

Ice Melting Point (°C)

氷融点

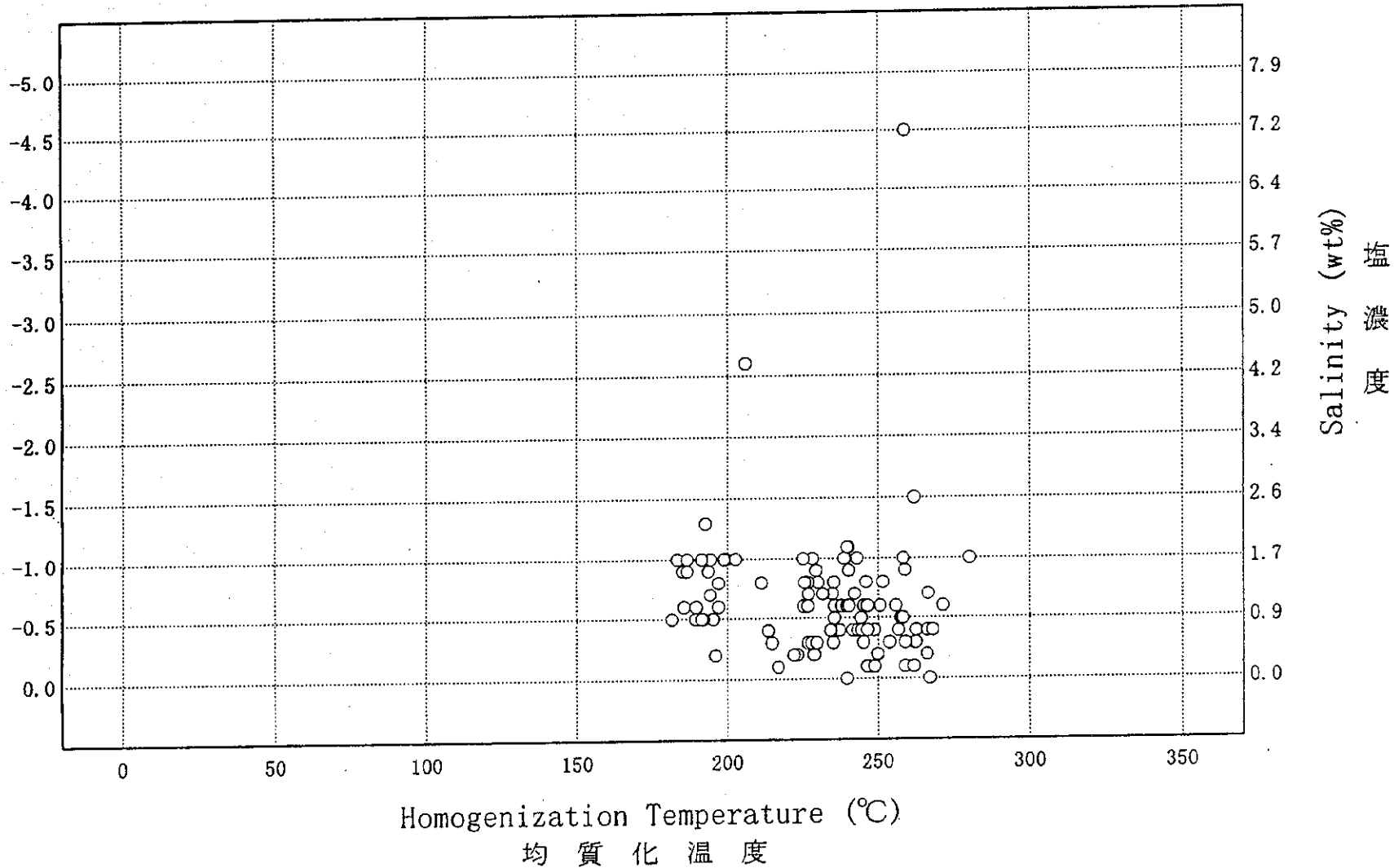


Fig. 2-4-4 Homogenization temperature vs. melting point of fluid inclusion from well AMJ-1

流体包有物の均質化温度-氷融点関係図

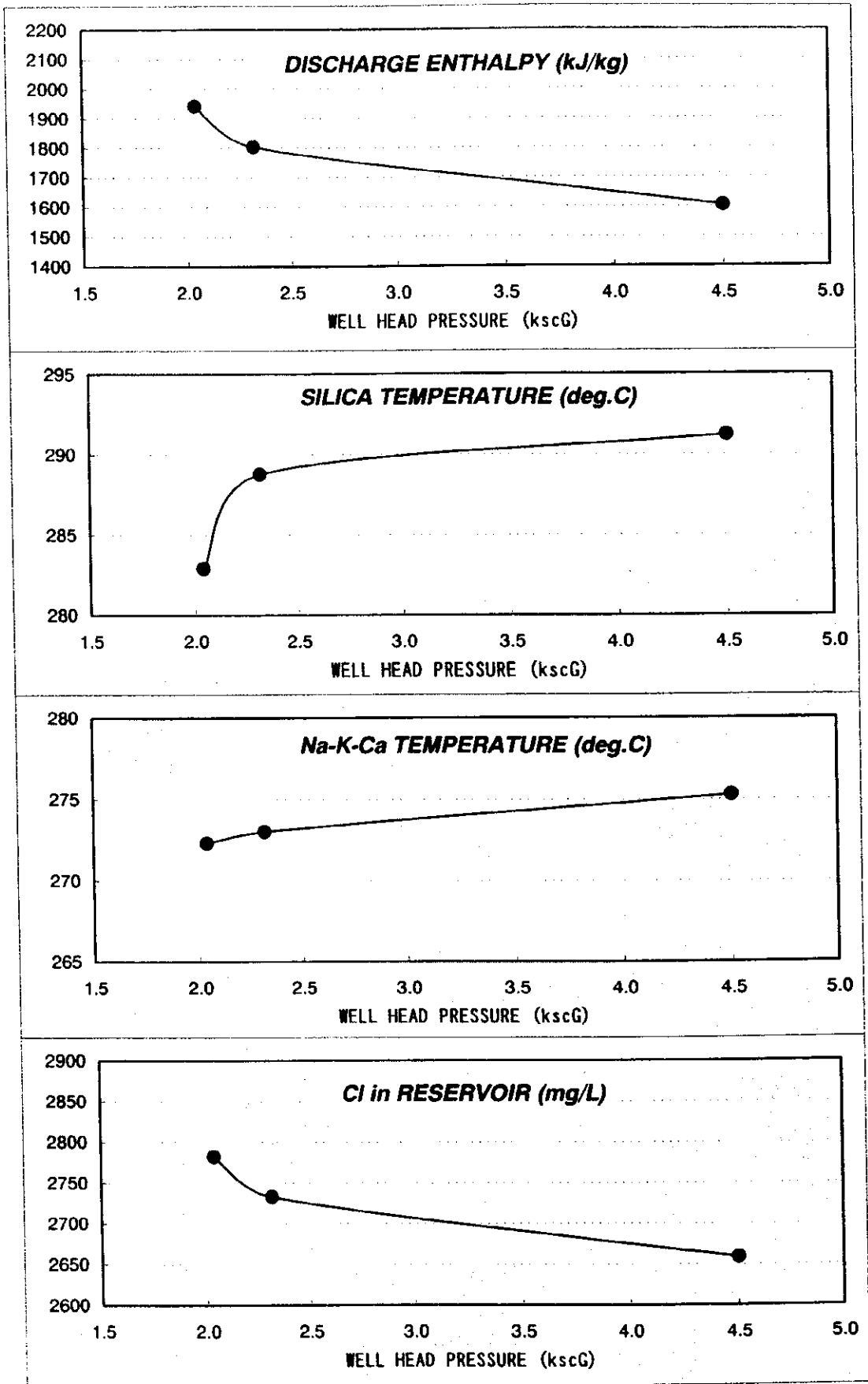


Fig. 2-4-7 Variation diagram of water chemistry of the well AMJ-2
 AMJ-2熱水化学特性变化図

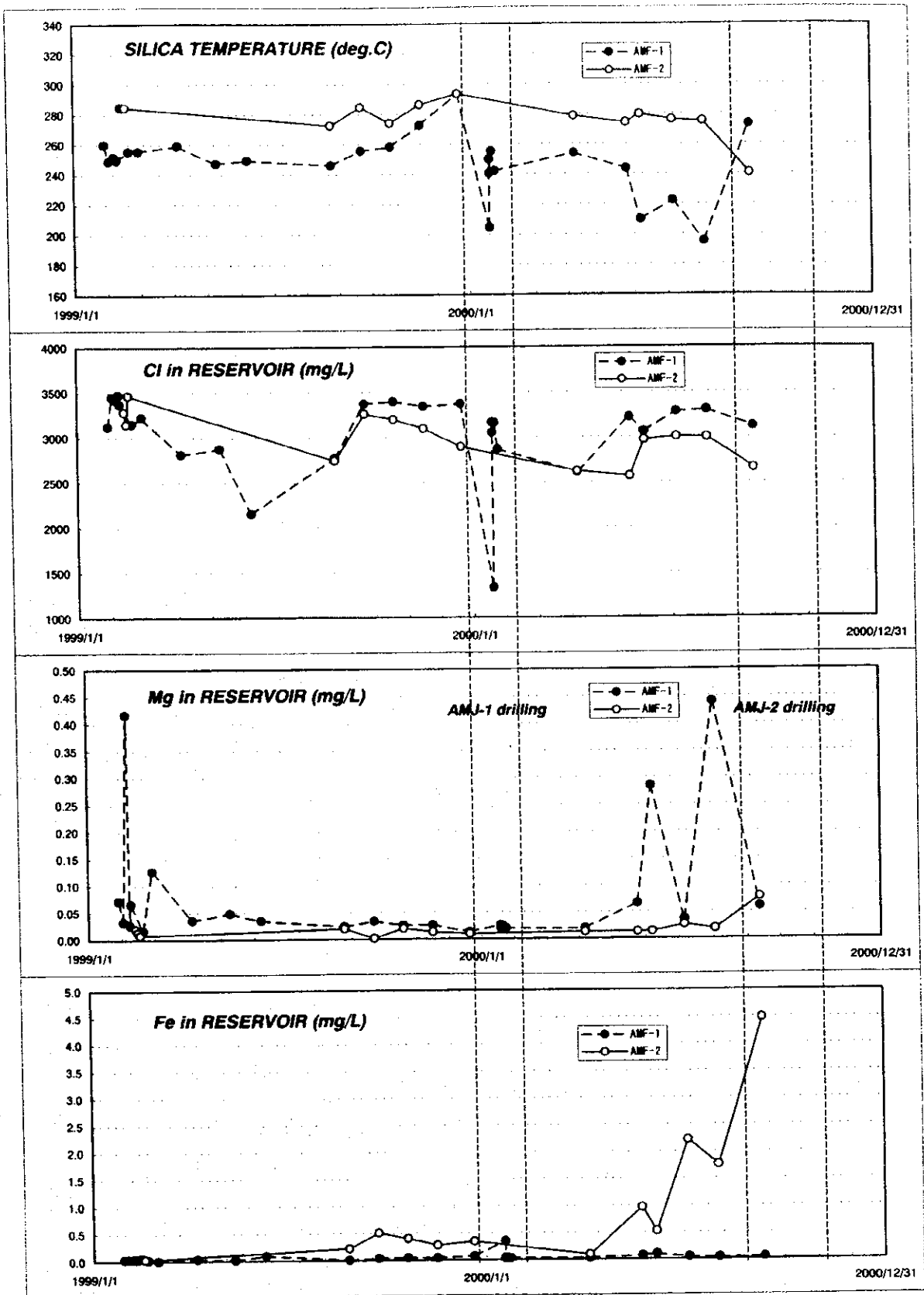


Fig. 2-4-8 Trend diagram of monitoring data on water chemistry of the wells AMF-1 and AMF-2
 AMF-1及びAMF-2の熱水化学特性に関するモニタリングデータ経時変化図

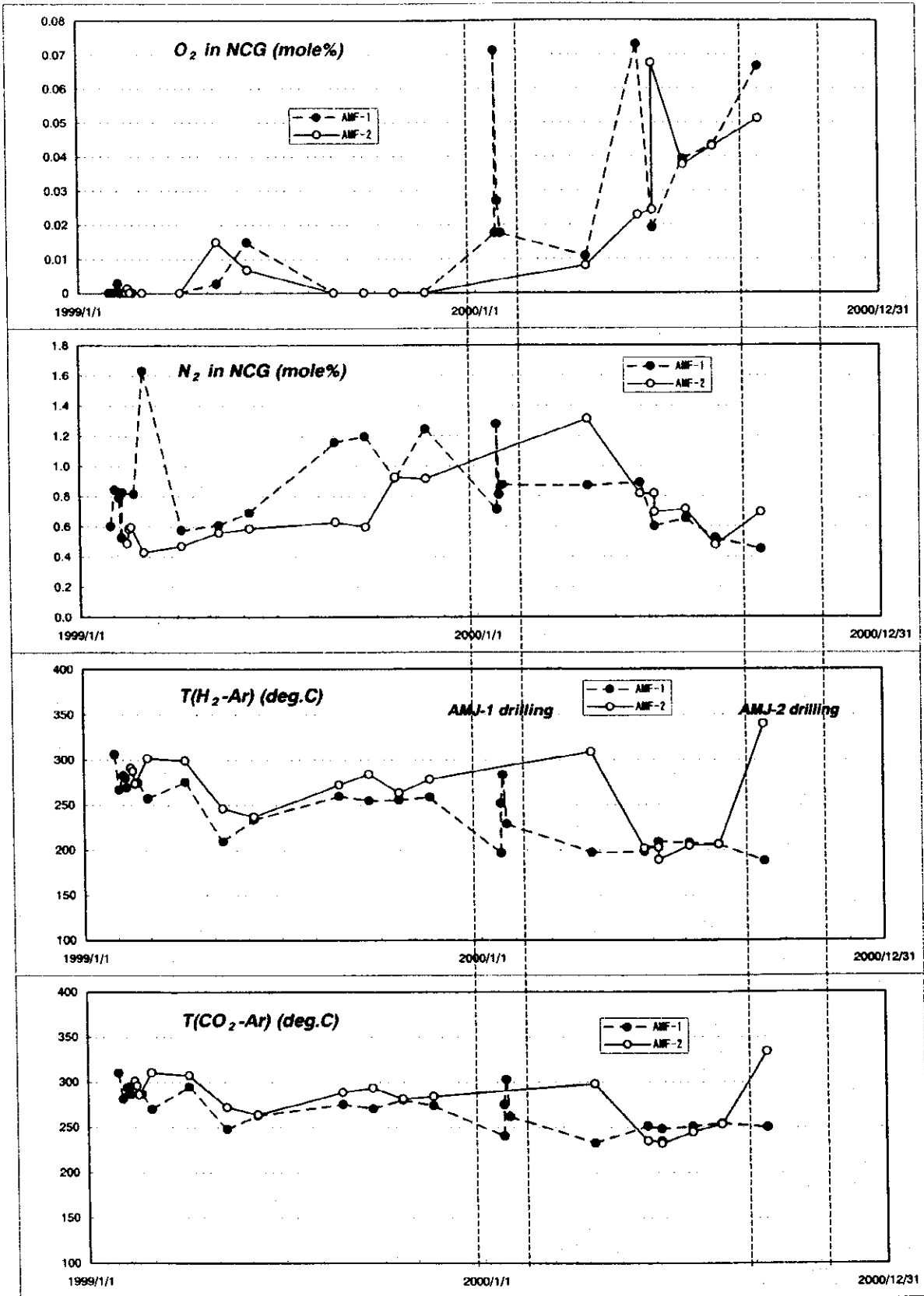


Fig. 2-4-9 Trend diagram of monitoring data on gas chemistry of the wells AMF-1 and AMF-2
 AMF-1及びAMF-2のガス化学特性に関するモニタリングデータ経時変化図

Fig. 2-4-10 坑井 AMJ-1 温度压力检层(800 m)

Well AMJ-1 Temperature - Pressure Surveys: 800 m

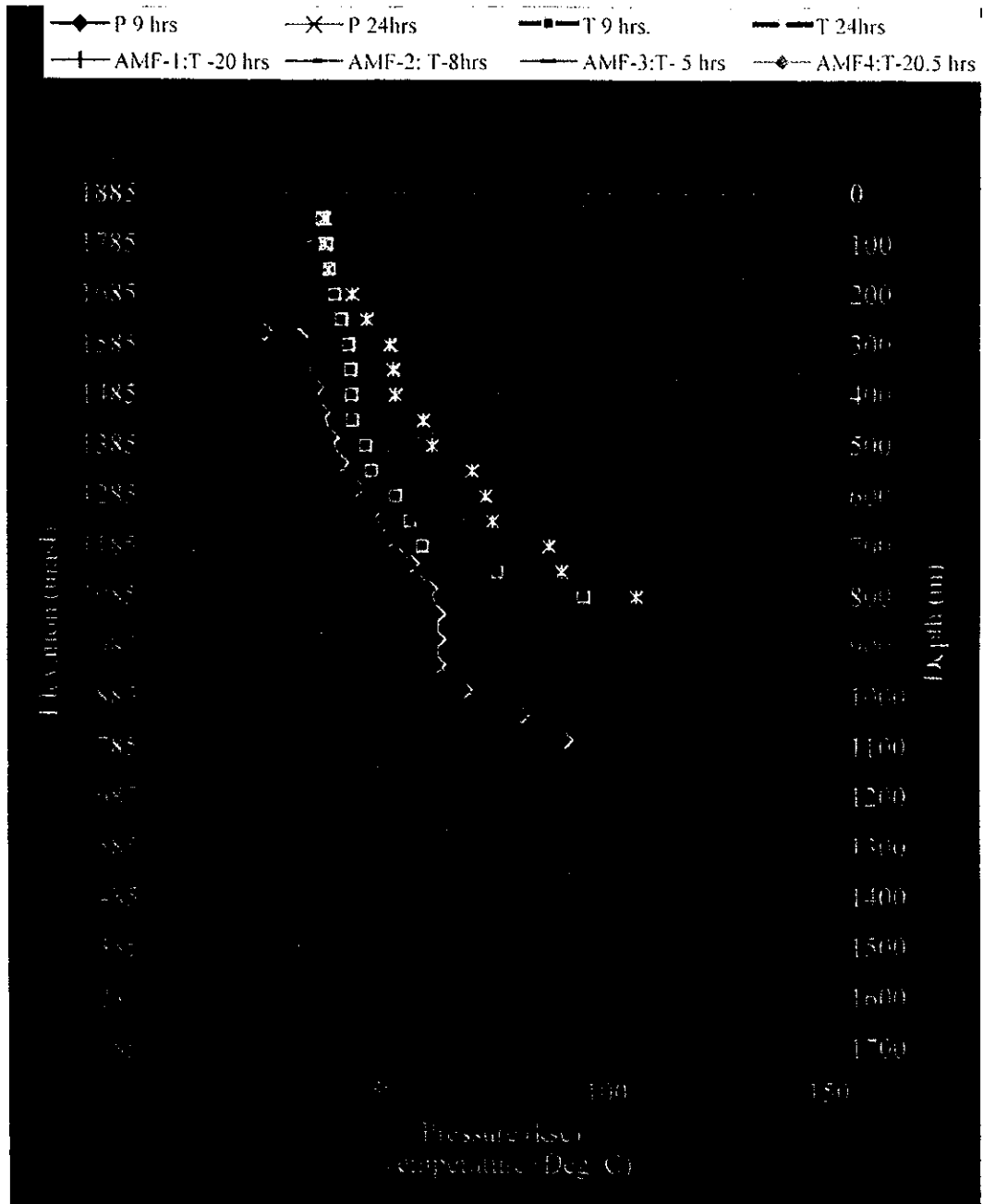


Fig. 2-4-10 坑井 AMJ-1 温度压力检层(800 m)

Well AMJ-1 Temperature - Pressure Surveys: 800 m

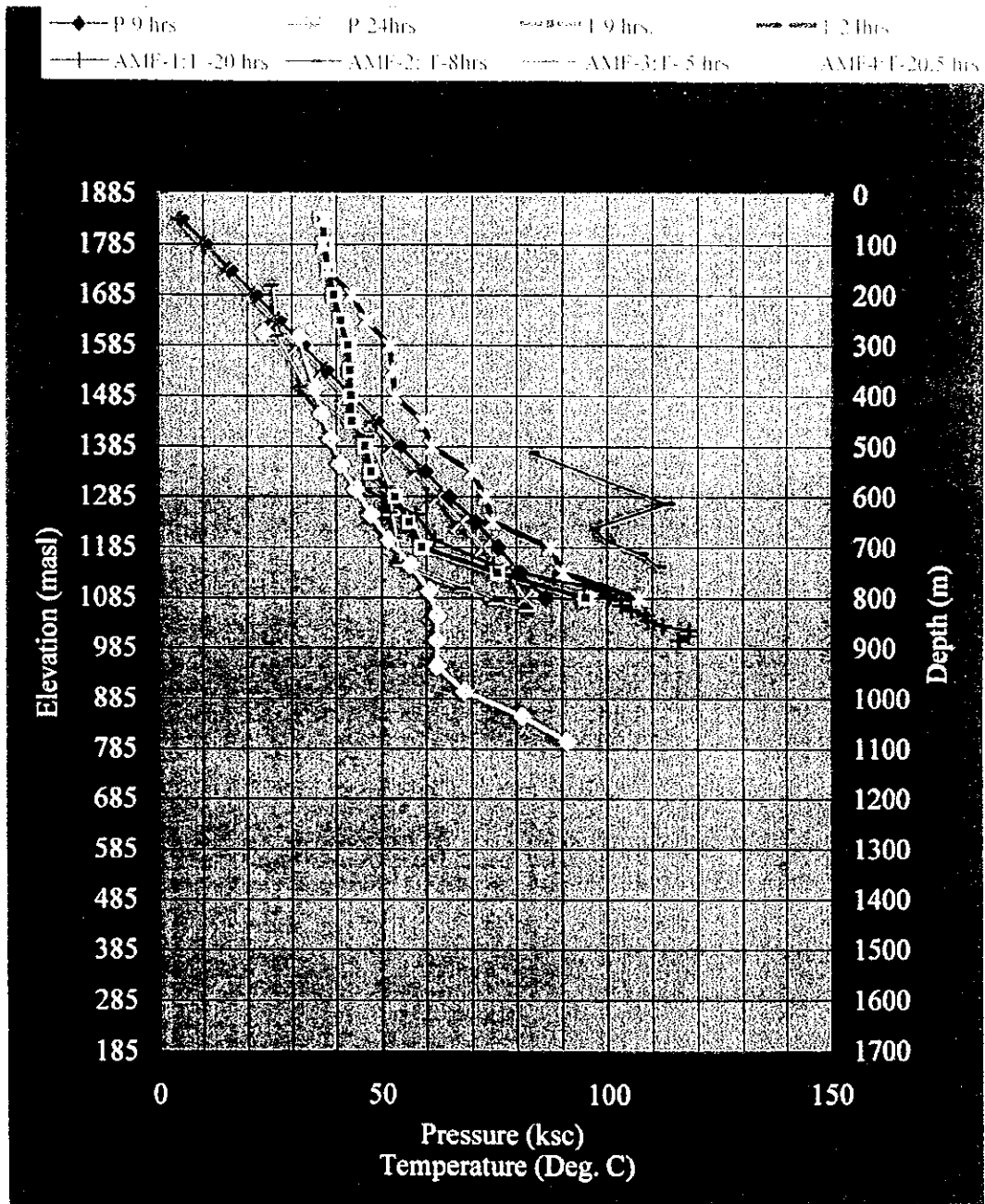


Fig. 2-4-11 坑井 AMJ-1 温度檢層(1,700 m)

Well AMJ-1 Temperature Build up Surveys: 1,700 m

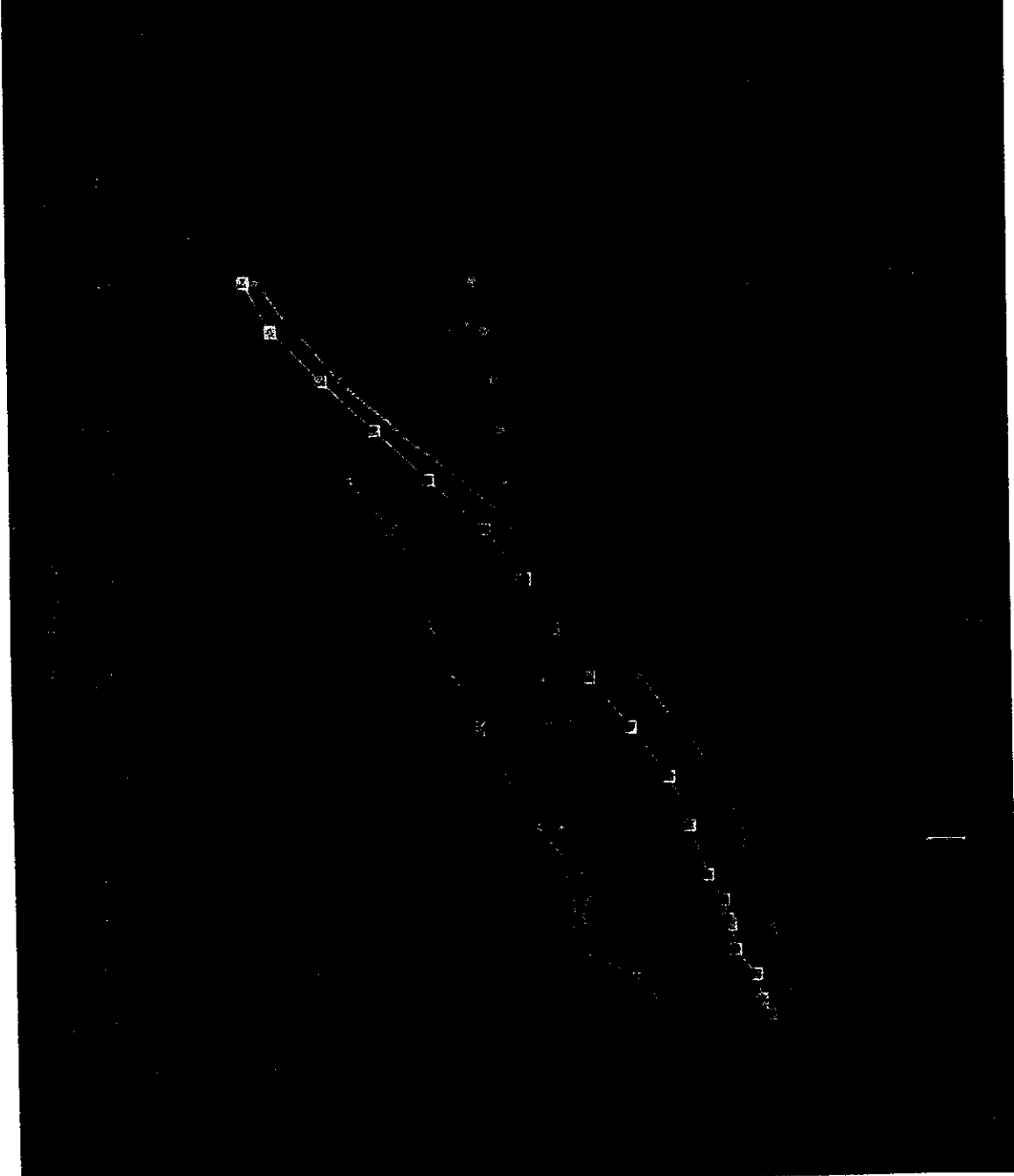
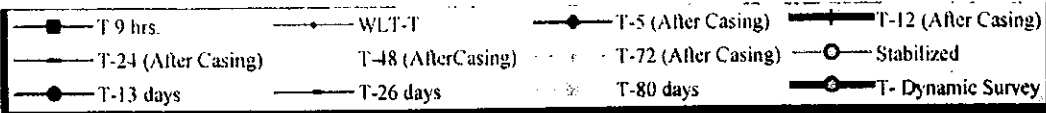


Fig. 2-4-11 坑井 AMJ-1 温度檢層(1,700 m)
 Well AMJ-1 Temperature Build up Surveys: 1,700 m

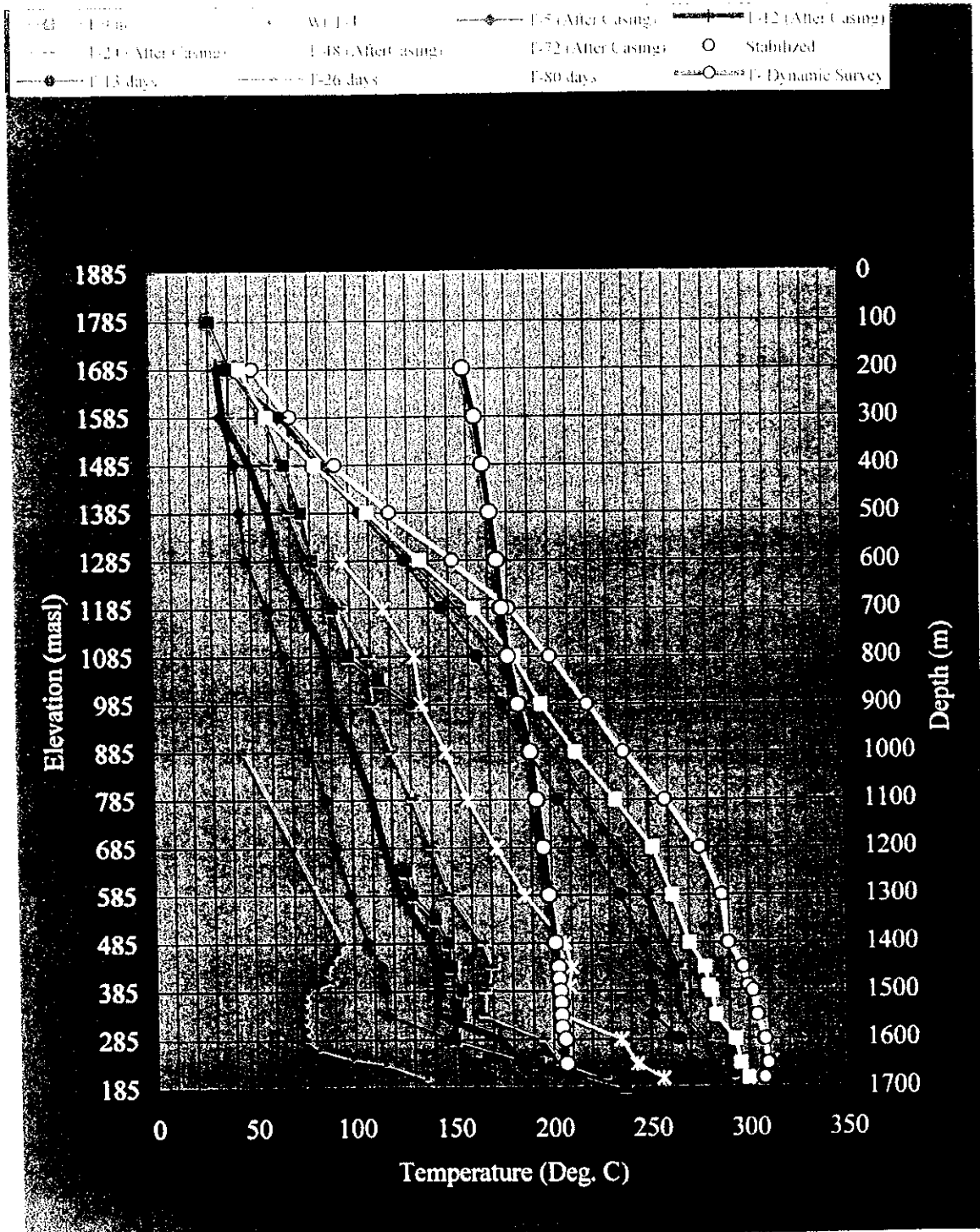


Fig. 2-4-12 坑井 AMJ-1 压力检层(1,700 m)

Well AMJ-1 Pressure Build up Surveys: 1,700 m

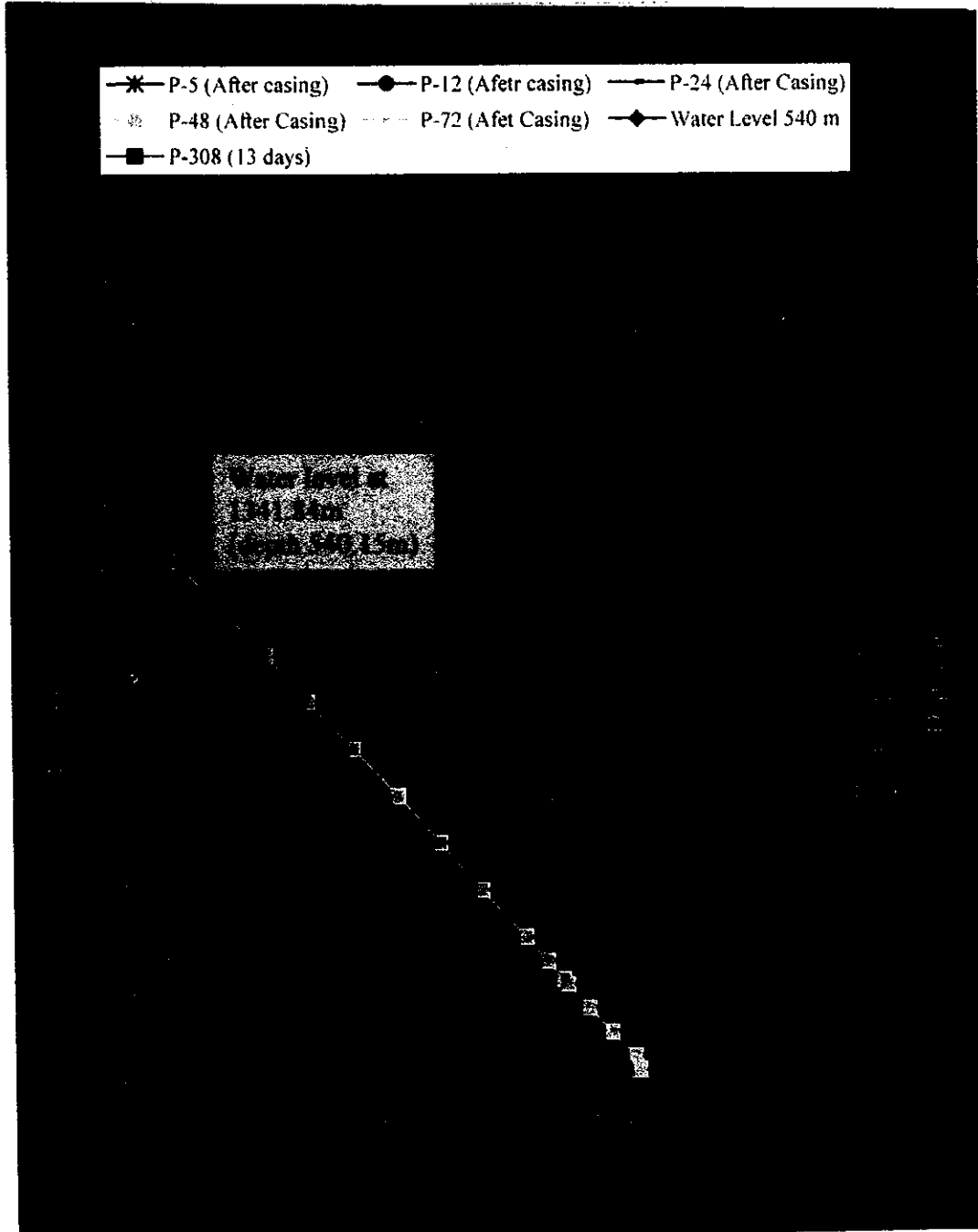


Fig. 2-4-12 坑井 AMJ-1 压力检测(1,700 m)

Well AMJ-1 Pressure Build up Surveys: 1,700 m

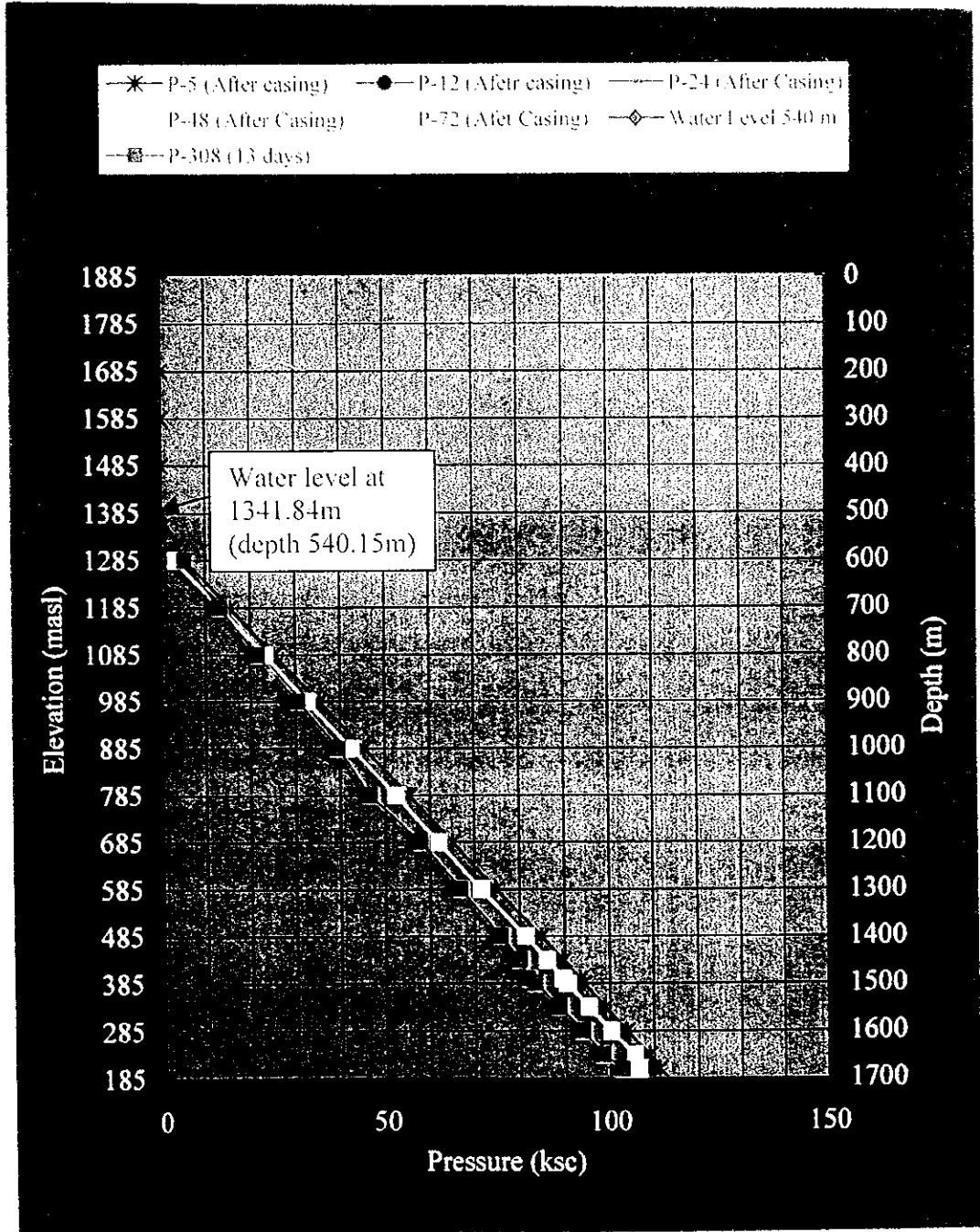


Fig. 2-4-13 坑井 AMJ-1 注水試驗記錄
 Flow Rate and Pressure Data during Injectivity Tests: Well AMJ-1

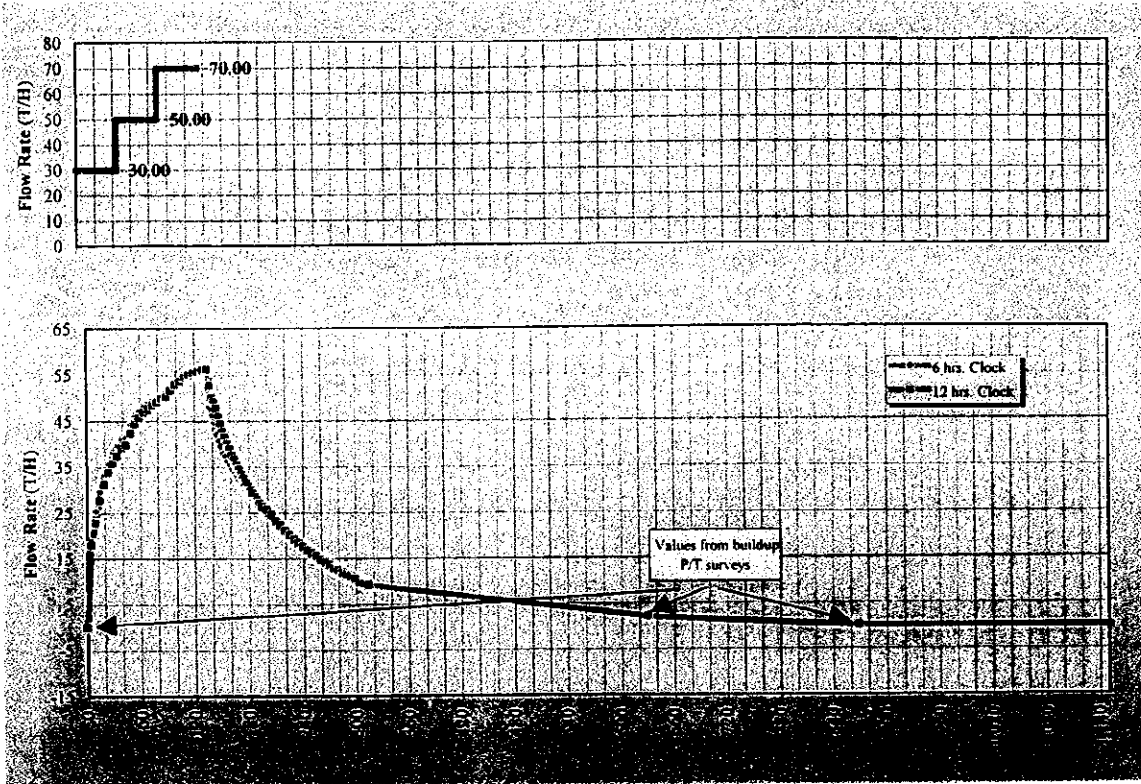


Fig. 2-4-13 坑井 AMJ-1 注水試驗記錄
 Flow Rate and Pressure Data during Injectivity Tests: Well AMJ-1

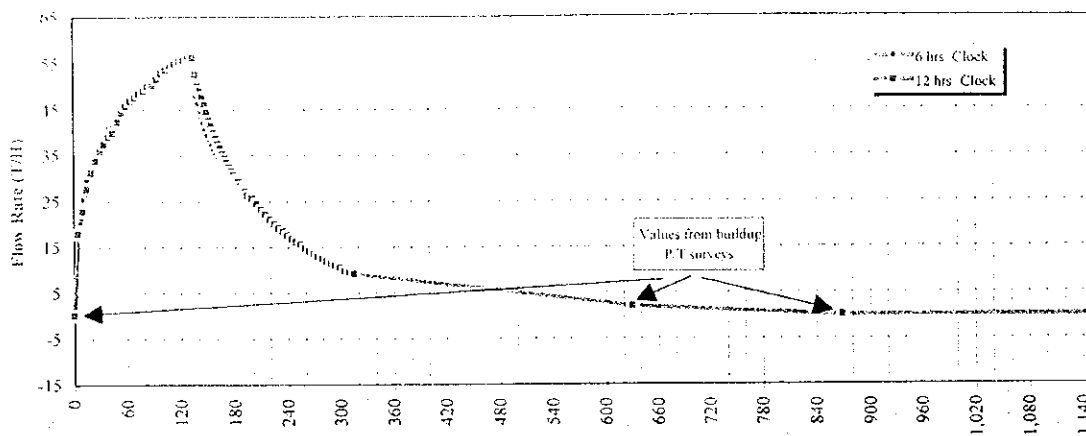
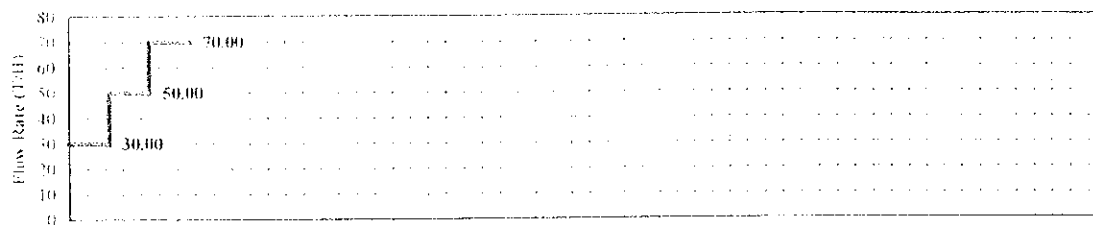


Fig. 2-4-14 坑井 AMJ-2 温度檢層(1,700m)

Well AMJ-2: Static temperature profiles

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| —■— T-5 After 2nd Hydro. | —○— WLT-T | —●— T-12 After 2nd Hydro. |
| —□— T-25-A After 2nd Hydro | —○— BPC-Dyn - 50% | —○— T-29 After 3rd Hydro |
| —△— T-11 days after 3rd Hydrof | —●— Stabilization Temp | —*— T-Dyn-100% |
| —◇— T-Dyn-50% | —■— T-24 After 2nd Hydro | |



Fig. 2-4-14 坑井 AMJ-2 温度检测(1,700m)

Well AMJ-2: Static temperature profiles

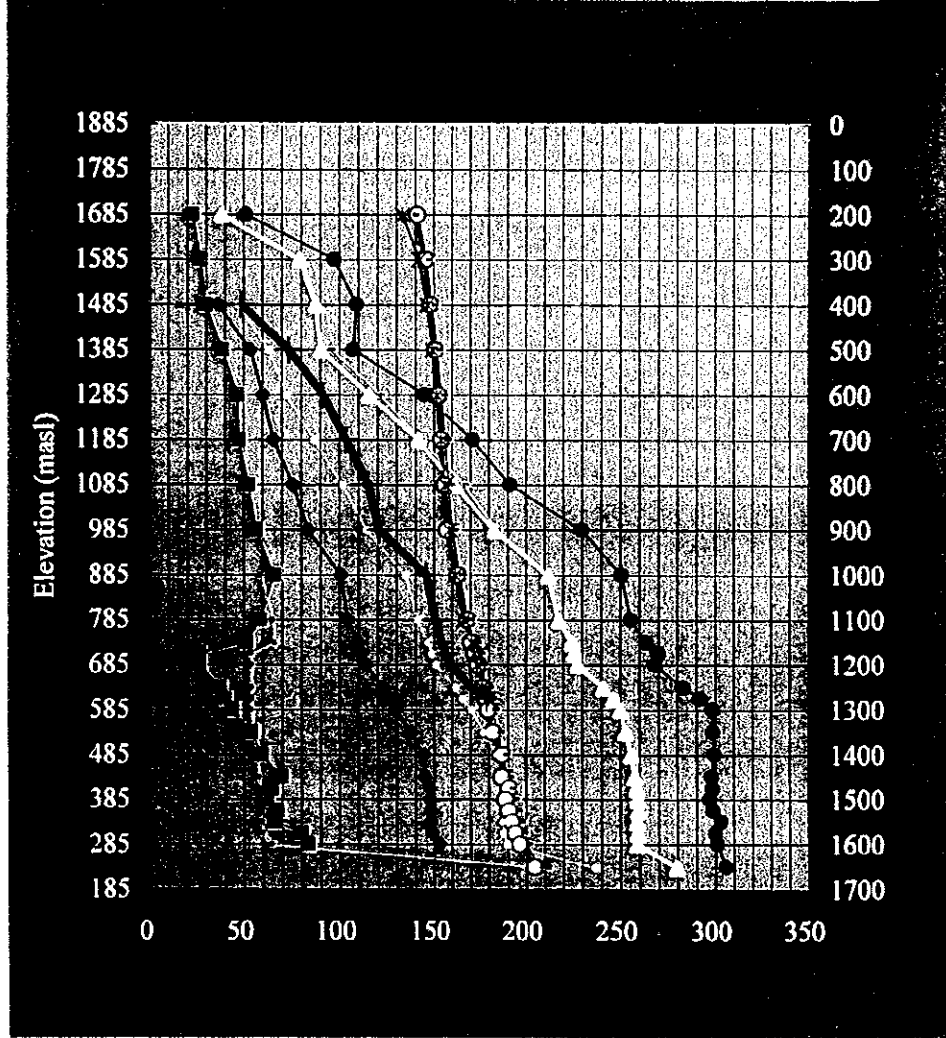
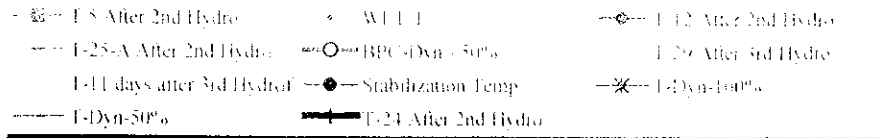


Fig. 2-4-15 坑井 AMJ-2 压力检层(1,700m)

Well AMJ-2: Static pressure profiles

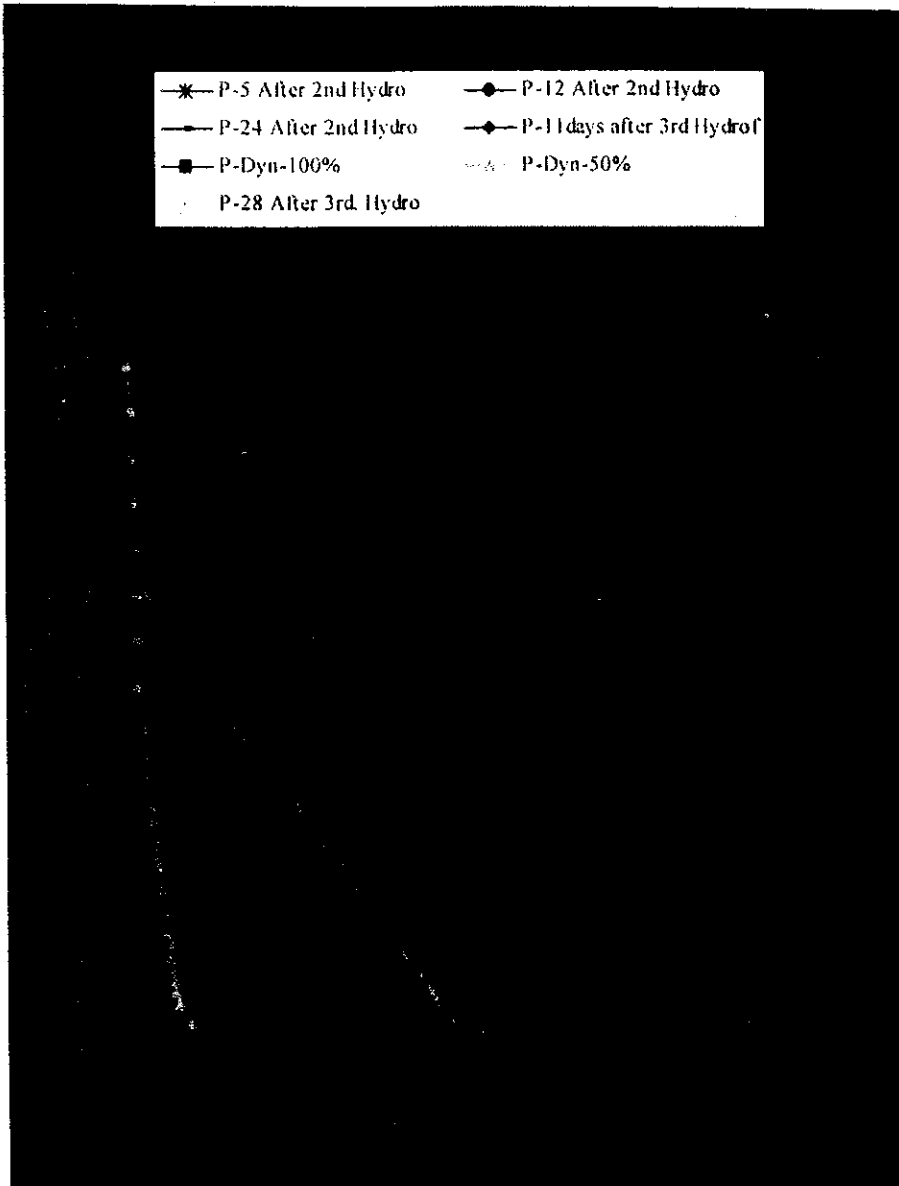


Fig. 2-4-15 坑井 AMJ-2 压力检层(1,700m)

Well AMJ-2: Static pressure profiles

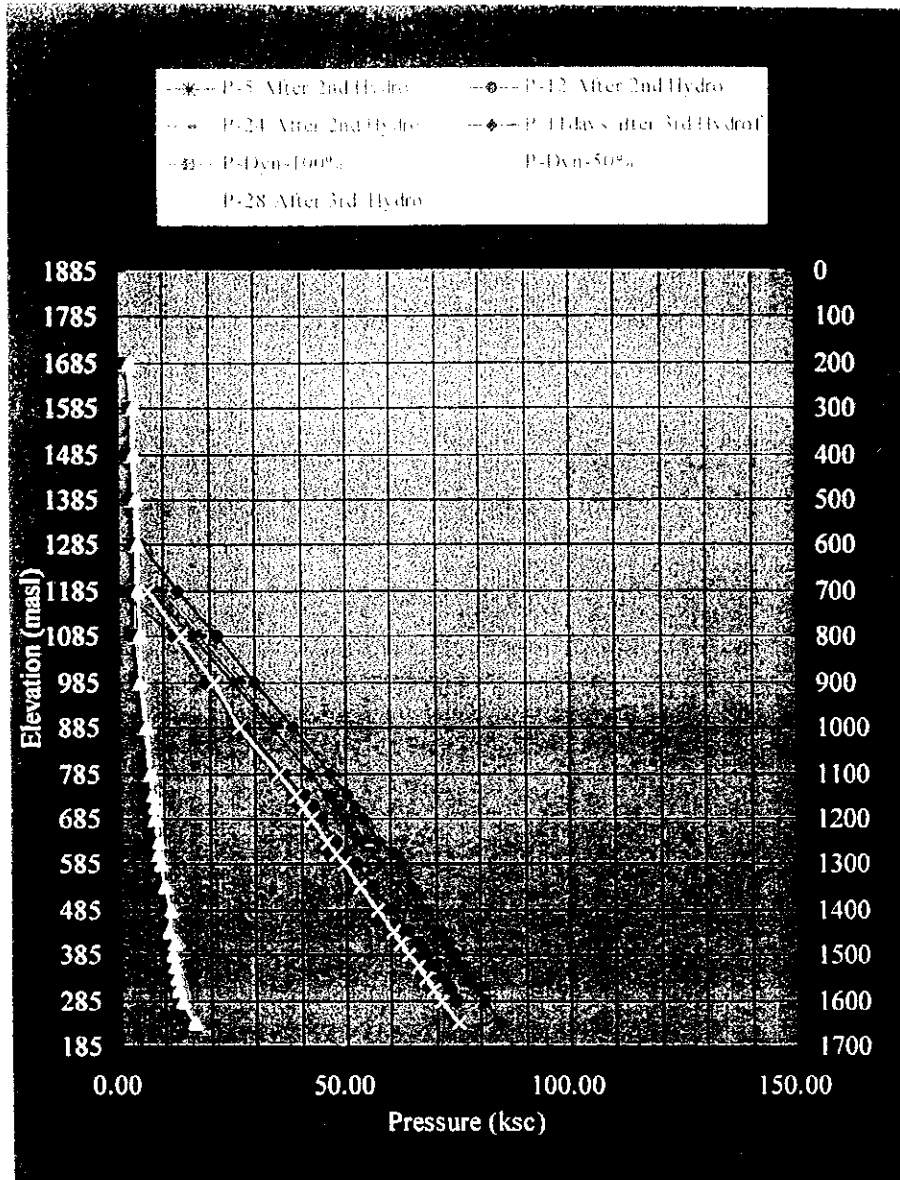


Fig. 2-4-16 坑井 AMJ-2 注水試驗記錄

Flow rate and pressure data, Well AMJ-2 injectivity test

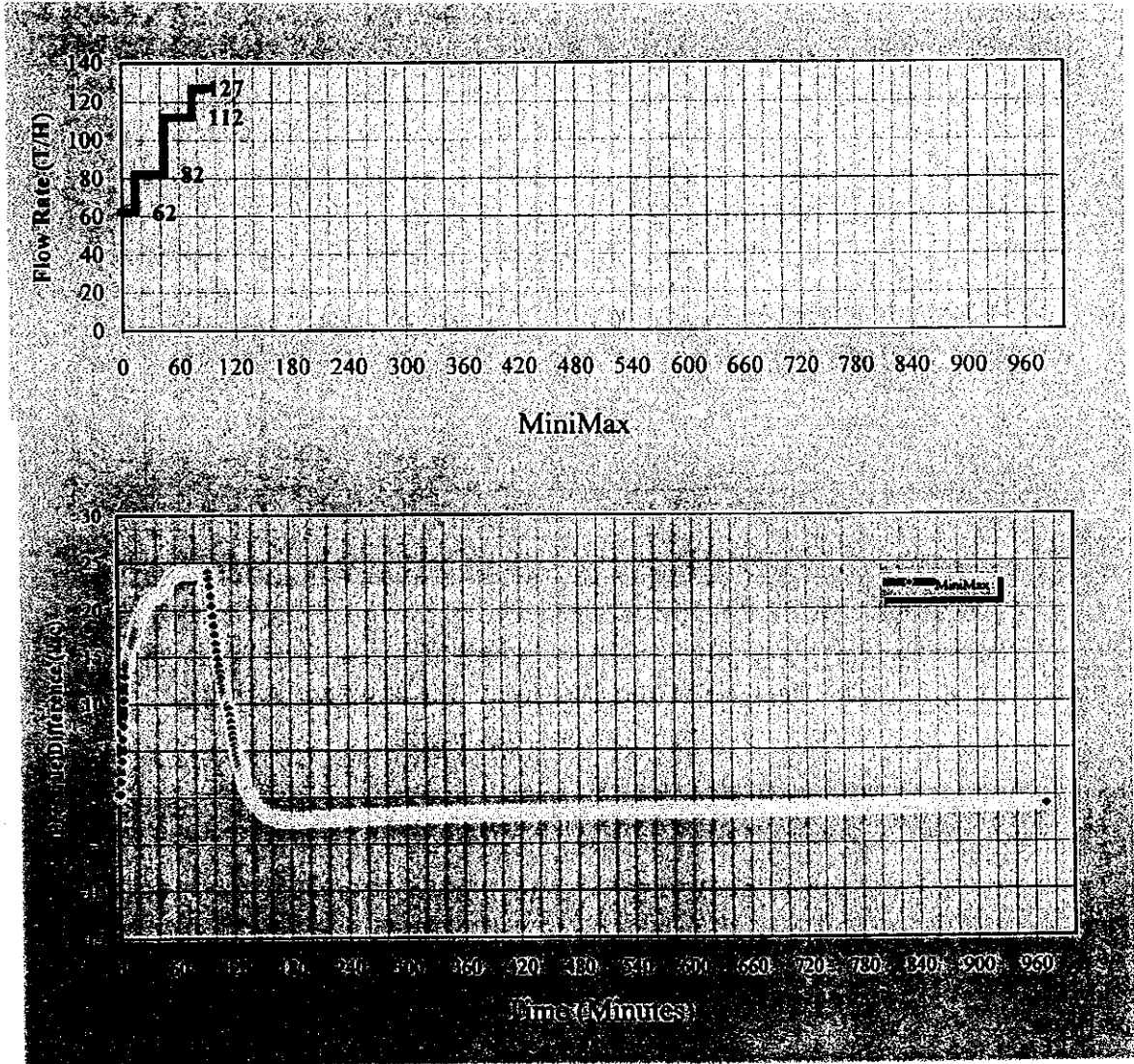
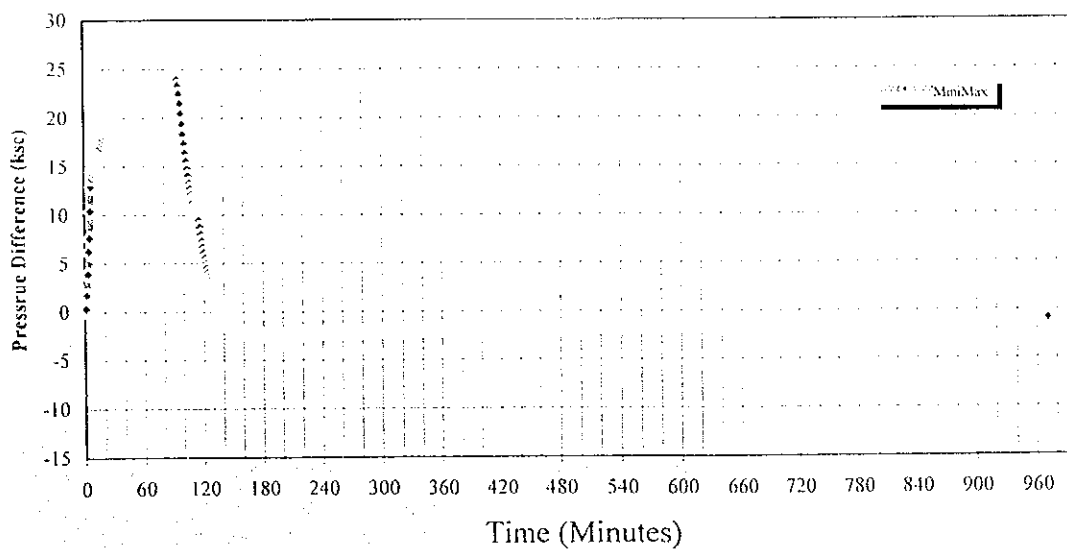
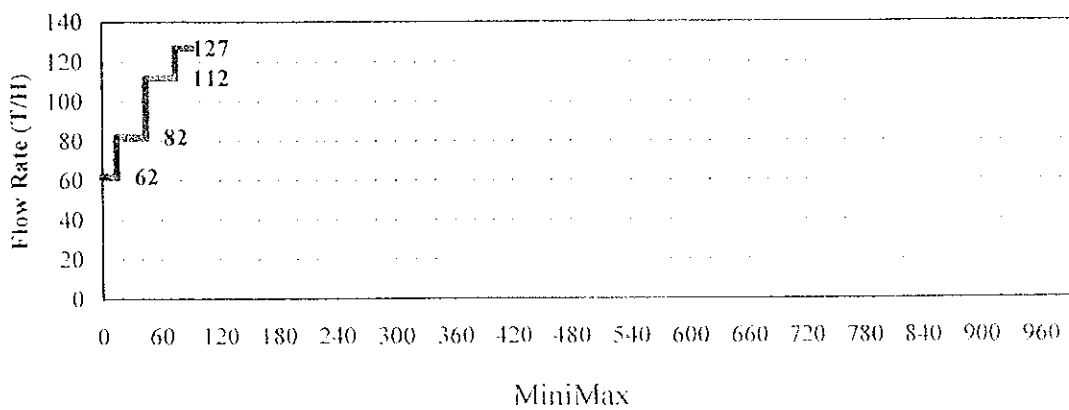


Fig. 2-4-16坑井 AMJ-2 注水試驗記錄
 Flow rate and pressure data, Well AMJ-2 injectivity test



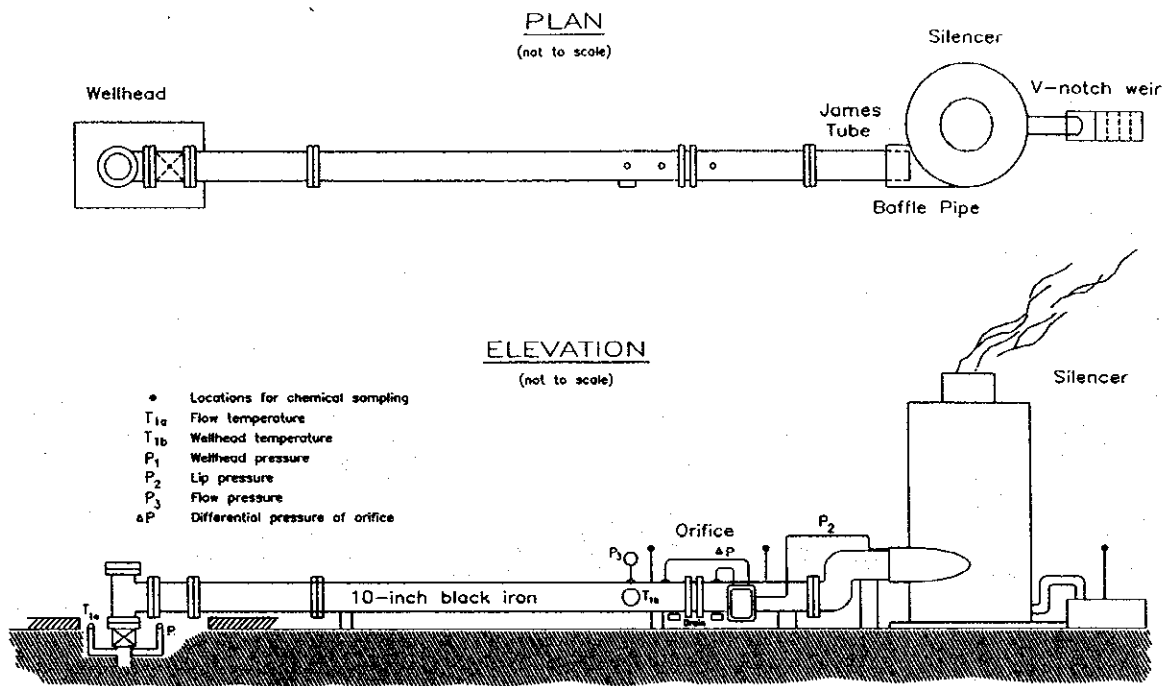
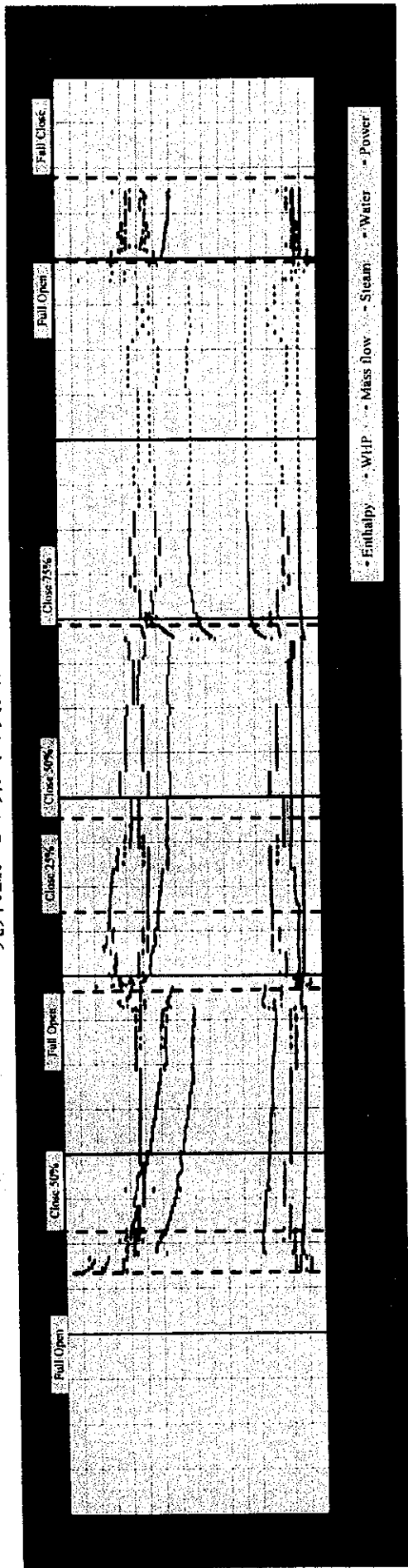
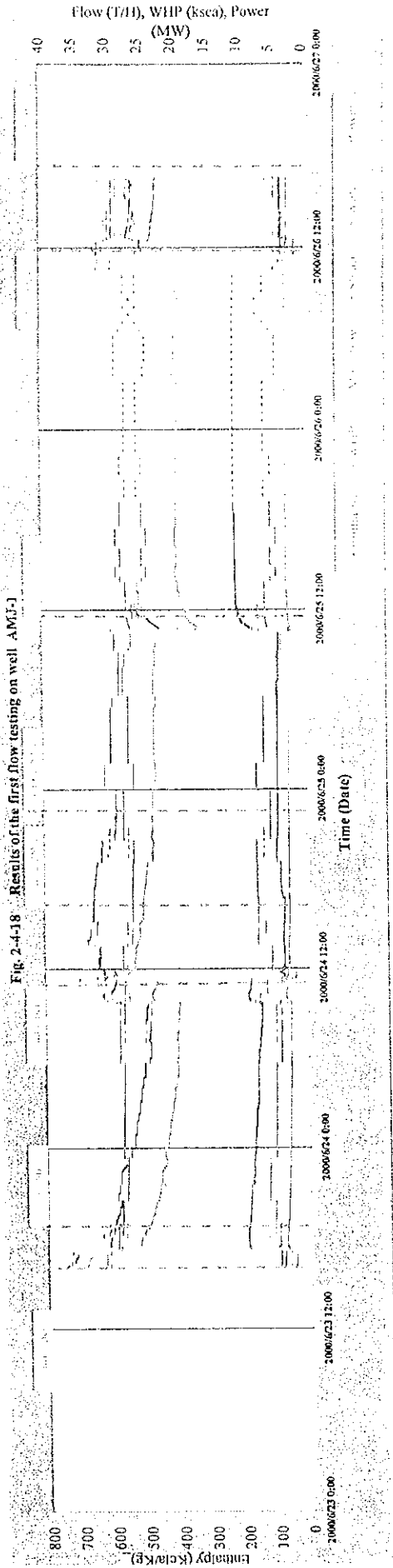


Fig. 2-4-17 Well setup for the "James" Lip Pressure Method
リッププレッシャー法試験設備

坑井AMJ-1の第1回噴出試験結果

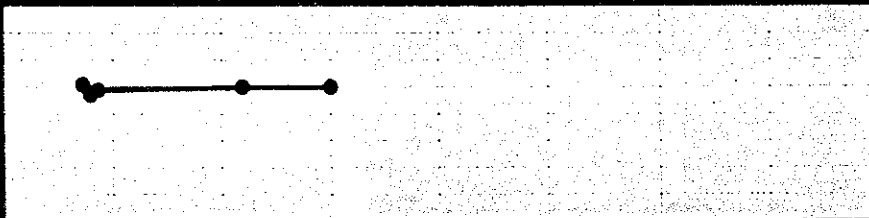
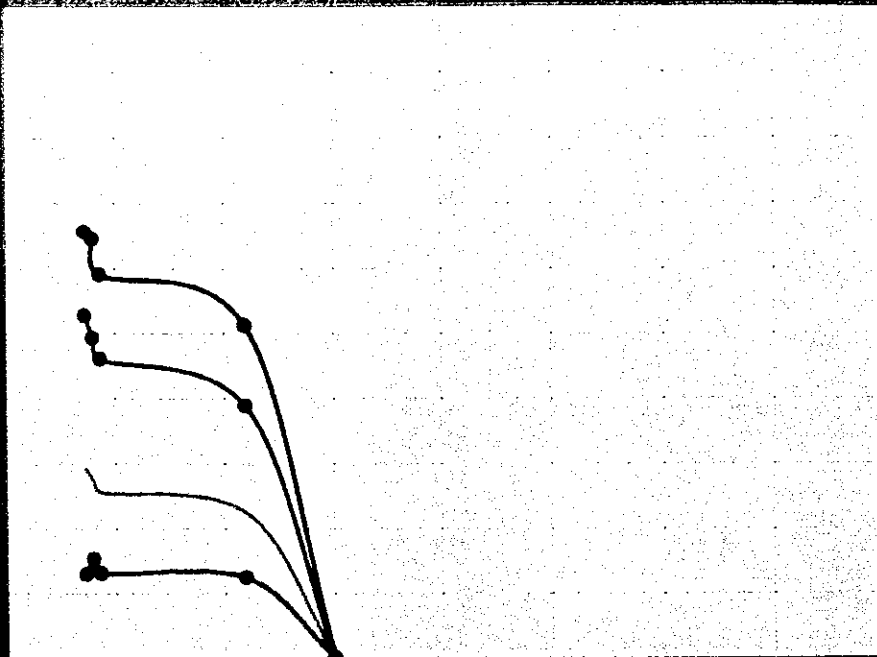


坑井AMJ-1の第一回噴出試験結果



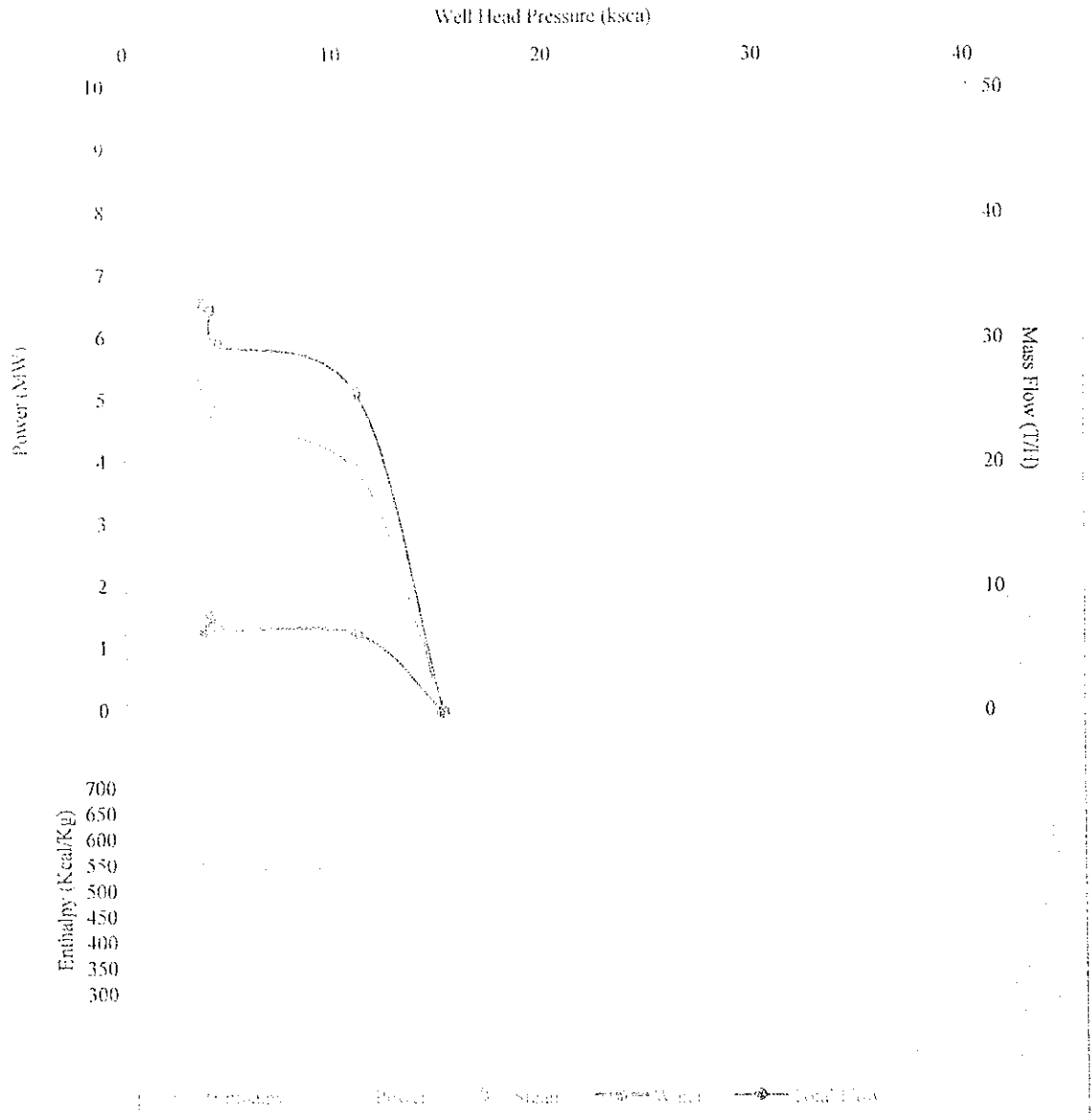
坑井AMI-1の第1回噴出試験の坑井特性

Fig. 2-4-19 Well characteristic curve for the first blowout test of well AMI-1

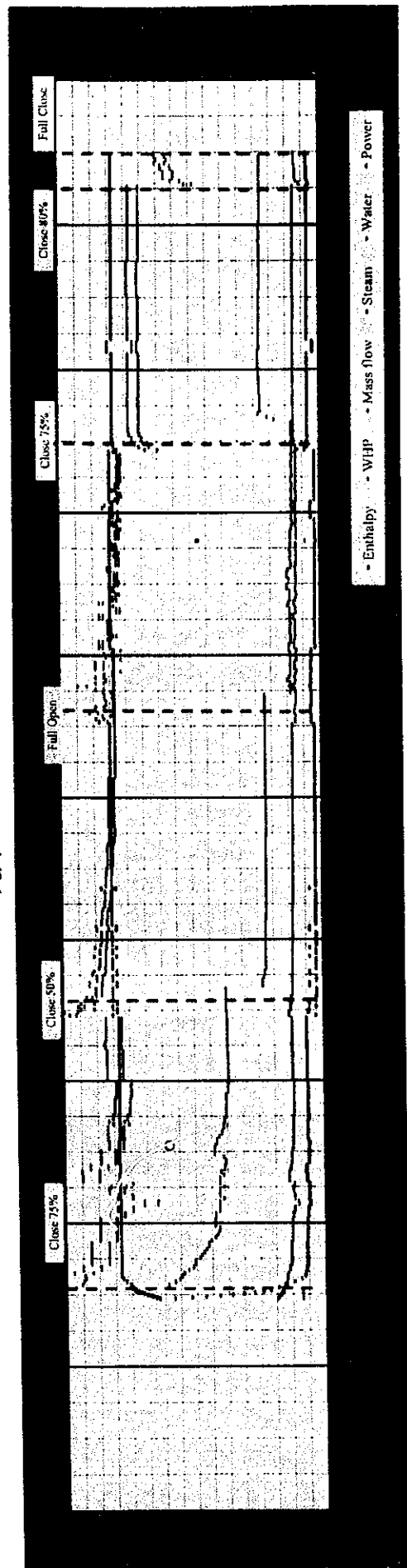


● Enthalpy — Power ● Steam ● Water ● Total Flow

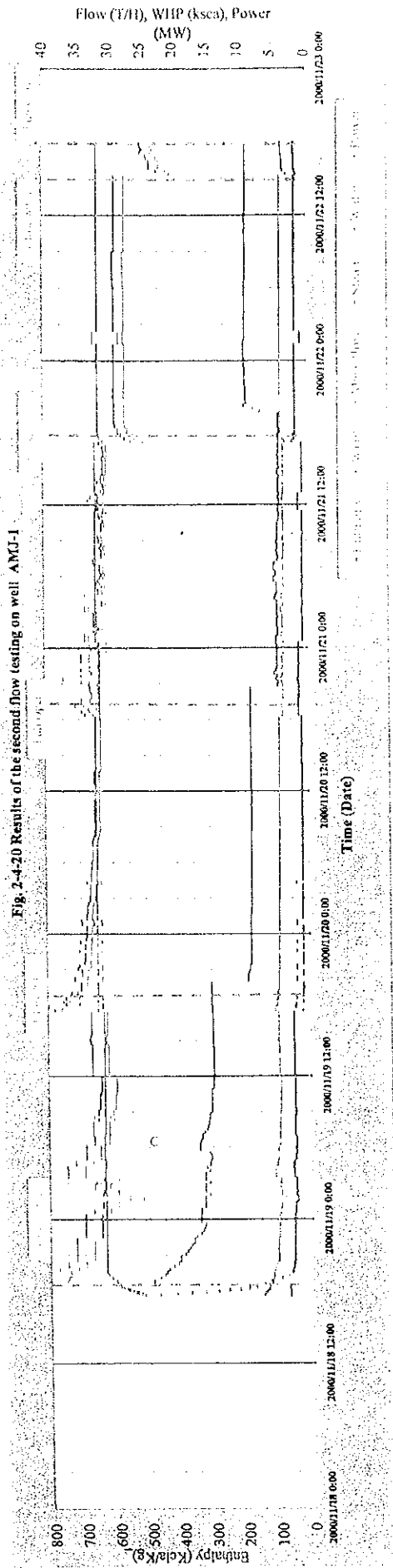
Fig. 2-4-19 Well characteristic curve for the 1st flow testing on well AMJ-1



坑井AMJ-1の第2回噴出試験結果



坑井AMJ-1の第2回噴出試験結果



坑井AMJ-1の第2回噴出試験の坑井特性

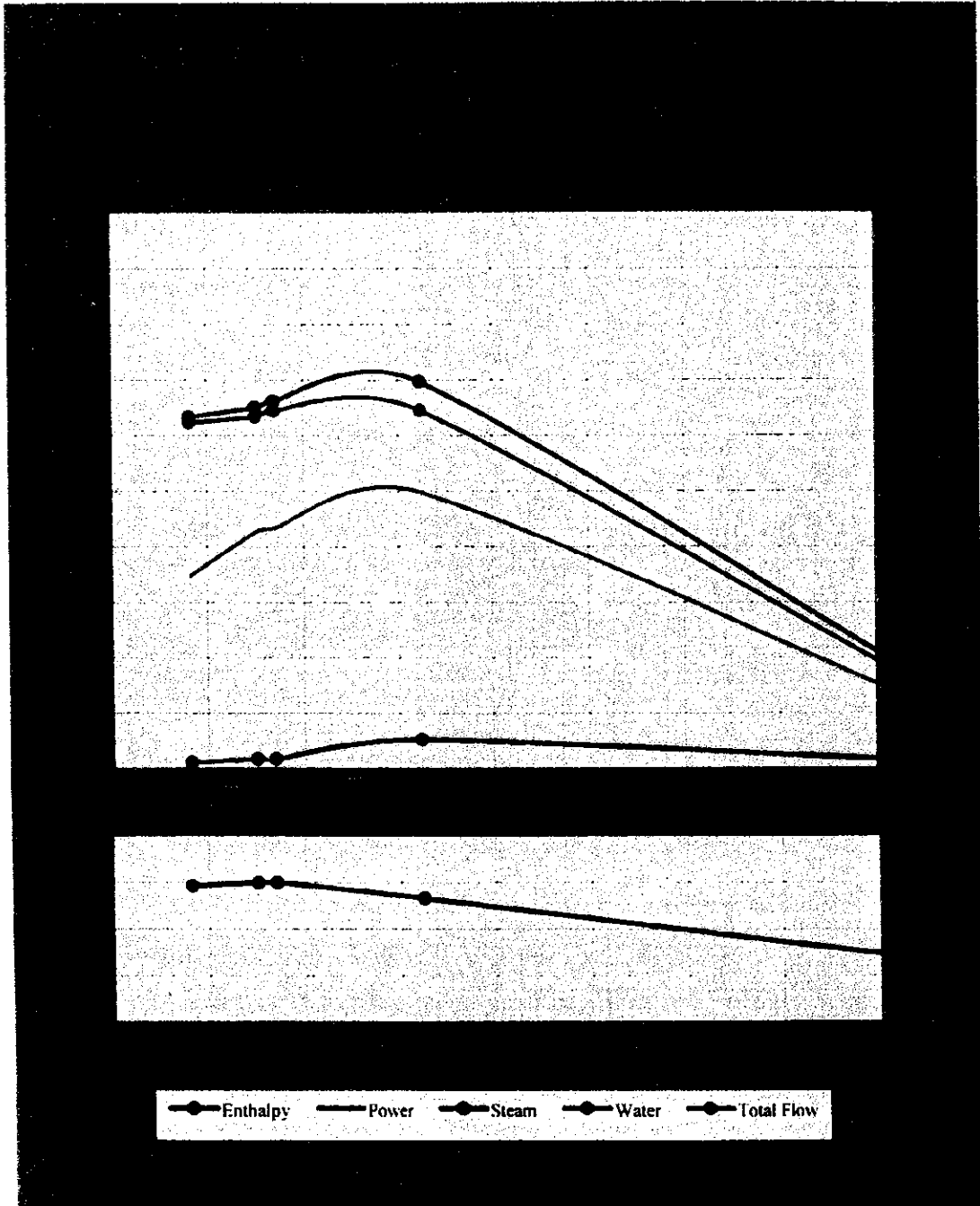
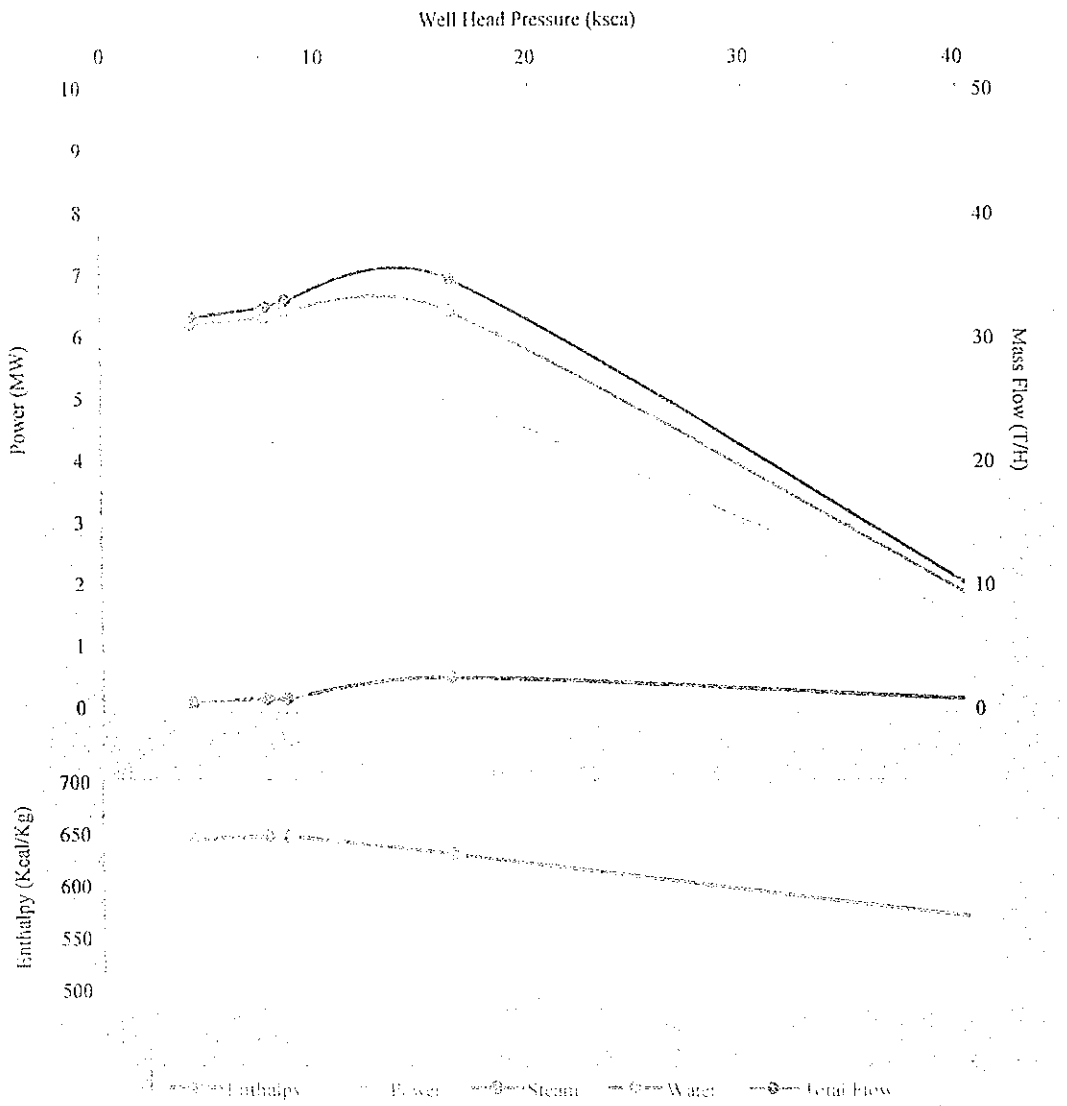
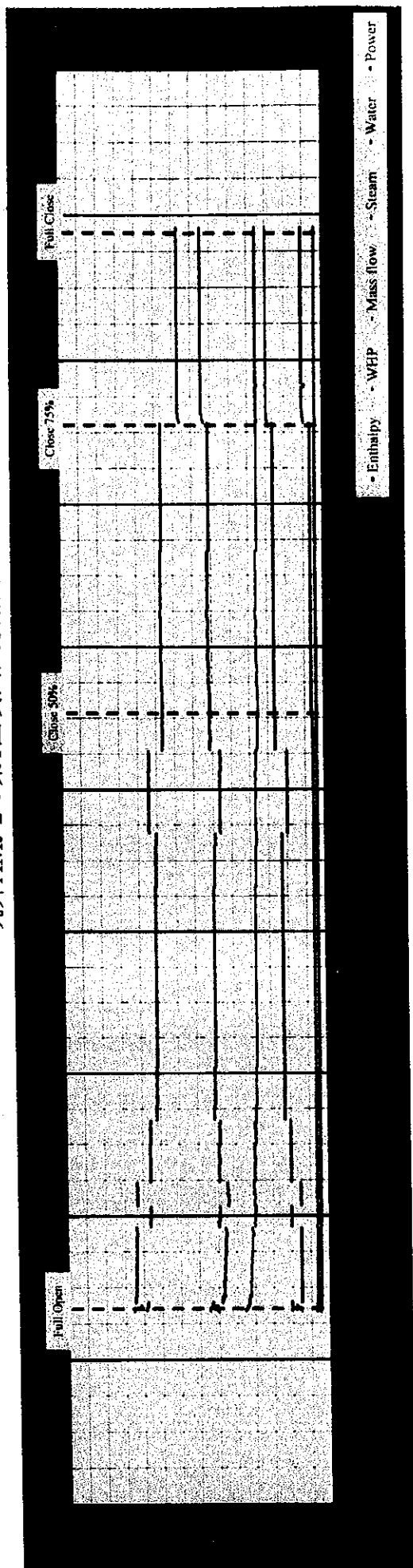


Fig. 2-4-21 Well characteristic curve for the 2nd. flow testing on well AMJ-1

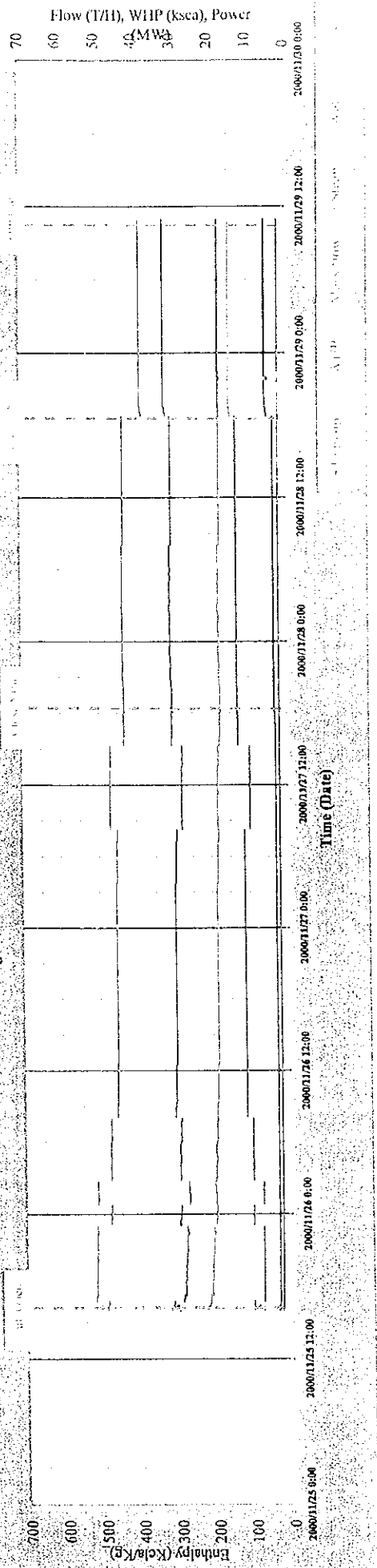


坑井AMJ-2の第1回噴出試験結果

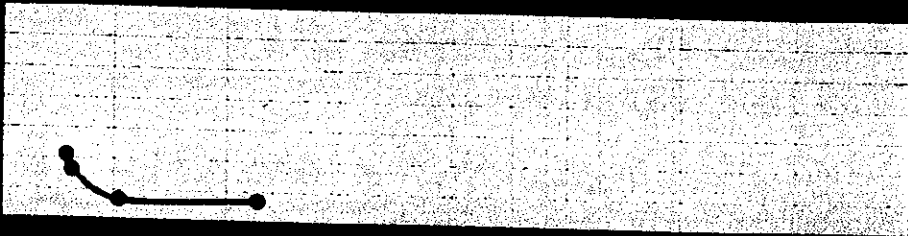
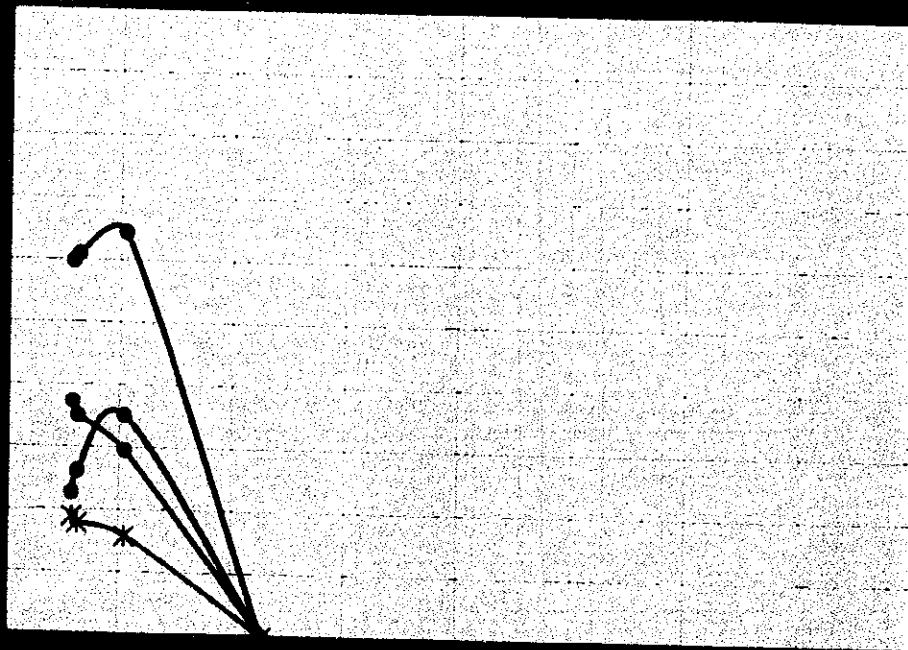


坑井 AMJ-2 の第 1 回噴出試験結果

Fig. 2-4-22 Results of the first flow testing on well AMJ-2

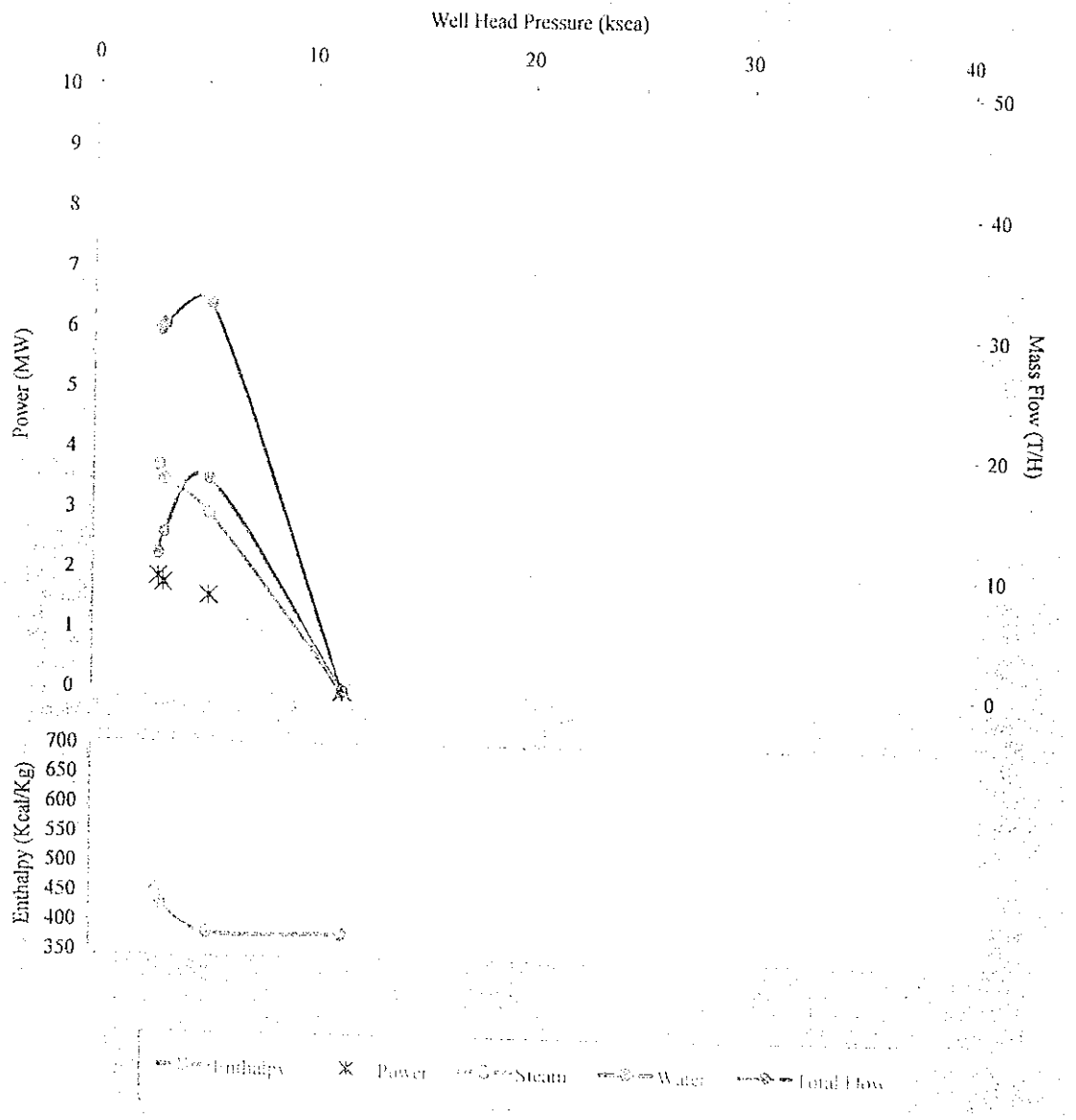


坑井AMJ-2の第1回噴出試験の坑井特性

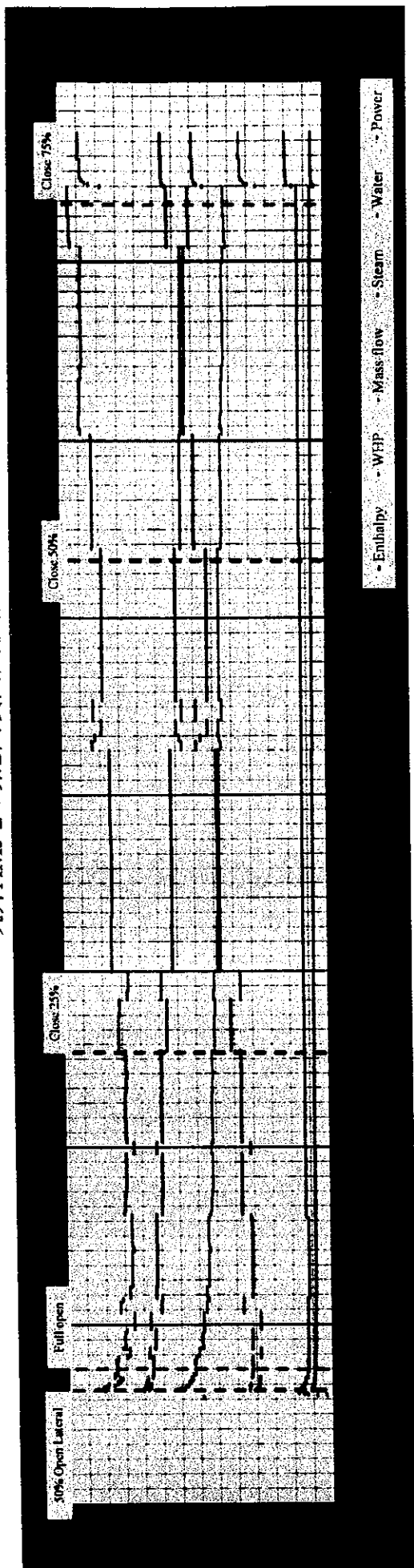


● Enthalpy * Power ● Steam ● Water ● Total Flow

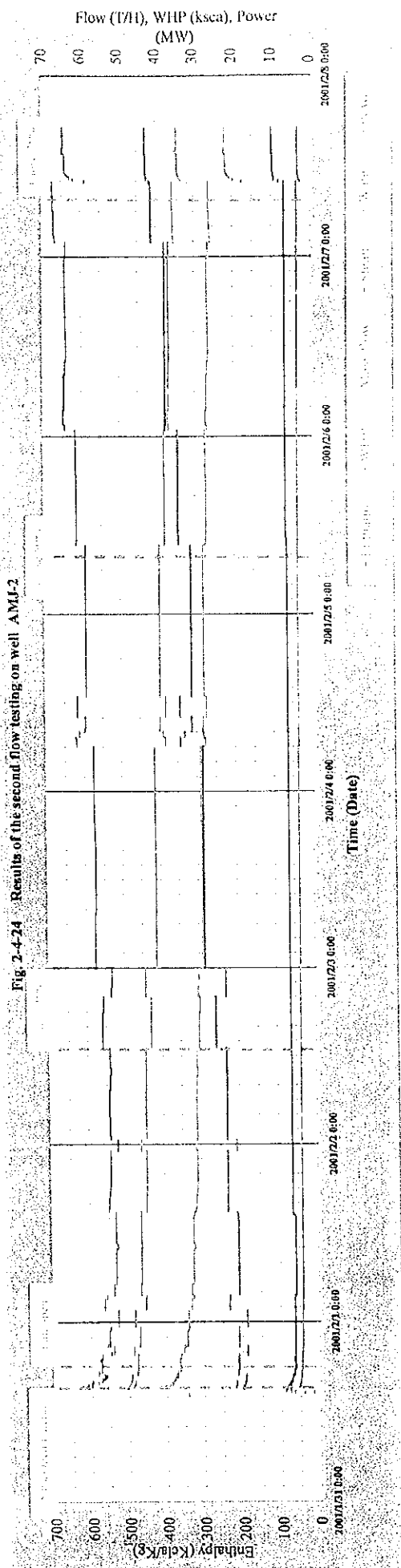
Fig. 2-4-23 Well characteristic curve for the 1st flow testing on well AMJ-2



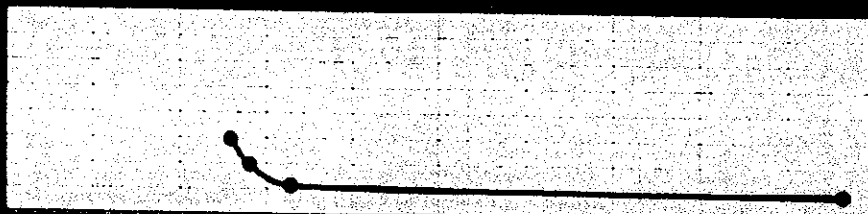
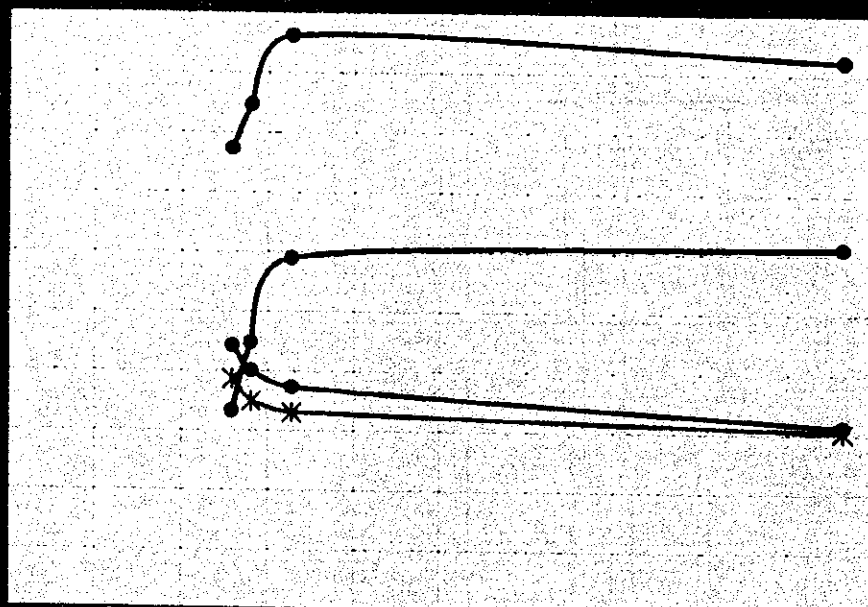
坑井AMJ-2の第2回噴出試験結果



坑井AMJ-203第二次噴出試驗結果



坑井AMJ-2の第2回噴出試験の坑井特性



● Enthalpy * Power ● Steam ● Water ● Total Flow

Fig. 2-4-25 Well characteristic curve for the 2nd. flow testing on well AMJ-2

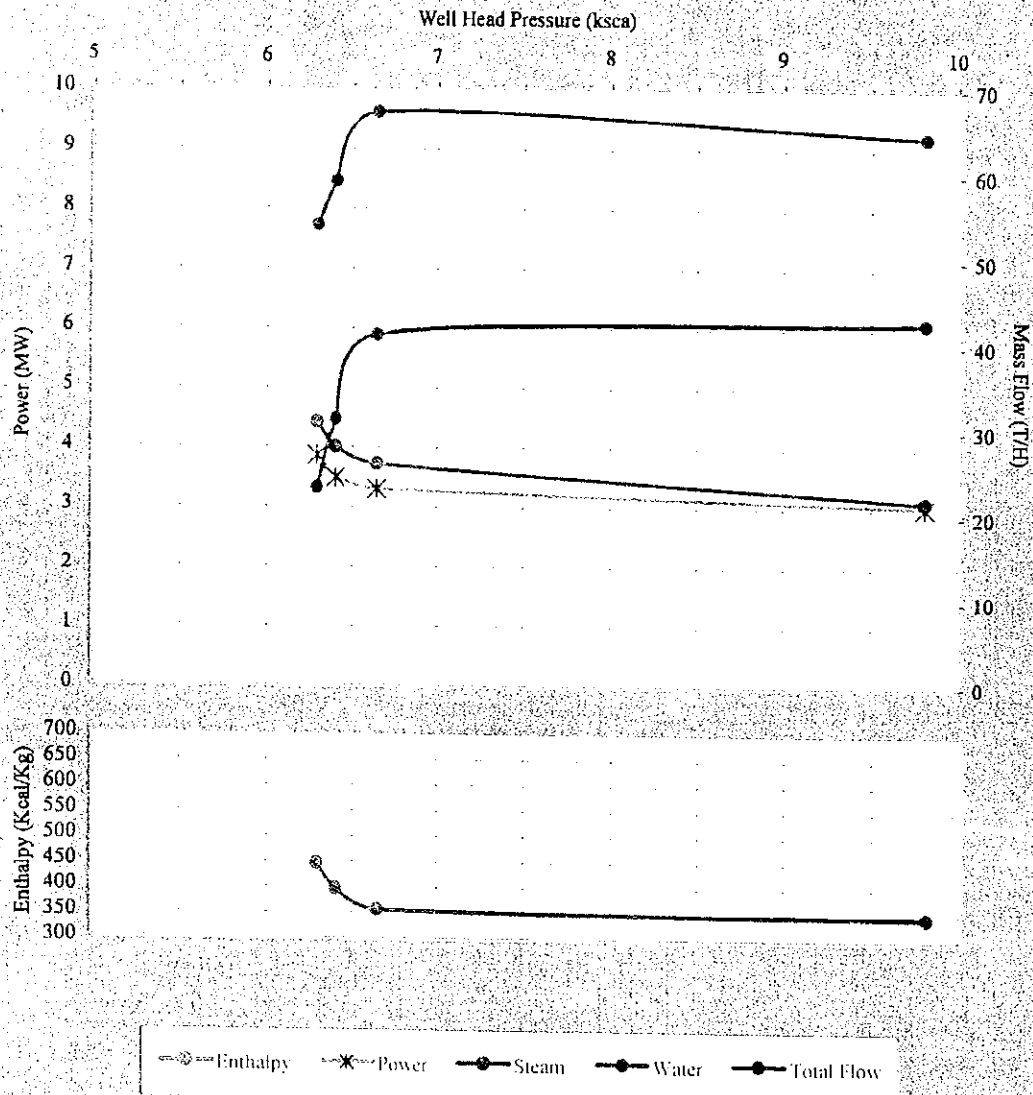


Table 2-4-1 Morphological Data on Zircon
ジルコン結晶系解析結果

Sample No.	Width (mm)	Height (mm)	Prism Index	Pyramid Index	Elongation Index	Flatness Index	Zircon Index	Remark
1602	0.045±0.014	0.120±0.055	0.68±0.16	0.43±0.10	0.39±0.12	0.87±0.14	7449(45)	from outcrop
1611	0.026±0.007	0.055±0.016	0.58±0.15	0.39±0.08	0.33±0.14	0.90±0.06	6439(26)	from outcrop
1703	0.043±0.019	0.102±0.037	0.71±0.13	0.41±0.12	0.40±0.10	0.92±0.05	7449(43)	from outcrop
1901	0.049±0.010	0.093±0.024	0.69±0.10	0.35±0.06	0.32±0.07	0.93±0.09	7439(49)	from outcrop
2003	0.027±0.006	0.051±0.018	0.62±0.11	0.36±0.09	0.28±0.14	0.86±0.10	6439(27)	from outcrop
2101	0.046±0.018	0.056±0.026	0.61±0.06	0.33±0.17	0.21±0.05	0.92±0.06	6329(46)	from outcrop
2215	0.046±0.016	0.112±0.057	0.76±0.09	0.47±0.07	0.31±0.13	0.94±0.03	8539(46)	from outcrop
2506	0.057±0.011	0.100±0.023	0.73±0.10	0.42±0.05	0.22±0.06	0.94±0.04	7429(57)	from outcrop
2803	0.050±0.013	0.112±0.038	0.72±0.09	0.50±0.08	0.27±0.08	0.90±0.07	7539(50)	from outcrop
2806	0.048±0.013	0.098±0.039	0.66±0.08	0.44±0.13	0.27±0.19	0.94±0.04	7439(48)	from outcrop
1902	-	-	-	-	-	-	Zr-free	from outcrop
2402	-	-	-	-	-	-	Zr-free	from outcrop
2812	-	-	-	-	-	-	Zr-free	from outcrop
Cerro Limon	0.066±0.019	0.158±0.043	0.75±0.13	0.47±0.07	0.36±0.11	0.81±0.11	8548(66)	from outcrop, *1)
Amatitlan	0.090±0.016	0.174±0.037	0.54±0.23	0.33±0.05	0.35±0.07	0.89±0.08	5349(90)	from outcrop, *1)
AMF-1-150m	0.081±0.021	0.168±0.028	0.62±0.10	0.44±0.05	0.30±0.11	0.88±0.09	6439(81)	*1)
AMF-2-140m	0.078±0.022	0.159±0.020	0.60±0.12	0.43±0.04	0.34±0.14	0.92±0.04	6439(78)	*1)
AMF-2-550m	0.060±0.011	0.116±0.018	0.79±0.14	0.40±0.08	0.30±0.05	0.93±0.06	8439(60)	*1)
AMF-3-50m	0.076±0.010	0.162±0.017	0.83±0.05	0.42±0.07	0.34±0.08	0.91±0.06	8439(76)	*1)
AMF-3-100m	-	-	-	-	-	-	Zr-free	*1)
AMF-3-1000m	-	-	-	-	-	-	Zr-free	*1)
AMF-4-160m	-	-	-	-	-	-	Zr-free	*1)
AMF-4-1000m	-	-	-	-	-	-	Zr-free	*1)
AMF-4-1300m	0.069±0.015	0.168±0.043	0.46±0.21	0.39±0.09	0.39±0.10	0.88±0.09	5449(69)	*1)
AMJ-1-310m	0.083±0.019	0.186±0.059	0.73±0.09	0.47±0.05	0.40±0.09	0.90±0.07	7549(30)	
AMJ-1-410m	0.075±0.018	0.148±0.041	0.73±0.05	0.44±0.06	0.37±0.08	0.90±0.05	7449(13)	
AMJ-1-1130m	0.057±0.011	0.159±0.041	0.63±0.07	0.47±0.08	0.48±0.13	0.89±0.03	6559(10)	
AMJ-1-1630m	0.099±0.017	0.234±0.089	0.60±0.21	0.45±0.09	0.40±0.09	0.86±0.10	6549(30)	
AMJ-1-1700m	0.105±0.029	0.224±0.055	0.37±0.17	0.31±0.08	0.44±0.08	0.85±0.10	4349(40)	
AMJ-2-190m	0.049±0.006	0.102±0.024	0.75±0.09	0.46±0.07	0.40±0.06	0.91±0.07	8549(17)	
AMJ-2-300m	0.081±0.016	0.176±0.051	0.74±0.09	0.48±0.04	0.39±0.08	0.90±0.08	7549(50)	
AMJ-2-440m	0.082±0.026	0.162±0.052	0.73±0.08	0.43±0.06	0.40±0.09	0.89±0.07	7449(14)	
AMJ-2-1250m	0.099±0.013	0.228±0.049	0.65±0.18	0.44±0.08	0.42±0.09	0.93±0.05	7449(13)	
AMJ-2-1650m	0.080±0.017	0.191±0.042	0.73±0.09	0.45±0.05	0.45±0.08	0.87±0.06	7559(80)	

*1) : Reported in West JEC and Telectro (1995)

Table 2-4-1 Morphological Data on Zircon
ジルコン結晶系解析結果

Sample No.	Width (mm)	Height (mm)	Prism Index	Pyramid Index	Elongation Index	Flatness Index	Zircon Index	Remark
1602	0.045±0.014	0.120±0.055	0.68±0.16	0.43±0.10	0.39±0.12	0.87±0.14	7449(45)	from outcrop
1611	0.026±0.007	0.055±0.016	0.58±0.15	0.39±0.08	0.33±0.14	0.90±0.06	6439(26)	from outcrop
1703	0.043±0.019	0.102±0.037	0.71±0.13	0.41±0.12	0.40±0.10	0.92±0.05	7449(43)	from outcrop
1901	0.049±0.010	0.093±0.024	0.69±0.10	0.35±0.06	0.32±0.07	0.93±0.09	7439(49)	from outcrop
2003	0.027±0.006	0.051±0.018	0.62±0.11	0.36±0.09	0.28±0.14	0.86±0.10	6439(27)	from outcrop
2101	0.046±0.018	0.056±0.026	0.61±0.06	0.33±0.17	0.21±0.05	0.92±0.06	6329(46)	from outcrop
2215	0.046±0.016	0.112±0.057	0.76±0.09	0.47±0.07	0.31±0.13	0.94±0.03	8539(46)	from outcrop
2506	0.057±0.011	0.100±0.023	0.73±0.10	0.42±0.05	0.22±0.06	0.94±0.04	7429(57)	from outcrop
2803	0.050±0.013	0.112±0.038	0.72±0.09	0.50±0.08	0.27±0.08	0.90±0.07	7539(50)	from outcrop
2806	0.048±0.013	0.098±0.039	0.66±0.08	0.44±0.13	0.27±0.19	0.94±0.04	7439(48)	from outcrop
1902	-	-	-	-	-	-	Zr-free	from outcrop
2402	-	-	-	-	-	-	Zr-free	from outcrop
2812	-	-	-	-	-	-	Zr-free	from outcrop
Cerro Limon	0.066±0.019	0.158±0.043	0.75±0.13	0.47±0.07	0.36±0.11	0.81±0.11	8548(66)	from outcrop. *1)
Amatitlan	0.090±0.016	0.174±0.037	0.54±0.23	0.33±0.05	0.35±0.07	0.89±0.08	5349(90)	from outcrop. *1)
AMF-1-150m	0.081±0.021	0.168±0.028	0.62±0.10	0.44±0.05	0.30±0.11	0.88±0.09	6439(81)	*1)
AMF-2-140m	0.078±0.022	0.159±0.020	0.60±0.12	0.43±0.04	0.34±0.14	0.92±0.04	6439(78)	*1)
AMF-2-550m	0.060±0.011	0.116±0.018	0.79±0.14	0.40±0.08	0.30±0.05	0.93±0.06	8439(60)	*1)
AMF-3-50m	0.076±0.010	0.162±0.017	0.83±0.05	0.42±0.07	0.34±0.08	0.91±0.06	8439(76)	*1)
AMF-3-100m	-	-	-	-	-	-	Zr-free	*1)
AMF-3-1000m	-	-	-	-	-	-	Zr-free	*1)
AMF-4-160m	-	-	-	-	-	-	Zr-free	*1)
AMF-4-1000m	-	-	-	-	-	-	Zr-free	*1)
AMF-4-1300m	0.069±0.015	0.168±0.043	0.46±0.21	0.39±0.09	0.39±0.10	0.88±0.09	5449(69)	*1)
AMJ-1-310m	0.083±0.019	0.186±0.059	0.73±0.09	0.47±0.05	0.40±0.09	0.90±0.07	7549(30)	
AMJ-1-410m	0.075±0.018	0.148±0.041	0.73±0.05	0.44±0.06	0.37±0.08	0.90±0.05	7449(13)	
AMJ-1-1130m	0.057±0.011	0.159±0.041	0.63±0.07	0.47±0.08	0.48±0.13	0.89±0.03	6559(10)	
AMJ-1-1630m	0.099±0.017	0.234±0.089	0.60±0.21	0.45±0.09	0.40±0.09	0.86±0.10	6549(30)	
AMJ-1-1700m	0.105±0.029	0.224±0.055	0.37±0.17	0.31±0.08	0.44±0.08	0.85±0.10	4349(40)	
AMJ-2-190m	0.049±0.006	0.102±0.024	0.75±0.09	0.46±0.07	0.40±0.06	0.91±0.07	8549(17)	
AMJ-2-300m	0.081±0.016	0.176±0.051	0.74±0.09	0.48±0.04	0.39±0.08	0.90±0.08	7549(50)	
AMJ-2-440m	0.082±0.026	0.162±0.052	0.73±0.08	0.43±0.06	0.40±0.09	0.89±0.07	7449(14)	
AMJ-2-1250m	0.099±0.013	0.228±0.049	0.65±0.18	0.44±0.08	0.42±0.09	0.93±0.05	7449(13)	
AMJ-2-1650m	0.080±0.017	0.191±0.042	0.73±0.09	0.45±0.05	0.45±0.08	0.87±0.06	7559(80)	

*1) : Reported in West JEC and Telectro (1995)

Table 2-4-2 Volocanic and Alteration Age around the Amatitlan Geothermal Field
Amatitlan地熱地帯周辺の岩石および変質年代

	Outcrop		Depth(m)					Dating(ka)		T/L Dating(ka)	
	No.		AMJ-1	AMJ-2	AMF-1	AMF-2	AMF-3	F/T	K-Ar	(Volcanic)	(Alteration)
Cerro Limon Dacite										6.1±0.5	
Pacaya Volocanic Rocks											
Op Andesite	2402									8±2	
Op Andesite	2806									9±2	
Op Andesite	2812									4±1	
Basalt			130m							11±2	
Basalt			190m					270±110			
Px-Andesite		150m								11±2	
Post-Calderic Rocks											
Rd Acidic Andesite (dacite)	1602	310m						80±60			
(dacite)			300m					180±80			3.2±0.4
								600±140			
Sf Pumice	2003							150±80		92±10	
	2208										16±4
Bl Scoria											
Lp Pyroclastics		410m						340±140			5±1
Ap Pyroclastics Tuff Breccia	1611				150m			110±60	11000±9400	55±5	
Hv Andesite											
Av Px-Andesite	1703							1060±220			
	2803		440m			140m		1160±110			4.7±0.6
								900±260	14100±9000		
	2206										35±5
	2215										46±6
	2217										5±1
	2805										3±1
Syn-Calderic Rocks		780m						1140±310			
		1130m						>3600			
Pre-Calderic Rocks											
Ho-Andesite			1250m					>2690			
Px-Andesite			1650m					>16100			
Px-Andesite						1300m		14100±800			
Dacite		1630m						>11700			
Basement	Granite							15200±800			

Table 2-4-5 Result of chemical and isotope analyses of hot water samples
熱水試料の化学・同位体分析結果表

NAME	AMJ-1		AMJ-2a		AMJ-2b		AMJ-2c		AMF-2(1998)	
DATE	Nov/25/2000		Nov/27/2000		Nov/28/2000		Nov/29/2000		Oct/22/1998	
W.H.P. (psi)	700		29		33		64		32.7atg	
SAMPLING POINT	silencer muffler		weir box		weir box		weir box		sampling separator	
WATER-TEMP. (°C)	84		90		90		90		<60	
pH(18°C)	7.95		7.57		7.56		7.55		5.25	
EC (μS/cm)	4230		13700		13800		13400		9030	
TSM (mg/L)	3230		9440		9500		9370		6150	
	mg/L	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	meq/L
Na	760	33.06	2540	110.48	2520	109.61	2510	109.17	1630	70.90
K	132	3.38	523	13.38	524	13.40	531	13.58	345	8.82
Ca	10.3	0.51	73.3	3.66	72.5	3.62	67.1	3.35	39.1	1.95
Mg	0.071	0.01	0.117	0.01	0.086	0.01	0.071	0.01	0.018	0.00
total cation		36.95		127.52		126.63		126.11		81.67
Cl	1220	34.41	4480	126.35	4500	126.91	4420	124.66	2970	83.76
SO ₄	28.2	0.59	39.3	0.82	36.7	0.76	32.6	0.68	11.7	0.24
HCO ₃	137	2.25	55	0.90	54	0.88	49	0.80	37	0.61
CO ₃	n.d.	0.00	n.d.	0.00	n.d.	0.00		0.00	n.d.	0.00
total anion		37.24		128.07		128.56		126.14		84.61
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Li	1.35		19.5		18.7		18.3		9.90	
Fe	0.26		0.50		0.22		0.38		0.16	
Al	0.35		0.38		0.15		0.20		0.58	
Sr	0.14		0.45		0.41		0.37		0.36	
F	0.79		1.98		2.07		1.91		0.49	
B	42.0		75.6		77.1		74.1		45.9	
Br	5.1		17.9		18.1		17.8		10.1	
I	0.74		0.99		0.91		0.96		1.52	
As	3.56		8.69		8.64		8.41		5.39	
Hg	-		<0.0005		<0.0005		<0.0005		0.0009	
T-CO ₂	111		134		174		139		68	
H ₂ S	-		<0.04		<0.04		<0.04		3.76	
T-SiO ₂	765		1030		1100		1130		745	
δD(H ₂ O) (‰)	-25		-33		-36		-36		-46	
δ ¹⁸ O(H ₂ O) (‰)	1.5		-1.1		-1.3		-1.6		-3.7	
δ ¹⁸ O(SO ₄) (‰)	-		0.8		2.0		2.0		1.1	
δ ³⁴ S(SO ₄) (‰)	-		10.7		11.5		12.0		15.8	
δ ¹³ C(HCO ₃) (‰)	-		-16.9		-22.8		-22.4		-5.2	
Tritium (T.U.)	-		<0.3		<0.3		<0.3		<0.3	
δD(H ₂ O) ² (‰)	-		-42		-42		-43		-	
δ ¹⁸ O(H ₂ O) ² (‰)	-		-2.3		-2.3		-2.5		-	
NOTE									separated from steam at 0.8atg	

n.d.: not determined

*: sampled at sampling separator

Table 2-4-6 Result of chemical and isotope analyses of gas samples
 ガス試料の化学・同位体分析結果表

NAME		AMJ-1a	AMJ-1b	AMJ-1c	AMJ-2a	AMJ-2b	AMJ-2c	AMF-2(1998)
DATE		Nov/19/2000	Nov/20/2000	Nov/21/2000	Nov/27/2000	Nov/28/2000	Nov/29/2000	Oct/22/1998
W. H. P.	psi	200	110	46	29	33	64	32.7atg
SAMPLING POINT		sampling separator	sampling separator	sampling separator	sampling separator	sampling separator	sampling separator	sampling separator
SEPARATED PRESSURE	barG	2.4	1.3	1.4	0.5	0.7	0.5	0.8atg
GAS CONTENT	vol%	0.98	1.02	0.97	0.52	0.62	0.58	0.84
GAS CONTENT	wt%	2.28	2.41	2.29	1.22	1.46	1.36	2.01
GAS COMPOSITION								
CO ₂	vol%	89.9	93.8	92.5	88.3	90.6	87.6	96.8
H ₂ S	vol%	2.80	3.90	5.30	9.30	6.90	10.1	2.01
Residual gas	vol%	7.3	2.4	2.2	2.4	2.5	2.3	1.2
RESIDUAL GAS COMPOSITION								
N ₂	vol%	75.3	59.8	53.4	73.0	68.1	64.8	71.1
H ₂	vol%	n. d.	n. d.	7.44	8.46	12.5	13.9	17.8
CH ₄	vol%	7.42	35.5	34.3	12.3	11.7	11.0	8.67
C ₂ H ₆	vol%	-	-	-	-	-	-	0.37
O ₂	vol%	16.4	3.94	4.22	5.32	6.80	9.18	1.68
Ar	vol%	0.84	0.78	0.58	0.92	0.80	1.07	0.34
He	vol%	0.0072	0.021	0.023	0.019	0.019	0.018	0.053
Ne	vol%	0.0015	0.00074	0.00051	0.0012	0.00080	0.0027	0.0007
³ He/ ⁴ He	×10 ⁻⁵	10.37±0.13	10.31±0.14	10.45±0.15	10.46±0.14	10.52±0.12	10.44±0.09	10.64±0.09
⁴ He/ ²⁰ Ne		44	18	68	21	23	23	123
δ ¹³ C(CO ₂)	‰	-6.8	-8.4	-7.4	-6.8	-6.9	-5.9	-3.0
δ ¹³ C(CH ₄)	‰	-30.5	-30.4	-30.4	-27.4	-27.6	-26.5	-33.1
δD(H ₂)	‰	n. d.	n. d.	-379	n. d.	-409	-493	-485
δD(CH ₄)	‰	-208	-221	-227	-196	-205	-187	-227
δ ³⁴ S(H ₂ S)	‰	2.5	1.6	1.0	1.4	1.4	1.4	n. d.
CONDENSED WATER CHEMISTRY								
pH	20°C	6.20	5.85	5.66	5.03	5.03	5.00	-
Na	mg/L	0.902	0.408	0.402	0.380	0.093	0.112	-
Cl	mg/L	1.20	0.54	0.56	0.64	0.12	0.16	-
SO ₄	mg/L	1.5	1.2	0.8	1.3	0.8	1.3	-
As	mg/L	0.014	0.013	0.012	0.006	0.031	0.016	-
Hg	mg/L	0.0009	0.0011	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	-
δD(H ₂ O)	‰	-56	-55	-54	-59	-59	-60	-67
δ ¹⁸ O(H ₂ O)	‰	-3.8	-3.4	-3.3	-6.1	-6.1	-6.6	-7.7

n. d.: not determined due to low concentration of CH₄, H₂ and H₂S

Table 2-4-7 Specifications of borehole surveys for well AMJ-1 and AMJ-2

坑井 AMJ-1 および AMJ-2 の温度・圧力検層の仕様

Concept	Analysis Method	Objectives	Specifications
<p>Static pressure and temperature surveys</p> <p>Stops for surveys to Casing shoe (CS) depth Every 50m of 10 min each. Two stops should be 15m to be used as markers in the recording charts</p> <p>Stops for surveys to total depth (TD) Up to casing shoe, stops every 100m. From CS to TD, every 50m of 10 min each. Additional stops of 10 min. At total loss depths, 15 min stops at 1100m and 1500m to be used as markers in the recording charts</p>	<p>Visual interpretation</p> <p>Statistical regression</p> <p>Analysis on temperature data</p>	<p>Guidance to set casings</p> <p>Estimation of formations temperature</p> <p>Reservoir pressure.</p>	<p>CS depth surveys Set of three (5h, 12h and 24h) P/T surveys before cementing the 9 5/8" CSG.</p> <p>From CS to TD depth:</p> <p>Blind Drilling</p> <ul style="list-style-type: none"> - Drill 100 more after total loss - Run a set of three (5h, 12h and 24h) P/T surveys - Run a set of four (5h, 12h, 24h and 48h) P/T surveys at total depth <p>Normal Drilling</p> <ul style="list-style-type: none"> - Run a set of four (5h, 12h, 24h and 48h) P/T surveys at total depth <p>Logistic Field logistic and measurements done using INDE's tools and crew. Support by Driller</p>

Table 2-4-8 Specifications of Water loss temperature test in AMJ-1
 坑井 AMJ-1 の逸水量確認試験要領

Concept	Analysis Method	Deliveries	Specifications
<p>Static pressure and temperature surveys while injecting water</p> <p>Remarks</p> <p>1. The capacity of the water tank was 240m³ and of the mud tank was 120m³, therefore, there was a total water storing capacity of 360m³.</p> <p>2. This capacity represents 20 hours of testing when injecting 30 m³/h (360m³/ (30.-12.5) m³/h) which will be enough to suppress conduction effects.</p> <p>3. 19 stops in total; from 800m to 1400 10 min. stops every 100mat intervals. From 1400m to 1680m 10 minutes stops at intervals of 20 m. At 1500m and 1600m the stops were 15min. long. The total testing time was 3.25 hours. The total water used was be 100.5 m³ and the water in tanks was be 300 m³ (360-100.5+12.5*3.25). The time required to refill the tanks will was 4.8 hours.</p>	<p>Visual interpretation</p>	<p>Estimation of positions of feed points and its relative injection capacity</p>	<p>Water Injection Select the minimum flow rate available from the rig pumps or set to 30 T/H.</p> <p>P/T surveys Run P/T instruments in the hole 30 minutes after initiating injection to allow for transients to be over.</p> <p>Stops 19 stops in total; from 800m to 1400 10 min. stops every 100mat intervals. From 1400m to 1680m 10 minutes stops at intervals of 20 m. At 1500m and 1600m the stops were 15min. long.</p> <p>Pressure toll Pressure tool was be run with the temperature tool to utilize the pressure readings in the analysis of the injection tests</p> <p>Logistic Field logistic and measurements done using INDE's tools and crew. Support by Simmons</p>

Table 2-4-9 Specifications of Water loss temperature test in AMJ-2
 坑井 AMJ-2 の逸水量確認試験要領

Survey	Analysis Method	Deliveries	Specifications
<p>Static pressure and temperature surveys while injecting water</p> <p>Remarks</p> <p>1. 20.0 m³ /h of water supply capacity. Water pumping capacity 120.0 m³ /h. Storage in the water tank is 50m³ and that of the mud tank is 150m³, therefore, there is a total water storing capacity of 200m³.</p> <p>2. This capacity represents 13 hours of testing when injecting 35 m³ /h (200m³ / (35.-20.0) m³/h) which will be enough to suppress conduction effects.</p> <p>3. The total water to be used will be 140 m³ and the remaining water in tanks will be 140 m³ (200-35*4+20*4). The time required to refill the tanks will be 3.0 hours.</p>	<p>Visual interpretation</p>	<p>Estimation of positions of feed points and its relative injection capacity</p>	<p>Water Injection Select the minimum flow rate available from the rig pumps or set to 35 T/H.</p> <p>P/T surveys Run P/T instruments in the hole 30 minutes after initiating injection to allow for transients to be over.</p> <p>Stops 19 stops in total; from 1000m to 1400 10 min. stops every 100m at intervals. From 1400m to 1700m 10 minutes stops at intervals of 20 m. At 1500m and 1600m the stops should be 15min. long. Total test time 4.0 hr.</p> <p>Pressure tool Pressure and temperature tools will be run together to get pressure readings for the injection tests</p> <p>Logistic Field logistic and measurements by INDE's tools and crew. Support by PITSA</p>

Table 2-4-10 Specifications of Injection and Transient Tests for well AMJ-1
坑井 AMJ-1 の坑井試験要領

Concept	Analysis method	Deliveries	Specifications
Multi Rate Injection Test.	<ul style="list-style-type: none"> - visual interpretation - Plotting and linear regression analysis 	<ul style="list-style-type: none"> - Injectivity Index. 	<p>Flow rates 30, 50 and 70 m³/h during one our each.</p> <p>Instruments Pressure elements with 8 hr and 12 hr clock each.</p> <p>Setting depth 1600m</p> <p>Others Field logistic and measurements done using INDE's tools and crew.</p>
Fall-off Test	<ul style="list-style-type: none"> - Visual interpretation - Horner Semilog plot - Curve matching analysis 	<ul style="list-style-type: none"> - Storativity (ϕch) - Flow capacity (kh) - Skin factor - Wellbore storage 	<p>Duration 3 hours after terminating the last injection rate</p> <p>Others Field logistic and measurements done using INDE's tools and crew.</p>

Table 2-4-11 Specifications of Injection and Transient Tests for well AMJ-2
坑井 AMJ-2 の坑井試験要領

Concept	Analysis method	Deliveries	Specifications
Multi Rate Injection Test.	<ul style="list-style-type: none"> - visual interpretation - Plotting and linear regression analysis 	<ul style="list-style-type: none"> - Injectivity Index. 	<p>Flow rates 62, 82, 112 and 127 m³/h during 15, 30, 30, 15 min respectively</p> <p>Instruments Pruett capillary tubing and MiniMax</p> <p>Setting depth 900m</p> <p>Others Field logistic and measurements done using INDE's tools and crew.</p>
Fall-off Test	<ul style="list-style-type: none"> - Visual interpretation - Horner Semilog plot - Curve matching analysis 	<ul style="list-style-type: none"> - Storativity (ϕch) - Flow capacity (kh) - Skin factor - Wellbore storage 	<p>Duration 15 hours after terminating the last injection rate</p> <p>Readings, set automatically to every 8 min.</p> <p>Others Field logistic and measurements done using INDE's tools and crew.</p>

Table 2-4-12 Results of the curve matching and hydraulic properties for well AMJ-1

坑井 AMJ-1 の坑井試験結果

kh/MU	4.54E-10	m3/Pa.s	Phi*c*h	1.09E-04	m/Pa	Skin Factor	0.9		WB Storage	30	
kh	4.59E-14	m3	kh	4.59E+01	mdarcy-m	Viscosity	0.0001011	Pa.s	Spec. Vol	0.00101	m3/kg
k	2.53E-16	m2	Phi*Ct	6.003E-07	1/Pa	Stabilization Temp. 1600m	264.53	C	Injection Temp.	25	C
h	1.82E+02	M									

Table 2-4-13 Results of the curve matching and hydraulic properties for well AMJ-2

坑井 AMJ-2 の坑井試験結果

TR=k h/MU	2.84E-09	m3/Pa.s	STO= Phi*c*h	5.85E-06	m/Pa	Skin Factor	-0.5		WB Storage	0	
kh	5.52E-14	m3	kh	5.39E+01	mdarcy-m	Viscosity	1.943E-05	Pa.s	Spec. Vol	0.00101	m3/kg
k	5.66E-15	m2	Phi*Ct	6.003E-07	1/Pa	Stabilization Temp. 1600m	279.28	C	Injection Temp.	50	C
h	9.75E+00	M									

Table 2-4-14 Pre-heating up, stimulation and well testing

噴出試験要領

Concept	Analysis method	Deliveries	Remarks
Warming up	<ul style="list-style-type: none"> - Visual interpretation - Bleed the well 	<ul style="list-style-type: none"> - Build up WH pressure - Warm up the upper casing - Initial discharge w/o mechanical stimulation 	Field logistic and measurements done using INDE's tools and crew.
Stimulation	<ul style="list-style-type: none"> - Visual interpretation - Bleed the well - Compress the water level 	<ul style="list-style-type: none"> - First discharge and cleaning the borehole of mud water 	Self pressure build up or connection to other production well or use of Drilltech's compressor
Flow Tests.	<ul style="list-style-type: none"> - Lip Pressure and Weir Method 	<ul style="list-style-type: none"> - Steam and water mass flow at WH conditions. - Production enthalpy at WH conditions. - Production characteristic curve 	Field logistic and measurements done using INDE's tools and crew. <ul style="list-style-type: none"> - Foundation construction - Silencers - Weir - Level meter - Discharge pipes - Orifices - Manometers - Differential pressure manometers - Barton recorders - Tools - Spare parts

Table 2-4-15 Specification for the dynamic pressure, temperature surveys

噴出時の坑内検層要領

Survey	Analysis Method	Objectives	Specifications
<p>Dynamic pressure, temperature and spinner surveys</p>	<p>Visual interpretation Wellbore simulation</p>	<p>Disclose relative productivity of the different feed points</p> <p>Estimation of feed points enthalpies</p> <p>Estimation of the feed point production.</p>	<p>Up to 1000m depth surveys One P/T/S survey after the second day of discharge at full open valve or when stable lip pressure readings are recorded</p> <p>Assembly Assemble pressure tool temperature tool and spinner tool with sinker bar of enough weight to stand the drag force of the ascending fluid.</p> <p>Stops for surveys to total depth Up to 1000 m, stops of 10 minutes every 100m. From 1000 to 1700m, every 50m stops of 10 min each. 15 min stops at 1200m and 1600m to be used as markers in the recording charts</p> <p>Logistic Field logistic and measurements done using INDE's tools and crew. S</p>

2.5 Modelo Conceptual Geotérmico

2.5.1 Estructura Geológica

2.5.2 Fuente de Calor

2.5.3 Distribución de Temperatura

2.5.4 Modelo Geoquímico

2.5.5 Modelo Conceptual

2.5 MODELO CONCEPTUAL GEOTERMICO

En base a los estudios geocientíficos, tales como el reconocimiento geológico, estudios geoquímicos y geofísicos, y datos de los pozos perforados, se preparó y actualizó el modelo geotérmico conceptual del área de Amatitlán.

Los resultados geológicos permitieron la identificación de la estructura del basamento, el sistema de fallas y la intrusión dacítica que controla la actividad geotérmica presente en el campo de Amatitlán. Además, el análisis de datación de la roca y la alteración hidrotermal, permitieron la identificación de la actividad volcánica asociada a la fuente de calor y a la actividad geotérmica del área.

Adicionalmente la revisión de la química de los manantiales termales y de la actividad fumarólica, los análisis geoquímicos de los fluidos de los pozos geotérmicos AMJ-1 y AMF-2 permitieron estimar la zona de ascensión de fluidos, así como las características y el modelo de los fluidos geotérmicos. Finalmente, se construyó un modelo geoquímico.

La zona levantada del basamento, el área de alteración, la extensión del reservorio geotérmico y la estructura de resistividad, se estimaron en base a los estudios gravimétricos, magnéticos y MT. Esta información fue correlacionada y revisada con los datos obtenidos en los estudios de los pozos (mostrados en las Fig.2-5-1, Fig.2-5-2 y Fig.2-5-3).

2.5.1 Estructura geológica

La estructura geológica del campo geotérmico de Amatitlán está caracterizada por una zona de levantamiento relacionada con fallas de dirección N-S y NE-SW, por un sistema de calderas y por intrusiones dacíticas.

1. Zona levantada relacionada con las fallas de dirección N-S y NE-SW

Una zona de levantamiento con orientación N-S, con un ancho de 1.5 – 2.0 km fue identificada en el centro del área estudiada, por medio de los resultados de los estudios geológicos y gravimétricos.

Esta zona de levantamiento está parcialmente doblada en dirección NE-SW entre el Cerro Hoja de Queso y el pozo AMF-2. La zona de pérdida de circulación a la profundidad de 1594m en el pozo AMJ-2 podría corresponder a la falla asociada con el borde oeste de esta zona de levantamiento. A esta profundidad, se confirmó una temperatura del reservorio mayor de 280°C por medio de los registros practicados en los pozos AMF-1 y AMF-2. La extensión y distribución de las fumarolas y de las zonas de alteración son paralelas a esta zona de levantamiento. Como se muestra en la Fig.2-5-3, existe un intrusión dacítica a lo largo de la zona de fractura en la punta oeste de esta zona de levantamiento. Parte de esta intrusión fue confirmada por medio del análisis de los recortes de perforación del pozo AMF-2.

Por medio de la perforación de los pozos AMF-1 y AMF-4 se confirmó que las rocas del basamento están relativamente más altas (400 – 500 msnm) en esta zona comparado con una menor elevación, en el pozo AMJ-1 (230msnm). Por lo general, en un campo geotérmico típico, la zona levantada conformada por granito poco permeable, se correlaciona con la zona de ascenso de fluidos geotérmicos.

2. Un Sistema de Calderas

INSIVUMEH (1978), OLADE (1982) y Roldán (1993) reportan la existencia de tres calderas delineadas alrededor del área de estudio. La actividad geotérmica en el área de Amatitlán se considera que está asociada al borde sur de estas calderas. Estos bordes están trazados de los siguientes sistemas de fallas (Fig.2-5-1):

a. Una caldera exterior

La caldera externa y más antigua pasa por debajo del Cerro Grande y al norte del Cerro Chino, alcanzando la parte este del Volcán de Agua, a través del valle a lo largo del río Michatoya. El agua meteórica puede estar infiltrando en la parte más somera del área de estudio, debido a características no geotérmicas, a lo largo de la alineación de la caldera en la superficie.

b. Caldera intermedia

La segunda caldera más antigua forma la pared que da el sureste de la playa del Lago de Amatitlán. Entre los pozos AMJ-1 y AMJ-2, a través de El Cedro y San Vicente Pacaya, el contorno de la caldera termina en la falla de Jalpatagua. La pérdida de circulación, alrededor de los 1,140m de profundidad en el pozo AMJ-2 puede corresponder con la falla asociada al borde de esta caldera.

Los sondeos MT muestran una zona de baja resistividad con extensión NW-SE cerca de los pozos AMJ-1, AMJ-2, AMF-2 y El Cedro. Además, como se menciona adelante, la alta anomalía de la distribución de temperatura se desvía hacia el noroeste a lo largo del borde de la caldera intermedia. Este hecho indica que la zona fracturada desarrollada a lo largo de la caldera intermedia es de alta permeabilidad.

c. Caldera interior

Esta caldera se considera la más joven de acuerdo con los estudios, y pasa a través del Cerro Hoja de Queso, cerca del pozo AMF-4 y al norte de San Vicente Pacaya. Debido a que se reportaron pérdidas de circulación alrededor de los 1,000m de profundidad en el pozo AMF-4, el agua fría podría infiltrarse a lo largo de fallas y fracturas asociadas con el borde de esta caldera. Por otro lado, la zona de baja temperatura se extiende sobre la parte noreste del área de estudio. Esto sugiere que el agua del Lago de Amatitlán se filtra a lo largo de la zona permeable relacionada con el borde de esta caldera.

También una caldera de tamaño relativamente pequeño, Laguna Calderas, se reconoció al oeste de la Laguna de Calderas. La pérdida de circulación alrededor de los 1,539m de profundidad en el pozo AMJ-2 puede deberse a la falla asociada con el borde de esta pequeña caldera. Dado que la extensión y distribución de las zonas de fumarolas y de alteración son similares en su forma con el borde de esta caldera, se puede inferir que este borde de la caldera sea la zona de ascenso de fluidos de alta temperatura provenientes de gran profundidad.

3. Intrusión dacítica

Se confirmó la existencia de una intrusión dacítica alrededor del pozo AMF-2 de acuerdo con la geología del pozo. Como esta intrusión es similar a los domos dacíticos cercanos al borde sur del Lago de Amatitlán, tanto en características petrológicas como en edad, se estableció que esta actividad intrusiva es contemporánea con la formación de los domos (West JEC y Telectro, 1995). Es posible que estos cuerpos intrusivos estén distribuidos a lo largo del lado oeste de la zona levantada estimada por los estudios gravimétricos bajo Laguna Caldera (Fig.2-5-2 y Fig.2-5-3).

De acuerdo con los análisis de inclusiones fluidas de los recortes de perforación, la temperatura de homogenización muestra una distribución bimodal debajo de los 1,100m de profundidad en los pozos AMJ-2, AMF-1 y AMF-2. Se cree que la porción más profunda en los alrededores de estos pozos puede estar recalentada y la temperatura se haya incrementado por nuevos eventos de activación hidrotermal.

Dicho de otro modo, cuando el magma dacítico asciende y forma la intrusión, se desarrolla una zona de fractura alrededor de la intrusión, volviéndose así posiblemente en un camino para el flujo de fluidos geotérmicos.

2.5.2 Fuente de Calor

Es evidente por los resultados de la determinación de edades que el centro de las actividades volcánicas ha migrado de norte a sur en el área de Amatitlán. Se ha establecido que la actividad hidrotermal también ha migrado en la misma dirección. Esta serie de actividades volcánicas se desarrolla desde el Pleistoceno tardío (0.7Ma) hasta el presente. La fuente de calor regional para el sistema geotérmico de Amatitlán se interpreta como asociada a las series de este magmatismo, incluyendo la reciente actividad del Volcán de Pacaya, el cual tuvo una erupción el 17 de enero del 2000, de tipo Estromboliano de gran magnitud.

De acuerdo con los estudios en los pozos, estructura geológica, determinación de edades, distribución de temperatura, características geoquímicas del fluido geotérmico, etc. que se describen a continuación, se tratará de identificar la fuente directa de calor del sistema geotérmico de Amatitlán

- a. Como se muestra en las Fig. 2-5-2 y Fig.2-5-3, se espera una temperatura superior a los 300°C, en el techo del basamento formado por granito porfírico.
- b. Conforme a la observación de los recortes de perforación y de las formas de sus cristales de circón, las rocas dacíticas atravesadas durante la perforación de los pozos AMJ-1, AMJ-2 y AMF-2 son similares a las de los domos dacíticos adyacentes al Lago de Amatitlán. Especialmente la dacita atravesada en el intervalo de 560-870m de profundidad en el pozo AMF-2 se cree que forma una parte de la intrusión. Así también, se cree que esta intrusión se activó en la misma época, 3-6ka, cuando se formaron los domos dacíticos de el Cerro Limón y el Cerro La Mariposa.
- c. La temperatura de homogenización de las inclusiones fluidas muestra una distribución bimodal por debajo de los 1,100m de profundidad en el pozo

AMJ-2, así como en los pozos AMF-1 y AMF-2. Esto podría indicar unos 50°C de incremento debido a la nueva intrusión dacítica. Este tipo de incremento de temperatura, no ha sido confirmado en otros pozos.

- d. De la distribución de temperatura, como se menciona más adelante, la anomalía de alta temperatura en el área de estudio se encuentra alrededor de los pozos AMJ-2, AMF-1 y AMF-2. La forma del área de esta anomalía es bastante concordante con la del borde de la Laguna Calderas.

De acuerdo con la interpretación anterior, se estima que magma dacítico intrusionó a lo largo de las fallas relacionadas con el borde oeste de la zona de levantamiento del basamento y con el borde de la caldera de edad 3-6 ka y el cuerpo de roca dacítica que se encuentra adentro de Laguna de Calderas. Además, es altamente probable que este cuerpo dacítico juegue un papel importante como fuente de calor directa en el sistema geotérmico de Amatitlán.

2.5.3 Distribución de Temperatura

Se hizo un mapa de distribución de temperatura de acuerdo con los datos de los registros de pozos y la temperatura de homogenización de las inclusiones fluidas de los 6 pozos perforados en el área de estudio.

- a. La mayor temperatura en el área de estudio se observa en los alrededores del fondo del pozo AMF-2. Confirmando una temperatura mayor de 300°C alrededor del techo del basamento que está formado por granito porfirico. A una elevación de 200msnm, se midió una temperatura máxima de 320°C con los registros de temperatura.
- b. Una inversión de temperatura aparece a una elevación cercana a los 500msnm en el pozo AMF-3 y una línea isotérmica de 200°C a la misma elevación se extiende hacia el norte en forma de lengua (referirse a la Fig.2-5-3). Este hecho sugiere que el fluido de alta temperatura fluye lateralmente hacia el norte a lo largo de la zona del basamento elevado.
- c. La línea isotérmica dobla hacia el noroeste del área alrededor del pozo AMJ-1. La baja resistividad del área, indicada por los sondeos MT tiene una prolongación concordante con el borde de la caldera intermedia. De acuerdo con los análisis geoquímicos, se reportó un flujo lateral de fluidos de alta temperatura hasta alcanzar el Río Michatoya en la misma dirección. De acuerdo con estas evidencias, la zona fracturada desarrollada a lo largo de la caldera intermedia es de gran permeabilidad y tiene una función importante como pasaje de los fluidos.
- d. Alrededor del pozo AMF-4, se extiende una anomalía de temperatura relativamente baja en dirección ESE. Agua meteórica o agua fría subterránea en la porción más somera del pozo, podría percolarse a lo largo de la falla asociada con el borde de la caldera interior. Esta estimación es concordante con la profundidad a la de la pérdida de circulación encontrada alrededor de 1,000m de profundidad en el pozo AMF-4.

En conclusión, la temperatura interna en el área de estudio tiene un centro alrededor del cuerpo de intrusión dacítica bajo la parte oeste de Laguna de

Calderas y decrece de forma concéntrica. En general, la distribución de temperatura tiene relación con el flujo de fluidos que se refleja en la estructura geológica relevante del basamento levantado y las series de bordes caldéricos.

2.5.4 Modelo Geoquímico

De acuerdo con la interpretación geoquímica correspondiente a los fluidos geotérmicos, se reconstruyó el modelo geoquímico del campo geotérmico de Amatitlán (Fig.2-5-4).

Los reservorios geotérmicos atravesados por los pozos AMJ-1, AMJ-2, AMF-1 y AMF-2 pueden conformar un único sistema geotérmico. Aunque la descarga de fluidos de los pozos es sólo vapor en el pozo AMJ-1 y fluido con exceso de vapor en los pozos AMJ-2 y AMF-2, el sistema es esencialmente de tipo líquido dominante. Todos los fluidos geotérmicos posiblemente se derivan de un fluido original de ca.330°C y ca.2,500mg/L en Cl. El origen del fluido del reservorio se considera básicamente agua meteórica de circulación profunda con una proporción menor de fluidos magmáticos. El agua meteórica es posiblemente una mezcla de precipitación de gran elevación del lado sur y agua de baja elevación de los lados norte y noreste, incluyendo el agua del Lago de Amatitlán. De acuerdo con las relaciones de Cl/B en el agua descargada, se cree que la principal roca que aloja el reservorio son rocas volcánicas, y no el granito del basamento.

Se cree que la principal zona de ascenso de fluidos está cerca de los pozos AMF-2 y AMJ-2, debido a que en estos pozos se ha observado la mayor temperatura del fluido (290-300°C) por métodos geotermométricos. El ascenso de los fluidos calientes probablemente es acompañado por ebullición parcial, proporcionando a los fluidos del reservorio un aumento leve en el contenido de Cl (ca.2,700mg/L) que el fluido original. Ebullición adicional durante el ascenso de los fluidos puede provocar la alimentación de fluidos a profundidades más someras en el pozo AMJ-2, el cual es relativamente más frío (<280°C) y con una fracción de vapor y contenido de Cl relativamente mayores (>2,800mg/L). Posiblemente, una porción mayor del fluido de alta temperatura fluye lateralmente hacia el noreste con más ebullición y separación de vapor, formando el reservorio del pozo AMF-1. Una parte del vapor separado del fluido, asciende a una zona más somera formando la fumarolas en Calderas. El fluido en el reservorio del pozo AMF-1 se encuentra más afectado por la separación de vapor, la cual provoca un decremento de la temperatura hasta cerca de 250°C y un enriquecimiento de Cl hasta cerca de 3,300mg/L. El fluido que asciende en Calderas fluye lateralmente principalmente en direcciones norte y noreste y se diluye con agua fría subterránea, para descargar finalmente en la playa sur del Lago de Amatitlán.

Aunque se cree que los fluidos del reservorio geotérmico del pozo AMJ-1 se originan del fluido original, no está claro el camino que sigue el fluido que alimenta este reservorio. Sin embargo, de acuerdo con el monitoreo geoquímico de los pozos AMF-1 y AMF-2, al menos el reservorio del pozo AMJ-1, tiene algún grado de conexión con los otros. El fluido del reservorio parece estar significativamente evaporado debido a su baja permeabilidad. La geotermometría de gases indica una temperatura del reservorio de 260-280°C.

Aunque no se muestra en el modelo de la Fig.2-5-4, como se ha mencionado en estudio previos, podría existir un flujo del fluido de alta temperatura hacia el oeste hasta alcanzar el valle del Río Michatoya, generando muchos manantiales

calientes mezclados con agua subterránea somera en el valle.

2.5.5 Modelo conceptual

El modelo del sistema geotérmico en el área de Amatitlán, se considera un sistema de convección hidrotermal originado por agua meteórica de las tierras altas del sur y del Lago de Amatitlán (se muestra en las Fig.2-5-1, Fig.2-5-2, y Fig.2-5-3). Se cree que este sistema ha sido calentado directamente por la intrusión dacítica que se encuentra bajo la parte oeste de Laguna de Calderas, y es afectada de forma regional por el ascenso de calor y gases del magma remanente, luego de que el volcanismo continuó desde el Pleistoceno tardío (0.7Ma) hasta el Reciente, con eventos tales como los domos dacíticos, la intrusión, sucesivas erupciones del Volcán de Pacaya, etc.

El agua meteórica de recarga se considera que fluye hacia el norte o el noreste sobre las rocas graníticas del basamento. El agua meteórica que fluye es calentada por conducción de calor del magma remanente, y evoluciona a agua caliente de tipo neutral clorurado por su interacción con las rocas de la zona. Esta agua caliente contiene gases que ascienden desde las rocas del basamento, elevándose hasta los 300-340°C. Esta agua profunda se supone que sea el agua original en el sistema geotérmico de Amatitlán.

El ascenso del fluido caliente está circunscrito principalmente a lo largo de las fallas relacionadas con el borde oeste del tren estructural NE-SW del basamento levantado, las fallas formadas en el borde de Laguna Caldera al oeste de la Laguna de Calderas, y la zona de fracturamiento desarrollada alrededor de la intrusión por el levantamiento de magma dacítico.

En el pozo AMF-2, a una elevación de 500 msnm, el fluido geotérmico tiene una temperatura de 290-300°C y un contenido de Cl de 2,700mg/l. Este fluido caliente fluye verticalmente a través del tren de fallamiento NE-SW, dando origen a fumarolas y zonas de alteración en la pared oeste de Laguna Caldera. Horizontalmente, este fluido alcanza el pozo AMF-1 a lo largo de la falla NE-SW con ebullición que provoca el reservorio de agua dominante con entalpía relativamente baja y alta salinidad atravesado por este pozo.

La ebullición junto con el ascenso de fluidos geotérmicos produce una deposición de sílice y alteración hidrotermal en la zona somera, formando la capa sello del reservorio geotérmico. Esta zona de alteración hidrotermal fue identificada por los sondeos MT como una anomalía de baja resistividad. En el área bajo y alrededor de los pozos AMF-1 y AMF-2, existe un reservorio de dos fases (líquido y vapor) justo debajo de esta capa sello. De la distribución de esta anomalía de baja resistividad, la zona de alteración hidrotermal posiblemente se extiende hacia el norte en forma bandeada. Los análisis geoquímico sugieren que el agua caliente se diluye gradualmente con el agua meteórica durante su viaje hacia el norte. Finalmente, la temperatura decrece y da origen a los manantiales calientes adyacente a la playa del Lago de Amatitlán.

Por el contrario, parece difícil que la capa sello se extienda hacia el oeste debido al menor desarrollo de la zona de alteración alrededor de los pozos AMJ-1 y AMJ-2.

El fenómeno de la declinación de la temperatura hacia abajo se identificó en el pozo AMF-3. Esto sugiere que el agua del Lago de Amatitlán podría estarse

infiltrando a una altitud entre 0-500 msnm hacia el suroeste y estar enfriando la temperatura del subsuelo en la parte noreste del área de estudio.

La intrusión dacítica bajo la parte este del pozo AMF-2 es similar a los domos dacíticos que están adyacentes al Lago de Amatitlán, tal como lo indican la morfología de cristales de circón y las dataciones geológicas. Así, existe una alta posibilidad que la intrusión de magma dacítico haya ocurrido en la misma época (3-6ka) en que se formaron los domos dacíticos de el Cerro Limón y Cerro La Mariposa.