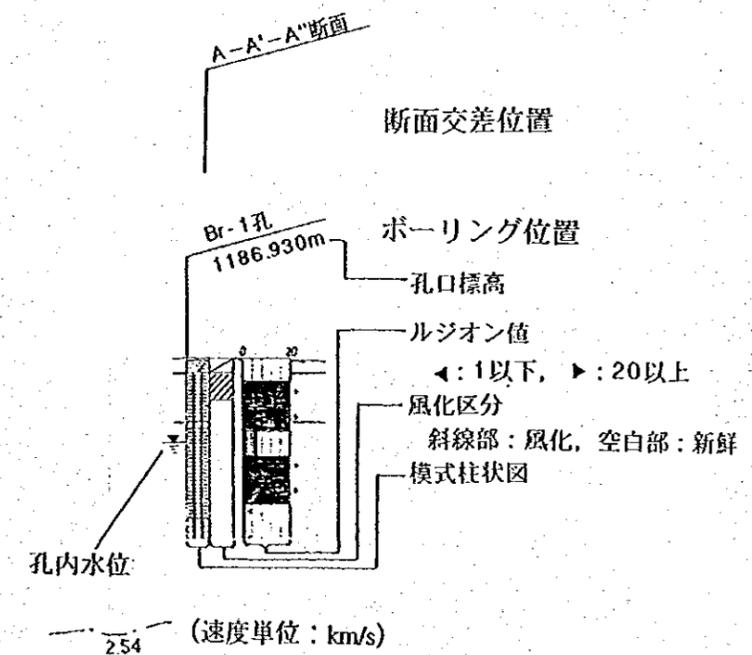


凡例

地質時代		地層名	地質記号
第四紀	完新世	風積堆積物	EolQ4
		河流堆積物	AIQ4
		沖積段丘堆積物	TrQ4
		埋没段丘堆積物	TrQ4
	後期更新世	薩拉烏蘇組	Q3S
中生代	ジュラ紀	安定組	第4段 J2a4
			第3段 J2a3
			第2段 J2a2
			第1段 J2a1
			直羅組 J2z
			延安組 J2y



中国神府東勝鋁区水資源総合開発調査  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 図 2.4.12  
 ダムサイト付近の地質断面図 (A-A'-A''断面)

標高 (m)

1300

B

1250

1200

1150

1100

0

100

200

300

400

500

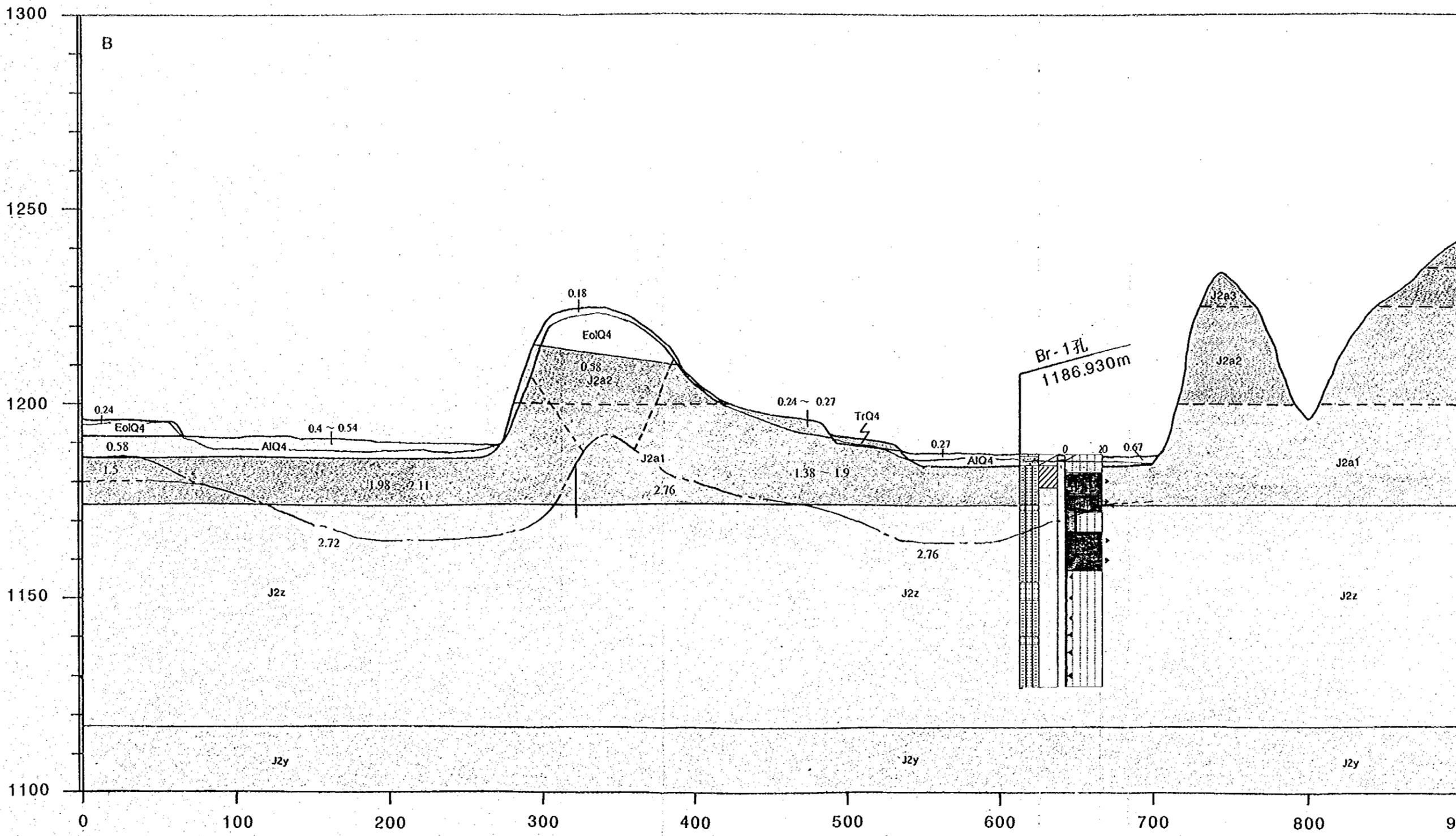
600

700

800

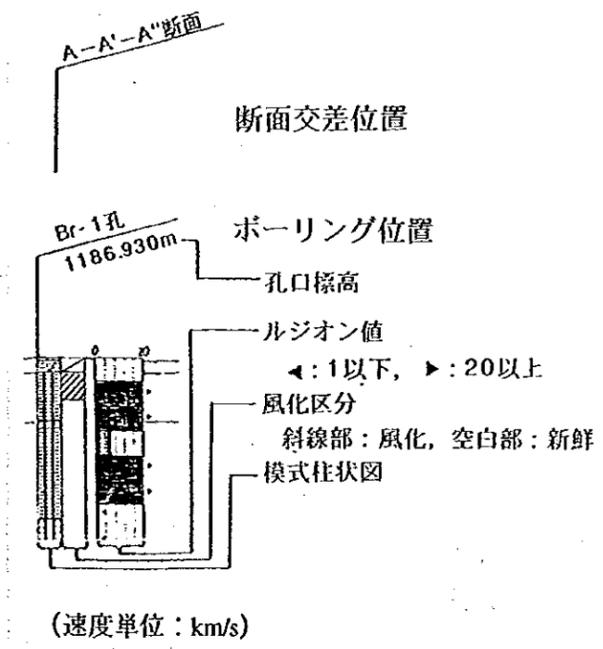
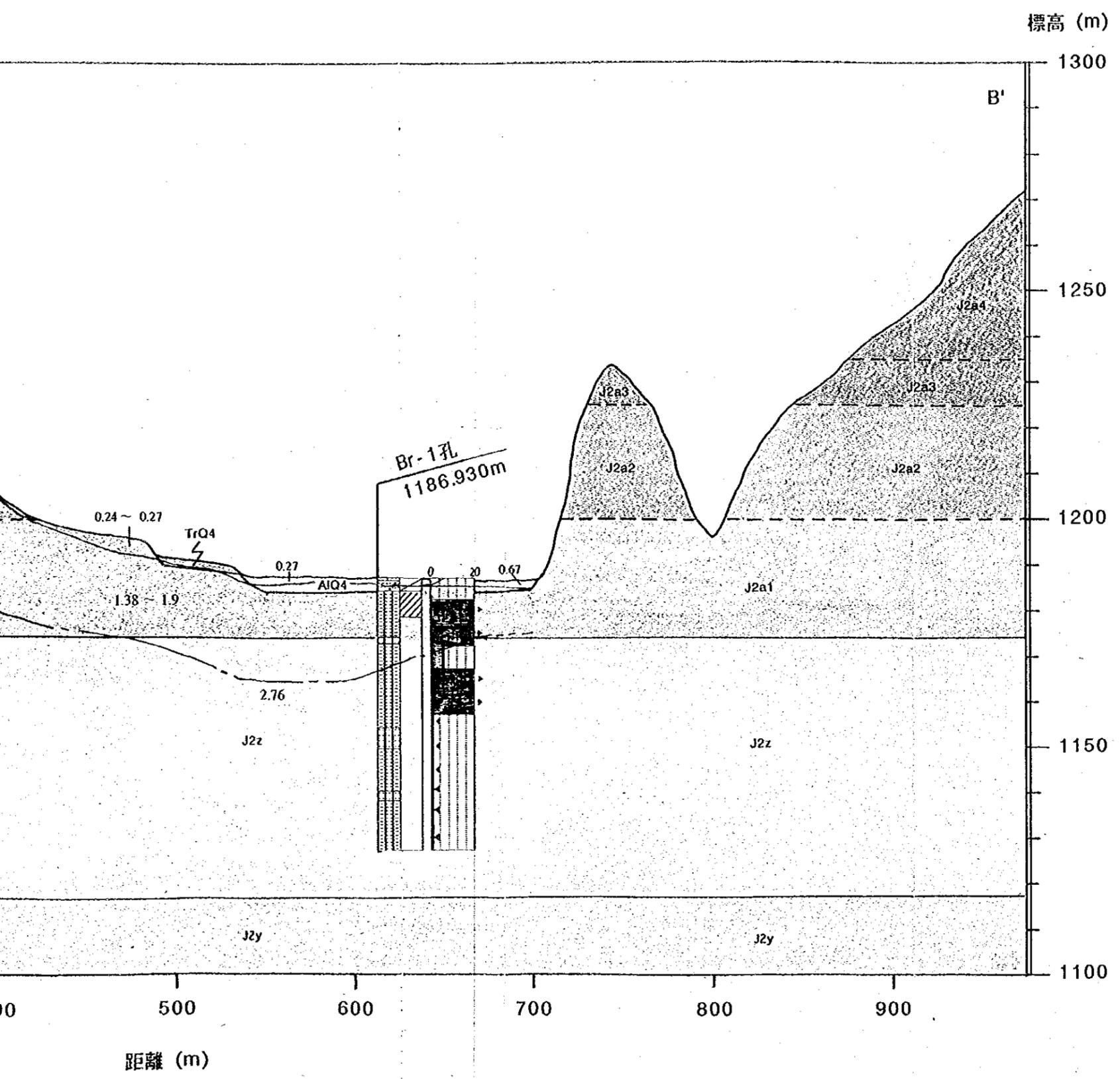
9

距離 (m)



凡例

地質時代	地層名		地質記号	
第四紀	完新世	風積堆積物	EolQ4	
		河流堆積物	AlQ4	
		沖積段丘堆積物	TrQ4	
		埋没段丘堆積物	TrQ4	
後期更新世	薩拉烏蘇組		Q3S	
中生代	ジュラ紀	第4段	J2a4	
		第3段	J2a3	
		第2段	J2a2	
		第1段	J2a1	
	白垩紀	直羅組		J2z
	侏羅紀	延安組		J2y



中国神府東勝鉅区水資源総合開発調査  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 図2.4.13  
 ダムサイト付近の地質断面図 (B-B'断面)

標高 (m)

1300

1250

1200

1150

1100

C

0

100

200

300

400

500

600

700

800

距離 (m)

A-A'-A''断面

D-D'断面

EoIQ4

0.43 ~ 0.47

EoIQ4

1.5

J2a1

2.6

J2z

J2y

0.2

0.3 ~ 0.45

AIQ4

2.0 ~ 2.2

2.55

0.27

J2a2

1.6

0.55

J2a1

J2z

J2y

0.24

J2a2

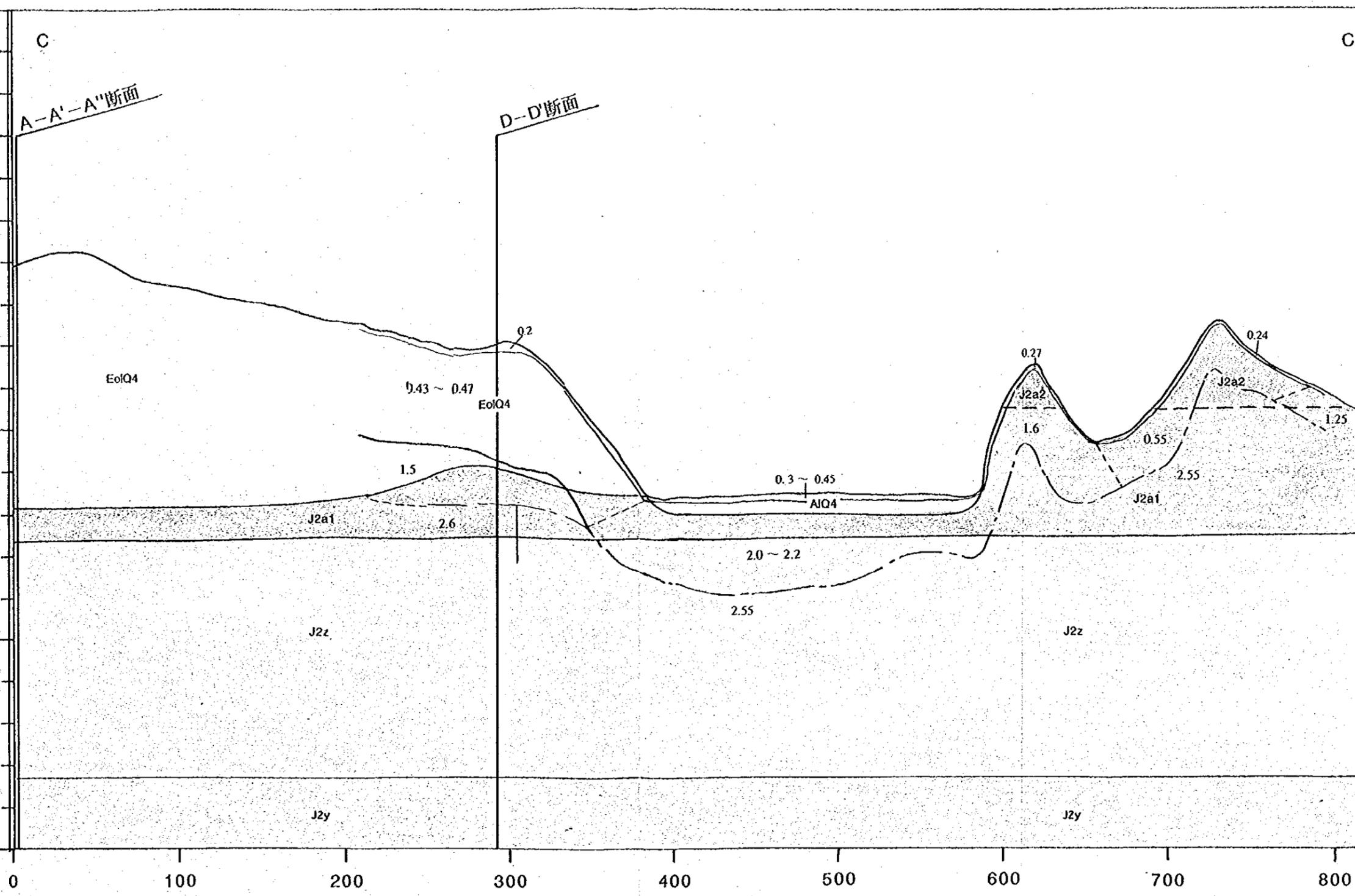
1.25

2.55

J2a1

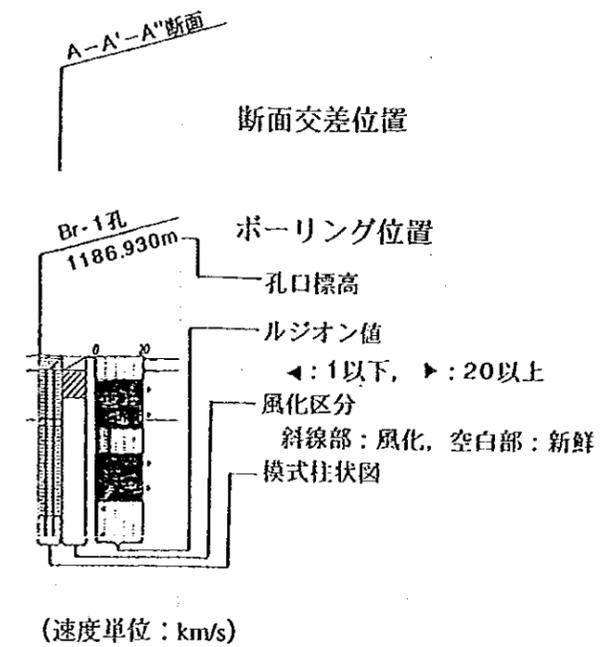
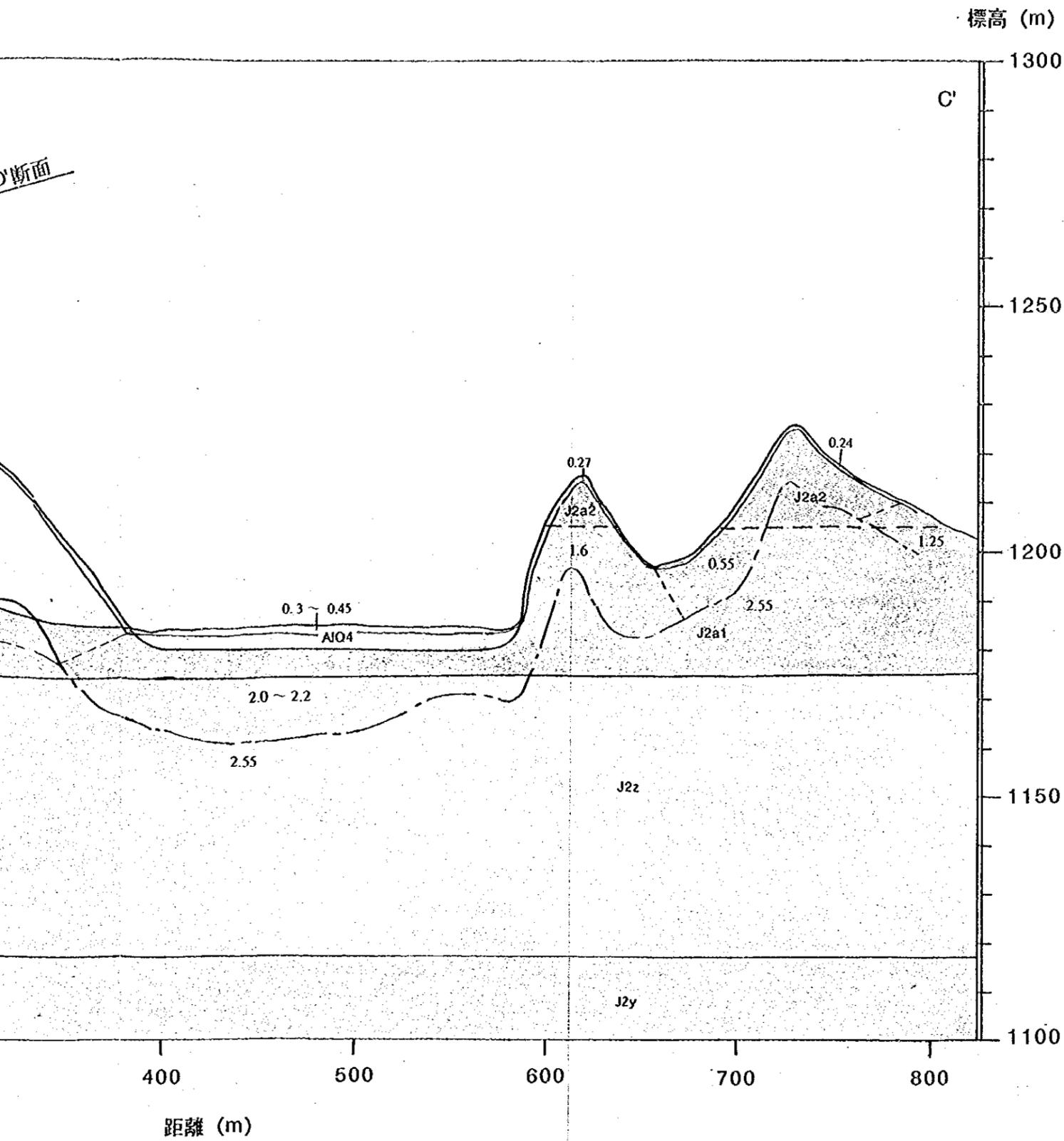
J2z

J2y



凡例

地質時代	地層名		地質記号
第四紀	完新世	風積堆積物	EolQ4
		河流堆積物	AIQ4
		沖積段丘堆積物	TrQ4
		埋没段丘堆積物	TrQ4
	後期更新世	薩拉烏蘇組	Q3S
中生代	ジュラ紀	第4段	J2a4
		第3段	J2a3
		第2段	J2a2
		第1段	J2a1
	白垩紀	直羅組	J2z
	侏羅紀	延安組	J2y



標高 (m)

標高 (m)

1300

1300

1250

1250

1200

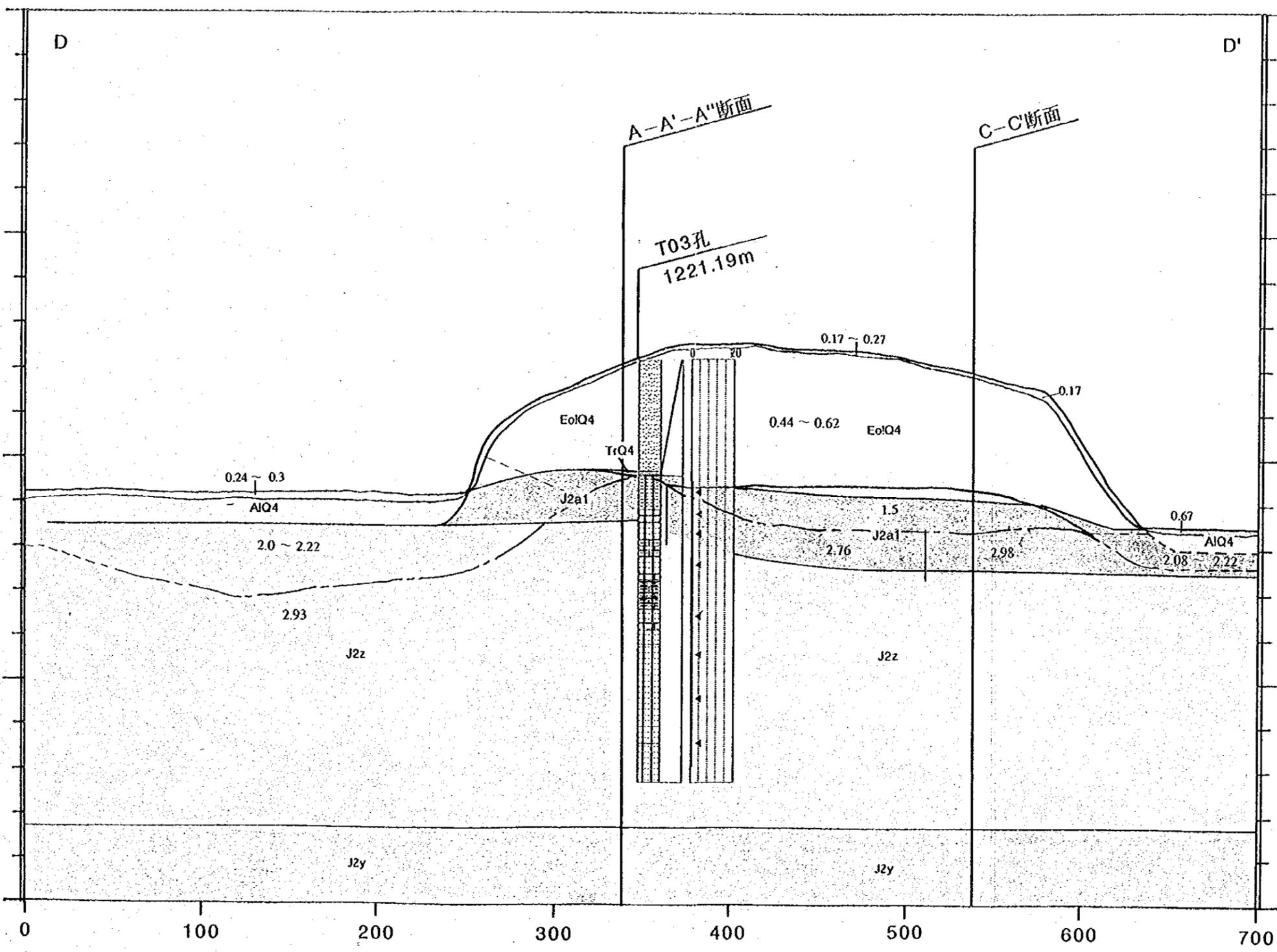
1200

1150

1150

1100

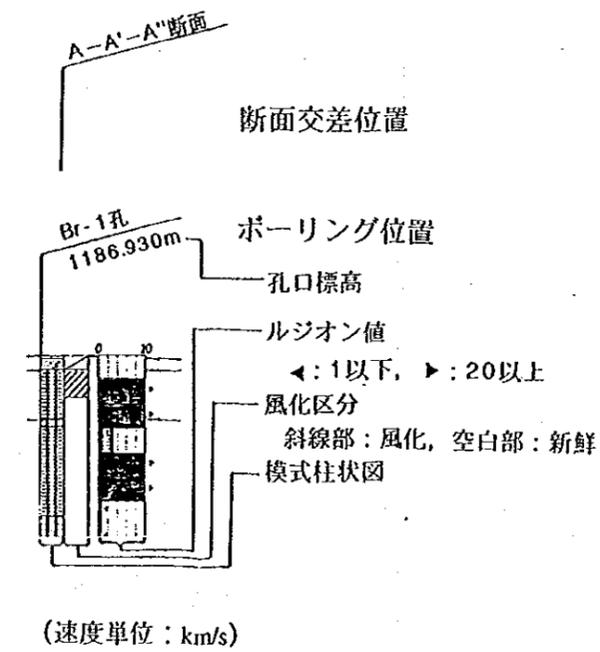
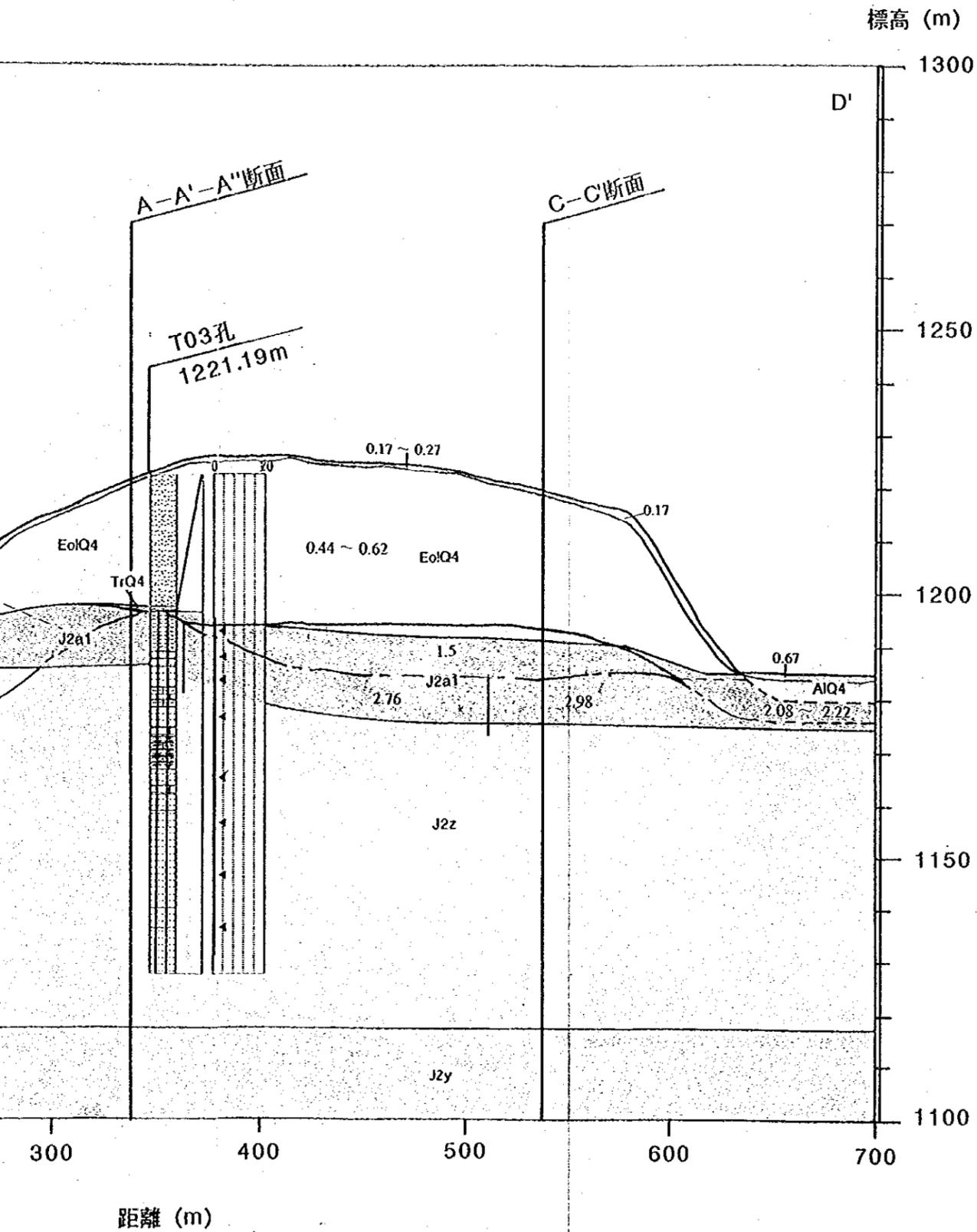
1100



距離 (m)

凡例

地質時代		地層名	地質記号
第四紀	完新世	風積堆積物	EolQ4
		河流堆積物	AlQ4
		沖積段丘堆積物	TrQ4
		埋没段丘堆積物	TrQ4
	後期更新世	薩拉烏蘇組	Q3S
中生代	ジュラ紀	安定組	第4段 J2a4
		第3段 J2a3	
		第2段 J2a2	
		第1段 J2a1	
		直羅組	J2z
	延安組	J2y	

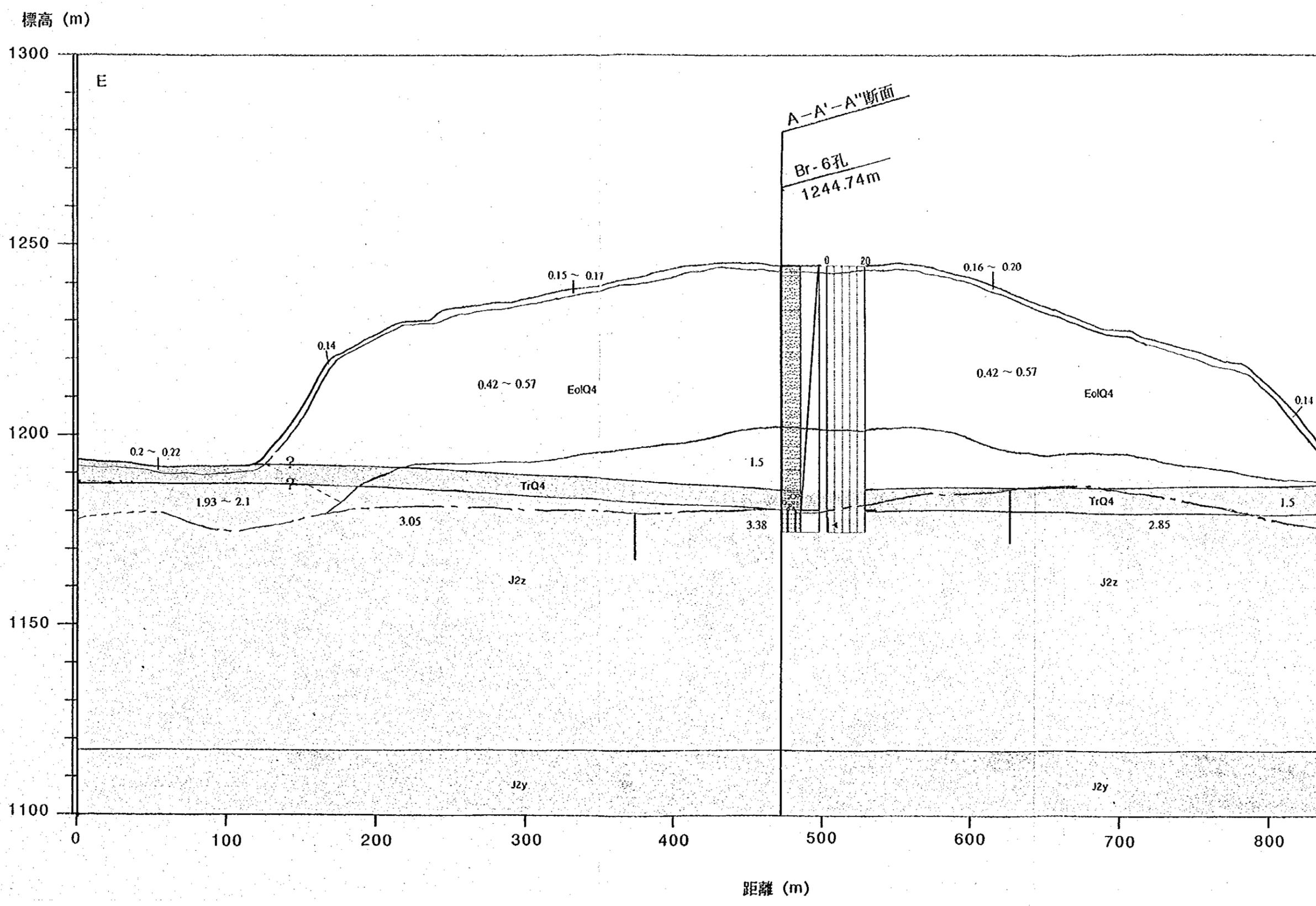


中国神府東勝鉅区水資源総合開発調査

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

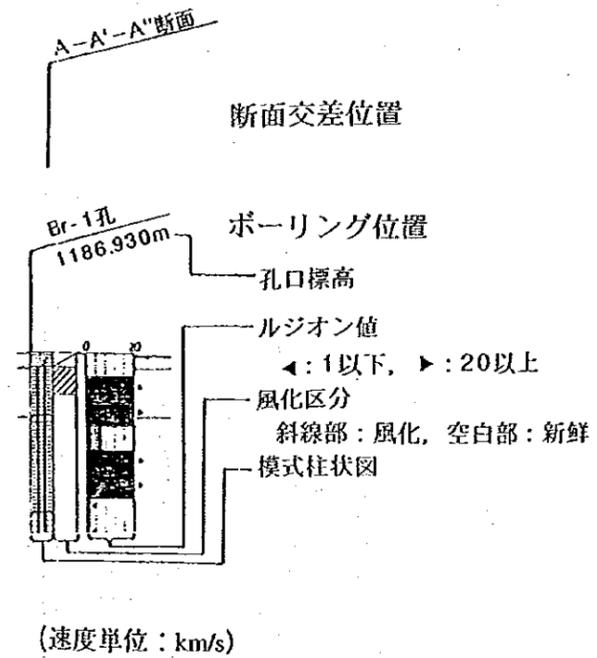
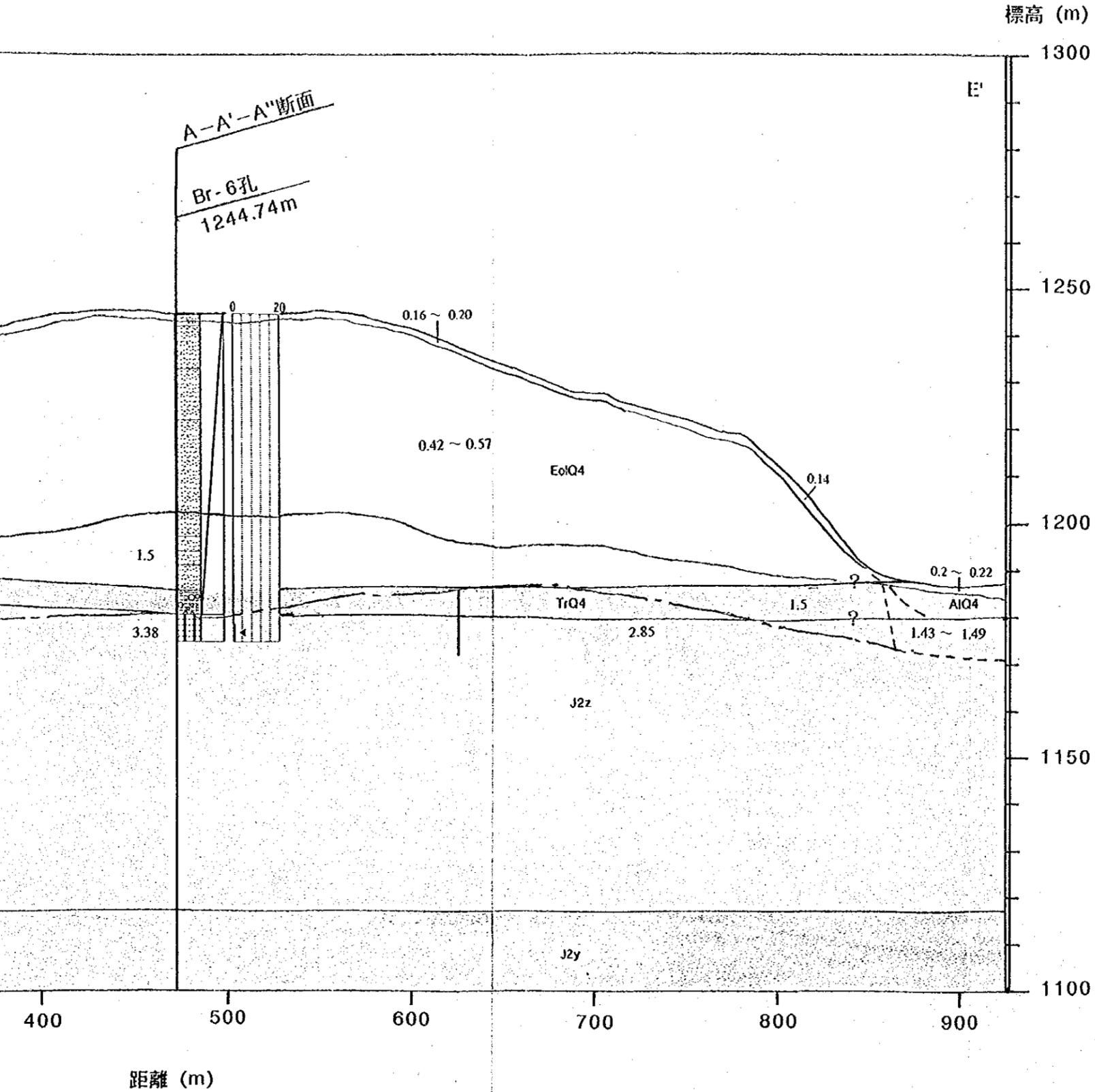
図 2.4.15

ダムサイト付近の地質断面図 (D-D'断面)



凡例

地質時代	地層名		地質記号
第四紀	完新世	風積堆積物	EolQ4
		河流堆積物	AlQ4
		沖積段丘堆積物	TrQ4
		埋没段丘堆積物	TrQ4
	後期更新世	薩拉烏蘇組	Q3S
中生代	安定組	第4段	J2a4
		第3段	J2a3
		第2段	J2a2
		第1段	J2a1
	直羅組	J2z	
	延安組	J2y	



中国神府東勝鉱区水資源総合開発調査

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 2.4.16

ダムサイト付近の地質断面図 (B-B'断面)



## 第 2.4 章 添付表

表 2.4.9 貯水池周辺の地質層序表

地質時代		地層名	地質記号	地質柱状図	記 事
第四紀	完新世	風積堆積物	EolQ4		いわゆる黄土で、淘汰良好な細粒砂を主体とする。新月型の流動砂丘を形成する。ダムサイト付近で最大26mの層厚を有する。
		河流堆積物	AlQ4		河流堆積物は、河床堆積物及び氾濫原堆積物からなる。河床堆積物は砂と礫の互層からなり、氾濫原堆積物堆積物は砂層を主体とする。
		沖積段丘堆積物	TrQ4		現河床より数m高い段丘堆積物で、砂層を主体とし、礫層を挟む。西ウーランムールン河沿いではジュラ紀と白亜紀の地層境界付近に礫層が目立つ。
	後期完新世	薩拉烏蘇組	Q3S		黄土色の砂層からなり、第1ダムサイト右岸付近に小規模に分布する。分布が狭いため地質図には表示していない。
新第三紀	鮮新世		N2		暗紅色のシルト質泥岩で、層状に石灰質団塊を含む。華北の三趾馬紅土に相当し、下位層との境界には、礫岩を含む。東ウーランムールン河左岸の転龍湾駅周辺に分布する。
中生代	白亜紀	伊金霍洛組	K1Y1		斜交葉理が発達する砂岩を主体とし、基底部に礫岩を伴う。ジュラ紀の地層とは不整合関係。第2ダムサイト候補地の基盤を構成する。
		安定組	J2a		紫紅色や淡緑灰色の砂岩や泥質岩からなり、第1ダムサイト候補地周辺では、色調や岩相により、4層に細分される。下位の直羅組と共に、第1ダムサイト候補地の基礎岩盤を構成する。
	ジュラ紀	直羅組	J2z		第1ダムサイトの河床下に分布する。既存ボーリング結果によれば、砂岩からなり、多数の薄い夾炭層を挟む。
		延安組	J2y		貯水池周辺には分布しない。下流の補連塔付近に分布し、厚い石炭層を有する。補連塔では、石炭層の上位に泥質岩が分布する。わずかに砂岩もみられる。

表2.4.10 ダムサイト付近の地質層序表

地質時代		地層名	地質記号	層厚 (m)	地質柱状図	記 事	
第四紀	完新世	風積堆積物	EolQ4	0~60		いわゆる黄土で、淘汰良好な細粒砂を主体とする。新月型の流動砂丘を形成する。ダムサイト付近では最大26mの層厚を有する。	
		河流堆積物	AlQ4	0~5		河流堆積物は、河床堆積物及び氾濫原堆積物からなる。河床堆積物は砂と礫の互層からなり、氾濫原堆積物堆積物は砂層を主体とする。	
		沖積段丘堆積物	TrQ4	3~5		現河床より数m高い段丘堆積物で、砂層を主体とし、礫層を挟む。西ウーラムールン河沿いではジュラ紀と白亜紀の地層境界付近に礫層が目立つ。	
		埋没段丘堆積物	TrQ4	5~8		ダムサイト左岸部に風積堆積物に覆われて分布する。本層は礫層、砂層からなり、標高1180m付近を基底面とし、5~8mの層厚を有している。	
	後期更新世	薩拉烏蘇組	Q3S	0~2		黄土色の砂層からなり、第1ダムサイト右岸付近に小規模に分布する。	
中生代	ジュラ紀	安定組	第4段	J2a4	20~35		赤紫色、レンガ色の砂岩と泥質岩との互層からなる。右岸のみに分布する。
			第3段	J2a3	10		灰緑色から黄緑色の中~細粒砂岩からなる。右岸のみに分布する。
			第2段	J2a2	25		暗紅色、青灰~黄色の泥質岩を主体とし、中粒砂岩を挟む。
			第1段	J2a1	20		青灰から黄色の中~細粒砂岩を主体とする。上流側では、砂岩と泥質岩の互層状を呈する。
	白垩紀	直羅組	J2z	60		ダムサイトの河床下に分布する。既存ボーリング結果によれば、砂岩及び泥灰岩を主体とし、多数の薄い夾炭層を挟む。	
			延安組	J2y	80以上		ダムサイトの河床下に分布する。既存ボーリング結果によれば、砂岩を主体とし、泥灰岩及び石炭層を挟む。

表 2.4.11 ダムサイト地質調査における各種試験方法

試験項目		試験方法及び基準	備考
透水試験	ルジオン試験	ボーリング孔圧水試験規定(SD25-92)	
	現場透水試験	アースマニュアルに準拠	孔底定水位法
孔内水平 載荷試験	孔内水平載荷試験	ボーリング孔岩石変形試験規定(SD407-92)	OYOイラストメータ使用、単調載荷方式
室内岩石 試験	土粒子の密度試験	比重試験(SD128-005-84)	
	単位体積重量試験	容量試験(G302-81)	
	密度・含水比・飽和度・有効間隙率・吸水率試験	土工試験規定(G302-81)	
	一軸圧縮試験	単軸抗压強度試験(G304-81)	乾燥、自然状態で実施
	静弾性係数試験	変形試験(G305-81)	
室内土質 試験	土粒子の密度試験	比重試験(SD128-005-84)	
	粒度試験	顆粒大小分析試験(SD128-006-84)	
	含水比試験	含水量試験(SD1280003-84)	

表 2.4.12 孔内水平載荷試験結果一覧表 (ダムサイト)

孔名	試験位置(m)	地層名	岩石名	変形係数 ( $\times 10^3$ MPa)	降伏圧力(MPa)	備考
Br-1	15.30	直羅組	泥岩	0.06	1.91	
	24.50	直羅組	泥岩	0.15	5.50	
	30.17	直羅組	泥岩	1.30	(11.10)	(降伏していない)
	42.00	直羅組	泥岩	3.33	8.00	
	53.80	直羅組	泥岩	3.65	7.19	
Br-2	16.53	直羅組	泥岩	0.25	3.05	
	22.78	直羅組	泥岩	1.02	5.73	
	30.86	直羅組	泥岩	3.20	12.16	
	43.65	直羅組	泥岩	2.85	6.58	
	51.70	直羅組	泥岩	1.63	6.61	
Br-3	92.37	直羅組	砂岩	1.88	4.49	
Br-4	19.30	安定組	泥岩	0.22	3.72	
	25.20	安定組	砂岩	0.11	2.47	
	28.80	安定組	砂岩	0.07	(4.90)	(降伏していない)
	32.80	安定組	泥岩	1.34	(11.00)	(降伏していない)
	42.80	安定組	砂岩	0.12	(11.00)	(降伏していない)
	51.50	直羅組	砂岩	2.89	(11.40)	(降伏していない)
	62.50	直羅組	砂岩	2.02	(7.00)	(降伏していない)
	69.80	直羅組	砂岩	1.15	(7.50)	(降伏していない)
Br-5	60.25	直羅組	泥岩	1.98	7.40	
	65.82	直羅組	泥岩	2.50	6.79	
	70.47	直羅組	砂岩	0.25	7.20	
	78.00	直羅組	泥岩	2.27	5.10	
Br-6	65.00	直羅組	砂岩	0.47	2.20	

表 2.4.13 室内岩石試験結果一覧表 (ダムサイト)

孔名	試料番号	採取深度	地層名	岩石名	単位体積重量(g/cm <sup>3</sup> )		土粒子の密度		含水量(%)	有効間隙率(%)	一軸圧縮強度(Mpa)		静弾性係数(*1000Mpa)		静ポアソン比	
					乾燥状態	自然状態	乾燥状態	自然状態			乾燥状態	自然状態	乾燥状態	自然状態	乾燥状態	自然状態
B-1	岩1	15.14-15.42	直羅組	泥岩	2.16	2.3	2.72	2.72	5.34	20.59	31.8	18.2	2.93	1.47		
	岩2	24.37-24.75	直羅組	泥岩	1.99	2.11	2.72	2.72	7.16	26.84	26.7	0.9	2.12	0.08		
	岩3	30.00-30.34	直羅組	泥岩	2.24	2.35	2.74	2.74	4.23	18.25	26.7	6.7	3.14	1.08		
	岩4	41.85-42.25	直羅組	泥岩	2.29	2.34	2.72	2.72	4.41	15.81	1.4	12.8	3.01	1.02		
	岩5	53.62-54.01	直羅組	泥岩	2.17	2.31	2.71	2.71	4.22	19.93	9.5	13.1	3.68	0.15		
B-2	岩1	16.30-16.76	直羅組	泥岩	2.18	2.33	2.76	2.76	7.94	21.01	16.3	3.1	1.41	0.32		
	岩2	22.61-22.95	直羅組	泥岩	2.2	2.36	2.75	2.75	12.11	20	16.1	9.5	1.79	0.41		
	岩3	30.63-31.08	直羅組	泥岩	2.19	2.34	2.77	2.77	7.95	20.94	22	5.4	3.73	0.63		
	岩4	42.45-42.85	直羅組	泥岩	2.21	2.36	2.74	2.74	7.29	19.34	21.8	4.8	3.21	0.58		0.37
	岩5	51.50-51.90	直羅組	泥岩	2.21	2.35	2.73	2.73	7.38	19.05	32.2	6.9	2.84	0.48		0.28
B-3	岩1	93.00-98.00	直羅組	砂岩	1.95	2.22	2.7	2.7	15.57	29.26	33.3	-	4.7	-	0.47	
	岩2	19.21-19.51	安定組	泥岩	2.06	2.22	2.73	2.73	5.18	24.54	4.8	4.1	3.35	0.68		0.34
	岩3	25.08-25.36	安定組	砂岩	1.98	2.04	2.69	2.69	2.75	26.39	2.6	0.7	2.08	0.41		0.29
	岩4	28.75-28.95	安定組	砂岩	1.9	2.04	2.68	2.68	6.83	26.9	1.7	0.2	2.43	0.51		
	岩5	32.52-33.08	安定組	泥岩	1.92	2.22	2.72	2.72	11.63	29.4	3.4	1.3	1.28	0.14		0.39
B-4	岩6	42.52-43.12	安定組	砂岩	2.09	2.19	2.68	2.68	6.95	20.5	10.4	1.4	3.07	0.18	0.4	0.3
	岩7	51.33-51.92	直羅組	砂岩	1.89	2.04	2.7	2.7	10.18	30	9.7	1.4	4.85	0.32		0.25
	岩8	61.95-62.55	直羅組	砂岩	2.28	2.41	2.73	2.73	5.8	16	28.6	15.7	9.73	3.27	0.15	0.15
	岩9	69.71-70.32	直羅組	砂岩	2.15	2.32	2.72	2.72	8.1	21	37	16.7	7.85	1.62	0.33	0.16
	岩10	60.18-60.40	直羅組	泥岩	1.98	2.3	2.69	2.69	11.09	26.39	5.9	4.7	2.13	1.16		
B-5	岩11	65.68-66.04	直羅組	泥岩	2.08	2.32	2.69	2.69	10.08	22.68	20	14	2.84	1.76		0.34
	岩12	70.29-70.65	直羅組	砂岩	2.22	2.32	2.72	2.72	6.83	18.38	28.8	3.7	2.07	1.09		
	岩13	77.84-78.16	直羅組	泥岩	1.86	2.05	2.74	2.74	10.54	32.12	1.4	0.7	2.73	1.35		
B-6	岩14	68.20-68.51	直羅組	砂岩	2.05	2.2	2.76	2.76	9.26	25.72	7.16	2.3	1.66	0.15		

表 2.4.14 (1/2) 透水試験結果一覧表 (今回分)

孔名	試験区間	ルジオン値	限界圧力(MPa)	透水係数	試験方法	備考
Br-1	5.00	-	-	3.10E-03	定水位法	
	4.70-10.00	44	>0.3	-	ルジオンテスト	
	10.00-15.00	105	>0.3	-	ルジオンテスト	
	15.00-20.00	6.3	>0.6	-	ルジオンテスト	
	20.00-25.00	39	>0.3	-	ルジオンテスト	
	25.00-30.00	25	>0.3	-	ルジオンテスト	
	30.00-35.00	<1	0.6	-	ルジオンテスト	
	35.00-40.00	<1	0.6	-	ルジオンテスト	
	40.00-45.00	<1	0.6	-	ルジオンテスト	
	45.00-50.00	<1	0.4	-	ルジオンテスト	
	50.00-55.00	<1	0.6	-	ルジオンテスト	
	55.00-60.00	<1	0.4	-	ルジオンテスト	
	Br-2	8.00	-	-	9.60E-03	定水位法
9.00-14.00		31	0.2	-	ルジオンテスト	
14.00-19.00		38	>0.36	-	ルジオンテスト	
19.00-24.00		33	>0.4	-	ルジオンテスト	
24.00-29.00		<1	0.4	-	ルジオンテスト	
29.00-34.00		<1	>1.0	-	ルジオンテスト	
34.00-39.00		1.0	>1.0	-	ルジオンテスト	
39.00-44.00		<1	0.8	-	ルジオンテスト	
44.00-49.00		<1	>1.0	-	ルジオンテスト	
49.00-54.00		<1	>1.0	-	ルジオンテスト	
54.00-60.00		<1	>1.0	-	ルジオンテスト	
Br-3	85.00	-	-	8.20E-03	定水位法	
	90.00-95.00	-	-	-	ルジオンテスト	孔壁状況悪く測定できず
Br-4	11.00	-	-	8.00E-04	定水位法	
	15.55-20.55	1.0	0.35	-	ルジオンテスト	
	20.55-25.55	138	>0.35	-	ルジオンテスト	
	25.55-30.55	1.8	0.95	-	ルジオンテスト	
	29.55-35.55	2.9	0.55	-	ルジオンテスト	
	35.55-40.55	<1	>1.15	-	ルジオンテスト	
	40.55-45.55	<1	>1.15	-	ルジオンテスト	
	45.55-50.55	<1	>1.15	-	ルジオンテスト	
	50.55-55.55	<1	>0.75	-	ルジオンテスト	
	55.55-60.55	<1	0.75	-	ルジオンテスト	
	60.55-65.55	<1	>1.15	-	ルジオンテスト	
65.55-70.00	<1	0.95	-	ルジオンテスト		
Br-5	56.00	-	-	3.70E-03	定水位法	
	58.50-63.50	<1	>1.08	-	ルジオンテスト	
	63.50-68.50	<1	>1.48	-	ルジオンテスト	
	68.50-73.50	<1	>1.48	-	ルジオンテスト	
Br-6	73.50-80.00	<1	>1.48	-	ルジオンテスト	
	65.00	-	-	7.10E-03	定水位法	
	68.14-70.00	<1	>1.14	-	ルジオンテスト	

表 2.4.14 (2/2) 透水試験結果一覧表 (既存調査分)

T01	3.80-10.80	(38)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	10.80-15.80	(11)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	15.80-20.80	(19)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	20.80-25.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	25.80-30.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	30.80-35.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	35.80-40.80	(17)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	40.80-45.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	45.80-50.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	50.80-55.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	55.80-60.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	60.80-65.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	65.80-70.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	70.80-75.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	75.80-85.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	85.80-95.80	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	95.80-105.50	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
T02	13.00-18.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	18.00-23.00	(12)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	23.00-28.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	28.00-38.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	38.00-48.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	48.00-58.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	58.00-68.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	68.00-78.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	78.00-98.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	98.00-108.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	108.00-118.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	118.00-128.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
T03	128.00-138.00	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	27.40-32.40	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	32.40-37.40	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	36.60-41.60	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	41.60-51.60	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	51.60-61.60	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
	61.60-71.60	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による
71.60-81.60	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による	
81.60-91.60	(<1)	-	-	中国式透水試験	既存透水試験による	

( )は換算ルジオン値

表 2.4.15 室内土質試験結果一覧表 (ダムサイト)

孔名	試料番号	地質	採取深度	粒度分布 (%)						土粒子の比重	含水量 (%)
				砂分 (mm)			シルト分 (mm)		粘土分		
				2 ~ 0.5	0.5 ~ 0.25	0.25 ~ 0.074	0.074 ~ 0.05	0.05 ~ 0.005	0.005 以下		
Br-2	土1	河流堆積物	1.70-2.00	11	43	41	5	0	0	2.69	7.2
	土2	風積堆積物	2.70-3.00	19	24	50	7	0	0	2.68	0.5
Br-4	土3	風積堆積物	4.70-5.00	6	21	65	8	0	0	2.67	3.4
	土4	風積堆積物	6.70-7.00	5	15	77	3	0	0	2.67	1.7
	土5	風積堆積物	8.70-9.00	12	28	58	2	0	0	2.66	0.8
	土1	風積堆積物	2.70-3.00	16	52	31	1	0	0	2.68	0.6
Br-5	土2	風積堆積物	5.70-6.00	5	37	55	3	0	0	2.68	1.5
	土3	風積堆積物	8.70-9.00	4	48	46	2	0	0	2.69	0.7
	土4	風積堆積物	11.70-12.00	16	41	40	3	0	0	2.68	1.0
	土5	風積堆積物	15.70-16.00	15	44	37	4	0	0	2.68	0.4
	土6	風積堆積物	18.70-19.00	16	29	49	6	0	0	2.67	1.6
	土7	風積堆積物	21.70-22.00	23	22	45	8	2	0	2.67	0.5
	土8	風積堆積物	24.70-25.00	27	12	47	10	3	1	2.67	8.8
	土9	風積堆積物	27.70-28.00	12	10	64	10	4	0	2.69	9.3
	土10	風積堆積物	30.70-31.00	6	10	64	13	7	0	2.68	10.2
	土11	風積堆積物	33.70-34.00	8	18	58	13	3	0	2.67	7.3
	土12	風積堆積物	36.70-37.00	9	26	60	5	0	0	2.69	9.1
	土13	風積堆積物	40.70-41.00	22	48	26	4	0	0	2.68	2.8
	土14	風積堆積物	44.70-45.00	14	36	44	6	0	0	2.68	5.7
	土15	風積堆積物	46.70-47.01	21	32	41	6	0	0	2.67	8.0
	Br-6	土1	風積堆積物	2.55-3.00	0	34	57	6	1	2	2.66
土2		風積堆積物	5.55-6.00	0	26	67	5	2	0	2.67	1.3
土3		風積堆積物	8.55-9.00	23	48	22	3	4	0	2.65	0.6
土4		風積堆積物	11.55-12.00	15	28	48	6	2	1	2.66	1.9
土5		風積堆積物	14.55-15.00	23	28	39	5	4	1	2.65	2.0
土6		風積堆積物	17.55-18.00	21	63	10	1	4	1	2.66	1.0
土7		風積堆積物	20.55-21.00	55	29	8	0	4	4	2.65	9.9
土8		風積堆積物	23.55-24.00	8	11	62	4	9	6	2.66	6.2
土9		風積堆積物	26.55-27.00	13	30	41	6	6	4	2.66	4.8
土10		風積堆積物	29.55-30.00	1	10	71	7	6	5	2.65	9.6
土11		風積堆積物	32.55-33.00	29	33	29	1	4	4	2.64	6.1
土12		風積堆積物	35.55-36.00	6	32	52	2	5	3	2.65	8.7
土13		風積堆積物	38.55-39.00	11	49	28	3	6	3	2.68	0.4
土14		風積堆積物	41.55-42.00	6	43	40	2	7	2	2.66	0.4
土15		風積堆積物	44.55-45.00	5	37	52	1	2	3	2.68	0.4
土16		風積堆積物	47.55-48.00	14	27	47	3	5	4	2.66	2.9
土17		風積堆積物	50.55-51.00	8	31	49	4	6	2	2.66	14.7
土18		風積堆積物	53.55-54.00	0	32	51	5	10	2	2.66	10.5
土19		風積堆積物	56.55-57.00	11	37	35	4	10	3	2.65	15.2
土20		風積堆積物	58.55-59.00	3	26	53	6	8	4	2.66	9.8

表 2.4.16 (1/4) 土質材料試験の試験方法

試験項目	試験方法の基準
土粒子の密度試験	比重試験(SD128-005-84)
単位体積重量試験	環刀法(SD128-004-84)
含水比試験	酒精燃焼法(SD128-003-84)
粒度試験	比重計法(SD128-008-84)
コンシステンシー試験	土工試験規定(SD128-007-84)
有機物含有量試験	土工試験規定(SD501-79)
水溶性成分含有量試験	土工試験規定(SD501-79)
粘土鉱物含有量試験	X線照射分析(SD501-79)
締め固め試験	標準締め固め方法(GBJ123-88)
透水試験	変水頭試験法(SD128-011-84)

表 2.4.16 (2/4) 砂材料試験の試験方法

試験項目	試験方法の基準
土粒子の密度試験	比重試験(SD128-005-84)
単位体積重量試験	桶式原状採取土器測定(SD128-004-84)
吸水率試験	吸水率試験(G303-81)
含水比試験	酒精燃焼法(SD128-003-84)
粒度試験	顆粒大小分析試験(SD128-006-84)
有機物含有量試験	土工試験規定(SD501-79)
水溶性成分含有量試験	土工試験規定(SD501-79)

表 2.4.16 (3/4) 礫材料試験の試験方法

試験項目	試験方法の基準
土粒子の密度試験	比重試験(SD128-005-84)
単位体積重量試験	土工混凝土試験規定(SD105-82)
吸水率試験	吸水率試験(G303-81)
粒度試験	顆粒大小分析試験(SD128-006-84)
有機物含有量試験	土工混凝土試験規定(SD105-82)
含泥量試験	土工混凝土試験規定(SD105-82)
耐久性試験	ロサンゼルス磨耗試験法(JTJO54-83)

表 2.4.16 (4/4) 岩石材料試験の試験方法

試験項目	試験方法の基準
土粒子の密度試験	比重試験(SD128-005-84)
単位体積重量試験	容重試験(G302-81)
含水比試験	含水量試験(G310-92)
粒度試験	比重計法(SD128-008-84)
コンシステンシー試験	土工試験規定(SD128-007-84)
密度・含水比・飽和度・有効間隙率・吸水率試験	土工試験規定(G303-81)
水溶性成分含有量試験	土工試験規定(SD501-79)
粘土鉱物含有量試験	X線照射分析(SD501-79)
締め固め試験	標準締め固め方法(GBJ123-88)
透水試験	変水頭試験法(SD128-011-84)
耐久性試験	ロサンゼルス磨耗試験法(JTJO54-83)
吸水膨張試験	膨張性試験(G311-92)
一軸圧縮試験	単軸抗圧強度試験(G304-81)



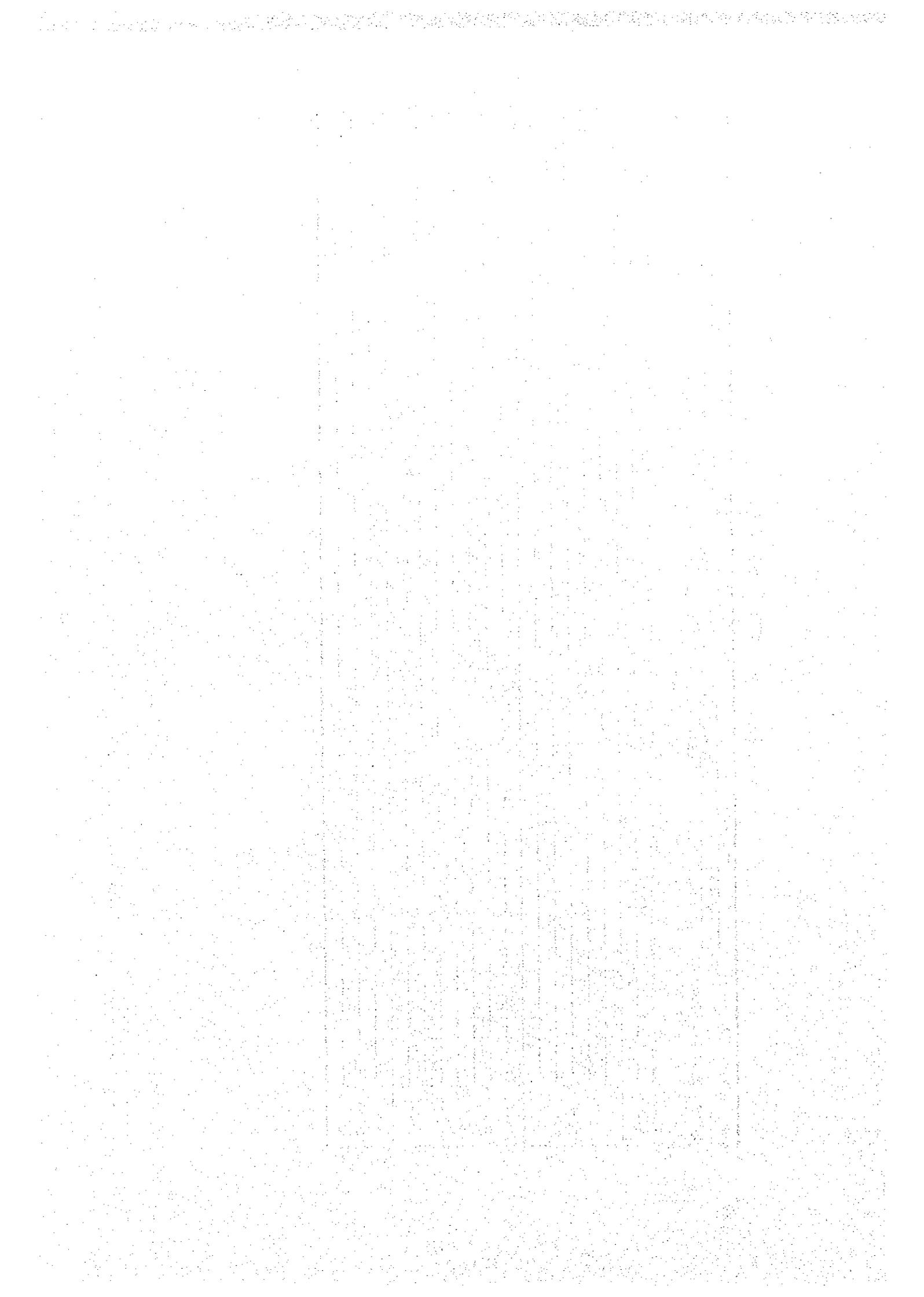
表 2.4.18 砂礫材料試験結果一覧表

地点名	試料番号	粒度分布 (%)										単位 体積 重量 (g/cm <sup>3</sup> )	含水 量 (%)	吸水 率 (%)	有機 物含 有量 (%)	不溶 性成 分含 量 (%)
		礫		砂分(mm)		シルト分(mm)		粘土分		土粒 子の 比重						
		2 以上	0.5 以下	2 ~ 0.5	0.5 ~ 0.25	0.25 ~ 0.074	0.074 ~ 0.05	0.05 ~ 0.005	0.005 以下							
砂礫—I	SJ1-1	0	21	46	31	0	0	0	2.65	1.61	1.9	2.0	合格	0.03		
	SJ1-2	0	24	46	27	23	0	0	2.65	1.71	8.9	1.2	合格	0.03		
砂礫—II	SJ2-1	0	12	42	43	3	0	0	2.67	1.93	18.3	1.8	合格	0.03		
	SJ2-2	0	16	55	27	2	0	0	2.66	1.99	18.1	1.4	合格	0.04		
	SJ3-1	0	14	49	35	2	0	0	2.66	1.69	2.4	1.2	合格	0.03		
砂礫—III	SJ3-2	0	8	56	34	2	0	0	2.67	1.98	18.5	1.4	合格	0.03		
	SJ4-1	3	16	47	19	15	0	0	2.67	1.59	1.8	1.2	合格	0.03		
	SJ4-2	7	23	45	22	3	0	0	2.66	1.93	17.1	1.4	合格	0.03		
	SJ5-1	6	35	39	18	2	0	0	2.65	1.65	2.6	1.4	合格	0.04		
砂礫—IV	SJ5-2	1	14	44	37	4	0	0	2.65	1.98	19.9	1.4	合格	0.03		
	SJ6-1	0	17	51	29	3	0	0	2.67	1.68	3.1	1.4	合格	0.02		
	SJ6-2	3	16	54	24	3	0	0	2.68	1.96	17.0	0.9	合格	0.03		
	SJ7-1	2	7	63	24	4	0	0	2.64	1.63	1.5	2.0	合格	0.03		
SJ7-2	1	31	46	20	2	0	0	2.66	1.99	17.8	1.2	合格	0.03			

地点名	試料番号	粒度分布 (%)										礫分				砂分				
		150 以上		80 ~ 150		40 ~ 80		20 ~ 40		5 ~ 20		5 以下		現場 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	有機 物含 有量 (%)	吸水 率 (%)	比重	現場 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含泥 量 (%)	比重
		0	4.3	28.5	29.2	17.9	20.1	1.62	0.3	22.7	2.64	0.3								
砂礫—I	SJ8	0	4.3	28.5	29.2	17.9	20.1	1.62	0.3	22.7	2.64	0.3	1.51	合格	0.3	7.0	2.61			
砂礫—II	SJ9	0	16.8	41.1	14.2	11.4	16.4	1.66	0.1	21.9	2.66	0.4	1.53	合格	0.4	8.6	2.61			
砂礫—III	SJ10	0	13.4	17	13.8	17.7	38.1	1.66	0.9	26.7	2.64	0.4	1.59	合格	0.4	6.8	2.62			
砂礫—IV	SJ11	0	4.8	16.1	12.3	33	33.8	1.63	0.3	25.5	2.64	0.3	1.50	合格	0.3	5.7	2.62			

表 2.4.19 土質材料試験結果一覧表

地点名	試料番号	採取深度	粒度分布 (%)							土粒子の比重	単位体積重量 (g/cm <sup>3</sup> )	含水量 (%)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数 (%)	有機物含有量 (%)	水溶性成分量 (%)	粘土鉱物含有量 (%)			締め固め試験		
			砂分 (mm)		シルト分 (mm)		粘土分											イロト	カオリナイト	モンモリロナイト	緑泥石	浸透率 (%)	最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )
			2 ~ 0.5	0.5 ~ 0.25	0.25 ~ 0.074	0.074 ~ 0.05	0.05 ~ 0.005	0.005 以下	0.005														
土-I	布-1	13~19	0	0	3	43	51	2.75	1.98	17.3	64.0	28.2	35.8	0.08	0.04	32.4	16.2	5.4	0.0	26.5	1.55		
	布-2	8~10	0	2	49	19	18	2.68	1.87	8.5	26.2	14.5	11.7	0.03	0.03	6.6	3.6	1.2	0.6	15.0	1.88		
土-II	丁-1	27.5~37.5	0	1	2	8	53	2.70	1.98	13.5	50.7	24.8	25.9	0.05	0.03	21.6	7.2	3.6	3.6	22.5	1.60		
	丁-2	15.5~24.5	0	1	14	26	42	2.70	1.89	12.8	35.5	19.1	16.4	0.07	0.04	10.2	3.4	1.7	1.7	17.5	1.71		
	丁-3	0~8.0	0	1	50	21	17	2.69	1.65	7.1	27.0	14.7	12.3	0.03	0.03	4.4	3.9	1.1	1.7	13.5	1.81		
土-III	馬-1	10~16	0	1	2	14	63	2.72	2.01	14.7	40.1	22.7	17.4	0.07	0.05	7.0	6.0	2.0	2.0	18.5	1.68		
	馬-2	6.0~8.5	0	1	2	11	63	2.72	2.00	13.2	41.8	20.3	21.5	0.06	0.04	11.5	4.6	3.5	2.3	18.2	1.70		
	馬-3	3.0~5.0	0	2	3	21	58	2.70	1.90	13.3	36.7	18.5	18.2	0.02	0.03	6.4	3.2	2.4	2.4	16.5	1.72		
土-IV	伊-1	6.0~8.0	0	1	6	24	48	2.72	2.04	12.2	32.1	17.0	15.1	0.05	0.03	6.8	5.1	3.4	1.7	15.0	1.81		
	伊-2	2.0~4.5	0	4	4	20	55	2.72	1.99	12.0	36.9	17.4	19.5	0.05	0.04	9.4	6.8	0.9	0.0	16.0	1.82		
	伊-3	0.0~1.5	0	4	9	28	43	2.70	1.95	11.8	34.5	16.0	18.5	0.09	0.04	11.2	3.2	0.0	0.0	14.5	1.87		
土-V	宮-1	3.4~11.4	1	5	37	16	28	2.69	1.79	13.5	28.8	15.1	13.7	0.03	0.03	6.5	5.2	0.7	0.7	13.1	1.84		
			0	2	21	51	23	3															
			0	5	37	39	16	3															
			0	2	16	40	37	5															



### 第3章 水資源開発計画

#### 3.1 炭田開発に伴う開発計画と水需要量

##### 3.1.1 開発計画と水需要量との取り扱い

本調査の中国側実施機関である神華集団有限責任公司は第1次現地調査時点（1997年11月）で以下に示す開発計画と水需要量を確認した。その後実施細則に基づく中国側分担作業としての開発計画及び水需要量の見直しは行われず、またこれらに関連する情報も調査団には与えられない状況の後、実施細則が2000年1月に変更された結果、見直しの作業は行われなかったこととなった。一方、中国側が実施したダムからの送水計画（1999年4月）では、水需要量を80,000m<sup>3</sup>/日と下方修正して計画している。この計画値については鉍区従業員が大幅に減ったこと、高性能の大型採炭機械の導入及び生産システムの合理化・高効率化などにより修正されたものであるとの説明が中国側よりなされた。このため本調査では中国側の検討と整合性を図るため、下記の表3.1.1及び表3.1.2に示す開発計画と水需要量を当初計画の参考値と位置づけ、この計画値(80,000m<sup>3</sup>/日)を検討の基本とする。

##### 3.1.2 神府東勝鉍区開発計画の現況（当初計画参考値）

開発計画の主な事業内容は以下のとおりとされている。

表 3.1.1 開発計画

開発項目		第1・2期計画：1987～1998年	第3期計画：1998～2005年
1	生産計画(全体)	3,245万ト/年	(3期分のみ)6,380万ト/年
	内訳：神華集団有限責任公司	2,520万ト/年	5,180万ト/年
	地方郷鎮企業	725万ト/年	1,200万ト/年
2	需要計画(全体)	3,245万ト/年	(1～3期)6,380万ト/年
	内訳：管内	2,455万ト/年	1,500万ト/年
	管内外と輸出	790万ト/年	4,500万ト/年
3 3-1	基幹インフラ整備 鉄道	①包神線(包頭～神木間172km) 1989年3月開通 石炭輸送能力1,000万ト/年 ②神朔線(神木～朔県間274km) 1996年6月開通 石炭輸送能力2,000万ト/年	朔黄線(朔県～黄萌間598km) 1995年着工・2000年完成予定 石炭輸送能力5,000万ト/年
3-2	道路	①包神府線(包頭-店塔-府谷間303km) 1990年完成、運搬量100万ト/年 ②炭鉍区幹線(大柳塔-石乞台180km) 1990年完成	炭鉍区幹線道路の整備
3-3	港湾	第3期計画での整備	河北省渤海沿岸黄華港

		(現在は天津港を暫定使用)	(船舶 3万 DWT 級×3、 5万 DWT 級×1) 1996年着工,2013年完成予定 積出し能力 3,000 万ト/年
3-4	発電所	①店塔火力発電所 (水冷式) 1.2万 kW×2、1989年4月完成 ②大柳塔火力発電所 (水冷式) 10万 kW×2、1998年完成予定 ③達旗火力発電所 1期:33万 kW×2、1995年11月完成 2期:60万 kW×3、着工は未定	鉸区南側に建設予定 (国の批准待ち)、60万 kW×4
4.	都市整備	総人口 127,000 人を対象とした住宅および生活関連施設の整備	総人口 215,000 人を対象とした住宅および生活関連施設の整備
5.	供水計画	①3湧水源 (泉) と 1 小規模ダムにより 5.18 万 m <sup>3</sup> /日を供水 ②溝岔水源地 (秃尾河) からの取水量 15 万 m <sup>3</sup> /日の施設建設の準備中	新規水源開発の予備調査完了

### 3.1.3 計画水需要量 (当初計画参考値)

炭田開発に必要な計画水需要量は、第 1・2 期計画において 20 万 m<sup>3</sup>/日、第 3 期計画において合計 41 万 m<sup>3</sup>/日 (第 3 期内での開発水量は 21 万 m<sup>3</sup>/日) となっている。各期別の用途別水需要量をまとめると表 3.1.2 のとおりである。

表 3.1.2 各期毎の用途別水需要量

水供給用途	水需要量	
	第 1-2 期計画	第 3 期計画(1-2 期込)
鉸井用水	5 万 m <sup>3</sup> /日	10.0 万 m <sup>3</sup> /日
関連企業用水 (洗炭場、熱供給場、機械工場等)	5 万 m <sup>3</sup> /日	4.0 万 m <sup>3</sup> /日
自家発電用水、紅柳林発電用水 (240 万 kW)	4 万 m <sup>3</sup> /日	10.9 万 m <sup>3</sup> /日
都市用水	1 万 m <sup>3</sup> /日	3.0 万 m <sup>3</sup> /日
農業・牧畜用水	-	2.8 万 m <sup>3</sup> /日
環境保全・緑化用水等	1 万 m <sup>3</sup> /日	1.2 万 m <sup>3</sup> /日
地方炭鉸・工業、生活用水	4 万 m <sup>3</sup> /日	9.0 万 m <sup>3</sup> /日
合 計	20 万 m <sup>3</sup> /日	41.0 万 m <sup>3</sup> /日

第 1・2 期計画での水源開発は、既設の 4 水源 (哈拉溝、石乞台、常家溝、孝孝頼) の開発水量 5.2 万 m<sup>3</sup>/日に加え、新規開発である秃尾河瑤鎮 (溝岔) 水源での取水 15 万 m<sup>3</sup>/日を計画している。同供水計画の詳細設計は既に終えており、1996 年から建設準備に入っている。供水システムは、取水施設、浄化施設、導水施設 (管路延長 113km、5 ポンプ) から構成され、3 鉸区と地方炭田および自社発電所の用水を対象としている。

第 3 期計画までの総水需要量 41 万 m<sup>3</sup>/日に対する第 3 期のみでの開発水量 21 万 m<sup>3</sup>/日の確保は、本計画の転龍湾ダム建設により賄う計画とされている。しかし、Pre-F/S

の検討結果によれば、同ダムのみでの開発水量は必要開発水量の 56% (11.8 万 m<sup>3</sup>/日) と予想され、表流水以外の補助水源が必要となる見込みである。

### 3.2 表流水開発

現在の水源は全て、地下水を利用したもので、第 3 期分の必要水量に対するこれ以上の手当ては地下水開発では対応できず、表流水開発が必要となっている。

地表水としては、流域の北西にあるホンジエンナオ湖のように鹹水の湖があるが、安定した水源ではなく、実施細則にも検討の対象外になっているため、本報告書では、烏蘭木倫河のみを取水の対象として検討する。

転龍湾ダム地点で烏蘭木倫河の流域面積は約 1,600km<sup>2</sup> (閉鎖流域除く) と大きい が、多年平均流量は Pre-F/S 時の検討で約 8,000 万 m<sup>3</sup> であり、1km<sup>2</sup>あたりの流出量は 5 万 m<sup>3</sup>/年である。流域内の多年平均降雨量は 344mm であり、流出率は 14%となる。最近 2 カ年の 1997 年、1998 年の記録では、年間流出量は 3,600 万 m<sup>3</sup> であり、年間降雨量 346mm に対して流出率は 5%となる。

流況の季節変動も大きく河況係数は約 5 であり、安定した水源を求めるためには、ダム建設による表流水の開発が必要となる。即ち、大型の貯水池を建設することにより、年間の季節調整及び豊水年と渇水年の複数年にわたる貯水池運用が、半乾燥地域である当地域で安定した水供給を行うため必要となる。

### 3.3 既存調査におけるダム計画

転龍湾ダム建設計画は 1.4 節に述べたごとく、Pre-F/S レベルで中国側が検討を行っている。古くは 1953 年黄河水利委員会が行った窟野河流域の治水と開発を促進するための調査・計画に始まって、1980 年代は神府東勝エネルギー重化学工業基地建设にともなって、陝西省北部と内蒙古自治区南部の経済振興が流域開発の目的に加わった。その後 1990 年代に入り、転龍湾ダムの目的は従来の治水に加え、神府東勝鉱区における用水問題解決のためのダム建設としてその位置づけを変えた。

中国側実施機関である神華集団有限責任公司の前身である華能精煤公司是黄河水利委員会上中游管理局に委託し、1994 年 10 月に「窟野河転龍湾ダムプロジェクト計画報告書：Pre-F/S」を取りまとめた。

上記 Pre-F/S における計画の諸元は表 3.3.1 のとおりである。

表 3.3.1 ダム計画案の主要諸元

位置	ウラム-肋河上流 (東および西ウラム-肋河の合流後)
流域面積	1,937km <sup>2</sup>
平均年流出量	8,080 万 m <sup>3</sup> (多年平均流量 2.56m <sup>3</sup> /s)
既往最大洪水	18,954m <sup>3</sup> /s

平均年流砂量	1,286 万ト (含砂量 159.5kg/m <sup>3</sup> )
ダム軸基礎地盤	ジュラ系および白亜系の砂岩・泥岩 (水平層理)
ダムの機能	供水、洪水調節、土砂制御、灌漑、小水力発電
ダム貯水池規模	表面積 18.1km <sup>2</sup> 、貯水池長 11 km~16 km
ダム形式	フィルダム
ダム高	57m
ダム堤長	870m (うち、河道部分は 410m)
総容量	4.58 億 m <sup>3</sup>
年間給水量	4,030 万 m <sup>3</sup> (年平均給水量 1.28m <sup>3</sup> /s)
概算総事業費用	約 7.5 億元 (鉄道込み、1元=18.62 円 1993 年 8 月現在)
貯水池水没耕地等 移転者	耕地 1,346 ha (1 ha = 15 a)、鉄道移設 6.04 km 626 人

Pre-F/S の結果では、その経済内部収益率 (EIRR) は 17.36%で中国の基準内部収益率 12%を上回り、経済的に実現可能としている。

### 3.4 転龍湾ダム計画の基本条件

#### 3.4.1 ダム計画の基本条件

第 1 章の 1.5 節に述べたように J I C A 調査団の調査過程でダム地点の地質条件が中国側の Pre-F/S の調査結果と著しく異なることが判明した。このため、上記 Pre-F/S のような大型ダムの建設は、現段階では、技術的に解決・検証すべき調査・検討項目が多く、計画の対象として取り上げること自体が難しいと判断される。

しかし、これまでの調査経緯を踏まえ、本報告書では、下記の事項をダム計画の前提条件とすることとした。

##### (1) ダム計画地点

東西烏蘭木倫河の合流点直下流の転龍湾ダム地点とする。

##### (2) 基盤の取り扱い

大型ダムを支える左岸部に基盤となる岩盤が適度の深さに存在しないため、砂層における連続地中壁の打設やソイルセメントによる砂層の基盤化等の工法を、実施にあたって技術的検証を行うことを前提として採用する。

##### (3) 規模

当ダム計画の基礎部分に適用される工法が技術的検証を要することと水需要計画が見直し中であることから、ダム規模を細かく変えて最適規模をもとめることは意味をもたないので、最適規模の検討は実施しない。ダム規模については、中国側の既存の検討 (Pre-F/S) と比較の意味で、同一規模のダムを計画する。

#### (4) 代替案

ダム左岸部には標高 1215m 程度の砂岩と泥質岩からなる基盤が存在するため、この基盤を利用して代替案（小ダム案）を検討する。規模は岩盤の標高の許す最大の貯水容量を取れる規模とする。

#### (5) ダムの設計基準等

ダム計画にあたっては、下記の基準に準拠することとする。

##### 1) 設計洪水等（防洪標準：GB50201-94）

- 設計洪水 : 100 年超過確率洪水
- チャージ（校核）洪水 : 2000 年超過確率洪水
- 導流洪水 : 20 年確率洪水

##### 2) 計画基準年度

2010 年（中国側 Pre-F/S）

##### 3) 水需要量

80000m<sup>3</sup>/日（中国側送水計画 1999 年 4 月策定）

##### 4) 下流河道整備計画（窟野河堤防工事計画：1994 年策定）

- 鉾区周辺 : 50 年超過確率洪水に対応
- 農地等 : 20 年超過確率洪水に対応

##### 5) 灌漑

灌漑面積 : 6000 ha（400 ヘクタール）

##### 6) 水供給保証率

- 鉾工業、都市用水 : 95 %
- 農業用水 : 75 %

#### 3.4.2 ダムによる洪水調節

転龍湾ダムは、窟野河の洪水防御計画の要となる事業として位置づけられている。窟野川の河川改修計画は、20 年確率洪水相当のダム調節放流量を通水できるよう策定されている。窟野川の流路約 150km のうち 90km の区間には鉾区が河川沿いに存在するが、既に重要施設のある区間においては堤防が建設されている。したがって、転龍湾ダムの洪水調節計画では、1/100 年確率洪水時に、転龍湾ダム地点で 1/20 年確率洪水相当以下の放流となるような洪水調節を行なうものとする。

##### (1) 設定条件

洪水調節計算における設定条件は以下の通りである。

##### 1) 計画洪水

計画洪水は日本側計算結果を用い以下の通りとする。

1/100年確率洪水（設計洪水）：1日洪水のハイドロ（ピーク：9,121m<sup>3</sup>/s）の1.2倍

1/2000年確率洪水（サーチャージ（校核）洪水）：1日洪水のハイドロ（ピーク：14,267m<sup>3</sup>/s）の1.2倍

## 2) 放流ルール

ダムからの放流量は、以下の通り貯水容量の関数として設定する。

$$Q_{out}(t) = 0.5x\sqrt{SV(t) - SV_{1238}} + Q_{inf}(1)$$

ここで、

SV(t)：t時での貯水容量

SV<sub>1238</sub>：常時満水位での貯水容量

Q<sub>out</sub>(t)：t時での放流量

Q<sub>in</sub>(1)：洪水開始時での流入量

## 3) 放流量

放流は排砂管（直径 8.0m x 1 no.、管中心の高さ：1189m）と洪水吐（幅 12.0 x 3 門、シル敷高：1230m）から下記の式より算定した。なお、貯水池の堆砂を排出するために、洪水吐より排砂管からの放流を優先するよう設定した。

### 排砂管

$$Q_{orf} = \frac{\pi}{4} D^2 v$$
$$v = \frac{\sqrt{2gH}}{\sqrt{1 + \sum \zeta}}$$

ここで、

Q<sub>orf</sub>：排砂管からの放流量（m<sup>3</sup>/s）

D：排砂管の直径、8.0m

v：接近流速（m/s）

H：水深（m）、H = h - 1189m（=貯水池の水深 - 排砂管の中心の高さ）

Σζ：損失係数の合計 1.3 を仮定

### 洪水吐

$$Q_{spl} = KBH^{\frac{3}{2}}$$

ここで、

$Q_{sp}$  : 洪水吐からの放流量( $m^3/s$ )

B : 洪水吐 1 門の幅、12.0m

H : 越流水深、 $H=h-1230m$  (=貯水池の水深-洪水吐全面の敷高)

K : 流量係数、1.84 を仮定

## (2) 洪水調節計算結果

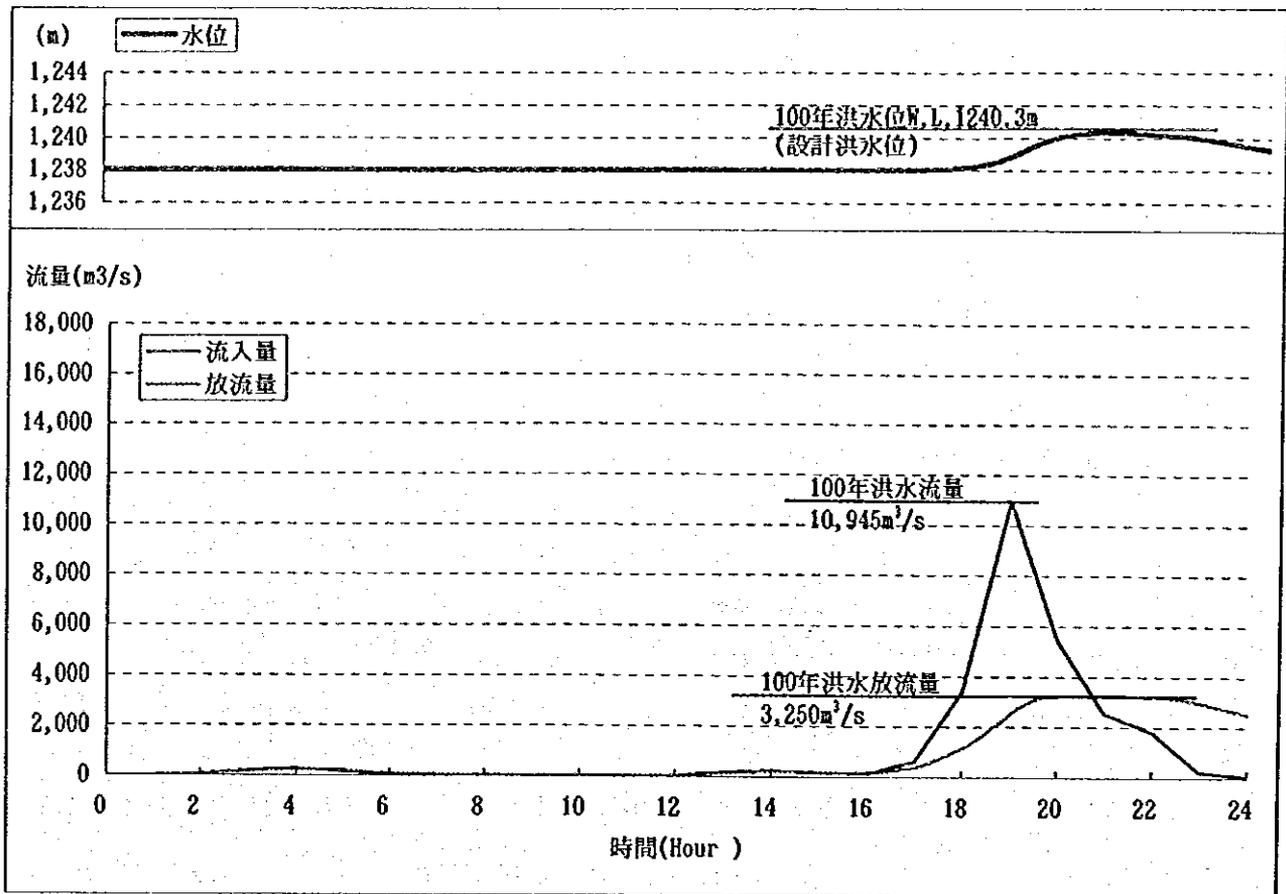
洪水調節計算結果を図 3.4.1 と表 3.4.1 に示す。

表 3.4.1 洪水調節結果

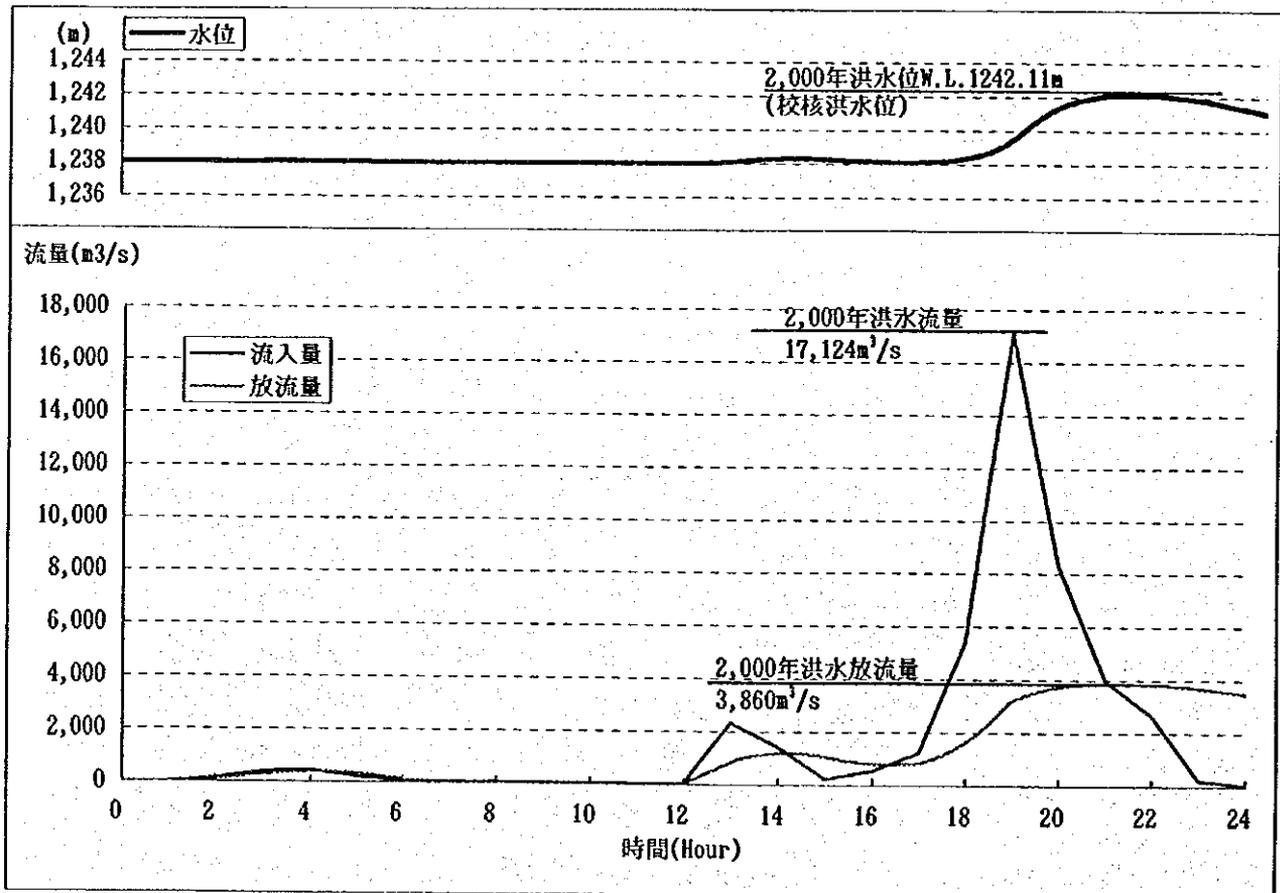
洪水	ピーク流入量 $m^3/s$	ピーク放流量 $m^3/s$	最高水位 m
1/100	10,945	3,250	1240.3
1/2000	17,124	3,860	1242.1

転龍湾ダムの設計洪水位、サーチャージ(校核)洪水位はそれぞれ 1240.3m、1242.1m である。

また、設計洪水、校核洪水いずれにたいしても放流量は 1/20 年確率の洪水量を下回る結果となった。



(a) 1/100年 洪水確率



(b) 1/2,000年 洪水確率

図3.4.1 洪水調節計算結果 (大ダム案)

### 3.5 転龍湾ダム貯水池堆砂対策

#### 3.5.1 転龍湾ダム貯水池堆砂対策の基本方針

ダム貯水池の堆砂は、貯水池容量を大きく左右する要素でありダム供用年数を決定する。中国側の実施した Pre-F/S では、大量の浮遊土砂が貯水池に流入するため、ダム建設後 34 年で堆砂により計画貯水容量の確保が困難と推定されている。したがって、開発可能な水資源が限定されている本地域においては、浮遊土砂を対象とした有効な堆砂対策が必要である。

まず、浮遊土砂の時間的、空間的流出傾向を把握するために、過去の水文資料を整理解析した(第2章、2.2 流砂を参照)。次に、①転龍湾ダム上流域の土砂生産状況を把握する、②砂防および貯砂ダムの適切な配置を決定する目的で、衛星リモートセンシングデータ(remote sensing data)を用いた裸地・崩壊地および土地被覆状況の抽出と土砂生産ポテンシャルマップ(potential map)の作成を行なった(第2章 2.4 土砂生産状況の把握を参照)。

貯水池の堆砂対策は、上流域土砂供給源対策、上中流域での貯水池流入土砂の軽減、貯水池からの排砂といったダム貯水池全流域にわたる総合的な見地からの検討を行なうことが望ましい(表 3.5.1)。これらの堆砂対策は多岐にわたるが、転龍湾ダムの堆砂対策としては、ダム上流域における植林、緑化による土壌保全の他に、①貯砂ダム/砂防ダムの設置、②ダム右岸底部に設置する排砂管による排砂が有効と考える。

①については、転龍湾ダム上流東・西烏蘭木倫河において砂防ダム建設候補地点を選定するための踏査を実施し、転龍湾ダム上流域のリモートセンシング解析の結果と合わせて、砂防/貯砂ダムの配置および貯砂容量の検討を行なった。②については、排砂効果を評価するための貯水池内の土砂移流・拡散数値シミュレーション(simulation)解析を実施した。

表 3.5.1 貯水池の堆砂対策

A 貯水池上流域の供給源対策	①植林、緑化による土壌保全 ②遊砂地、砂防による土壌保全と土砂環境の管理 ③土壌流亡を防ぐ農法、耕作法
B 貯水池への流入土砂量の軽減	①貯砂ダム、砂防ダムの適切配置および掘削による回転使用 ②バイパス水路
C 貯水池内からの排砂	①排砂施設の設置と排砂門のゲートオペレーション －密度流を利用した排砂 －洪水の掃流力を利用した排砂 ②貯水池堆砂土砂の人為的排除 －掘削、浚渫

### 3.5.2 砂防/貯砂ダムの設置

#### (1) 現地踏査

転龍湾ダム上流、東烏蘭木倫河、西烏蘭木倫河とその支川において砂防ダム建設候補地点を選定するための踏査を実施した。東西烏蘭木倫河支川の源頭部ではガリ(gully)が発達し、大量の土砂を河川に供給しているが、特に東烏蘭木倫河流域においてガリの発達が著しい。東烏蘭木倫河、西烏蘭木倫河の本川には地形、地質的にダム建設に適当なサイト(site)はない。支川については、支川の下流域あるいは中流域に貯砂ダムを設置することが望まれるが、中流域、下流域においてその河道形状は、河幅(500m~1,000m)が広く、左右岸の比高はあまり大きくないため、ダム建設に適当なサイトは少ない。上流部は、河幅はなお100~300mであるが、ダムは建設可能である。

#### (2) ダムタイプ(dam type)

次にダムタイプについては、今回の踏査結果から河道の形状にしたがって、以下の4タイプを計画した(図3.5.1)。

##### ①Earth-Fill Type(U字型沢に設置)

河幅が広い場合に設置するアースフィルダム(earth fill dam)である。堤長200m~500m、堤高15m~20m。転龍湾ダム上流域には既存の砂防および貯砂ダムがあり、これらは全てアースフィルダムである。基本的には既存ダムと同じタイプであるが、ダムの決壊を防ぐために、十分な容量の余水吐を設置するとともに、基礎処理を行なう。

##### ②Gabion Type(U字型沢に設置)

河幅が広く左右岸の比高が低いため、Earth-Fill Typeのダムが設置できない場合に設置する。堤長200m~500m、堤高3~10m。堤体上流部には砂だけが貯まり水は下流へ流下する利点がある。堤高が低いため貯砂の量は少ないが、同じ河川に間隔をとって数ヶ所設置すれば、貯砂量を増すことができる。

##### ③Concrete Gravity Type(V字型沢に設置)

特にダムサイト右岸にある急峻な沢に設置する砂防ダムである。

##### ④Gabion Type(V字型沢に設置)

Concrete Gravity Typeを設置する場所より勾配が緩い河道に設置する砂防ダムである。

#### (3) 砂防ダムの配置および貯砂量

伊金霍洛旗水利水保局は、烏蘭木倫河上流域を含む伊金霍洛旗の水土保持計画(1999年-2040年)を作成している。この計画によれば、伊金霍洛旗においては既にダム12基

が建設されており、新規の砂防/貯砂ダム 18 基が 2010 年までに完成予定となっている。これらの既設および新規のダムと 1999 年 11 月に実施した現地踏査により選定した砂防/貯砂ダムの位置を、図 2.3.6 流域基本図に示す。

なお、烏蘭木倫河上流域は伊金霍洛旗と東勝市の範囲に及んでおり、東勝市内の流域においても既設の砂防/貯砂ダムと建設予定のダムがある。しかし、これまでに資料が入手できなかったため、東勝市内流域のダム位置は示していない。

砂防/貯砂ダムの貯水容量を、5 万分の 1 地形図 (10m コンター、contour) から作成した GIS 標高メッシュデータ (mesh data) を用いて算定した。その結果を表 3.5.2 と表 3.5.3 にまとめる。表 3.5.3 中の貯砂量は砂防ダムが満砂した場合の量で、土砂の密度  $2.65 \text{ t/m}^3$ 、土砂の空隙率を 0.5 とした場合の値である。この計算によれば、52 基のダム全てを建設し貯水池がすべて満砂すると仮定すると (即ち最大で)、1 億 4,900 万トンの土砂を転龍湾ダム上流域で捕捉できることになる。また、伊金霍洛旗内の既設および建設予定のダム 30 基が完成し全て満砂すると、最大で 6,870 万トンの土砂を転龍湾ダム上流域で捕捉できる計算となる。

表 3.5.3 転龍湾ダム上流域砂防ダム群の可能貯砂量

	ダム数	貯水容量(万 $\text{m}^3$ )	貯砂量(万ト)
銅匠川支流	19	3,477	4,607
活泥冬河	1	901	1,194
西烏蘭木倫河	1	1,446	1,915
紅床廟河	1	224	302
伊金霍洛旗内	30	5,185	6,870
合計	52	11,233	14,888

なお、貯水容量を求める際必要なダムの堤高は、銅匠川については現地調査結果によるが、伊金霍洛旗内のダムについては、情報がないたため一律堤高 15m とした。また、当地の沢の形状は U 字型であるため、10m コンターではその形状を捉えることは難しい。したがって、貯水容量の計算値と現実の貯水容量には誤差があることを考慮すべきであり、正確な貯水容量については関係機関から入手する必要がある。

### 3.5.3 排砂管の排砂効果の評価

#### (1) 目的

黄河に代表される浮遊土砂の卓越する中国の河川では、ダム堤体の底部に排砂施設(底孔)を設けて貯水池内の堆砂を排出する方法が広く利用されている。しかし、転龍湾ダムはゾーンタイプアースフィルダム(zone-type earth-fill dam)でダム堤体に底孔を設置することはできない。そこで、ダム右岸の底部に排砂管を設置し、貯水池の水位を維持したまま、密度流の原理を利用して土砂を通過させ下流側へ排出する。貯水位を維持した場合の排砂管からの浮遊土砂排出量を算定するためには、貯水池内に流入した中央粒径  $d_{50} = 0.03 \text{ mm}$  と微細な浮遊土砂が移流、拡散、沈降、あるいは流れの乱れにより底面から巻き上がり、ダム堤体に至るまでの挙動を解明し、土砂の濃度分布の時系列を求める必要がある。また、転龍湾ダムは完成直後の総貯水容量  $4.3 \text{ 億 m}^3$  と大きく、ダム貯水池は東烏蘭木倫河と西烏蘭木倫河の合流地点にあり流れは地形の影響を受けて複雑になる。そこで、準3次元移流・拡散数値シミュレーションモデルを用いて排砂管の排砂効果の評価した。

ダム貯水池への土砂の流入は洪水時に集中するため、洪水時にできるだけ多くの浮遊土砂を排出することが必要である。そこで、洪水時における排砂管と洪水吐からの排砂量を算定した。解析対象洪水は、①1976年8月1日、②1978年8月30日、③1985年8月4日、④1985年8月23日-25日、⑤1992年8月6日の5洪水とした。

#### (2) 準3次元移流・拡散数値シミュレーションモデル

準3次元移流・拡散数値シミュレーションモデルは貯水池表面を通しての熱収支、水温及び濁度の密度変化、貯水池内の流動および土砂の拡散、沈降および底面からの巻き上げの解析機能を有するものである。また、このモデルはいわゆるマルチレベルモデル (multi-level model) である。なお、底面からの土砂の巻き上げは芦田・道上の式より求める。

#### 流動及び拡散の基礎式

流れに対する基本式は、非圧縮性の連続式および水平方向の運動方程式を用いる。対象とする流れでは、水平方向の流れが卓越するので、鉛直方向の加速度や粘性項に比べて重力加速度および圧力項が卓越するとして、静水圧力分布を仮定する。

連続式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

運動方程式

$$\begin{aligned} & \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial(uu)}{\partial x} + \frac{\partial(uv)}{\partial y} + \frac{\partial(uw)}{\partial z} \\ &= fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial(uv)}{\partial x} + \frac{\partial(vv)}{\partial y} + \frac{\partial(vw)}{\partial z} \\ &= -fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -\rho g$$

浮遊土砂の収支に対しては、以下の移流拡散方程式を用いる。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(Cu)}{\partial x} + \frac{\partial(Cv)}{\partial y} + \frac{\partial(Cw)}{\partial z} \\ &= \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) - w_s \frac{\partial C}{\partial z} \end{aligned}$$

水温収支にたいしては、以下の移流拡散方程式を用いる。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial(Tu)}{\partial x} + \frac{\partial(Tv)}{\partial y} + \frac{\partial(Tw)}{\partial z} \\ &= \frac{\partial}{\partial x} \left( E_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( E_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( E_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

ここで、 $x, y, z$  は直交座標系の座標、 $u, v, w$  は  $x, y, z$  方向の流速、 $P$  は圧力、 $f$  はコリオリ係数、 $g$  は重力加速度、 $C$  は濃度、 $D_x, D_y, D_z, E_x, E_y, E_z$  は  $x, y, z$  方向の拡散係数、 $\tau$  は摩擦応力、 $\rho$  は濁水の密度、 $w_s$  は土砂の沈降速度を示す。

### 差分計算式：マルチレベルモデル

マルチレベルモデルは、対象とする水域を水深方向にいくつかの層に分割し、各層を鉛直方向に積分して水の流れを取り扱うモデルである。分割された各層では2次元的な取り扱いをし、各層間において運動量および物質の交換を考慮することにより、全体としては水の流れを3次元的に表現する。なお、x,y,z方向の拡散係数は渦粘性係数とほぼ等しいと仮定し、 $D_x=D_y=D_z=\kappa u^*h/6$  で与えた。(ここに、 $\kappa$ :カルマン (Karman) 定数、 $h$ :水深、 $u^*$ :摩擦速度)

### 濁水の密度変化

濁水の密度  $\rho$  に関しては、土砂濃度  $C$  と温度  $T$  との関数である状態方程式より求めた。

### 日射による輻射熱

日射による輻射熱  $\phi_s$  は水面の反射によって  $\phi_s$  となって貯水池内に伝達されていくが、このうち半分程度が表面で吸収され、残りが指数関数的に減衰しながら深部に到達する。この輻射熱は表 3.5.4 示す伊旗気象観測所の日射量 (多年平均) に基づき算定した。

表 3.5.4 転龍湾ダムサイトの日射量

	単位	6月	7月	8月
可能最大日照時間 $N$	hours/day	15.0	14.7	13.7
実測月平均日照時間 $\angle 1$	hours/day	295.9	287.3	258.9
実測日平均日照時間 $n$	hours/day	9.9	9.3	8.4
晴天時の日射量	kcal/m <sup>2</sup> /day	8,000	7,550	6,740
$n/N$		0.66	0.63	0.61
日射量 $\phi_s$	kcal/m <sup>2</sup> /day	6,021	5,544	4,867

$\angle 1$  伊旗気象観測所の多年平均

### 水面からの熱損失

大気と熱の授受の影響範囲は日射を除いては表層のごく薄い層に限られる。したがって、大気輻射、放射及び蒸発については表層のみについて考慮し算定した。

### 土粒子の中央粒径および沈降速度

土砂の拡散シミュレーションにおいては、沈降速度の取り扱いが予測精度に大きく影響を及ぼす。中国側は、転龍湾水文観測点において1998年3月から9月に渡り計57回の浮遊土砂の粒径分布調査を実施しており、図 3.5.2 に浮遊土砂の粒径加積曲線を示す。洪水期(6月~9月)、非洪水期(3月~5月)、全期間(3月~9月)に分けて粒径加積曲線を求め

た結果、中央粒径  $d_{50}$  は 0.03mm 程度と予測される。また、土粒子の沈降速度は Rubey の式より 0.0779cm/s(粒径 0.03mm 相当)と算定した。

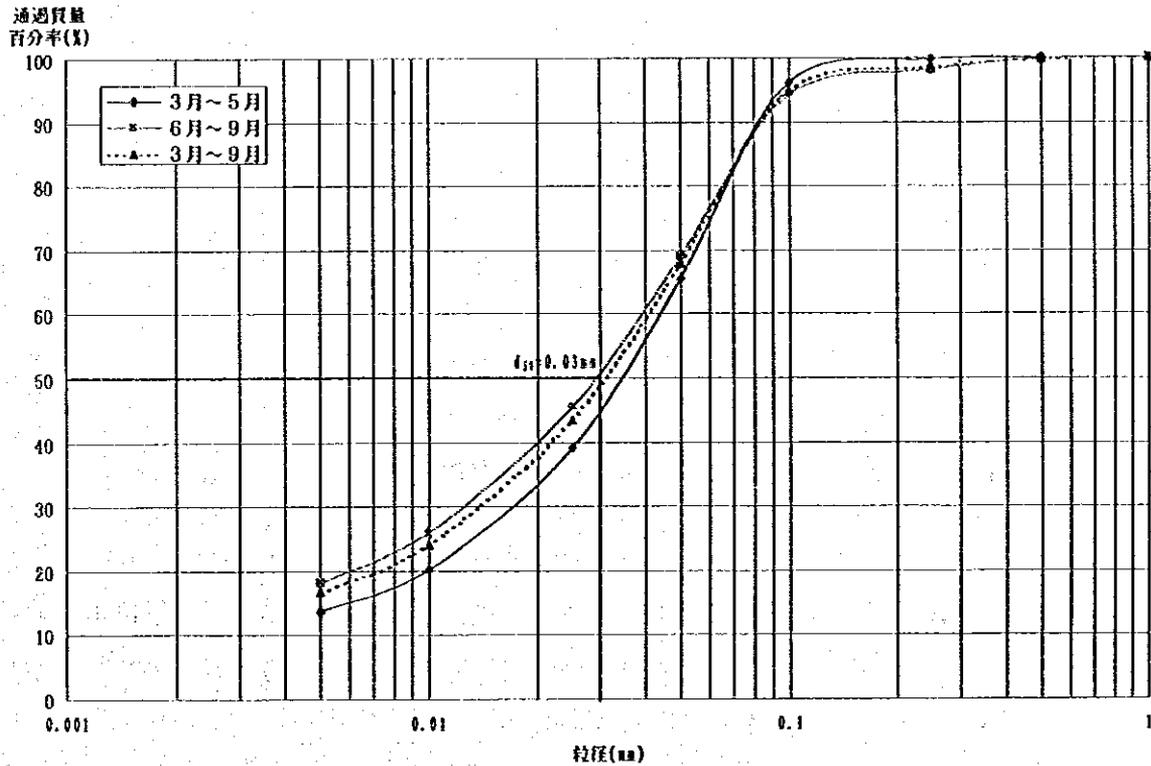


図 3.5.2 転龍湾ダム地点における浮遊砂の粒径加積曲線

#### 貯水池標高データ

中国側は 1984 年に貯水池内および周辺で測量を実施し、1 万分の 1 の地形図を作成しており、この地形図の提供があった。数値シミュレーションを実施するために、地形データ作成用ソフトウェア (software) を用いて標高メッシュデータを作成した。図 3.5.3 にこの地形データを用い作成した転龍湾ダム貯水池の水位-面積・容量曲線を示す。

#### 平面メッシュと水深方向メッシュ

本解析に用いた転龍湾ダム貯水池の平面メッシュを図 3.5.4 に示す。また、ダム堤体部のモデルを図 3.5.5 に示す。流れに対する地形の影響を再現するため、平面メッシュの間隔は  $\Delta x=200\text{m}$ 、 $\Delta y=200\text{m}$  とした。また、浮遊土砂濃度の垂直分布をもとめるため、各層の厚さ  $\Delta z$  をおおよそ 2~3m として水深方向を 15 層に分割した。

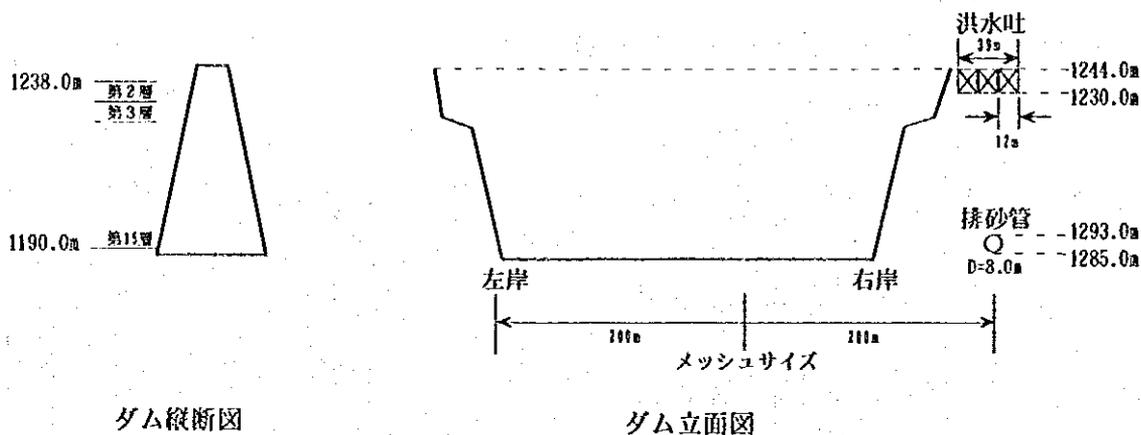


図 3.5.5 ダム堤体モデル図

洪水時の流量、浮遊量データ、貯水池内浮遊砂の初期濃度

解析対象である 5 洪水の流量と浮遊土砂量の時系列を図 3.5.6 と表 3.5.5 に示す。東烏蘭木倫河、西烏蘭木倫河それぞれの流量時系列は、2.2 (水文)で作成した貯留関数法を用いた洪水流出解析モデルより求めた。一方、この計算流量時系列を、王道恒塔における時間流量と時間浮遊土量の回帰式 ( $S=1.328Q^{0.774}$ 、 $Q$ :流量( $m^3/s$ )、 $S$ :浮遊土砂濃度( $kg/m^3$ )) に代入し浮遊土砂の濃度を算定した (2.3 流砂を参照)。洪水の流入は、モデル上では、西烏蘭木倫河の流入を転龍湾ダム上流 25km 地点 4 メッシュ(第 2 層)、東烏蘭木倫河側の流入を転龍湾ダム上流 20km 地点 4 メッシュ (第 2 層) からとした。なお、モデル中浮遊土砂濃度は、体積濃度 (無次元、ppm) に換算するが、貯水池内の初期浮遊土砂濃度は 0ppm とした。

表 3.5.5 転龍湾ダム地点における選定洪水の諸量

対象	洪水の長さ	ピーク流量 ( $m^3/s$ )		総流量 ( $万m^3$ )	ピーク時含砂量( $kg/m^3$ )		総流入土砂量 ( $万吨$ )
		西烏蘭木倫河	東烏蘭木倫河		西烏蘭木倫河	東烏蘭木倫河	
76年 8月	60hr.	5,341	2,231	7,829	781	410	3,177
78年8月	36hr.	3,345	1,506	7,295	306	568	2,810
85年8月	36hr.	2,115	1,128	4,786	568	306	964
85年8月	60hr.	1,238	473	7,762	394	247	1,036
92年8月	36hr.	1,832	726	4,714	354	178	1,507

排砂量の算定

排砂量は排砂管と洪水吐の位置における浮遊土砂濃度と放流量の積として算定した。放

流の位置はモデル上ダム右岸側の排砂管と洪水吐の位置の2メッシュ： $(x,y,z) = (56,6,15)$ と $(56,6,2)$ とし、放流量の時系列は3.4の洪水調節計算に用いた放流ルールに従い算定した。洪水時の高濃度の濁水はダム貯水池に流入後、底層密度流を形成して貯水池の底に沿って流下し堤体に到達することも予想される。そこで、できるだけ貯水池内の堆砂をダム下流へ排出するために、放流は上部に位置する洪水吐より底部に設置した排砂管からの放流を優先するように設定した。

#### (5) 1992年洪水のシミュレーション結果

シミュレーションは5洪水を対象として実施したが、ここでは代表例として1992年洪水のシミュレーション結果を示す。この場合、洪水のピークは経過時間13時と16時に現れ、その流量は約 $2,500\text{m}^3/\text{s}$ である。

洪水時に高濃度の浮遊土砂が流入した場合の貯水池内（縦断面図）の状況を図3.5.7に示す。



図 3.5.7 貯水池内における高濃度の浮遊土砂の状況

貯水池の上流端において濁水は、底層密度流を形成し貯水池の底に沿って流入する。一方、堤体付近では排砂管のゲートが開かれるとその周辺の流速が増し、貯水池に沈殿した堆砂が巻き上げられる。

図3.5.8に転龍湾ダム貯水池内の鉛直方向浮遊土砂濃度分布の時間変化を示す。図中、転龍湾ダム地点を中心に左側が西烏蘭木倫河、右側が東烏蘭木倫河である。西烏蘭木倫河上流部において低層密度流が形成される様子が確認できる。一方、東烏蘭木倫河では鮮明な底層密度流の形成は確認できない。これは、西烏蘭木倫河側は細長い峡谷型の形状であるのに対し、東烏蘭木倫河側は幅が広い形状であり浮遊土砂が貯水池内に拡散してしまうためと考えられる。

#### ダム直上流付近の浮遊土砂濃度

図3.5.9に1992年洪水時のシミュレーション結果を流入量、放流量、ダム直上流での水位、浮遊土砂濃度の時間変化で示す。図中、浮遊土砂濃度1、2はそれぞれ排砂管直上流の位

置(15層)、洪水吐の位置(2層)の浮遊土砂濃度を示す。排砂管付近の浮遊土砂濃度(体積濃度)のピークは、7,300ppmに達し、洪水ピークより8時間程遅れて現れる。洪水吐は上部に位置するために浮遊土砂濃度のピークは1,800ppm程度に留まる。したがって、ダム堤体付近に限れば、貯水池底部の排砂管の設置は、ある程度の排砂効果が認められる。しかし、洪水時に流入する浮遊土砂はダム堤体付近にその多くは至らず、ダム直上流の浮遊土砂濃度は貯水池上流付近に比べ高くない。したがって、排砂管の排砂効果は貯水池全体に及ばない。

#### 貯水池内の流速および浮遊土砂濃度の平面分布

図3.5.10と図3.5.11に最上層(第2層)の流速平面分布および浮遊土砂平面濃度分布の時間変化をそれぞれ示す。図3.5.12と図3.5.13に第4層の流速平面分布および浮遊土砂平面濃度分布の時間変化を示す。

##### ①全体の流況

最上層の流速分布をみると、洪水ピーク出現前(経過時間12時)においては、上流より下流への流れが卓越するが、洪水ピーク付近(経過時間18時)においては、下流から上流へ向う流れが卓越する。これは図3.5.14に示す通り、濁水との境界付近の清澄池水が、低層密度流に伴って下流へ流下するため、表層には逆向流が生じるためと考えられる。

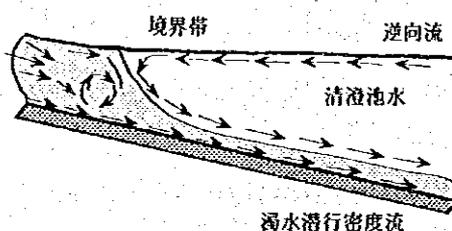


図3.5.14 低層密度流に伴う表層の逆向流の出現

第4層の流速分布をみると、貯水池の底においては上流から下流への流れが卓越することが予想される。また、浮遊土砂平面濃度分布について、最上層と第4層を比べると高濃度の浮遊土砂が底に沿って貯水池内に侵入すると推定できる。

##### ②ダム直上流付近の流況

ダム直上流においては、東烏蘭木倫河の流入と西烏蘭木倫河からの流入が合流するこ

となどから洪水の勢いは減衰するあるいは回転する流れが起こるため、ダムに向かう流れは弱くなる。

#### 貯水池内浮遊土砂の堆積、洗掘状況

図 3.5.15 に洪水が終了した時点（経過時間 36 時）における貯水池内の土砂の堆積および洗掘状況を示す。洪水時には大量の浮遊土砂が流入するが、浮遊土砂は堤体に至る前に沈降しその多くは貯水池上流部分に堆積する。

#### (4) 排砂管および洪水吐からの排砂量

全洪水の排砂管と洪水吐からの排砂量を表 3.5.6 にまとめる。

表 3.5.6 シミュレーション結果、排砂率

	流入量 ( $\times 10^6 \text{m}^3$ )	放流量 ( $\times 10^6 \text{m}^3$ )	流入-放流量 ( $\times 10^6 \text{m}^3$ )	流入砂容量 ( $\times 10^6 \text{m}^3$ )	排砂容量 ( $\times 10^6 \text{m}^3$ )	流入-排砂容量 ( $\times 10^6 \text{m}^3$ )	排砂率 (%)
1976 年	7,829	7,833	-4	1,199	59	1,140	4.9
1978 年	7,295	7,273	-5	1,060	51	1,009	4.8
1985 年(1)	4,786	4,758	-28	364	14	350	4.0
1985 年(2)	7,762	7,763	-1	391	13	378	3.3
1992 年	4,714	4,699	-2	413	24	389	5.8

5 つの洪水中最大規模の 1976 年洪水においては、流入土砂量  $1,199 \text{万 m}^3$  ( $3,177 \text{万ト}$ ) に対し排砂量は  $59 \text{万 m}^3$  ( $156 \text{万ト}$ ) で排砂率は 4.9% である。5 洪水の平均の排砂率は 4.6% で、1976 年洪水時の排砂率が 5.8% で最も高く、1985 年 8 月 23 日の洪水時が 3.3% と最も低い。排砂率の大小は洪水波形（総量とピーク）による。例えば、1985 年 8 月 23 日の洪水は洪水総量では  $7,762 \text{万 m}^3$  で最大規模であるが、ピーク流量が  $1,270 \text{m}^3/\text{s}$  と最小であるため、排砂率が低いと考えられる。一方、1992 年洪水はピーク流量  $2,558 \text{m}^3/\text{s}$  で 1985 年 8 月 5 日洪水より小さいが、ピークが 2 度現れる洪水波形であるため排砂率が高いと考えられる。

表 3.5.7 に各洪水における  $1 \text{m}^3$  の土砂を排出するために必要とする放流量を示す。また、表 3.5.8 に排砂管と洪水吐に分けて放流量と排砂量をまとめる。1976 年の洪水時においては、 $1 \text{m}^3$  の土砂を排出するためには  $133 \text{m}^3$  の水を要する。排砂管と洪水吐を比較すると、排砂  $1 \text{m}^3$  の土砂を排出するために要する放流量は、排砂管と洪水吐はそれぞれ  $98 \text{m}^3$  (放流量/排砂量 =  $4,835 \text{m}^3/49 \text{m}^3$ )、 $288 \text{m}^3$  (放流量/排砂量 =  $2,998 \text{m}^3/10.4 \text{m}^3$ ) である。したがって、この場合、排砂管は洪水吐の約 3 倍の排砂能力があると考えられる。

表 3.5.7 浮遊土砂 1 m<sup>3</sup>を排出するために必要な放流量 (m<sup>3</sup>) Q<sub>out</sub>

	1976年	1978年	1985年(1)	1985年(2)	1992年
Q <sub>out</sub> (m <sup>3</sup> )	133	143	340	597	196

表 3.5.8 砂管および洪水吐からの排砂量

	流入量 (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	放流量			排砂量		
		排砂管 (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (%)	洪水吐 (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (%)	合計 (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (%)	排砂管 (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (%)	洪水吐 (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (%)	合計 (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (%)
1976年	7,829	4,835 (62%)	2,998 (38%)	7,833 (100%)	49.0 (83%)	10.4 (17%)	59.5 (100%)
1978年	7,295	4,023 (55%)	3,250 (45%)	7,273 (100%)	40.8 (80%)	9.9 (20%)	50.7 (100%)
1985年(1)	4,786	3,995 (84%)	763 (16%)	4,758 (100%)	13.9 (93%)	0.1 (7%)	14.0 (100%)
1985年(2)	7,762	7,456 (96%)	307 (4%)	7,763 (100%)	23.7 (98%)	0.1 (2%)	23.8 (100%)
1992年	4,714	3,683 (78%)	1,016 (22%)	4,699 (100%)	12.8 (98%)	0.2 (2%)	13 (100%)

### 3.5.4 30年後の堆砂量の予測

中国側は、転龍湾ダム完成後 30 年経過した時点で、1.1 億 m<sup>3</sup> 程度の有効貯水容量を確保することとしている。したがって、ここではダム完成後 30 年経過した時点での貯水池堆砂量を予測する。

#### (1) 浮遊土砂の堆積量の推定

##### 流入浮遊土砂量の算定

転龍湾ダム地点に流入する浮遊土砂量については、中国側の算定方法を用いて 37 年間 (1961 年 - 1997 年) の日単位量を算定した。日単位の浮遊土砂量を 4 月から 9 月の 5 ヶ月間を 10 日単位、その他の期間を 1 カ月単位に整理した結果を表 3.5.9 と図 3.5.16 に示す。1961 年から 1992 年の多年平均流入土量の推定値は 1,130 万トである。

##### 排砂量の算定

ダム建設後の洪水期に、前述のような洪水調節を実施すると仮定した場合の排砂量を表 3.5.10 に示す。ここで、洪水が発生した時期については、移流・拡散シミュレーションから得られた排砂率を 10 日単位の流入浮遊土砂量に乗じて求めた。その他の時期はすべて排砂率を 2.0% とした。

### 浮遊土砂の堆積量の推定

表 3.5.11 に 1961 年から 1992 年にわたる 37 年間の浮遊土砂堆積量の計算結果を示す。流入する浮遊土砂の総量は 37 年間で 4 億 1,818 万トに達する。一方、排砂管および洪水吐から排出される浮遊土砂は 1,183 万トで、総流入浮遊土砂量の 2.8% である。その結果、4 億 635 万トの浮遊土砂が 37 年間で貯水池内に堆積すると推定される。この堆砂量は浮遊土砂の密度  $2.65\text{t/m}^3$ 、空隙率 0.5 と仮定し体積に換算すると 3 億 668 万  $\text{m}^3$  となる。

30 年後の堆砂量は、38 年間の時系列から連続した 30 年の年堆砂量を加算して求めた。その計算結果を表 3.5.11 と図 3.5.17 に示す。表 3.5.11 の 30 年累計、堆砂容量の欄において、1961 年の 2 億 5,657 万  $\text{m}^3$  堆砂容量は、1961 年から 1990 年の 30 年間の累計量である。また、1983 年の 2 億 2,349 万  $\text{m}^3$  は、1983-1992 年の 10 年間と 1955-1974 年の 20 年間の累計量を合わせた堆砂量である。30 年後の堆砂容量は 37 ケース中最小 2 億 1,871 万  $\text{m}^3$ 、最大 2 億 7,853 万  $\text{m}^3$ 、平均値は 2 億 4,866 万  $\text{m}^3$  である。また、同様な手法を用いて 35 年後の堆砂量を予測した。

### (2) ダム完成 30 年後の堆砂量の推定

貯水池の堆砂については、浮遊土砂のほかに掃流土砂と湛水時に貯水池湖岸が崩落する土砂の量を見積る必要がある。中国側によれば、前者の掃流土砂量は浮遊土砂量の 10%、後者の崩壊土砂量は 4,180 万  $\text{m}^3$  と推定している。従って、30 年後の転龍湾ダム貯水池の堆砂量は、浮遊土砂の 30 年間の累計量にこれらの量を加えた量となる。

ダム完成 30 年後、35 年後それぞれの有効貯水容量を、ダム建設直後の総貯水容量を 4 億 3,190 万  $\text{m}^3$  (校核洪水位 1,242m における貯水容量) として求めた (表 3.5.12 および表 3.5.13)

表 3.5.12 30 年後の堆砂容量

単位：万  $\text{m}^3$

ケース	平均	最小	最大
30 年累計浮遊土砂量	24,866	21,871	27,862
掃流土砂量	2,487	2,187	2,786
湖岸崩壊土砂量	4,180	4,180	4,180
堆砂容量 (合計)	31,533	28,238	34,828
建設直後の総貯水容量	43,019	43,019	43,019
30 年後の貯水容量	11,486	14,781	8,191

表 3.5.13 35 年後の堆砂容量

単位：万 m<sup>3</sup>

ケース	平均	最小	最大
35 年累計浮遊土砂量	29,010	25,941	30,403
掃流土砂量	2,901	2,594	3,040
湖岸崩壊土砂量	4,180	4,180	4,180
堆砂容量 (合計)	36,091	32,715	37,623
建設直後の総貯水容量	43,019	43,019	43,019
35 年後の貯水容量	6,928	10,304	5,396

ダム完成 30 年後の有効貯水容量は平均 1 億 1,486 万 m<sup>3</sup>で、有効貯水容量は目標である 1.1 億 m<sup>3</sup>を確保できる。しかし、その最大値の堆砂容量が最大の場合には有効貯水容量は 8,191 万 m<sup>3</sup>となり 1.1 億 m<sup>3</sup>を確保できない。また、ダム完成 35 年後の有効貯水容量においては、堆砂容量が最小の場合でも目標値の 1.1 億 m<sup>3</sup>を確保できない。

一方、3.5.2 (砂防/貯砂ダムの配置) の検討結果から、上流域に砂防/貯砂ダムを配置することは貯水池への流入土砂軽減に有効である。例えば、伊金霍洛旗内の既設および建設予定のダム 30 基が完成し全て満砂すると、6,870 万トンの土砂を転龍湾ダム上流域で捕捉できる計算となる。この量は転龍湾に流入浮遊土砂量の 6 年分に相当する。

したがって、転龍湾ダム貯水池の貯水容量を確保し延命を図るためには、上流域において砂防/貯砂ダムの適正に配置し、貯水池への流入土砂量を軽減すべきである。