

Fig. 1.4-1 Seismic Survey Line Map

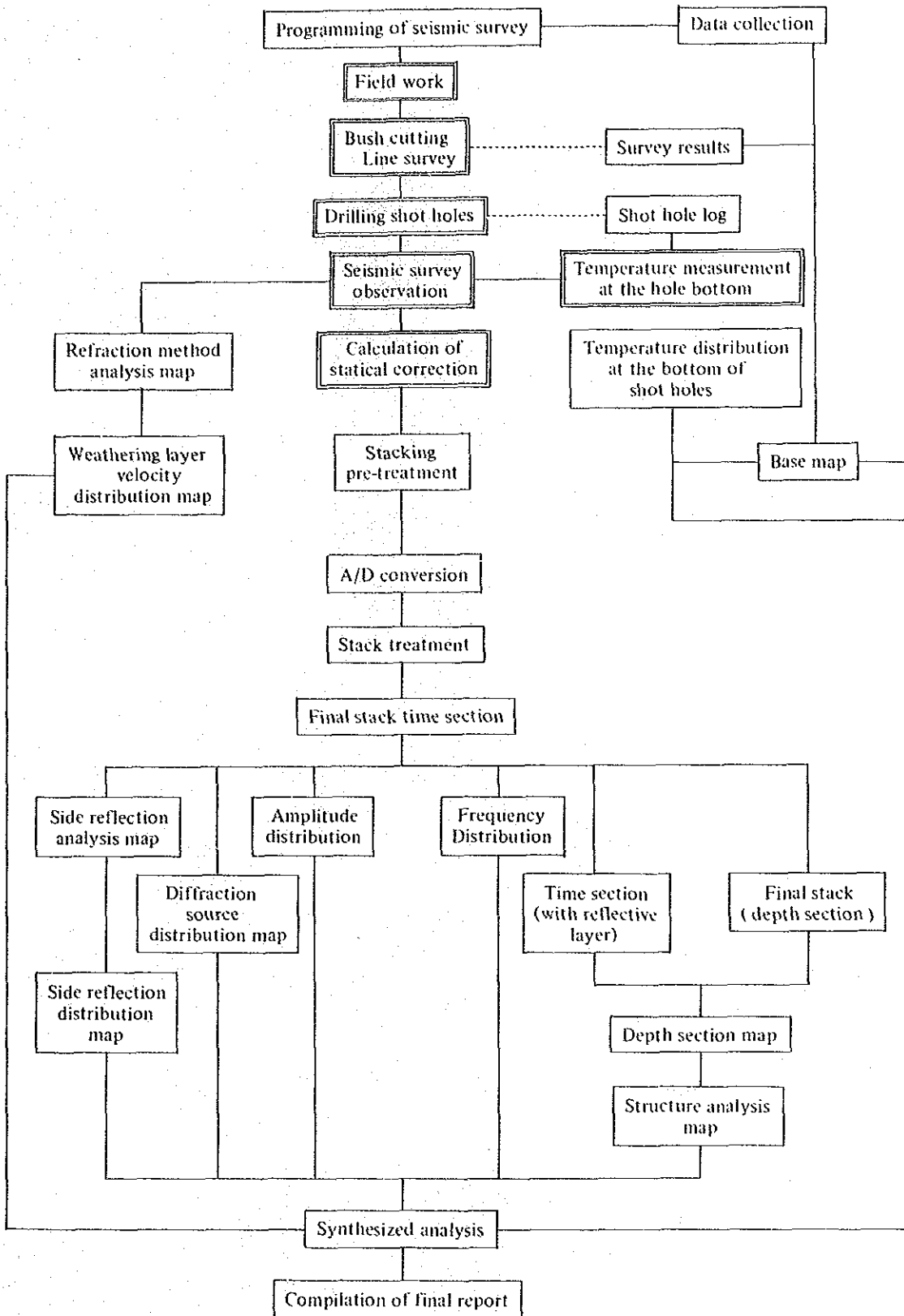


Fig. 1.4-2 Flow Chart of Seismic Survey

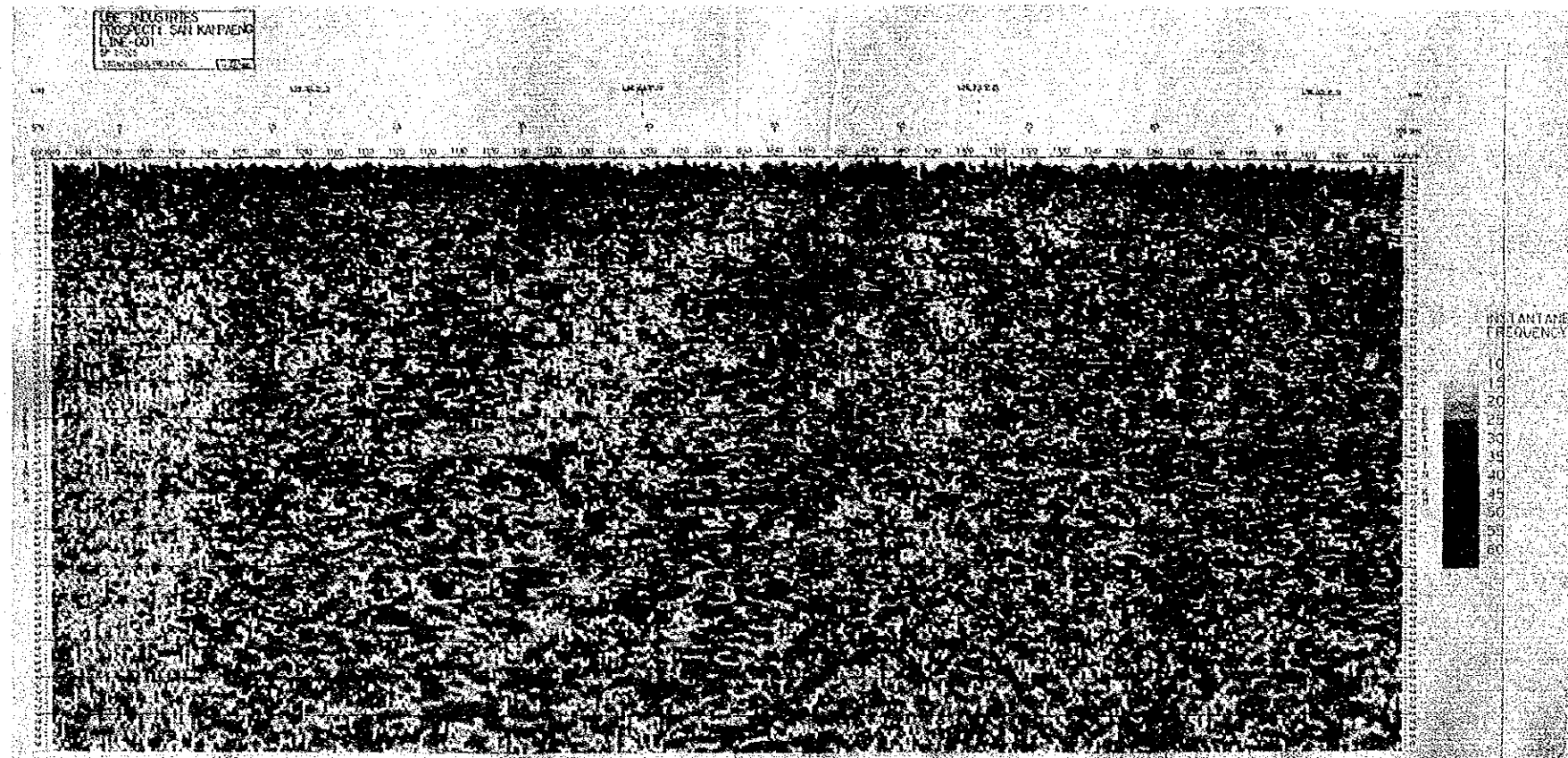


Fig. 1.4-4 Frequency Analysis Section : Line-A

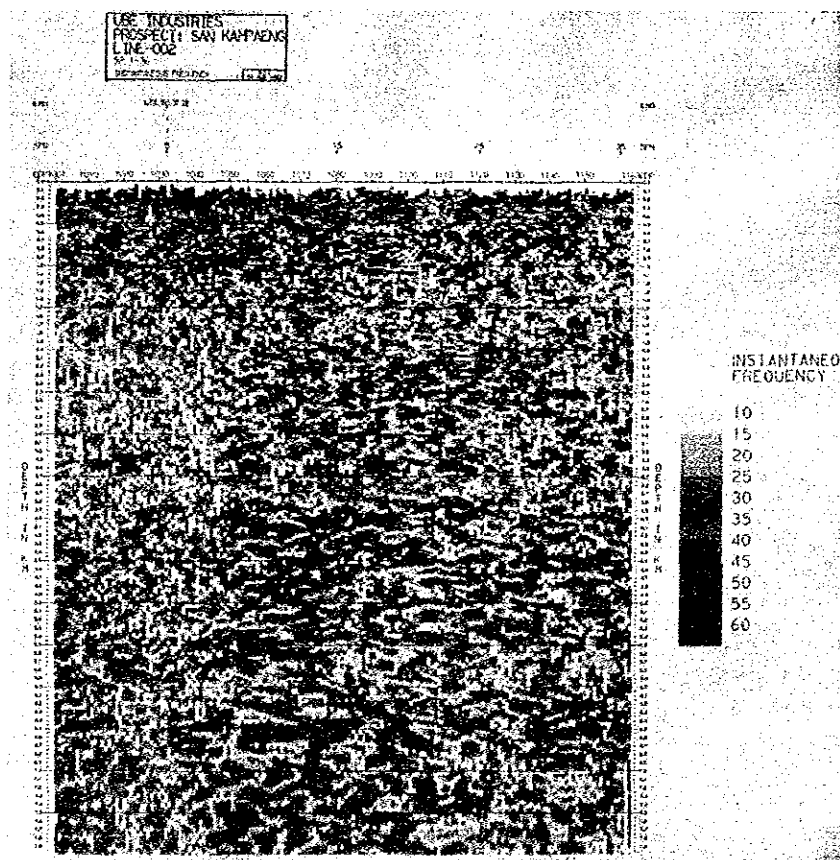


Fig. 1.4-5 Frequency Analysis Section : Line-B

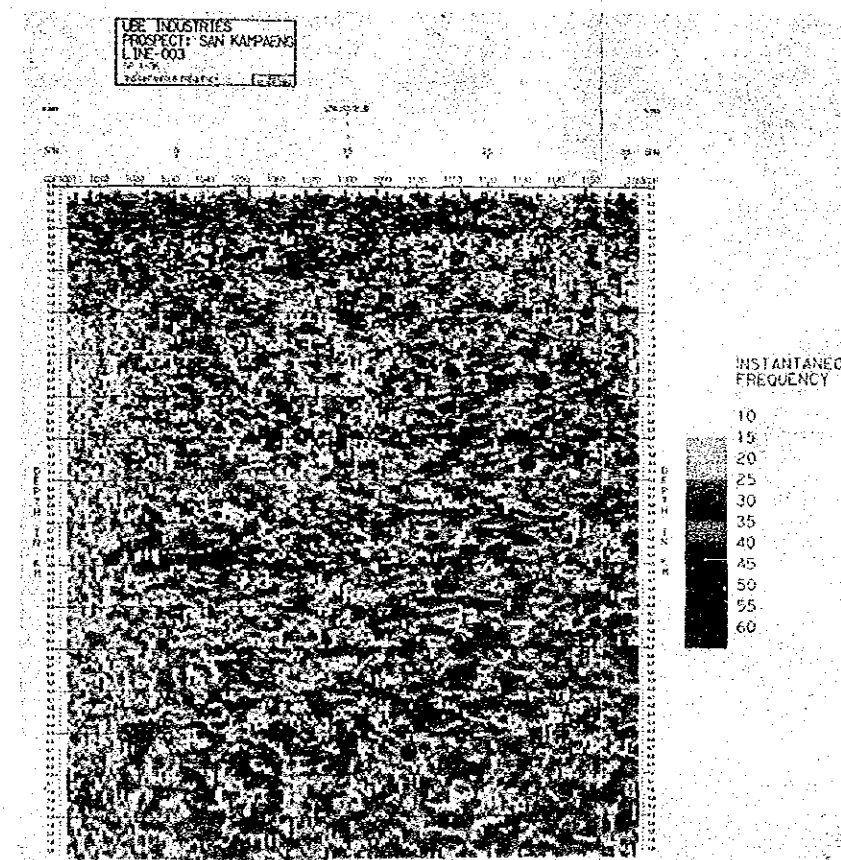


Fig. 1.4-6 Frequency Analysis Section : Line-C

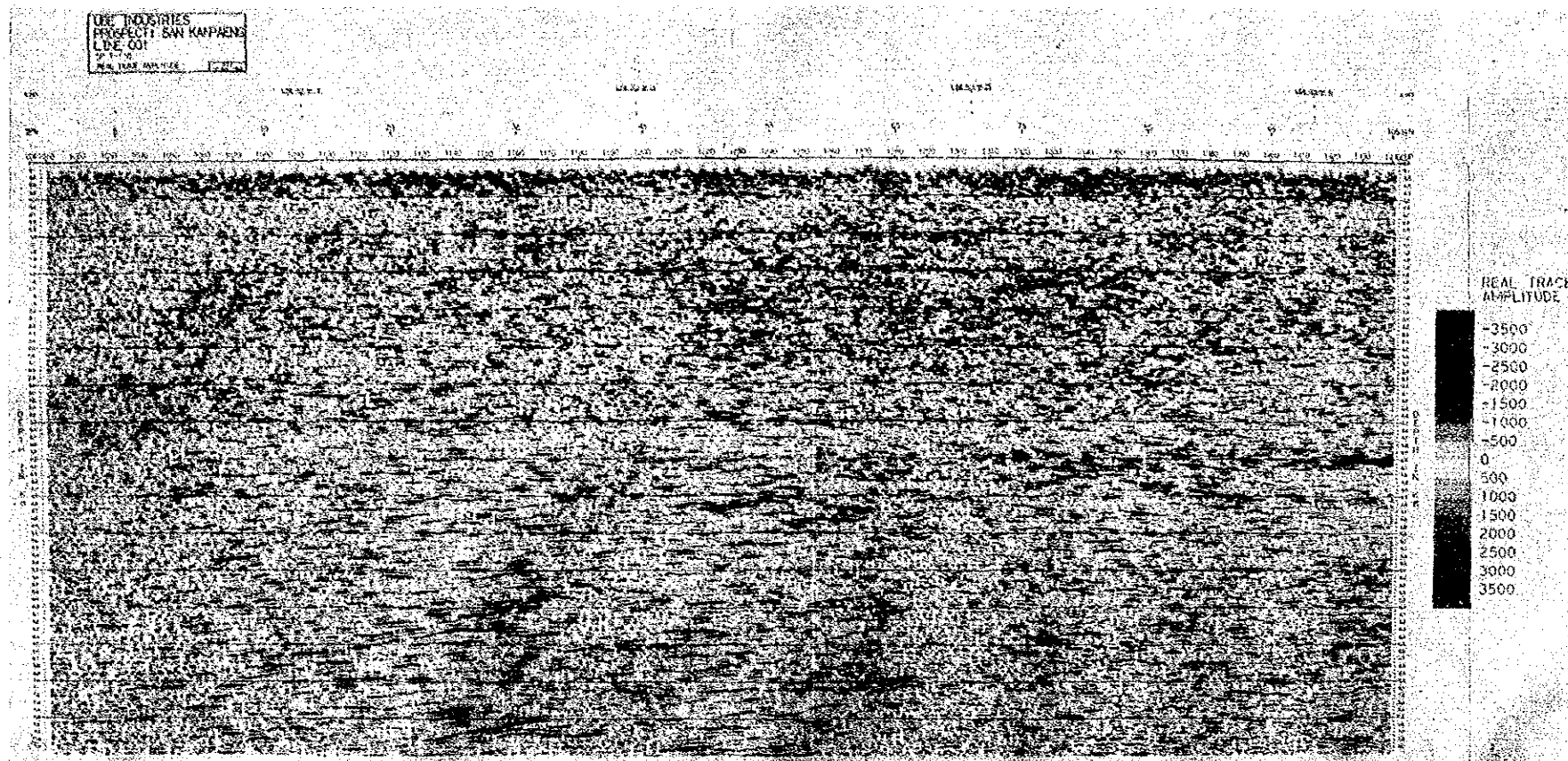


Fig. 1.4-7 Real Trace Amplitudo : Line-A

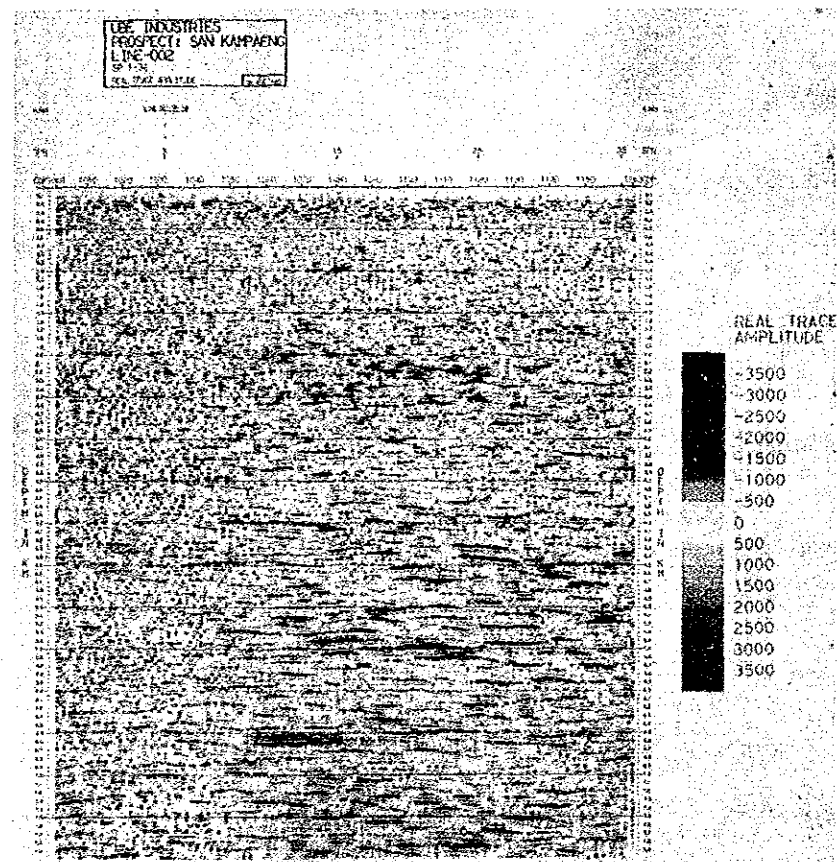


Fig. 1.4-8 Real Trace Amplitudo : Line-B

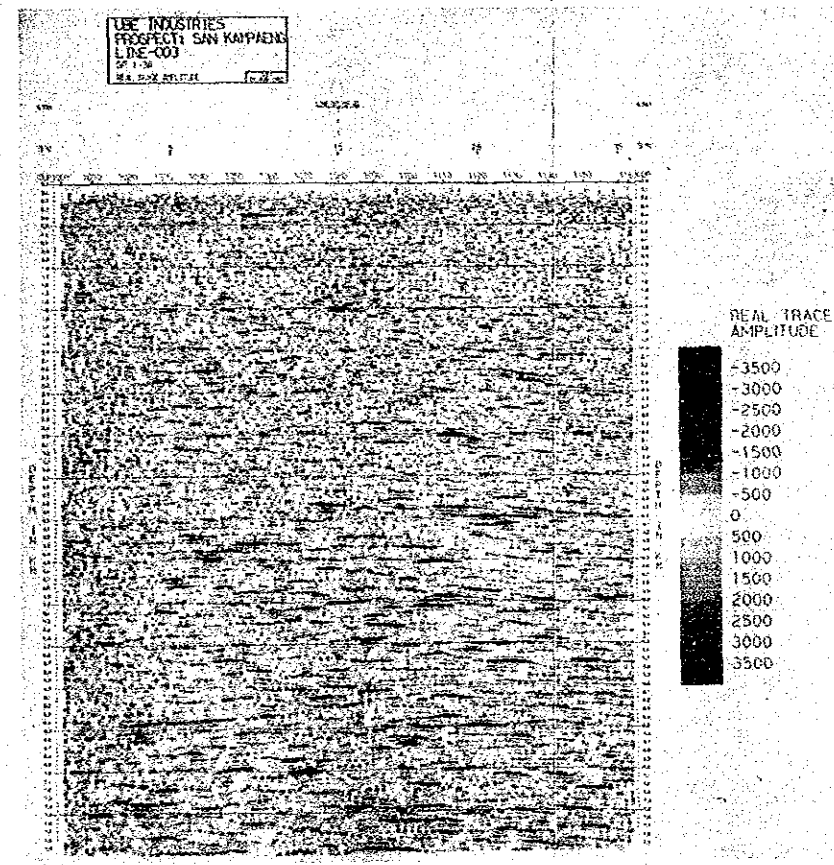


Fig. 1.4-9 Real Trace Amplitudo : Line-C

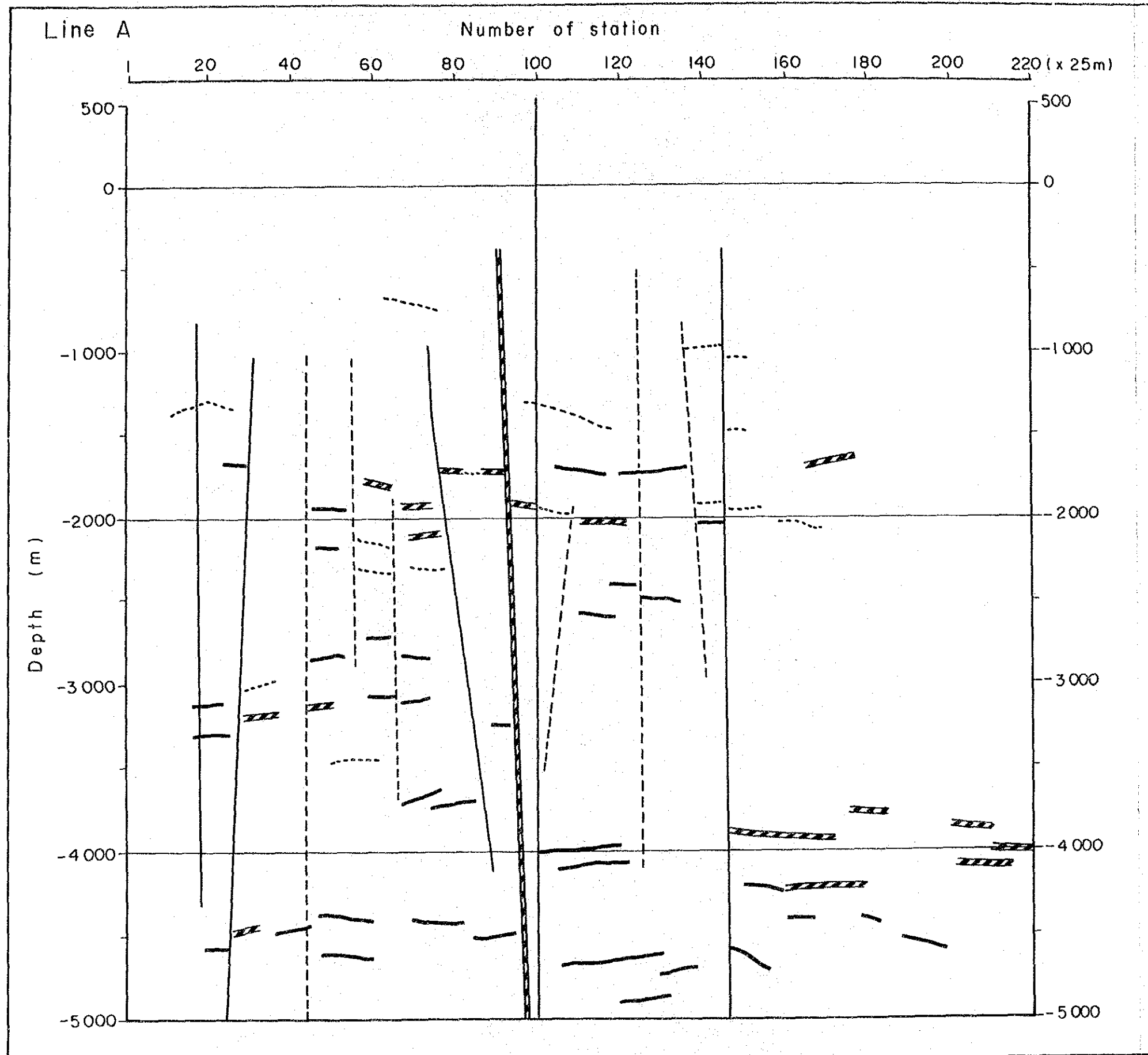
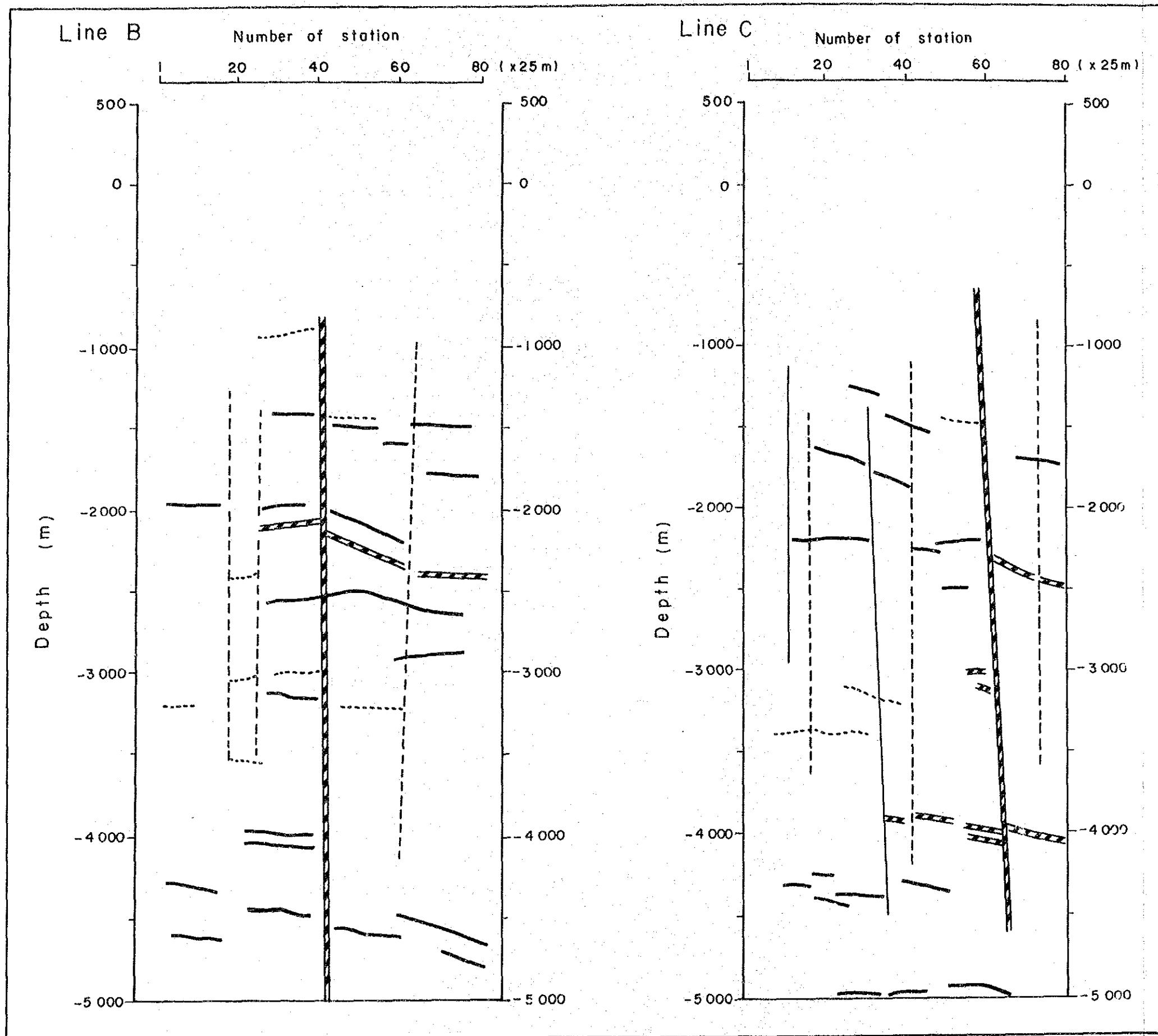


Fig. 1.4-10 Map of Estimated Reflector and Discontinuity (Line A)



- LEGEND—
- (Reflector)
- (1) clear
 - (2) ↔ unclear
 - (3) unclear
- (Discontinuity)
- (1) clear
 - (2) ↔ unclear
 - (3) unclear

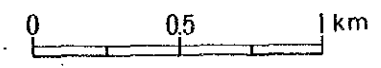


Fig. 1.4-11 Map of Estimated Reflector and Discontinuity (Line B, C)

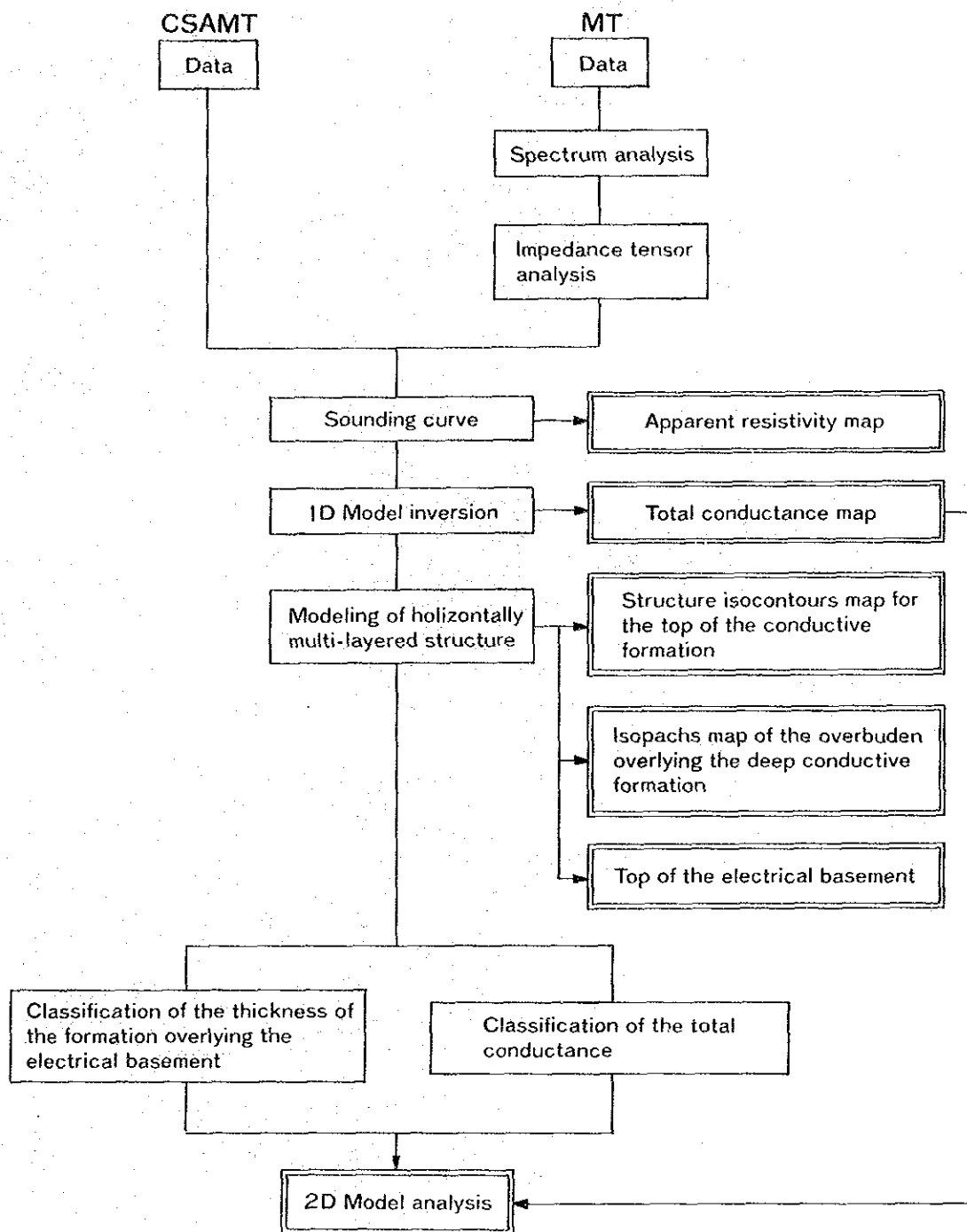
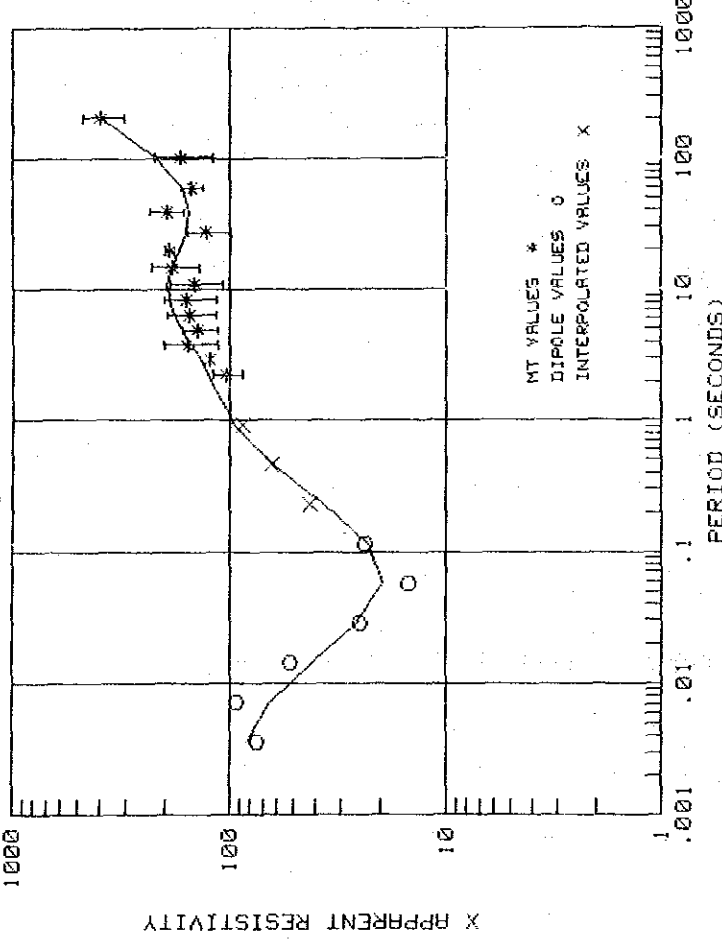


Fig. 1.5-3 Analysis Process of CSAMT Method and MT Method

San Kampaeng Station 0-1

San Kampaeng Station 0-1



MODEL DATA

PERIOD (SECONDS)	APPARENT RESISTIVITY
.0036	84.12
.0071	64.80
.0143	41.86
.0286	25.52
.0570	19.55
.1143	22.64
.2286	36.21
.4571	62.63
.9143	93.48
2.2685	126.45
3.9257	137.27
7.7926	151.07
15.5852	166.92
31.1704	182.01
62.3408	192.46
124.6816	194.13
249.3632	185.21
498.7264	172.27
997.4528	158.83
1994.9056	153.25
3989.8112	166.55
7979.6224	224.01
15959.2448	399.99

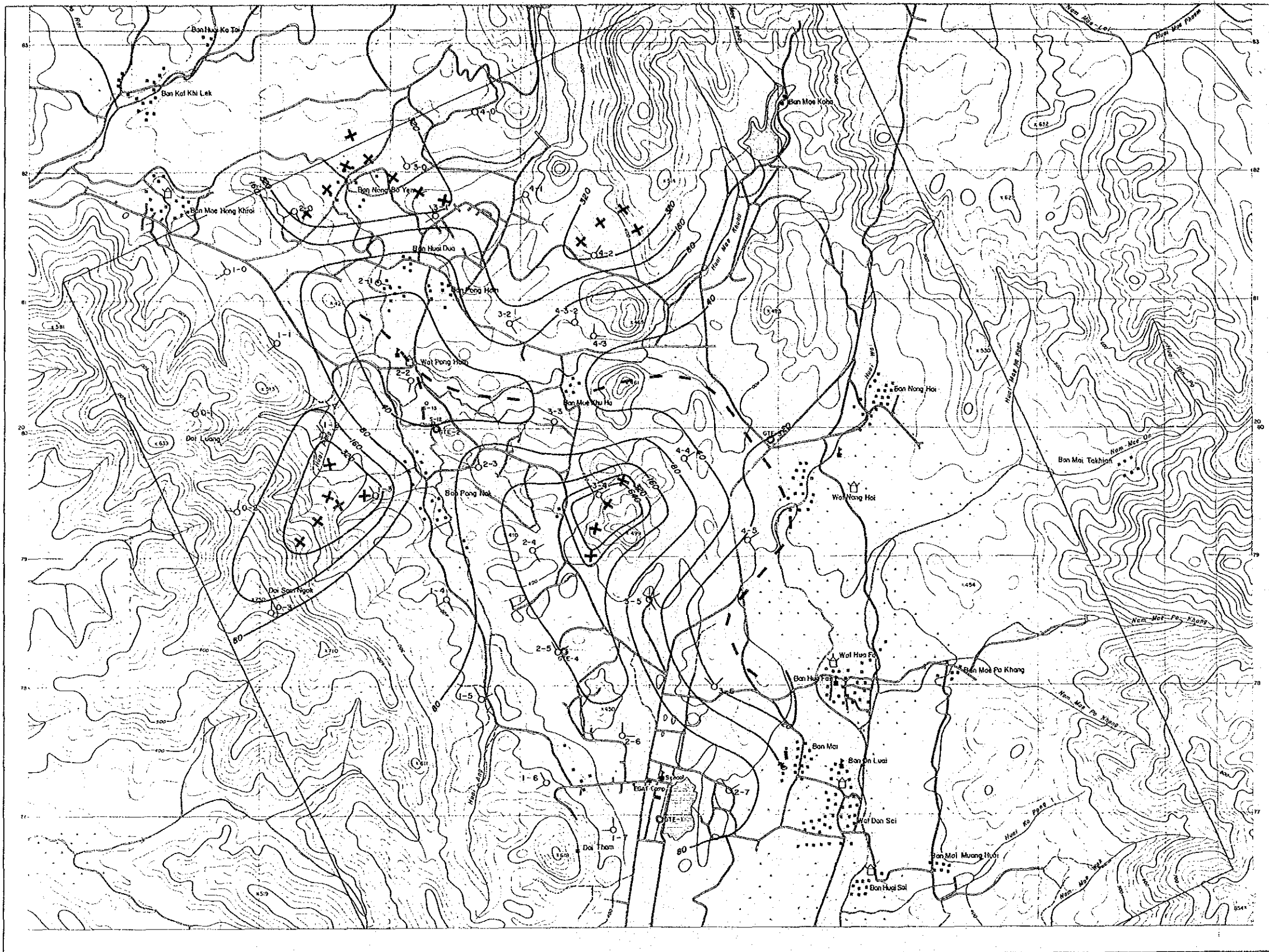
X-AXIS FIELD DATA

PERIOD (SECONDS)	APPARENT RESISTIVITY
.0036	74.57
.0071	52.70
.0143	51.72
.0286	24.57
.0570	14.84
.1143	23.64
.2286	41.56
.4571	63.06
.9143	86.42
2.2685	103.54
3.9257	124.68
7.7926	150.77
15.5852	139.90
31.1704	154.53
62.3408	160.39
124.6816	147.23
249.3632	184.26
498.7264	190.55
997.4528	127.92
1994.9056	39.3840
3989.8112	150.38
7979.6224	170.22
15959.2448	399.21

AVERAGE ROTATION ANGLE = 37.8 DEGREES
 TOTAL CONDUCTANCE = 77.0 (MHOS) (FOR TOP 5 LAYERS)
 LAYERED MODEL

RESISTIVITY	DEPTH(KM)	ALTITUDE(M)
12.1	.013	360.0 (SURFACE)
201.0	.257	547.0
3.0	.310	303.0
32.9	.628	250.0
3288.5	8.976	-68.0
5.0	8.601	-7816.0
3545.0	27.000	-8041.0
45.0	35.000	-25440.0
		-34440.0

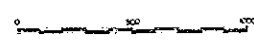
Fig. 1.5-4 Apparent Resistivity Curve



THE PRE-FEASIBILITY STUDY
ON
THE SAN KAMPAENG GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT
IN THE KINGDOM OF THAILAND

APPARENT RESISTIVITY ISOCONTOURS
(Period 111304sec)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
DEPARTMENT OF MINERAL RESOURCES
CHIANG MAI UNIVERSITY

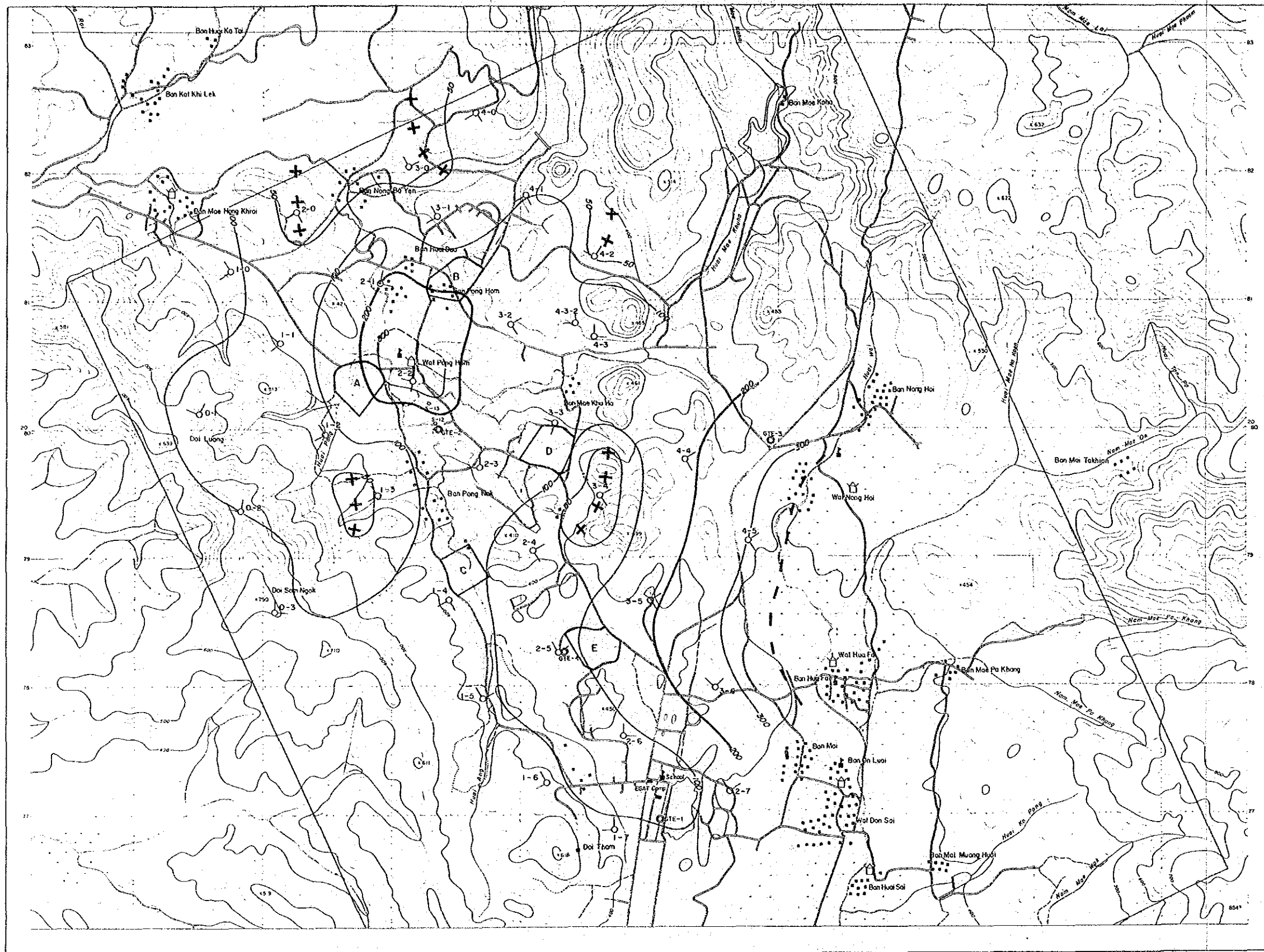


LEGEND

- Contoured area
- Uncontoured area
- Stream
- Village
- Well
- School
- Rice field
- Dam (water reservoir)

- Apparent resistivity contour (in m)
- High resistivity anomaly
- Low resistivity anomaly
- Measurement point

Fig. 1.5-5 Apparent Resistivity



THE FEASIBILITY STUDY
ON
THE SAN KAMPHAENG GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT
IN THE KINGDOM OF THAILAND

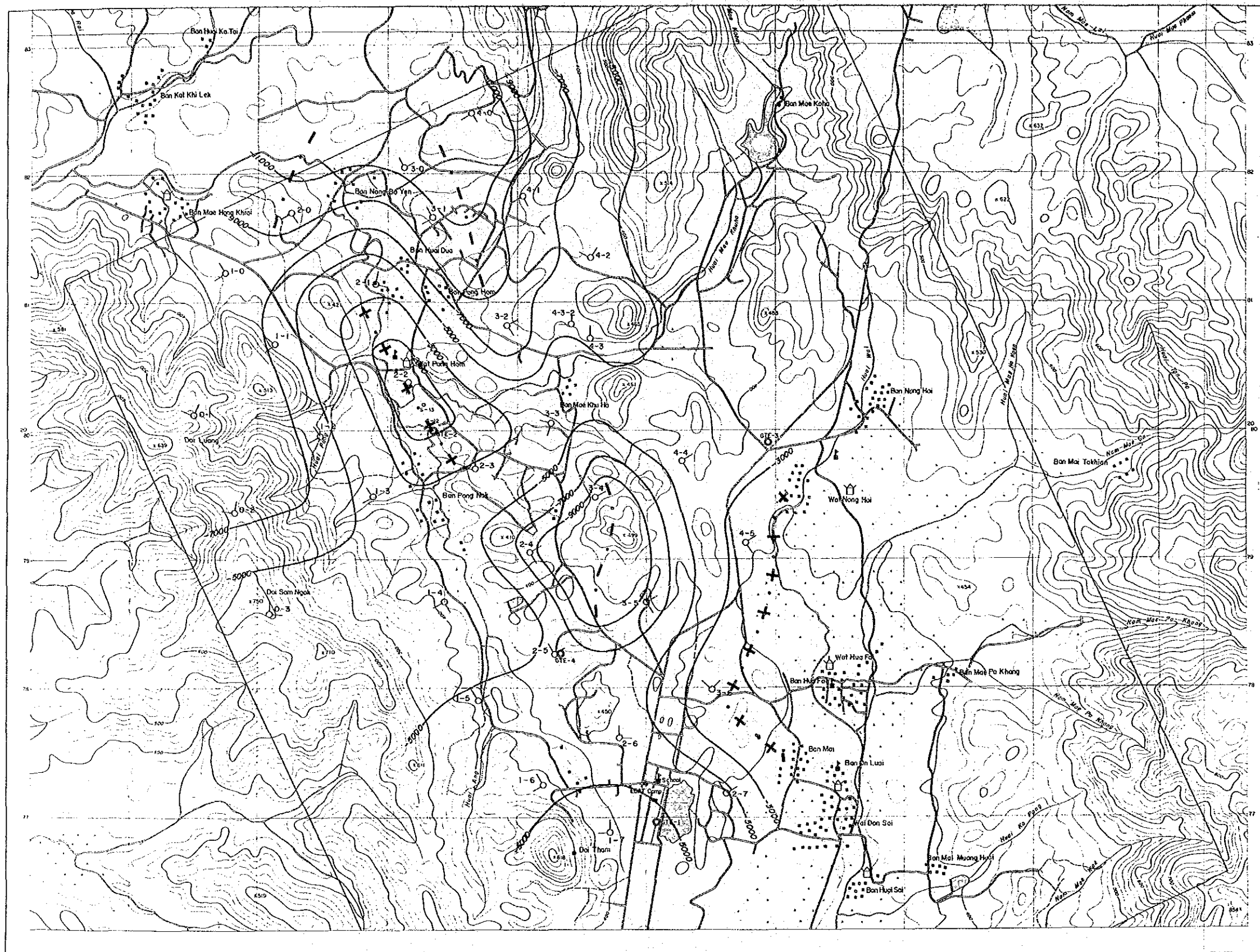
TOTAL CONDUCTANCE

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
DEPARTMENT OF MINERAL RESOURCES
CHIANG MAI UNIVERSITY

0 500 1000

- LEGEND
- Confined road
 - Unconfined road
 - Stream
 - Village
 - Wat
 - School
 - Rice fields
 - Dam (water reservoir)
- Total conductance (lines)
- Low conductance anomaly
- High conductance anomaly
- Measurement point

Fig. 1.5-6 Total Conductance



THE PRE-FEASIBILITY STUDY
ON
THE SAN KAMPAEHO GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT
IN THE KINGDOM OF THAILAND

TOP OF ELECTRICAL BASEMENT

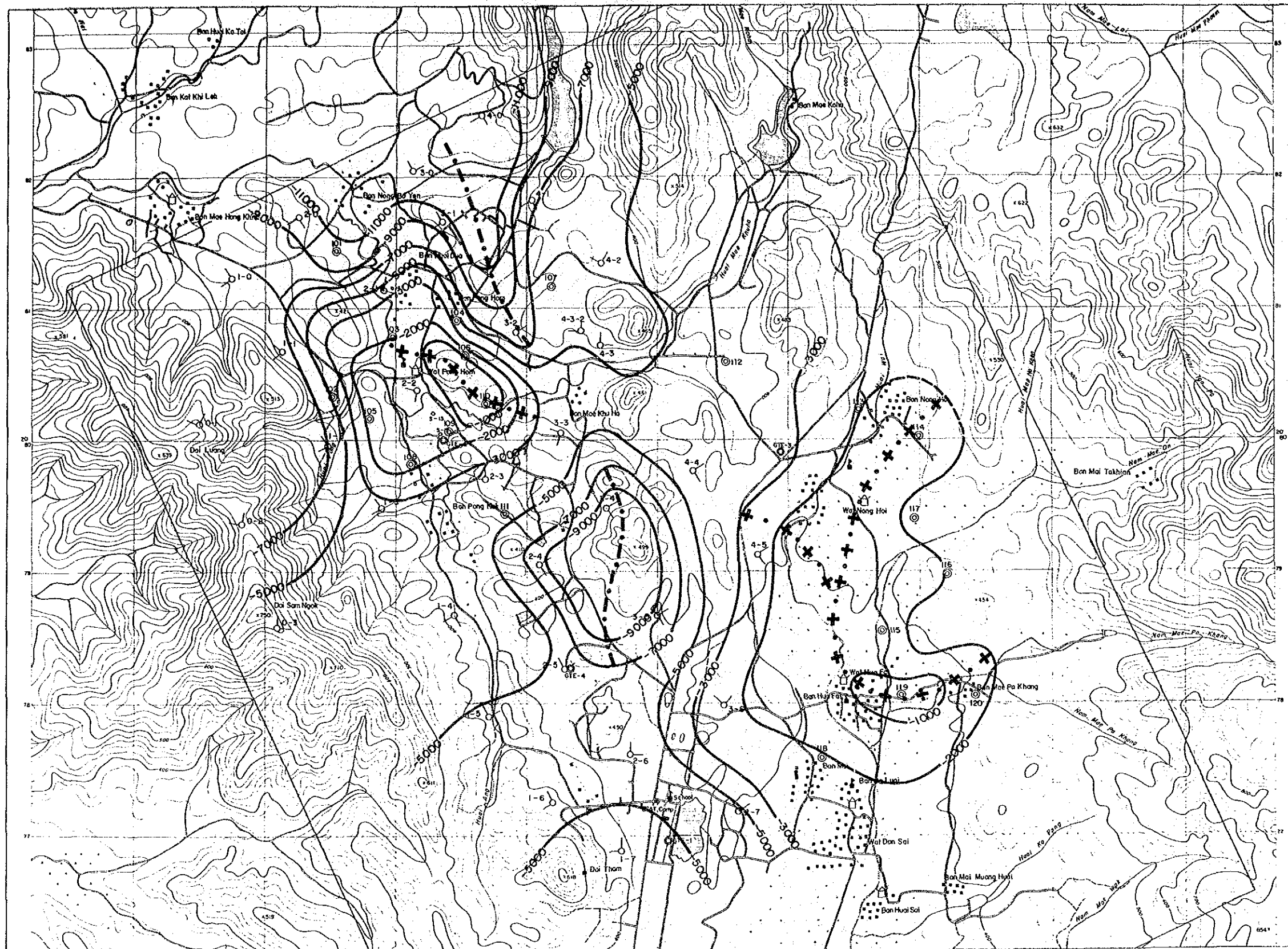
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
DEPARTMENT OF MINERAL RESOURCES
CHIANG MAI UNIVERSITY

LEGEND

- Paved road
- Unpaved road
- Stream
- Village
- Wot
- School
- Rice field
- Dam (water reserved)

- Structure contour (500 level)
- Anticline axis
- Syncline axis
- Measurement point

Fig. 1.5-10 Top of Electrical Basement



THE PRE-FEASIBILITY STUDY
ON
THE SAN KAMPANG GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT
IN THE KINGDOM OF THAILAND

TOP OF THE ELECTRICAL BASEMENT

unit: meter

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
DEPARTMENT OF MINERAL RESOURCES
CHIANG MAI UNIVERSITY

- LEGEND**
- Confirmed road
 - Unconfirmed road
 - Stream
 - Village
 - Wat
 - School
 - Rice field
 - Dam (water reserve)

- 3-30 Measurement point (1983)
- 112 Measurement point (1984)
- Syncline Axis
- Anticline Axis

Fig. 1.5-12 Top of Electrical Basement

San Kampaeng Cross—Section #1-84

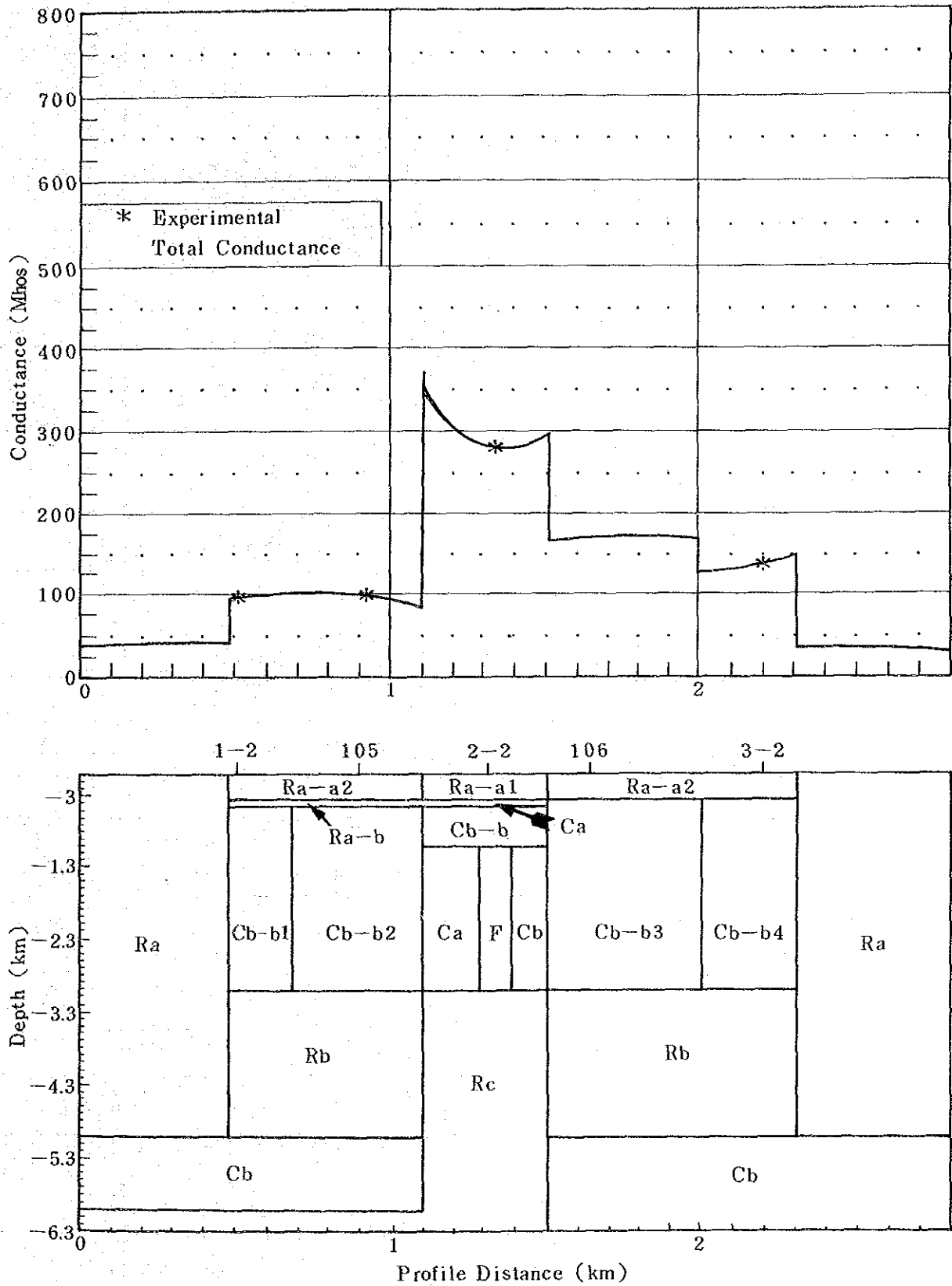


Fig. 1.5-13 Resistivity Profile (A)

San Kampaeng Cross-Section #2-84

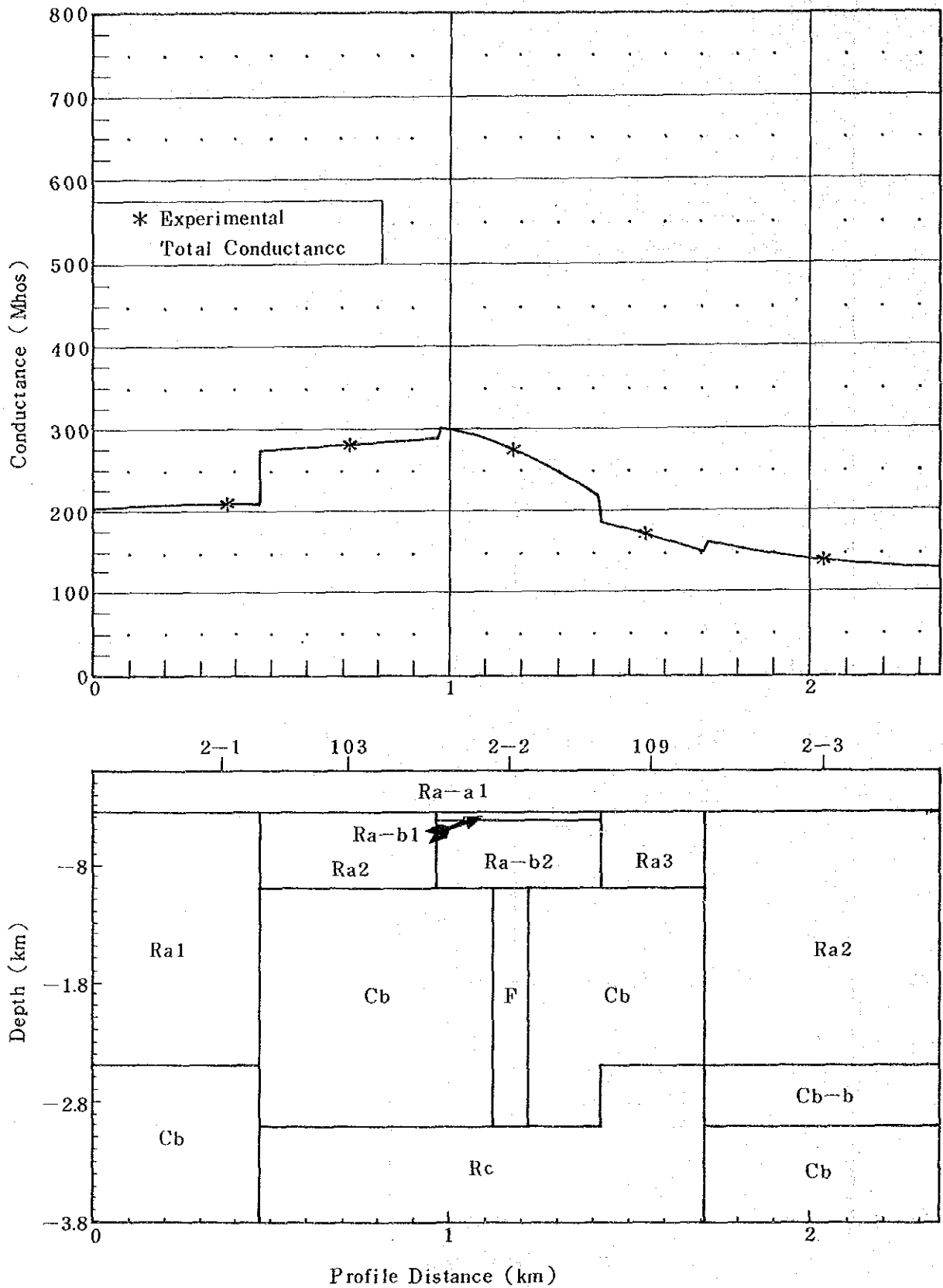


Fig. 1.5-14 Resistivity Profile (B)

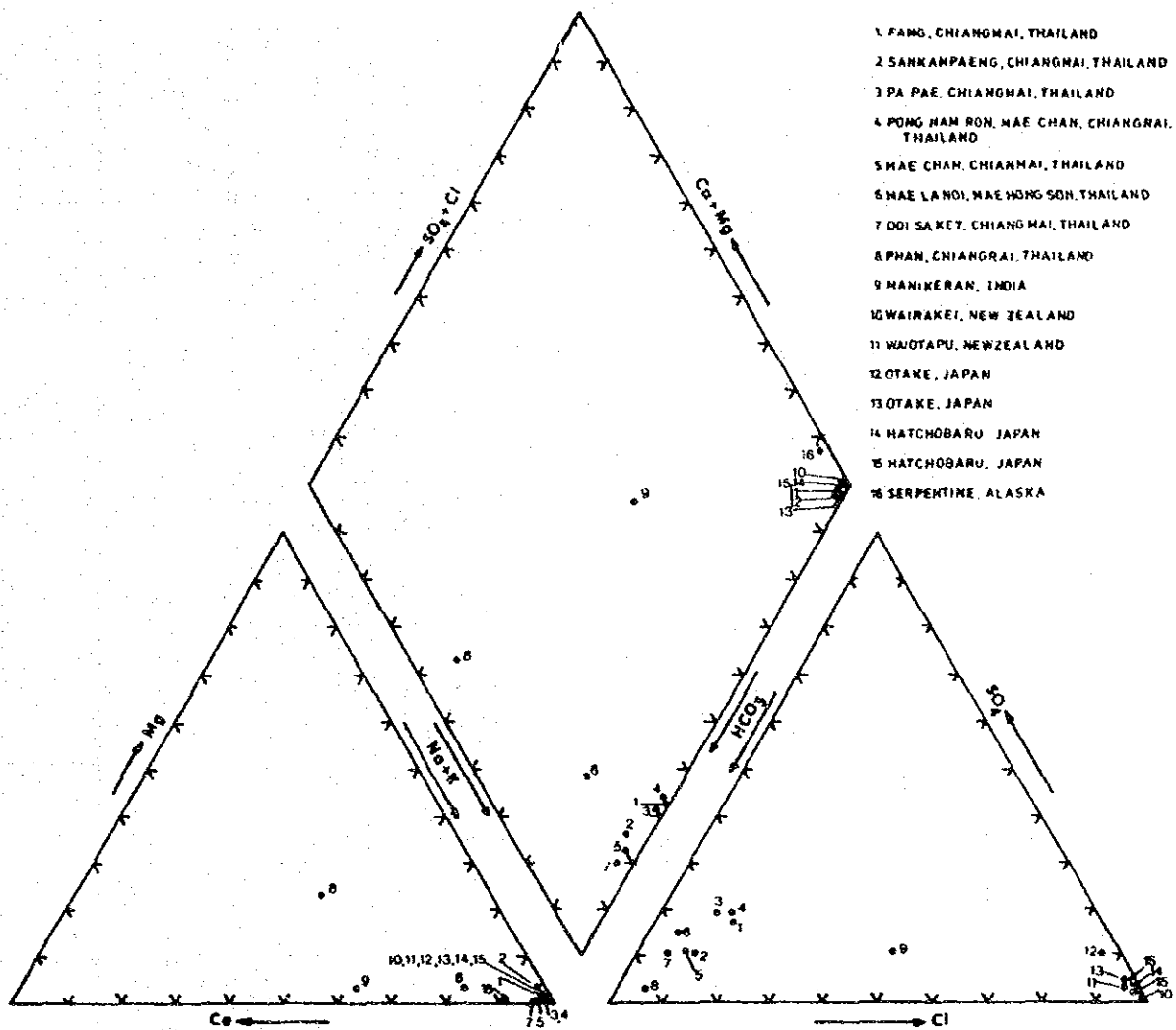


Fig. 1.6-1 Hydrochemical Characteristics of Thermal Waters from Northern Thailand and Other Parts of the World

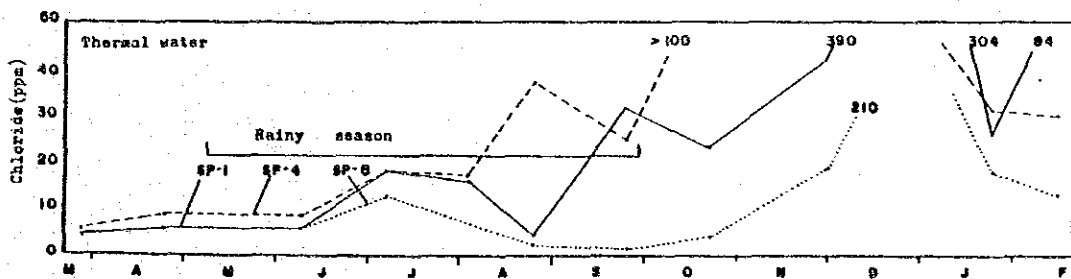


Fig. 1.6-2 Variation of Chloride Concentrations with Time in San Kampaeng Area

表 1.1 - 2 產出化石一覽表

Sample Number	T - 099	E - 051	E - 055	W - 011	W - 015
Rock Name	Limestone	Limestone Breccia	Limestone	Limestone breccia	Limestone
Locality	X = 29,670 E Y = 77,280 N	X = 25,310 E Y = 76,940 N	X = 25,510 E Y = 77,630 N	X = 25,930 Y = 80,780	X = 25,720 E Y = 79,680 N
Age	Middle Permian	Carboniferous	No Determined	No Determined	Middle ? Permian
Fossils	Fusulinid Neoschwagerina Sumatrina Parafusulina ? Chusenella ? Crinoid Stem: Algae:	Fusulinid: Profusulinella ?? Coral flakes Bryozoa Algae ?	Crinoid Stem	Algae ?	Fusulinid: Schubertella Sp ? Kahlerina Crinoid stem Endothyrida Algae
Remark	Neoschwagerina and Sumatrina indicate that the strata is middle-Permian in age. Most of fusulinid are deformed and partly broken.	This strata is not exactly determined in age, because Fusulinids are rare and imperfect. They are assumed as Profusulinella of middle Carboniferous age for their size and shell structure. However, it is doubtful in age because an axial plane is not detectable.	This rock is highly recrystallized. Geological age is impossible to determine because of only crinoid stems.	Rock facies is resemble to E-051. No age-determinable fossils are detected and no fossils in colitic limestone pebble are recognized.	Schubertella is found in early - middle Permian formation and Kahlerina is observed in middle Permian formation. It shows most possibility that the strata is middle Permian in age.

表 1.1 - 4 変質岩の X 線回折分析結果 (1)

No.	Sample Number	Constituent Mineral																						
		Quartz	Calcite	Plagioclase	K - feldspar		Halloysite	Montmorillonite	Saponite	Sericite	Chlorite	Kaolinite	Alunite	Gypsum	Jarosite	Marcasite	Pyrite	Goethite	Gibbsite		Rutile	Anatase	Hornblende ?	Stilpnomelane ?
1	T-056	◎		◎	●			◎		△				●			△						△	
2	T-057	◎	△	◎	●			△		△				△			△						△	
3	T-058	◎		◎	●			◎		△				△			△						△	
4	T-059	◎		◎	●			◎		△				△			△						△	
5	T-060	◎		◎	●			◎		△				△			△						△	
6	T-061	◎		○	●			◎		△				△			○						△	
7	T-062	○		◎	●			◎		●				△	●		△						●	
8	T-063	△		◎	●			◎		△				△			○						△	
9	T-064	◎	◎	◎	●			◎		△				●			△						△	
10	T-065	◎		◎	●			◎		△				●			△						●	
11	T-066	○		◎	●			◎		○				●			○						△	
12	T-067	◎		◎	●			◎		△				●			△						△	
13	T-068	△		◎	●			△		△				△	●		◎						△	
14	T-069	◎		△				◎						△	△		△						●	
15	T-070	△	○	○	△			◎		○							○						△	
16	T-071	◎		◎				△	●	△				●			△						△	
17	T-072	◎		◎	●			△	●	△				●			△						△	
18	T-073	◎		◎	●			○	●	△				△			△						△	
19	T-074	◎		△	●			○	○	△				●			△						△	
20	T-075	●	◎	△				○	○	△				●			△						●	
21	T-076	◎		○	●			◎	◎	△				△			△						△	
22	T-077	◎								△	●													
23	T-078	◎		△				○	●	●				△	●		△						●	
24	T-079	◎		△				◎									○							
25	T-081	◎								△	△							●						
26	T-087	◎								○	△							●						
27	T-091	◎								○	△	○						●			●			
28	T-097	◎	●	◎	○					◎								○						○
29	T-104	◎								△	◎												●	
30	E-002	◎								△	△													
31	E-003	◎								△	△						△							
32	E-010	◎								○	○												△	
33	E-011	◎			◎					△	△													
34	E-014	◎								○	○											●		
35	W-004	◎								○	△													
36	W-021	△		○				○			△						△							
37	W-022	○		○				◎			△													
38	W-024	◎								○	◎						△							
39	W-025	◎								○	○							●				●		
40	W-026	◎								◎	○						△							

表 1.1 - 4 変質岩の X線回折分析結果 (2)

No.	Sample Number	Constituent Mineral																							
		Quartz	Calcite	Plagioclase	K-feldspar		Halloysite	Montmorillonite	Saponite	Sericite	Chlorite	Kaolinite	Alunite	Gypsum	Jarosite	Marcasite	Pyrite	Goethite	Gibbsite		Rutile	Anatase	Hornblende?	Stilpnomelane?	
41	W-027	⊙							○		○											●			
42	W-028	⊙									△							○					△		
43	W-029	⊙									△							○							
44	W-030	⊙									△							△					△		
45	W-031	⊙					○		●									△					△		
46	W-032	⊙					○											○					○		
47	W-033	⊙					△		●									○					△		
48	W-034	⊙					△		△									○					△		
49	W-035	⊙					△		△									△					●		
50	W-036	⊙					○		○									●					△		
51	T-003							⊙															●		
52	T-004	●	⊙					△		●		●					●							△	
53	T-007	⊙										⊙									●				
54	T-009	⊙	○				△		●		●						●						●		
55	T-010	⊙	△	●					●		●		△										●		
56	T-011	⊙	△				○		●		●		●				△								
57	T-012	⊙	△				○		●		●		●				△								
58	T-013	⊙	△				○		●	●		●					△						●		
59	T-014	⊙	△				⊙		●		●		●				△								
60	T-015	⊙	○				△		●	●		●					○						●		
61	T-016	⊙	○				△		●	●		●					△						●		
62	T-017	⊙	△				△		●		●		●				△						●		
63	T-018	⊙	○				△		●	●		●					○						●		
64	T-019	⊙	△				△		●	●	●		△				△						●		
65	T-020	⊙	○	△			△		●	●		△					△						●		
66	T-021	⊙					△		●				△				●								
67	T-022	⊙	△						●								△								
68	T-023	⊙					△		●	●		●					△						●		
69	T-024	⊙	△				△						●				●								
70	T-025	⊙	△				△						●				△								
71	T-026	⊙	△				△				●		●				△								
72	T-027	⊙	△				△		●	●			△				△								
73	T-028	⊙	△				△		●		●		△				△						●		
74	T-029	⊙	△				○		●		●		●				●						●		
75	T-030	⊙	△				○		●		●		△				△						●		
76	T-031	⊙	△				△		●		●		△				△						●		
77	T-032	⊙	△				△		●		●		△				△						●		
78	T-033	⊙	△				△		●	●			△				△						●		
79	T-034	⊙	○				⊙			△			●				△						●		
80	T-035	○	⊙	●			⊙			●							△						●		

表 1.1 - 4 変質岩の X 線回折分析結果 (3)

No.	Sample Number	Constituent Mineral																						
		Quartz	Calcite	Plagioclase	K-feldspar	Pyroxene(Augite)	Biotite	Montmorillonite	Saponite	Sericite	Chlorite	Kaolinite	Alunite	Gypsum	Jarosite	Marcasite	Pyrite	Sphene	Gibbsite	Pumpellyite?	Rutile	Anatase	Hornblende?	Stilpnomelane?
81	T-036	◎		◎	●		◎			●			△			△							●	
82	T-037	◎		◎	●		○			●		●	△			△							●	
83	T-038	◎		◎	●		○						●		○	○							●	
84	T-039	◎		◎	●		○			●			△	△		△							△	
85	T-040	◎	◎	○	●		△			△			●			△							●	
86	T-041	○		◎	●		△			△			△			△							△	
87	T-042	◎		◎	●		◎			△			△	●		△							△	
88	T-043	◎		◎	●		◎			△			●			△							△	
89	T-044	◎		◎	●		△			●			●	△		○		△					△	
90	T-045	◎		◎	●		○			△			●			△							△	
91	T-046	◎	△	◎	●		△			△			△			△							△	
92	T-047	◎		◎	●		○			△			△			△							△	
93	T-048	◎	○	◎	●		○			△			△			△							△	
94	T-049	◎		◎	●		◎			△			●			△							△	
95	T-050	◎		◎	●		◎			●			△			△							△	
96	T-051	◎		○			◎							△										
97	T-052	◎		◎	●		△			△			△	●		○							△	
98	T-053	◎		◎	●		○			△			△			△							△	
99	T-054	△		◎	●		△			△			△			△							△	
100	T-055	◎		◎	●		◎			△						△								
101	T-001	●				◎				◎							●	△		△			●	
102	T-080	△		◎		○				△														
103	W-019	●		◎		○	●			△			●											

- ◎ Abundant
- ◎ Much
- Common
- △ Few
- Very rare

表 1.2 - 2 岩石密度測定結果 (1)

Rock	Resived No.	Apparent susceptibility (cgs/cc)	Correction coefficient		True susceptibility (cgs/cc)
Bosalt	20	6.2×10^{-6}	0.984	2.03	1.24×10^{-6}
"	21	4.0×10^{-6}	0.984	1.97	7.75×10^{-6}
"	22	4.3×10^{-6}	0.984	1.96	8.29×10^{-6}
"	23	3.88×10^{-6}	0.984	1.85	7.06×10^{-6}
"	24	2.8×10^{-6}	0.984	1.99	5.48×10^{-6}
"	25	3.0×10^{-6}	0.984	1.93	5.70×10^{-6}
"	26	4.1×10^{-6}	0.984	2.01	8.11×10^{-6}
"	27	6.8×10^{-6}	0.984	1.99	1.33×10^{-6}
"	28	1.62×10^{-6}	0.984	1.99	3.17×10^{-6}
"	29	6.0×10^{-6}	0.984	1.98	1.17×10^{-6}
"	30	5.8×10^{-6}	0.984	1.99	1.14×10^{-6}
"	81	3.3×10^{-6}	0.984	2.00	6.49×10^{-6}
"	82	1.21×10^{-6}	0.984	1.96	2.33×10^{-6}
Tuff	1	4.3×10^{-6}	0.984	1.87	7.91×10^{-6}
"	2	5.1×10^{-6}	0.984	2.07	1.04×10^{-6}
"	3	3.3×10^{-6}	0.984	1.88	6.10×10^{-6}
"	4	3.6×10^{-6}	0.984	1.77	6.98×10^{-6}
Basaltic tuff	5	3.5×10^{-6}	0.984	2.06	7.09×10^{-6}
Tuff	6	6.0×10^{-6}	0.984	1.86	1.10×10^{-6}
"	7	3.4×10^{-6}	0.984	2.00	6.69×10^{-6}
"	8	3.7×10^{-6}	0.984	1.97	7.17×10^{-6}
"	9	7.0×10^{-6}	0.984	2.00	1.38×10^{-6}
"	10	3.9×10^{-6}	0.984	1.93	7.41×10^{-6}
"	11	6.4×10^{-6}	0.984	1.98	1.25×10^{-6}
"		1.3×10^{-6}	0.984	1.85	2.37×10^{-6}
Tuff breccia	12	8.75×10^{-6}	0.984	2.04	1.76×10^{-6}
"	13	7.21×10^{-6}	0.984	1.88	1.33×10^{-6}
"	14	2.5×10^{-6}	0.984	1.94	4.77×10^{-6}
"	15	3.2×10^{-6}	0.984	1.99	6.27×10^{-6}
"	16	7.0×10^{-6}	0.984	2.09	1.44×10^{-6}
"	17	5.9×10^{-6}	0.984	1.92	1.11×10^{-6}
"	18	6.1×10^{-6}	0.984	1.90	1.14×10^{-6}
Limestone	52	1.4×10^{-6}	0.984	2.48	3.42×10^{-6}
"	53	1.3×10^{-6}	0.984	2.05	2.62×10^{-6}
"	54	0.8×10^{-6}	0.984	1.94	1.53×10^{-6}
"	55	0.9×10^{-6}	0.984	2.01	1.78×10^{-6}
"	56	1.4×10^{-6}	0.984	1.96	2.70×10^{-6}
Limestone	57	2.1×10^{-6}	0.984	1.92	3.97×10^{-6}
"	58	1.4×10^{-6}	0.984	1.99	2.74×10^{-6}
Silicified limestone	83	2.0×10^{-6}	0.984	1.95	3.84×10^{-6}
Limestone	59	4.3×10^{-6}	0.984	1.93	8.17×10^{-6}
"	60	1.3×10^{-6}	0.984	1.97	2.52×10^{-6}
"	61	1.2×10^{-6}	0.984	1.91	2.26×10^{-6}
"	62	3.3×10^{-6}	0.984	2.10	6.82×10^{-6}
"	63	1.9×10^{-6}	0.984	2.01	3.76×10^{-6}

表 1.2 - 2 岩石密度測定結果 (2)

Rock	Revised No.	Apparent susceptibility (cgs/cc)	Correction coefficient		True susceptibility (cgs/cc)
Chert (weathered)	47	1.2×10^{-6}	0.984	2.08	2.46×10^{-6}
"	48	1.9×10^{-6}	0.984	1.95	3.65×10^{-6}
Chert	49	0.8×10^{-6}	0.984	1.83	1.44×10^{-6}
"	50	1.4×10^{-6}	0.984	1.86	2.56×10^{-6}
"	51	3.9×10^{-6}	0.984	1.88	7.21×10^{-6}
Calcareous shale	31	2.1×10^{-6}	0.984	1.91	2.63×10^{-6}
Black shale	32	1.4×10^{-6}	0.984	2.15	5.71×10^{-6}
Shale	33	4.6×10^{-6}	0.984	2.17	9.82×10^{-6}
Calcareous shale (fresh)	34	2.2×10^{-6}	0.984	1.90	4.11×10^{-6}
" (weathered)	35	4.3×10^{-6}	0.984	1.91	8.08×10^{-6}
Shale	36	7.1×10^{-6}	0.984	1.91	1.33×10^{-6}
Brocky shale	79	2.6×10^{-6}	0.984	1.88	4.81×10^{-6}
Shale	84	3.0×10^{-6}	0.984	2.07	6.11×10^{-6}
"	37	3.6×10^{-6}	0.984	2.15	7.62×10^{-6}
"	38	3.8×10^{-6}	0.984	1.93	7.22×10^{-6}
" (weathered)	39	0.6×10^{-6}	0.984	1.98	1.17×10^{-6}
Sand stone	40	3.0×10^{-6}	0.984	1.98	5.84×10^{-6}
"	41	0.7×10^{-6}	0.984	1.93	1.33×10^{-6}
"	42	1.6×10^{-6}	0.984	2.06	3.24×10^{-6}
"	64	0.5×10^{-6}	0.984	1.93	9.50×10^{-6}
"	65	0.9×10^{-6}	0.984	1.95	1.73×10^{-6}
"	66	1.7×10^{-6}	0.984	2.04	3.41×10^{-6}
"	67				
"	43	1.1×10^{-6}	0.984	2.04	2.21×10^{-6}
"	68	0.9×10^{-6}	0.984	1.99	1.76×10^{-6}
"	78	0.7×10^{-6}	0.984	2.07	1.43×10^{-6}
"		0.4×10^{-6}	0.984	1.92	7.56×10^{-6}
"	80	0.6×10^{-6}	0.984	2.00	1.18×10^{-6}
"	44	0.8×10^{-6}	0.984	2.12	1.67×10^{-6}
"	45	4.1×10^{-6}	0.984	2.12	8.55×10^{-6}
"	46	1.4×10^{-6}	0.984	2.01	2.77×10^{-6}
"	69	1.2×10^{-6}	0.984	2.01	2.37×10^{-6}
Granite	70	1.5×10^{-6}	0.984	2.04	3.01×10^{-6}
"	71	0.8×10^{-6}	0.984	1.95	1.53×10^{-6}
"	72	0.8×10^{-6}	0.984	2.03	1.53×10^{-6}
Quartz vein	73	0.7×10^{-6}	0.984	1.85	2.40×10^{-6}
"	74	0.2×10^{-6}	0.984	2.05	4.03×10^{-6}
"	75	1.8×10^{-6}	0.984	1.93	3.42×10^{-6}
"	76	0.3×10^{-6}	0.984	1.99	5.87×10^{-6}
"	77	1.1×10^{-6}	0.984	2.03	2.20×10^{-6}

表 1.3 - 3 帶磁率測定結果 (1)

Rock	No.	Weight in wet state		
		Weight in air (g)	Weight in water (g)	Density (g/cm ³)
Basalt	20	1469.9	971.9	2.95
"	21	1769.9	1171.6	2.96
"	22	417.4	279.2	3.02
"	23	795.6	503.2	2.72
"	24	1418.1	927.2	2.89
"	25	723.4	472.2	2.88
"	26	1072.5	715.7	3.01
"	27	1280.4	839.0	2.90
"	28	1645.6	1095.2	2.99
"	29	873.6	573.4	2.91
"	30	847.1	563.9	2.99
"	81	1069.3	707.6	2.96
"	82	1181.7	787.5	3.00
Tuff	1	1558.5	1003.8	2.81
"	2	1201.9	770.9	2.79
"	3	1092.6	702.8	2.80
"	4	1109.1	734.4	2.96
Basaltic tuff	5	1268.0	829.6	2.89
Tuff	6	675.8	454.3	3.05
"	7	1199.6	771.2	2.80
"	8	1790.3	1202.7	3.05
"	9	1997.1	1326.0	2.98
"	10	1032.4	682.4	2.95
"	11	840.4	562.6	3.03
"		322.1	194.0	2.51
Tuff breccia	12	1033.7	679.2	2.92
"	13	1020.3	667.5	2.89
"	14	1204.0	781.2	2.85
"	15	1493.6	979.8	2.91
"	16	902.7	600.5	2.99
"	17	1191.5	798.0	3.03
"	18	1544.5	1028.1	2.99
"	19	598.3	396.8	2.97
Limestone	52	394.5	250.0	2.73
"	53	690.8	435.5	2.71
"	54	1648.0	1034.9	2.69
"	55	1783.2	1136.8	2.76
"	56	741.1	465.1	2.69
"	57	461.3	290.0	2.69
"	58	524.5	330.0	2.70
Silicified limestone	83	1267.5	782.7	2.61
Limestone	59	1060.6	667.5	2.70
"	60	1024.1	648.1	2.72
"	61	1255.0	792.1	2.71
"	62	498.5	319.8	2.79
"	63	903.5	572.2	2.73
Chert	47	305.2	164.2	2.16
"	48	1175.3	707.8	2.51
"	49	1105.2	666.1	2.52
"	50	998.6	598.3	2.49
"	51	545.7	338.3	2.63

表 1.3 - 3 帶磁率測定結果 (2)

Rock	No.	Weight in wet state		
		Weight in air (g)	Weight in water (g)	Density (g/cm ³)
Calcareous shale	31	451.6	281.6	2.66
Black shale	32	451.6	281.6	2.66
Shale	33	1373.7	807.9	2.43
Calcareous shale (fresh)	34	743.5	468.5	2.70
" (weathered)	35	1406.2	852.9	2.54
Shale	36	602.2	375.7	2.66
Black shale	79	736.1	455.1	2.62
Shale	84	672.9	385.5	2.34
"	37	691.8	438.0	2.73
"	38	1307.9	816.9	2.66
Weathered shale	39	388.4	190.3	1.96
Sandstone	40	696.0	427.7	2.59
"	41	641.8	396.3	2.61
"	42	655.2	394.6	2.51
"	64	528.5	321.0	2.55
"	65	237.3	145.6	2.59
"	66	367.5	226.5	2.61
"	67	1312.3	807.1	2.60
"	43	567.3	337.2	2.47
"	68	1436.7	886.6	2.61
"	78	1198.9	727.0	2.54
"		848.2	523.3	2.61
"	80	1094.5	659.6	2.52
"	44	1162.9	694.4	2.48
"	45	1265.3	777.2	2.59
"	46	1156.3	698.5	2.53
"	69	825.3	496.6	2.51
Granite	70	233.3	145.2	2.65
"	71	1574.5	954.5	2.54
"	72	1075.9	649.8	2.52
Quartz vein	73	696.0	427.7	2.59
"	74	1330.9	812.5	2.67
"	75	1024.0	629.7	2.60
"	76	968.0	592.0	2.57
"	77	1161.1	724.8	2.66

2. 精査地域選定のための検討

地質調査を始め、重力探査等の広域調査の結果にもとづいて、サンカンペン地域の地熱貯留層の存在範囲を設定するため精査地域のしぼり込みがなされた。このしぼり込みは地表徴候、地質構造および深部電気および弾性波探査結果が参考とされた。

2.1 地熱徴候からの検討

地熱徴候として温泉、噴気、10 m深地温、変質帯、ガス濃度分布等があげられ、これらは浅部地熱貯留層の地表への反映とみなすことができる。

温泉・噴気等の地熱徴候は、Huai Ang川中流右岸のWat Pong Homの南東地域(約0.5 km×0.6 km)に分布する。

タイ側の地温測定データによれば、この高地温異常は上述の地熱徴候の分布とまったく一致し、地熱流体の流動によってもたらされていることを示す。10 m深地温分布の40℃等温線は、ほぼNW-SE性の軸をもつ楕円形を呈する。最高温度は、地温調査井S-13で測定された約130℃で、同井を中心としてはほぼ同心円状に等温線が分布する。

本地域には地熱徴候地を中心として変質帯が分布するが、中心から外側に向かってアルナイト帯-カオリン帯-カオリン・モンモリロナイト帯-モンモリロナイト帯-ハロイサイト帯の順に累帯配列を示す。この累帯構造は、アルナイト帯(高温)からハロイサイト帯(低温)に向かう熱水の流れによって形成されたと考えられる。この変質帯をもたらした熱水の温度は、中心のアルナイト帯で200℃以上であった可能性があるが、大部分の地域では200℃以下で、外縁部のハロイサイト帯では100℃以下であったとみなされる。

変質帯の分布は現在の地熱徴候地とほぼ一致するが、詳細にみると両者の分布はややくいちがいが認められ、10 m深地温分布の中心(地熱徴候地の中心)は130℃以上を記録したS-13井であるのに対して、変質帯の中心と考えられるアルナイト帯は地熱調査井GTE-2の南方約30 m以南である。両者の分布のずれは、地熱流体の地表付近での活動の中心が時代と共に北方に移動したことを意味している。

変質帯の分布は、地質構造的にみてHuai Pong断層とBan Mae Khu Ha断層には含まれた地域にあり、かつBan Pong NokをとおりNW-SE性の派生断層による構造規制を受けていると考えられる。

また、サンカンペン地熱徴候地を含む地域を対象として、地化学探査(CO₂、Hg、Rn)

が実施されている。これらのガス濃度分布は、地表における地熱徴候の活発さの程度を反映していると考えられる。

CO₂調査の結果、地熱徴候地における高濃度異常、断層とCO₂濃度分布の密接な関係が明らかになった。

以上の地表徴候の検討から、サンカンベン地域の浅部地熱貯留層はHuai Ang川の中流でWai Pong Homの南東からBan Pong Nokの南東にかけて広がっていると結論される。

2.2 地質構造からの検討

2.1で述べた地熱徴候がどのような地質構造に規制されるか、あるいは関係づけられるかについて検討した。

本地域はHuai Pong断層とHuai Mae Koen断層（いずれもNNW-SS性の正断層）により、Doi Luang隆起帯（西部山地）、Ban Pong Hom沈降帯（中央低地）およびMae Tha隆起帯東部山地に区分される。地熱徴候地はBan Pong Hom沈降帯の西縁部の背斜軸部付近に位置しており、またNS性のBan Mae Khu Ha断層、Huai Pong断層およびそれから派生するNW-SE性断層に囲まれた地域内にある。したがって、これらの断層の一部が地下深部からの地熱流体の通路となり、背斜軸翼部のせん断帯等が貯留層の役割をはたしていることが推測される。重力探査の結果によると、本地域は大きくみて東部の高重力域、中央部の高重力傾度帯および西部の低重力域からなる。地熱徴候地は西部の低重力域の内部に位置し、かつ3次残差の低重力域の縁辺部に相当する。これは変質や破砕作用によって岩石が低密度化しているためとも考えられ、この低重力域が大きくみて地熱貯留層の範囲を砕決めしていると考えられる。

磁気探査の結果によると、本地域の磁性岩体の分布はKiu Kom層中部にあり、かつHuai Wai断層の南部、Huai Mae Khu Ha断層およびBan Mae Khu Ha断層に沿って存在していることが判明した。磁性岩体の分布は断層にそう火成岩体の貫入を指示し、構造的弱帯が想定される。ただし地熱徴候地周辺の堆積岩はそれ自体の磁性がきわめて弱いため、地熱活動のもたらす消磁帯の検出は困難であった。

以上の地質構造的検討から、サンカンベン地域の地熱貯留層は、低重力域の内部に分布し、Ban Mae Khu Ha断層、Huai Pong断層およびNW-SE性派生断層によって囲まれた地域に広がっている可能性が高いことが推定された。

2.3 深部探査からの検討

深部の地熱貯留層を明らかにするために、深度方向の解析能力の高いMT法電気探査および反射法弾性波探査の結果について検討が行われた。

弾性波探査の構造解析によると、本地域はBan Khu Khu HaからDoi Thamにいたるほぼ南北のゾーンを境として、その西側地域と東側地域で地質構造が異なる。すなわち、西側地域が隆起しているのに対して、東側地域は沈みこんでいる。また西側地域が低周波数帯が広範囲に発達するのに対して、東側地域では低周波数帯がほとんど分布しない。地熱徴候地は低周波数の分布域に含まれることから、低周波数帯が地層の割れ目に富むゾーンであり、地熱流体を貯留している可能性が指摘される。

MT探査によるトータルコンダクタンスおよび見掛け比抵抗の分布は、地熱貯留層の範囲をかなり適確に指示していると考えられる。本地域の大部分が、トータルコンダクタンスが200mhos以下の導電性の低い地層に占められている。しかし200mhos以上の高導電性地域が、Wat Pong Homの測点2-2を中心とした地域と、Wat Hong HoiからWat Hua Faiにかけての地域に分布する。前者の200mhosの等値線は閉曲線をなし、地熱徴候地と調和的であり、地熱貯留層の範囲を示していると考えられる。

深度的にみると、Wat Pong Hom地域の地下に深度500m以浅と、深度1,000~3,000mの間の2層準に低比抵抗層が認められ、この低比抵抗層が地熱貯留層とみなされる。低比抵抗層はNW-SE方向にのびており、その幅は400~500m程度であまり深度方向に変化しない。したがって、本地域の貯留層はほぼ円筒状に地下にのび、その頂部(地表)に地熱徴候が発達するものと推定される。

以上の各地熱探査から得られた資料の検討結果から、サンカンベン地域の地熱貯留層は低重力域の中にあつて、NS性のHuai Pong断層Ban Mae Khu Ha断層およびNW-SE性派生断層に囲まれ、地表浅部に地熱徴候地を有する地域に存在すると判断された。すなわち、MT探査の高コンダクタンス帯が地熱貯留層の存在個所を暗示すると考えられた。

このように、地熱貯留層の存在範囲が推定され、精査地域がしぼり込まれたので、次の段階として調査井掘削地点選定のためMT法の補足調査を実施することになった。

Wat Pong Hom付近で実施された補足調査の結果、200mho以上の高コンダクタンスの分布、 $5\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗帯の分布が地質構造、地下温度の分布と調和的であることから、この低比抵抗帯はNNW-SSE方向のHuai Pong断層およびBan Mae Khu Ha断層と、これに直交するNW-SE方向の断層に沿って形成された破碎帯に当たり、この破碎帯が当

地域の地熱貯留層を形成すると判断された。

3. GTE-7 掘削および調査解析

3.1 掘削地点の選定

Fig.3.1-1は、Ban Pong Nok地区における断層の分布、深度10mにおける地下温度の分布、さらに変質帯の分布に加えて昭和58年度のMT補足調査で得られたトータルコンダクタンスの分布を重ね合わせたものである。なお、同図の中で地熱候地をとおり、NW-SE方向に延びるゾーンは、5Ω-m以下の低比抵抗帯の分布を示したものである。

Fig.3.1-1において、200mhos以上の高コンダクタンスの分布、5Ω-m以下の低比抵抗帯の分布が地質構造、地下温度の分布と調和的であることから、この低比抵抗帯はNNW-SSE方向のHuai Pong断層およびBan Mae Ha断層と、これに直交するNW-SE方向の断層に沿って形成された破碎帯に当り、この破碎帯が当地域の地熱貯留層を形成すると判断された。

従って、当地域の地熱系のモデルとしてはFig.3.1-2に示すように、上記両断層にはさまれた地域内に破碎帯が存在し、この破碎部分に沿って地熱流体が上昇し、地上付近に到達したあと、地熱流体はその両側の破碎部分に沿って地下に下降し、ここに対流系が形成されるという地熱系のモデルが想定された。

Fig.3.1-2は地熱徴候地をとおるEW断面であるが、地下温度の分布状況から判断して、高温流体を含む貯留層、すなわち破碎帯は地熱徴候地よりさらに北側に延びていることはまず確実と思われた。GTE-7の掘削地点が地熱徴候地のやや北側に選定されたのも以上の理由によるものである。

3.2 掘削状況

3.2.1 概況

(1) 掘削目的

第1次、第2次および補足調査の結果にもとずき、地熱貯留層有望と推定される地点に調査井を掘削し、坑内検層およびコア調査を行い、地質構造および地下温度に関する資料を収集することを目的とした。

(2) 掘削概要

1) 掘削場所 タイ王国サンカンペン地域 (Fig. 3.2-1)

- 2) 掘削内容 坑井名：GTE-7
傾斜：垂直
掘削深度：1,227.34m
最終坑径：HQ(101mm)

3) 工程概要

調査井掘削のための試錐機材は、昭和59年4月中旬日本(横浜)よりタイ王国(バンコク)に向け海路発送され、5月上旬バンコクに到着した。

バンコクからサンカンペンの掘削現場までの陸上運送は、EGATにより行われた。6月11日より開梱および設営作業を開始し、7月15日これを完了した。ついで、7月16日より掘削作業を開始した。

昭和60年2月26日に深度1,227.34mを以て調査井の掘削を終了し、引き続き、坑芯測定・坑内検層を行った。

掘削工程および掘削作業に関する主要データについてをFig. 3.2-2および表3.2-1~2に示す。

(3) 準備および設営作業

調査井掘削のための試錐用地は、あらかじめEGATにより掘削地点を中心に約6,400m²(80m×80m)の広さで造成され、この用地内に試錐資材倉庫、現場事務所等が同じく設けられた。

昭和59年6月11日より、上記用地内に搬入された機材の開梱作業に着手し、その点検・整理を行うと共に設営作業を進め、7月15日これを終了した。

3.2.2 掘削作業

(1) 現場設備配置

試錐現場の設備配置をFig. 3.2-3に示す。

(2) 使用機器設備

調査井掘削に使用した主要機器設備および主要消耗資材を表3.2-3~4に示す。

(3) 掘削作業

調査井の掘削は、当初1,500mの深度で計画されたが、深度750.00m以深の岩質は硬質砂岩、頁岩を主体とし、チャート等の珪質岩を夾在したため、掘進率が著しく低下した。このため、深度1,227.34mで掘り止めとした。掘削作業期間中の深度作業の概要を表3.2

-5に示すとともに以下に深度区分ごとの作業内容を説明する。

1) 深度 0 m ~ 4.2 0 m

昭和 5 9 年 7 月 1 6 日、試錐機の試運転を兼ね、14^号ケーシングパイプを使用して開坑した。深度 4.20m まで掘削後、地表近くの地層の崩壊を防ぐため、14^号 SGP ケーシングパイプを挿入し、セメントで固定した。

2) 深度 4.2 0 m ~ 3 0.0 0 m

12 1/4^号 トリコンビットで掘削開始し、深度 10.49m で着岩した。13.14m ~ 16.78 m の区間は HQ-WL コアリングを試みたが、岩質が安定せず、再度 12 1/4^号 トリコンビットを使用し深度 30.00m までのノンコア掘削をした。

12 1/4^号 トリコンビットによる掘削時の掘削諸元は次の通りである。

泥 水：ベントナイト泥水、比重 1.10、粘速 26 ~ 30 sec / 500 cc

ビット：ビット荷重 2 ~ 3 ton、ビット回転数 50 rpm

送 泥：送泥量 800 ~ 900 l / min、送泥圧 10 kg / cm²

入排泥温度：入泥 36.7℃、排泥 40.6℃

12 1/4^号 トリコンビットによる掘削終了後、先端部にフロートシュューを取り付けた 10^号 SGP ケーシングパイプを坑内に降下し、フルホールセメンチングを実施した。フルホールセメンチングにおいては、比重 1.8 のセメントスラリーを 2,250 ℓ 圧送し、坑口よりセメントスラリーの溢流を確認した。セメントの硬化を待って、管内に残留したセメントを 95/8^号 トリコンビットで深度 30.00m まで切り下げた。その後、10^号 ケーシングパイプの頭部に B・O・P 等の坑口装置を取り付けた。

深度 30.00m 以深の HQ-WL コアリングに先立ち、4 1/2^号 の仮ケーシングを深度 30.00 m まで挿入し、孔曲り防止につとめた。

3) 深度 30.0 0 m ~ 200.0 0 m

HQ-WL ダイヤモンドビットで掘削を開始したが岩質が、安定せず崩壊が多いため、57.12m および 64.89m で崩壊防止のためスキーズセメンチングを実施した。

1 回目 セメント重量 1,440kg 比重 1.8

2 回目 セメント重量 1,320kg 比重 1.8

この後も（岩質）が安定せず多少の崩壊があったが、ベントナイト、リボナイト、CMC の混合泥水を使用し比重を調整しながら崩壊の防止およびカッチングの排除につとめ深度 200.00m までコアリングを行った。

泥水：比重 1.06~1.08 粘速 25~30 sec/500 cc

この間の入排泥水の温度を以下に示す。

深 度 (m)	50	100	150	200
入泥温度 (°C)	40.3	44.3	45.9	48.1
排泥温度 (°C)	40.5	45.3	47.7	50.0

深度 200.00m までの掘削は 9 5/8" トリコンビットを使用し、とくに問題なく順調に行われた。掘削作業の掘削諸元は次の通りである。

ビット：ビット荷重 2~3 ton、ビット回転数 50 rpm

送 泥：送泥量 800~900 ℓ/min 送泥圧 10~15 kg/cm²

深度 200.00m までの掘削終了後坑内温度検層を行った。坑底温度は 58.1°C であった。検層後坑底を十分に洗浄し 8" STPG-38-Sch 40 ケーシングパイプを深度 199.00m まで挿入してセメンチングで固定した。フルホールセメンチングは 2 栓式方法で行い、坑口よりセメントスラリーの溢流を確認した。圧送セメントスラリーの量、比重および配合は次のとおりである。

スラリー量	スラリー比重	配 合	
4,180 ℓ	1.7	地熱セメント	5,000 kg (比重 3.02 として)
		遅硬剤 HR-4	17.5 kg (5,000 kg × 0.0035)
		分散剤 CFR-2	17.5 kg (5,000 kg × 0.0035)

10" と 8" のアニューラー部にはセメントスラリーを補充した。セメント硬化後、ケーシング内残留セメントを切下げフロートシューの上で管内圧力テスト、元肌で管外圧力テストを実施した。

管内圧力テスト 加圧 30 kg/cm² 20 分後 26 kg/cm²

管外圧力テスト 加圧 30 kg/cm² 20 分後 5 kg/cm²

その結果管尻のセメントによる遮閉が充分でないと判断されたので、下記のとおり管尻に加圧セメンチングを実施した。

セメントスラリー：722 ℓ 比重 1.8

加 圧：30kg/cm² 20分後20kg/cm²

セメント切下げ後、管外テストを行い異常の無いことを確認した。加圧は26kg/cm²、
放置20分後の圧力は16kg/cm²であった。

4) 200.00m~504.00m

深度200.00m以深の岩質は、頁岩と石灰岩の互層で、所により砂岩をはさむ。全体として
破砕帯が多く、コア詰りが激しかった。坑内状況は良好で崩壊、逸泥等のトラブルは
なく、掘削できた。深度504.00mまでのHQ-WLダイヤモンドビットによる掘削諸元は次
のとおりである。

泥 水：ベントナイト、リボナイト、CMC、アスベスト

比重 1.05~1.10、粘速 24~30 sec/500 cc

ビット：ビット荷重 0.5~1.5 ton

ビット回転数 100~200 rpm

送 泥：層水量 100~150 l/min

送泥圧 15~18 kg/cm²

この間の入排泥水の温度を以下に示す。

深 度 (m)	250	300	350	400	450	500
入泥温度 (°C)	46.7	37.1	36.4	35.8	37.2	37.3
排泥温度 (°C)	51.8	41.0	44.0	44.0	45.5	43.6

この間の坑底温度を以下に示す。

深 度 (m)	210	250	277	299	330	358	389	420	450	480
平均温度 (°C)	51.0	52.3	47.0	48.3	50.0	52.7	55.3	57.7	61.0	65.3

深度200.00m以深の掘削は75/8"トリコンビットを使用した。HQ-WL掘削時と同様
に、逸泥および崩壊等のトラブルもなく順調に掘削された。

掘削の諸元は次のとおりである。

ビット：ビット荷重 1.0~4.0 ton

ビット回転数 40~45 rpm

送 泥：送水量 600~700 l/min

送泥圧 10~20 kg/cm²

深度 500.00m での坑内検層は EGAT の検層班により実施された。検層終了後、ただちに 6" STPG-38-Sch 40 ケーシングパイプを挿入した。ケーシングパイプにはフロートカラーとフロートシューを取付けると共に約 30.00m 間隔にセントライザーを取付け、ケーシングパイプが坑芯に位置するようにし、セメンチングに支障ないようにしてフルホールセメンチングを実施した。フルホールセメンチングは 2 栓方式で行い、坑口よりセメントスラリーの溢流を確認した。圧送セメントスラリーの量、比重および配合は次のとおりである。

スラリー量	スラリー比重	配 合	
7,124ℓ	1.80	地熱セメント	8,520kg
		ベントナイト	75.0kg (8,520kg×0.0088)
		分散剤 CFR-2	29.8kg (8,520kg×0.0035)
備 考：坑内温度が低いので FR-4 は使用していない。			

セメント固化により沈下した部分にセメントスラリーを補充した。セメント硬化を待つてケーシング管内および管外の加圧テストを実施し異常のないことを確認した。

管内圧力テスト加圧 39.5kg/cm² 10分放置 39kg/cm²

管外圧力テスト加圧 46.0kg/cm² 10分放置 45kg/cm²

5) 深度 504.00m～1,002.75m

深度 504.00m 以深の岩質は頁岩、石灰岩および砂岩からなり、約 750.00m 付近からチャートを含有するようになり、岩質が非常に硬くなった。したがって HQ-WL ダイヤモンドビットによる掘削においては時間あたりの掘進率が著しく低下し、当初の計画に比べて工程の遅れを生ずるようになった。深度 504.00m からの掘削泥水はテルナイト BH を主体として作泥した。

掘削諸元は次のとおりである。

泥 水：ベントナイト、テルナイト BH、アスベスト、テルフロー

比重 1.05～1.10、粘速 25～30 sec/500cc

ビット：ビット荷重 1.0～1.5 ton、回転数 100～150 rpm

送 泥：送水量 100～130ℓ/min、送泥圧 10～15kg/cm²

この間の入排泥水の温度を以下に示す。

深 度(m)	550	600	650	700	750	800	850	900	1000
入泥温度(℃)	34.6	32.8	24.0	37.0	35.1	34.0	34.2	34.6	35.2
排泥温度(℃)	43.8	43.7	42.2	41.8	42.9	41.1	42.2	46.9	42.3

この間の坑底温度を以下に示す。

深 度(m)	510	540	570	600	630	661	689	720	749	780
平均温度(℃)	62.0	58.3	61.3	65.3	69.3	69.3	70.7	72.0	79.7	80.7

深 度(m)	810	840	870	900	930	960	990
平均温度(℃)	81.7	82.3	85.0	83.7	84.7	85.3	87.3

深度504.00m以深の掘削には55/8"トリコンビットを使用した。硬岩にもかかわらずほぼ計画どおりの掘削率であった。MHタイプ51.4m / 1ヶ、V3Fタイプ73.0m / 1ヶであった。

掘削諸元は次のとおりである。

ビット：ビット荷重1.0~3.0 ton、回転数10~50 rpm

送 泥：送水量350ℓ/min、送泥圧15~20kg/cm²

坑内の物理検層は日本人技師の指導のもとに実施した。検層後坑内を十分に洗浄した後に4 1/2" SPO ケーシングパイプを挿入した。ケーシングパイプにはフロートカラーとフロートシュエーを取付け、また上部には口元より約2.00m下にベルマウスを取付けて固定し、2栓方式によりフルホールセメンチングを実施した。圧送セメントスラリーの量、比重および配合は次のとおりである。

スラリー量	スラリー比重	配 合
12,109ℓ	1.80	地熱セメント 14,400kg
		ベントナイト 126.7kg (14,400kg×0.0088)
		分散剤 CFT-2 50.4kg (14,400kg×0.0035)
備 考：坑内温度が低いのでFR-4は使用していない。		

セメントの硬化を待つて、ケーシング管内および管外の圧力テストを実施した。テスト圧力は下記のとおりで、放置20分後も圧力低下の無いことを確認した。

管内テスト圧力：32kg/cm²

管外テスト圧力：30kg/cm²

従ってフルホールセメンチングの結果は、良好と判断された。

6) 深度 1,002.75m～1,227.34m

深度1,002.75m以深をHQ-WLダイヤモンドビットで掘削中、深度1,005.00mにて逸泥が生じた。逸泥防止のため泥水にテルストップ、テルシール、スーパーアスベストを混入した。その後は、掘削時の送泥量100～130ℓ/minに対して20～30ℓ/minの逸泥があったが、ポンプを停止しても水位が低下せず、とくに逸泥対策は行わず薄泥水で掘削を続行した。岩質は珪質砂岩で、深度が増すにしたがい堅くなり、掘進率が著しく低下した。このため当初の計画であった期間内には1,500.00mに到達でき、深度1,227.30mで掘止めとなった。留点温度計による坑底温度は101.2℃であった。

掘削諸元は次のとおりである。

泥水：ベントナイト、テルナイトBH、アスベスト、マッドオイル

比重 1.02～1.05、粘速 18～20sec/500cc

ビット：ビット荷重 1.5～2.0 ton、回転数 100～120 rpm

送泥：送水量 100～130ℓ/min、送水圧 15～20kg/cm²

この間の入排泥水の温度を以下に示す。

深 度(m)	1,056	1,100	1,150	1,200	1,227
入泥温度(℃)	35.6	34.5	37.1	33.1	33.2
排泥温度(℃)	40.8	38.4	39.5	39.2	36.6

この間の坑底温度を以下に示す。

深 度(m)	1,020	1,050	1,080	1,110	1,140	1,170	1,200	1,227
平均温度(℃)	87.0	94.0	96.3	96.7	98.3	97.3	99.8	101.2

(4) 掘削泥水

掘削泥水は坑内地質状況、掘削方法(拡掘、コアリング)、坑内温度により組成を変え、掘削状況、泥水の劣化等により 規調泥し、全量交換または補泥を行った。各深度区分に

とした。

測定結果を Fig.3.2-4 および表 3.2-7 に示す。

(7) 坑底温度の測定

掘削作業中、留点温度計を用いて 30m ごとに坑底温度を測定した。測定は、温度計を坑底付近に 10 分間放置した後回収し、温度を読みとった。

測定結果を、表 3.2-8 に示す。

(8) 掘削中の逸泥状況

逸泥深度	水位	逸泥量	逸泥防止対策
15.00m		80ℓ/min	テルストップ P75kg 混入泥水で掘進中回復
45.500m		30ℓ/min	テルシール 20kg 混入泥水で掘進中回復
1,005.00m	0 m	5~30ℓ/min	掘進中一時回復したが、完全には止まらず、深度 1,062m 付近で濃泥水 5kℓ(テルシール 90kg 混入)を送ったが逸泥量変化なし。以後、逸泥掘りを行った。

(9) ケーシングパイプ挿入状況

ケーシングパイプ挿入状況を Fig.3.2-5 に示す。

(10) 使用ビット記録

ビット類のうち、トリコンビットの使用実績を表 3.2-9 に示す。

(11) 掘進率およびコア採取率

掘進率およびコア採取率を Fig.3.2-6 に示す。

(12) 解体作業

解体作業は昭和 60 年 8 月 29 日より同 9 月 17 日まで、JICA 試錐技師 2 名の指導のもとに EGAT の試錐班により行われた。解体した資機材類は EGAT のベースキャン近くに集結し、機械類およびツールズ関係の点検、整備を実施した。

3.3 坑井地質調査

3.3.1 概要

地熱調査井 GTE-7 (深度 1,227.34m) の掘削終了に伴いコア調査を実施した。調査にさ

いしてはコアの地質・変質作用および破碎帯などに留意して柱状図を作成し、約 30m 間隔に代表的な岩石を採取して顕微鏡観察、X線回折分析および各種の物生測定用の試料を採取した。このほかとくに粘土等の認められる箇所については、さらにX線回折分析用試料を、石英および方解石脈等の認められる箇所については流体包有物による生成温度測定用試料を採取した。これらの調査結果は地質柱状図に示すとおりである (Fig. 3.3-1~5)。なお、すでにタイ側で掘削した調査井GTE-2、GTE-4、GTE-5、GTE-6 (いずれも深度 500m程度) および地表 4ヶ所についても変質帯調査を実施し、X線回折分析用試料、流体包有物による生成温度用測定試料を採取した。

各種試料の採取位置および調査項目については試料採取一覧表に示した。

3.3.2 地 質

- (1) 深度 0m~58.20m : 灰白色砂岩と黒色頁岩の互層からなる地層である。砂岩は数 10cm から 20cm 以下の層厚の、細粒ないし中粒のアルコース質砂岩であり、しばしば黒色頁岩の細方を包有している。頁岩は黒色の炭質物を含む岩石で、砂岩中に薄層をなして存在するほか、20cm 前後の層厚をなすこともある。地層の傾斜は 50° 以上の傾斜を示している。
なお、深度 0m から 13.14m までは表土、30.00m まではノン・コアであるが、そのカッティングスから同質の岩石と判断される。とくに深度 55.00m から 56.00m には破碎帯が存在し、これ以浅では弱い風化作用が認められ、比較的軟弱な地層となっている。
- (2) 深度 158.20m~181.50m : 石灰岩を主体とし、160.00m から 163.80m 間にシルト岩・頁岩互層を挟有する。石灰岩は灰黒色の堅硬な岩石であり、シルト岩・頁岩層は淡緑色のシルト岩と炭質物の多い黒色頁岩からなり、石灰岩との境界部には粘土化や石英脈の存在が認められる。地層の傾斜は 40° ~ 80° を示す。
- (3) 深度 181.50m~274.40m : 黒色頁岩を主体とするが、深度 181.50m から 190.90m までは淡緑色ないし淡赤色の泥岩・シルト岩が、下部の深度 237.40m から 237.50m までは黒色頁岩と暗灰色のチャートの互層である。チャート層中ではしばしばコア採取率が低下し、破碎化が認められる。地層の傾斜は 85° を示すものであり、きわめて急傾斜である。
- (4) 深度 274.40m~334.20m : 石灰岩と黒色頁岩の互層からなる。石灰岩は黒色ないし灰黒色を示す堅硬な岩石で、しばしば黒色の炭質物に富む頁岩層を挟有する。頁岩は灰白色ないし黒色で炭質物に富み、それぞれ数m から十数m の層厚の傾斜は 60° ~ 80° を示す。
- (5) 深度 334.20m~688.00m : 黒色頁岩層を主体とする地層で灰白色の中粒砂岩の薄層を挟有

するほか、深度404.00mから434.00m間には特徴的に灰白色ないし淡灰色のチャートの薄層(1m以下)を、深度542.20mから581.00m間には灰色石灰岩とチャート(それぞれ数m以下)を挟有する。地層の傾斜は最上部に20°~50°の緩傾斜を示す所があるが、全般に50°以上であり、一部では90°を示すものもある。

(6) 688.00m~887.50m : 灰色~灰黒色のチャート、灰色石灰岩および黒色炭質頁岩の互層を主体とする地層である。チャート層は厚い所で30m以上を示す。石灰岩は淡灰色から黒灰色を呈し、上部では40m以上の厚さを示すが、下部では10m前後で一部では暗灰色の苦灰質石灰岩を挟有する。黒色頁岩は石灰岩やチャートに挟有されるほか、30m前後の厚層をなし部分的に凝灰質で淡緑色を呈する。地層の傾斜は30°~50°前後を示すものが多い。

(7) 887.50m~1,003.00m: チャート・石灰岩および凝灰質泥岩・シルト岩の互層からなる。チャートは暗灰色~黒灰色を示す岩石でしばしば黒色頁岩の薄層を挟有する。石灰岩は暗灰色の石灰岩で数mから十数mの層厚を示し、黒色頁岩薄層を挟有する。凝灰質泥岩・シルト岩は淡緑色を示す特徴ある岩石で、黒色頁岩の数mm~数cmの薄層を挟有し縞模様を示す。下部975.00m以下では粗粒の砂質頁岩と互層をなす。地層の傾斜は40°以上、平均55°前後を示す。

(8) 1,003.00m~1,227.40m: 砂岩を主体とし、黒色頁岩を挟有する。砂岩は灰白色中粒の珪質砂岩できわめて堅硬であり、しばしば石英細脈によって珪化を受けている。黒色頁岩は炭質物を含む岩石で数10cmないし10m前後の厚層で砂岩中に挟有される。しばしば珪化作用を受けて堅硬となっている。地層の傾斜は20°ないし50°を示す。

以上のGTE-7の地質は、本地域の地質と対比すると下部二疊系のKiu Lom層下部に相当する。なお、石灰岩を含む158.20m以下の地質は岩質的にGTE-2の同質岩に対比でき、1,003.00m以下の砂岩層は地表におけるWat Pong Hom西方のKiu Lom層の最下部の砂岩層に対比できる。

3.3.3 変質

GTE-7の変質は、全般的に微弱である。割れ目沿いに方解石・石英脈(いずれも幅10cm以下)が存在し、その付近で炭酸塩化作用、珪化作用が認められるほか、全般に微量の黄鉄鉱の鉱染が認められる。

坑口から60cm付近までは、風化作用による粘土化のほか若干の白色粘土鉱物が認められ

地表近くの熱水の影響が考えられる。また、珪化作用は深度 1,100m 以下の砂岩中で著しく、とくに石英微細脈の発達している所が多い。

3.3.4 フラクチャー

割れ目の発達状況を観察記載するため、区間 1 m ごと割れ目数を測定した。GTE-7 の割れ目の発達は異種岩石との境界部または互層帯、チャート層中の一部および石英・方解石脈の存在する付近に限られる傾向がある。このうち、地表から 60 m 付近までは浅部熱水の存在する個所であり、この付近の割れ目は風化に伴って形成されたものと考えられ、地表近くの地下水の存在個所と一致する。深度 90m 以下坑底までの割れ目の中で逸水の認められる個所は深度 455m 付近と同 1,005m 付近のみで、いずれも 30.0 ℓ/min の量である。

3.4 岩石試験

主に GTE-7 において採取された岩石試料につき、各種の物性測定を行った。試験項目と数量は下表に示すとおりである（表 3.4-1）。

表 3.4-1 GTE-7 の岩石物性測定結果

項 目	数 量	備 考
1. 薄片顕微鏡観察	14 枚	ただし GTE-2、5 を含む
2. X線回折分析	14 件	
3. 流体包有物測定	14 件	
4. 密度測定（3 状態）	14 試料	
5. 帯磁率測定	14 試料	
6. 熱伝導率測定	14 試料	

3.4.1 顕微鏡観察結果

観察された試料は、砂岩 7 試料、頁岩 6 試料、石灰岩 1 試料の計 14 試料である（表 3.4-2）。砂岩は、他生の石英・斜長石・アルカリ長石を主成分とし、一般にスフェーン、ジルコン等の他生重鉱物を副成分として含む。他生鉱物の円暦度は亜円であり、淘汰は良好～中程度である。マトリックス中には、自生のセリサイト、緑泥石が認められる。泥岩中には、他生鉱物として石英、斜長石が、自生としてセリサイト、緑泥石が認められる。石灰岩は泥

質であり、他生の石英、斜長石、自生のセリサイトが認められる。

炭酸塩化作用が、深度70.05m、610.50m、663.00m、832.00m、1,031.70m、1,213.50mの試料にみられる。変質の程度は中～弱であり、本坑井の試料は、全体として新鮮である。また、珪化作用は、いずれの試料にも観察されなかった。

3.4.2 X線回折分析結果

X線回折分析に供した試料は、深度339.00m以深の試料を除いて、顕微鏡観察を合わせて行い、検鏡結果にはX線回折結果を反映させている(表3.4-3)。回折結果の解釈については、顕微鏡観察結果において述べる。なお、339.00m深の試料は、検鏡した深度348.00m深の試料とほぼ同質の岩石が多少強い炭酸塩化作用を受けたものであると思われる。

3.4.3 流体包有物均質化温度

試料数の関係から、本測定はGTE-7のほか、GTE-2、5の試料を合わせて実施した。

(1) GTE-7

流体包有物の産状および均質化温度にもとづくと、本坑井は逸泥が認められた深度(445mおよび1,005m)を境に3つの部分に分けられる。

深度445m以浅の流体包有物は高い充填温度を示す。すなわちいずれの試料でも、最高温度が175℃を越す。また、全8試料中5試料で、最高温度が295℃を越す。

さらに、深度200m以浅に限ると以下の様に著しく高い温度を示す。すなわちいずれの試料でも、最低温度が245℃を越す。また全5試料中4試料で、最高温度が295℃を越す。

深度455～1,005m区間は鉱物脈が認められない。

深度1,005m以深は、一般に流体包有物を含まない。微細～細粒の石英脈が発達する。均質化温度は、103～116℃と低い。

流体包有物にみられる深度区分は、電気検層から得られた地下構造と整合的である。

電気検層では、深部にいたるほど高比抵抗を示す比抵抗分布の傾向が明瞭である。検層による比抵抗は、深度1,000m以深において $10^8 \Omega \cdot m$ オーダーの高比抵抗であり、かつ比較的バラツキが小さい。これは、本深度に割れ目が認められなかったコア鑑定結果と調和的である。また、深度0～400mの区間で深度200m以浅が比較的低い比抵抗を示す点も注目される。

GTE-7では、深度1,000m深までの温度分布が測定された。本地域のほかの3つの坑井(GTE-1, 4, 5)と比較するとGTE-7の特徴は以下のようなものである。すなわち深度200m以浅

では、いずれの坑井より高温である。また、深度 200~400m では、GTE-1、GTE-4 と GTE-5 とのほぼ中間の温度を示す。深度 400m 以深では、いずれの坑井より低温である。

この温度分布は、流体包有物から得られた温度分布と調和的である。すなわち、深度 200m 以浅は流体包有物形成期よりは低温化しているが、現在でも温泉が上昇する discharge zone であり、深度 400~1,000m は低温の地下水が流下する recharge zone であると理解される。深度 1,000m 以浅は、コア鑑定で割れ目の発達を確認されており、また電気検層で比抵抗に大きなバラツキが認められている。深度 1,000m 以深については、流体包有物の産状、コア鑑定結果、電気検層結果からは裂 充填型石英脈の発達した高比抵抗帯になっていると考えられる。

(2) GTE-2

本坑井にも、GTE-7 と同じく深部に向かう均質化温度の低下が認められる。また、坑内温度が深度 500m 深で GTE-5 と等しくなることが予想される。これから、本坑井周辺の変質をもたらした流体は、下からではなく、側方から斜めに上昇してきた可能性が大きいと考えられる。

(3) GTE-5

本坑井は、深部から浅部まで均質化温度はほぼ同じである。

3.4.4 密度測定 (表 3.4-4)

湿潤密度は、 $2.60\text{--}2.75\text{ g/cm}^3$ の範囲にある。一部珪質砂岩で 2.47 g/cm^3 と小さい値をしめす。空隙率は密度と逆相関の関係にあり、0.55 から 4.11 とかなり小さい値を示す。

3.4.5 帯磁率測定 (表 3.4-4)

本坑井の岩石の帯磁率は、約 $6\text{--}19\times 10^{-6}\text{ emu/cc}$ の範囲にある。岩石の種類によって帯磁率はほとんど変化しないことが特徴である。

3.4.6 熱伝導率の測定 (表 3.4-4)

本坑井の岩石の熱伝導率は、 $6\text{--}17\times 10^{-3}\text{ cal/cm}\cdot\text{sec}\cdot\text{C}$ の範囲にある。岩石の種類によって熱伝導率はほとんど差異がみられないのが特徴である。

3.4.7 熱流量の試算