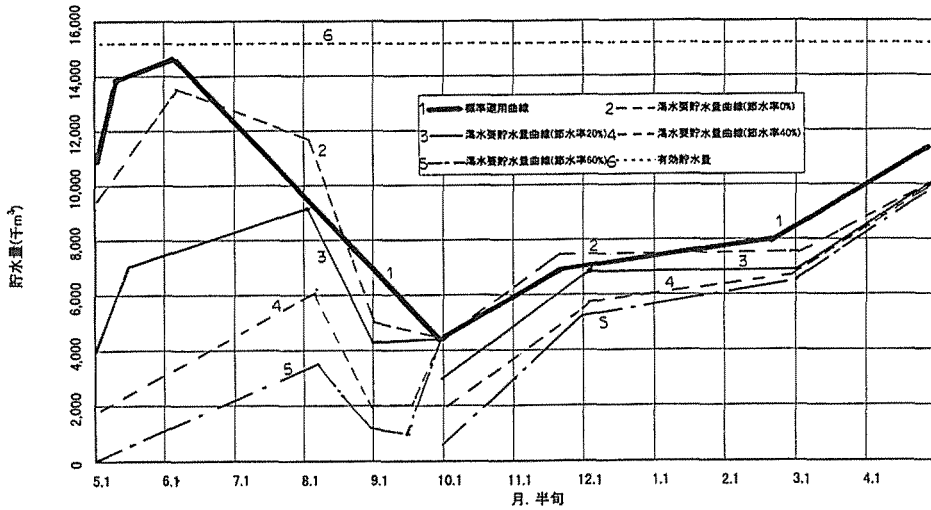


図6-2-5 運用パターン図（通年畑かん用水を上乗せした場合）

表6-1 確率計算一覧表

年次	池流入量 (千m ³)	確率	年次	池流入量 (千m ³)	確率
S23	36,370	1/2	S33	35,912	1/2
S24	39,809	1/2	S34	35,480	1/2
S25	38,128	1/2	S35	31,920	1/5
S26	33,398	1/4	S36	45,014	1/2
S27	36,301	1/2	S37	32,361	1/4
S28	49,736	1/2	S38	32,253	1/4
S29	46,812	1/2	S39	23,458	1/250
S30	33,268	1/4	S40	43,325	1/2
S31	40,880	1/2	S41	33,312	1/4
S32	42,936	1/2	S42	34,037	1/4

注) 池流入量はタンクモデル計算値⁹⁾である。

除したものである。なお、計算年次は、20ヶ年の連続計算を行い、標準運用曲線及び、渇水要貯水量曲線を作成する時にその2ヶ年を控除した18ヶ年で行う（20年のうち2年削除することは、1割検討年次が減少することになるが、検討においては、許容可能範囲と考えられるため18ヶ年でおこなう）。

計算結果はグラフで標準運用曲線を図6-3-1に、渇水要貯水量曲線を図6-3-2に示す。

また、節水を考慮した曲線を含めて1枚の図に示したものを図6-3-3に示す。これより、標準運用曲線が、渇水要貯水量曲線を下回らなくなった。つまり、水収支計算で不足が生じた年次が無くなったためである。よっ

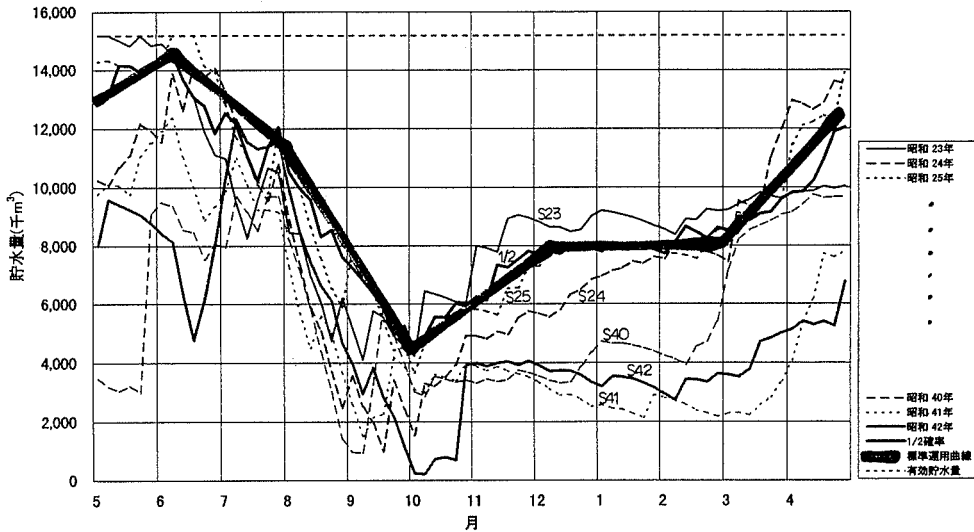


図6-3-1 標準運用曲線（通年畑かん用水を上乗せした場合、S38、S39を控除）

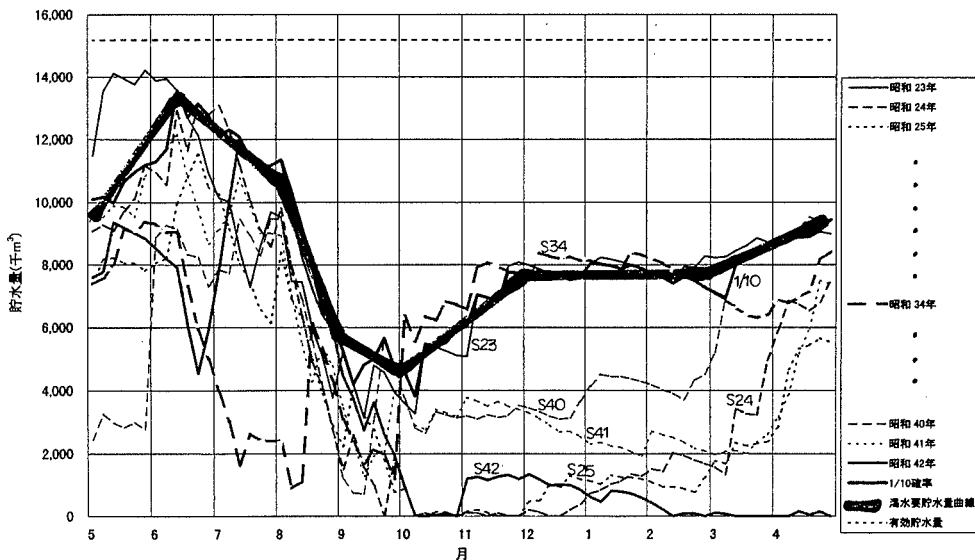


図6-3-2 渇水要貯水量曲線（通年畑かん用水を上乗せした場合、S38、S39を控除）

て、図6-3-3をもって、運用パターン図とする。

6.4 運用パターン図に基づく運用

運用パターン図適用前後の比較として、適用前後の変化が分かりやすい昭和38年を例に、運用パターン図適用前後の対比を図6-4に示す。

6月後半から節水率0%のラインを下回り、節水率20%に入った。8月以降、再度節水をすることによって、10月には運用パターン図適用前に比べ適用後は3,000

千 m^3 近い貯水を確保し、1月の貯水不足を回避することができた。

しかし、運用パターン図適用後でも11月後半に節水率60%のラインを下回ったままで、その後も流入量が期待できず、4月末まで取水出来ないという結果になった。

以上、運用パターン図適用のシミュレーションを行ったが、渴水要貯水量曲線に従い貯水を管理すれば、貯水

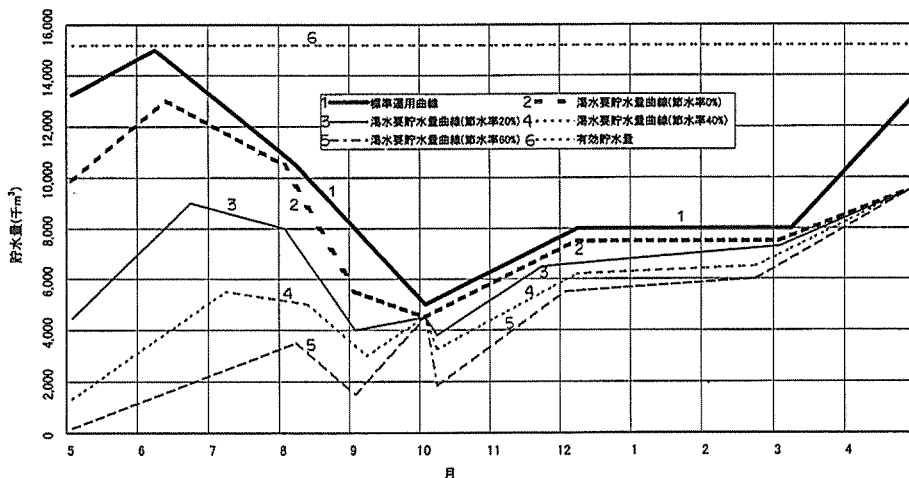


図6-3-3 運用パターン図（通年畑かん用水を上乗せした場合）

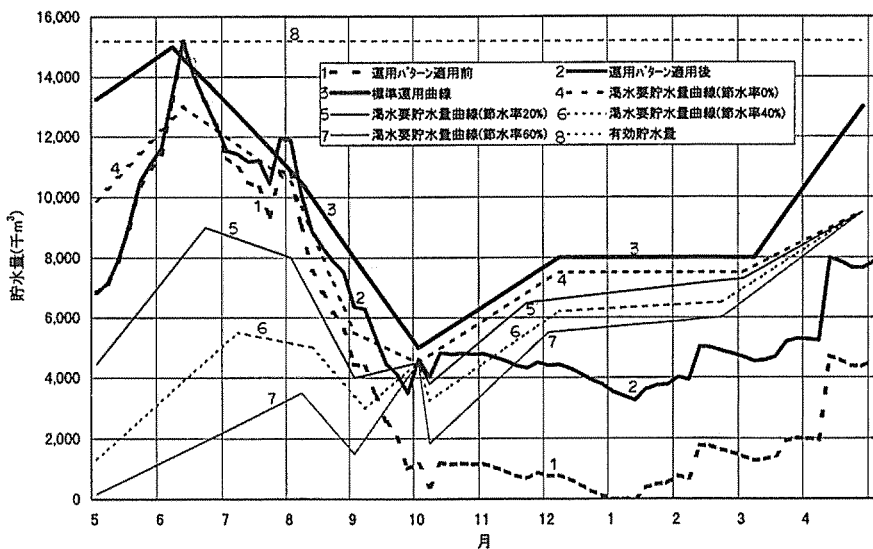


図6-4 運用パターン図の適用（通年畑かん用水を上乗せした場合、昭和38年）

が空にならず運用できることがわかる。シミュレーションでは節水対策を講ずることにより、運用パターン図適用前に比べ貯水が全体的に高くなった。

7. ま と め

ため池は、地元農家の長年の経験に基づいた勘に頼って運用されているのが現状である。新規利水が伴うと、ルール決めが必要になる。本論文は、ルール決めの際に2つの曲線を用いた。その1つが標準運用曲線で通常、目標とするラインである。もう1つが渇水要貯水量曲線で渇水時対応のラインである。

2つのラインの関係を示すと、標準運用曲線は1/2確率のラインで、渇水要貯水量曲線は1/10確率のラインである。貯水は標準運用曲線を目標に運用し、渇水要貯水量曲線を下回れば節水に入ることになる。本論文では、この2つの曲線を持って運用に当たり、既利水者と新規利水者が互いに利水へ影響を与えないよう、また貯水が0とならないよう提案する。

また、ため池容量は、築造当時の必要量に見合っていないはずである。しかし、用水受益需要構造の変革がなければ、新規利水を生み出すことは出来ない。入鹿池の場合、築堤時の受益面積が不明であるため、昭和31年の受益面積(1,420ha)と現在の受益面積(1,011ha)を比較すると、約3割の減である。この分が新規利水の一部を生み出したと考えられる。

要 約

我が国の降水量は、少雨傾向にあり、水資源の有効利用が求められる。水資源の利用には、水源施設の建設が必要であるが、ダム適地が皆無に近いことや環境問題等課題が多い。これに対し、ため池は、ヶ所数も多く多額の建設費を必要しないことから今後益々重要な水源施設になると考えられる。

現在、大半のため池は、地元農家の管理運用によって、農業用水に使われている。運用は、長年の経験則に基づいて行われているが、新規利水をため池に求めるに当たっては、既存利水者と新規利水者の間に問題が生じないよう、改めてルール化する必要がある。

本論文では、ため池運用ルールとして、「標準運用曲

線」と「渇水要貯水量曲線」を活用した手法を提案する。標準運用曲線は、標準的な池貯水量変化を示した曲線である。渇水要貯水量曲線は、池貯水量がこの曲線を下回ると、将来、取水が困難になる貯水量を示す曲線である。この2つの曲線の作成により、適切なため池運用が可能と考える。

参 考 文 献

- 1) 国土庁：平成7年度版水資源白書，大蔵省印刷局：P55（1996）
- 2) 愛知県一宮農地開発事務所：県営防災ダム事業入鹿池の概要，（1991）
- 3) 水資源開発公団：愛知用水二期水利計画概要，（1983）
- 4) 入鹿用土地改良区：入鹿用土地改良区管理月報，（1983～94）
- 5) 千賀裕太郎：水資源のソフトサイエンス，鹿島出版会：P13～P75（1991）
- 6) 水資源開発公団：平成7年度愛知用水2期事業入鹿池高度利用等検討業務報告書，（1995）