淀統広計-7808

渇水時の管理手法検討業務

報　告　書

昭和54年3月

近畿地方建設局
淀川ダム統合管理事務所

ま　え　が　き

本報告書は、現在および琵琶湖総合開発事業完成後における淀川水系のダム群、琵琶湖の渇水時の統合管理のあり方について検討した結果をとりまとめたものである。

目　　次

第1章　琵琶湖・ダム群の操作方法の検討

1—1　概　　説

淀川水系の利水計画は、一般の河川と同様にいわゆる実績方式（ダム等の開発順序にしたがって基準地点の流況を平滑化して、新規開発量を算定する方法）によって策定されている。

しかし、淀川水系には巨大な調節能力をもつ琵琶湖が存在することは、流水管理において他河川とは異なった特長があり、また利水計画上のダム操作とは別手法によるダム群の管理が要求される。

すなわち、実績方式では枚方基準点の確保流量のみにとらわれるあまり、ダム直下流から支川の流況を軽んじる場合がある。

また、琵琶湖からの放流は流入量を平均化して流すことが最も合理的な操作であるにもかかわらず、枚方不足量だけを放流して琵琶湖に貯留する実績方式では、無効放流の機会を多くする欠点がある。

一方、豊水時には枚方確保流量は、琵琶湖以外の残流域からの流量で満足され、特に琵琶湖からの補給を必要としないが、責任放流量以上の放流が保たれ、宇治川および淀川の流況改善に寄与している。

本章ではこれらのダム群、琵琶湖の利水計画上の運用を基本ルールとしつつ、管理手法としての諸条件を整理して、ダム群等の操作方法について検討する。

1—2　管理条件の検討

1—2—1

現在、淀川水系には高山、室生および青蓮寺の3ダムが水資源開発事業として竣工し、琵琶湖総合開発事業が工事中である。

本節では、琵琶湖総合開発事業の完成前後において、渇水時の琵琶湖・木津川3ダム（以下ダム群と称す。）の貯水池運用計算を行なうための管理条件について検討する。

ダム群を運用、管理する条件は、流況を既知とすれば3つである。1つは水収支を計算する基準地点を選定すること、2つ目は基準地点の確保流量を設定すること、3つ目は基準地点における水収支の過不足に対してダム群の操作基準を設けることである。

これら3つの管理条件について、現在の利水計画システムとの関連性に配慮しながら検討するが、第1段階としてはあまり細かい点にはとらわれないで、淀川水系の渇水時の流況特性、基準地点の性格、確保流量の範囲等についてマクロ的に正しく把握することを目標にして検討を進める。

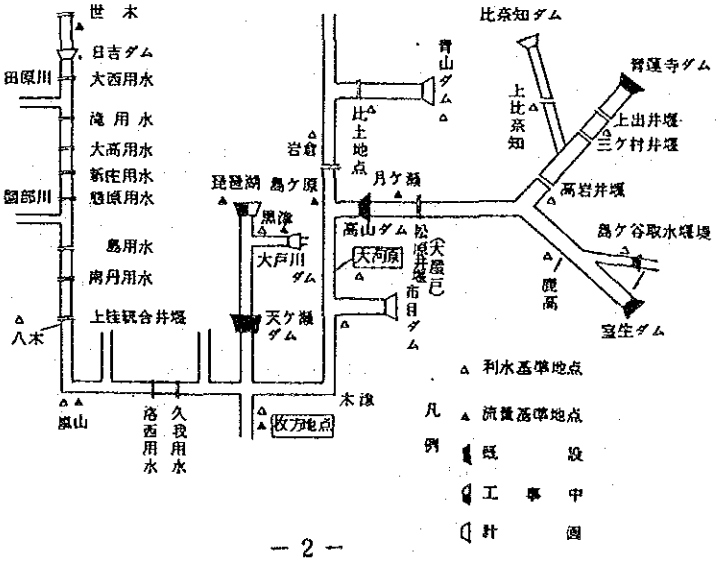
1—2—2　管理基準地点の選定

(1)　利水基準地点と確保流量

淀川水系利水基準地点は下図のとおりであるが、現在および琵琶湖開発後においては、枚方と木津川筋のみを考慮すれば十分である。

木津川3ダムの利水計画における利水基準点と確保流量等は表1—2—1に示すとおりである。3ダム共通の利水基準点は大河原、枚方両地点であり、かつダム操作条件である確保流量等の条件もほぼ同じであると考えてさしつかえない。

図1—2—1　淀川水系利水基準点模式図



本検討で琵琶湖の運用計算上、3ダムは木津川筋のみの流況調整を目標に操作すれば十分であるから、管理基準点は大河原を選定する。したがって、青蓮寺・高山両ダムの枚方補給を行なわないダム操作とし、その分に見合う貯水残存容量は、琵琶湖運用後の異常渇水時の余裕として考慮する。なお室生ダムは枚方補給がないので利水計画上の運用通りとする。

表1—2—1　利水基準地点と確保流量等　（単位：㎥／s）

利水基準地点	室生ダム	青蓮寺ダム	高山ダム
大河原貯留制限	12.0　(6/16~9/15)	12.0　(6/16~9/15)	12.0　(6/16~9/15) 6.0　(9/16~6/15)
大河原確保流量	—	12.0　(6/16~9/15) ただし補給量　max. 1.3	12.0　(6/16~9/15) 6.0　(9/16~6/15)
ダムサイト	(奈良分水) 1.6　(4/16~10/15) 1.2　(10/16~4/15)	(名張上水) 0.19 (名張特定) max. 0.60 (上出、三ケ村不特定) 0.98　(5/16~9/15) 0.50　(9/16~5/15)	—
鹿高不特定	2.3　(5/16~9/15) 1.7　(9/16~9/30) 1.0　(10/1~5/15)	—	—
高岩不特定	—	0.70　(5/16~9/15)	—
枚方貯留制限	143.97　(5/16~9/15) 127.17　(9/16~5/15)	143.97　(5/16~9/15) 127.17　(9/16~5/15)	143.97　(5/16~9/15) 127.17　(9/16~5/15)
枚方新規開発	—	max. 2.3	max. 5.0

1－2－3　枚方確保流量の設定

(1) 利　水　計　画

淀川水系水資源開発基本計画（昭和47年9月改訂）における枚方確保流量の推移は表1－2－2に示すとおりである。同計画による木津川3ダムの枚方確保流量は第1期河水統制による水利権136.67㎥／s（非かんがい期　119.87㎥／s）に枚方新規開発量として青蓮寺ダムの2.3㎥／s、高山ダムの5.0㎥／sを加算した流量である。

なお、計画上3ダムは1つの計画であると考えて、貯留制限条件としての枚方確保流量は3ダムとも同一である。

一方、琵琶湖開発後の枚方確保流量は下表のように水利権ベース187.67㎥／sに対して、月別波型があり最大184.18㎥／s、平均161.14㎥／sで、水利権の内訳は農業用水16.80㎥／s、都市用水82.37㎥／sおよび維持用水88.50㎥／sとなっている。

表1－2－2　利水計画における枚方確保流量の推移

（㎥／s）

	第1期河水統制時		3ダム後(*)	琵琶湖開発後	
水利権	136.67	比　率	143.97	187.67	放流制限（QHD）
1月	110.20	0.854	117.50	150.24	103.72
2	111.07	0.911	118.37	153.01	106.21
3	111.14	0.906	118.44	152.94	106.15
4	110.66	0.908	117.96	152.50	105.75
5	112.16	0.968	119.46	156.04	108.94
6	118.49	1.039	126.09	164.85	116.87
7	126.18	1.156	133.48	176.48	127.33
8	132.52	1.195	139.82	184.18	134.26
9	122.30	1.165	129.60	173.94	125.05
10	114.33	1.028	121.63	160.25	112.73
11	112.17	0.943	119.47	155.23	108.21
12	111.95	0.926	119.25	154.43	107.49
平　均	116.10	1.000	123.40	161.14	113.53

注－1.　QHD＝（QH－70.0）×0.90＋70.0×0.45　（S.14年渇水のみ対象）

注－2.　(*)　木津川3ダム後（日吉ダムを含めない）

(2) 渇水時の枚方流況

過去60年間の枚方流況より低水流量と渇水流量を示すと図1－2－2のとおりである。主要な渇水期は7回生起しており、そのときの低水流量は150㎥/s以下で、とくに大正13年、昭和14年、26年、37年および48年渇水では130㎥/s以下、渇水流量は110㎥/s以下（37年を除く）を記録している。

図1－2－3は昭和48年と52年の枚方流況を示したものである。両年とも月最小日流量は100㎥/s以下であり、52年は8月以降90㎥/sを下回っており、48年と同程度の渇水規模である。48年は9月から翌年1月までの月平均日流量が、100～130㎥/s程度であったため、琵琶湖水位は52年よりも低下しており（表1－3－3参照）、また、実際の渇水評価としても48年の方が厳しい渇水であった。

(3) 管理条件としての枚方確保流量

淀川水系における水の使用実態をマクロ的に把握すれば、淀川上流圏の還元水は中流圏すなわち京都盆地で再使用され、さらにその還元水は三川合流点以下で再び河川水として利用されている。京都盆地では、約30㎥/sの農業用水と約8㎥/sの都市用水が三川および疎水から取水されているが、淀川の渇水時には、むしろ補給の役目を果しているために、淀川の水管理としては、淀川下流圏、関連圏、利水圏(*)を対象とすればよいことになる。

下流圏以下の水需要の推移は次表のとおりで、総需要水量に占める都市用水の比率が急激に増加している。

表1－2－3　平水時における各種用水のシェアー（㎥/s）

区分＼時点	淀川河水統制前		河水統制		長柄可動堰		高山、青蓮寺正蓮寺		現在	
農業用水	16.80	% 9.8	16.80	% 12.3	16.80	% 11.5	16.80	% 10.9	16.80	% 8.7
上水道用水	13.07	7.6	23.25	17.0	29.81	20.3	41.97	27.3	69.18	35.7
工業用水	3.12	1.8	8.12	5.9	11.56	7.9	15.20	9.9	28.00	14.4
維持用水	138.70	80.8	88.50	64.8	88.50	60.3	80.00	51.96	80.00	41.24
計	171.69	100	136.67	100	146.67	100	153.97	100	193.98	100

〔近畿地方建設局「水需給実態調査報告書」昭和50年3月〕

(*) 淀川水系の利水圏域を次のように区分する。
上流圏：琵琶湖流域、宇治川、木津川、桂川の三川上流域。
中流圏：京都盆地を中心とする三川の中流域
下流圏：三川合流点下流域、関連圏：大阪市及び東大阪地区、利水圏：大阪府内、阪神地区

すなわち、昭和10年代には、都市用水は枚方流況に対して僅かに10％弱の需要であったものが、今日では50％を占めるに至っている。したがって渇水時における都市用水の供給安全度は低下の傾向にある。

一方、非常渇水時には利水計画上の水利権ベースに基づく需要水量を確保することは困難になる場合があり、琵琶湖、ダム群の放流制限操作を行なうが、そのことは枚方確保流量に対して取水を制限することと同義となる。したがって、管理条件としての枚方確保流量は次のように考えることができる。

イ）枚方確保流量は利水計画上の水利権ベースに基づく流量として設定し、ダム群等の放流制限操作の手法を検討する。

ロ）管理上の枚方確保流量を利水計画とは別に新しく設定した上で管理手法を検討する。

枚方流量がどの程度のときに水不足問題が社会的に生じるかは一概にはいえないので、上記ロ)の管理上の確保流量を決定する根拠を見い出すことは容易でない。

本検討では、確保流量は利水計画と同一にして管理手法を検討した方が周知の前提条件を用いるため、ダム群等の運用結果を判断し、評価する際の基準が明確となる。

以上のことから、本検討では枚方確保流量は利水計画の値と同一にする。

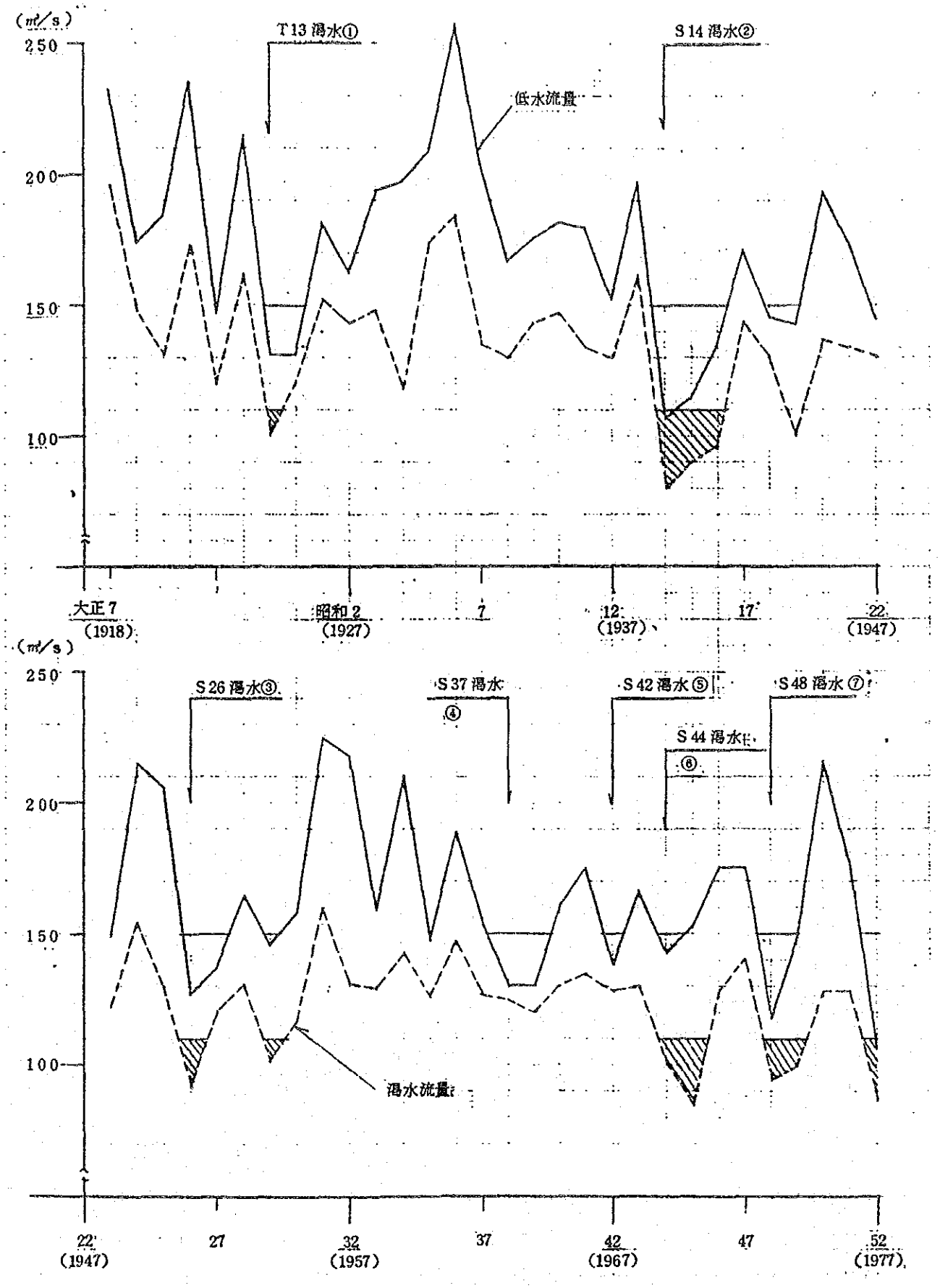


図1－2－2　枚方流況の経年変化（実測流量）

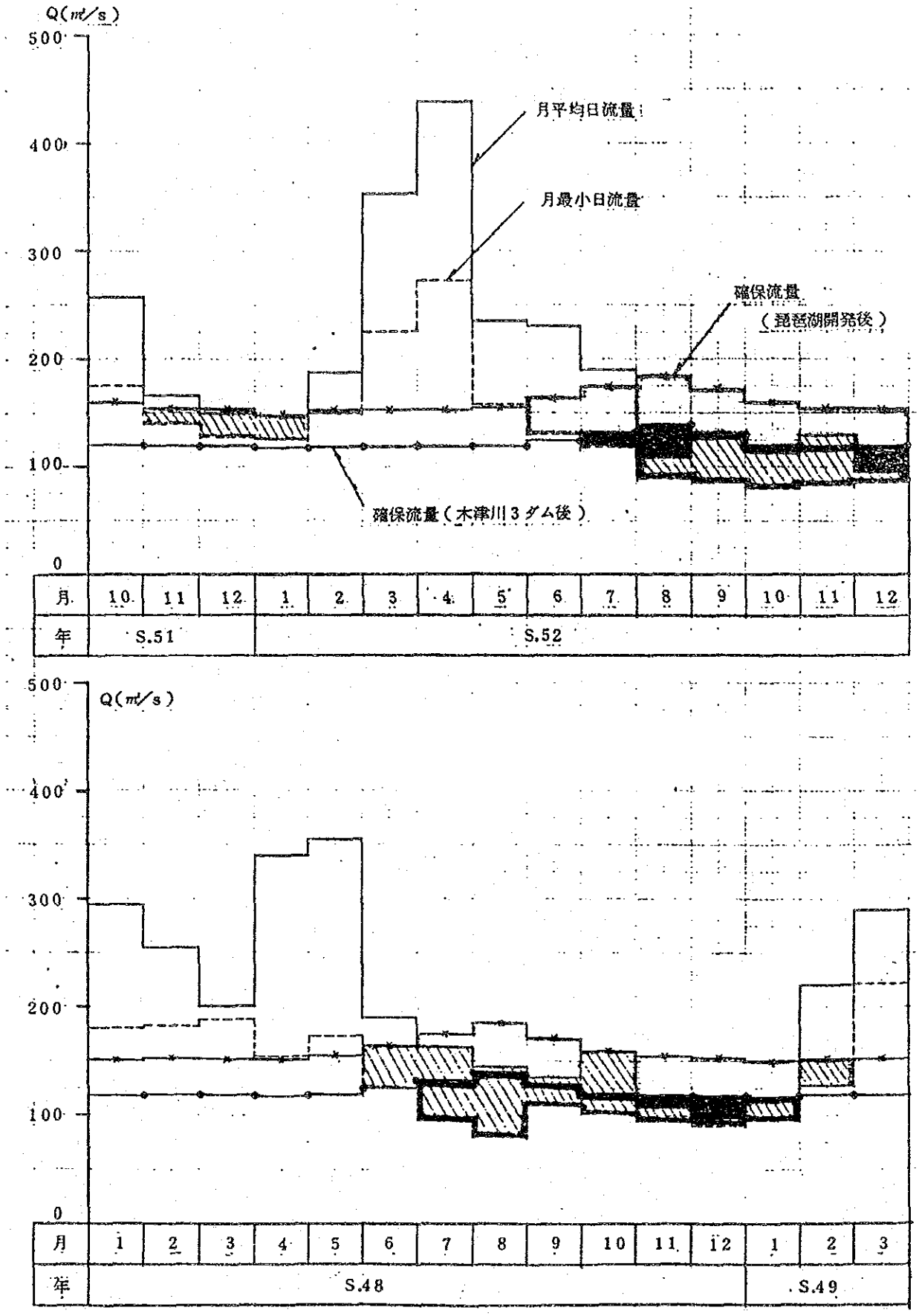


図1—2—3　近年の渇水時の枚方流況（実測値）

1—3　琵琶湖・ダム群の運用計算

1—3—1　計　算　条　件

前節の検討結果より、次に示す条件によって琵琶湖・ダム群の運用計算を実行して、主要渇水年における琵琶湖水位を木津川3ダムの貯水池残存容量を求めて、放流制限ルール検討の基礎資料とする。

(1)　木津川3ダムの運用は原則として各ダムの利水計画通りとする。ただし、枚方確保流量に対するダム補給はしない。

(2)　琵琶湖は枚方確保流量に対して完全補給を行なう。

(3)　枚方確保流量は次の3ケースを与える。

ケース1……第1期河水統制終了時、平均116.10㎥／s

ケース2……木津川3ダム計画後、　平均123.40㎥／s

ケース3……琵琶湖開発後、　平均161.14㎥／s

なお、各ケースとも月別波型は表1—2—2に示す。

1—3—2　運用計算式

ダム群の運用計算式は淀川水系利水計算システムをそのまま使用し、前述の木津川ダム群の枚方補給に該当する計算式の部分を変更して計算を実行した。

1—3—3　木津川3ダムの運用結果

前項のダム群の運用計算結果より、木津川3ダムの貯水池残容量を摘出すると表1—3—1のとおりである。

青蓮寺、高山両ダムの利水計画対象年は昭和27年～28年であるが、表1—3—1 に示すとおり、大正7年～昭和52年の60年間では、大正13年、昭和14年、19年、26年および44年の計5回貯水池は空虚になり、相当の不足容量が生じる。

両ダムの枚方補給なしの運用ケースの場合、すなわち木津川筋の流況改善のみで操作した場合の貯水池の残容量は、昭和14年の異常渇水ではわずか17.02 m.s.d、次いで昭和19年の97.45 m.s.d、昭和22年の174.61 m.s.d、昭和40年の177.12 m.s.d と続いている。

枚方補給ありのケースと比較したときの残容量の差は(*)昭和44年が最大値320.95m.s.d、第2位は昭和26年の285.66 m.s.d である。この残容量は木津川筋に対する流況改善の潜在的ポテンシャルと考えることもでき、例えば昭和14年渇水の大河原への補給期間（7／11～9／5）52日を対象とすれば、さらに約6㎥／sの平滑化が可能となる。

表1—3—1　木津川3ダム運用後の青蓮寺・高山ダム貯水池残容量

(m.s.d)

ダム / 区分 / 渇水年	青蓮寺ダム				高山ダム		2ダム残容量	
	枚方補給あり		枚方補給なし		枚方補給なし	枚方補給あり	補給なし	補給あり
		生起日		生起日				
T.13	△32.09	8、⑤	53.78	9、②	131.64	△50.30	185.42	0
S. 2	88.07	7、⑥	99.57	7、⑥	115.87	115.87	215.44	203.94
〃	61.02	9、①	(72.52)	(9、①)	(159.70)	159.70	—	—
9	79.28	8、⑥	104.58	8、⑥	110.43	74.25	215.01	153.53
14	△312.79	7、④	△36.19	9、④	17.02	△500.85	17.02	0
17	(102.34) 59.84	8、① 8、⑤	(102.34) 59.84	8、① 8、⑤	(138.45) 152.55	(138.45) 152.55	— 212.39	— 212.39
19	114.14	7、②	26.15	8、①	71.30	△155.45	97.45	0
22	3.63	9、②	25.21	9、②	149.40	109.70	174.61	113.30
26	△51.30	12、②	125.96	9、③	159.70	△105.85	285.66	0
27	66.29	9、①	103.09	9、①	—	42.27	219.06	108.56
〃	62.46	9、⑤	(96.76)	9、⑤	(159.70)	127.87	—	—
〃	21.98	12、④	—	—	115.97	121.40	—	—
37	165.31	3、①	—	—	—	511.82	—	—
〃	177.50	10、⑤	178.20	10、⑥	159.70	144.80	337.90	322.30
40	44.92	9、①	81.72	9、①	95.40	42.95	177.12	87.87
42	27.54	9、②	101.09	6、⑤	98.90	134.70	199.90	—
〃	53.24	10、⑤	(94.89)	6、⑥	(128.80)	81.95	—	135.19
44	△23.80	12、⑥	161.25	8、④	159.70	△144.60	320.95	0
48	73.21	8、③	110.01	8、③	139.05	44.50	249.06	117.71

注—1.　8、⑤は8月第5半旬の意味

注—2.　△印は不足容量（生起日は残容量が0になったとき）

注—3.　高山ダムの生起日は青蓮寺ダムとほぼ同じである。

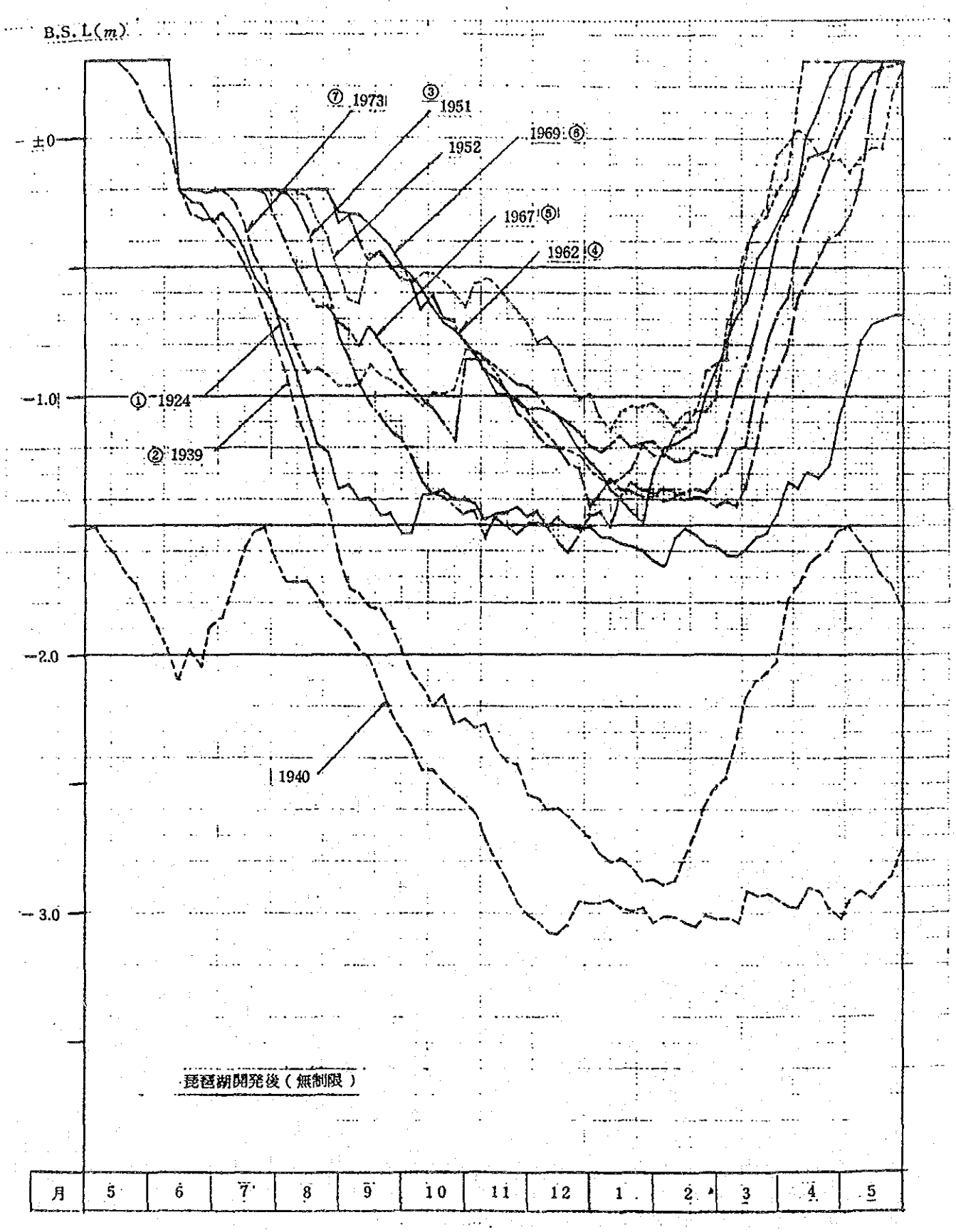


図１－３－１　主要渇水年における琵琶湖水位の変化図

表1—3—2～1　琵琶湖月別最低水位表

（枚方確保流量：木津川3ダム後）

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年最低水位
T. 7	0.26	0.27	0.30	0.30	0.29	−0.01	−0.02	−0.07	−0.02	0.00	0.27	0.25	−0.07
8	0.27	0.28	0.30	0.30	0.20	−0.01	0.00	−0.03	−0.10	−0.10	−0.08	−0.09	−0.10
9	0.20	0.30	0.29	0.30	0.24	0.00	−0.03	0.00	−0.02	−0.12	−0.26	−0.24	−0.26
10	−0.02	0.30	0.30	0.30	0.29	0.00	−0.01	−0.08	0.00	0.00	0.09	0.15	−0.08
11	0.22	0.30	0.27	0.30	0.20	0.12	−0.07	−0.48	−0.85	−0.88	−0.82	−0.74	−0.88
12	−0.23	−0.02	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00	−0.21	−0.07	0.00	0.14	0.26	−0.23
13	0.24	0.22	0.26	0.30	0.30	−0.08	−0.27	−0.80	−0.90	−0.89	−0.79	−0.75	−0.90
14	−0.79	−0.80	−0.71	−0.36	0.10	0.00	−0.02	−0.10	−0.11	−0.04	−0.10	−0.10	−0.80
S. 1	0.29	0.30	0.29	0.30	0.28	−0.10	−0.06	−0.11	−0.08	−0.05	−0.12	−0.02	−0.12
2	0.24	0.28	0.30	0.30	0.28	−0.08	−0.16	−0.13	−0.14	−0.06	−0.07	−0.23	−0.23
3	−0.19	0.30	0.30	0.30	0.17	−0.07	−0.04	−0.01	−0.03	−0.16	−0.35	−0.41	−0.41
4	−0.19	−0.15	−0.06	0.26	0.30	−0.13	−0.21	−0.47	−0.41	−0.01	0.24	0.30	−0.47
5	0.27	0.30	0.30	0.29	0.21	−0.05	0.00	−0.08	−0.34	−0.49	−0.36	−0.24	−0.49
6	−0.20	0.06	0.26	0.30	0.30	0.00	0.00	−0.15	−0.45	−0.37	−0.24	−0.26	−0.45
7	−0.09	−0.15	−0.12	0.24	0.27	−0.01	−0.04	−0.11	−0.01	−0.24	−0.31	0.03	−0.31
8	0.25	0.28	0.30	0.30	0.27	−0.03	−0.33	−0.23	−0.39	−0.46	−0.13	−0.09	−0.46
9	0.15	0.30	0.30	0.30	0.23	0.00	−0.04	−0.23	−0.23	−0.04	−0.03	0.11	−0.23
10	0.21	0.26	0.30	0.27	0.21	−0.03	−0.06	−0.10	0.00	−0.05	0.03	0.16	−0.10
11	0.26	0.21	0.25	0.30	0.30	−0.09	−0.01	−0.09	−0.21	−0.08	−0.15	−0.20	−0.21
12	−0.18	0.01	0.30	0.28	0.22	−0.03	−0.03	−0.29	−0.22	−0.22	−0.05	0.29	−0.29
13	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	−0.04	−0.05	0.14	0.28	−0.05
14	0.30	0.30	0.30	0.30	0.18	−0.10	−0.42	−1.03	−1.24	−1.43	−1.65	−1.70	−1.70
15	−1.78	−1.74	−1.28	−0.50	−0.34	−0.48	−0.28	−0.20	−0.48	−0.64	−0.92	−0.95	−1.78
16	−0.74	−0.65	−0.54	−0.37	−0.22	0.00	0.00	−0.02	0.00	0.00	−0.03	−0.02	−0.74
17	0.05	0.25	0.30	0.28	0.27	0.00	−0.24	−0.56	−0.44	−0.09	−0.19	−0.24	−0.56
18	−0.25	−0.12	0.04	0.30	0.22	−0.07	−0.02	−0.11	−0.11	−0.05	−0.08	−0.14	−0.25
19	−0.14	−0.05	0.23	0.30	0.25	−0.22	−0.51	−0.55	−0.34	−0.27	0.24	0.29	−0.55
20	0.21	0.24	0.30	0.30	0.28	0.00	0.00	−0.11	0.00	0.00	0.30	0.28	−0.11
21	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	−0.09	−0.13	−0.29	−0.09	−0.03	0.00	−0.29
22	0.29	0.26	0.28	0.30	0.30	−0.07	−0.06	−0.29	−0.44	−0.16	−0.40	−0.45	−0.45
23	−0.33	−0.16	−0.02	0.29	0.18	−0.09	−0.14	−0.17	−0.07	−0.16	−0.15	0.12	−0.33
24	0.30	0.30	0.30	0.28	0.28	0.00	0.00	−0.06	−0.04	0.00	0.16	0.29	−0.06
25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00	−0.02	0.00	−0.07	0.01	0.16	−0.07
26	0.30	0.27	0.30	0.30	0.24	0.00	0.00	−0.40	−0.66	−0.84	−0.91	−0.82	−0.91
27	−0.63	−0.43	−0.19	0.30	0.30	0.00	0.00	−0.23	−0.31	−0.12	−0.12	−0.32	−0.63
28	−0.38	−0.22	0.26	0.28	0.25	0.00	0.00	−0.07	0.00	0.00	−0.14	−0.19	−0.38
29	−0.21	−0.13	0.28	0.26	0.30	0.00	0.00	−0.11	−0.07	−0.08	−0.29	−0.22	−0.29
30	−0.17	−0.03	0.30	0.29	0.30	−0.02	−0.07	−0.39	−0.52	−0.39	−0.14	−0.15	−0.39
31	−0.10	0.02	0.29	0.30	0.30	0.00	0.00	−0.18	−0.01	−0.03	0.09	0.13	−0.18

表1—3—2～2　琵琶湖月別最低水位表

（単位：B.S.L m）

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年最低水位
S.32	0.30	0.30	0.30	0.30	0.29	−0.06	0.00	0.00	−0.06	−0.07	−0.22	−0.37	−0.37
33	−0.33	0.03	0.27	0.30	0.28	−0.11	−0.08	−0.19	−0.01	0.00	0.18	0.24	−0.33
34	0.27	0.30	0.29	0.30	0.30	−0.03	−0.09	−0.16	−0.02	−0.04	0.07	0.10	−0.14
35	0.11	0.30	0.30	0.29	0.29	−0.09	−0.06	−0.13	−0.02	−0.07	−0.13	0.12	−0.13
36	0.30	0.29	0.30	0.30	0.28	0.00	0.00	−0.08	−0.13	−0.10	0.27	0.15	−0.13
37	0.27	0.30	0.27	0.30	0.30	0.00	−0.04	−0.14	−0.20	−0.37	−0.65	−0.96	−0.96
38	−0.99	−1.04	−1.03	−0.42	0.09	0.00	−0.03	−0.13	−0.04	−0.09	−0.26	−0.43	−1.04
39	−0.47	−0.39	−0.07	0.19	0.16	0.00	−0.04	−0.36	−0.48	−0.30	−0.36	−0.35	−0.48
40	−0.37	−0.28	−0.15	0.25	0.28	0.00	0.00	−0.41	−0.46	−0.14	−0.25	−0.25	−0.46
41	0.21	0.30	0.30	0.30	0.29	0.00	−0.05	−0.18	−0.11	−0.05	−0.14	−0.11	−0.18
42	0.18	0.30	0.30	0.30	0.22	0.08	−0.06	−0.39	−0.48	−0.71	−0.41	−0.54	−0.71
43	−0.51	−0.50	−0.31	0.30	0.29	−0.05	−0.04	−0.06	−0.05	−0.03	−0.14	−0.14	−0.57
44	0.01	0.21	0.30	0.29	0.26	0.00	−0.02	−0.07	−0.15	−0.37	−0.56	−0.68	−0.68
45	−0.82	−0.55	−0.08	0.30	0.27	0.00	−0.03	−0.11	−0.19	−0.07	−0.16	0.18	−0.82
46	0.29	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00	−0.03	0.00	−0.06	−0.11	−0.14	−0.14
47	0.07	0.23	0.30	0.28	0.28	−0.04	0.00	−0.11	−0.05	−0.17	−0.17	−0.15	−0.17
48	0.18	0.28	0.29	0.30	0.24	−0.01	−0.33	−0.52	−0.51	−0.52	−0.44	−0.51	−0.52
49	−0.54	−0.31	0.09	0.30	0.26	0.00	0.00	−0.04	−0.09	−0.12	−0.15	−0.06	−0.54
50	0.08	0.30	0.30	0.30	0.26	0.00	−0.04	−0.23	−0.08	0.00	0.08	0.26	−0.23
51	0.22	0.27	0.30	0.30	0.29	0.00	−0.07	0.00	0.00	−0.01	−0.03	−0.01	−0.07
52	0.06	0.14	0.30	0.30	0.28	0.00	−0.14	−0.33	−0.37	−0.48	−0.54	−0.41	−0.54

順位＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年最低水位
1	−1.78	−1.74	−1.28	−0.50	−0.34	−0.48	−0.51	−1.03	−1.24	−1.43	−1.61	−1.70	−1.78
2	−0.99	−1.04	−1.03	−0.42	−0.22	−0.22	−0.42	−0.80	−0.90	−0.89	−0.92	−0.96	−1.70
3	−0.82	−0.80	−0.71	−0.37	0.09	−0.13	−0.33	−0.56	−0.85	−0.88	−0.91	−0.95	−1.04
4	−0.79	−0.65	−0.54	−0.36	0.10	−0.12	−0.33	−0.55	−0.66	−0.84	−0.82	−0.82	−0.96
5	−0.74	−0.55	−0.31	0.19	0.16	−0.11	−0.28	−0.52	−0.52	−0.71	−0.79	−0.75	−0.91
6	−0.63	−0.50	−0.19	0.24	0.17	−0.10	−0.27	−0.48	−0.51	−0.64	−0.65	−0.74	−0.90
7	−0.51	−0.43	−0.15	0.25	0.18	−0.10	−0.24	−0.47	−0.48	−0.52	−0.56	−0.68	−0.88
8	−0.54	−0.39	−0.12	0.26	0.18	−0.09	−0.21	−0.41	−0.48	−0.49	−0.54	−0.54	−0.82
9	−0.47	−0.31	−0.08	0.26	0.20	−0.09	−0.16	−0.40	−0.48	−0.48	−0.44	−0.51	−0.80
10	−0.38	−0.28	−0.07	0.27	0.20	−0.09	−0.14	−0.39	−0.46	−0.46	−0.41	−0.47	−0.74
11	−0.37	−0.25	−0.06	0.28	0.21	−0.08	−0.14	−0.39	−0.45	−0.39	−0.40	−0.45	−0.71
12	−0.33	−0.22	−0.02	0.28	0.21	−0.08	−0.09	−0.36	−0.44	−0.37	−0.36	−0.43	−0.68
13	−0.33	−0.15	0.04	0.28	0.22	−0.08	−0.09	−0.33	−0.44	−0.37	−0.36	−0.41	−0.63
14	−0.25	−0.15	0.09	0.29	0.22	−0.07	−0.08	−0.29	−0.41	−0.37	−0.35	−0.37	−0.57
15	−0.23	−0.13	0.23	0.29	0.22	−0.07	−0.07	−0.29	−0.39	−0.30	−0.31	−0.35	−0.56

表1—3—3～1　琵琶湖月別最低水位表

（枚方確保流量：琵琶湖開発後）

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年最低水位
T、7	0.26	0.27	0.30	0.30	0.29	−0.21	−0.24	−0.32	−0.32	−0.30	0.14	0.24	−0.32
8	0.27	0.28	0.30	0.30	0.17	−0.21	−0.21	−0.30	−0.42	−0.42	−0.40	−0.41	−0.42
9	−0.12	0.29	0.29	0.30	0.24	−0.20	−0.23	−0.20	−0.33	−0.46	−0.64	−0.63	−0.64
10	−0.40	0.00	0.21	0.30	0.29	−0.20	−0.21	−0.34	−0.30	−0.30	−0.22	−0.19	−0.40
11	−0.13	0.11	0.27	0.30	0.18	−0.37	−0.32	−0.91	−1.43	−1.47	−1.48	−1.39	−1.47
12	−0.88	−0.68	−0.30	0.30	0.30	−0.20	−0.20	−0.56	−0.41	−0.30	−0.18	−0.06	−0.88
13	0.04	0.01	0.08	0.22	0.30	−0.33	−0.69	−1.40	−1.56	−1.55	−1.48	−1.57	−1.57
14	−1.73	−1.76	−1.74	−1.48	−1.05	−0.84	−0.45	−0.37	−0.35	−0.34	−0.40	−0.40	−1.76
S、1	−0.01	0.29	0.29	0.30	0.28	−0.32	−0.26	−0.38	−0.36	−0.32	−0.43	−0.33	−0.43
2	−0.06	0.20	0.30	0.30	0.28	−0.33	−0.45	−0.46	−0.50	−0.36	−0.41	−0.61	−0.61
3	−0.59	−0.06	0.30	0.30	0.10	−0.30	−0.24	−0.21	−0.30	−0.57	−0.89	−0.96	−0.96
4	−0.75	−0.71	−0.63	−0.24	0.06	−0.38	−0.49	−0.84	−0.85	−0.31	−0.06	0.29	−0.85
5	0.27	0.30	0.30	0.30	0.20	−0.27	−0.20	−0.30	−0.56	−0.71	−0.58	−0.45	−0.71
6	−0.41	−0.16	0.04	0.30	0.30	−0.20	−0.20	−0.39	−0.84	−0.76	−0.63	−0.65	−0.84
7	−0.48	−0.54	−0.51	−0.14	0.27	−0.21	−0.28	−0.37	−0.31	−0.59	−0.69	−0.34	−0.69
8	−0.13	0.07	0.09	0.30	0.26	−0.28	−0.70	−0.62	−0.90	−1.01	−0.65	−0.64	−1.01
9	−0.40	−0.20	−0.13	0.30	0.29	−0.20	−0.31	−0.59	−0.60	−0.34	−0.35	−0.26	−0.60
10	−0.17	−0.14	0.30	0.26	0.10	−0.26	−0.31	−0.44	−0.30	−0.38	−0.30	−0.16	−0.44
11	−0.09	0.27	0.23	0.30	0.30	−0.34	−0.24	−0.48	−0.70	−0.60	−0.70	−0.80	−0.80
12	−0.84	−0.67	−0.16	0.23	0.18	−0.24	−0.26	−0.57	−0.67	−0.62	−0.50	−0.20	−0.84
13	−0.06	0.14	0.30	0.30	0.26	−0.20	−0.22	−0.30	−0.37	−0.35	−0.16	−0.04	−0.37
14	−0.01	0.17	0.25	0.30	0.11	−0.35	−0.86	−1.65	−2.02	−2.30	−2.61	−2.86	−2.80
15	−3.00	−3.01	−2.60	−1.88	−1.90	−2.20	−1.95	−1.98	−2.40	−2.71	−3.15	−3.23	−3.23
16	−3.19	−3.20	−3.18	−3.16	−3.08	−2.90	−1.87	−1.39	−1.10	−0.30	−0.48	−0.47	−3.20
17	−0.43	−0.29	−0.07	0.28	0.20	−0.20	−0.46	−0.81	−0.69	−0.39	−0.49	−0.55	−0.81
18	−0.62	−0.51	−0.33	0.01	0.14	−0.29	−0.22	−0.37	−0.46	−0.38	−0.47	−0.63	−0.63
19	−0.64	−0.65	−0.47	0.08	0.24	−0.50	−1.00	−1.02	−0.98	−0.96	−0.08	−0.02	−1.02
20	−0.13	−0.26	0.04	0.30	0.28	−0.20	−0.20	−0.41	−0.30	−0.30	−0.08	−0.28	−0.41
21	0.29	0.29	0.30	0.30	0.30	−0.20	−0.34	−0.43	−0.69	−0.52	−0.47	−0.45	−0.69
22	−0.19	0.05	0.20	0.28	0.30	−0.29	−0.21	−0.71	−0.91	−0.51	−0.91	−0.99	−0.99
23	−0.92	−0.81	−0.70	−0.22	−0.04	−0.32	−0.43	−0.52	−0.43	−0.52	−0.53	−0.28	−0.92
24	−0.04	0.03	0.30	0.28	0.28	−0.20	−0.20	−0.35	−0.39	−0.30	−0.20	−0.03	−0.39
25	−0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	−0.20	−0.24	−0.30	−0.30	−0.42	−0.39	−0.27	−0.42
26	−0.06	0.05	0.28	0.30	0.14	−0.21	−0.20	−0.76	−1.18	−1.50	−1.61	−1.68	−1.68
27	−1.57	−1.44	−1.30	−0.61	0.09	−0.21	−0.20	−0.53	−0.67	−0.69	−0.76	−1.08	−1.57
28	−1.22	−1.18	−0.76	−0.12	−0.16	−0.20	−0.20	−0.30	−0.30	−0.32	−0.68	−0.80	−1.22
29	−0.93	−0.94	−0.59	−0.62	−0.45	−0.20	−0.20	−0.43	−0.39	−0.45	−0.78	−0.72	−0.94
30	−0.72	−0.63	0.07	0.28	0.30	−0.22	−0.28	−0.74	−1.01	−0.91	−0.71	−0.82	−1.01
31	−0.84	−0.86	−0.63	0.30	0.30	−0.20	−0.22	−0.47	−0.33	−0.33	−0.15	−0.22	−0.86

表1—3—3～2　琵琶湖月別最低水位表

（単位：B.S.L m）

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年最低水位
S. 32	−0.06	0.20	0.28	0.30	0.29	−0.31	−0.20	−0.30	−0.39	−0.43	−0.68	−0.89	−0.89
33	−0.89	−0.54	−0.34	−0.12	0.20	−0.35	−0.34	−0.48	−0.31	−0.30	−0.13	−0.08	−0.89
34	0.06	0.30	0.29	0.30	0.30	−0.30	−0.41	−0.42	−0.34	−0.34	−0.31	−0.31	−0.41
35	−0.33	0.13	−0.04	0.06	0.29	−0.31	−0.32	−0.42	−0.33	−0.43	−0.56	−0.32	−0.56
36	−0.17	−0.03	0.23	0.30	0.28	−0.22	−0.20	−0.33	−0.48	−0.44	0.27	0.14	−0.48
37	0.27	0.29	0.25	0.30	0.30	−0.20	−0.26	−0.37	−0.55	−0.81	−1.16	−1.52	−1.52
38	−1.55	−1.62	−1.62	−1.00	−0.48	−0.20	−0.25	−0.39	−0.34	−0.45	−0.73	−1.01	−1.62
39	−1.10	−1.01	−0.70	−0.44	−0.20	−0.35	−0.27	−0.73	−0.95	−0.81	−0.96	−1.09	−1.10
40	−1.16	−1.08	−0.98	−0.61	−0.10	−0.20	−0.20	−0.76	−0.84	−0.57	−0.74	−0.79	−1.16
41	−0.36	−0.12	0.30	0.30	0.29	−0.20	−0.27	−0.48	−0.47	−0.38	−0.57	−0.56	−0.57
42	0.32	0.14	0.30	0.30	0.18	−0.33	−0.31	−0.80	−0.99	−1.33	−1.05	−1.28	−1.28
43	−1.33	−1.36	−1.24	−0.36	0.17	−0.27	−0.24	−0.30	−0.35	−0.33	−0.54	−0.56	−1.36
44	−0.52	−0.33	0.04	0.29	0.18	−0.20	−0.22	−0.30	−0.51	−0.84	−1.14	−1.36	−1.36
45	−1.59	−1.31	−0.89	−0.35	0.24	−0.20	−0.23	−0.40	−0.54	−0.40	−0.56	−0.23	−1.58
46	0.02	0.14	0.30	0.30	0.30	−0.20	−0.20	−0.27	−0.30	−0.36	−0.47	−0.57	−0.57
47	−0.39	−0.22	0.00	0.28	0.27	−0.24	−0.20	−0.33	−0.36	−0.51	−0.50	−0.51	−0.50
48	−0.18	0.28	0.27	0.26	0.23	−0.22	−0.68	−0.96	−0.97	−1.04	−1.06	−1.29	−1.29
49	−1.34	−1.23	−0.86	−0.15	0.19	−0.20	−0.20	−0.30	−0.39	−0.42	−0.49	−0.40	−1.34
50	−0.29	−0.02	0.30	0.30	0.24	−0.23	−0.28	−0.53	−0.39	−0.30	−0.22	−0.07	−0.53
51	0.01	0.04	0.30	0.30	0.29	−0.20	−0.28	−0.30	−0.30	−0.31	−0.36	−0.42	−0.42
52	−0.44	−0.42	−0.15	0.30	0.23	−0.20	−0.44	−0.81	−0.92	−1.15	−1.26	−1.29	−1.29

順位＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年最低水位
1	−3.19	−3.20	−3.18	−3.16	−3.08	−2.90	−1.95	−1.98	−2.40	−2.71	−3.15	−3.23	−3.23
2	−3.00	−3.01	−2.60	−1.88	−1.90	−2.20	−1.87	−1.65	−2.02	−2.30	−2.61	−2.80	−3.20
3	−1.73	−1.76	−1.74	−1.48	−1.05	−0.84	−1.00	−1.40	−1.56	−1.55	−1.61	−1.68	−2.80
4	−1.58	−1.62	−1.62	−1.00	−0.48	−0.50	−0.86	−1.39	−1.43	−1.50	−1.48	−1.57	−1.76
5	−1.57	−1.44	−1.30	−0.62	−0.45	−0.38	−0.70	−1.02	−1.18	−1.47	−1.48	−1.52	−1.68
6	−1.55	−1.36	−1.24	−0.61	−0.20	−0.37	−0.69	−0.96	−1.10	−1.33	−1.26	−1.39	−1.62
7	−1.34	−1.31	−0.98	−0.61	−0.16	−0.35	−0.68	−0.91	−1.01	−1.15	−1.16	−1.36	−1.58
8	−1.33	−1.23	−0.89	−0.44	−0.10	−0.35	−0.49	−0.84	−0.99	−1.04	−1.14	−1.29	−1.57
9	−1.22	−1.18	−0.86	−0.36	−0.04	−0.35	−0.46	−0.81	−0.98	−1.01	−1.06	−1.29	−1.57
10	−1.16	−1.08	−0.76	−0.35	−0.06	−0.34	−0.45	−0.81	−0.97	−0.96	−1.05	−1.28	−1.52
11	−1.10	−1.01	−0.70	−0.22	−0.09	−0.33	−0.45	−0.80	−0.95	−0.91	−0.96	−1.09	−1.47
12	−0.93	−0.94	−0.70	−0.15	−0.10	−0.33	−0.44	−0.76	−0.92	−0.84	−0.91	−1.08	−1.36
13	−0.92	−0.86	−0.63	−0.14	−0.10	−0.33	−0.43	−0.76	−0.91	−0.81	−0.89	−1.01	−1.36
14	−0.89	−0.81	−0.63	−0.12	−0.11	−0.32	−0.41	−0.74	−0.90	−0.81	−0.78	−0.99	−1.34
15	−0.88	−0.71	−0.59	−0.12	−0.14	−0.32	−0.34	−0.73	−0.85	−0.76	−0.76	−0.96	−1.29

第２章　渇水時の管理手法の検討

２—１　概　　説

渇水時における管理手法を規定する諸条件の関係を概念的に示すと下図のとおりである。同図において、対象渇水年とそのときの流況は自然現象として所与であるが、未来に対しては未知量である。また、社会的条件（水需要を規定する様々の要因）に対する制御および水文現象

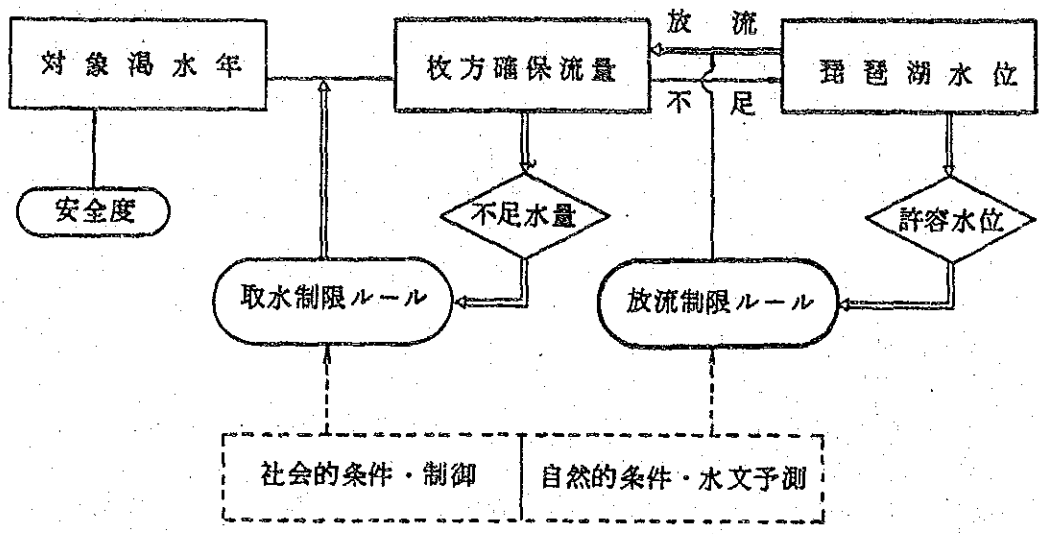


図２—１—１　渇水時の管理手法の概念図

に対する予測等は取水制限、放流制限ルールを最終的に決定する際の最も重要な条件ではあるが、それぞれ今回検討の範囲外である。

したがって、本検討においては枚方確保流量（取水制限ルールと同義）、琵琶湖水位および放流制限ルールの３者のトレード・オフ関係を把握して、許容水位と不足水量に対する評価を基準に渇水管理とそのあり方を検討するものである。

2－2　琵琶湖制限水位の検討

2－2－1　概　　要

本節では、第1章1－3節の運用計算結果を基礎に琵琶湖水位とダム群の操作手法ならびに枚方確保流量に対する補給（取水）制限の3者の関係を検討して、渇水時におけるこれら3者の管理条件を設定する。

2－2－2　制限水位の定義

本検討において琵琶湖制限水位を次のように定義する。

制限水位(A)……琵琶湖水位がこの水位以上にあれば、計画対象年において所定の枚方確保流量を完全に満足させることができる水位をいう。

制限水位(B)……琵琶湖水位がこの水位以下になれば、放流制限（換言すれば、枚方確保流量に対する取水制限）を開始する水位をいう。

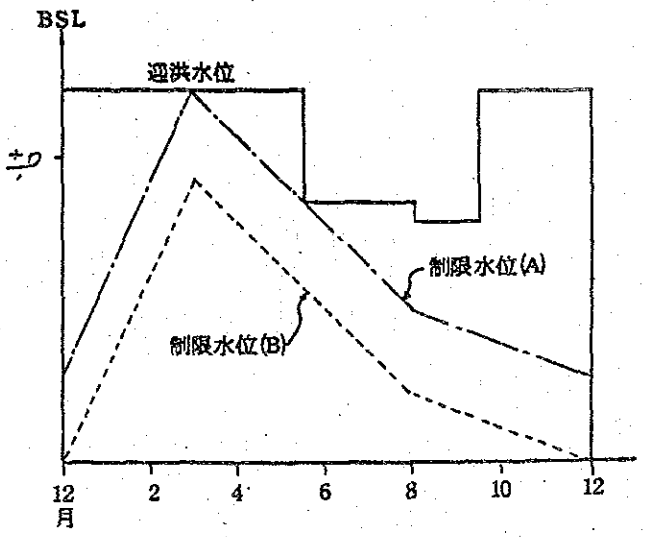


図2－2－1　制限水位の説明図

この定義によれば、制限水位(A)は計画対象年(*)におけるダム群の運用結果それ自身から求めることができ、制限水位(B)は計画対象年以外の異常渇水年において生じる最低水位を一定の許容範囲におさめることを条件に設定することができる。

この場合、制限水位(B)を規定する主要な条件は最低水位の許容値と対象とする渇水年（渇水確率）の2つであり、その他に放流制限のかけ方（枚方確保流量は前提とする。）によっても変化する。また、制限水位の(A)と(B)は場合によっては同一水位とすることも、水位を高いめに維持する観点から、(B)を(A)より上に設定することも可能であり、いずれも前述の2条件のとり方で決まる。

(1)　制限水位(A)の決め方

前述の定義によって、制限水位(A)はダム群の運用結果から一義的に求められるが、周知のとおり、琵琶湖総合開発事業では利水計画対象年は特定されていないで、利用低水位を－1.5 m と定め、非常渇水時には利用低水位より水位が低下する場合があるので、補償対

(*)　計画対象年が定められていない場合は、一定の計画条件下とする。

策水位として－2.0 mを設定している。したがって、制限水位(A)の具体的パターンはその計画条件にほぼ見合う対象年の貯水池使用曲線として設定することが可能である。琵琶湖開発後のダム群運用結果(*)から最低水位が－1.5 m前後となる渇水年について貯水池使用曲線を示すと前図1－3.－1のようである。

同図から次のことが考察される。

i）最低水位が－1.5 m前後におさまる使用曲線のパターンは対象年流況によってとうぜん様々に変化する。

ii）制限水位(A)の定義によれば、これらの使用曲線の上限を包絡するように制限水位(A)を設定すれば管理上十分安全である。

iii）－1.5 mを下回らない条件を満足するならば、最低水位に至るまでの使用曲線のパターンは問題外である。

iv）開発後の許容最低水位を－1.5 m程度にとれば、昭和14年渇水以外の渇水年は何らの放流制限を必要としないことは明らかである。（開発前は許容最低水位が－1.0 m程度であれば同様のことがいえる。）

(2) 制限水位(B)の決め方

制限水位(B)の定義によれば、操作方法は水位がこの値以下に低下すれば「渇水」(**)であると識別し、放流制限を開始することによって、所定の許容最低水位を下回らないように運用する。

したがって、制限水位(B)はたとえば図1－3－1に示す運用結果、過去の実績水位等から適当に設定することもできるし、あるいは月別最低水位の生起確率評価から制限水位の月別パターンを定めることも可能である。

(*) 琵琶湖総合開発計画資料（「琵琶湖放流制限検討業務（その2）」昭和48年3月）
(**) 所定の確保流量に対して取水制限が生じることをもって渇水と定義する。

2－2－3　月別最低水位の生起確率

(1)　確率計算の手法(*)

運用計算期間（1918年～1977年）60年間において、各月ごとに最低水位60ケのサンプルの中から、最大水位低下量(x)の高位より15ケを摘出して、その確率(w)を次式によって求める。

$$w=\frac{2i-1}{2N}$$　ただし、N：サンプル数、i：順位

次に、$X=\log x$、$Y=\sqrt{2}\xi$（ξ：正規変量）、$Y=\alpha X+\beta$として、各確率に対するYを与えて、X（すなわちx）を計算する。

(2)　琵琶湖開発前後の枚方確保流量2ケースについて、月別最低水位の確率計算を行なった結果は表2－2－3のとおりで、これより、任意の確率年に対する月別最低水位は表2－2－2に示すようになる。

表2－2－1　正規変量表

i	w	ξ	$\sqrt{2}\xi$
1	0.0083	1.6929	2.3937
2	0.0250	1.3859	1.9600
3	0.0417	1.2246	1.7316
4	0.0583	1.1065	1.5646
5	0.0750	1.0180	1.4395
6	0.0917	0.9442	1.3351
7	0.1083	0.8634	1.2208
8	0.1250	0.8134	1.1501
9	0.1417	0.7547	1.0671
10	0.1583	0.7100	1.0039
11	0.1750	0.6632	0.9378
12	0.1917	0.6177	0.8734
13	0.2083	0.5755	0.8138
14	0.2250	0.5360	0.7579
15	0.2417	0.4965	0.7021

(*)　従来から、琵琶湖の水位低下量の安全度を検討する際に使用されている計算手法である。ただし、上位15ケのサンプル数は検討目的と確率変数のPlotting Positionを考慮して決定した。

表２—２—２　各確率年に対する月別最低水位（B.S.Lマイナス：cm）

区分	確立年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
開発前	1/5	32	20	5	—	—	7	10	33	40	38	37	42
	1/10	54	40	18	—	—	11	19	46	55	56	57	62
	1/20	83	71	52	—	—	16	32	60	72	79	82	87
開発後	1/5	96	88	67	18	—	24	40	74	87	84	86	102
	1/10	139	132	108	47	—	50	65	100	116	120	126	142
	1/20	189	185	162	105	—	91	99	128	148	161	172	187

注—1.　琵琶湖開発前：枚方確保流量はケース２（木津川３ダム後）
　　〃　開発後：枚方確保流量はケース３（平均161.14 ㎥/s開発）
注—2:　—印は最低水位にプラスの値があるため、対数変換できないので計算不能
注—3.　□　最低水位

表２—２—３　月別最低水位の確率計算結果

区分＼月	開発前 α	開発前 β	開発後 α	開発後 β
1	1.9556	−2.1042	2.7227	−4.5541
2	1.4506	−1.0364	2.5058	−4.0346
3	0.7816	0.3008	2.0814	−2.9536
4	—	—	1.0481	−0.4746
5	—	—	—	—
6	2.0957	−0.9050	1.4087	−1.1132
7	1.6378	−0.8222	2.0212	−2.3874
8	3.1231	−3.9148	3.3703	−5.4529
9	3.2248	−4.3415	3.4500	−5.8458
10	2.5076	−3.1088	2.8583	−4.6624
11	2.3001	−2.7619	2.6808	−4.3473
12	2.5039	−3.2110	3.0566	−5.3017

注—1.　$Y = \alpha X + \beta$　　T＝1/5年 → Y＝0.8415
　　T＝1/10年 → Y＝1.2814
　　T＝1/20年 → Y＝1.6449

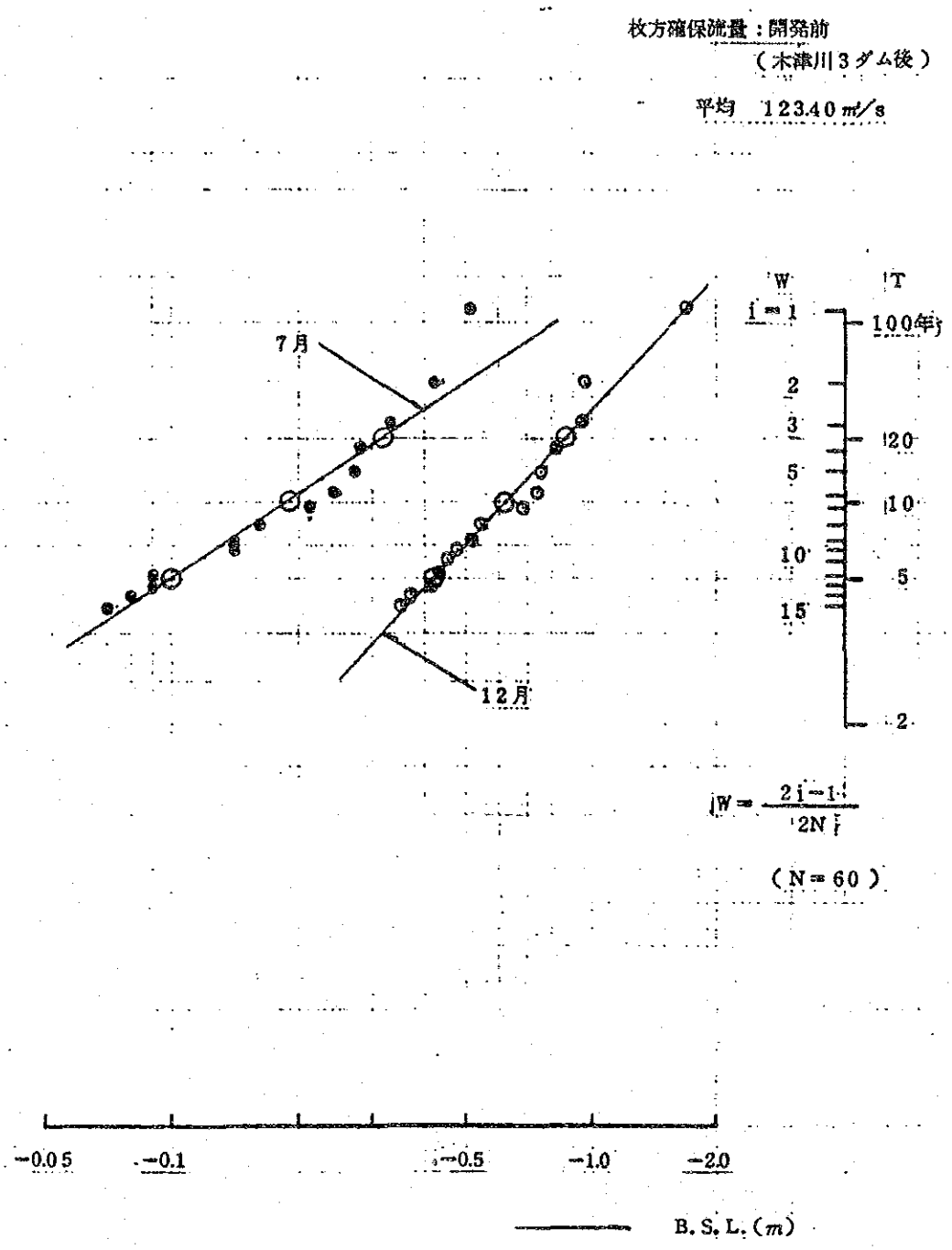


図2—2—1　琵琶湖月最低水位の確率（開発前）

枚方確保流量：開発後

平均161.14㎥/s

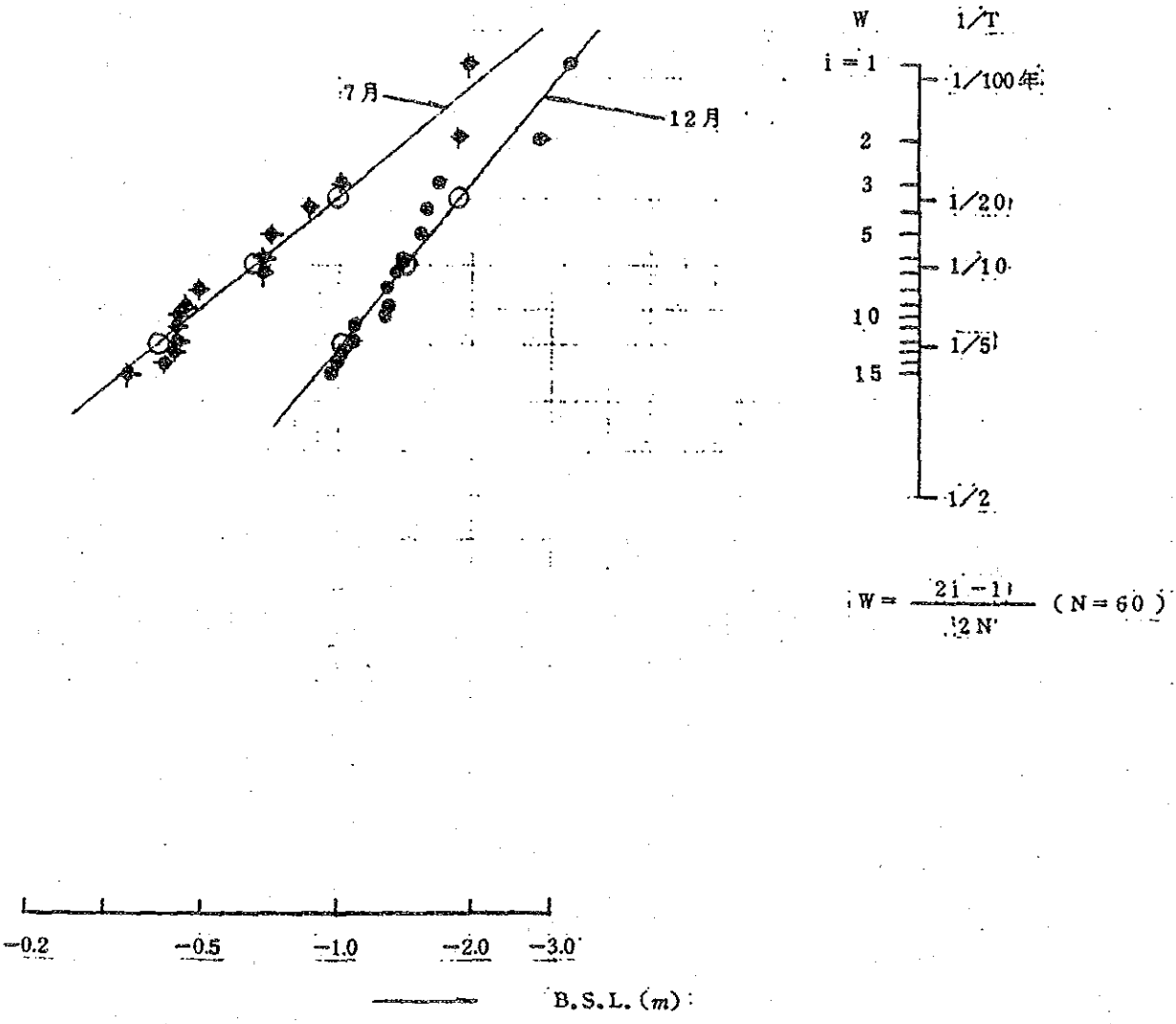
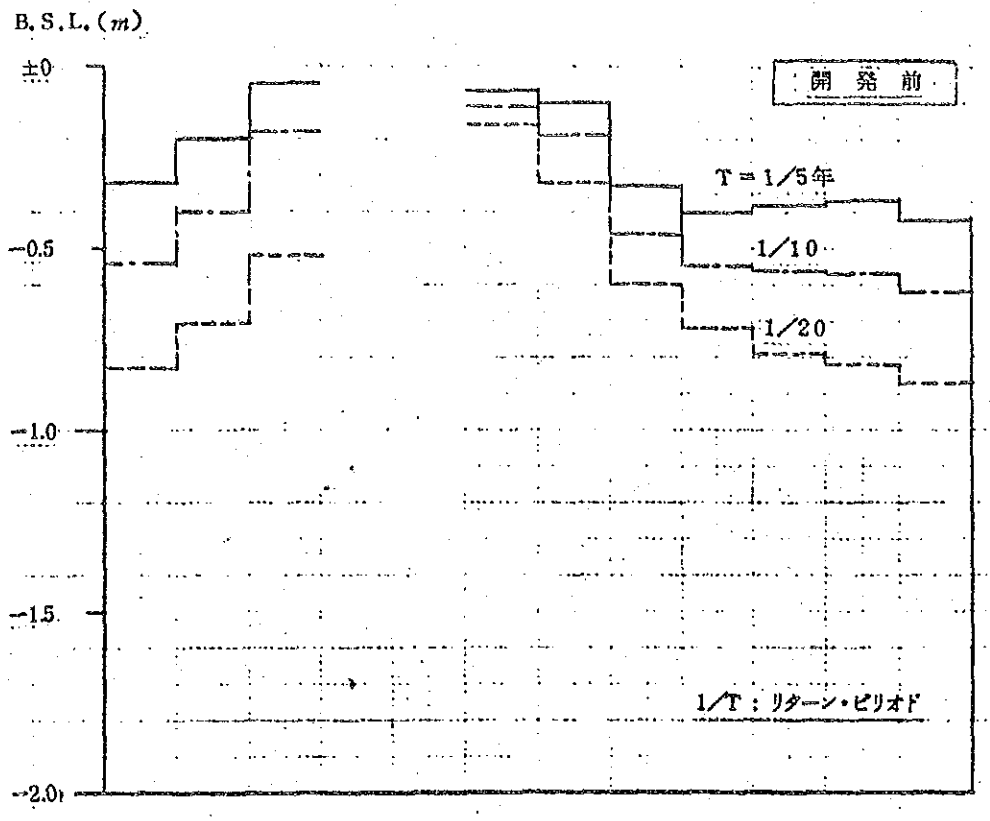


図２－２－２　琵琶湖月最低水位の確率（開発後）



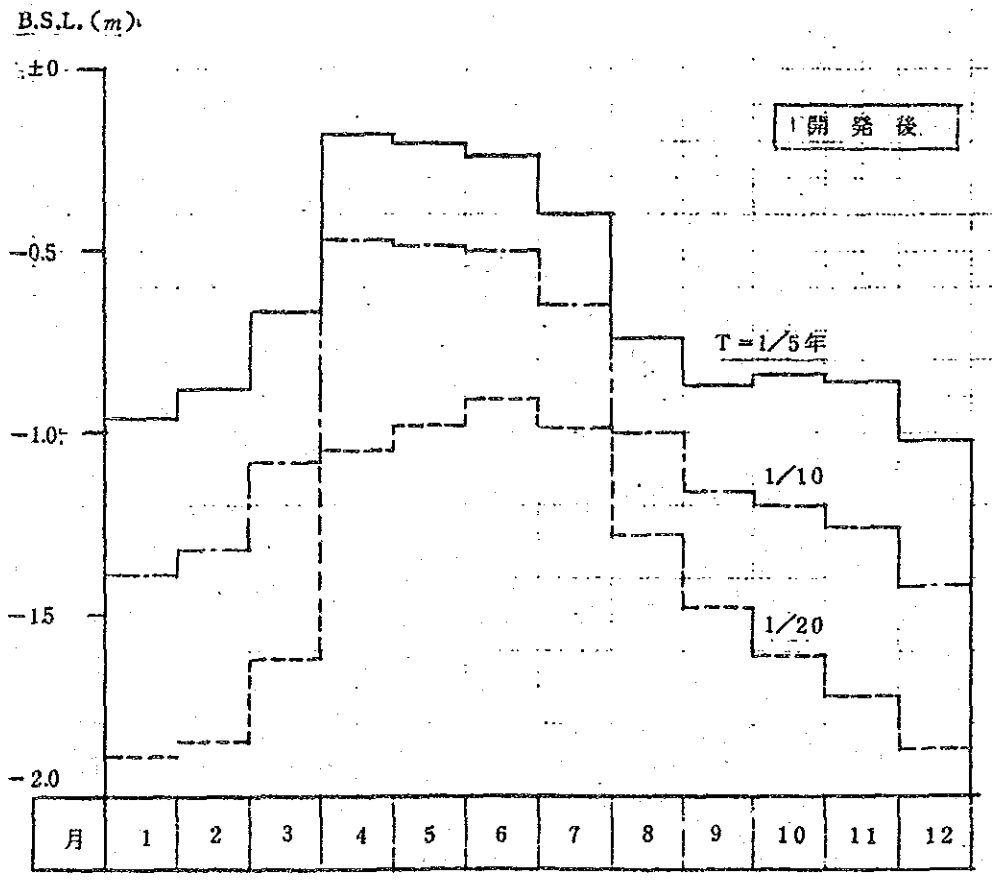


図２－２－３　琵琶湖確率月最低水位図

2—3　放流制限ルールの検討

2—3—1　放流制限ルール2案の設定

本検討において対象とする放流制限ルールは、制限時点で既知である水文量を基礎にすべきであり、将来の未知量を推計もしくは既知として設定することは不可である。したがって、過去のある渇水年を対象にしたいわゆる「神様運転」による運用計算結果から制限ルールを逆算することはできない。

現実的な管理操作上、制限ルールを決定する要素は数多いと推察され、かつ相互にトレード・オフの関係にある要素も少なくないので、ここでは、現時点の琵琶湖貯水量と枚方流量のみを情報量として2ケースのルールを設定して検討する。

(1)　残容量比率方式（ケースA）

この放流制限ルールは、「貯水池のストックが減少すれば補給量を節約して残存容量に応じて放流する」ことを基本原理とするものである。すなわち、当該時点で枚方不足流量に対する補給量を、残容量の満水容量に対する比率で充足させる方式であり、利水計算式で表現すれば次のようになる。

$$Q_{out}=QF\times\alpha=QF\times\frac{V_{n-1}}{V_{max}} \quad \cdots\cdots (2-3-1)$$

ここに、Q_{out}：琵琶湖放流量（m^3/s）

QF：枚方不足流量（m^3/s）

α：放流制限率

V_{n-1}：前半旬の貯水残容量（m.s.d）

V_{max}：制限開始水位から許容最低水位までの貯水容量（m.s.d）

表2—3—1　琵琶湖貯水容量

水位（H）m	容量（V）×10³ m³
(m)	(10³ m³)
0.6	399,000.0
0.3	199,500.0
0.0	0.0
−0.3	−199,050.0
−0.5	−331,750.0
−1.0	−662,500.0
−1.5	−991,000.0
−2.0	−1,315,500.0
−2.5	−1,636,250.0
−3.0	−1,953,750.0
−3.5	−2,268,250.0
−4.0	−2,578,500.0

注—1.　新湖665.0 km²

本ルールで放流制限率を規定する要素はV_{max}の値であることはいうまでもないが、一般のダム湖と異なって、琵琶湖の場合はV_{max}の値を簡単に決めることが困難である。放流制限の対象となる渇水年の生起確率と利水安全度を考慮しながら、V_{max}の定義によって制限開始水位と許容最低水位を決定しなければならない。

琵琶湖の許容最低水位のとり方によって放流制限率がどのように変化するかをみると、制限開始水位を−0.5 m とした場合、次図のようにな

る。とうぜんのことながら、許容最低水位を下げればV_{max}は大きくなるため放流制限率は小さくなる。(*)

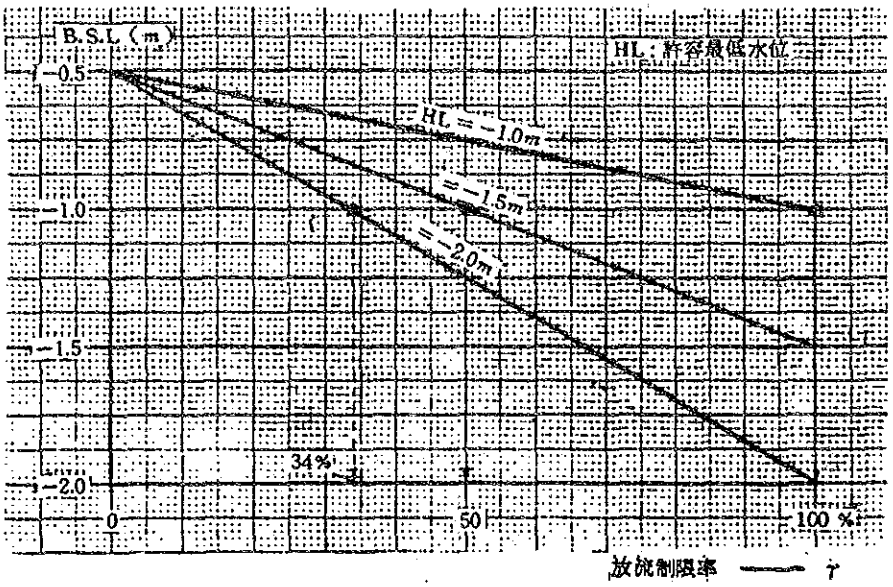


図２－３－１　ルールＡの水位～放流制限率の関係

(2)　残容量一定率方式（ケースＢ）

この放流制限ルールは、制限時点の琵琶湖貯水残容量（許容最低水位に対する残容量）に対して一定率で放流制限することを基本とする。この一定率βは貯水残容量に対して半減期Ｎ日をもつ減衰率として定義し、αとＮおよび貯水残容量と放流量の関係は次のように表現される。

$$V_n = V_o(1-\beta)^n \quad \cdots\cdots (2-3-2)$$

$$Q_{out} = V_{n-1} - V_n \fallingdotseq \beta \cdot V_{n-1}$$

V_n　：貯水残容量（m.s.d）

β　：放流制限率

n　：時間ステップ

Q_{out}：放流量（m^3/s）

このルールでは、放流量は常に現時点の貯水残容量に対して一定率を乗じて求められるので、残容量が０にはならないが、残容量が少なくなると

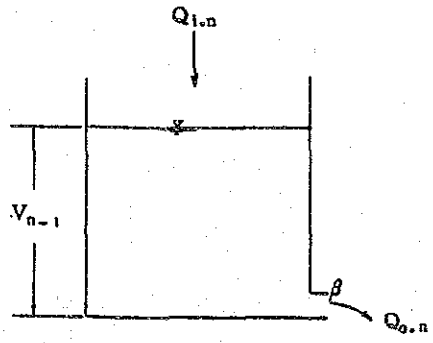


図２－３－２

(*)　図２－３－１で、例えばある時点の水位が－1.0 mのときの放流制限率ｒは、HL＝－1.0 mなら、ｒ＝１００％、HL＝－1.5 mならｒ＝５０％、HL＝－2.0 mならｒ＝３４％となる。

放流制限率は急激に大きくなる特徴をもつ。

表2—3—2　β～N関係

放流制限率 β	半減期 N（日）
0.0035	200
0.0046	150
0.0069	100
0.0115	60
0.0228	30
0.0452	15

注—1.　$(1-\beta)^N=\frac{1}{2}$の関係式より

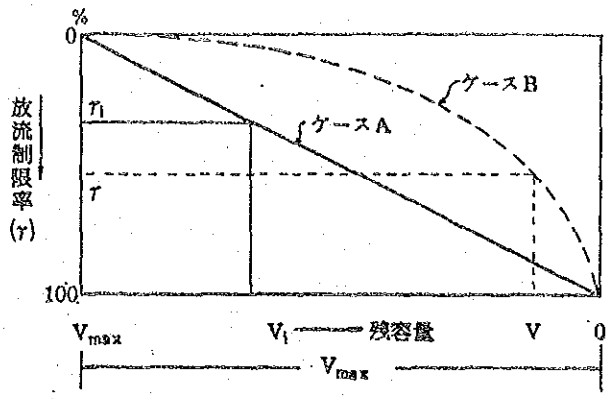


図2—3—3　放流制限ルールA、Bの比較

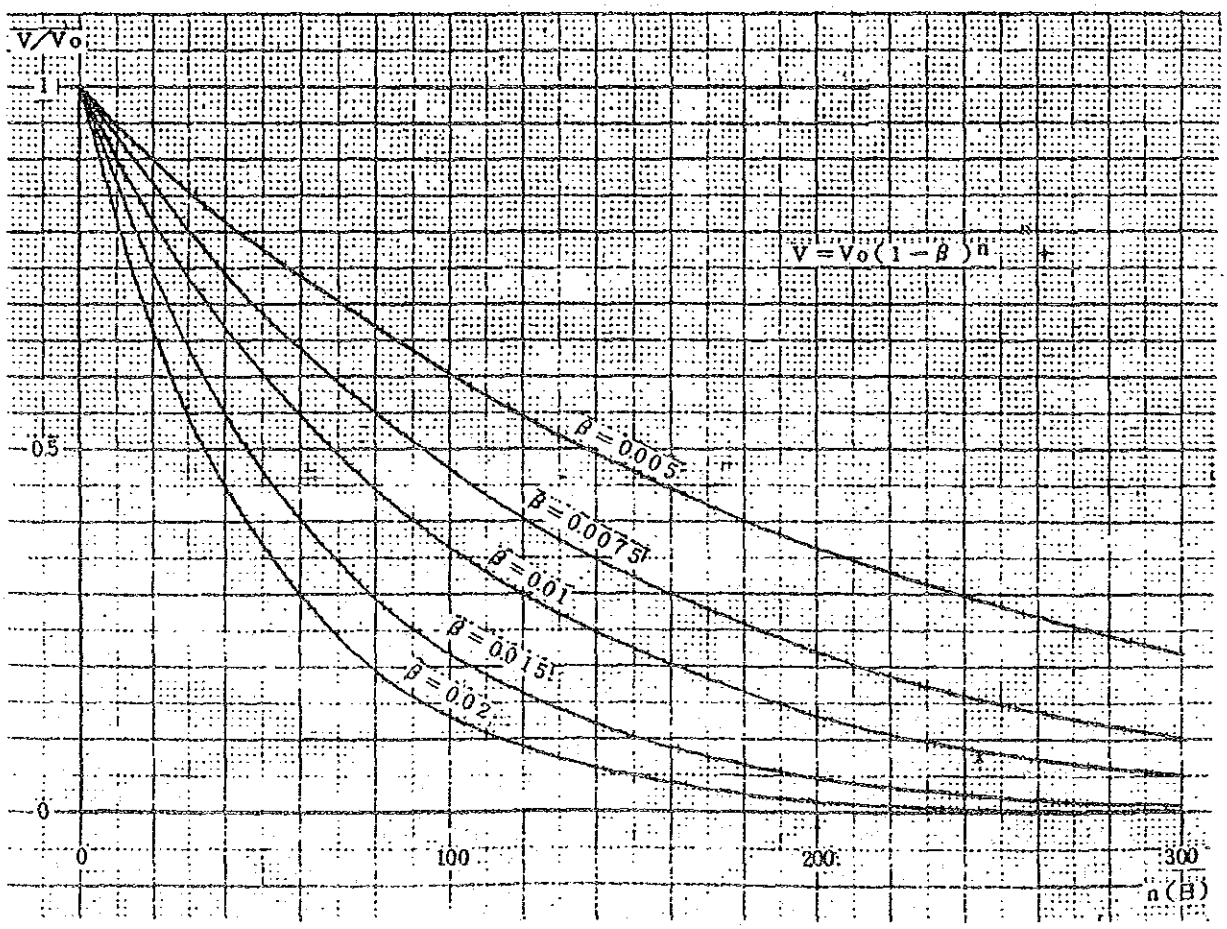


図2—3—4　減衰曲線図

なお、ケースA、B両ルールの差異について考察する。ケースAにおいてQFは所与で、V_{max}はルールに先立って一定値とすれば、QF／V_{max}は一定値をもつことになる。一方、（2－3－1）、（2－3－2）式より$\beta = Q_{out}/V_{n-1} = QF/V_{max}$（＝Const.）となるから、$Q_{out}/V_{n-1}$、すなわち$\beta$は一定となる。もちろん、実際はQFが変化するから、それに応じてβも変化することになるが、渇水期間の平均値としてみればQ_{out}/V_{n-1}はほぼ一定と考えてさしつかえない。

よって、QF／V_{max}＝βとなるとき、ケースA、Bの制限ルールは全く同じであることがわかる。

なお、試みにβとQF／V_{max}の概略の関係を琵琶湖の実際の貯水容量から求めてみると、制限開始水位を開発前は－0.5 m、開発後は－1.0 mとすれば、

開発前：V_{max}＝－1.0～－0.5 m ≒ 328.5×10^6 m^3（3,802.1 m.s.d）

QF ＝123.40 m^3/s（年間平均確保流量）

β ＝QF／V_{max}＝0.032（半減期N ≒ 22日）

開発後：V_{max}＝－1.0～－2.0 m ≒ 653.0×10^6 m^3（7,557.9 m.s.d）

QF ＝161.14 m^3/s（年間平均確保流量）

β ＝QF／V_{max}＝0.021（半減期N ≒ 32日）

これらのβ値(*)は実際の枚方補給期間と半減期の比較、残流域利用可能量等から判断するとやや過大であり、QFを小さくとるかV_{max}を大きくとってQF／V_{max}の値を適切に決定する必要性を示唆している。

(*) ここでは、琵琶湖流入量、枚方残流域利用可能量等は考慮していない。

2－3－2　運用計算式

木津川3ダム運用後（ただし、青蓮寺、高山両ダムの枚方開発に対するダム補給は中止する。）で、須川ダム運用後の枚方流量に対して本検討の琵琶湖運用計算を行なう。

なお、運用計算式の作成方針は次のとおりである。

i）枚方確保流量はパラメータとし、かつ異常渇水時には取水制限率（A、B）を導入して小さくする。

ii）琵琶湖責任放流量は、常時は85.0㎥／s、放流制限時は図2－3－5に示すH－Q関係式を与える。

iii）琵琶湖放流量は原則として責任放流量を満足させる必要があるが、運用計算プログラム上異常渇水時には充足率ηを考慮しておく。

iv）枚方不足率およびパーセント・デー（不足率×不足日数の累加値）を算出して制限ルールの妥当性を評価する指標とする。

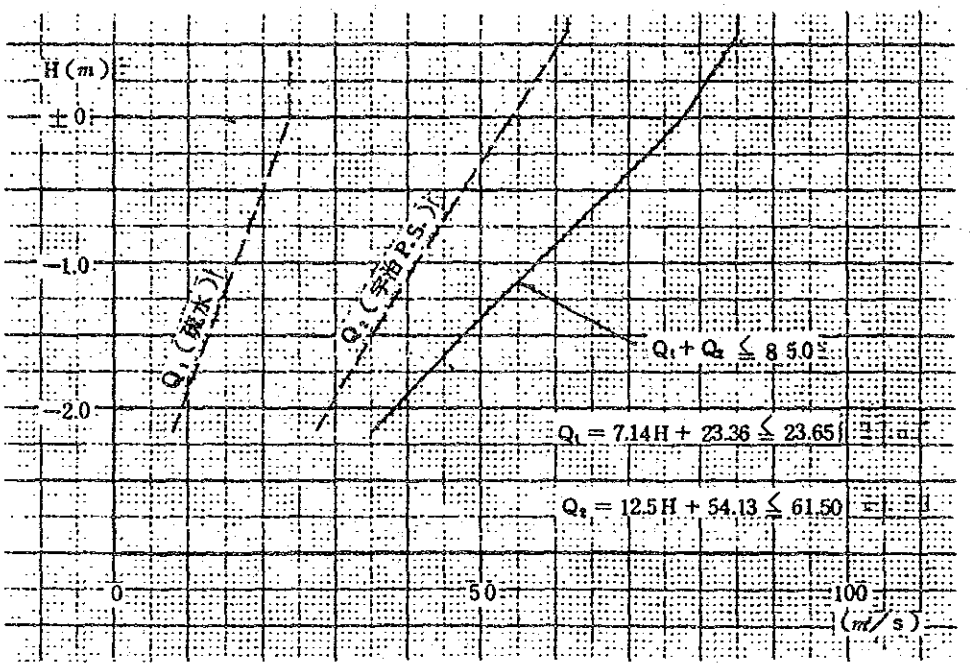


図2－3－5　琵琶湖責任放流量H～Q図

高山ダム後枚方流量	Q1……高山ダム計算Q50
琵琶湖流入量	Q2……あたえる。
〃　放流量（実積値）	Q3……　〃
残流域流量	Q4＝Q1－Q3＞0

枚方確保流量　　Q5……あたえる（表1－2－2参照）

放流制限時枚方確保流量　　$Q5D = Q5(H_{n-1} > HSS)$

放流制限開始水位　　HS　……あたえる

異常渇水識別水位　　HSS　……　〃

許容最低水位　　HL　……　〃

異常渇水時枚方確保流量　　$Q5D = (Q5 - 70.0) \times A + 70.0 \times B \ (H_{n-1} \leqq HSS)$

残流域利用可能量　　Q6＝（Q5D－Q7）、Q4の小さい方

琵琶湖責任放流量　　$Q7 = 85.0 \ (H_{n-1} > HS)$

ただし、$H_{n-1} \leqq HS$のとき　$Q7 = \{(7.14H_{n-1} + 23.36) \leqq 23.65\}$

$+ \{(12.50H_{n-1} + 54.13) \leqq 61.50\}$

琵琶湖必要放流量　　$Q7D = Q5D - Q6 \geqq Q7$

(1)　放流制限ルール（ケースA）の場合

放流制限率　$\alpha = \dfrac{VO_{max} + VB_{(n-1)}}{V_{max}}$　$(H_{n-1} \leqq HS)$

ただし、$H_{(n-1)} \leqq HL$のとき　$\alpha = 0$

琵琶湖制限放流量　　$Q7F = Q7D \times \alpha \geqq Q7 \times \eta \ (0 \leqq \eta \leqq 1)$

(2)　放流制限ルール（ケースB）の場合

放流制限率　　β……あたえる。$(H_{n-1} \leqq HS)$

琵琶湖放流量　　$Q7F = VB_{(n-1)} \times \beta$

ただし、$Q7D \geqq Q7F \geqq Q7 \times \eta$

枚方不足流量　　$QF = Q7D - Q7F \geqq 0$

枚方不足率　　$F\alpha = \dfrac{QF}{Q5D} \times 100$

枚方不足パーセント・デー　　$\%\cdot DAY = F\alpha \times N$（N：半旬日数）

累加パーセント・デー　　$\sum^{n} \%\cdot DAY = \sum^{n-1} \%\cdot DAY + \%\cdot DAY_{(n)}$

ただし、$F\alpha_{(n)} = 0$ならば　$\sum^{n} \%\cdot DAY = 0$

琵琶湖貯水量　　VB_n（初期値$VB_{00} = +0.30m + 199{,}500{,}000m^3$）

$VB_n = VB_{(n-1)} + N(Q2 - Q7F) \leqq$ 水位$+0.30$　　（10/16～6/10）

$\leqq -0.20$　　（6/11～8/25）

$\leqq -0.30$　　（8/26～10/15）

琵琶湖実放流量　$Q8=(N\times Q2+VB_{(n-1)}-VB_n)\times\frac{1}{N}\leqq Q_{max}$

$Q_{max}=19.8H_{(n-1)}^2+271.26H_{(n-1)}+929.066$

修正後琵琶湖累加貯溜量　$VB_n=VB_{(n-1)}+(Q2-Q8)\times N$

琵琶湖単貯溜量　$SVB_n=VB_n-VB_{(n-1)}$

琵琶湖水位　$H_n=VB_n$（換算する）湖面積665km^2

琵琶湖平滑後枚方流量　$Q9=Q4+Q8$

2－3－3　運用計算結果

(1)　検討ケース

前項で検討した放流制限ルール2案について下表の計算条件で琵琶湖運用計算を行なって、最低水位と枚方不足流量、不足期間の累加パーセント・デー（以下P・Dと称す）等の諸量がどのようになるかを検討する。

検討ケースは下表に掲げた4ケースとし、放流制限時の諸条件は次のように考えて設定した。

表2－3－2　検討ケースの条件

条件＼時点		琵琶湖開発前		琵琶湖開発後	
検討ケース		CASE2—A	CASE2—B	CASE3—A	CASE3—B
枚方確保流量		平均123.40m^3/s		平均161.14m^3/s	
放流制限開始水位(HS)		−0.50m	−0.50m	−1.00m	−1.00m
許容最低水位(HL)		−1.50m	−1.50m	−2.00m	−2.00m
異常渇水識別水位(HSS)		—	—	—	—
制限ルールケースA	V_{max}(m.s.d)	7,630.21	—	7,557.87	—
	VO_{max}（〃）	11,469.91	11,469.91	15,225.69	15,225.69
制限ルールケースB	β	—	0.015	—	0.015
琵琶湖責任放流率（η）		—	—	—	—
迎洪水位		6/11～10/15±0.00 10/16～6/10+0.30	6/11～8/25 −0.20 8/26～10/15−0.30 10/16～6/10+0.30	CASE2—Aに同じ	CASF2—Bに同じ

ア）放流制限開始水位

開発前……過去の琵琶湖水位、渇水年における7、8月の最低水位、"−0.50mライン"の現状認識等を勘案して設定する。

開発後……開発後の主要渇水年における最低水位が−1.0～1.5mであること、開発

前に対して迎洪水位が0.25～0.3m低下すること等を考慮して設定した。

イ） 許容最低水位

開発前……過去の実績最低水位を勘案するとともに、放流制限率が－0.70m程度でおおむね50％となるように設定した。

開発後……補償対策水位までを許容する。

ウ） 異常渇水識別水位

具体的にはS14年渇水を対象とする場合、もしくは－1.50mにより低下する場合に枚方確保流量に取水制限を設ける際の条件であるが、本検討ケースでは設定しない。(*)

エ） 制限ルールAのパラメータ

上記ア、イの条件設定と琵琶湖貯水池のH～V関係から、V_{max}、VO_{max}の値は決まる。

オ） 制限ルールBのパラメータ

放流制限率βは放流流量が放流制限開始時で110m³/s程度、－1.5m付近で60m³/s（－1.5mでの責任放流量は48m³/s）程度を確保すれば枚方残流域利用可能流量とあわせておおむね80～130m³/s 程度の枚方流量になること、半減期は50日ぐらいが妥当であること等から設定した。

カ） 琵琶湖責任放流率(η)

各制限ルールの条件のみから求まる放流流量は制限率が強くなった場合、漸減して遂には0となり、最低水位が許容最低水位を割ることがないが、責任放流量を満足させることは不可能になる。

したがって、放流制限条件下にある場合、実際の放流流量が責任放流量を確保する程度を充足率として定義してηを与えることにしているが、本検討ケースではη＝1.0として責任放流量を完全に満足させる。

(2) 計画対象年

本検討において対象とする渇水年は前（1－3）節の60年間のダム群運用計算結果から上位7位の全年とし、各渇水年の琵琶湖最低水位は次表のとおりである。

(*) 検討結果をみても、－1.50mより低下する対象年はS14年のみで、その最低水位は－1.69m（制限ルールA）程度であるから、結果的には考慮する必要はない。

表２－３－３　計画対象年の最低水位

（B. S. L. (m)）

順位	渇水年 ＼ 時点	開発前	開発後
1	S. 14年	−1.78	−3.23
2	S. 37年	−1.04	④−1.62
3	26年	−0.91	③−1.68
4	T. 13年	−0.91	②−1.76
5	S. 44年	−0.82	−1.58
6	42年	−0.71	−1.36
7	48年	−0.54	−1.34

注－1　順位は開発前の最低水位の低い順序
（開発後は○印のように入れ替わる）
注－2　木津川ダム群の枚方補給がない場合（表１－３－２、３参照）

(3)　計算結果

運用計算結果より、主要渇水年における最低水位、枚方不足期間、P・D等の諸量をまとめると下表のようである。

また、代表的な渇水年として昭和14年、26年、37年および44年（または48年）を選出して琵琶湖水位と枚方流量を図示すると図２－３－７、８のとおりである。これらの結果に対する分析、考察は次節（2－3－4）において述べる。なお、運用計算の電算アウトプットは別冊に収録する。

(4)　放流制限ルールの比較

放流制限ルールA、B両ケースについて、運用計算結果を検討しながら比較を行なった結果をまとめると次のとおりである。

表２－３－４～１　各ルールの運用計算結果（開発前）

計画対象年	取水制限なし SH	ルールA				ルールB			
		SH	t	P・D	α	SH	t	P・D	α
T. 13	−0.90	−0.78	36	235	6.5	−0.78	16	185	11.6
S. 14	−1.78	−1.19	184	4,070	22.1	−1.19	179	4,029	22.5
26	−0.91	−0.78	102	960	9.4	−0.84	41	359	8.8
37	−1.04	−0.85	20	36	1.8	−0.86	0	0	0
42	−0.71	−0.68	20	83	4.1	−0.69	0	0	0
44	−0.82	−0.70	51	345	6.8	−0.74	10	47	4.8
48	−0.54	−0.51	10	7	0.7	−0.52	0	0	0

地２－３－４～２　各ルールの運用計算結果（開発後）

計画対象年	取水制限なしSH	ルールA				ルールB			
		SH	t	P・D	α	SH	t	P・D	α
T. 13	−1.76	−1.36	218	2,433	11.2	−1.34	177	2,324	13.1
S 14	−3.23	−1.69	197	7,582	38.5	−1.64	189	7,645	40.5
26	−1.68	−1.40	122	2,197	18.0	−1.35	112	2,540	22.7
37	−1.62	−1.41	115	1,691	14.7	−1.47	100	1,070	10.7
42	−1.36	−1.28	106	1,012	9.6	−1.28	101	922	9.1
44	−1.58	−1.35	92	1,074	11.7	−1.33	62	1,073	17.3
48	−1.34	−1.22	72	751	10.4	−1.18	66	969	14.7

注－１　SH：琵琶湖最低水位（B. S. L.m）
　　t　：枚方不足日数（枚方確保流量が不足する延日数(日)）
　　P・D：放流制限期間中の累加パーセント・デー（％・日）
　　α　：不足期間の平均不足率(%)
注－２　木津川２ダムの枚方補給はない場合（（１－３）節参照）

i）表２－３－３および図２－３－８から明らかなように、まず両ルールには大差がない。

ii）強いて両ルールの差を指摘すれば、開発前では検討対象の全ての渇水年でルールＢの方がルールＡよりも最低水位は低いが、ほぼ同じであるが、枚方不足期間はかなり短縮され（合計日数　ルールＡ４２３日、ルールＢ２４６日、Ｂ／Ａ＝0.58）、かつP・D値も小さい（合計値　ルールＡ 5,376、ルールＢ 4,620、Ｂ／Ａ＝0.81）ので、全体的に琵琶湖を有効に使用しているように思われる。

iii）反面、不足期間の減少とP・D値がバランスしていないため、大渇水時の不足率はルールＢの方がルールＡよりも大きくなる。この原因は、ルールＡは枚方不足流量（QF）に対して一定の補給を行なうのに対して、ルールＢの放流流量（$Q_{out,B}$）は貯水残容量のみに比例して決まり、ＱＦには無関係であるから、大渇水時では$QF > Q_{out,B}$の場合が多くなるためである。

iv）ii)で指摘したルールＢの長所は逆にこの欠点の裏返しに他ならず、ルールＡでは必らずＱＦに対して放流制限がかかるのに対して、ルールＢでは放流制限率βの値によって一定の放流が約束されているためである。

v）これを放流制限開始後の約１ケ月間でみると、図２－３－１０に示すようにルールＡの方がルールＢよりも放流流量は多く、不足率は小さく、渇水が長期化すれば制限が徐々に厳しくなるパターンである。

vi) したがって、渇水時の管理手法としてはルールAの方が安全で効果的な操作であると考える。ただし、ルールBで$\beta=0.015$とした場合の比較であるから、βを変化させることによって改良する余地は残っている。(*) （たとえば、βを水位の変化に連動させて可変的に与える方法など）

以上の考察より、全体的な運用結果を比較すればルールAの方がBよりも優れていると考えられるが、両者の管理手法としての優劣を評価するためには次の問題点が残るであろう。すなわち、「制限ルールを決定する上での情報は何と何か？」ということである。ルールA、Bでいえば、放流流量を決定するのに前者は琵琶湖水位と放方流量を既知としているが、後者は琵琶湖水位と1つのパラメータ（β）である。

実際の淀川水系のダム統合管理の面からみれば枚方流量は最も重要な情報であるから、これを既知量として放流量を決定するルールAの方が優れていると考える。ルールBでも直接的には枚方流量を利用していないが、βを決定する際にはとうぜん意識されているであろう。

もし、仮りにルールBにおいてβの値を社会的条件、水文的予測情報（図2－1－1）および豊かな経験等を総合的に判断して与えることが可能ならばルールAよりも優れたルールでありうる。しかし、技術的に不確実性が伴なう限り、管理手法としての制限ルールは結果的には決して評価することが不可能(**)である以上、技術的に簡単で不確実性がないルールの方が優れているといえよう。

(*) 運用計算結果より判断すると、$\beta=0.015$の値はおおむね妥当であり、もし変化させるとすれば、渇水年を特定した一定の運用目的を設定する必要があろう。

(**) 実際の渇水時においては、唯一のルールで運用せざるを得ない以上2つ以上のルールを再現して比較できないこと、本検討のように過去の流況をベースに判断する際には、結局琵琶湖水位をどこまで低下させうるかの問題に帰着するためである。

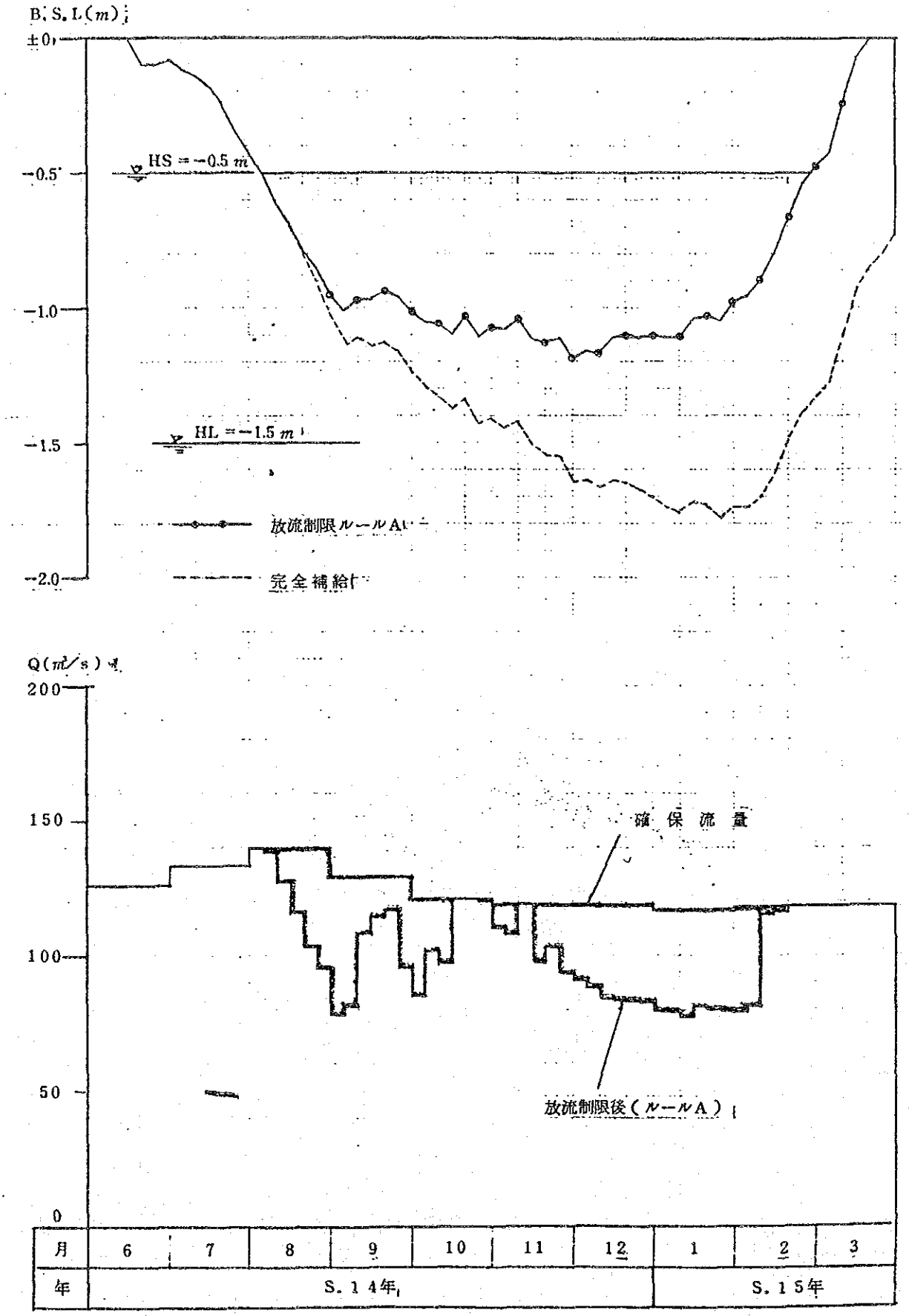


図2－3－6～1　琵琶湖水位と放方流況図（開発前）

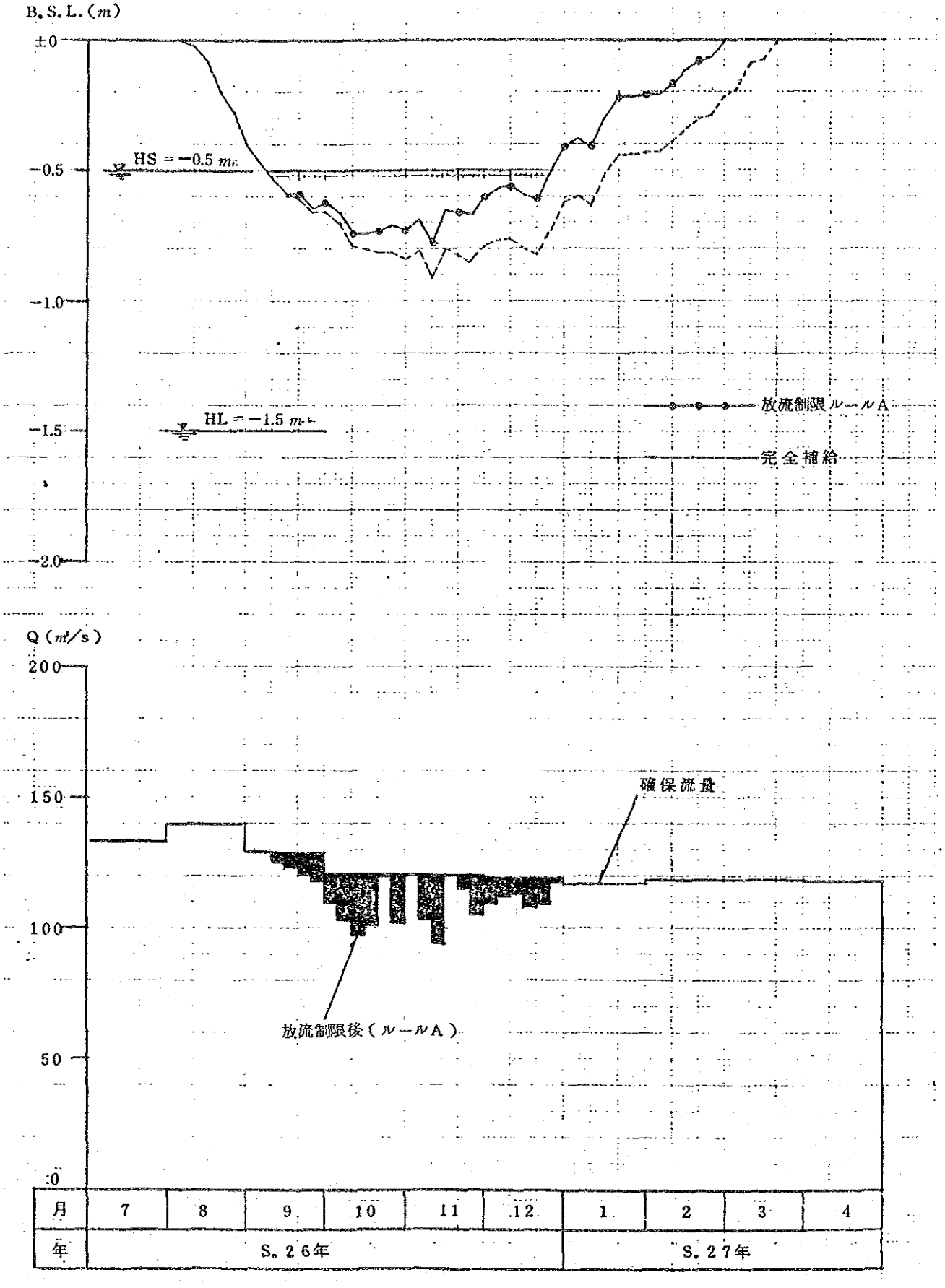


図2－3－6～2　琵琶湖水位と放方流況図（開発前）

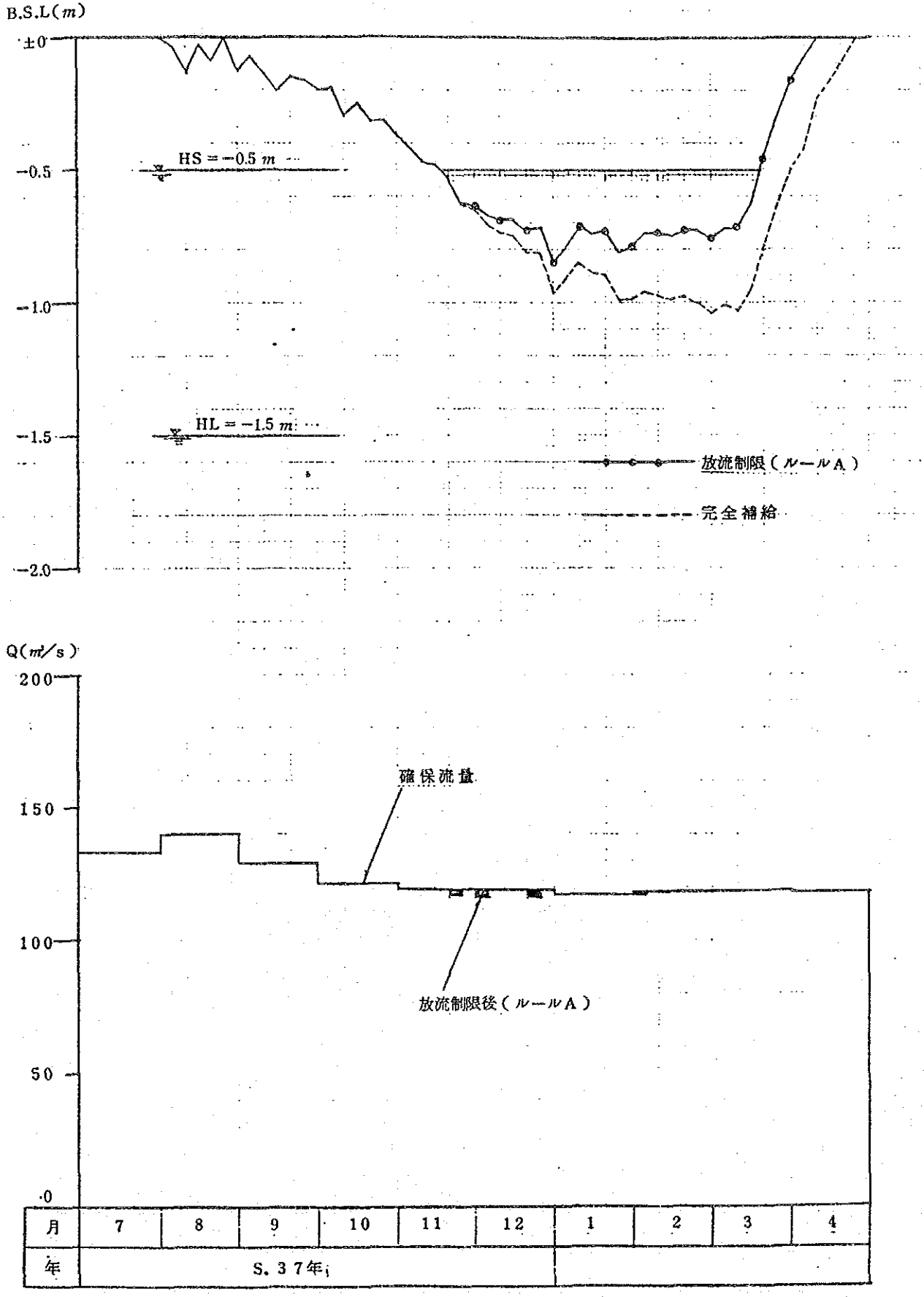


図2－3－6～3　琵琶湖水位と枚方流況図（開発前）

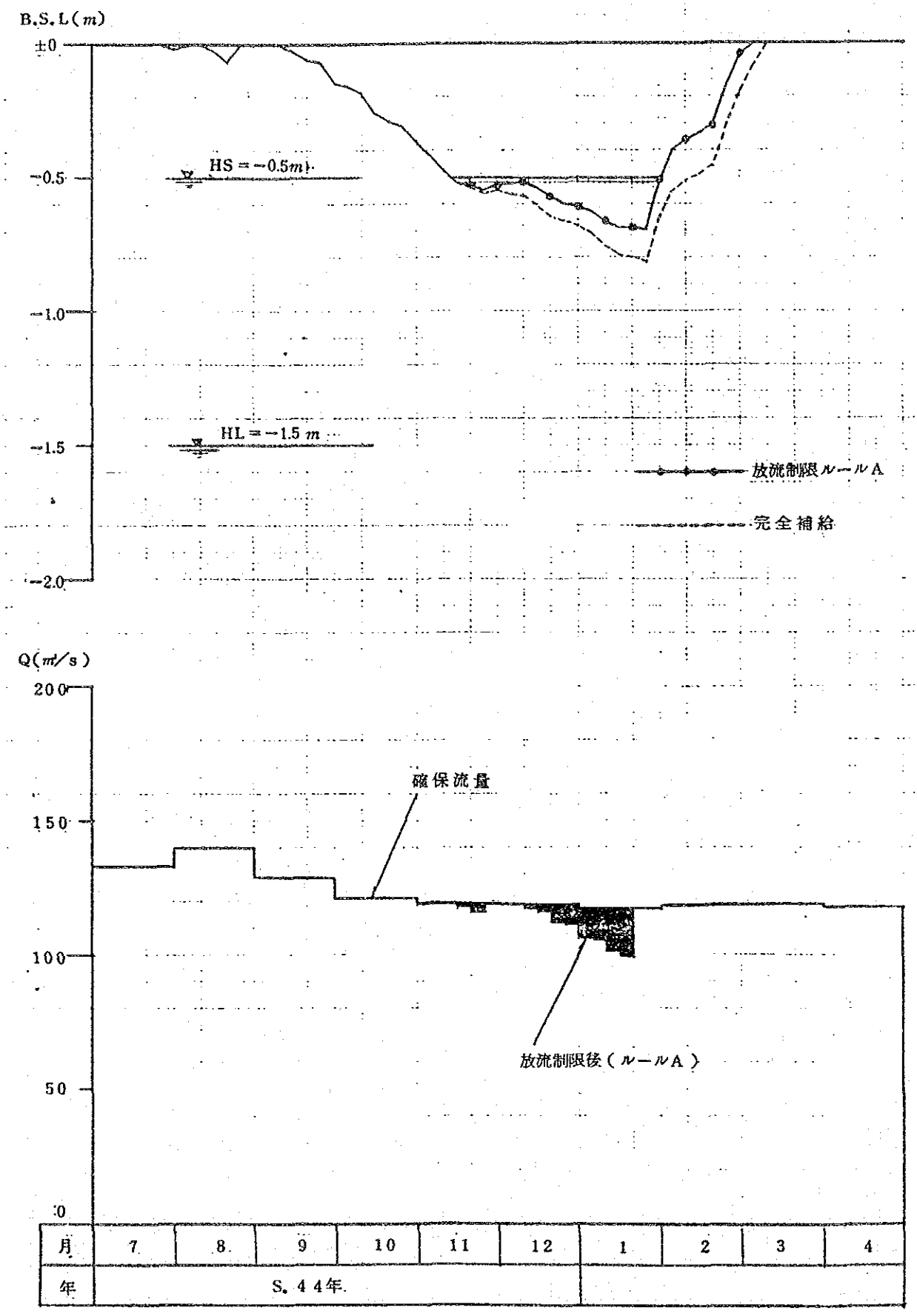


図2－3－6～4　琵琶湖水位と枚方流況図（開発前）

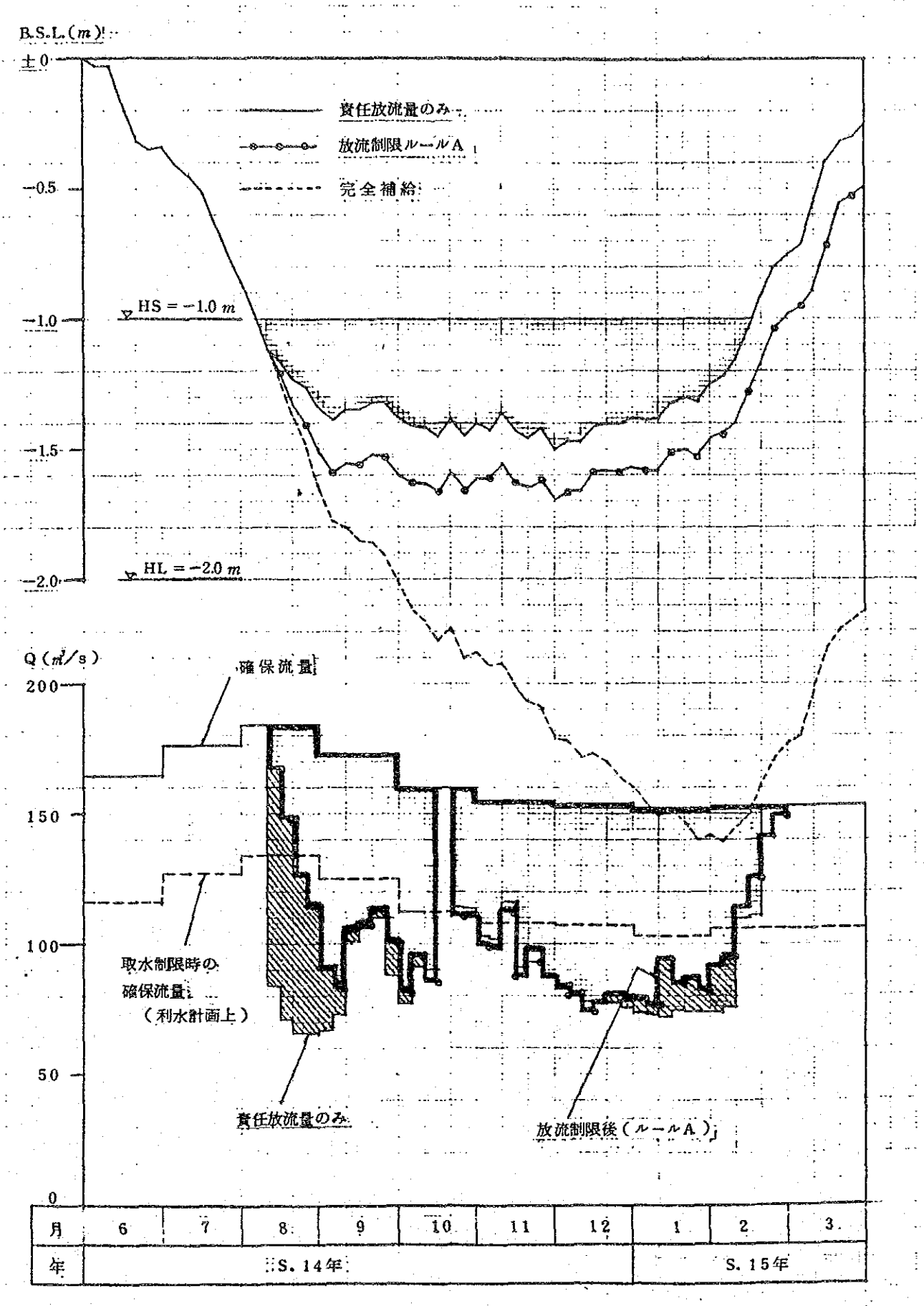


図2－3－7～1　琵琶湖水位と枚方流況図（開発後）

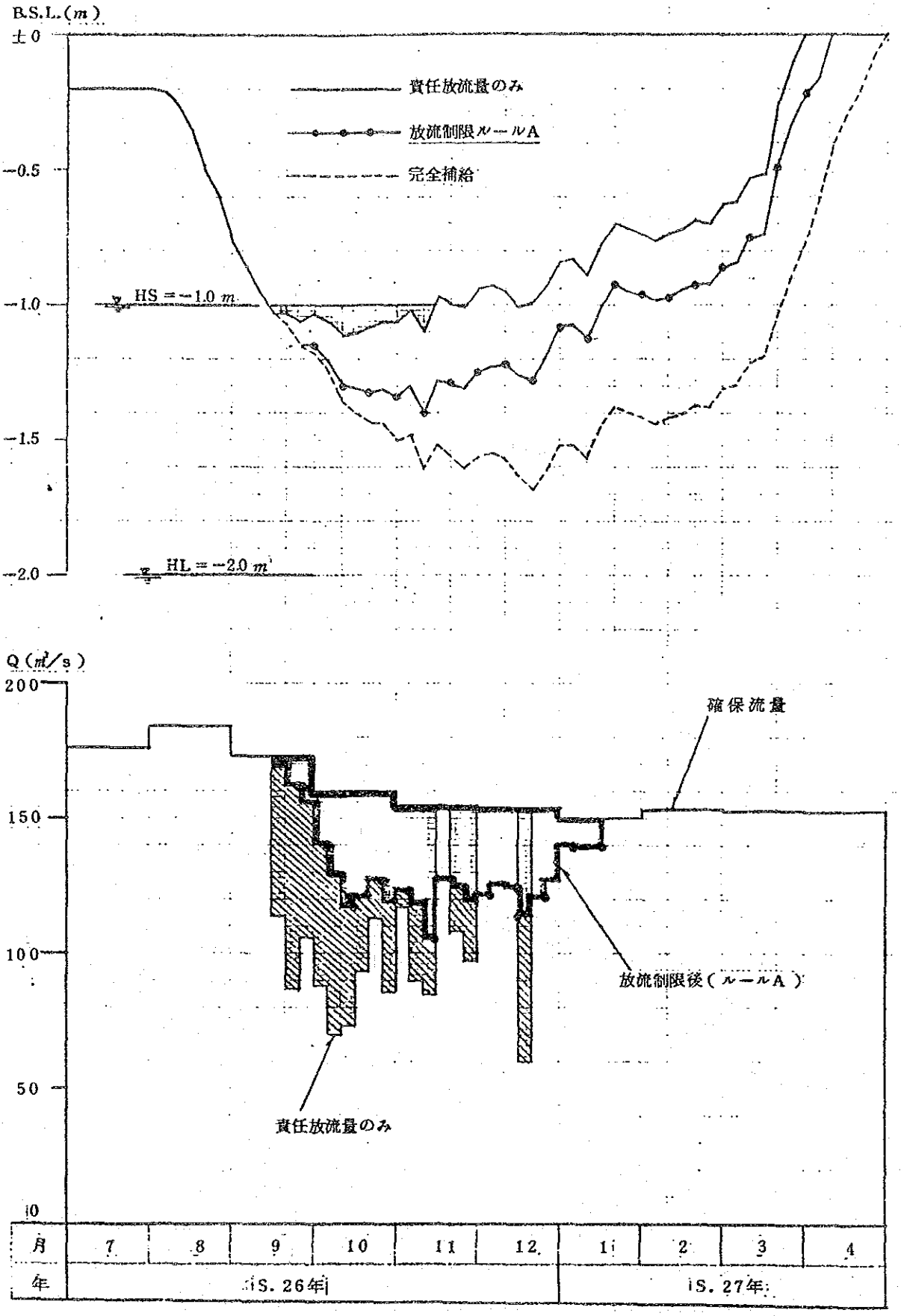


図2—3—7～2　琵琶湖水位と放方流況図（開発後）

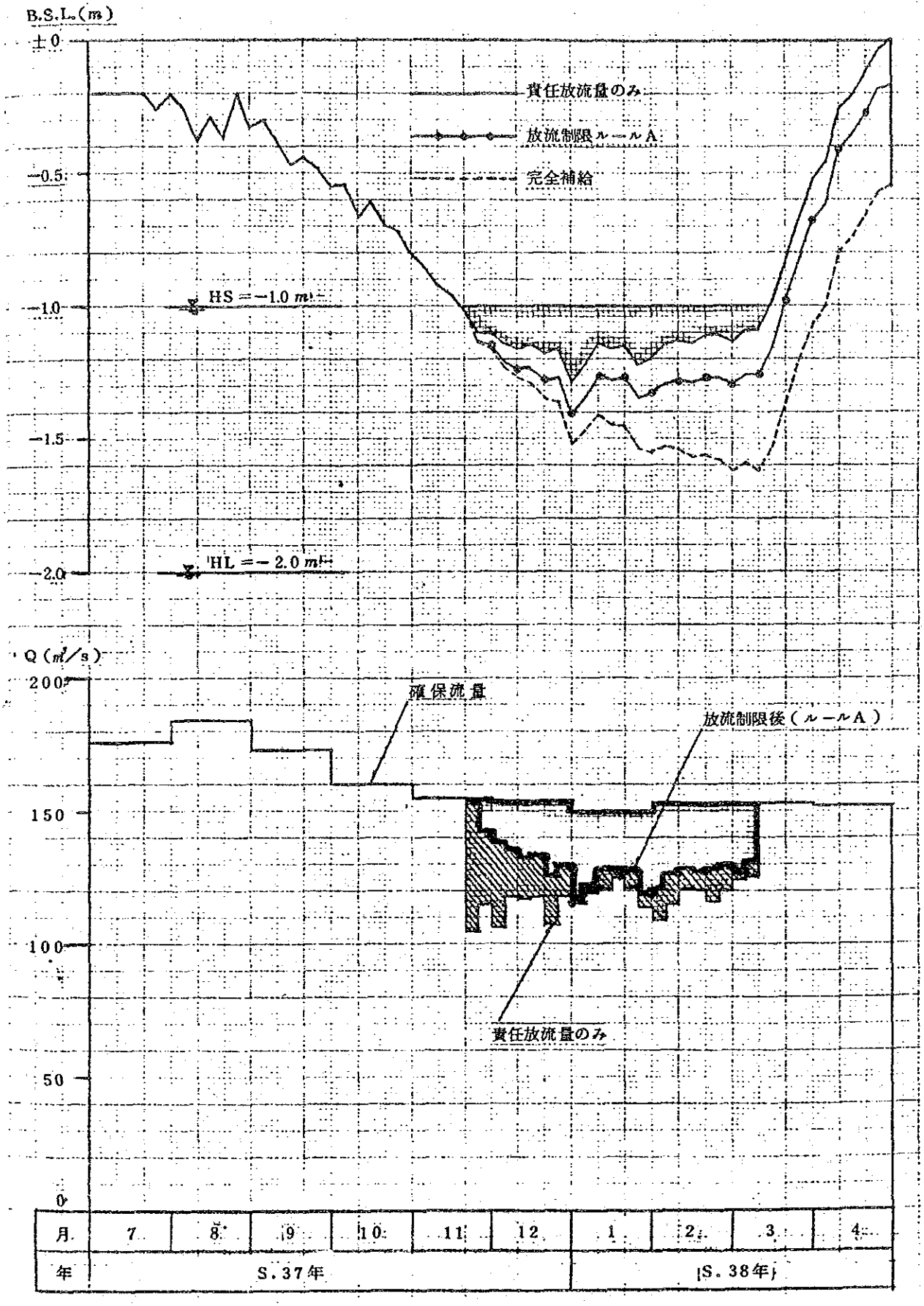


図2－3－7～3　琵琶湖水位と枚方流況図（開発後）

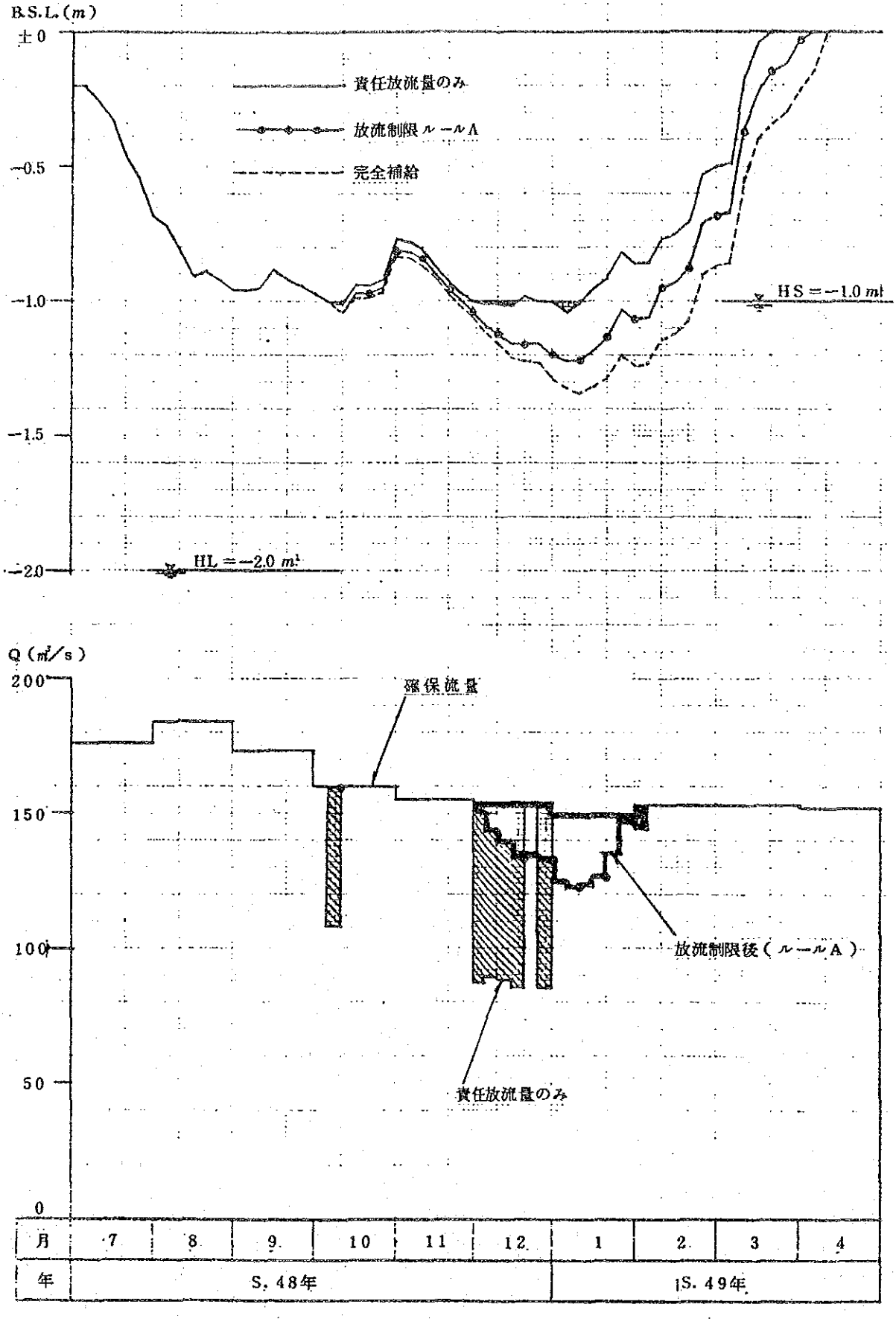


図2－3－7～4　琵琶湖水位と枚方流況図（開発後）

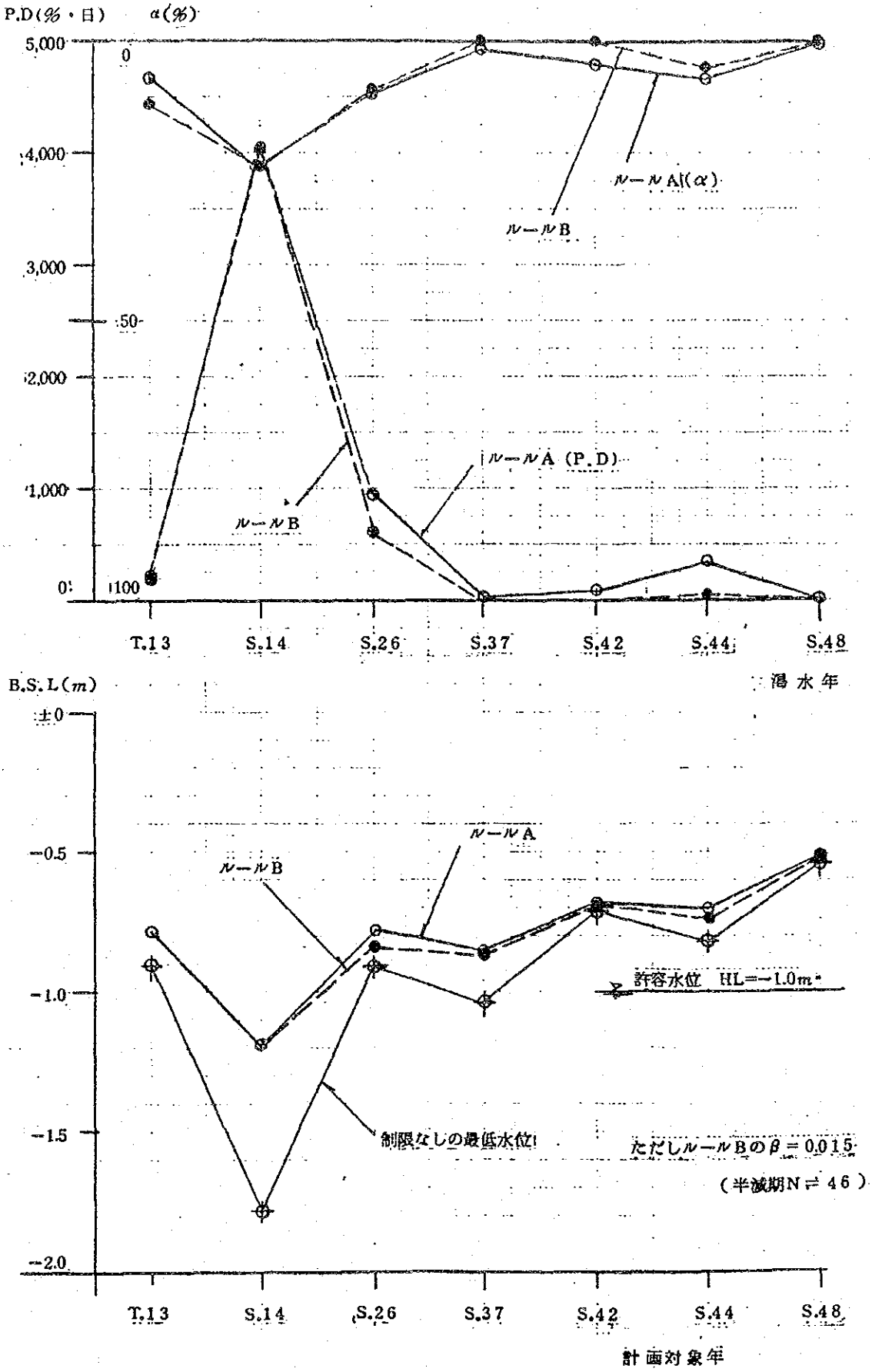


図2−3−9−1 制限ルールの比較図(開発前)

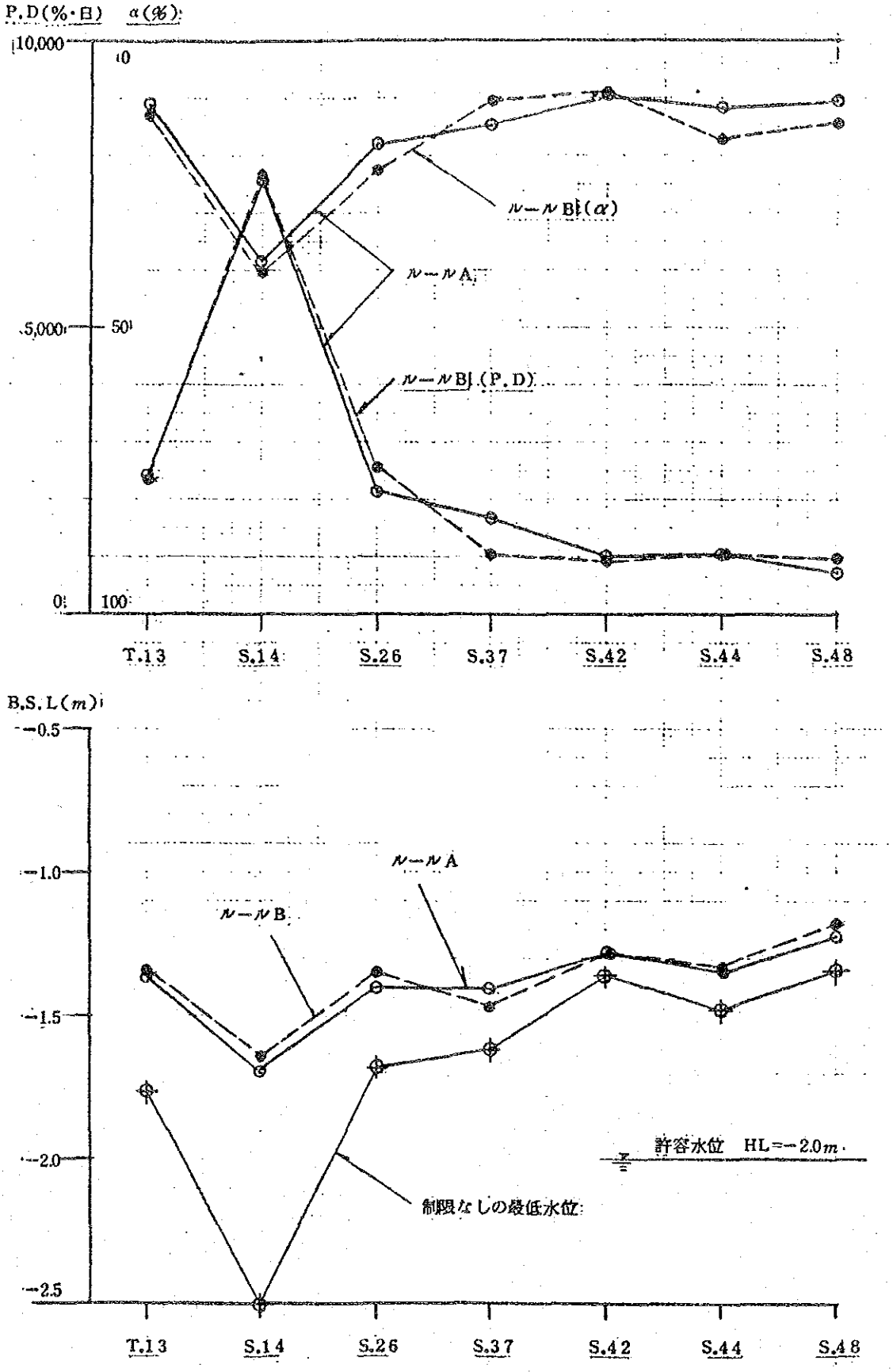


図2−3−9〜2 放流制限ルール比較図（開発後）

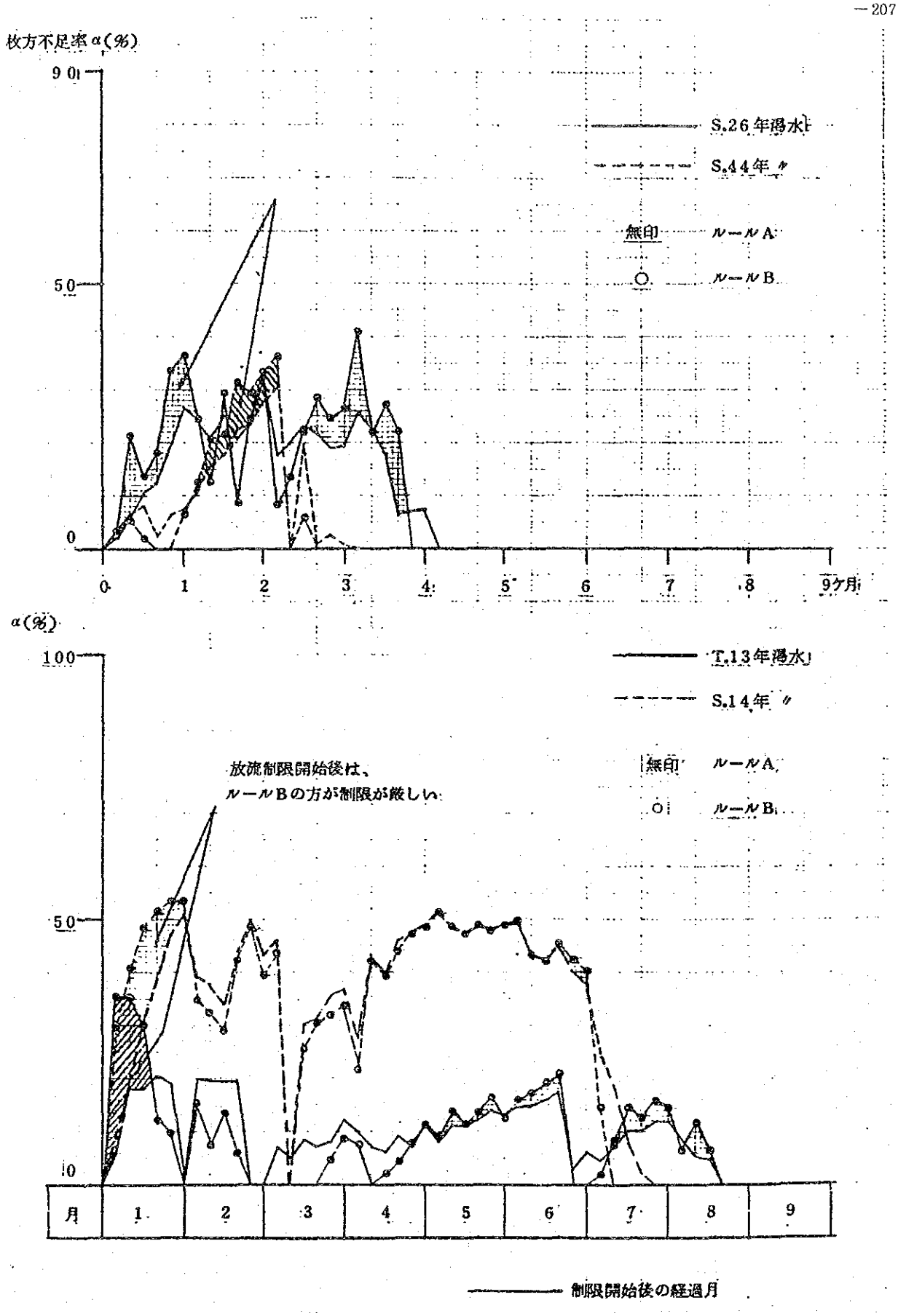


図2—3—10　制限ルールによる枚方不足率の比較

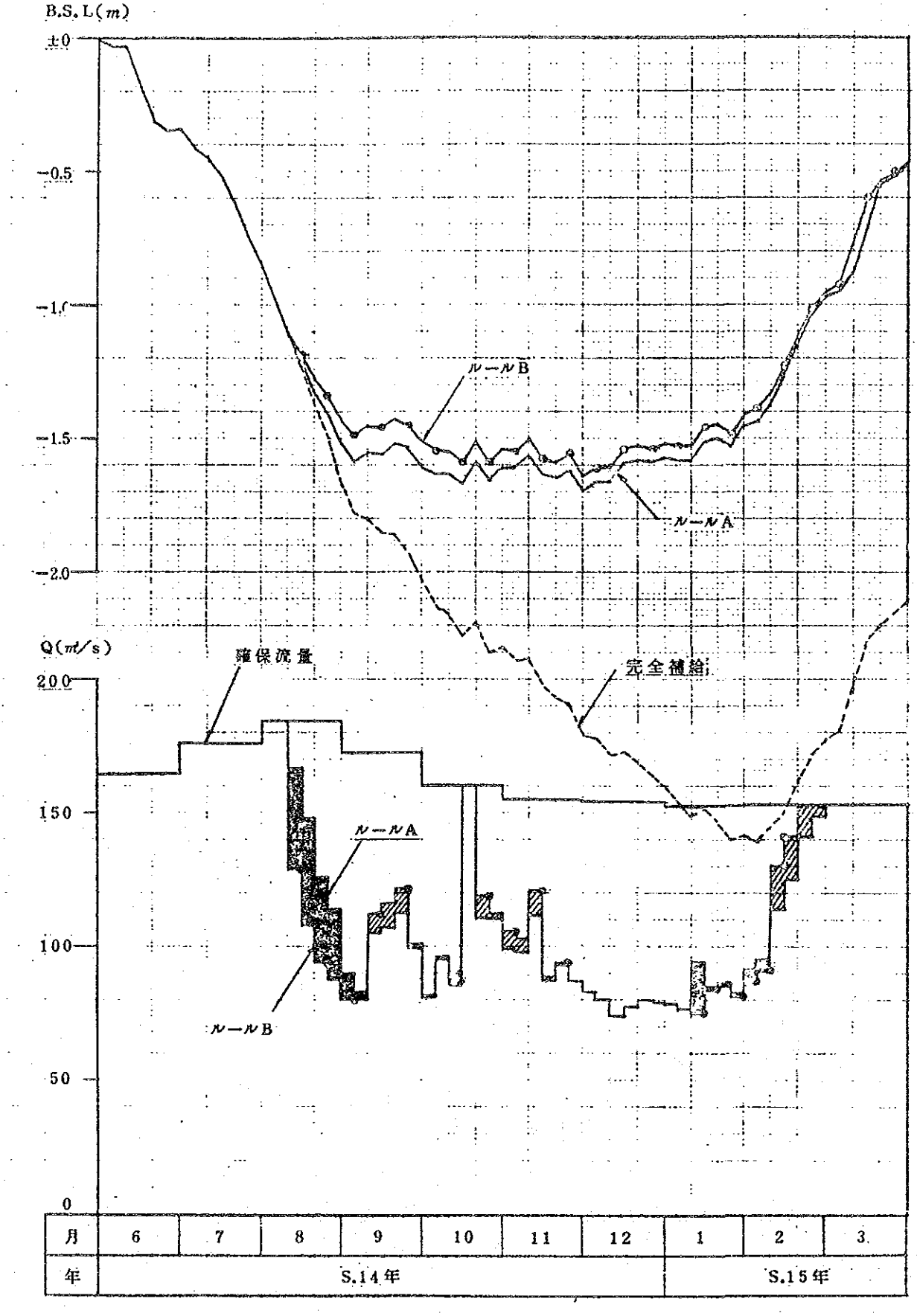


図2－3－11　琵琶湖水位と放方流況図（開発後）

2－3－4　放流制限ルールAに対する考察

(1)　琵琶湖責任放流量

これまでの運用計算においては、琵琶湖責任放流量は制限ルールよりも優先しているので、各ルールとも水位が下がるとルールから決定する放流流量は責任放流量よりも小さくなって、事実上ルールは無視される結果が生じている。

表２－３－５は、責任放流量のみのルールで運用した結果であるが、とうぜん最低水位は高く、枚方不足流量、不足率およびP・D値とも大きな値を与えている。これは図２－３－７に例示するとおり、水位が放流制限開始水位より下がると放流は責任放流のみとなるためであるが、そのときの放流量は図２－３－５のH～Q図に示すとおりである。

表２－３－５　責任放流量のみの運用結果

対象年	責任放流量のみ 開発後 SH	t	%・日	$\dot{\alpha}$
T. 13	−1.18	92	3,267	35.5
S. 14	−1.50	189	8,622	45.6
26	−1.10	71	2,905	40.9
37	−1.29	110	2,554	23.2
42	−1.16	46	1,657	36.0
44	−1.08	66	2,371	35.9
48	−1.04	36	1,576	43.8

注−1　SH、t、%・日の意味は前表に同じ。
$\dot{\alpha}$：t日間の平均不足率（%）

H～Q関係より定まる責任放流のみでは枚方流量はかなり不足することは確実であるが、残流域流量によって一概にはいえないが、S 14年、S 26年渇水でも70～80㎥/s、S 37年渇水では100㎥/s以上はある。

ただし、右表にみるとおり、P・D値および平均不足率は著しく大きく、放流制限操作が極端であることを物語っている。

渇水時の枚方残流域流量は極端な場合はマイナス値もあるが、おおむね20～50㎥/s程度は期待することができるため、責任放流量が80～100㎥/sであれば、枚方確保流量は一応満足すべき水準になる。

したがって、現行の責任放流量85.0㎥/s（常時）はきわめて正鵠を得た値として設定されていると考えられ、渇水時においても70～85㎥/s 程度の責任放流量を確保すれば、おおむね満足すべき運用結果を得ることができる。（ただし、放流制限開始直後の放流流量は漸近的に減少させることはいうまでもない）

(2)　制限ルールAの改良

制限ルールAにおいて、放流流量を規定する条件としてV_{max}がある。この値を前回の運用ルールより大きくした場合（ルールA－2と称す）について検討した。

開発前……HL＝－2.0 m、V_{max}＝11,386.00 m. s. d（ルールAの 1.49倍）

開発後……HL＝－2.5 m、V_{max}＝11,270.25 m. s. d（同上）

運用計算結果は下表の通りで、S 14年、26年渇水年についてルールAと比較してみると図2－3－12、13のようになる。

水位は開発前で2～5 cm、開発後で10～20cm程度それぞれ低下したかわりに不足期間不足率、P・D値ともにルールAよりは改善されている。

したがって、許容最低水位を開発前で－1.0 m、開発後で－2.0 m とするならば、開発前では S 14年渇水が許容最低水位を 22 cm下回っているが、開発後では満足している。

表2－3－6　放流制限ルールA－2の運用結果

対象年	開発前 SH	開発前 t	開発前 P・D	開発前 α	開発後 SH	開発後 t	開発後 P・D	開発後 α	備考
T 13	－0.79	36	35	1.0	－1.41	223	2,153	9.7	SH:最低水位（m）
S. 14	－1.22	189	3,833	20.3	－1.85	208	6,730	32.4	t：不足期間（日）
26	－0.80	102	751	7.4	－1.45	153	1,864	122	P・D:%・日
37	－0.85	20	33	1.7	－1.44	115	1,306	11.4	α：不足率（%）
42	－0.68	20	56	2.8	－1.30	106	794	7.5	
44	－0.71	51	242	4.7	－1.40	97	838	8.6	
48	－0.52	10	5	0.5	－1.25	72	574	8.0	

しかし、開発前の S 14年で －1.0 m を下回った時点で放流を中止したと仮定すれば、放流中止期間は 9／1～11／30の3ケ月、P・D値は 7,596となり、そのままルールA－2による放流制限を継続した場合のP・D値 3,833の約2倍に達する異常値となる。最低水位－1.22 m を許容せず、－1.0 m を満足させる代償としては余りにも厳しすぎることは明白である。

制限ルールを最低水位の面から評価しなければ、いわば〝歯止め〟のない状態になり、既に検討したとおり、最低水位をより低下させるルールA－2の方がルールAよりも優れていると短絡的に評価するおそれがある。

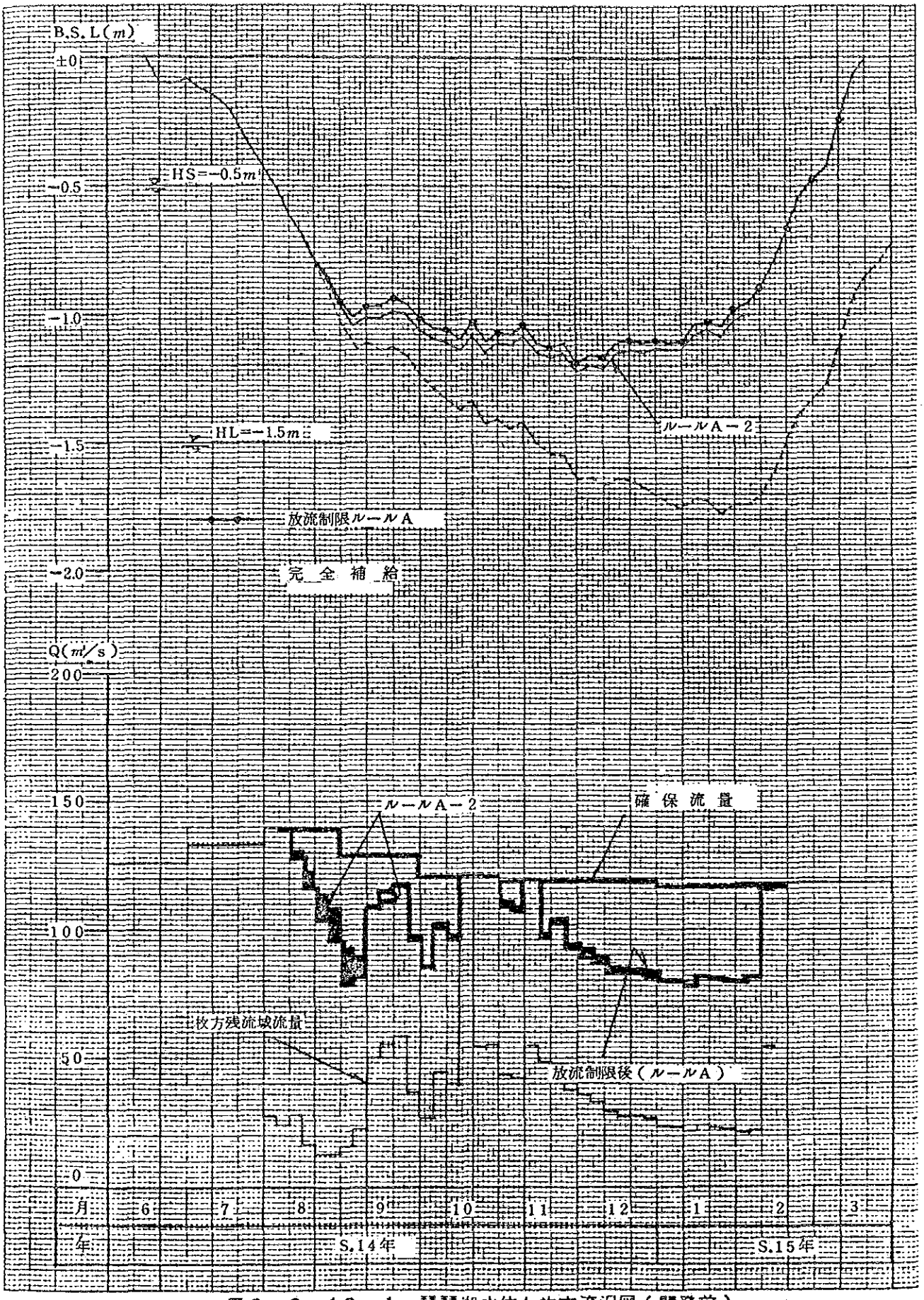


図2−3−12〜1　琵琶湖水位と枚方流況図（開発前）

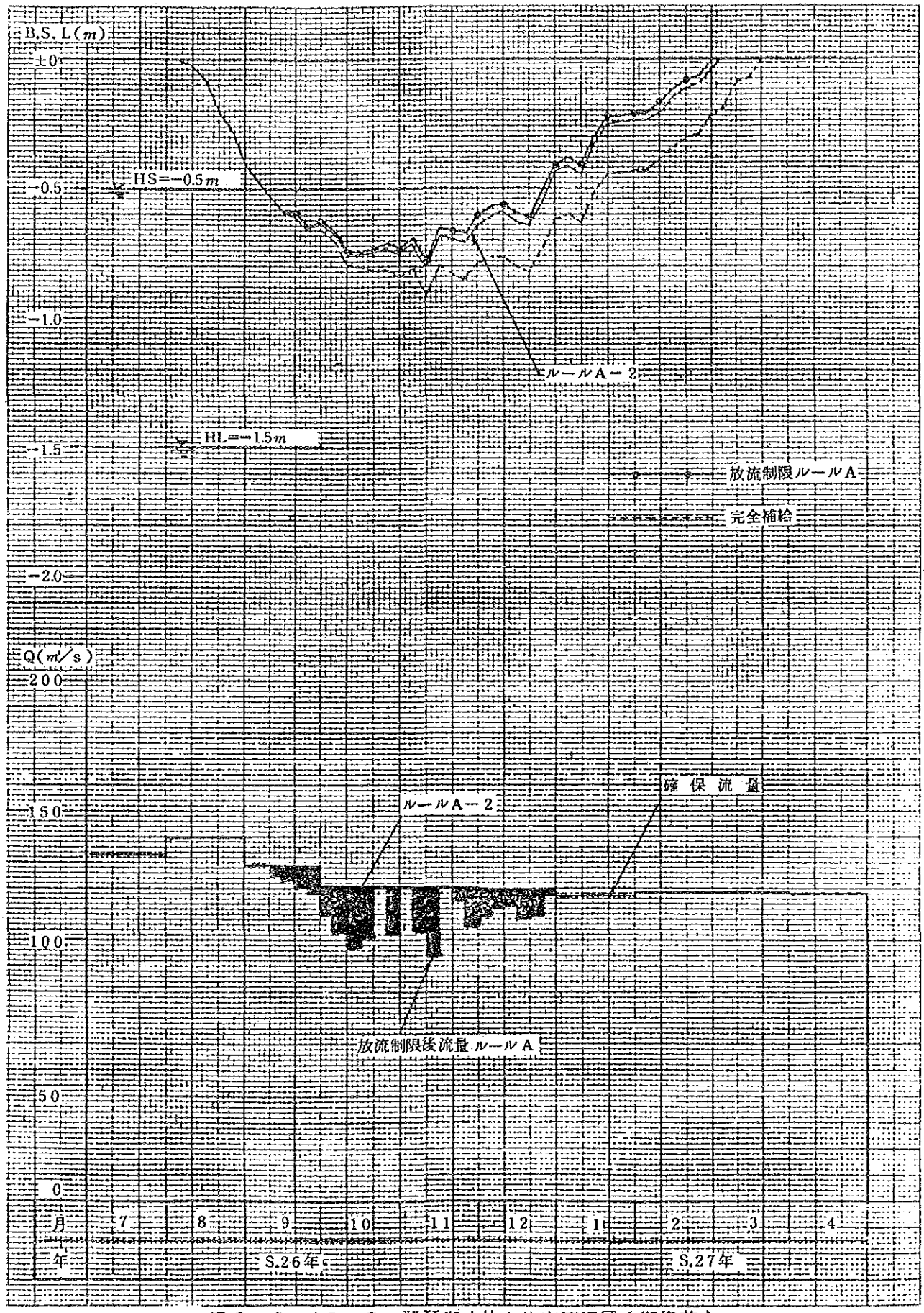


図２－３－１２～２　琵琶湖水位と枚方流況図（開発前）

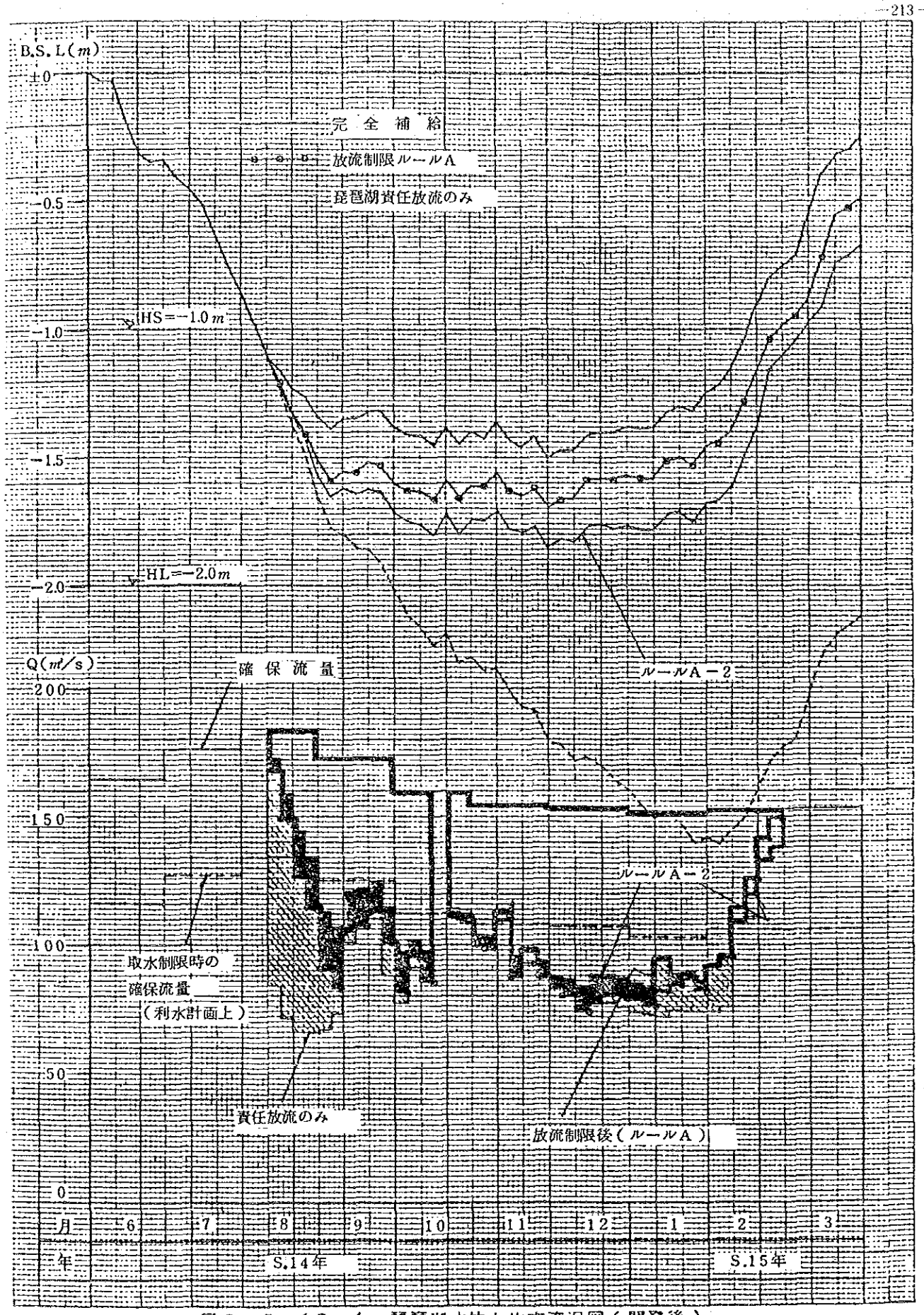


図2−3−13〜1　琵琶湖水位と枚方流況図(開発後)

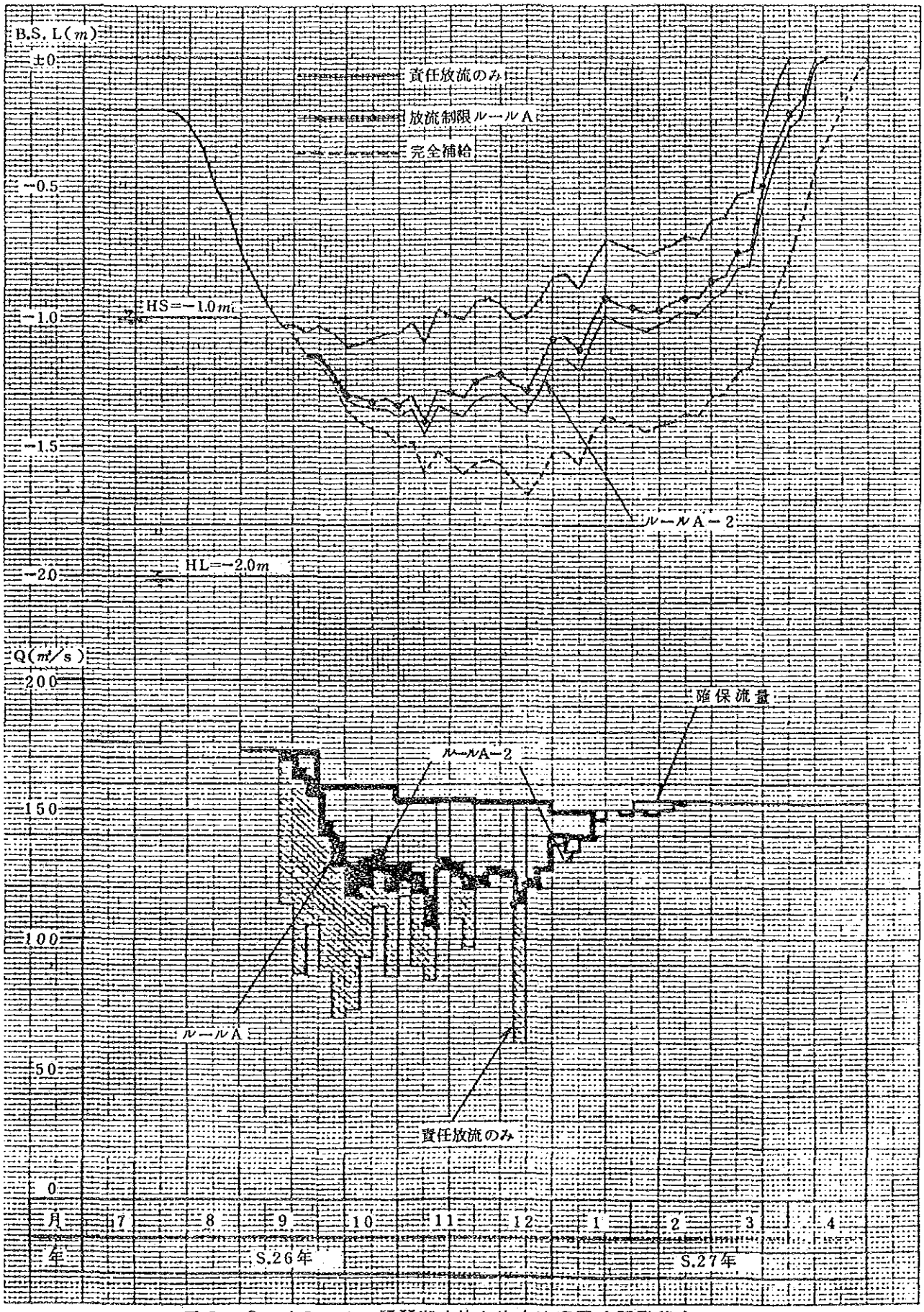


図2−3−13〜2　琵琶湖水位と枚方流況図（開発後）

2—4　取水制限ルールの検討

2—4—1　概　　説

前節での放流制限ルールにおいては、放流制限後の枚方流量には凹凸があり、一定値にはならないため、枚方確保流量に対する取水制限率がどのように変化しているかを直ちに把握することはできず、かつ制限期間が長引いても取水制限率は必らずしも強化されないという欠点をもっている。

むしろ、最初から枚方確保流量に一定の取水制限率を乗じて不足流量を求めて、その全量を琵琶湖から補給する取水制限ルールの(*)方が需要者側における渇水調整を考える上で実際的であり、管理上も容易であろう。

しかし、この場合、特定の渇水年を対象にして、最低水位の目標値を事前に設定した上で必要な取水制限率を運用計算によって逆算するのみでは管理手法としては妥当ではない。(*)

本検討ルールにおいては、取水制限率を月別最低水位の生起確率と連動させて月別、水位別に与えるようにし、種々の取水制限率の与え方によって琵琶湖水位がどのように変化するかを検討する。

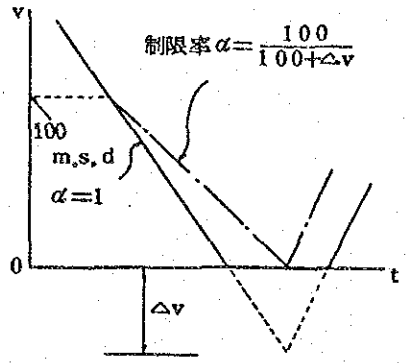
(*)　利水計画上はＳ１４年渇水を対象に目標最低水位を—2.0ｍとして取水制限率を平均７０％としている。（但し、水位が—1.50ｍより低下した場合に制限がかかるルール）

2－4－2　木津川ダム群の運用ルール

前（２－３）節までの検討においては、木津川ダム群の枚方補給は考慮していなかったが、本節以降では青蓮寺、高山両ダムの運用は利水計画上の操作を行なうことを前提とする。

ただし、利水計画上、青蓮寺、高山ダムは大正１３年、昭和１４年、１９年、２６年および４４年の５回、貯水池残容量が０になるため、各渇水年で枚方開発に対して補給制限を考慮して運用する。(*)

各渇水年における補給制限率は、両ダムとも木津川筋の利水基準点に対するダム補給を優先させて、その後の貯水池残容量を枚方補給にまわし、貯水容量を丁度に使い切るように計算して与える。（右図参照）　ただし、昭和１４年１９年の不足容量は他の渇水年と比較して著しく、かつ木津川筋に対する補給のみで既に貯水容量は不足しているため、枚方補給に対する制限率は両ダムとも 0.2 と仮定し、貯水池が空虚になることを制限しない。



枚方補給に対する制限は、各ダムの貯水池残容量が１００m.s.d を割った時点から開始し、表２－４－１に示す制限率をかける。なお、１００m.s.d の基準は各ダムの洪水期利水容量（青蓮寺ダム 178.2 m.s.d、高山ダム１５９.7m.s.d）の 1／2 に１半旬期間の枚方補給量を加算した値を目安にして設定したものである。

表２－４－１　枚方補給制限率

渇水年	青蓮寺ダム	高山ダム
T.13	0.463	0.613
S.14	(0.20)	(0.20)
19	(0.20)	(0.20)
26	0.600	0.600
44	0.775	0.525

２ダムの枚方開発量は青蓮寺ダム 2.3m^3/s、高山ダム 5.0m^3/s であるが、ダム補給量もその範囲内であるため、補給後の枚方流量は必らずしも一定値とはならない。

また、２ダムの制限ルールをどのように設定しても両ダムの貯水容量を全部使い切ってしまう以上、ルールによって枚方流量の波形は変化するが、琵琶湖の補給容量には何ら影響を与えないので、本制限ルールの是非については検討しない。

(*)　室生ダムは枚方開発がないので、（２－３）節同様にとうぜん利水計画上の運用を前提とする。

次に（２－３）節までの各種の検討が木津川ダム群の枚方補給を考慮しない前提条件の上で琵琶湖の運用を対象としているため、本節以降の検討成果と比較する際の両者の相違を明らかにしておく必要がある。

もともと、（２－３）節までは琵琶湖の運用を考える上では木津川ダム群との操作ルールの連携は、琵琶湖の貯水容量が木津川ダム群のそれよりはるかに巨大であるため、木津川ダム群を無視しうるとの考え方であった。

木津川ダム群の操作方法による琵琶湖最低水位の差は表２－４－２に示すとおりである。開発前は両者は全く同一水位であり、開発後でもＳ１４年で４cm、Ｔ１３年、Ｓ２６年、Ｓ４８年で各１cmの差がある程度にすぎない。

両者の最低水位に差がない理由は、琵琶湖放流量が責任放流量の８５.０m³/s で決まる運用をしているからである。つまり、枚方確保流量が小さい開発前では、残流域流量に８５.０m³/s を加えると常に確保流量を上回り枚方流量とは無関係に水位が決まることになる。開発後でも枚方流量が著しく小さい補給期間以外は同じ現象が生じている。

表２－４－２　木津川ダム群の操作手法による琵琶湖最低水位の比較

（B.S.L.m）

渇水年	開発前 枚方補給なし	開発前 あり	開発後 なし	開発後 あり
T. 13	−0.90	−0.90	−1.76	−1.75
S. 14	−1.78	−1.78	−3.23	−3.19
26	−0.91	−0.91	−1.68	−1.67
37	−1.04	−1.04	−1.62	−1.62
42	−0.71	−0.71	−1.36	−1.36
44	−0.82	−0.82	−1.58	−1.58
48	−0.54	−0.54	−1.34	−1.33

以上のように、木津川ダム群の操作方法の相違は、琵琶湖水位に換算すれば無視しうる程度であるとともに琵琶湖の運用ルール上からも独立している(*)ことになり、今回の放流制限ルールを検討する際の基本的な考え方を左右する問題ではないと考える。

(*)　勿論、渇水時の管理面からいえば、常時の運用ルールそのものを変更しようとしている見地からは理由にはならない。しかし、その場合は第１の理由を根拠とする。

2－4－3　取水制限ルールと運用計算式

本制限ルール（以下はルールCと称す）は枚方確保流量に対する取水制限率を（2－2）節で検討した月別最低水位の生起確率によってあらかじめ設定しておき、制限後の枚方流量に対する不足量は琵琶湖から完全に補給する方式である。また、琵琶湖責任放流量は取水制限をかけていない場合は常時85.0㎥/sとし、取水制限がかかっている場合は図2－3に示すH～Q関係を与えることとする。

本制限ルールによる運用計算式は次のとおりである。（前（2－3）節の運用計算式と異なる部分のみ）

取水制限率	αN……あたえる（図2－4－1参照）
取水制限後枚方確保流量	Q5D＝Q5×（1－αN）
琵琶湖責任放流量	Q7＝85.0（αN＝0のとき）
	＝図2－3－5のH～Q関係（αN≒0のとき）
残流域利用可能量	Q6＝（Q5D－Q7）、Q4のうち小
琵琶湖必要放流量	Q7D＝（Q5D－Q6）≧Q7
枚方不足流量	QF＝Q5－Q9≧0
〃　不足率	Fα＝QF／Q5×100

2－4－4　開発前の運用計算結果

(1)　月別水位別取水制限率

前（２－２－３）項の月別最低水位の生起確率に関する検討結果より、生起確率1／5年、1／10年および1／20年にほぼ相当する月別最低水位（図２－２－３参照）を基礎にして、琵琶湖の制限水位と枚方の取水制限率の関係を下図のように３ケースのパターンを設定した。各ケースの制限水位の月別区分は図示のとおりで、各制限水位ゾーン内における取水制限率は右表のように与える。

表２—4—2　ゾーン別取水制限率

(%)

ケース＼ゾーン	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
C－1	0	5	15	25
C－2	0	10	20	30
C－3	0	15	30	40

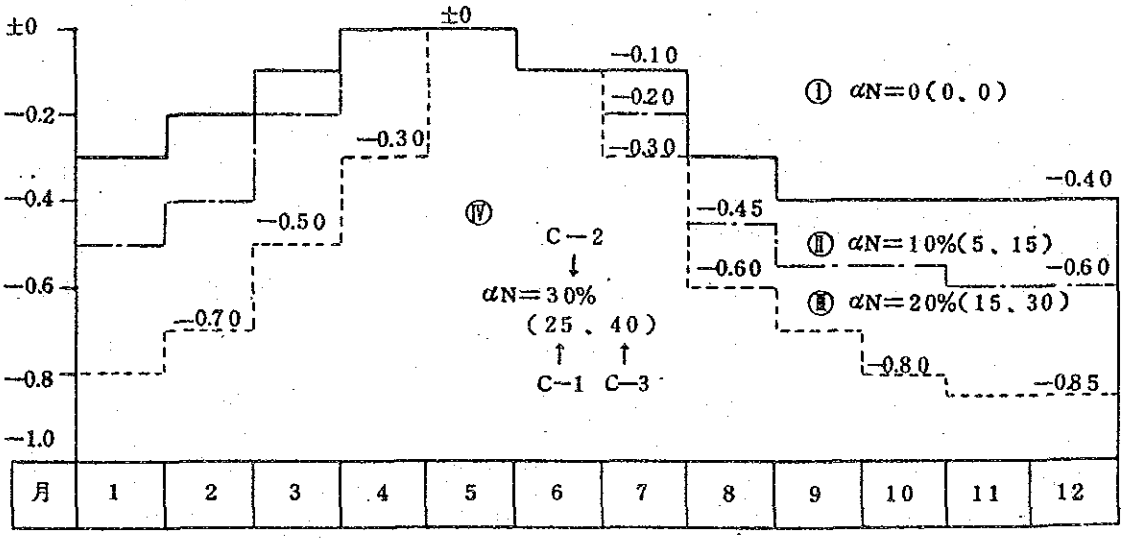


図２—4—1　月別水位別取水制限率パターン（開発前）

(2)　運用計算結果

前記３ケースの取水制限率を与えて琵琶湖の運用計算を実行した結果から、計画対象年について最低水位、Ｐ・Ｄ値等を整理すると次表のようである。また、琵琶湖水位と枚方流況の半旬変化を図２－４－３に示す。

これらの図表を通観して考察すると次の事項が指摘できる。

イ）取水制限率を変化させた３ケースの差は最低水位で比較するとほとんどない。（最大S.14年の10cmでその他の渇水年では5cm以下である。）

ロ）最低水位はケースC－3の場合、S.14年の－1.05m、S.37年の－0.82m、S.26年

表2—4—4　各ケースの運用計算結果（開発前）

計画対象年	取水制限なしSH	ケース C—1				ケース C—2				ケース C—3			
		SH	t	P・D	α	SH	t	P・D	α	SH	t	P・D	α
T.13	−0.90	−0.72	137	916	6.7	−0.70	131	1,129	8.6	−0.67	120	1,252	10.4
S.14	−1.78	−1.15	219	3,933	18.0	−1.12	219	4,390	20.0	−1.05	219	4,730	21.6
26	−0.91	−0.76	122	1,107	9.1	−0.72	117	1,434	12.3	−0.69	106	1,675	15.8
37	−1.04	−0.83	25	82	33	−0.82	30	100	33	−0.82	30	100	33
42	−0.71	−0.63	77	433	5.6	−0.61	71	552	7.8	−0.62	70	657	9.4
44	−0.82	−0.67	71	531	7.5	−0.63	71	781	11.0	−0.60	71	980	13.8
48	−0.54	−0.45	56	365	6.5	−0.43	46	520	11.3	−0.42	41	705	17.2

注—1　SH：最低水位（B.S.L.（m））　　P・D：パーセント・デー（%・日）
　　t：取水制限期間（日）　　α：平均取水制限率（%）

の−0.69mの順であり、S.14年の異常渇水年を除いて許容最低水位を−0.70mとすれば、本ケースが該当する。なお、S.37年は取水制限率をケースC−2より強化させても最低水位は責任放流量で決まる。

ハ）取水制限期間中の平均取水制限率は同一ケースでは、残流域流量が大きい年ほど逆に小さくなり、（たとえばS.37年とS.44年の比較）、ケース間では残流域量が小さい年ほど所与の取水制限率がそのまま適用されるため各ケースの差は大きくなる。

ニ）本ルールは枚方確保流量に対して一定の取水制限率を課すものであるが、水位が低下すると放流量はH〜Q関係から決まる責任放流量で決まり、かつ残流域利用可能量に変動があるため枚方流量は必ずしも一定値とはならない。

オ）月別水位別取水制限率の与え方についてはおおむね問題はないと考えるが、若干の改良余地は残っている。すなわち、

(i)　ゾーンの区分が月別、水位別に不連続であるため、水位の変化に対応して取水制限率がスムースに変化しない場合がある。とくに月の替わり目に多く生じる。

(ii)　水位の回復期において、結果的にみて不必要な取水制限が生じる場合が少なくない。

ただし、これらの修正をきめ細かくほどこす際には特定の渇水年を対象に恣意的な条件を考慮する必要があるため、本来の取水制限ルールの意図に反する。

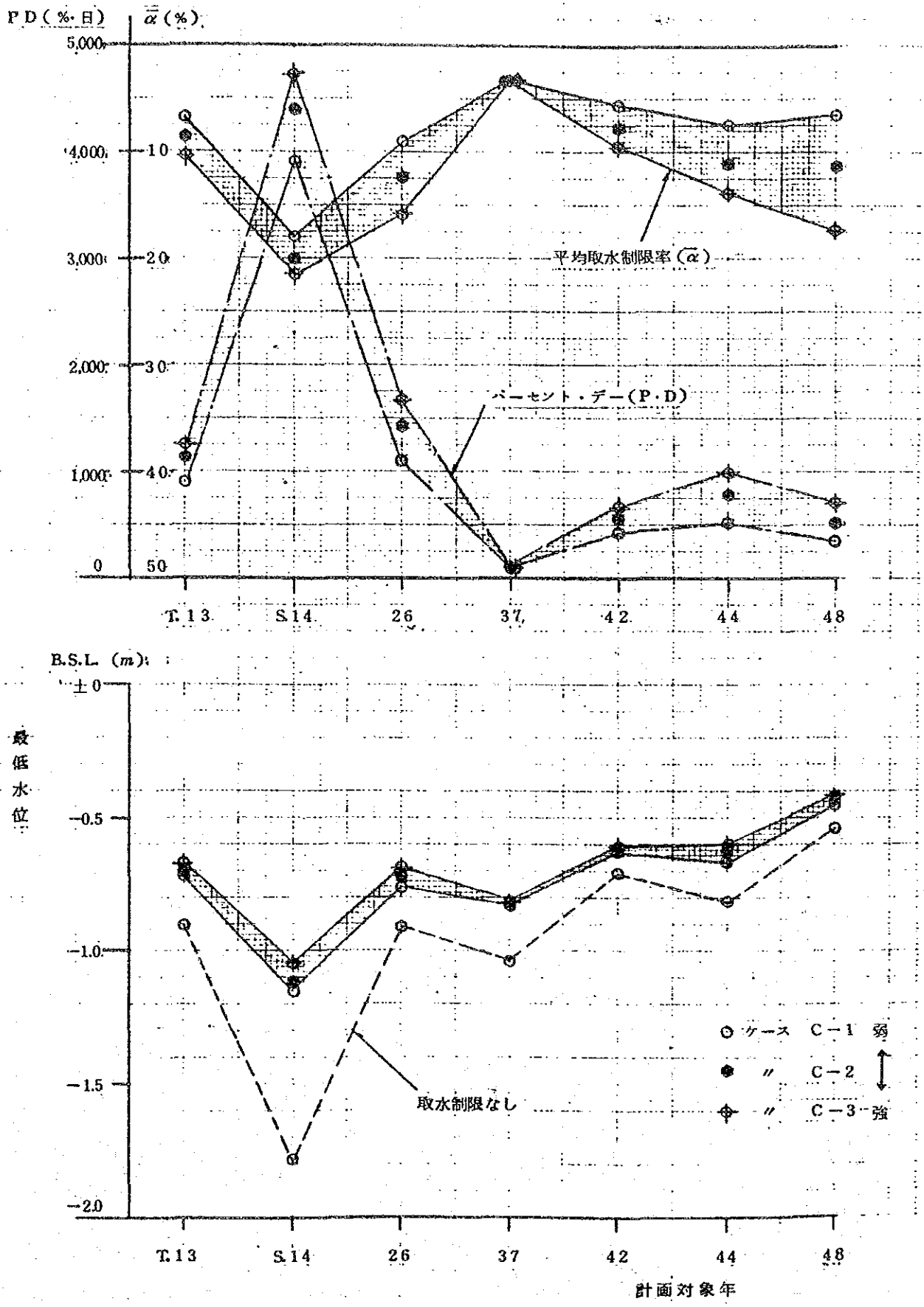


図2−4−2 取水制限ルール比較図(開発前)

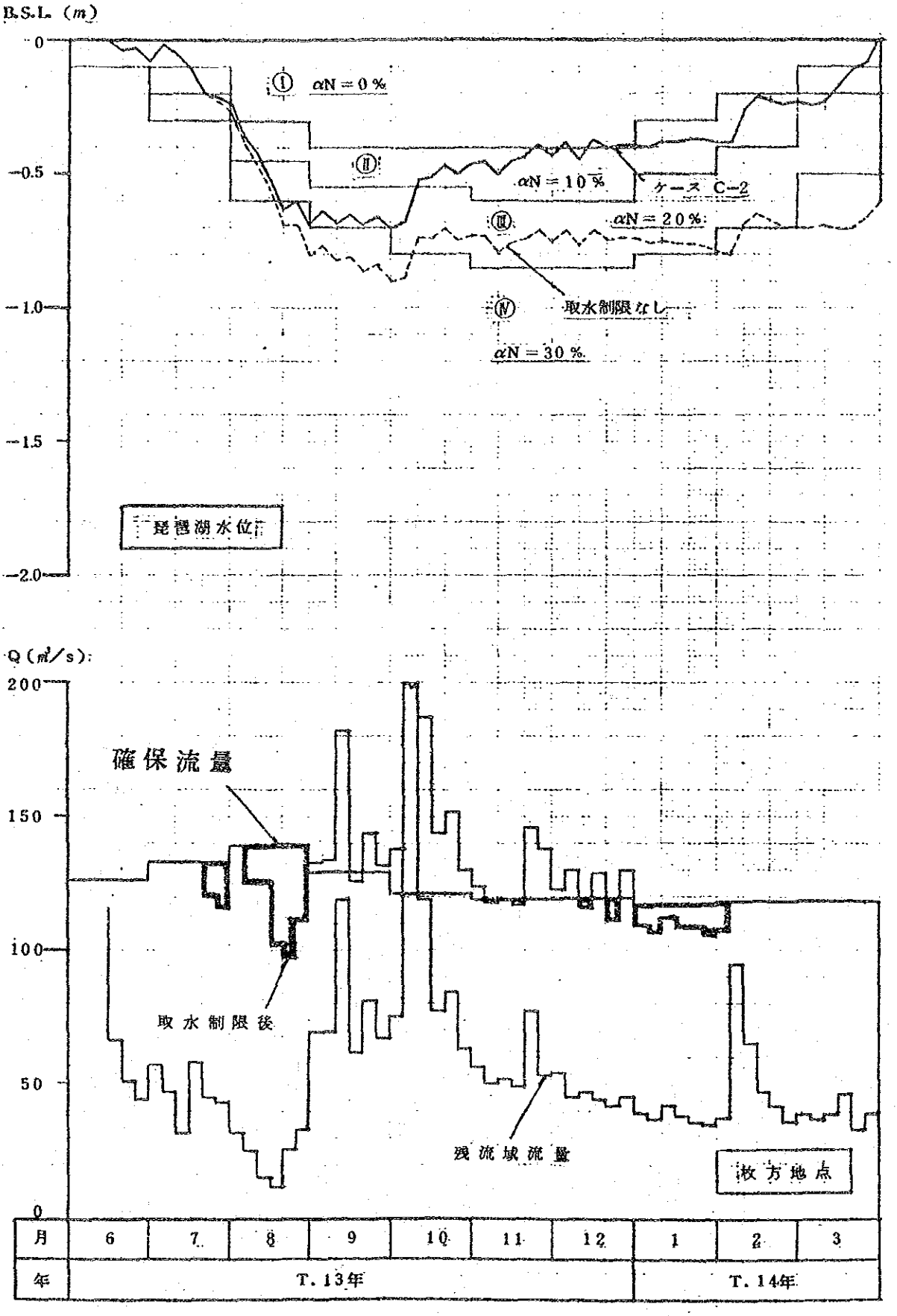


図２－４－３～１　琵琶湖水位と枚方流況図（開発前）

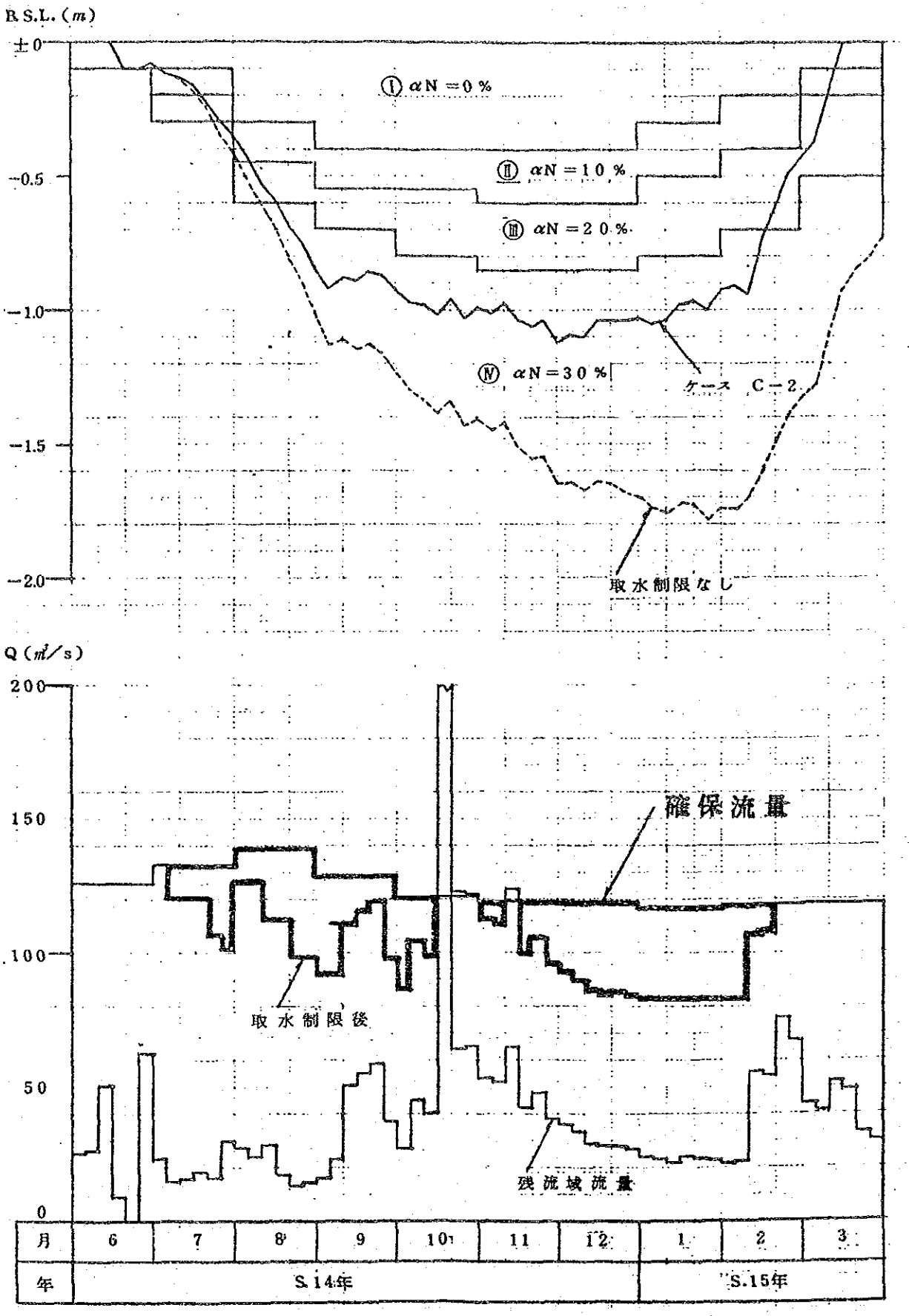


図2−4−3〜2　琵琶湖水位と枚方流況図（開発前）

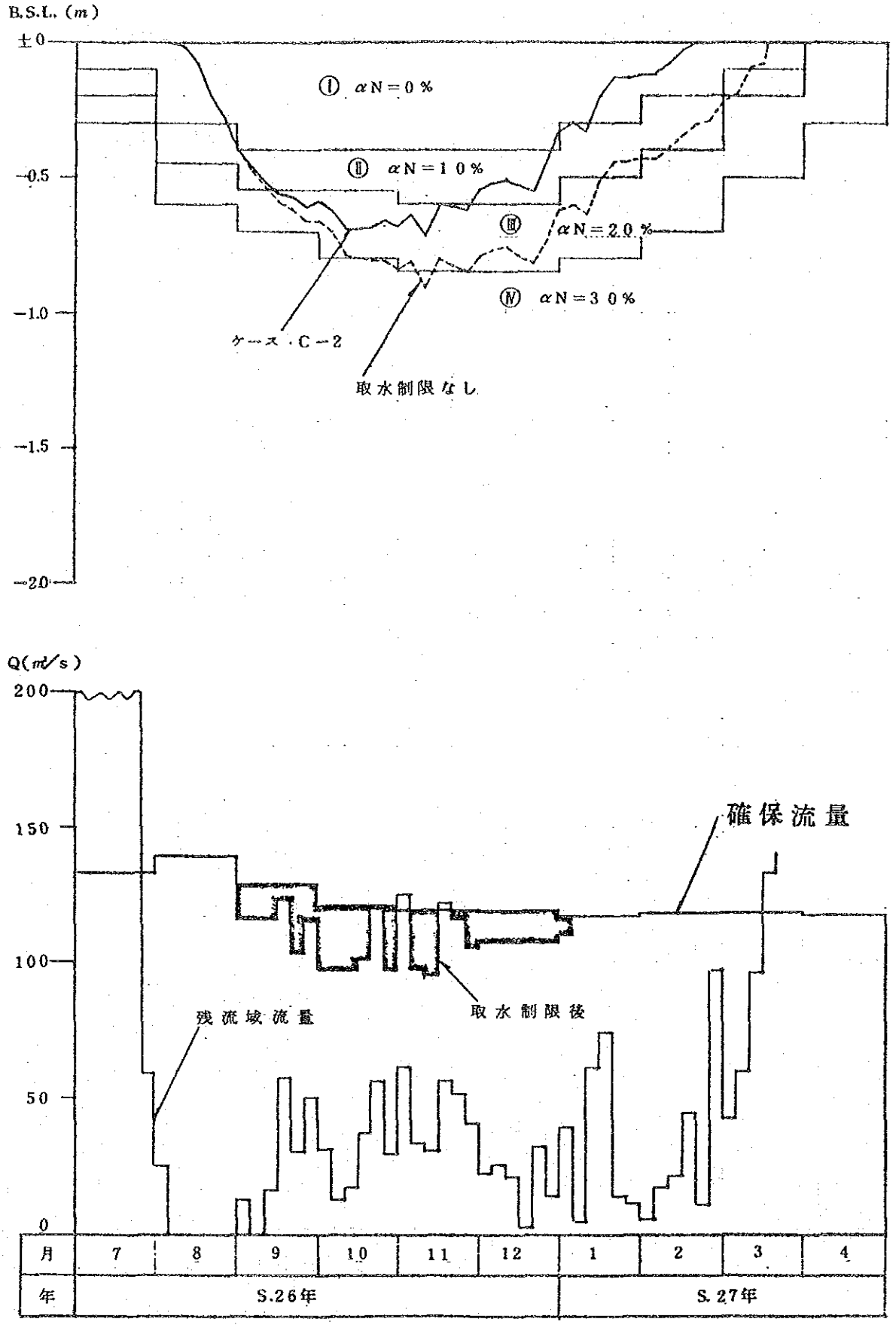


図2—4—3～3　琵琶湖水位と枚方流況図（開発前）

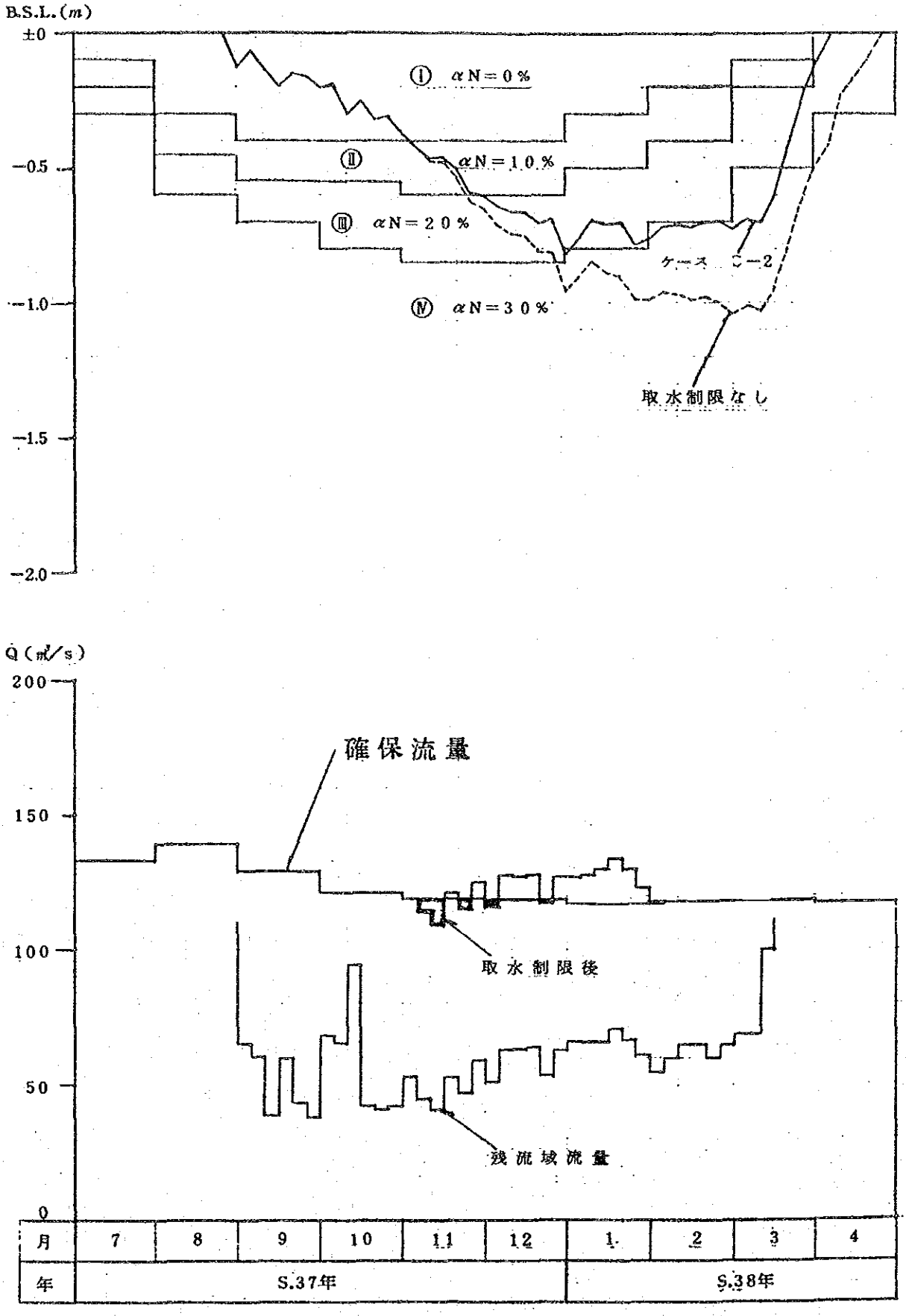


図２－４－３～４　琵琶湖水位と枚方流況図（開発前）

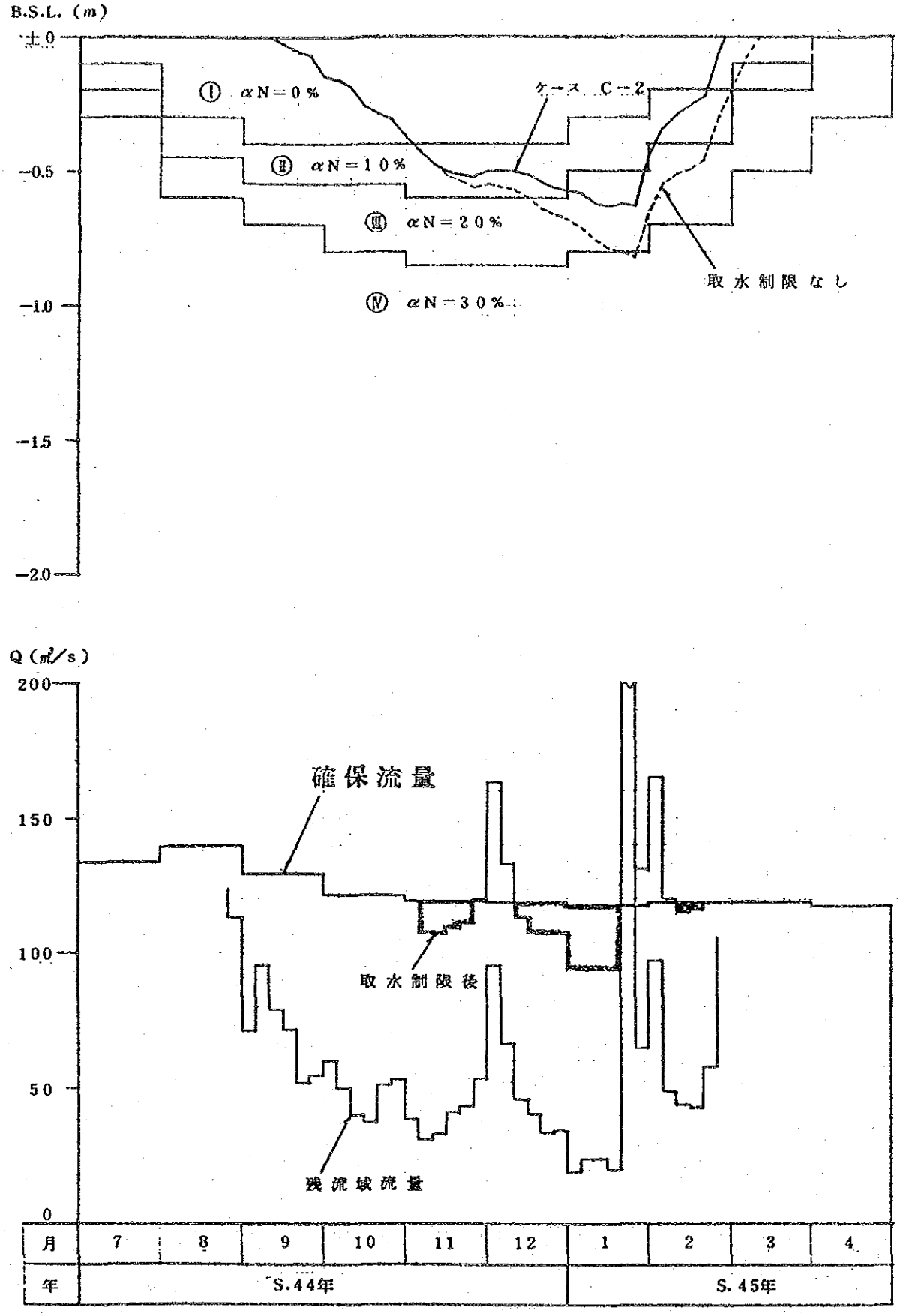


図2－4－3～5　琵琶湖水位と枚方流況図（開発前）