

表 7.7 1993年洪水の記録

Date/Time	Time Interval (min.)	Reservoir Water Level (EL. m)	Inflow Discharge		Spillout Discharge	
			Discharge (m3/sec)	Volume (million m3)	Discharge (m3/sec)	Volume (million m3)
Dec. 9, 1993 - 0:00	0	1,042.468	45		160	
0:30	30	1,042.460	49	0.08	160	0.29
1:00	60	1,042.445	107	0.14	160	0.29
1:30	90	1,042.425	80	0.17	160	0.29
2:00	120	1,042.415	133	0.19	208	0.33
2:30	150	1,042.405	181	0.28	208	0.37
3:00	180	1,042.405	233	0.37	208	0.37
3:30	210	1,042.395	179	0.37	304	0.46
4:00	240	1,042.400	355	0.48	360	0.60
4:30	270	1,042.395	385	0.67	400	0.68
5:00	300	1,042.395	418	0.72	393	0.71
5:30	330	1,042.445	687	0.99	452	0.76
5:45	345	1,042.500	1,285	0.89	684	0.51
6:00	360	1,042.520	1,434	1.22	1,200	0.85
6:15	375	1,042.454	1,434	1.29	1,400	1.17
6:30	390	1,042.435	1,426	1.29	1,600	1.35
6:45	405	1,042.435	1,625	1.37	1,600	1.44
7:00	420	1,042.425	1,520	1.42	1,600	1.44
7:15	435	1,042.405	1,415	1.32	1,600	1.44
7:30	450	1,042.385	1,400	1.27	1,600	1.44
7:45	465	1,042.378	1,536	1.32	1,600	1.44
8:00	480	1,042.362	1,446	1.34	1,600	1.44
8:15	495	1,042.340	1,395	1.28	1,600	1.44
8:30	510	1,042.320	1,415	1.26	1,600	1.44
8:45	525	1,042.295	1,363	1.25	1,600	1.44
9:00	540	1,042.280	1,367	1.23	1,500	1.40
9:15	555	1,042.245	1,157	1.14	1,500	1.35
9:30	570	1,042.290	1,198	1.06	1,010	1.13
9:45	585	1,042.290	1,025	1.00	1,000	0.90
10:00	600	1,042.288	1,004	0.91	1,000	0.90
10:15	615	1,042.282	962	0.88	1,000	0.90
10:30	630	1,042.298	993	0.88	800	0.81
10:45	645	1,042.338	965	0.88	520	0.59
11:00	660	1,042.380	725	0.76	260	0.35
11:15	675	1,042.425	758	0.67	260	0.23
11:30	690	1,042.458	632	0.63	260	0.23
11:45	705	1,042.495	674	0.59	260	0.23
12:00	720	1,042.520	548	0.55	260	0.23
12:15	735	1,042.550	600	0.52	260	0.23
12:30	750	1,042.572	516	0.50	260	0.23
12:45	765	1,042.598	558	0.48	260	0.23
13:00	780	1,042.615	516	0.48	312	0.26
13:15	795	1,042.620	390	0.41	312	0.28
13:30	810	1,042.625	421	0.36	312	0.28
13:45	825	1,042.635	411	0.37	312	0.28
14:00	840	1,042.642	411	0.37	312	0.28
14:15	855	1,042.648	400	0.36	312	0.28
14:30	870	1,042.648	337	0.33	312	0.28
14:45	885	1,042.650	358	0.31	312	0.28
15:00	900	1,042.650	337	0.31	312	0.28
15:15	915	1,042.648	316	0.29	312	0.28
15:30	930	1,042.634	305	0.28	312	0.28
15:45	945	1,042.640	285	0.27	312	0.28
16:00	960	1,042.635	285	0.26	312	0.28
16:15	975	1,042.630	285	0.26	312	0.28
16:30	990	1,042.625	285	0.26	312	0.28
16:45	1,005	1,042.618	264	0.25	312	0.28
17:00	1,020	1,042.610	253	0.23	312	0.28
17:15	1,035	1,042.602	253	0.23	312	0.28
17:30	1,050	1,042.592	232	0.22	312	0.28
17:45	1,065	1,042.584	253	0.22	312	0.28
18:00	1,080	1,042.572	211	0.21	312	0.28
18:15	1,095	1,042.558	190	0.18	312	0.28
18:30	1,110	1,042.550	253	0.20	312	0.28
18:45	1,125	1,042.540	243	0.22	312	0.28
19:00	1,140	1,042.530	232	0.21	312	0.28
19:15	1,155	1,042.515	206	0.20	312	0.28
19:30	1,170	1,042.500	180	0.17	312	0.28
19:45	1,185	1,042.490	206	0.17	312	0.28
20:00	1,200	1,042.480	232	0.20	312	0.28
20:15	1,215	1,042.465	206	0.20	312	0.28
20:30	1,230	1,042.450	180	0.17	312	0.28
20:45	1,245	1,042.438	194	0.17	312	0.28
21:00	1,260	1,042.425	207	0.18	312	0.28
21:15	1,275	1,042.413	207	0.19	312	0.28
21:30	1,290	1,042.400	207	0.19	312	0.28
21:45	1,305	1,042.385	194	0.18	312	0.28
22:00	1,320	1,042.370	180	0.17	312	0.28
22:15	1,335	1,042.350	154	0.15	312	0.28
22:30	1,350	1,042.330	127	0.13	312	0.28
22:45	1,365	1,042.315	154	0.13	312	0.28
23:00	1,380	1,042.300	180	0.15	312	0.28
Total				43.51		43.46

表 7.8 1993年の洪水に関する流域内及び周辺の時間雨量記録

(Unit: mm)

Date / Time	Rainfall Station				
	Dachay	Dasa	Don Duong	Xuan Tho	Dalat
Dec. 8					
18:00					
19:00	1.00				
20:00	2.50				
21:00	4.00	2.00	5.00		
22:00	4.00	2.00	2.50		0.40
23:00	9.00	3.50	6.00	0.17	1.80
Dec. 9					
0:00	2.00	3.00	4.00	0.17	1.80
1:00	4.50	18.00	2.50	0.16	4.90
2:00	48.00	25.00	28.00	7.00	5.20
3:00		2.50	5.50	27.00	27.10
4:00	3.50		1.50	20.00	32.90
5:00			2.50		2.90
6:00			2.00		0.70
7:00			0.50		
8:00			0.50		
9:00					
10:00					
Max.	48.00	25.00	28.00	27.00	32.90
Total	78.50	56.00	60.50	54.50	77.70

表 7.9 年最大洪水流量記錄

No.	Year	Date	Discharge (m <sup>3</sup> /sec)
1	1932	4 May	2,500
2	1934	10 Oct.	155
3	1935	10 Nov.	235
4	1936	11 Oct.	250
5	1937	12 Oct.	550
6	1938	12 Oct.	650
7	1939	1 Dec.	800
8	1940	15 Sep.	210
9	1941	4 Nov.	120
10	1942	29 Oct.	900
11	1943	27 Oct.	700
12	1944	13 Dec.	280
13	1949	10 Dec.	435
14	1950	19 Nov.	150
15	1951	22 Sep.	190
16	1952	21 Oct.	1,160
17	1953	23 Nov.	290
18	1954	3 Dec.	520
19	1955	5 Nov.	360
20	1956	3 Oct.	122
21	1957	10 Oct.	133
22	1958	29 Oct.	135
23	1959	14 Oct.	318
24	1960	1 Oct.	750
25	1961	3 Oct.	46
26	1962	22 Oct.	1,434
27	1965	28 Nov.	201
28	1966	6 Dec.	91
29	1967	28 Nov.	161
30	1968	20 Oct.	820
31	1969	5 Oct.	78
32	1970	29 Oct.	380
33	1971	26 Nov.	167
34	1972	5 Dec.	124
35	1979	18 Nov.	800
36	1980	5 Oct.	373
37	1981	14 Oct.	933
38	1982	25 Mar.	67
39	1983	17 Oct.	856
40	1984	12 Oct.	146
41	1985	2 Oct.	146
42	1986	2 Dec.	810
43	1987	8 Nov.	474
44	1988	6 Nov.	1,375
45	1989	10 Jul.	65
46	1990	11 Nov.	505
47	1991	22 Sep.	70
48	1992	23 Oct.	530
49	1993	9 Dec.	1,625

Data Source

Between 1932 and 1960 : Design Report on DaNhim Hydroelectric Project Part I 1962

Between 1961 and 1972 : Report on Observation and Study on the Dran Dam  
and Reservoir of Da Nhim Hydroelectric Project 1973

Between 1979 and 1993 : Da Nhim P/S office



SO LIEU CAC TRAM DO CUA HE THONG THUY VAN

Ten tram	Ngay	Gio-Phut	So lieu mua	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5	AC6	AC7	AC8	AC9	AC10	AC11	AC12	SOLARI	SOLAR9
DASA	11/7/94	11 - 31	0.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	11 - 41	0.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	11 - 50	0.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	12 - 2	0.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	13 - 1	0.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	14 - 1	0.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	15 - 1	0.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	16 - 1	0.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	16 - 4	1.00	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	16 - 13	1.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	16 - 16	2.00	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	16 - 21	2.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	16 - 27	3.00	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	16 - 38	3.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	16 - 48	4.00	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	17 - 2	4.00	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	17 - 1	4.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	17 - 16	5.00	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	17 - 38	5.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	17 - 48	6.00	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DASA	11/7/94	19 - 0	6.00	T	T	T	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F
DASA	11/7/94	19 - 0	6.50	T	T	T	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F
DASA	11/7/94	21 - 1	6.50	T	T	T	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F
DASA	11/7/94	22 - 1	6.50	T	T	T	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F
DASA	11/7/94	23 - 1	6.50	T	T	T	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F
DONDUONG	11/7/94	16 - 51	1.00	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DONDUONG	11/7/94	16 - 58	1.50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DONDUONG	11/7/94	17 - 42	2.00	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
XUANTHO	11/7/94	22 - 44	2,021.00	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
XUANTHO	11/7/94	22 - 48	2,021.50	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
XUANTHO	11/7/94	22 - 57	2,022.00	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
XUANTHO	11/7/94	22 - 28	2,022.50	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
XUANTHO	11/7/94	22 - 48	2,023.00	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F

เวียดนาม社会主义共和国  
ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

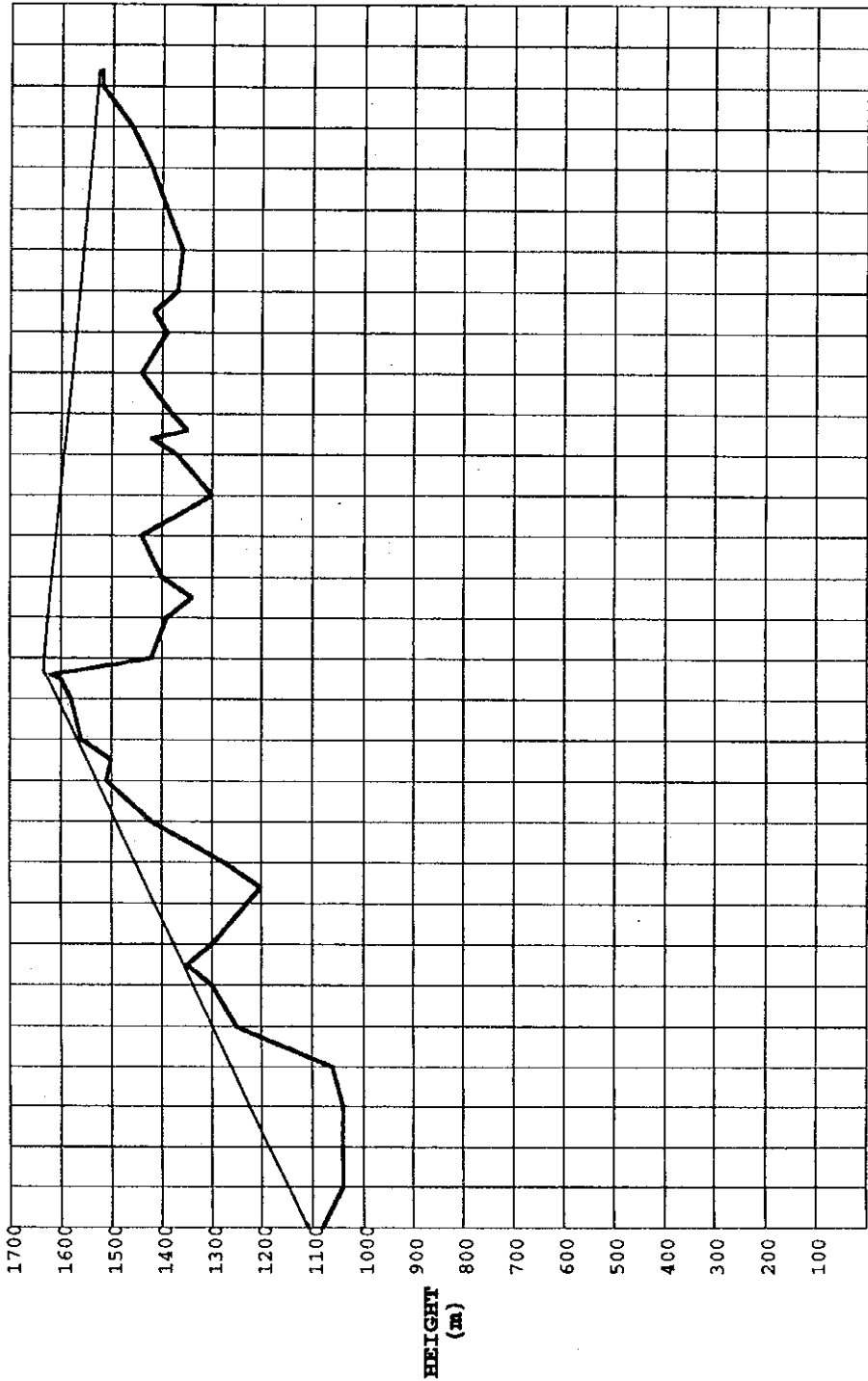
国際協力事業団

図 7.1

受信データのプリントアウト例



**TERRAIN PROFILE**  
(k=4/3)



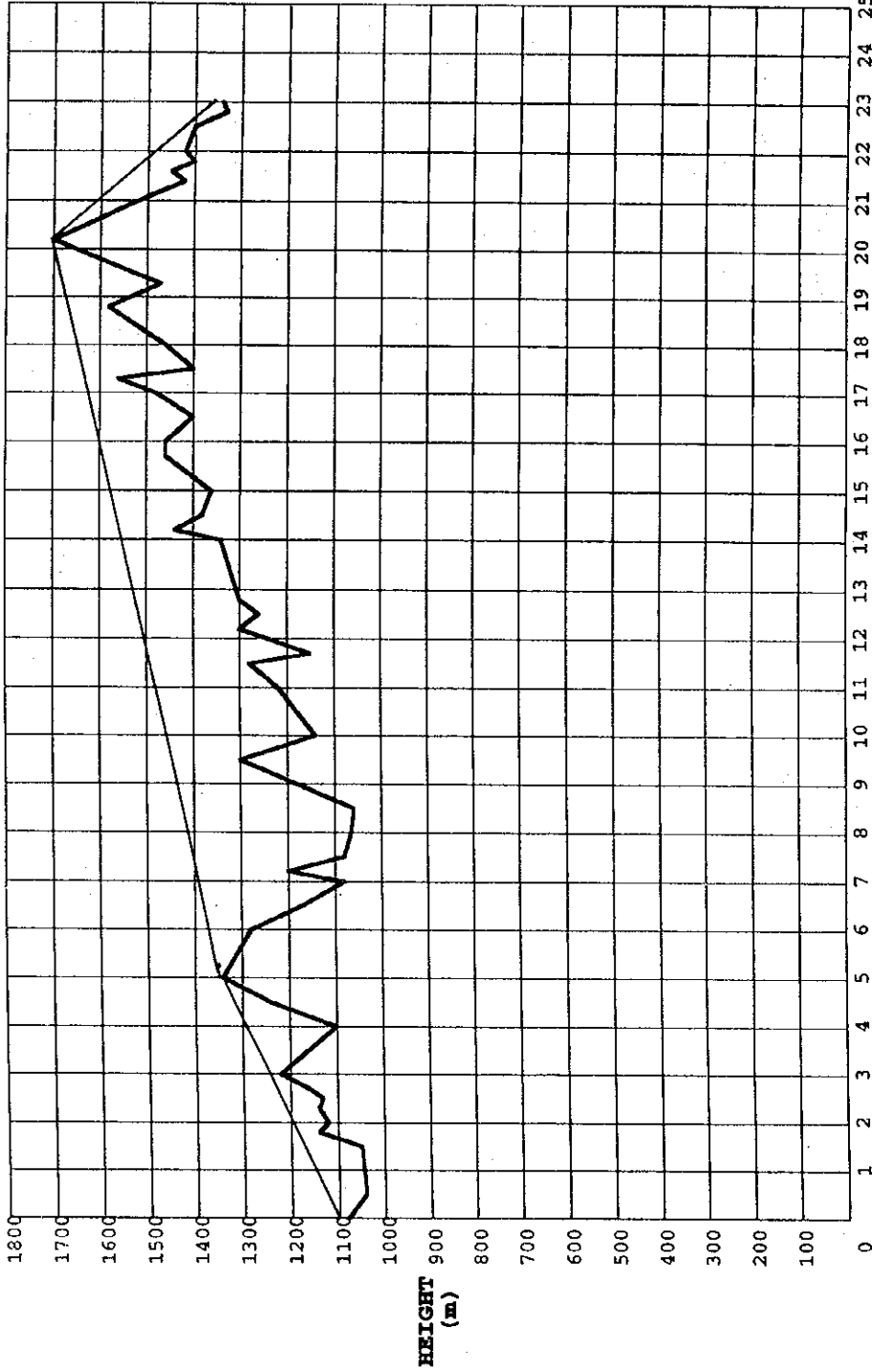
Station Name : CS	Station Name : RS-1 (Xuan Tho)
Site Elevation : 1080 m	Site Elevation : 1520 m
Antenna Height : 21 m	Antenna Height : 9 m
Location E : 108°37'02.8"	Location E : 108°31'30.8"
Location N : 11°50'59.7"	Location N : 11°56'23.5"
Tree Height : 0 (m)	
<b>DISTANCE (km)</b>	<b>DISTANCE (km)</b>
14.2	14.2

グイエトナム社会主義共和国  
ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

図 7.3  
プロフィール図

TERRAIN PROFILE  
(k=4/3)



Station Name : CS	Station Name : RS-2 (Da Sar)
Site Elevation : 1080 m	Site Elevation : 1340 m
Antenna Height : 21 m	Antenna Height : 9 m
Location E : 108°37'02.8"	Location E : 108°30'31.5"
Location N : 11°50'59.7"	Location N : 12°01'42.7"
Tree Height : 0 (m)	

ヴァイエトナム社会主義共和国  
ダニム電力システム改修計画調査

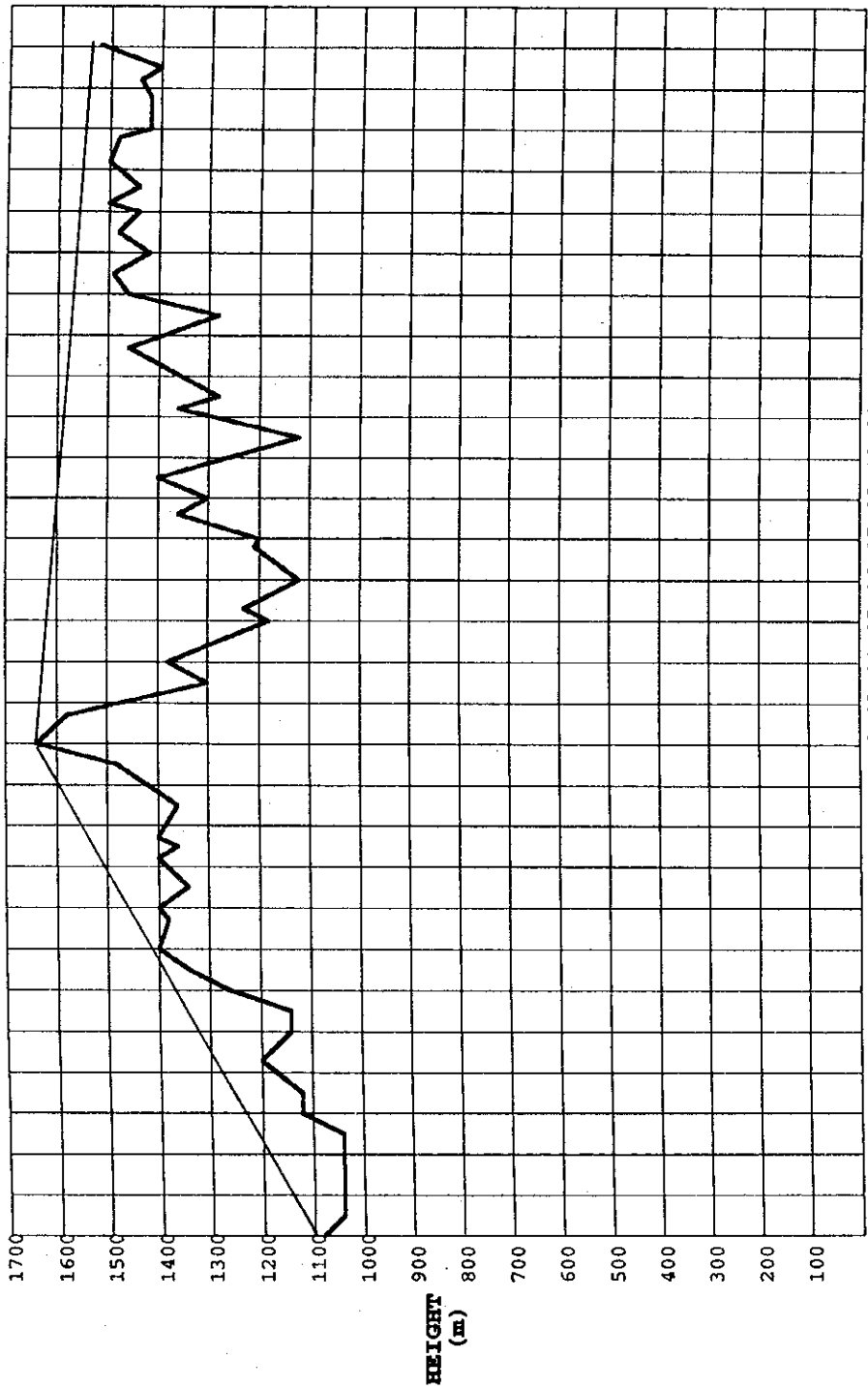
MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

図 74  
プロフィール図



TERRAIN PROFILE  
(K=4/3)



Station Name : CS  
 Site Elevation : 1080 m  
 Antenna Height : 21 m  
 Location E : 108°37'02.8"  
 Location N : 11°50'59.7"

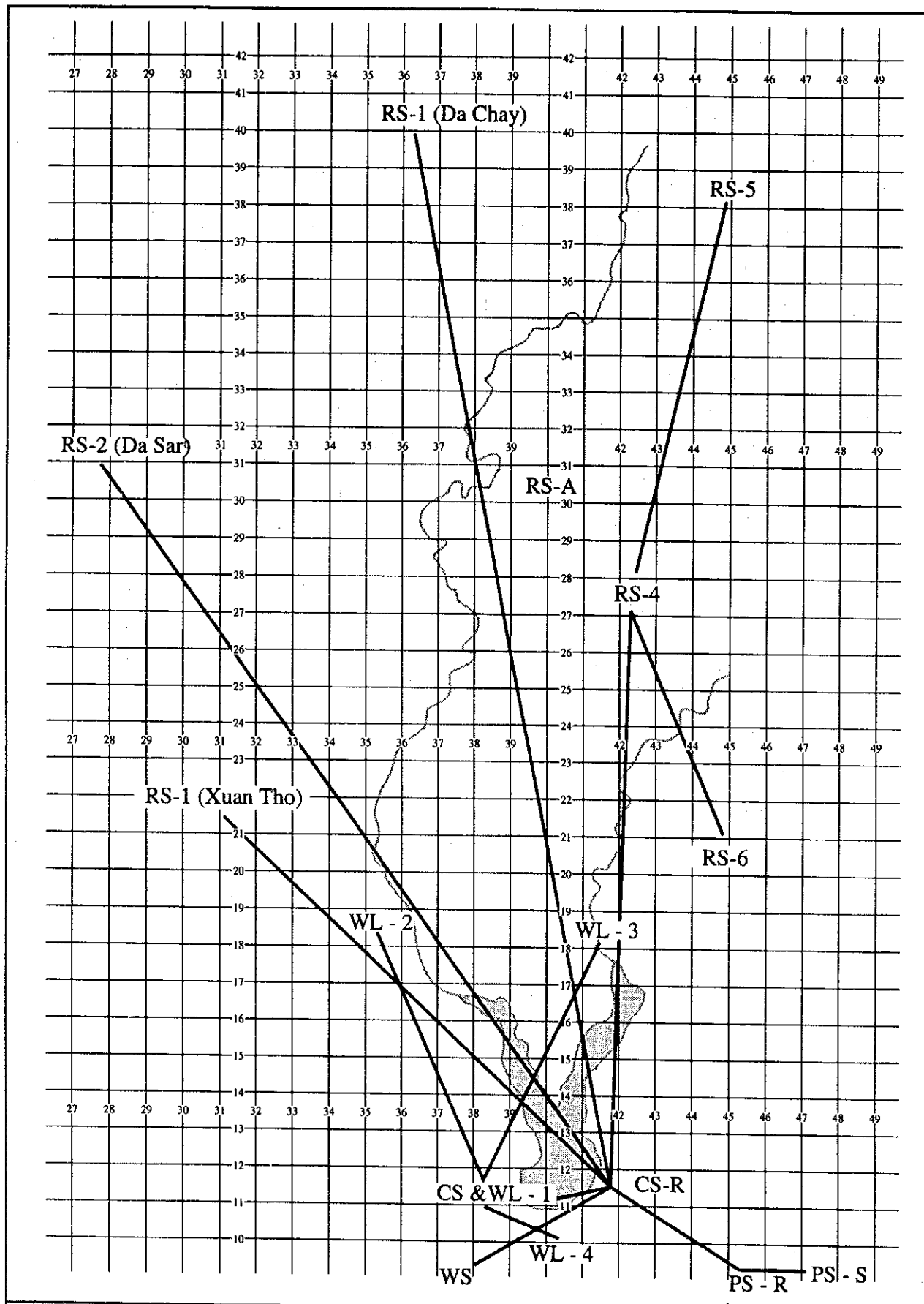
Station Name : RS-3 (Da Chay)  
 Site Elevation : 1520 m  
 Antenna Height : 17 m  
 Location E : 108°34'35.1"  
 Location N : 12°06'34.6"

**DISTANCE (km)**  
 29.05 (km)

Tree Height : 0 (m)

ヴェトナム社会主義共和国  
 ダナム電力システム改修計画調査

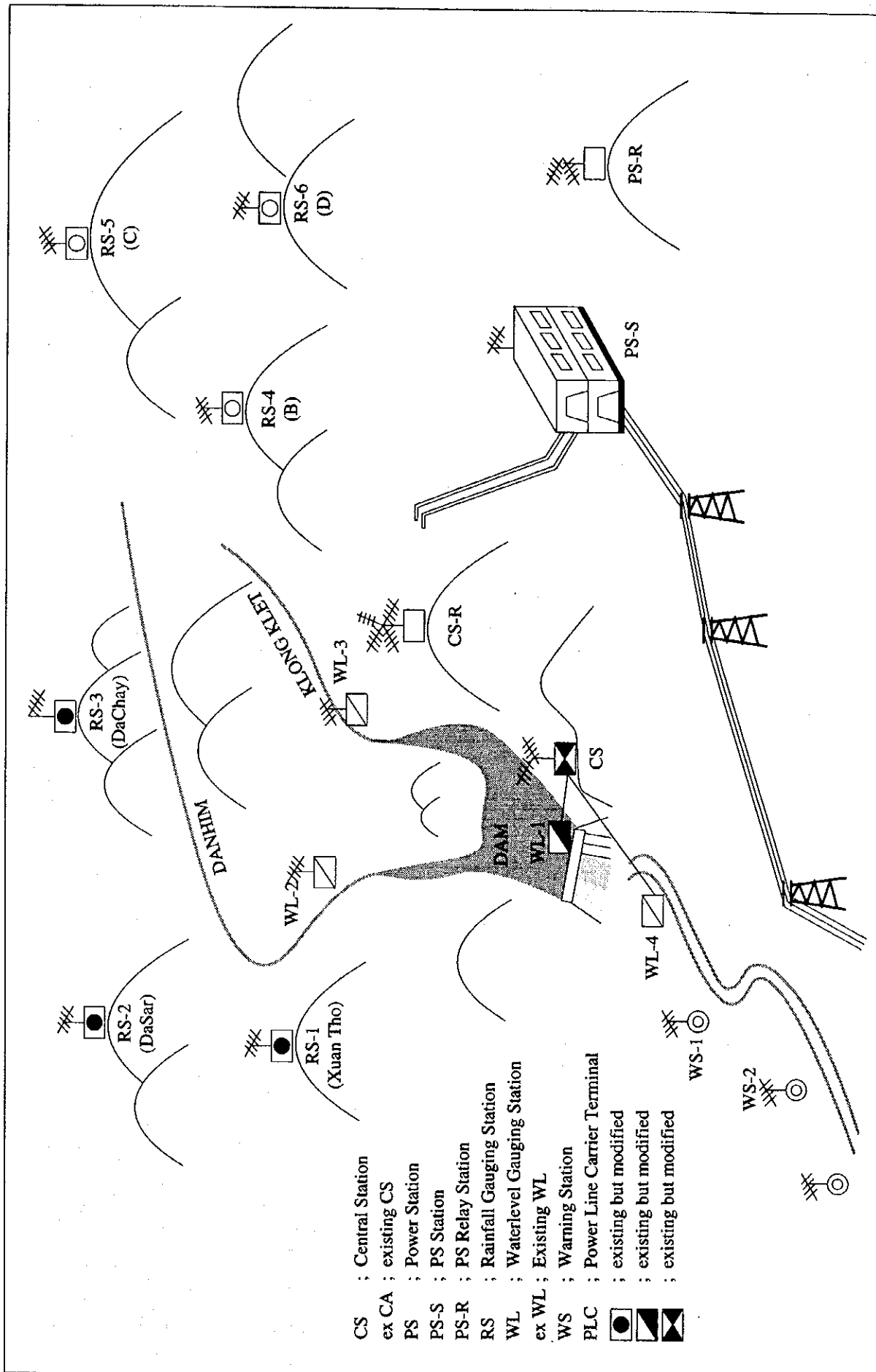
MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団



ヴィエトナム社会主義共和国  
ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

図 7.6  
改修計画案

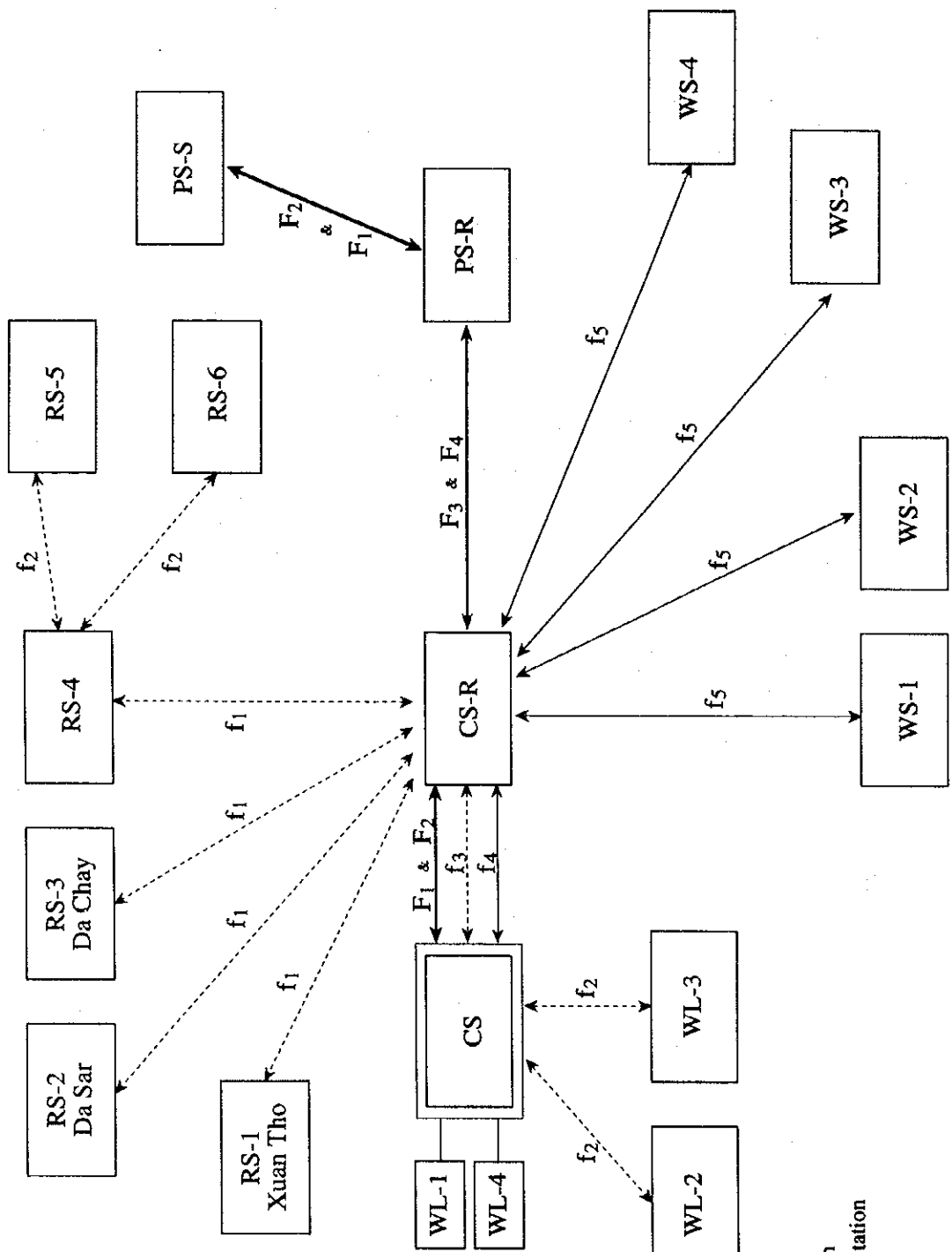


- CS ; Central Station
- ex CA ; existing CS
- PS ; Power Station
- PS-S ; PS Station
- PS-R ; PS Relay Station
- RS ; Rainfall Gauging Station
- WL ; Waterlevel Gauging Station
- ex WL ; Existing WL
- WS ; Warning Station
- PLC ; Power Line Carrier Terminal
- ◐ ; existing but modified
- ◑ ; existing but modified
- ◒ ; existing but modified

図 7.7  
 システム概念図

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

ガイエトナム社会主義共和国  
 ダナム電力システム改修計画調査



**LEGEND:**

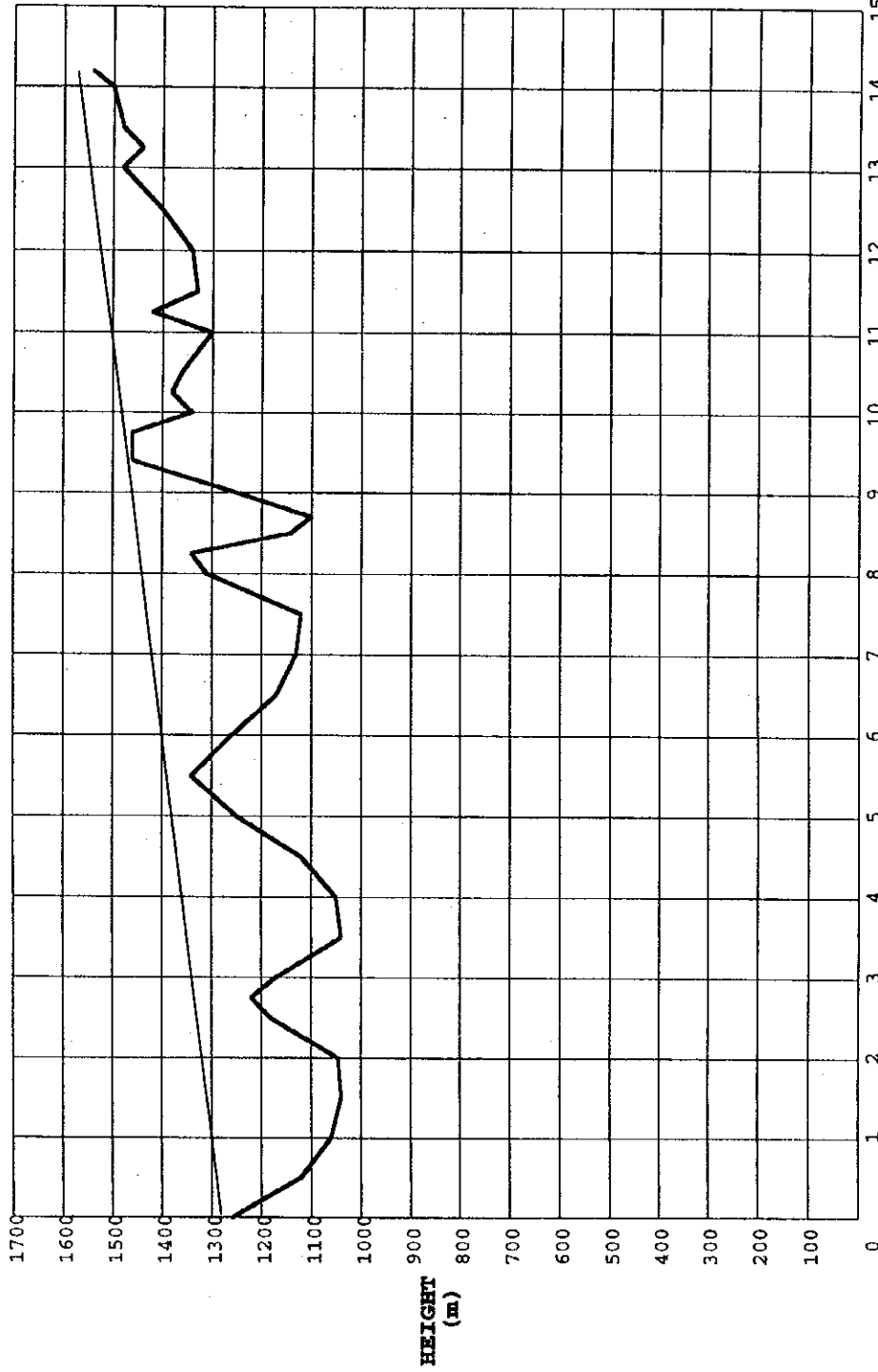
- CS; Central Station
- PS; Power Station
- PS-S; PS Station
- PS-R; PS Relay Station
- RS; Rainfall Gauging Station
- WL; Water Level Gauging Station
- WS; Warning Station
- $f_1 \sim f_5$ ; VHF Frequency
- $F_1 \sim F_4$ ; UHF Frequency
- $\longleftrightarrow$ ; Telemetry Radio link
- $\dashrightarrow$ ; Warning Radio link
- $\longleftrightarrow$ ; Multiplex Radio link (data&rel)

เวียดนาม社会主义共和国  
 ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

図 7.8  
 システム構成図

TERRAIN PROFILE  
(k=4/3)

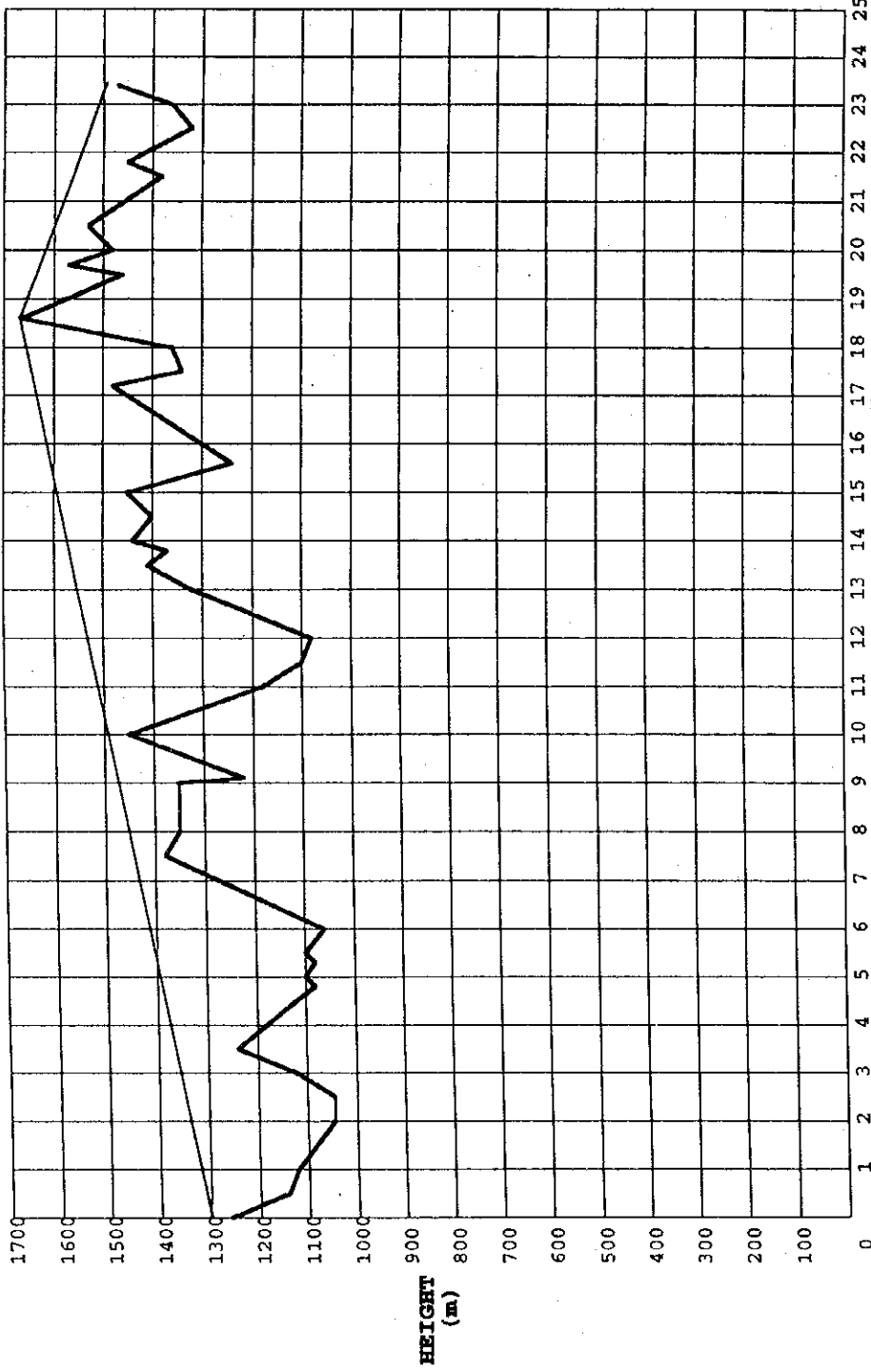


Station Name : CS-R                      Station Name : RS-1  
 Site Elevation : 1259 m                  Site Elevation : 1540 m  
 Antenna Height : 30 m                    Antenna Height : 20 m  
 Location E : 108°37'54.7"                Location E : 108°31'55.6"  
 Location N : 11°51'41.2"                  Location N : 11°56'39.8"  
 Tree Height : 0 (m)

ヴィエトナム社会主義共和国  
 ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

TERRAIN PROFILE  
(k=4/3)



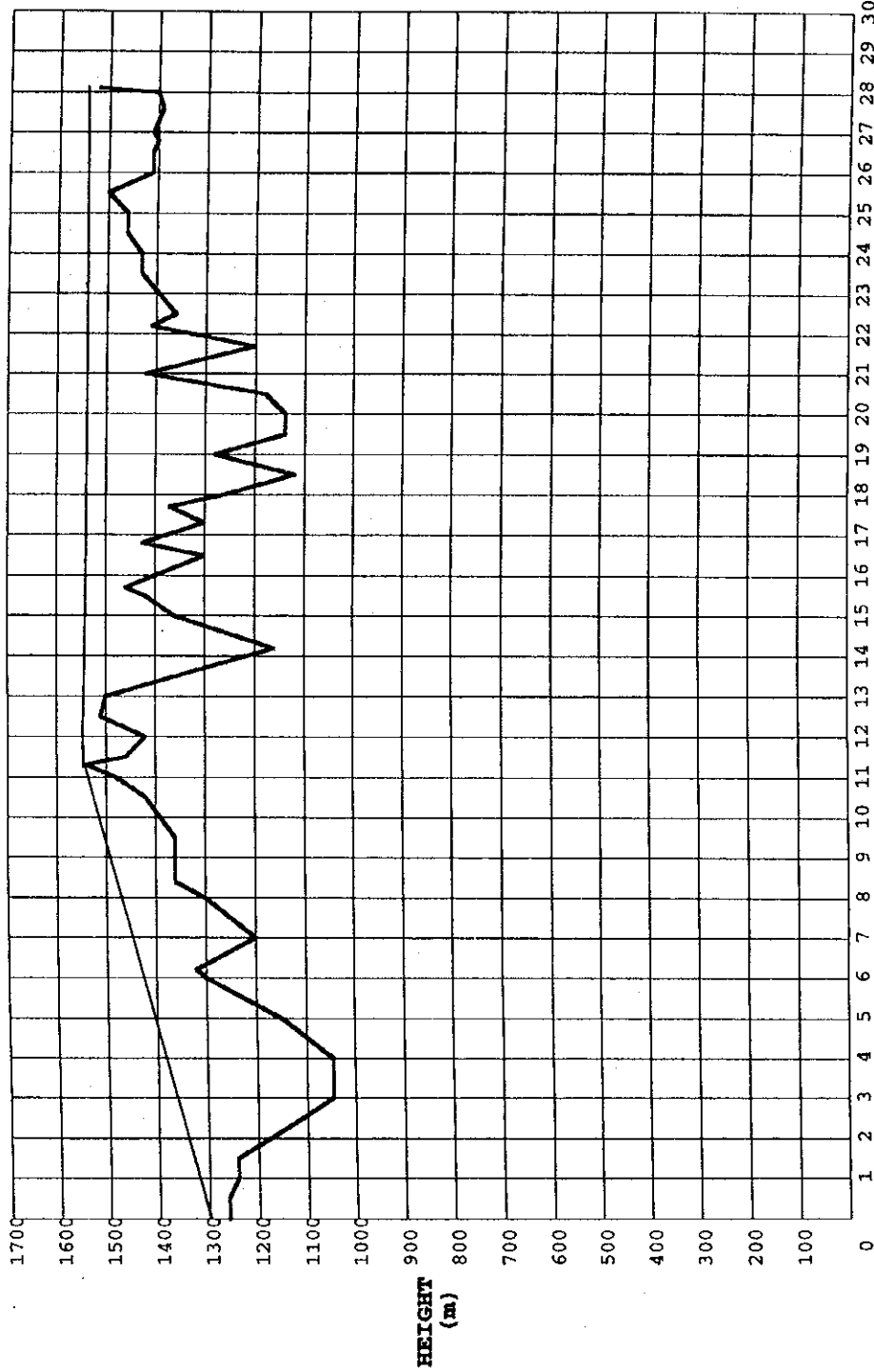
Station Name : CS-R	Station Name : RS-2
Site Elevation : 1259 m	Site Elevation : 1466 m
Antenna Height : 30 m	Antenna Height : 20 m
Location E : 108°37'54.7"	Location E : 108°30'42.3"
Location N : 11°51'41.2"	Location N : 12°02'13.7"
Tree Height : 0 (m)	

DISTANCE (km) 23.4 (km)

ガイエトナム社会主義共和国  
ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

**TERRAIN PROFILE**  
(K-4/3)



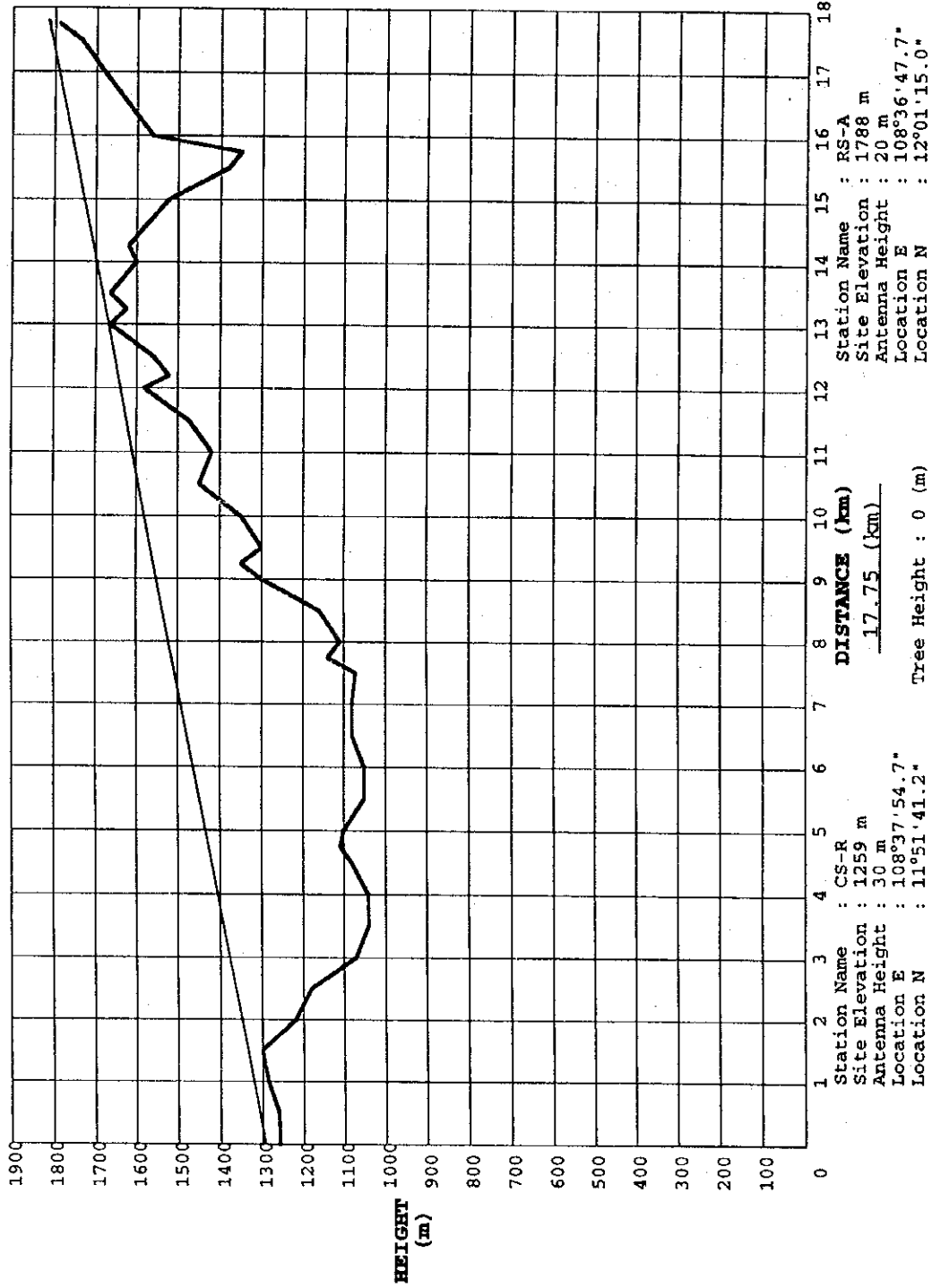
Station Name : CS-R	Station Name : RS-3
Site Elevation : 1259 m	Site Elevation : 1520 m
Antenna Height : 30 m	Antenna Height : 20 m
Location E : 108°37'54.7"	Location E : 108°34'35.1"
Location N : 11°37'41.2"	Location N : 12°06'34.6"
Tree Height : 0. (m)	

ガイエトナム社会主義共和国  
ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

図 7.11  
プロフィール図

TERRAIN PROFILE  
(k=4/3)



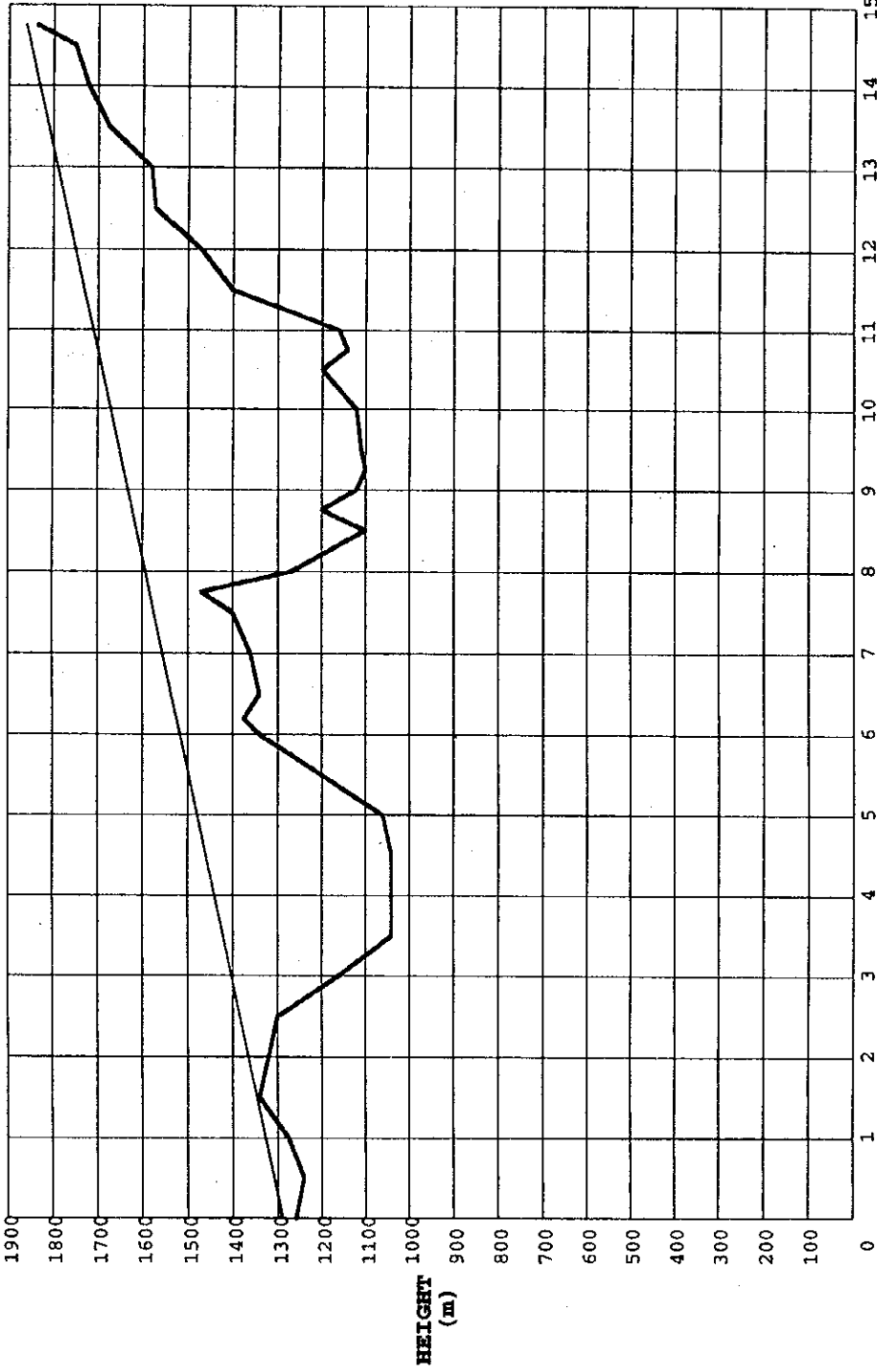
グイエトナム社会主義共和国  
ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

図 7.12  
プロフィール図



**TERRAIN PROFILE**  
(K=4/3)

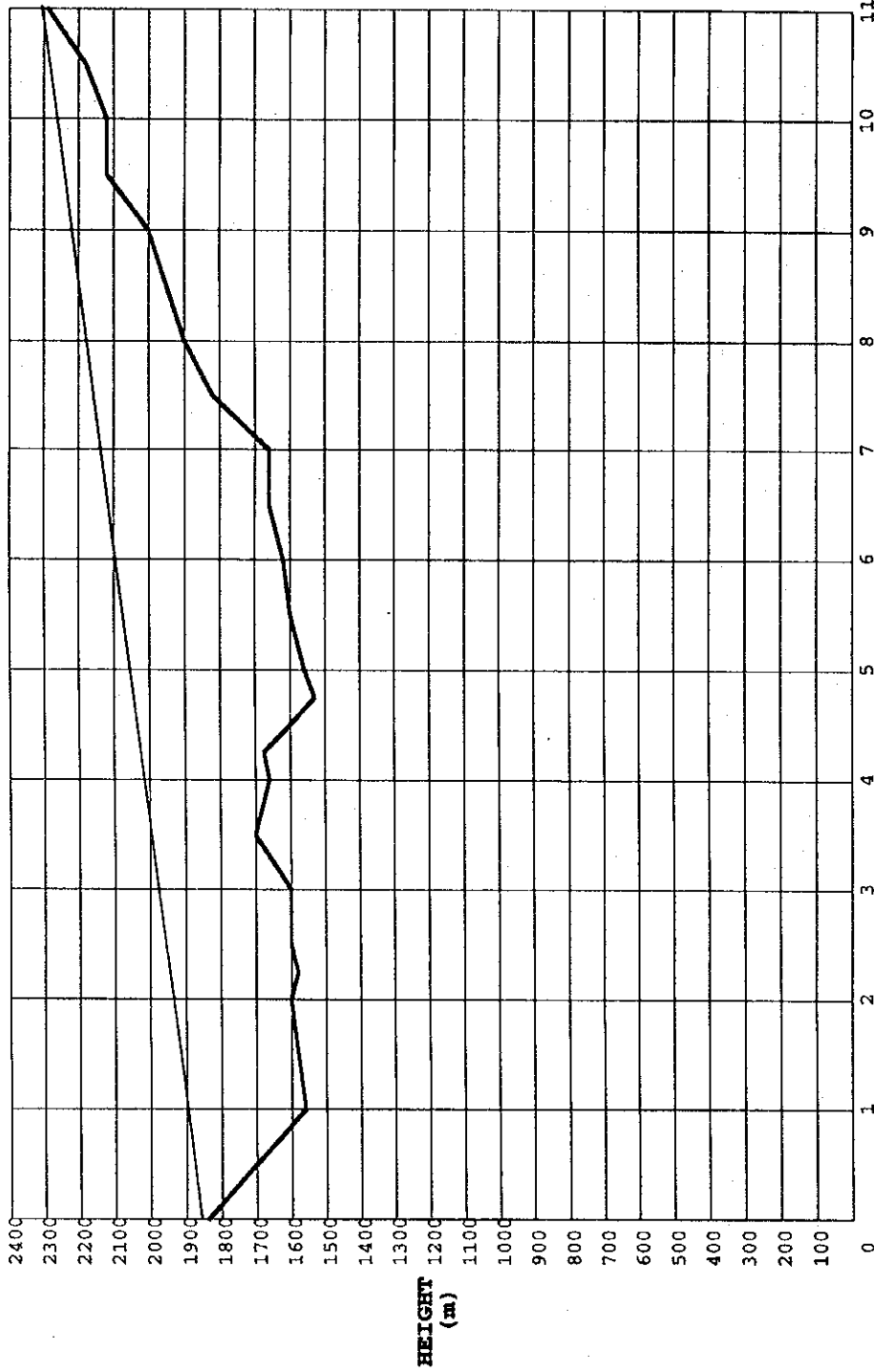


Station Name : CS-R	Station Name : RS-4
Site Elevation : 1259 m	Site Elevation : 1836 m
Antenna Height : 30 m	Antenna Height : 20 m
Location E : 108°37'54.7"	Location E : 108°38'30.3"
Location N : 11°51'41.2"	Location N : 11°59'42.1"
Tree Height : 0 (m)	
<b>DISTANCE (km)</b>	<b>DISTANCE (km)</b>
14.75	14.75

グイエトナム社会主義共和国  
ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

**TERRAIN PROFILE**  
(k=4/3)



Station Name : RS-4  
 Site Elevation : 1836 m  
 Antenna Height : 20 m  
 Location E : 108°38'30.3"  
 Location N : 11°59'42.1"

Station Name : RS-5  
 Site Elevation : 2287.25 m  
 Antenna Height : 10 m  
 Location E : 108°39'58.3"  
 Location N : 12°05'21.2"

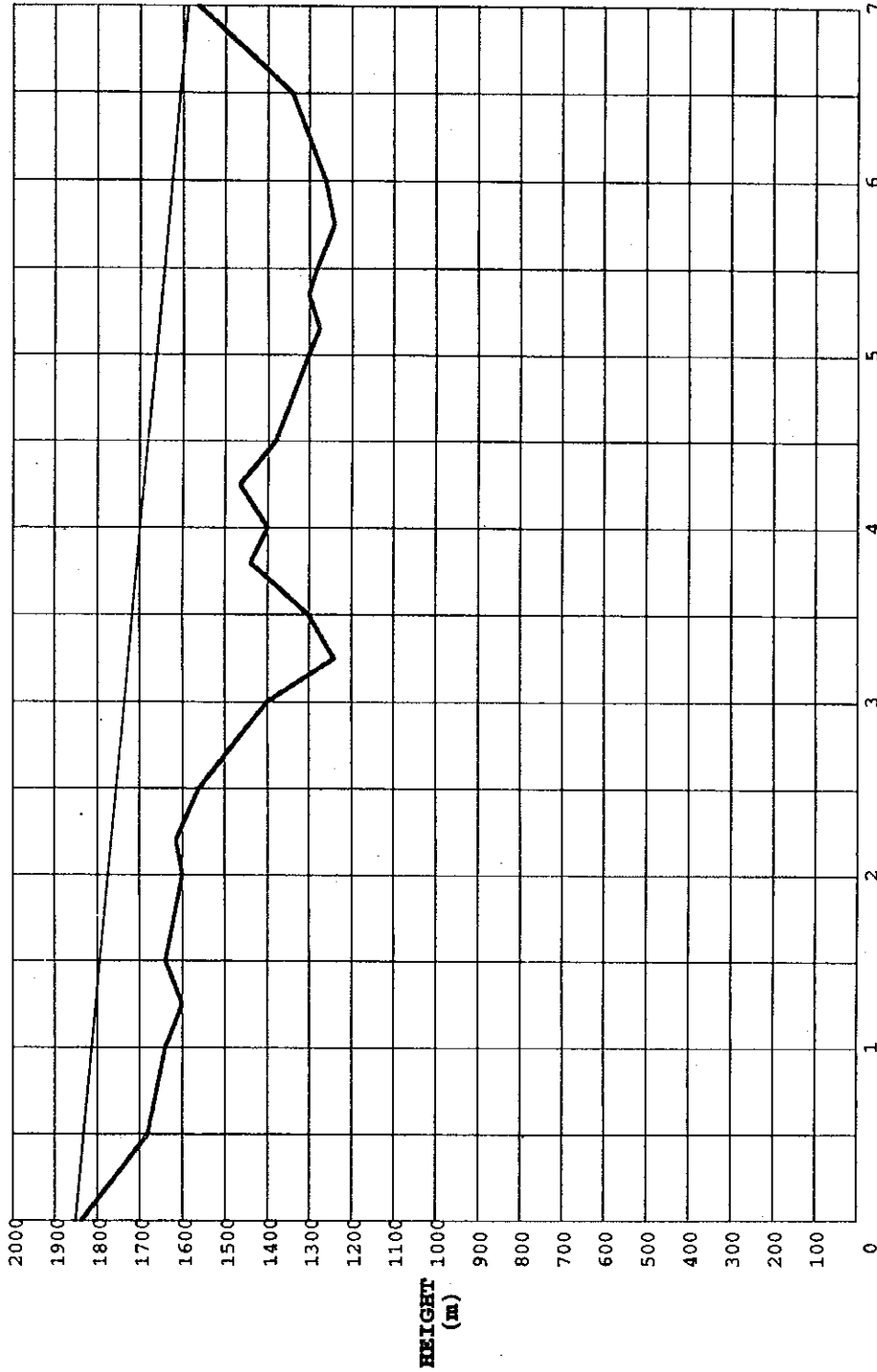
Distance (km) : 11 (km)  
 Tree Height : 0 (m)

ヴェトナム社会主義共和国  
 ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

図 7.14  
 プロファイル図

TERRAIN PROFILE  
(K=4/3)



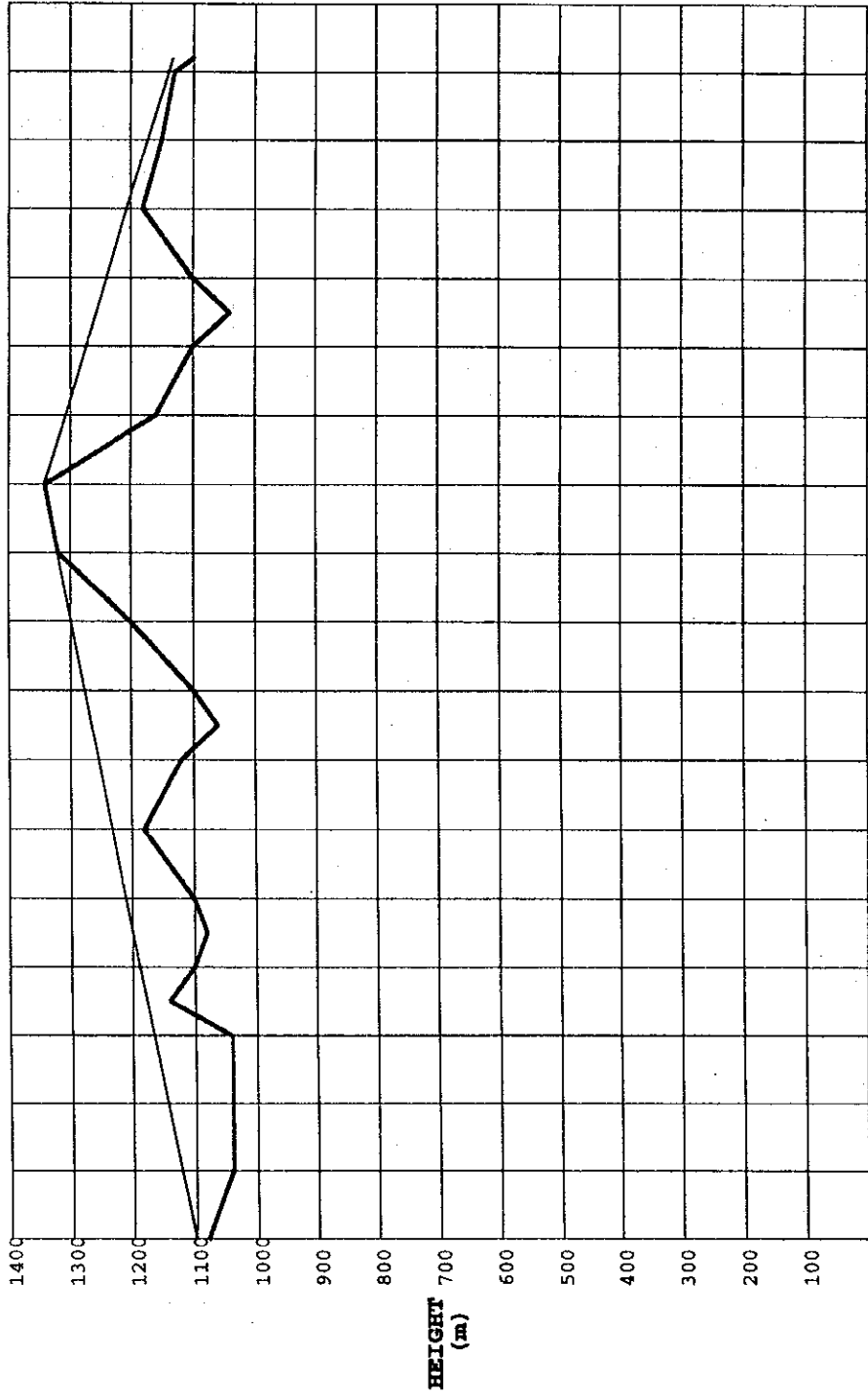
Station Name : RS-4	Station Name : RS-6
Site Elevation : 1836 m	Site Elevation : 1562 m
Antenna Height : 20 m	Antenna Height : 10 m
Location E : 108°38'30.3"	Location E : 108°39'29.7"
Location N : 11°59'42.1"	Location N : 11°56'08.9"
Tree Height : 0 (m)	
DISTANCE (km)	7 (km)

ダナム電力システム改修計画調査  
 民主主義共和国

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

図 7.15  
 プロファイル図

**TERRAIN PROFILE**  
(k=4/3)



1	Station Name : CS	8	Station Name : WL-2 (Da Nhim)
2	Site Elevation : 1080 m	9	Site Elevation : 1100 m
3	Antenna Height : 21 m		Antenna Height : 40 m
4	Location E : 108°37'02.8"		Location E : 108°34'44.0"
5	Location N : 11°50'59.7"		Location N : 11°55'07.9"
6			Tree Height : 0 (m)
7			
8			
9			

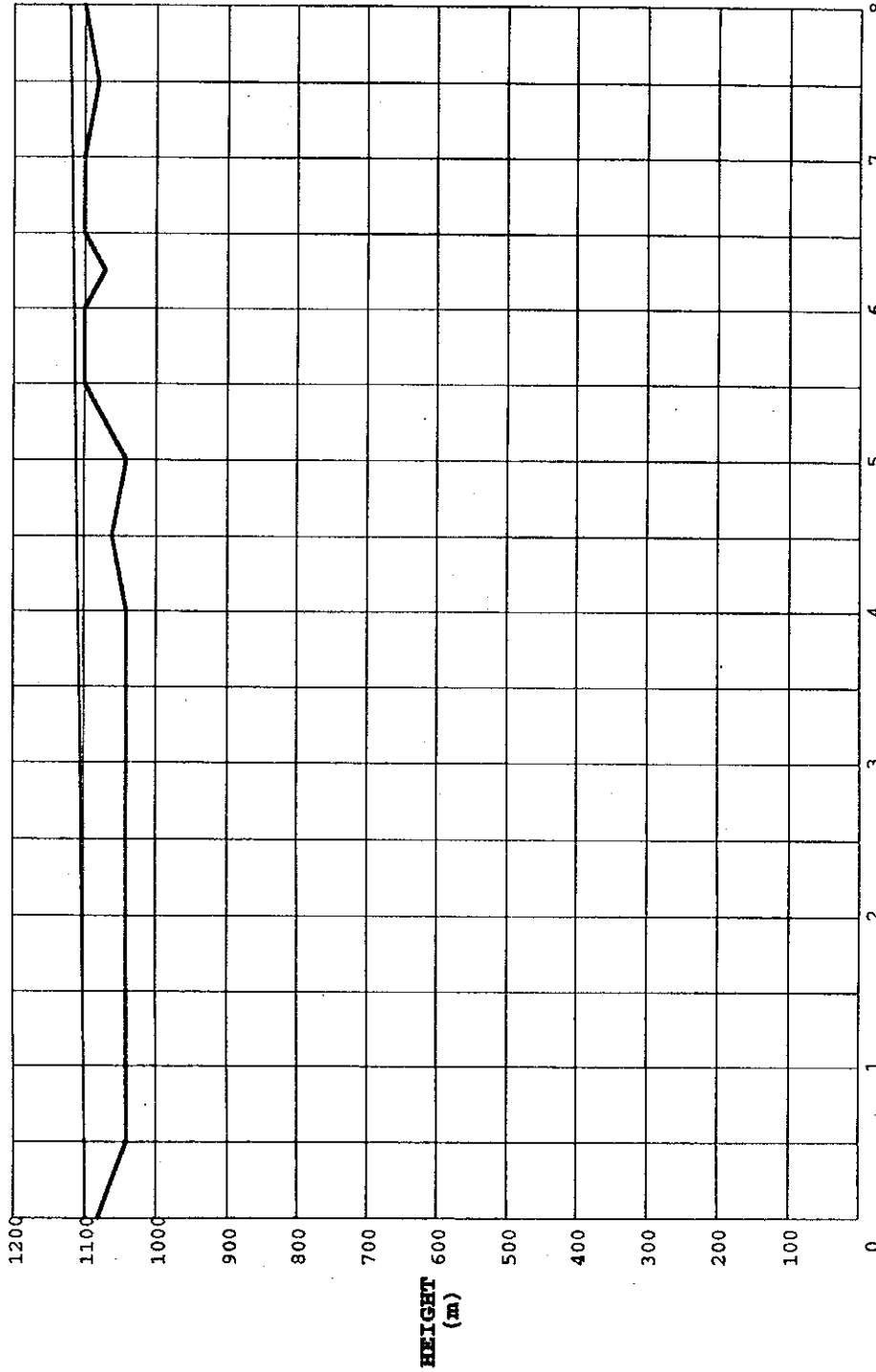
ヴァイエトナム社会主義共和国  
ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

図 7.16  
プロフィール図

**TERRAIN PROFILE**  
( $k=4/3$ )

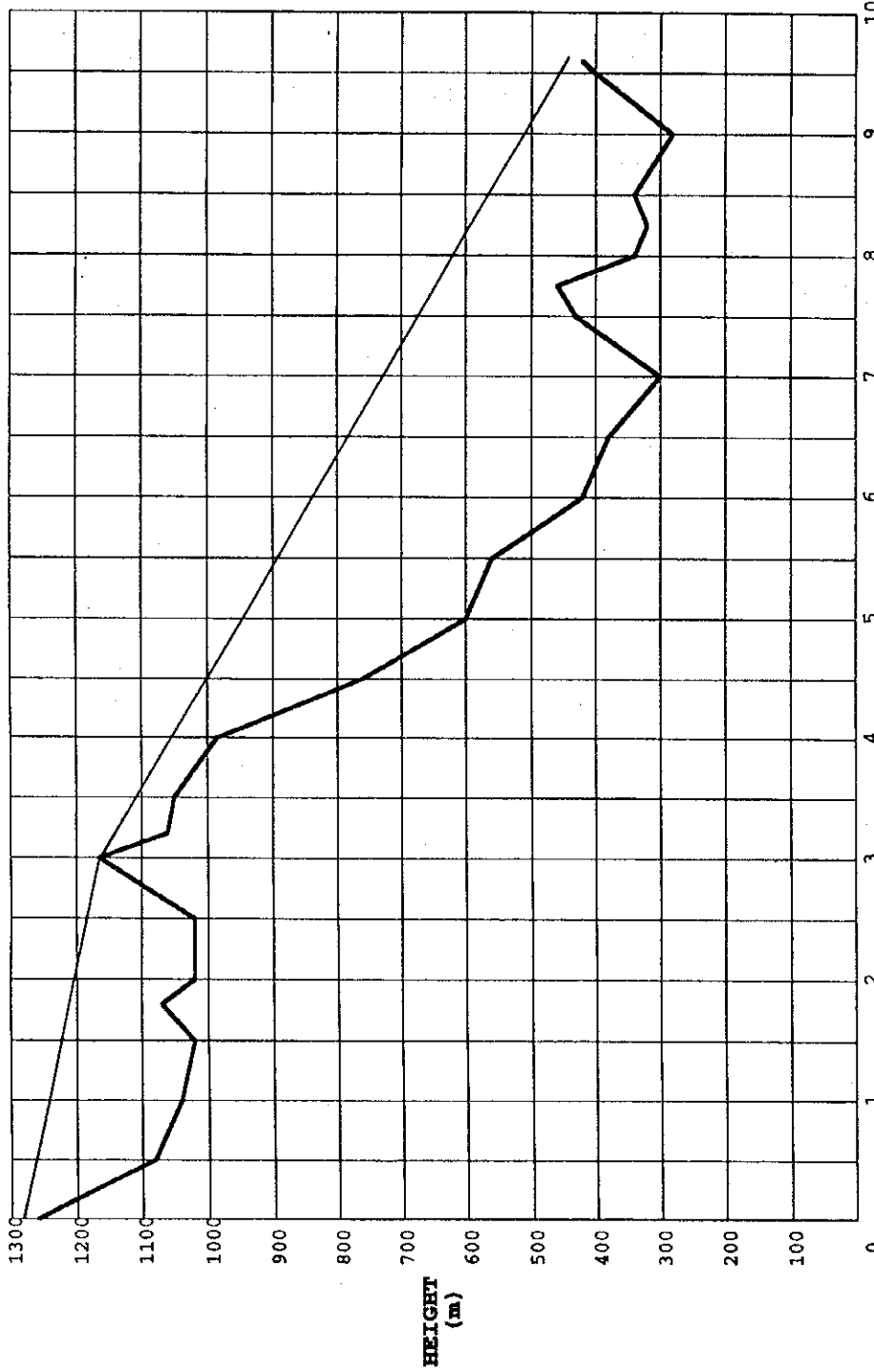


Station Name : CS	Station Name : WL-3 (Da Nhim)
Site Elevation : 1080 m	Site Elevation : 1100 m
Antenna Height : 21 m	Antenna Height : 20 m
Location E : 108°37'02.8"	Location E : 108°37'32.5"
Location N : 11°50'59.7"	Location N : 11°55'21.7"
	Tree Height : 0 (m)
	DISTANCE (km) : 8 (km)

ダニエトナム社会主义共和国  
ダニエトナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

**TERRAIN PROFILE**  
(k=4/3)



Station Name : CS	Station Name : PS-R
Site Elevation : 1259 m	Site Elevation : 420 m
Antenna Height : 30 m	Antenna Height : 30 m
Location E : 108°37'54.7"	Location E : 108°42'00.0"
Location N : 11°51'41.2"	Location N : 11°48'21.8"
	Tree Height : 0 (m)
	DISTANCE (km) : 2.6 (km)

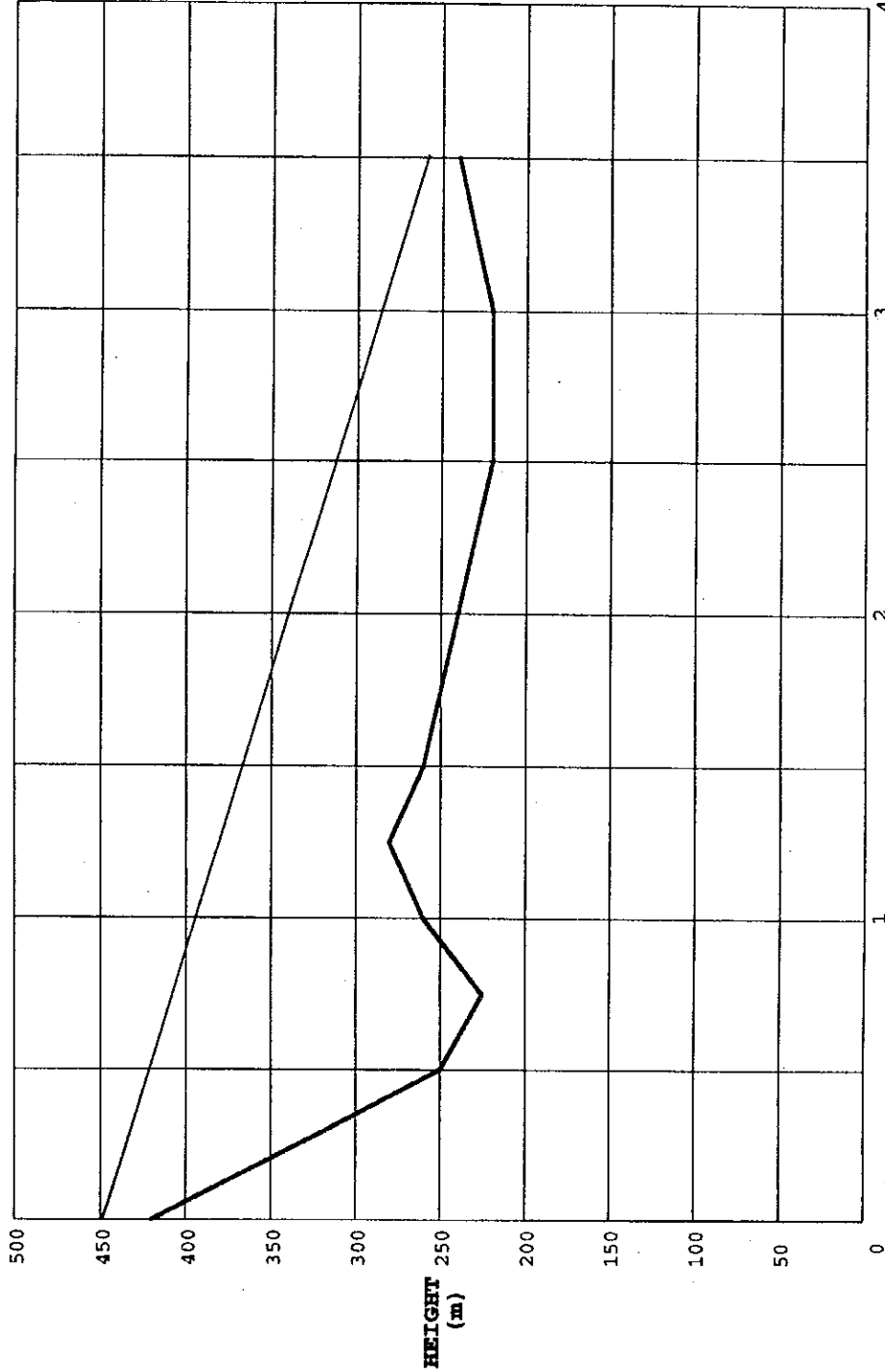
ヴァイエトナム社会主義共和国  
ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

図 7.18 (I)  
プロフィール図

**TERRAIN PROFILE**  
( $k=4/3$ )

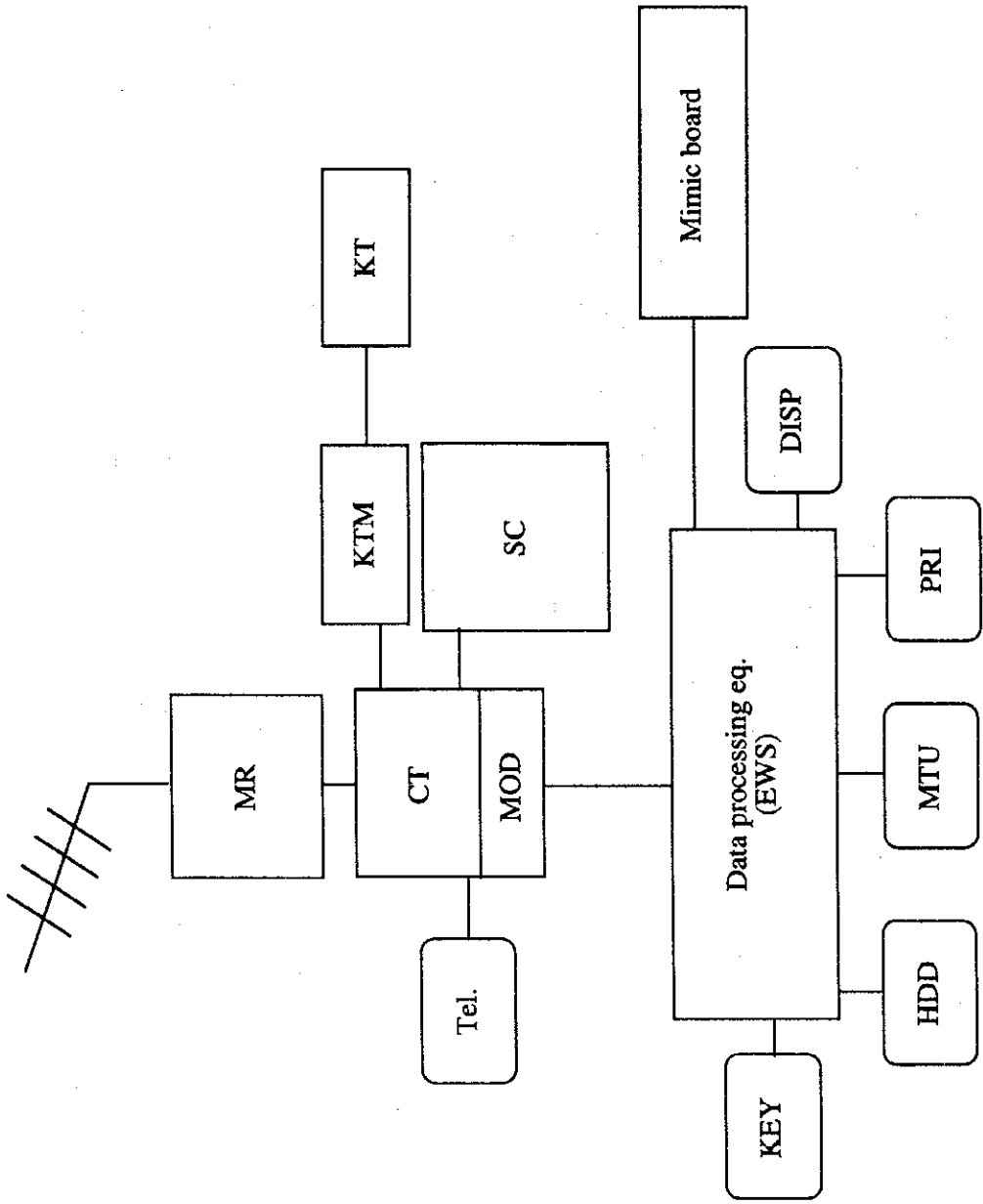


Station Name : PS-R Site Elevation : 420 m Antenna Height : 30 m Location E : 108°42'00.0" Location N : 11°48'21.8"	Station Name : PS Site Elevation : 240 m Antenna Height : 20 m Location E : 108°41'05.5" Location N : 11°50'05.2"
---	---

ガイエトナム社会主義共和国  
ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

図 7.18 (2)  
プロファイル図



LEGEND:

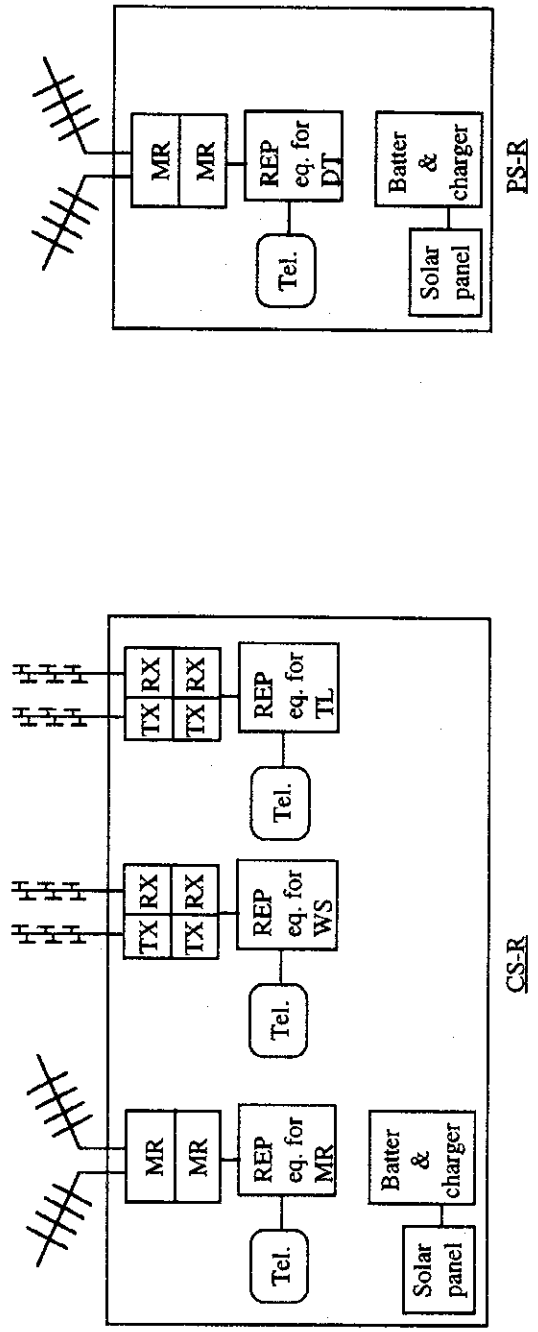
- MR : Multiplex radio
- KTM : Key telephone master unit
- KT : Key telephone
- CT : Carrier terminal
- SC : Supervisory control unit
- MOD : MODEM

図 7.19  
PS-S ブロック図

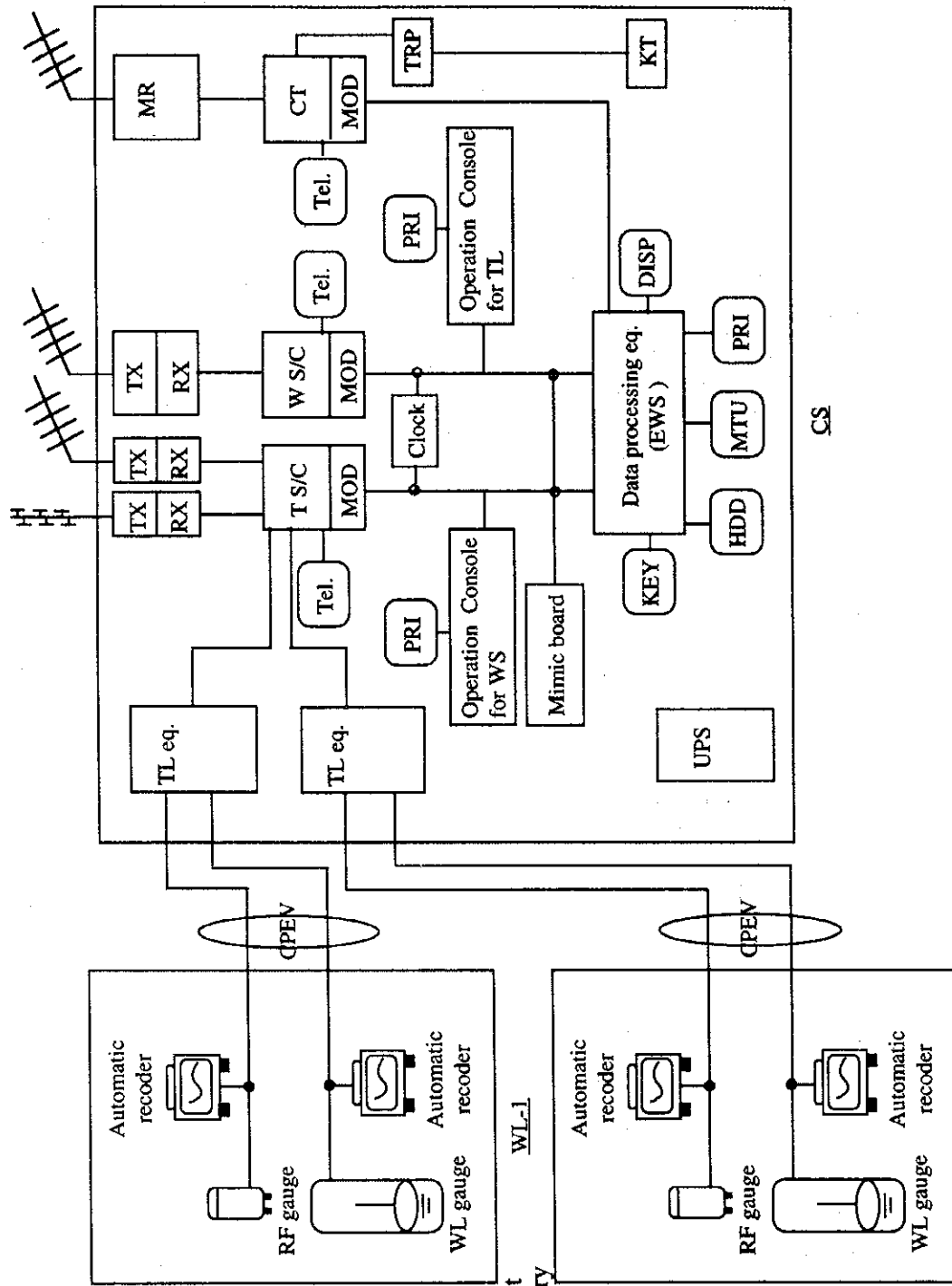
MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

ザイエトナム社会主義共和国  
ダニム電力システム改修計画調査





LEGEND:  
 TX : Transmitter  
 RX : Receiver  
 MR : Multiplex radio  
 REP : Repeater equipment



**LEGEND:**

- MR : Multiplex radio
- KT : Key telephone
- CT : Carrier terminal
- TL eq. : Telemetering equipment control unit
- T/S/C : Telemetering supervisory control unit
- W/S/C : Warning supervisory control unit
- MOD : MODEM

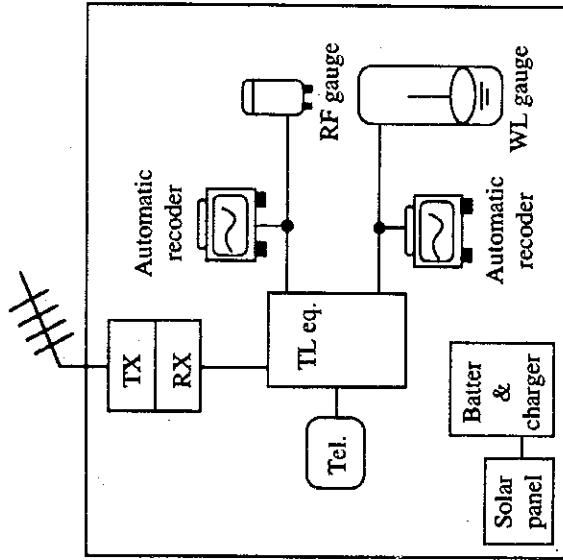
ガイエトナム社会主義共和国  
 ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

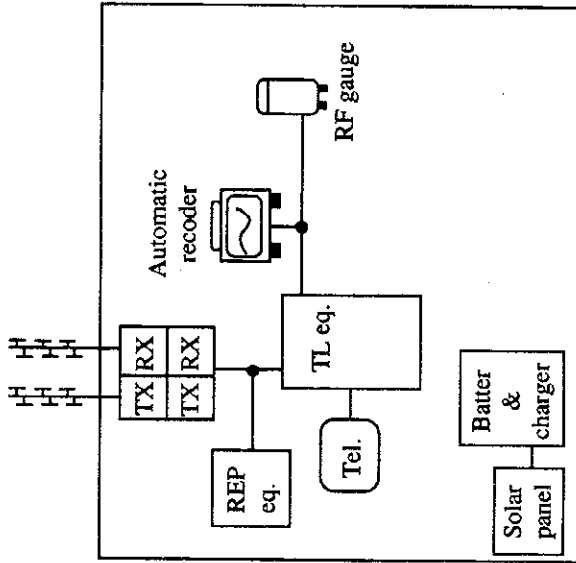
図 7.21 CS、WL-1及びWL-2 ブロック図

WL-4

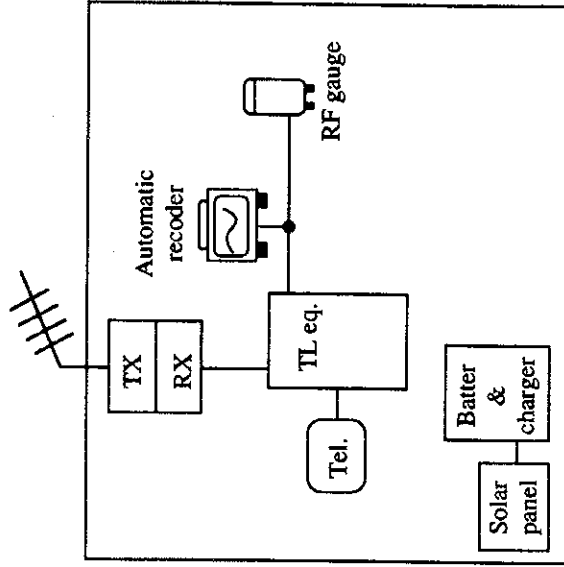
CS



WL



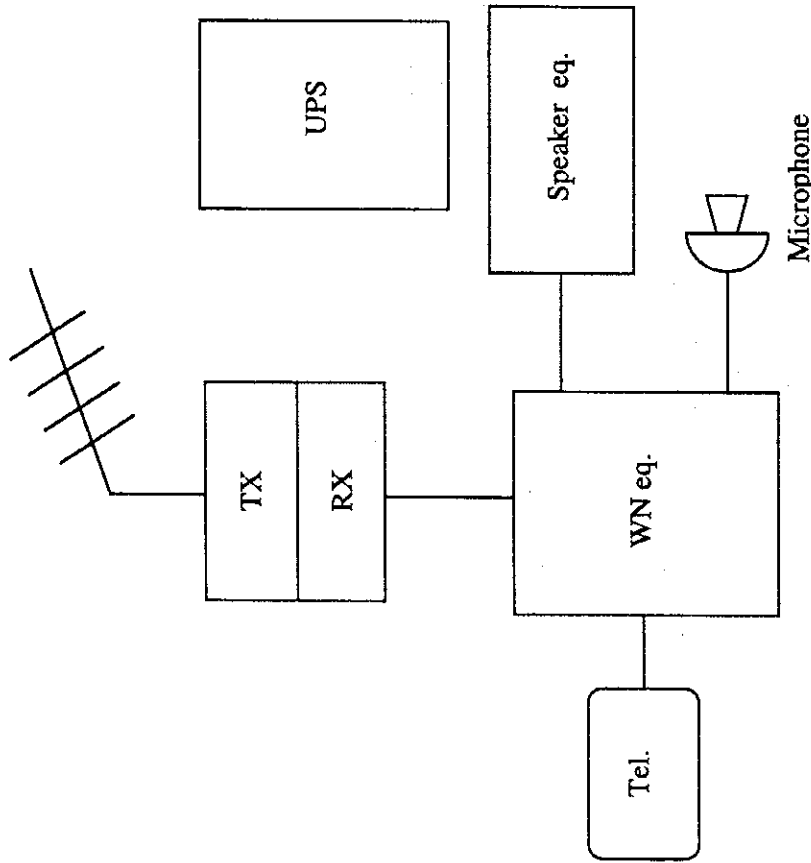
RS (Repeater type)



RS (Normal type)

LEGEND:

- TX : Transmitter
- RX : Receiver
- REP eq. : Repeater equipment
- TL eq. : Telemetering equipment



**LEGEND:**

- TX** : Transmitter
- RX** : Receiver
- REP eq.** : Repeater equipment
- TL eq.** : Telemetry equipment

ヴィエトナム社会主義共和国 ダナム電力システム改修計画調査	MINISTRY OF ENERGY 国際協力事業団	図 7.23 WSブロック図
----------------------------------	-------------------------------	-------------------

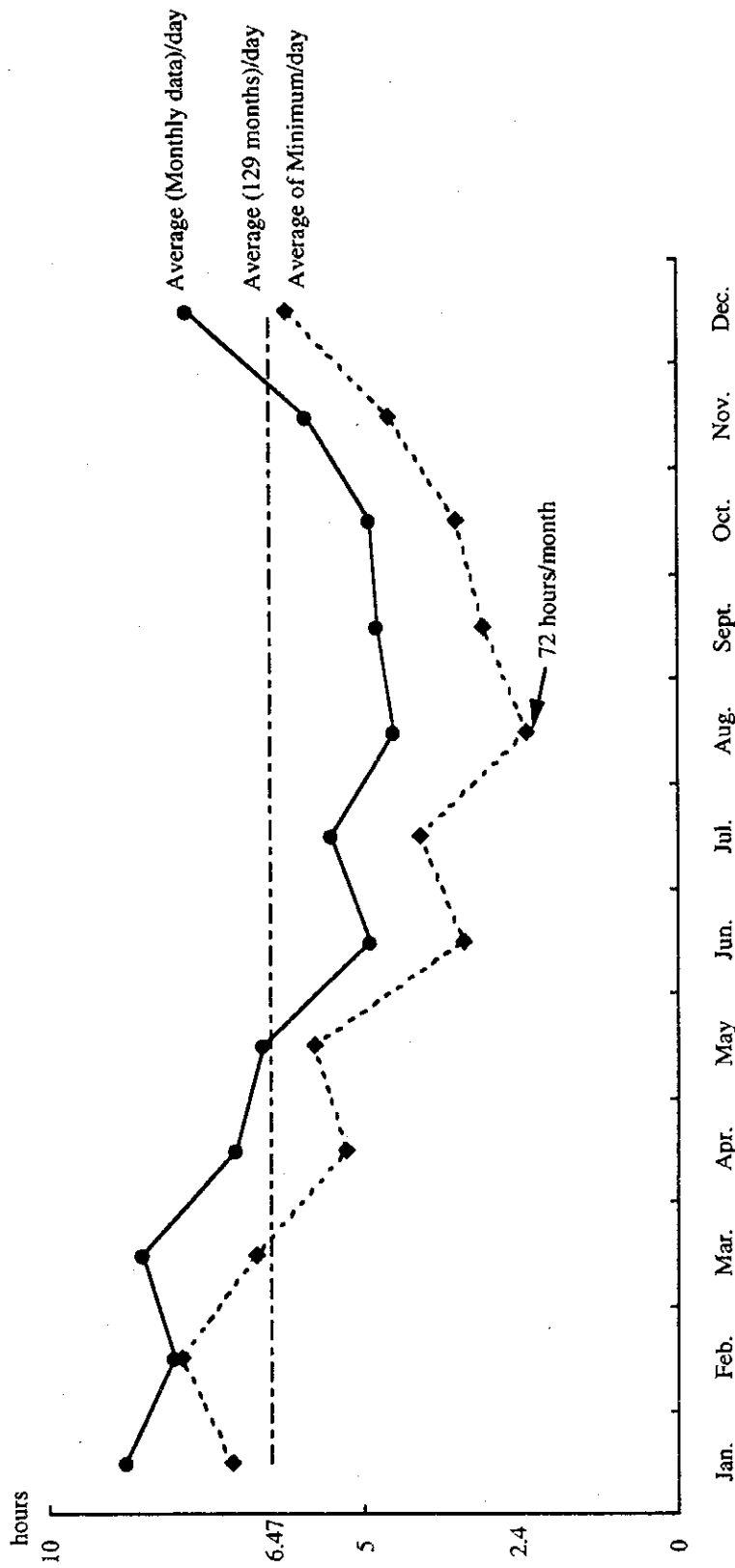
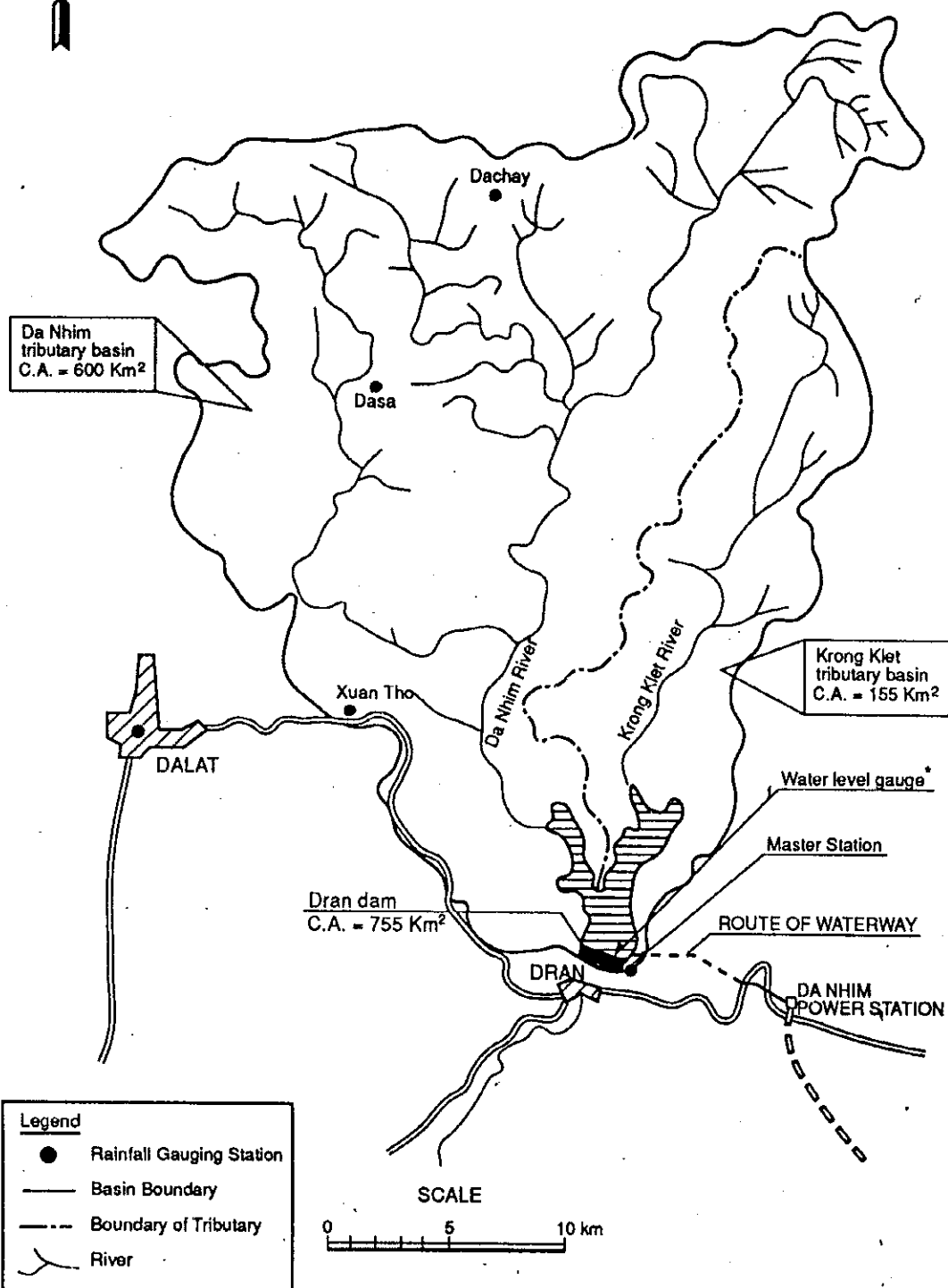


図 7.24  
過去 11 年間の日照時間

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

グイエトナム社会主義共和国  
ダナム電力システム改修計画調査



Da Nhim tributary basin  
C.A. = 600 Km<sup>2</sup>

Krong Kiet tributary basin  
C.A. = 155 Km<sup>2</sup>

Dran dam  
C.A. = 755 Km<sup>2</sup>

**Legend**  
 ● Rainfall Gauging Station  
 — Basin Boundary  
 - - - Boundary of Tributary  
 ~~~~~ River

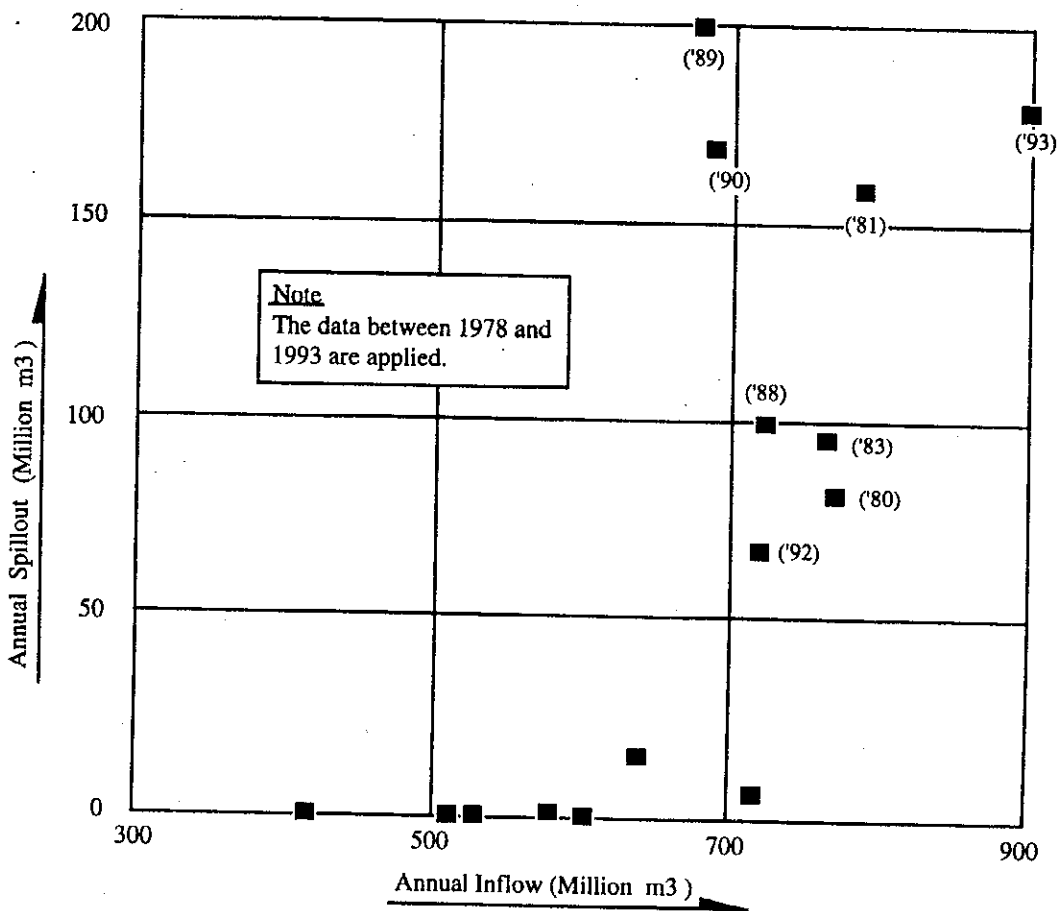
SCALE  
 0 5 10 km

Note : \* ; The water level gauge is located beside the spillway for gauging the reservoir water level.

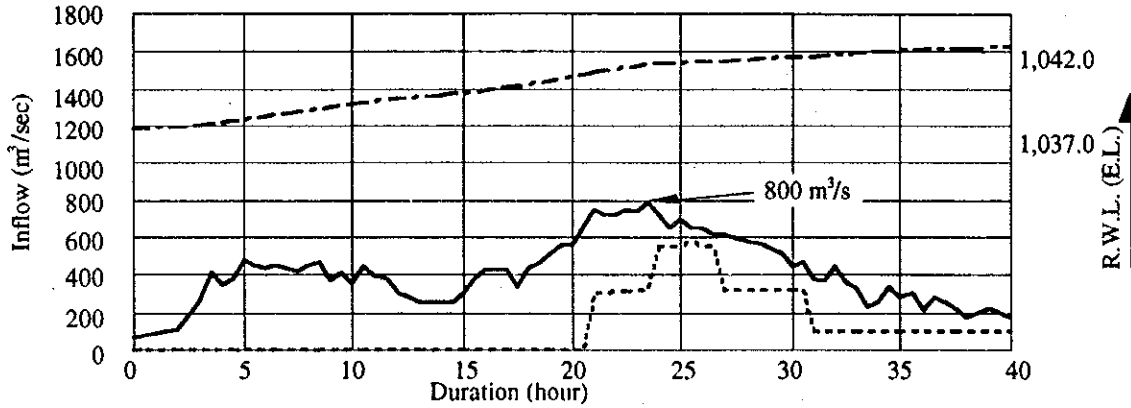
ヴェトナム社会主義共和国  
 ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

図 7.25  
 流域内の雨量観測所位置図

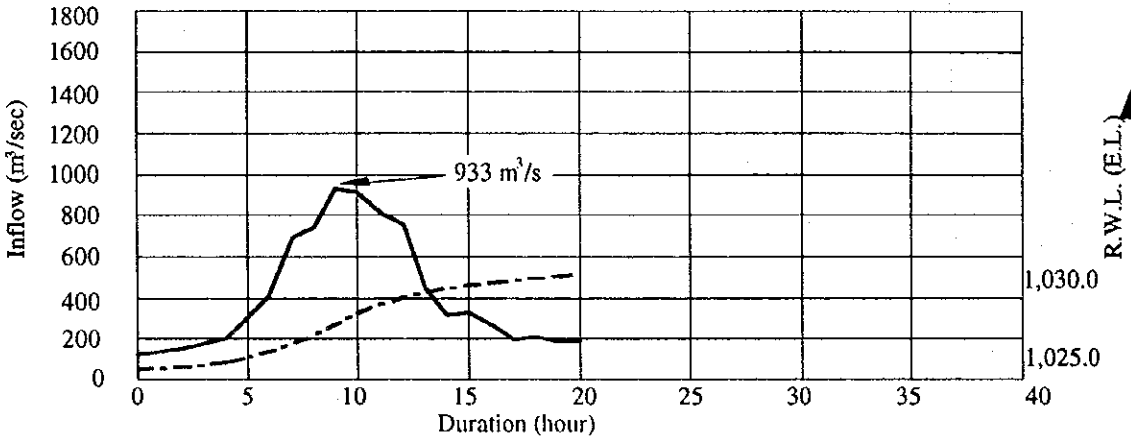


Nov. 17-19, 1979



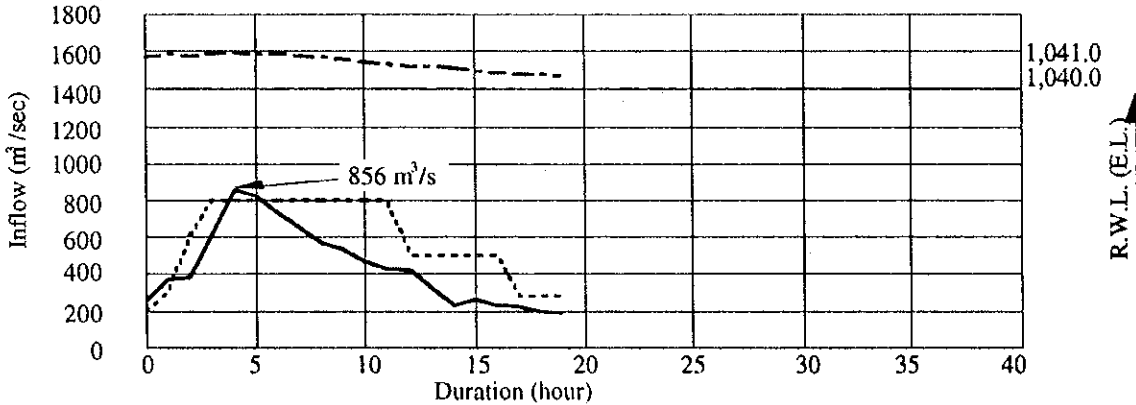
|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 6:00  | 12:00 | 0:00  | 12:00 |
| Dec 2 |       | Dec 3 |       |

Oct. 14-15, 1981



|        |        |       |        |
|--------|--------|-------|--------|
| 16:00  | 0:00   | 12:00 | 0:00   |
| Oct 14 | Oct 15 |       | Oct 16 |

Oct. 17-18, 1983

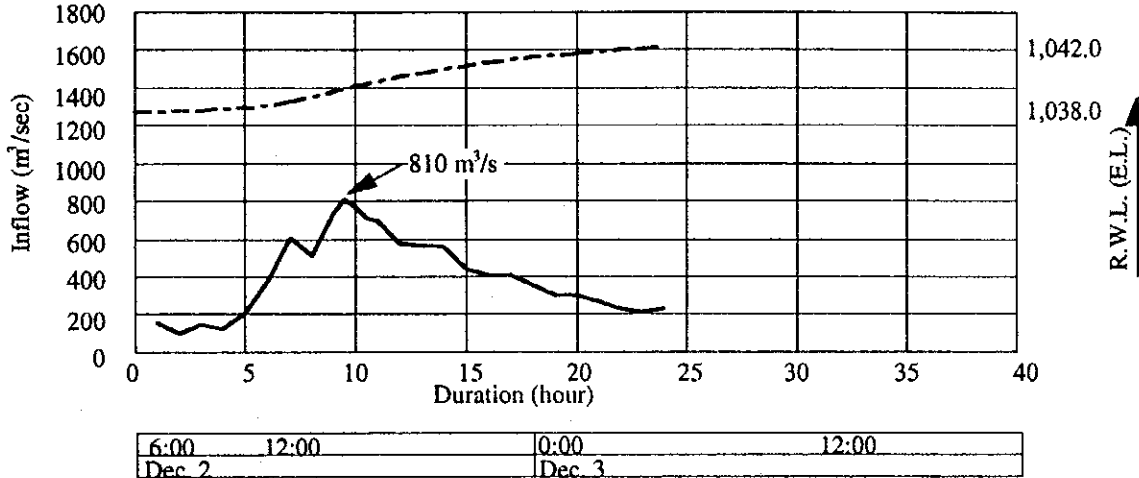


|        |       |        |       |      |
|--------|-------|--------|-------|------|
| 8:00   | 12:00 | 0:00   | 12:00 | 0:00 |
| Oct 17 |       | Oct 18 |       |      |

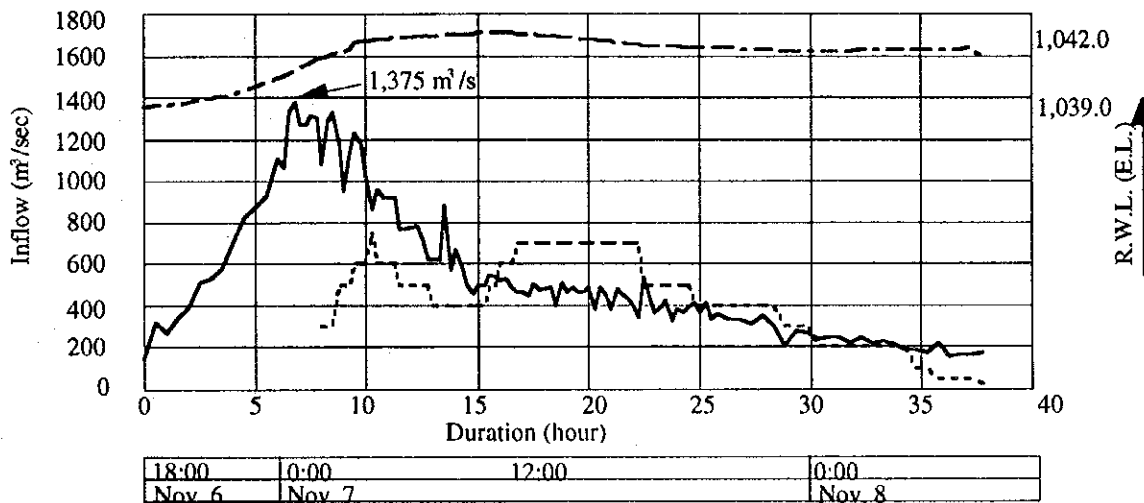
| Legend   |                |                                        |
|----------|----------------|----------------------------------------|
| — Inflow | - - - Spillout | - · - · Reservoir Water Level (R.W.L.) |



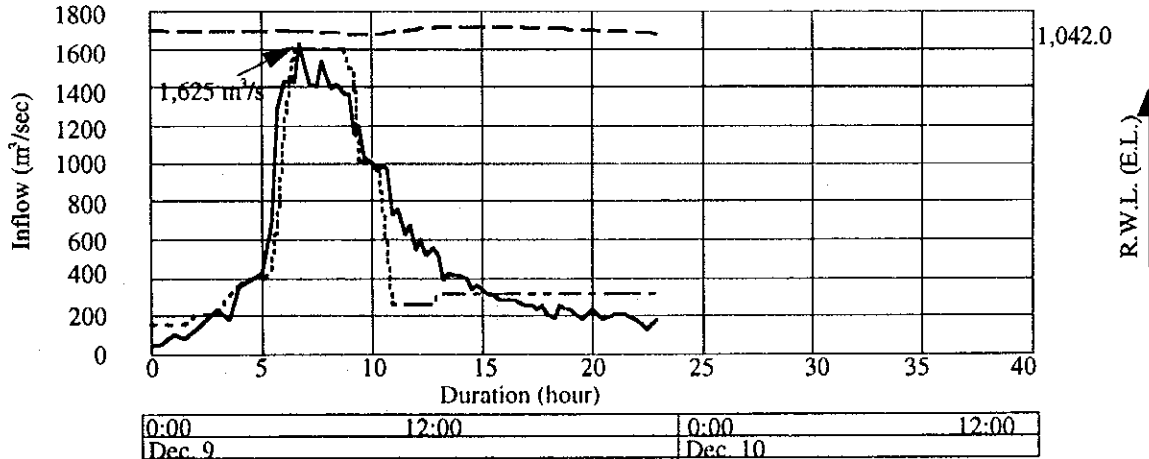
Dec. 2-3, 1986



Nov. 6-8, 1988



Dec. 9-11, 1993

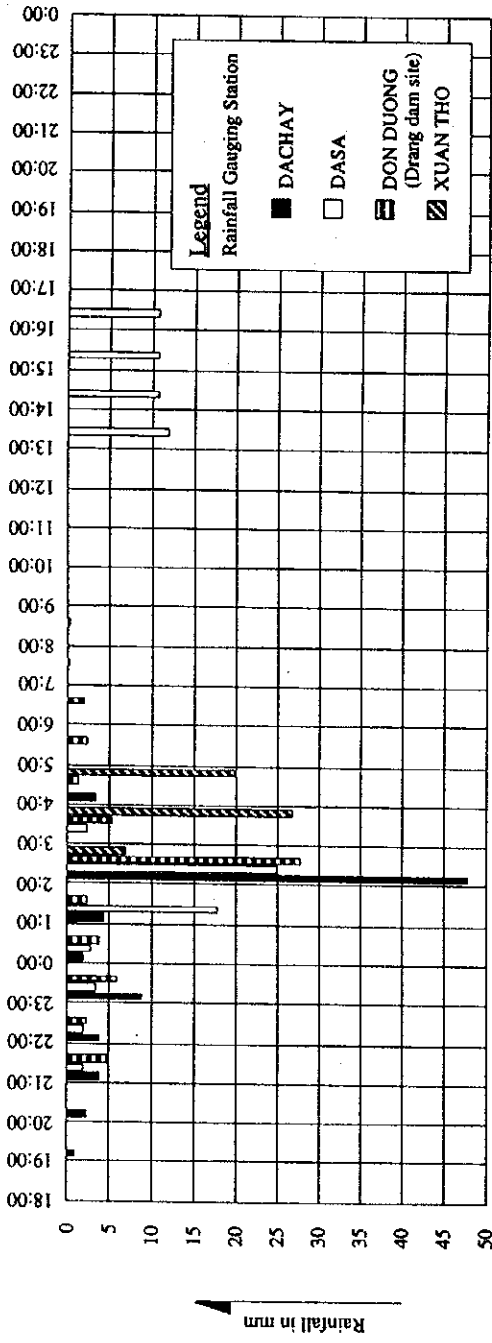


**Legend**  
 — Inflow      ..... Spillout      - - - Reservoir Water Level (R.W.L.)

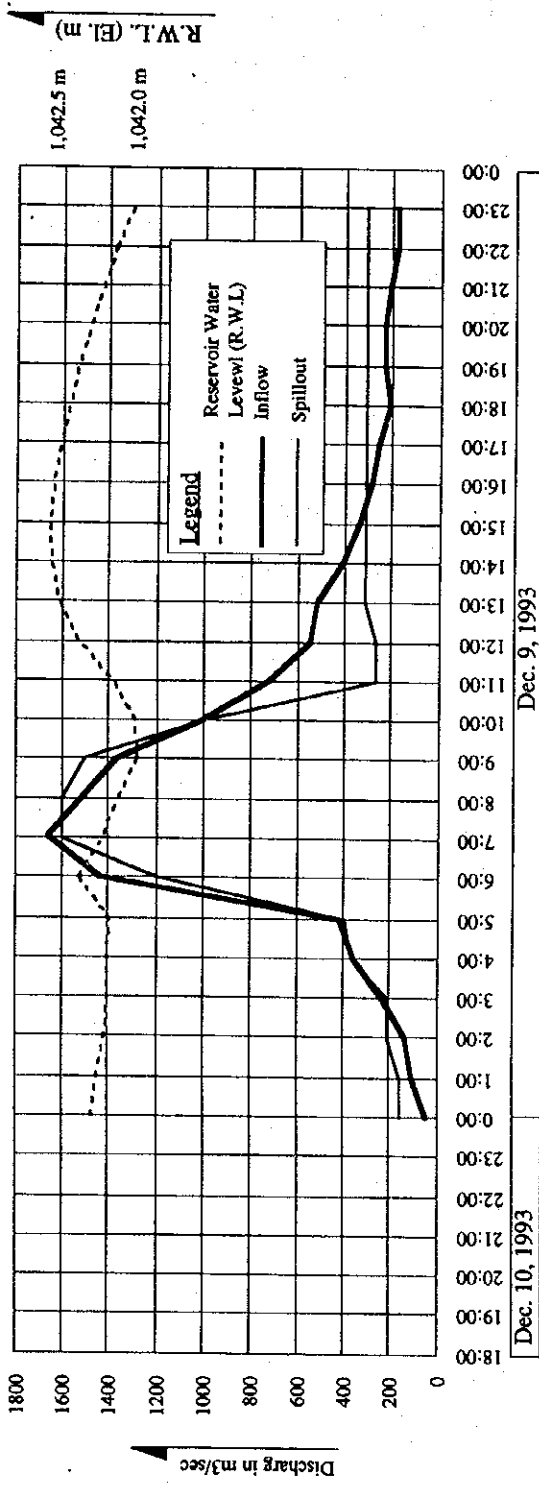
ヴェトナム社会主義共和国  
 ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

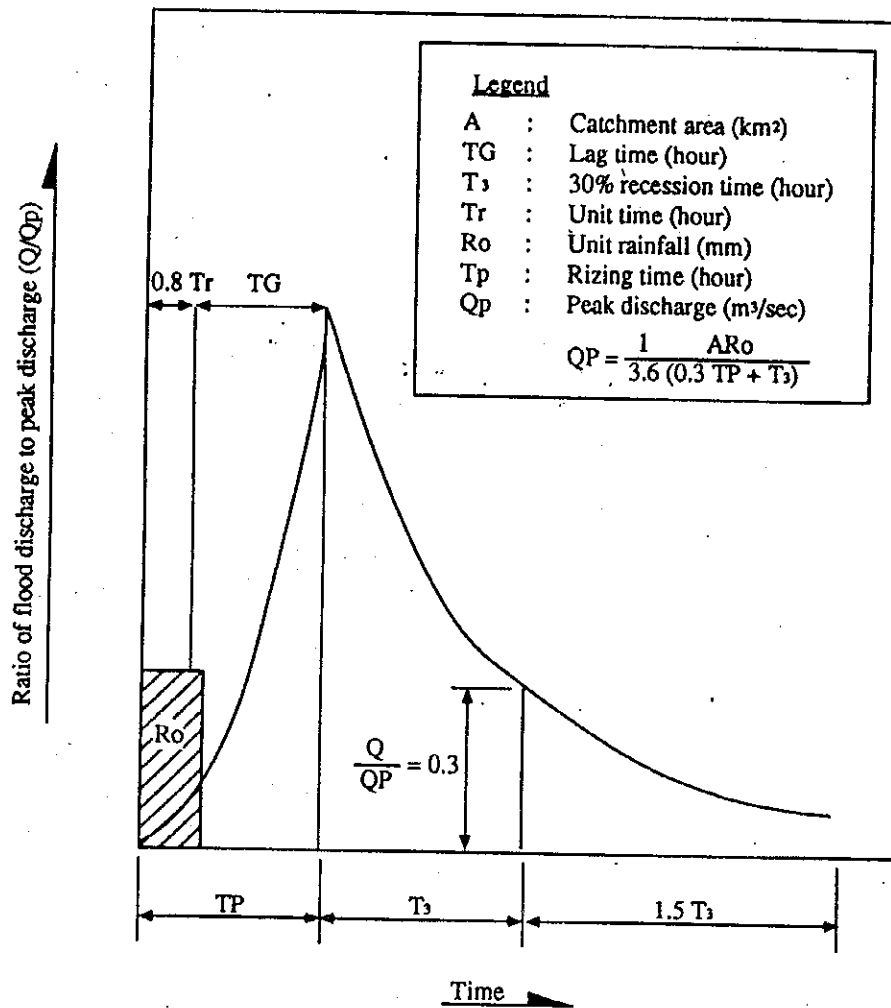
図 7.27 (2)  
 主要洪水のハイドログラフ



Hourly Rainfall at Stations in the Catchment



Flood Hydrograph



Nakayasu's Synthetic Unit Hydrograph

**Formula**

Rising Curve :  $\frac{Q}{Q_p} = \left(\frac{T}{T_p}\right)^{2.4}$

Receding Curve :  $1 \geq \frac{Q}{Q_p} \geq 0.3 : \frac{Q}{Q_p} = 0.3 \frac{T - T_p}{T_3}$

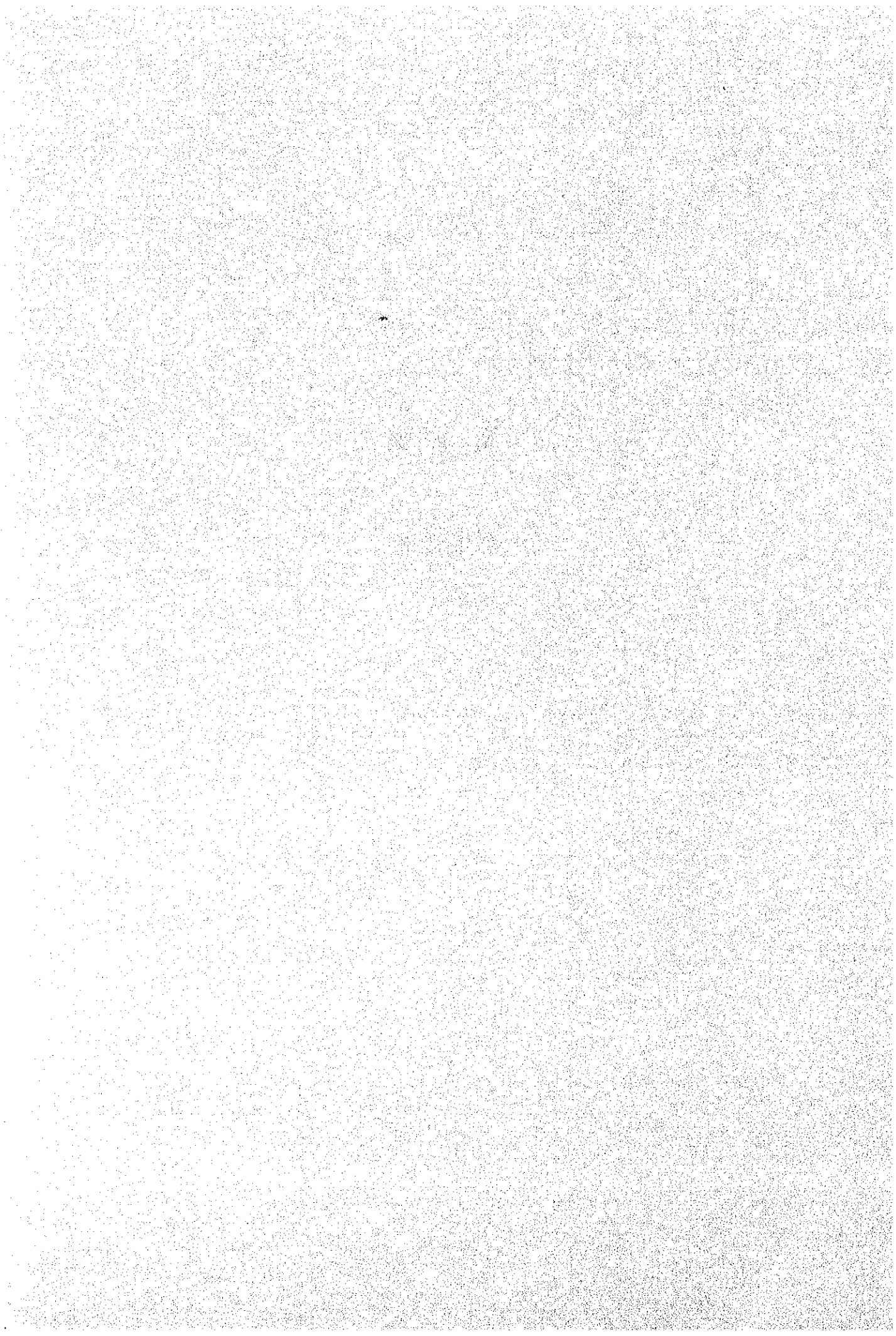
$0.3 \geq \frac{Q}{Q_p} \geq 0.3^2 : \frac{Q}{0.3 Q_p} = 0.3 \frac{T - (T_p + T_3)}{1.5 T_3}$

$0.3^2 \geq \frac{Q}{Q_p} : \frac{Q}{0.3^2 Q_p} = 0.3 \frac{T - (T_p + T_3 + 1.5 T_3)}{2.0 T_3}$



## 第 8 章

### 変電設備



## 第8章 変電設備

### 8.1 調査方法・調査結果および解析

#### 8.1.1 調査方法

本節では調査対象設備およびその調査方法を述べる。

##### (1) 調査対象設備

調査団と PC-2 の第 1 回目の協議に於いて、ダニム発電所とサイゴン変電所の調査対象設備の確認を行なった。変電設備における調査対象設備は S/W 調査団により合意されていた設備の通りで変更なかったが、調査団のできる範囲内でその他の設備の調査も実施した。また、昇圧計画のある 66 kV 変電所のうち、比較的容量の大きなタブ・チャムおよびファン・チェット変電所の変圧器についても、調査を実施した。

##### ダニム発電所

調査団が調査を実施したダニム発電所の変電設備は以下の通りである。ダニム発電所の制御室の配電盤は便宜上、変電設備に含めている。尚、ダニム発電所主要回路の単線結線図を図 8.1 に示す。

##### 1) 変圧器

- (i) 主要変圧器 45 MVA、13.2/230 kV： 4 台（給電番号：1T、2T、3T、4T）
- (ii) 所内変圧器 500 kVA、13.2/0.38 kV： 4 台（給電番号：11T、12T、13T、14T）
- (iii) 31.5 kV 変圧器 2 MVA、13.2/31.5 kV： 1 台（給電番号：6T）  
3 MVA、13.2/31.5 kV： 1 台（給電番号：7T）
- (iv) 66 kV 変圧器 22.5 MVA、13.2/66 kV： 1 台（給電番号：5T）
- (v) 66 kV 変圧器 16 MVA、13.2/66 kV： 3 台（給電番号：8T-A、8T-B、8T-C）
- (vi) 110 kV 変圧器 63 MVA、230/110 kV： 1 台（給電番号：9T）

- 2) 開閉機器
- (i) 230 kV 屋外開閉機器  
空気しゃ断器 7 台、断路器 1 8 台、変流器 1 2 台、計器用変圧器 3 台、避雷器 1 2 台、空気しゃ断器用空気圧縮装置および鉄構・母線
  - (ii) 110 kV 屋外開閉機器  
ガスしゃ断器 1 台、断路器 2 台、変流器 3 台、計器用変圧器 3 台および避雷器 3 台
  - (iii) 66 kV 屋外開閉機器  
空気しゃ断器 2 台、油しゃ断器 1 台、断路器 9 台、変流器 9 台、計器用変圧器 6 台および避雷器 3 台
  - (iv) 31.5 kV 屋外開閉機器  
空気しゃ断器 1 台、断路器 2 台、変流器 3 台、計器用変圧器 3 台および避雷器 3 台
  - (v) 13.2 kV 屋内開閉機器： 1 式
  - (vi) 6.6 kV 屋内開閉機器： 1 式
- 3) 配電盤
- (i) 主配電盤・保護継電器盤： 1 式
  - (ii) 自動制御盤・自動同期盤： 1 式

#### サイゴン変電所

調査団が調査を実施したサイゴン変電所の設備は以下の通りである。尚、サイゴン変電所主要回路の単線結線図を図 8.2、図 8.3 および図 8.4 に示す。

- 1) 同期調相機 19,000 kVA : 2 台
- 2) 変圧器
  - (i) 主要変圧器 26/28/13 MVA x 3、230/66/11 kV： 2バンク (給電番号：1T、2T)
  - (ii) 所内変圧器 300 kVA、11/0.38 kV： 2 台 (給電番号：5T、7T)
  - (iii) 同期調相機起動用変圧器 7 MVA、11/2.75 kV： 1 台 (給電番号：6T)



- (iv) 66 kV 変圧器 20 MVA、66/15 kV : 2台 (給電番号: 3T、4T)
- (v) 66 kV 変圧器 2 MVA x 3、66/15 kV : 1バンク (給電番号: 9T)

尚、主要変圧器は予備器 (# 13188A) についても調査を実施する予定であったが、予備器が修理中のため、調査ができなかった。

### 3) 開閉機器

- (i) 230 kV 屋外開閉機器  
空気しゃ断器 3 台、ガスしゃ断器 1 台、断路器 10 台、変流器 12 台、計器用変圧器 7 台、避雷器 6 台、空気しゃ断器用空気圧縮装置および鉄構・母線
- (ii) 66 kV 屋外開閉機器  
空気しゃ断器 15 台、油しゃ断器 3 台、断路器 40 台、変流器 57 台、計器用変圧器 6 台、空気しゃ断器用空気圧縮装置、スタティック・コンデンサ 4 台および鉄構・母線
- (iii) 15 kV 屋外開閉機器  
油しゃ断器 10 台、ガスしゃ断器 5 台、断路器 33 台および計器用変圧器 6 台
- (iv) 11 kV 屋外開閉機器  
油しゃ断器 3 台、ガスしゃ断器 3 台および断路器 4 台

### 4) 配電盤

- (i) 主配電盤・保護継電器盤 : 1式
- (ii) 所内用交流・直流配電盤 : 1式
- (iii) 同期調相機用自動始動制御盤 : 1面
- (iv) 送電線故障点標定装置 : 1面

#### 66 kV タブ・チャム変電所

- 1) 主要変圧器 18 MVA、72/5.5 kV : 1台 (給電番号: 4T)

#### 66 kV ファン・チェット変電所

- 1) 主要変圧器 10 MVA、66/16.5 kV : 1台 (給電番号: 1T)

上記の変電設備の調査終了後、PC-2 の送変電部と協議し、改修対象機器の再確認を行なった。その際、PC-2 より「サイゴン変電所の 230 kV 開閉機器は、系統容量の増大により各機器の短絡容量が不足してきているため、1994 年末までに取替える計画である」との説明があり、しゃ断器を含む 230 kV 開閉機器はダニム電力システム改修計画の対象から除外することを確認した。

## (2) 調査方法

### 1) 同期調相機

同期調相機の調査は運転停止期間中に下記の方法により実施した。調査点検に係わる分解・組立作業等の補助作業は PC-2 職員が行なった。

#### a) 外部点検

外部点検は調相機本体、励磁器および補機について実施した。調相機本体の外部点検はコイルエンド・カバーを外して行なった。

#### b) 絶縁試験

絶縁試験は、固定子巻線および回転子巻線について実施し、固定子巻線の絶縁抵抗測定、直流吸収試験および誘電正接試験 ( $\tan \delta$  測定)、また、回転子巻線の絶縁抵抗測定を実施した。尚、1号機はブラシホルダーの地絡事故で運転停止中であり、運転停止後約 3 週間経過した状態で絶縁試験を実施した。また、2号機の絶縁試験は運転停止直後に実施した。

#### c) 軸受メタルの非破壊検査

非破壊検査は軸受を分解して、上側および下側メタルについて、浸透探傷法にて実施した。この非破壊検査は PC-2 の送変電部の強い要求により、追加して実施された項目である。尚、同期調相機の 2 号機は、系統運用上の都合で夜間の停止が許可されず、下側メタルを分解する時間が取れなかったため、非破壊検査は上側メタルだけについて実施した。

## 2) 変圧器

変圧器の調査は下記の方法により実施した。変圧器の調査点検に係わる端子の取り外し作業や接地作業は PC-2 職員が行なった。

### a) 外部点検

外部点検は変圧器の停止期間中に実施したが、系統運用上の都合で運転停止ができない変圧器については至近距離からの目視点検に留めた。

### b) 絶縁抵抗測定

絶縁抵抗測定は停電可能な変圧器についてのみ、接続されている導体を取り外して、実施した。

### c) 油中ガス分析

変圧器の絶縁劣化判定のために、変圧器絶縁油の油中ガス分析を実施した。油中ガス分析は、以下に示す変圧器 20 台から絶縁油を採取し、日本に持ち帰って分析した。尚、油中ガス分析結果の判定は、電気協同研究第 36 巻 1 号「油中ガス分析による油入機器の保守管理」および日本の電力会社の指針に従った。また、絶縁油の劣化判定のために、油中の水分についても併せて分析した。

#### ダニム発電所

|             |                            |
|-------------|----------------------------|
| 主要変圧器       | 4 台 (給電番号: 1T、2T、3T、4T)    |
| 所内変圧器       | 1 台 (給電番号: 11T)            |
| 31.5 kV 変圧器 | 1 台 (給電番号: 6T)             |
| 66 kV 変圧器   | 3 台 (給電番号: 8T-A、8T-B、8T-C) |

#### サイゴン変電所

|           |                                           |
|-----------|-------------------------------------------|
| 主要変圧器     | 6 台 (給電番号: 1T-A、1T-B、1T-C、2T-A、2T-B、2T-C) |
| 起動用変圧器    | 1 台 (給電番号: 6T)                            |
| 66 kV 変圧器 | 2 台 (給電番号: 3T、4T)                         |

#### タブ・チャム変電所

66 kV 変圧器 1 台 (給電番号：4T)

#### ファン・チェット変電所

66 kV 変圧器 1 台 (給電番号：1T)

### 3) 開閉機器

開閉機器の調査は下記の方法にて実施した。開閉機器の調査点検に必要な開閉操作、端子の取り外し作業および接地作業は PC-2 職員が行なった。

#### a) 外部点検

外部点検は当該回路の停電期間中に実施したが、系統運用の都合上停電できない回路の開閉機器や鉄構・架線は地上からの目視点検に留めた。

#### b) 絶縁抵抗測定

絶縁抵抗測定は 230 kV および 66 kV の空気しゃ断器、断路器、変流器、計器用変圧器および避雷器のうち端子の取り外しが可能な開閉機器についてのみ、実施した。

#### c) 開閉試験

開閉試験は 230 kV 空気しゃ断器および全電圧階級の断路器について実施し、230 kV 空気しゃ断器の投入および遮断特性をオシログラフにて確認するとともに、断路器の投入状態を点検した。尚、230 kV 空気しゃ断器の開閉試験は PC-2 送変電部の要求で、追加して実施した。

### 4) 配電盤

配電盤の調査は以下の方法にて実施した。

#### a) 外部点検

外部点検は制御卓・監視制御盤・保護継電器盤・所内配電盤等、主に制御室内

の配電盤全般の板金・塗装・配線・取付器具の状態およびケーブルの接続状況について実施した。

b) 指示電気計器の較正チェック

指示電気計器の較正チェックは配電盤の停電ができなかったため、運転状態で実施した。また、計器の数が多いため、抜き取り検査とした。

c) 保護継電器の特性試験

保護継電器は数が多いため、過電流継電器のみを対象として、特性試験を実施した。

### 8.1.2 ダニム発電所の調査結果および解析

#### (1) 変圧器

外部点検および油中ガス分析の結果、各変圧器の状態は以下の通りであった。

1) 主要変圧器（給電番号：1T、2T、3T、4T）

各主要変圧器で比較的大きな振動が観測された。振動の原因は経年による鉄心の締付弛みと推察される。

ブッシングについては、以前漏油が報告されていたが、PC-2 が独自に修理しており、本調査の時点では漏油の問題はなかった。しかし、ブッシング内の油面の低下が見られ、ブッシングの油密構造が劣化していると推察される。また、ブッシング本体およびガスケットの寿命はそれぞれ約30年および約15年と一般に言われており、ブッシングは更新時期を過ぎていると判断される。

各主要変圧器で送油ポンプに経年劣化が見られ、数台のポンプで漏油が観測された。

変圧器タンク上の警報・保護装置ではブッフホルツ継電器（3T、4T）、油流指示器

(全台)、水流指示器 (1T、2T) が故障しており、動作しなかった。

各主要変圧器の窒素封入装置に経年による劣化が見られ、絶縁油劣化防止機能の低下が心配される。

主要変圧器の油中ガス分析結果は表 8.1 の通りであった。1T は水素、メタン、エタン、エチレン、アセチレンの各ガス発生量および可燃性ガスの総発生量が基準値をはるかに超えており、極めて異常な状態であった。特にエチレンが多量に発生しておりアセチレンも発生していることから、変圧器内部で接触不良や漏れ電流による局部過熱を起こしている可能性が大きく、このまま継続運転するのはかなり危険であると判断される。一方、2T、3T および 4T には特に異状は認められなかった。

表 8.1 ダニム発電所・主要変圧器の油中ガス分析結果

| 成分ガス量<br>ppm                           | 基準値                  | 1T                      | 2T                      | 3T                      | 4T                      |
|----------------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                        |                      | # 131872A<br>45,000 kVA | # 131873A<br>45,000 kVA | # 131874A<br>45,000 kVA | # 131875A<br>45,000 kVA |
| 水素 (H <sub>2</sub> )                   | 400 以下               | 1,042                   | 55                      | 47                      | 40                      |
| メタン (CH <sub>4</sub> )                 | 150 以下               | 4,625                   | 86                      | 134                     | 58                      |
| エタン (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )   | 150 以下               | 1,224                   | 109                     | 123                     | 97                      |
| エチレン (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )  | 200 以下               | 9,175                   | 32                      | 7                       | 9                       |
| アセチレン (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) | 0                    | 99                      | 0                       | 0                       | 0                       |
| 一酸化炭素 (CO)                             | 300 以下               | 56                      | 52                      | 54                      | 55                      |
| 可燃性ガス総量                                | 700 以下               | 16,221                  | 334                     | 365                     | 259                     |
| 水分                                     | 30 以下                | 8.8                     | 9.9                     | 5.3                     | 6.6                     |
| 油の絶縁破壊電圧                               |                      | 43.0 kV                 | 61.8 kV                 | 83.7 kV                 | 68.6 kV                 |
| 油の体積抵抗率                                | 5 x 10 <sup>12</sup> | 1.2 x 10 <sup>13</sup>  | 1.9 x 10 <sup>13</sup>  | 1.7 x 10 <sup>13</sup>  | 9.2 x 10 <sup>12</sup>  |

2) 所内変圧器 (給電番号：11T、12T、13T、14T)

各所内変圧器の高圧側および低圧側のブッシングまた上蓋からの漏油があり、それらのガスケットが劣化していると推察される。また、各所内変圧器のタンクおよび放熱器の塗装面が経年により剥離・発錆していた。

所内変圧器は 11T のみ油中ガス分析を実施した。分析結果を表 8.2 に示す通り、変圧器本体には異状が認められなかった。しかし、絶縁油は油中水分が多く、体積抵抗率が基準値以下であるので、絶縁油が劣化している。一方、12T、13T、14T は油中ガス分析を実施しなかったが、11T と同様に絶縁油が劣化していると推察される。

表 8.2 ダニム発電所・所内変圧器および 31.5 kV 変圧器の油中ガス分析結果

| 成分ガス量<br>ppm                           | 基準値                | 11T<br># R96302F<br>500 kVA | 6T<br>2,000 kVA      |  |  |
|----------------------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|--|--|
| 水素 (H <sub>2</sub> )                   | 400 以下             | 3                           | 23                   |  |  |
| メタン (CH <sub>4</sub> )                 | 200 以下             | 19                          | 61                   |  |  |
| エタン (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )   | 150 以下             | 43                          | 103                  |  |  |
| エチレン (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )  | 300 以下             | 10                          | 44                   |  |  |
| アセチレン (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) | 0                  | 0                           | 2                    |  |  |
| 一酸化炭素 (CO)                             | 300 以下             | 34                          | 87                   |  |  |
| 可燃性ガス総量                                | 1,000 以下           | 109                         | 334                  |  |  |
| 水分                                     | 30 以下              | 43.1                        | 17.7                 |  |  |
| 油の絶縁破壊電圧                               |                    | 38.6 kV                     | 71.1 kV              |  |  |
| 油の体積抵抗率                                | $5 \times 10^{12}$ | $3.4 \times 10^{12}$        | $1.3 \times 10^{12}$ |  |  |

3) 31.5 kV 変圧器 (給電番号：6T、7T)

6T の外部点検の結果は特に異状は認められなかった。しかし、油中ガス分析の結果を表 8.2 に示す通り、6T はアセチレンが発生しており、その発生量から、変圧器内部で接触不良等による局部過熱をしている可能性がある。また、絶縁油の体積抵抗率が基準値以下であるので、絶縁油も劣化していると推察される。

一方、7T はフランジ部より漏油があり、ガスケットが劣化していると推察される。他の外観上の異状は認められなかった。尚、7T は油中ガス分析を実施しなかったが、絶縁油は 6T と同様に劣化していると推測される。

4) 66 kV 変圧器 (給電番号：8T-A、8T-B、8T-C)

8T-A は漏油が観測された。尚、8T-B および 8T-C については以前漏油があったが、PC-2 が独自に修理しており、本調査の時点では漏油は観測されなかった。また、8T は 3 台ともブッフホルツ継電器が故障しており動作しなかった。

66 kV 変圧器の油中ガス分析結果を表 8.3 に示す通り、8T は 3 台ともアセチレンが微量検出された。しかし、他のガスの発生状況からみて、現状では特に問題ないと推察される。

表 8.3 ダニム発電所・66 kV 変圧器の油中ガス分析結果

| 成分ガス量<br>ppm                           | 基準値                | 8T-A<br>16,000 kVA   | 8T-B<br>16,000 kVA   | 8T-C<br>16,000 kVA   |
|----------------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 水素 (H <sub>2</sub> )                   | 400 以下             | 4                    | 13                   | 6                    |
| メタン (CH <sub>4</sub> )                 | 200 以下             | 2                    | 8                    | 2                    |
| エタン (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )   | 150 以下             | 微量                   | 1                    | 微量                   |
| エチレン (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )  | 300 以下             | 3                    | 3                    | 2                    |
| アセチレン (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) | 0                  | 微量                   | 1                    | 微量                   |
| 一酸化炭素 (CO)                             | 300 以下             | 168                  | 244                  | 93                   |
| 可燃性ガス総量                                | 1,000 以下           | 177                  | 265                  | 103                  |
| 水分                                     | 30 以下              | 13.5                 | 21.8                 | 12.0                 |
| 油の絶縁破壊電圧                               |                    | 65.1 kV              | 40.5 kV              | 83.2 kV              |
| 油の体積抵抗率                                | $5 \times 10^{12}$ | $1.3 \times 10^{13}$ | $1.4 \times 10^{13}$ | $1.6 \times 10^{13}$ |

5) 66 kV 変圧器 (給電番号：5T)

66 kV 変圧器 (5T) はエア・プリーザーが破損しており、冷却ファン制御装置が故障していた。また、部分的に塗装が剥離していた。尚、放熱器に若干の漏油が観測されたが、現状では特に問題はない。

6) 110 kV 変圧器 (給電番号：9T)

110 kV 変圧器は 1990 年旧ソビエト製である。外部点検の結果、負荷時タップ切替装置の取付部からの著しい漏油が見られた。ガスケットの不具合と推察される。漏油の



他は特に異状は認められなかった。

## (2) 開閉機器

現地調査の結果を以下に示す通り、開閉機器は全般に端子や導体の変色・発錆が目立ち、空気しゃ断器のダッシュポット部や変流器には若干の漏油が見られた。これらの変色・発錆および漏油は経年によるものと推察される。また、殆どのしゃ断器や断路器の制御箱は、扉ガasketが脱落しケーブル口も密閉していないために、雨水や湿気が侵入した形跡があり、内部が腐食していた。

現状では、これらの問題は開閉機器の運転に支障を及ぼすような重大な欠陥や異状ではないが、各機器の清掃、調整、一部部品の取替および補修塗装が必要である。

### 1) 230 kV 空気しゃ断器

空気しゃ断器の全台に、断路部導体の変色、圧力スイッチのケーブルの劣化および制御箱内部の湿気による腐食が見られた。

### 2) 230 kV 断路器

1962年製断路器の全台に、端子の変色、ボルトおよびスプリング・ワッシャーの発錆、また、制御箱内部の湿気による腐食が見られた。

11台の断路器の開閉試験を実施したが、6台の断路器（"231-1"、"232-2"、"271-2"、"271-3"、"200-1"、"200-2"）の投入（閉鎖）操作が不良であった。

### 3) 230 kV 変流器

主要変圧器 2T 回路のB相の変流器で一次側端子より漏油があったが、油面低下もなく絶縁抵抗測定の結果も良好であった。したがって、この漏油は現状では特に問題はないと判断する。

また、変流器の1次端子に変色が見られた。

- 4) 230 kV 計器用変圧器  
230 kV 送電線回路の計器用変圧器は経年により劣化していた。また、端子ボルトに発錆が見られた。
- 5) 230 kV 避雷器  
全ての 230 kV 避雷器の端子ボルトに発錆が見られた他は、特に異状は認められなかった。
- 6) 110 kV 開閉機器  
110 kV シャ断器、断路器、変流器および避雷器は旧ソビエト製である。外部点検の結果は特に異状は認められなかった。
- 7) 66 kV 開閉機器  
66 kV 開閉機器は全般に端子および導体部に変色・腐食がみられた。また、シャ断器および断路器の制御箱内部は湿気により腐食していた。
- 8) 31.5 kV 開閉器  
31.5 kV 空気シャ断器のダッシュポット部は若干の漏油があり、空気配管表面には腐食が観測されたが、現状では特に問題はないと判断した。  
  
その他の 31.5 kV 開閉器では、特に異状は認められなかった。
- 9) 13.2 kV 屋内開閉器  
13.2 kV 空気シャ断器 "543" の C 相の並列抵抗器が断線していた。その他の異状は認められなかった。
- 10) 6.6 kV 屋内開閉器  
6.6 kV 磁気シャ断器 2 台 ("636" および "672") のパイロット・コンタクトが動作不良であった。その他の異状は認められなかった。

11) 空気圧縮装置

230 kV、66 kV および 31.5 kV 空気しゃ断器操作の屋外空気圧縮装置および 13.2 kV 空気しゃ断器操作の屋内の空気圧縮装置は共に、据付当初に比較して、空気タンクへの充気時間が長くなり、空気圧縮機の運転頻度が高くなっていた。これは、空気圧縮機の経年劣化により吐出量が低下したものと推察される。

12) 230 kV 母線

母線導体およびコネクタが黒く変色していた。また、全ての碍子連が汚損していた。

(3) 配電盤

タニム発電所の配電盤は殆どが 1962 年製であるが、一部の盤で変圧器やフィーダーの増設に伴って追加、改造および保護継電器の配置変更を行っていた。配電盤自体には大きな損傷や錆びもなく、また電線の変色や端子の錆びも見られず、配電盤は据付当時の状態を保持していた。また、配線や端子の接続状況も殆どが据付当時の状態を保持していた。

制御卓の取付器具のうち、使用頻度の高い # 7-65、# 7-77 等の操作スイッチや # 43 等の選択スイッチのハンドルはガタガタになっており、また温度表示計の切替スイッチは故障していた。

運転監視盤上の 6 台の記録計のうち、4 台は故障しており、残りの 2 台は 1984 年に取替られて動作中であったが記録用紙がなく機能していなかった。

故障表示器はターゲット式であるが、動作表示ができないものが多かった。

指示電気計器や保護継電器は定期的に較正・修理が実施されており、現状では大きな問題はないと推察される。しかし、殆どの指示電気計器や保護継電器等は標準耐用年数を超えており、メカの故障・接点不良・精度の低下・動作特性不良等の問題が今後増大するものと思われる。現実には、多くの指示電気計器でゼロ点のずれや許容誤差を超えているものがあり、また、誘導円盤形の保護継電器ではスプリングの劣化が見られ、その動作時間特性に変化をも

たらししていた。

発電機の自動制御盤には特に異状は見られなかったが、自動制御回路を構成している継電器類の経年劣化が心配される。自動並列装置は真空管式で、自動同期投入操作は良好であったが、自動並列装置による速度および電圧の自動制御操作は不良であった。また、真空管などの予備品は全くなかった。

また、サージタンク水位観測システムも故障しており、発電所の制御室での水位観測ができなかった。

### 8.1.3 サイゴン変電所の調査結果および解析

#### (1) 同期調相機

同期調相機は1964年に竣工したが、ベトナム戦争で230 kV送電線が破壊されたために1965年から1978年まで運転停止を余儀なくされ、11 kV回路の火災事故や軸受の焼損事故等、数々のトラブルを起こしていた。また、同期調相機は過去に一度もオーバーホールを実施していないことが判明した。

同期調相機の外部点検、絶縁試験および軸受の非破壊検査の結果、同期調相機各部の現状は以下の通りであった。

##### 1) 固定子

各号機の固定子巻線は塵埃の付着量が著しく、以下の絶縁抵抗測定結果に示す通り絶縁抵抗が低下していた。

##### 固定子巻線・絶縁抵抗測定結果（各相 - 大地間）

1号機： 30 ~ 60 M-ohm （基準： > 11.6 M-ohm、竣工時： 250 M-ohm）

2号機： 35 ~ 42 M-ohm （基準： > 11.6 M-ohm、竣工時： 120 M-ohm）

絶縁物の絶縁抵抗は絶縁物固有の体積絶縁抵抗と絶縁物表面の表面絶縁抵抗で構成されていると考えられる。各巻線の絶縁物表面には著しい塵埃が付着しており、これが表面絶縁抵抗を低下させた要因で、その結果として巻線全体の絶縁抵抗が低下したものと推察される。

次に直流吸収試験の結果を以下に示す。

#### 固定子巻線・直流吸収試験結果（各相 - 大地間）

1号機： PI = 1.0 ~ 1.12 （基準： > 1.5）

2号機： PI = 0.95 ~ 0.97 （基準： > 1.5）

尚、成極指数（PI）は絶縁物の吸湿の程度を判定するための一つの目安で、その値が1.5以上であれば絶縁物は十分に乾燥していると判断できる。しかし、直流吸収試験の結果は、成極指数（PI）は約1.0で固定子巻線がかなり吸湿している状態を示した。特に、2号機は運転停止直後に試験を行なったにも拘わらず、成極指数（PI）は1.0以下であり、絶縁物が非常に吸湿しやすくなっている状態であった。絶縁が良好であれば吸湿しにくく、絶縁が老化した巻線では吸湿しやすいことから、両号機の固定子巻線は老化していると判定できる。

一方、固定子巻線の誘電正接（ $\tan \delta$ ）測定結果は以下の通りであった。

#### 固定子巻線誘電正接（ $\tan \delta$ ）測定結果

1号機： 7.0 % (2 kV) ~ 7.4 % (8 kV)

2号機： 3.3 % (2 kV) ~ 3.4 % (8 kV)

吸湿した巻線の $\tan \delta$ は通常試験電圧が上昇するにつれて増加する特性を示すものであるが、上記の試験結果ではこの特性が現われなかった。これは巻線が異常に吸湿し過ぎて、低い試験電圧においても高い $\tan \delta$ の値が現われたと解釈出来る。尚、2号機に比較して、1号機の $\tan \delta$ の値が大きくなっているが、これは1号機が約3週間停止していたために吸湿が進んだ結果と推察される。

また、各号機の幾つかのスロットから、楔下の絶縁物が若干飛び出しているのが観測された。

固定子鉄心については、1号機の鉄心締付ボルトの一部に多少の弛みが観測された。この弛みは現状では特に支障がないと思われる。その他の固定子鉄心の異状は認められなかった。また、各号機の固定子枠も、特に異状は認められなかった。

各号機の固定子巻線には0℃、25オーム、銅のサーチコイルが12本挿入されているが、異状はなかった。

## 2) 回転子

各号機の回転子コイルは塵埃が著しく付着しており、以下に絶縁抵抗測定結果を示す通り絶縁抵抗値が著しく低下していた。

### 回転子コイルの絶縁抵抗

1号機： 0.002 M-ohm (基準： > 0.1 M-ohm、竣工時： 65 M-ohm)

2号機： 2.7 M-ohm (基準： > 0.1 M-ohm、竣工時： 125 M-ohm)

また、1号機の回転子コイル (PMG側、7番磁極) の下部絶縁カラーとスパイダーの間に約1mmのギャップが確認された。現在まで、そのコイルが動いた形跡はなく他の回転子コイルには問題がなかった。

スリップリングは各号機でブラシ摺動面の磨耗が観測され、特に、中央部が著しく磨耗していた。

さらに、1号機のブラシホルダー支持棒の絶縁筒1本が溶断していた。この溶断は絶縁筒の表面にブラシのカーボン粉が付着したことにより、表面絶縁抵抗が低下して、地絡事故を起こした結果であった。絶縁抵抗測定の結果、他の支持棒の絶縁筒の絶縁抵抗も低下していた。

### 3) 主軸

1号機のPMG側で、主軸と回転子スライダの嵌合部にフレットング・コロージョンが確認された。フレットング・コロージョン (Fretting Corrosion) とは主軸とスライダの嵌合部に隙間が生じ、運転中に主軸がその隙間で振動して主軸面が摩滅し、金属粉が発生した状態をいう。その金属粉が錆びて嵌合部に放射状に付着することで、その発生を知ることができる。フレットング・コロージョンは進行すると主軸の破断に発展する恐れがあるので、なるべく早く主軸を取替る必要がある。

### 4) 軸受

各号機の殆ど全ての軸受メタルが剥離しており、その一部はかなり深いところまで剥離が進んでいた。また、主軸上には軸受メタルが当たってできたと思われる擦過痕が見られた。一方、軸受メタルの予備は既に使用済みで残っていなかった。

また、1号機の励磁機側軸受メタルの冷却水配管が軸受メタル入口で破損していた。軸受メタルは過去に2度焼損事故を起こしているが、それはこの冷却水配管が破損して冷却水が潤滑油内に侵入したために、軸受面の油膜が形成されなかったことが原因だと報告された。

各号機のPMG側および励磁機側の軸受台のカバー合わせ部およびラビリンス部から著しい漏油が観測された。ガスケットの不良および軸受内の油面が高過ぎるのが原因であると推察される。

各号機の軸受温度測定用測温抵抗体のリード線が著しく劣化していた。また、1号機のPMG側の測温抵抗体が欠損していた。

潤滑油循環ポンプ4台およびオイルリフトポンプ2台の各部で著しい漏油が観測された。冷却水ポンプ3台は全て発錆・腐食が著しく、軸受部からの漏油が観測された。冷却水ポンプの1台は電動機との結合部が不良で、フレットング・コロージョンが観測された。これらのポンプは据付後30年以上経過しており、可動部の磨耗も心配される。

また、冷却水配管およびバルブは著しく発錆・腐食していた。さらに、貯水槽にある冷却水ポンプ起動停止制御用の水位スイッチも腐食していた。

5) 励磁機

各号機の主励磁機および副励磁機は巻線の塵埃の付着量が著しく、主励磁機の絶縁抵抗が低下していた。

主励磁機電機子巻線・絶縁抵抗測定結果

1号機： 0.067 ~ 0.12 M-ohm (基準： > 0.1 M-ohm、竣工時： 30 M-ohm)

また、主励磁機および副励磁機とも整流子面はまだ良好であるが、ブラシホルダーのブラシの動きが悪かった。さらに、副励磁機の界磁極端子部、界磁リード線、リード線端子部が著しく劣化していた。

6) 導体

各号機の引き出し導体は塵埃の付着量が著しく、その塵埃の付着により導体の局部過熱を起こした形跡があった。また、全接続端子が腐食していた。

各号機の11 kV 電力ケーブルは加熱変形の形跡があり、ケーブルヘッドの絶縁コンパウンドが流れ出していた。

7) エア・ダンパ

各号機のエア・ダンパの制御回路が故障しており、自動閉鎖操作ができなかった。現設計ではエア・ダンパは同期調相機に火災が発生した場合に閉鎖される構造であった。

8) AVR

各号機の同期調相機用 AVR は 1985 年頃から使用不能で、界磁抵抗器を使用した手動操作のみ可能な状態であった。



9) 自動始動盤

同期調相機の自動始動運転が出来ない状態にあった。これは制御機器の寿命により、自動制御回路に不具合があると推察される。

10) エア・フィルター

各号機の冷却空気取入口のエア・フィルター（網）が一部破れており、外部から同期調相機内に塵埃が侵入する原因となっていた。

11) 天井クレーン

天井クレーンの走行停止用ブレーキの効きが悪く、ブレーキシューが摩滅していると推察される。また、走行停止用のリミットスイッチが働かなくなっていた。

(2) 変圧器

外部点検および油中ガス分析の結果、各変圧器の現状は以下の通りであった。

1) 主要変圧器（給電番号：1T-A、1T-B、1T-C、2T-A、2T-B、2T-C）

各主要変圧器で漏油が観測された。その漏油箇所を表 8.4 に示す。これらの漏油は経年劣化によるものと推察される。

表 8.4 サイゴン変電所・主要変圧器の漏油箇所

|                  | 1T-A | 1T-B | 1T-C | 2T-A | 2T-B | 2T-C |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| タンク              |      |      |      |      | 1箇所  |      |
| 230 kV 中性点用ブッシング | 1箇所  | 1箇所  | 1箇所  | 1箇所  | 1箇所  | 1箇所  |
| 66 kV ブッシング      | 2箇所  | 2箇所  | 2箇所  | 2箇所  | 1箇所  |      |
| 11 kV ブッシング      |      | 2箇所  |      |      |      |      |
| 送油ポンプ            | 3箇所  | 2箇所  | 4箇所  | 4箇所  | 1箇所  | 4箇所  |
| 放熱器弁             | 4箇所  | 2箇所  | 5箇所  | 4箇所  |      |      |
| 油流指示器            |      | 2箇所  |      |      |      | 1箇所  |

また、230 kV ブッシングは以前漏油が報告されていたが、PC-2 が独自に修理済みで、現状では問題はなかった。ブッシング本体およびガスケットの寿命はそれぞれ約 30 年および約 15 年と言われており、ブッシングは更新時期を過ぎていると判断される。

主要変圧器全台でブッフホルツ継電器、ダイヤル温度計、油流指示器およびダイヤル油面計が故障していた。

各主要変圧器の窒素封入装置に経年による劣化が見られ、絶縁油劣化防止機能の低下により絶縁油が劣化しやすい状態になっていることが心配される。

各主要変圧器のタンクおよび放熱器の塗装が剥離して錆びが発生していた。

1T 各相の油中ガス分析結果は表 8.5 の通りであった。

表 8.5 サイゴン変電所・主要変圧器 1T の油中ガス分析結果

| 成分ガス量<br>ppm                           | 基準値                  | 1T-A<br># 131878A<br>28,000 kVA | 1T-B<br># 131879A<br>28,000 kVA | 1T-C<br># 131877A<br>28,000 kVA |
|----------------------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 水素 (H <sub>2</sub> )                   | 400 以下               | 34                              | 1,018                           | 38                              |
| メタン (CH <sub>4</sub> )                 | 150 以下               | 91                              | 186                             | 76                              |
| エタン (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )   | 150 以下               | 162                             | 258                             | 157                             |
| エチレン (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )  | 200 以下               | 6                               | 13                              | 7                               |
| アセチレン (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) | 0                    | 0                               | 0                               | 0                               |
| 一酸化炭素 (CO)                             | 300 以下               | 191                             | 171                             | 153                             |
| 可燃性ガス総量                                | 700 以下               | 484                             | 1,646                           | 431                             |
| 水分                                     | 30 以下                | 14.1                            | 25.7                            | 14.9                            |
| 油の絶縁破壊電圧                               |                      | 77.2 kV                         | 62.6 kV                         | 88.7 kV                         |
| 油の体積抵抗率                                | 5 x 10 <sup>12</sup> | 6.0 x 10 <sup>13</sup>          | 4.2 x 10 <sup>12</sup>          | 2.4 x 10 <sup>12</sup>          |

1T-A および 1T-C はエタンの発生量が要注意レベルにあるが、他のガスの発生量から見て、当面は問題はないと思われる。しかし、1T-C の絶縁油の体積抵抗率は基準

値以下で、絶縁油が劣化していると推察される。一方、1T-B は水素ガスおよび可燃性ガス総発生量が異常レベルにあり、内部で部分放電を起こしている可能性が大きい。また、絶縁油は体積抵抗率が基準値以下のため、劣化していると推察される。

2T は各相の油中ガス分析結果を表 8.6 に示す通り、2T-C でエタンの発生量が要注意レベルにあり、且つアセチレンが発生していることから、内部で接触不良等による局部過熱を起こしている可能性が大きい。また、2T-C の絶縁油体積抵抗率がとくに低く、絶縁油が劣化していると推察される。一方、2T-A、2T-B はガスの発生量には問題がなかったが、絶縁油の体積抵抗率は基準値以下なので、絶縁油が劣化していると推察される。

表 8.6 サイゴン変電所・主要変圧器 2T の油中ガス分析結果

| 成分ガス量<br>ppm                           | 基準値                | 2T-A<br># 131880A<br>28,000 kVA | 2T-B<br># 131882A<br>28,000 kVA | 2T-C<br># 131883A<br>28,000 kVA |  |
|----------------------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| 水素 (H <sub>2</sub> )                   | 400 以下             | 13                              | 27                              | 60                              |  |
| メタン (CH <sub>4</sub> )                 | 150 以下             | 47                              | 35                              | 95                              |  |
| エタン (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )   | 150 以下             | 103                             | 56                              | 180                             |  |
| エチレン (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )  | 200 以下             | 6                               | 9                               | 10                              |  |
| アセチレン (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) | 0                  | 0                               | 0                               | 1                               |  |
| 一酸化炭素 (CO)                             | 300 以下             | 158                             | 299                             | 178                             |  |
| 可燃性ガス総量                                | 700 以下             | 327                             | 426                             | 524                             |  |
| 水分                                     | 30 以下              | 8.8                             | 11.0                            | 7.9                             |  |
| 油の絶縁破壊電圧                               |                    | 86.7 kV                         | 83.6 kV                         | 90.2 kV                         |  |
| 油の体積抵抗率                                | $5 \times 10^{12}$ | $2.8 \times 10^{12}$            | $1.2 \times 10^{12}$            | $1.3 \times 10^{11}$            |  |

2) 所内変圧器 (給電番号：5T、7T)

5T および 7T のタンク上蓋と 5T の 1 次側および 2 次側ブッシングの取付部に漏油が見られた。また、5T および 7T は共に塗装の剥離および発錆が著しかった。尚、5T および 7T は油中ガス分析を実施していないので、絶縁劣化の状態は把握できなかった。

3) 同期調相機起動用変圧器（給電番号：6T）

6T のブッシングの 1 本に若干の漏油が観測されたが、特に緊急修理の必要性はない。  
また、ダイヤル温度計のガラスが曇って指示値が見えにくくなっていた。

次に、6T の油中ガス分析の結果を表 8.7 に示す。ガス発生量からは変圧器の絶縁劣化は認められなかった。しかし、絶縁油は体積抵抗率が基準値以下だったので、劣化していると推測される。

表 8.7 サイゴン変電所・起動用変圧器 および 66 kV 変圧器の油中ガス分析結果

| 成分ガス量<br>ppm                           | 基準値                  | 6T                      | 3T                      | 4T                      |  |
|----------------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
|                                        |                      | # 535188-1<br>7,000 kVA | # 6994743<br>20,000 kVA | # 6994736<br>20,000 kVA |  |
| 水素 (H <sub>2</sub> )                   | 400 以下               | 23                      | 89                      | 3                       |  |
| メタン (CH <sub>4</sub> )                 | 200 以下               | 2                       | 12                      | 3                       |  |
| エタン (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )   | 150 以下               | 2                       | 124                     | 4                       |  |
| エチレン (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )  | 300 以下               | 10                      | 11                      | 0                       |  |
| アセチレン (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) | 0                    | 0                       | 3                       | 0                       |  |
| 一酸化炭素 (CO)                             | 300 以下               | 218                     | 531                     | 32                      |  |
| 二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )               |                      | 2,248                   | 9,853                   | 414                     |  |
| 可燃性ガス総量                                | 1,000 以下             | 255                     | 770                     | 42                      |  |
| 水分                                     | 30 以下                | 17.5                    | 28.9                    | 6.8                     |  |
| 油の絶縁破壊電圧                               |                      | 47.9 kV                 | 82.4 kV                 | 91.8 kV                 |  |
| 油の体積抵抗率                                | 5 x 10 <sup>12</sup> | 9.5 x 10 <sup>11</sup>  | 8.5 x 10 <sup>11</sup>  | 1.3 x 10 <sup>12</sup>  |  |

4) 66 kV 変圧器（給電番号：3T、4T）

3T の負荷時タップ切替装置および 4T の送油ポンプ 2 台で漏油が観測された。また、3T および 4T のタンクおよび放熱器の塗装の一部が剥離・発錆していた。

次に、3T および 4T の油中ガス分析結果を表 8.7 に示す。

3T は一酸化炭素が異常レベル（600 ppm 以上）近く発生し、また、二酸化炭素も多

量に発生していたので、絶縁紙やベークライト等の固体絶縁物が焼損している可能性が大きい。アセチレンも発生しているので内部に過熱が起きていると思われる。さらに、絶縁油体積抵抗率も基準値以下なので絶縁油が劣化していると推察される。

一方、4Tの絶縁油は本調査の2ヶ月前（平成6年6月）に交換されたばかりだったので、上記の油中ガス分析結果からは変圧器の絶縁劣化の判定はできなかった。4Tは絶縁油を交換しなければならなかったほど状態が悪化していたと推察され、4Tも3Tと同様に絶縁劣化を起こしている可能性がある。

5) 66 kV 変圧器（給電番号：9T-A、9T-B、9T-C）

9T-A および 9T-B のタンク上蓋、66 kV プッシングおよび放熱弁の全数で漏油が観測された。また、プッフホルツ継電器、ダイヤル温度計、棒状温度計および窒素封入装置の油面計が故障していた。

9T は油中ガス分析を実施していないので、絶縁劣化の状態は把握できなかった。

(3) 開閉機器

現地調査の結果を以下に示す通り、開閉機器は全般に端子や導体の変色・発錆が目立ち、空気しゃ断器のダッシュポット部や変流器には若干の漏油が見られた。この漏油は経年によるものと推察される。また、変色・発錆はサイゴン変電所の機器および屋外鉄構で著しかったが、これは経年だけでなく、変電所に隣接する火力発電所や工場による大気汚染の影響が考えられる。さらに、殆どのしゃ断器や断路器の制御箱は、扉ガスケットが脱落し、ケーブル口も密閉していないために、雨水や湿気が侵入して、内部が腐食していた。

現状では、これらの問題は開閉機器の運転に支障を及ぼすような重大な欠陥や異状ではないが、各機器の清掃、調整、一部部品の取替および補修塗装が必要である。

1) 230 kV しゃ断器

空気しゃ断器の全台に、ダッシュポット部からの漏油、動作計の故障および制御箱内

部の湿気による腐食が見られた。また、空気しゃ断器 "232" では圧力スイッチのケーブルが劣化していた。

ガスしゃ断器 "272" は油圧装置で漏油がみられた。

2) 230 kV 断路器

1962 年製の断路器全台でブレードおよび接点の変色、端子ボルトや架台等の金属部分の発錆・腐食、および制御箱内部の湿気による腐食が観測された。また、断路器 "231-1" の C 相の投入状態が不完全であった。

3) 230 kV 変流器、計器用変圧器および避雷器

変流器、計器用変圧器および避雷器で端子ボルトや架台等の金属部分に発錆が見られた。また、主要変圧器 2T 回路の変流器 B 相で、下部タンクから著しい漏油が観測された。

4) 66 kV しゃ断器

空気しゃ断器の全台で、ダッシュポット部からの漏油、タンクや架台等の金属部分の腐食・発錆、圧力スイッチのケーブルの劣化、動作計の故障、および制御箱内部の湿気による腐食が見られた。

油しゃ断器の全台で、漏油、タンクや架台などの金属部分の腐食・発錆、および制御箱内部の湿気による腐食が見られた。

5) 66 kV 断路器

殆ど全ての断路器で、接点やブレードの変色、架台や操作ロッド等の金属部分の腐食・発錆、および制御箱内（端子および補助スイッチを含む）の湿気による腐食が見られた。また、断路器の開閉試験の結果、28 台のうち 8 台の断路器（"734-2"、"751-1"、"773-2"、"773-7"、"774-2"、"774-7"、"776-7" および "700-2"）の投入状態が不完全であった。

6) 66 kV 変流器

殆ど全ての変流器で、1次側端子およびタンク・フランジ部より漏油がみられた。特に、変流器 "777" のA相の油面が低下しており、漏油量が多いことが推察される。また、変流器 "772" は故障で使用不能であった。さらに全ての変流器で、端子、タンク、架台等の金属部に著しい発錆が見られた。

7) 66 kV 計器用変圧器

66 kV 母線 No. 1 用の計器用変圧器は故障で使用不能になり、現在は他変電所の計器用変圧器を借用して運転していた。また、全ての計器用変圧器で、端子、タンク、架台等の金属部に著しい発錆が見られた。

8) 66 kV 避雷器

3変圧器回路 (3T、4T、9T) および8フィーダー回路の避雷器は著しく劣化していた。また、当初は66 kV 母線回路にも避雷器が設置されていたが、66 kV フィーダーの増設時に移設されて以来、取り外されたままになっていた。

9) 空気圧縮装置

66 kV 空気圧縮装置操作用の空気圧縮装置は据付当初に比較して、空気タンクへの充气時間が長くなり、空気圧縮機の運転頻度が高くなっていた。これは、空気圧縮機の経年劣化により吐出量が低下がしたものと推察される。

10) 15 kV 開閉器

油しゃ断器10台のうち6台に漏油が見られた。また、しゃ断器全台で、制御箱の扉のガスケットが脱落し、制御箱内部に湿気による腐食が見られた。特に油しゃ断器の制御箱内部の腐食が著しかった。

断路器のうち、"577-1"、"577-7"、"579-1"、"579-7"、"581-1" および "581-7" の6台は著しく劣化しており、また、"577-7" および "581-7" は損傷して操作不能な状態であった。

また、殆ど全ての断路器で、接点およびブレードに腐食・発錆が見られた他、殆ど全ての 15 kV 開閉器の架台等の金属部に発錆が見られた。

11) 11 kV 開閉機器

11 kV しゃ断器のうち、"532"、"561"、"562"、"536" および "536-B" の 5 台は油形で、漏油や金属部の発錆等の劣化が進んでいた。

また、同期調相機回路の 11 kV 配電盤は屋内仕様で当初は屋内に設置されていたが、屋外に移設されたために、全般に劣化が進んでいた。

12) 鉄構および母線

230 kV、66 kV および 15 kV の鉄構は全般的に赤錆びが著しく、碍子連の金属部分にも発錆が見られた。また、全ての母線が黒く変色していた。

13) スタティックコンデンサ

建設された 5 バンクのスタティックコンデンサのうち、1 バンク (5,000 kVA) は先の内戦で破壊され、撤去された。残りの 4 バンク (各バンク容量は 10,000 kVA) にも、内戦の影響が残り、各バンクでポスト碍子や架台が破壊されたままとっていた。

また、シャント・リアクトルの一部に漏油が見られた。

(4) 配電盤

サイゴン変電所の配電盤は変電設備の増設・取替に伴って、盤の追加・改造・配置替えを行っており、調査時点で制御室内に合計 73 面の盤が設置されていた。配電盤の大部分は 1962 年製であるが、1977 年製や最近製作された盤もあり、欧米メーカーの盤や器具も多く、使われていた。

配電盤自体には一部に錆びや傷、また、抵抗器の過熱に因って煤が付着していたが、使用上の問題はなかった。しかし、各配電盤の内部はケーブルや電線が煤や殺虫剤で変色している



他、埃や蜘蛛の巣で非常に汚れていた。また、配線や端子の接続も乱雑なため、盤内の絶縁状態が悪くなっていると推察される。特に、所内交流・直流電源盤の状態が非常に悪かった。

取付器具は定期的に較正・修理を実施しており、調査時点では大きな問題はなかったが、殆どの指示電気計器や保護継電器等は標準耐用年数を超えており、メカの故障・接点不良・精度の低下・動作特性不良等の問題が今後増大するものと思われる。現実には、多くの指示電気計器でゼロ点のずれや許容誤差を超えているものがあり、また、誘導円盤形の保護継電器ではスプリングの劣化が見られその動作時間特性が変化していた。

また、サイゴン変電所に送電線故障点標定装置（フォールト・ロケータ）が設置されていたが、故障のため使用不能であった。

#### 8.1.4 タブ・チャム変電所およびファン・チェット変電所の調査結果および解析

##### (1) タブ・チャム変電所・66 kV 変圧器（給電番号：4T）

油中ガス分析結果を表 8.8 に示す。

表 8.8 タブ・チャムおよびファン・チェット変電所の変圧器の油中ガス分析結果

| 成分ガス量<br>ppm                           | 基準値                  | タブ・チャム<br>18,000 kVA   | ファン・チェット<br>10,000 kVA |  |  |
|----------------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|--|--|
| 水素 (H <sub>2</sub> )                   | 400 以下               | 17                     | 67                     |  |  |
| メタン (CH <sub>4</sub> )                 | 200 以下               | 15                     | 30                     |  |  |
| エタン (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )   | 150 以下               | 3                      | 11                     |  |  |
| エチレン (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )  | 300 以下               | 7                      | 11                     |  |  |
| アセチレン (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) | 0                    | 0                      | 0                      |  |  |
| 一酸化炭素 (CO)                             | 300 以下               | 741                    | 717                    |  |  |
| 可燃性ガス総量                                | 1,000 以下             | 783                    | 836                    |  |  |
| 水分                                     | 30 以下                | 29.0                   | 54.0                   |  |  |
| 油の絶縁破壊電圧                               |                      | 74.2 kV                | 36.7 kV                |  |  |
| 油の体積抵抗率                                | 5 x 10 <sup>12</sup> | 6.2 x 10 <sup>11</sup> | 8.7 x 10 <sup>11</sup> |  |  |

一酸化炭素の発生量が異常レベルにあり、絶縁紙、ベークライト等の固体絶縁物が焼損している可能性が大きい。したがって、タブ・チャム変電所を 110 kV に昇圧後、この変圧器を他の変電所に移設して使用することは、推奨できない。

(2) ファン・チェット変電所・66 kV 変圧器（給電番号：1T）

ファン・チェット変電所の 66 kV 変圧器 1T も油中ガス分析結果を表 8.8 に示す通り、一酸化炭素の発生量が異常レベルにあり、絶縁紙、ベークライト等の固体絶縁物が焼損している可能性が大きい。したがって、ファン・チェット変電所を 110 kV に昇圧後、この変圧器を他の変電所に移設して使用することは、推奨できない。

## 8.2 特別緊急改修の提言

8.3 節で述べる変電機器の緊急改修の完成時期は、実施に至るまでの手続き等を考慮すると、平成 9 年度またはそれ以降になるものと推察される。現地調査の結果、ダニム発電所の主要変圧器 1 号機およびサイゴン変電所の同期調相機は状態が極端に悪くなっており、それらの機器の状態を今以上に悪化させることなく、緊急改修が実施されるまで継続して運転するために、下記の特別緊急改修の実施を推奨する。

(1) 主要変圧器 1T（ダニム発電所）

1) 内部点検

油中ガス分析の結果、可燃性ガスの発生量が異常に多く、変圧器内部で接触不良や漏れ電流等による局部過熱を起こしている可能性が非常に大きい為、早急に変圧器の内部点検を実施しなければならない。

内部点検の結果、異常が発見された場合には、8.3 節で述べる緊急改修を待たずに、不良箇所の修理あるいは変圧器の取替が必要がある。内部点検で特に異常が発見され

なかった場合でも、下記の対策を講ずる必要がある。

2) 振動対策

ITは振動が大きく、振動が接触不良等の問題を悪化させる可能性があるため、早急に振動対策を実施しなければならない。したがって、この振動は鉄心の締付弛みが原因と推察されるので、鉄心の増し締めをすることで改善すると期待される。

3) 運転調整

ITの電気的および機械的な負担をなるべく少なくするためには、温度上昇を抑えて運転することが望ましく、運転時間を極力短くしたり、負荷をなるべくかけないようにする等の運転調整をする必要がある。

(2) 同期調相機（サイゴン変電所）

1) オーバーホールの実施

同期調相機は各巻線の絶縁抵抗が低下しており、このまま運転を継続するには極めて危険な状態である。このような同期調相機の状態を改善するためには、早急にオーバーホールを実施のうえ、巻線の絶縁物表面に付着している多量の塵埃を清掃・除去して、絶縁抵抗の回復を図ることが必要である。特に、回転子コイルの絶縁抵抗が極端に低下しているので、塵埃の清掃のみならず、巻線の洗浄・乾燥・絶縁ワニスの塗布の作業が必要となる。

また、現地調査期間中にブラシホルダー支持棒の絶縁筒が地絡事故で溶断したが、これは絶縁筒の表面にブラシ・カーボンの付着が原因であるので、ブラシホルダー支持棒の絶縁筒の清掃も必要である。

2) エア・フィルターの交換

同期調相機の空気取入口のフィルターが一部破れているが、同期調相機内に塵埃が侵入するのを抑えるために、至急このフィルターを交換する必要がある。

### 3) 定期精密点検の実施

機器の経年劣化は年々進行するので、上記のオーバーホールの終了後も、定期的に（少なくとも1年に1度）軸受や風胴カバーをあけて、同期調相機各部の点検をすることが必要である。

## 8.3 緊急改修計画

本項では 8.1.2 節で述べた調査結果および解析に基づき、調査団の推奨する緊急改修計画について、各変電設備ごとに述べる。

### 8.3.1 ダニム発電所の緊急改修計画

#### (1) 変圧器の緊急改修計画

変圧器の緊急改修計画は、基本的に変圧器巻線の絶縁状態の良否によって策定をするものである。油中ガス分析の結果、絶縁が劣化していると判定された変圧器は取替ることとし、まだ巻線が絶縁劣化に至っていない変圧器は、当面の間、運転ができると判断されることから、不良箇所の部分改修だけを実施することを推奨する。

#### 1) 主要変圧器（給電番号：1T、2T、3T、4T）

油中ガス分析の結果、1Tを除く主要変圧器は絶縁状態がまだ良好であるため、以下の改修を実施することにする。主要変圧器 1Tについては、8.2 節で述べた特別緊急改修で変圧器の取替を実施しない場合に、以下の項目を適用することにする。

##### a) ブッシングの取替

ブッシングの更新時期が過ぎており、油密構造が劣化していると推察されるので各主要変圧器の全ブッシングを取替る。

##### b) 振動対策

各主要変圧器で振動が観測されたため、各主要変圧器をオーバーホールのうえ、鉄心の増し締め等必要な修理を行なう。

c) 絶縁油の交換

各主要変圧器はオーバーホール終了後に絶縁油の交換をする。

d) 送油ポンプの取替

送油ポンプが経年劣化しており、数台のポンプで漏油が観測されたため、送油ポンプ全台の取替を推奨する。

e) 警報保護装置の取替

警報保護装置は故障しているものが多いため、各主要変圧器のブッフホルツ継電器、油流指示器、水流指示器およびダイヤル温度計を全て取替る。

f) 絶縁油劣化防止装置の変更

各主要変圧器の窒素封入装置は経年による劣化が見られ、絶縁油防止機能の低下が心配されるため、取替を推奨する。尚、現在はこの窒素封入装置は使用されていないため、最新形の絶縁油劣化防止装置に取替ることにする。

g) 補修塗装

塗装の剥離および発錆箇所の補修塗装を行なう。

h) スペアパーツの供給

主要変圧器のスペアパーツとして230 kV ブッシング1本、230 kV 中性点用ブッシング1本、13.2 kV ブッシング1本、ブッフホルツ継電器1個、油流指示器4個、水流指示器1個、ダイヤル温度計2個および油面計1個を供給する。

2) 所内変圧器（給電番号：11T、12T、13T、14T）

現地調査結果および油中ガス分析の結果、各所内変圧器は以下の改修が必要である。

- a) ブッシングの取替
- b) 上蓋ガスケットの取替
- c) 絶縁油の交換
- d) 補修塗装
- e) スペアパーツの供給

しかしながら、価格見積の結果、各所内変圧器の改修に要する費用は変圧器を新製取替する場合よりも高価となることを見込まれるため、各所内変圧器は改修ではなく新製取替を推奨する。

3) 31.5 kV 変圧器（給電番号：6T、7T）

油中ガス分析の結果より、6T の巻線は絶縁が劣化していると推察されるため取替が望ましい。また、7T は油中ガス分析を実施しなかったため絶縁状態は把握できなかった。ところで、6T と 7T は共に Dong Duong 地区への電力供給用であり常時並列運転を行なっているため、6T と 7T を 1 台の変圧器に置き換える方が良い。したがって、6T の取替後は 7T を撤去することにする。新製の 6T の容量は将来の需要増加を見込んで 10,000 kVA に増やすことにする。

4) 66 kV 変圧器（給電番号：8T-A、8T-B、8T-C、5T）

8T-A、8T-B および 8T-C の 3 台はタブ・チャム、ファン・リ、ファン・チェット、カム・ラン等の 66 kV 変電所への電力供給を担っているが、これらの変電所が 110 kV に昇圧された後には撤去される予定である。したがって、8T-A、8T-B および 8T-C は改修計画の対象から除外する。

5T は以下の通り改修を実施する。

- a) エア・ブリーザーの取替  
エア・ブリーザーが破損していたので取替る。
  - b) 冷却ファン制御装置の取替  
冷却ファン制御装置が故障しているため、冷却ファン制御装置およびダイヤル温度計を一式取替る。
  - c) 補修塗装  
塗装の剥離および発錆箇所の補修塗装を行なう。
  - d) スペアパーツの供給  
ダイヤル温度計 1 個を 5T のスペアパーツとして供給する。
- 5) 110 kV 変圧器（給電番号：9T）  
110 kV 変圧器は負荷時タップ切替装置取付部のガスケットの交換が推奨されるが、第 10 章で述べるように 66 kV 送変電設備の 110 kV 昇圧計画において、この 110 kV 変圧器は取替られる計画である。

## (2) 開閉機器の緊急改修計画

### 1) 230 kV 空気しゃ断器

現地調査の結果、230 kV 空気しゃ断器にはダッシュポット部からの漏油や制御箱の腐食などが見られたが、現状では空気しゃ断器の運転に支障を及ぼすような重大な欠陥ではないと判断される。

一方、既設空気しゃ断器の定格しゃ断電流は 8.8 kA であるが、この定格が将来系統における短絡容量に対して十分であるかどうかを検討する目的でダニム発電所の 230 kV 母線における短絡電流の計算を試みた。その結果、少なくとも 2005 年まではダニム発電所における短絡電流が 8.8 kA を超えることはなく、既設の空気しゃ断器をそのまま使用しても問題ないことが判明した。

以上より、緊急改修段階で 230 kV 空気しゃ断器を更新する必要はない。

また、空気しゃ断器は現在では製造されておらず、補修部品の調達も困難である。

したがって、空気しゃ断器の緊急改修は必要最小限とし、劣化の進んでいる制御箱の改修だけを実施する。尚、制御箱本体の取替は困難であるので、空気しゃ断器全台に対して制御箱内の圧力スイッチおよび制御箱扉のガスケットの取替を行なうことにする。

2) 230 kV 断路器

制御箱内が腐食しているため、断路器全台で制御箱を取替ることにする。また、6 台の断路器 ("231-1"、"232-2"、"271-2"、"271-3"、"200-1" および "200-2") は投入状態が不完全であったので、操作機構および接点部の調整・修理を実施する。

さらに、断路器のスベアパーツとして開閉表示用補助スイッチ 5 個を供給する。

3) 230 kV 変流器

緊急改修段階では変流器の改修は必要ない。

4) 230 kV 計器用変圧器

230 kV 送電線回路の計器用変圧器は経年劣化しており、機器の重要性を考慮して、取替を推奨する。

5) 230 kV 避雷器

緊急改修段階では避雷器の改修は必要ない。

6) 110 kV 開閉機器

緊急改修段階では 110 kV 開閉機器の改修は必要ない。尚、110 kV 昇圧化計画に伴う 110 kV 開閉機器の改造・追加設置については第 10 章で述べる。



7) 66 kV 空気しゃ断器

空気しゃ断器は現在では製造されておらず、補修部品の調達も困難である。したがって、空気しゃ断器の緊急改修は必要最小限とし、劣化の進んでいる制御箱の改修だけを実施する。尚、制御箱本体の取替は困難であるので、空気しゃ断器全台の制御箱に対して制御箱内の圧力スイッチおよび制御箱扉のガスケットの取替を行なうことにする。

8) 66 kV 断路器

制御箱内が腐食しているため、断路器全台で制御箱を取替ることにする。

9) 13.2 kV 屋内開閉器

空気しゃ断器 "543" の C 相の並列抵抗器が断線していたため取替る。

10) 6.6 kV 屋内開閉器

磁気しゃ断器 2 台 "636" および "672" のパイロット・コンタクトは不良であったため取替る。

11) 空気圧縮装置

屋外用および屋内用空気しゃ断器操作の空気圧縮機の吐出量の低下の対策として、運転頻度の高い交流モータ駆動の空気圧縮機のみを取替ることにする。尚、取替台数は屋外用の空気圧縮器が 2 台、屋内用が 1 台である。

また、屋外用の空気圧縮装置はしゃ断器の操作台数が多いので、圧縮空気貯蔵容量を増加させるために、圧縮空気タンクを 1 台追加することにする。尚、追加空気タンクの容量は既設タンク容量と同じく  $1\text{ m}^3$  とする。

12) 230 kV 鉄構および母線

母線の碍子連が汚損していたため、洗浄および清掃を実施する。

### (3) 配電盤の緊急改修計画

制御室内の主配電盤、保護継電器、発電機自動制御盤、自動同期盤は、計器や保護継電器が標準的な更新時期を過ぎており、経年劣化や性能低下が見られるため、全面取替とする。また、各回路の制御ケーブルも劣化していると推察されるので、配電盤と同時に取替る。尚、新しい配電盤は既設の制御室内の空いたスペースに設置することを計画している。

また、配電盤設備の近代化を図るため、コンピュータシステムを導入し、ディスプレイ画面での監視機能、発電所主要設備の運転記録・事故記録・日報・月報等の作成・印字機能を付加することにする。

新しい配電盤設備の導入に伴って、制御電源供給システムおよびその設備容量も見直し、バッテリー・充電器・交流直流電源盤なども取替る。

ところで、サージタンク水位観測システムが故障で、発電所制御室でサージタンク水位が観測出来なかったため、水位観測システム用の機器一式、即ち、バルブハウス内の水位計（圧力計）および発信器、ダニム発電所制御室内の受信器および水位指示器を取替る。また、バルブハウスとダニム発電所間の水位信号用の通信ケーブルも同時に取替る。

## 8.3.2 サイゴン変電所の緊急改修計画

### (1) 同期調相機の緊急改修計画

現地調査の結果、同期調相機は老朽化・劣化が進んでおり、かなりの緊急改修を必要とする。しかし、平成7年3月20日の現地協議の席上、PC-2より「サイゴン変電所の同期調相機は今や系統運用上それ程重要な設備ではないので、特に改修の必要はない」との説明があり、同期調相機はサイゴン変電所の改修計画の対象から除外することを確認した。

また、同期調相機の改修が不要となったことに関連して、同期調相機起動用変圧器（6T）および同期調相機回路の11kV開閉機器もサイゴン変電所の改修計画の対象から除外する

ことにした。

尚、同期調相機建屋内に設置されている天井クレーンは、以下の(5)項に示す通り、改修が必要である。

## (2) 変圧器の緊急改修

変圧器の緊急改修計画は、基本的に変圧器巻線の絶縁状態の良否によって策定をするものである。油中ガス分析の結果、絶縁が劣化していると判定された変圧器は取替ることとし、また巻線が絶縁劣化に至っていない変圧器は、当面の間、運転ができると判断されることから、不良箇所の部分改修だけを実施することを推奨する。

尚、PC-2 は既存の 66 kV 系統を将来 110 kV に昇圧する計画であり、サイゴン変電所の 66 kV 変電設備も将来 110 kV に変更される予定である。また、既存の 15 kV 配電系統も将来 22 kV に昇圧される見込みである。したがって、変圧器の緊急改修計画はこの将来計画を考慮して策定するものである。

### 1) 主要変圧器

油中ガス分析の結果より、単相の主要変圧器 1T-B (# 131879A) および 2T-C (# 131883A) の 2 台は巻線の絶縁が劣化していると推察されるため取替を推奨する。ところで、新製の主要変圧器は将来の昇圧計画にも対応できる設計とした方が良く、この点を考慮すれば、単相変圧器 2 台だけを取替るのではなく、単相変圧器 3 台を取替るか、あるいは、三相変圧器 1 台に変更する方が良い。三相変圧器 1 台の方が単相変圧器 3 台よりも経済的であるので、上記の単相変圧器 2 台を取り替える代わりに、三相変圧器 1 台に変更することにする。また、新製する三相の主要変圧器の容量は将来の需要増加を見込んで、125,000 kVA に増やすことにする。尚、新製の三相変圧器は 2 号バンク (2T) として据え付ける。

一方、残りの単相主要変圧器 5 台； 1T-A (# 131878A) 、 1T-C (# 131877A) 、 2T-A (# 131880A) 、 2T-B (# 131882A) および予備変圧器 (# 131881A) は絶縁状態がま

だ良好と推察される。これら5台の内、特に状態の良い4台に対して、以下の改修を実施することを推奨する。尚、これらの変圧器は主要変圧器1号バンク（1T）およびその予備変圧器として使用する。

a) ブッシングおよびガスケットの取替

ブッシングは更新時期を過ぎているが、1Tは予備変圧器を持っており、いずれかの相のブッシングに異状があっても、1Tを長期間停止させることなく修理が可能であるので、緊急改修段階では各ブッシングのガスケットのみを取替えることにする。尚、ガスケットを取替える際はブッシング内の絶縁油の交換も併せて実施することを推奨する。

ところで、既設の11 kV ブッシングは古い構造の単一形で分解または再組立時に碍管が破損する可能性があり、構造上簡単に増し締めやガスケットの交換ができない欠点があるので、現在の標準品のブッシングと取替えることにする。

b) 送油ポンプおよび放熱器弁の取替

殆ど全ての送油ポンプおよび放熱器弁から漏油があるため、1Tおよび予備変圧器の全ての送油ポンプおよび放熱弁を取替る。

c) 警報・保護装置の取替

調査を実施した全ての警報保護装置が故障していたため、1Tおよび予備変圧器の全てのブッフホルツ継電器、ダイヤル温度計および油流指示器を取替る。

d) 絶縁油劣化防止装置の変更

各主要変圧器の窒素封入装置は劣化が見られ、絶縁油防止機能の低下が心配されるため、取替を推奨する。尚、現在はこの窒素封入装置は使用されていないため、最新形の絶縁油劣化防止装置に取替えることにする。

e) 絶縁油の交換

油中ガス分析の結果より、各主要変圧器の絶縁油は劣化していると推察される

ため、1T および予備の各変圧器の絶縁油の交換をする。

f) 補修塗装

主要変圧器の全面、特に塗装の剥離および発錆箇所の補修塗装を実施する。

g) スペアパーツの供給

主要変圧器のスペアパーツとして、230 kV ブッシング1本、230 kV 中性点用ブッシング1本、66 kV ブッシング2本、11 kV ブッシング2本、ブッフホルツ継電器1個、ダイヤル温度計1個、油流指示器1個および油面計1個を供給する。

2) 所内変圧器（給電番号：5T、7T）

所内変圧器 5T および 7T は油中ガス分析を実施していないので、巻線の絶縁状態は把握できなかったが、共に漏油および塗装の剥離・発錆の問題があり、比較的小容量なので、変圧器の取替を推奨する。また、サイゴン変電所の所内負荷が増加しており、容量不足となっているため、新製の 5T および 7T は共に現容量の 1 ランク上の 400 kVA に変更する。

3) 66 kV 変圧器（給電番号：3T、4T）

油中ガス分析の結果より、3T および 4T は巻線の絶縁が劣化していると推察されるため、2 台とも取替を推奨する。尚、新製の変圧器は将来の昇圧計画に対応できる設計を採用することにする。また、新製の 3T および 4T の容量は、将来の需要増加を見込んで、それぞれ 31,500 kVA に変更する。

4) 66 kV 変圧器（給電番号：9T）

9T の各相の変圧器（9T-A、9T-B および 9T-C）は油中ガス分析を実施していないので絶縁劣化の状態は不明であるが、据付後 30 年以上経過していること、各部からの漏油および各種の警報保護装置の故障等の問題があることから取替を推奨する。新製の 9T は三相形で将来の昇圧計画に対応できる設計を採用すると共に、その容量は将来の需要の増加を見込んで 12,500 kVA に変更する。

(3) 開閉機器の緊急改修

PC-2 は既存の 66 kV 系統を将来 110 kV に昇圧する計画であり、サイゴン変電所の 66 kV 変電設備も近い将来 110 kV に変更される予定である。また、既存の 15 kV 配電電圧も将来 22 kV に昇圧される見込みである。したがって、開閉機器の緊急改修計画はこの将来計画を考慮して、66 kV および 15 kV 開閉機器は運転に支障のない限り、なるべく現状のまま運転を継続させることにして、緊急改修範囲を以下の項目に留めることにする。

尚、8.1 節の (1) 項に述べているように、230 kV 開閉機器は改修計画の対象から除外することを PC-2 に確認した。

1) 66 kV 開閉機器

a) 66 kV 空気しゃ断器

空気しゃ断器全台の制御箱内の圧力スイッチおよび制御箱のガスケットの取替る。

b) 66 kV 断路器

制御箱内が腐食しているため、断路器全台で制御箱を取替る。また、投入状態が不完全であった 8 台の断路器 ("734-2"、"751-1"、"773-2"、"773-7"、"774-2"、"774-7"、"776-7" および "700-2") の操作機構および接点部の調整・修理を実施する。

c) 66 kV 変流器

変流器 "777" は A 相の漏油量が多く取替が不可欠であるが、三相とも同一特性にする必要があるので、三相全相の取替を推奨する。また、故障で使用不能であった変流器 "772" は三相全相を取替る。

d) 66 kV 計器用変圧器

故障していた 66 kV 母線 No.1 回路の計器用変圧器は三相分全相を取替る。

- e) 66 kV 避雷器  
劣化の著しい 1 1 回路（3T、4T および 9T の 3 変圧器回路および 8 フィーダ  
ー回路）の避雷器は取替を推奨する。また、避雷器が取り外されていた 66  
kV 母線 No.1 および No.2 の 2 回路にも避雷器を追加設置することにする。
- f) 補修塗装  
66 kV 開閉機器の金属部および支持架台は著しく発錆しているため、錆止め塗  
装および補修塗装を実施する。
- g) 空気圧縮装置  
66 kV 空気しゃ断器操作の空気圧縮機の吐出量低下対策として、運転頻度の  
高い交流モータ駆動の空気圧縮機 1 台を取替る。
- h) スペアパーツの供給  
66 kV 空気しゃ断器のスペアパーツとして、しゃ断部の可動接点および固定接  
点を計 1 5 組（1,000 A 用 6 組、800 A 用 3 組および 400 A 用 6 組）また、ダッ  
シュポット用のグリース 40 kg を供給する。

2) 15 kV 開閉機器

- a) 15 kV 断路器  
断路器のうち、劣化が著しく損傷している 6 台の断路器（"577-1"、"577-7"、  
"579-1"、"579-7"、"581-1" および "581-7"）は取替ることにする。
- b) 補修塗装  
15 kV 開閉機器の金属部および支持架台は著しく発錆しているため、錆止め塗  
装および補修塗装を実施する。

3) 鉄構の補修塗装

230 kV、66 kV および 15 kV の鉄構は、赤錆びが著しいので、全面的に錆止め塗装お

よび補修塗装を実施する。

4) 66 kV スタティック・コンデンサ

スタティック・コンデンサは内戦で破壊された1バンクを復旧させることにする。但し、そのバンク容量は当初の 5,000 kVA ではなく、他のバンクの容量と同じく 10,000 kVA とする。

(4) 配電盤の緊急改修

制御室内の主配電盤および保護継電器盤は計器や保護継電器が標準的な更新時期を過ぎており、経年劣化や性能低下が見られるため、全面取替とする。但し、230 kV ホック・モン回線用の送電線保護継電器は本調査の対象外であり保護方式も不明であることから、この保護継電器盤一式を改修対象から除外する。所内用の交流直流電源盤は盤内の状態が非常に悪くなっているので、一式取替る。また、各回路の電源ケーブルおよび制御ケーブルは、配線が乱雑で劣化していると想定されるので、配電盤と同時に取替る。

また、配電盤設備の近代化を図るため、コンピュータシステムを導入し、変電所主要設備の運転記録・事故記録・日報・月報等の作成を行なうデータロギング機能を付加する。

配電盤の新旧の切り替えによる変電所運転への支障を避けるため、新製する配電盤は既設の制御室内ではなく、別の場所に作られた制御室に据え付けることが望ましい。制御室が新設されるのであれば、全ての配電盤およびケーブルを前もって据え付けられるため、新旧の切り替え時間を大幅に短縮出来るからである。

サイゴン変電所の送電線故障点標定装置はロン・ビン変電所とダニム発電所間の送電線の監視には適さないので、ロン・ビン変電所およびダニム発電所に設置することにする。新しい故障点標定装置の方式の選定については 8.4.2 節で述べる。

尚、サイゴン変電所とダニム発電所間の 230 kV 送電線の保護継電方式は距離式保護継電方式を採用していたが、複雑化した現在の系統にはふさわしくない。したがって、送電線保護



方式についても見直しを行ない、より信頼度の高い搬送保護方式に変更する。この搬送保護方式の伝送路は電力線搬送 (PLC) を使用することにし、既設の電力線搬送システムを一部変更することが必要である。

(5) 天井クレーンの修理

同期調相機建屋内の天井クレーンはブレーキシューが磨耗していると推察されるため、全てのブレーキシューの取替を推奨する。また、走行停止用のリミットスイッチが働くかなくなっているため、そのリミットスイッチも取替ることにする。

(6) 電力線搬送システムの変更

(4) 項で述べたように、230 kV 送電線の搬送保護方式の搬送信号を電力線搬送 (PLC) 回線を介して伝送するため、既設の電力線搬送システムを以下の通り変更する。

1) サイゴン変電所とロン・ビン変電所間

サイゴン変電所とロン・ビン変電所間の 230 kV 送電線においては、現在電力線搬送に使用されていない A 相を搬送信号の伝送路として利用する。そのため、この A 相に 4 チャンネルの端局装置を設置し、その内の 1 チャンネルを搬送信号の伝送路に割り当てることとする。また、A 相にはライントラップ、結合コンデンサおよび結合フィルターが既に設置されているので、これらはそのまま使用するよう計画する。

2) ロン・ビン変電所とダニム変電所間

ロン・ビン変電所とダニム発電所間の 230 kV 送電線では、全相が電力線搬送に使用されている。そのため、現在 B 相に設置されている 1 チャンネルの端局装置を 4 チャンネルのものに取替えて、その内の 1 チャンネルを搬送信号の伝送路に割り当てることとする。尚、既設のライントラップ、結合コンデンサおよび結合フィルターはそのまま使用するよう計画する。

## 8.4 緊急改修計画の基本設計

### 8.4.1 ダニム発電所緊急改修の基本設計

#### (1) 改修機器の基本設計共通事項

変電設備の部分改修用の取替部品は、新品の同等品とし、形式が変更となる場合の部品の仕様は既設機器に適したものとする。また、各取替部品はその取付け方法を十分考慮し、取替に付随する既設機器の改造および修復等の部品・材料を一式調達する。

ガスケットを取替る場合、ガスケットは当時の図面をもとにして工場での製作を原則とするが、図面が紛失している場合は、現場での合わせ加工とする。ガスケットの現場加工用にガスケット加工用工具を一式調達する。

新製取替となる機器は、指定の定格・仕様で製作し、既設の電線およびケーブル等との接続を考慮した設計とする。また、新製機器の調達には据付に必要な材料、特殊工具およびスペアパーツの調達も含むことにする。さらに、基礎の変更が必要な場合、土木基礎工事も実施する。

電気品は原則としてIEC規格に準拠することとし、下記の電圧定格を適用することにする。

|            | <u>定格電圧</u> | <u>雷インパルス<br/>試験電圧</u> | <u>交流試験電圧</u> |
|------------|-------------|------------------------|---------------|
| 230 kV 機器  | 245 kV      | 950 kV                 | 395 kV        |
| 110 kV 機器  | 123 kV      | 550 kV                 | 230 kV        |
| 66 kV 機器   | 72.5 kV     | 325 kV                 | 140 kV        |
| 31.5 kV 機器 | 36 kV       | 170 kV                 | 70 kV         |
| 13.2 kV 機器 | 17.5 kV     | 95 kV                  | 38 kV         |
| 6.6 kV 機器  | 7.2 kV      | 60 kV                  | 20 kV         |

また、設備の改修に伴って調達する電力ケーブルは電気的特性および耐熱性に優れた架橋ポリエチレン絶縁ケーブルを標準とする。

## (2) 変圧器改修の基本設計

上記 (1) の共通事項の他、改修機器および部品の基本設計事項は以下の通りである。

### 1) 部分改修を行なう変圧器

#### a) ブッシング

ブッシングは現在の標準品で、IEC 規格に準拠したものとし、電圧定格は上記の通りとする。新ブッシングが旧ブッシングよりも小さくなる場合は、取付け用のアダプタを付属品として調達する。また、既設の電線およびケーブルとの接続に必要な端子類も付属品として調達する他、各ブッシングとリード線接続部の絶縁被覆の修復材料も調達する。

#### b) 警報保護装置

ブッフホルツ継電器、油流指示器、水流指示器およびダイヤル温度計等の警報保護装置は既設の警報保護システムに適した形式とし、各装置から既設の変圧器現場制御箱までの制御ケーブルを調達する。また、各装置を取付けるために必要な配管等の加工材料も調達する。

#### c) 絶縁劣化防止装置

絶縁劣化防止装置は、保守面で優れ現在主流となっている耐油性の合成ゴム袋を使用した隔膜式のコンサベータ方式とし、吸湿器および油面計を装備する。

### 2) 新製取替する変圧器

ダニム発電所で新製取替とする変圧器は所内変圧器の 11T、12T、13T、14T および 31.5 kV 変圧器 6T である。各変圧器の主要定格は以下の通りとする。

- a) 所内変圧器 (11T、12T、13T、14T)
- 形式 : 三相、二巻線、油入変圧器、無負荷時タップ切替器付
- 定格容量 : 500 kVA
- 電圧 : 13.8-13.2 (R)-12.8 kV/400 V
- 結線 : D, yn 11
- b) 31.5 kV 変圧器 (6T)
- 形式 : 三相、三巻線、油入変圧器、無負荷時タップ切替器付
- 定格容量 : 10,000/10,000/3,000 kVA
- 電圧 : 33-31.5 (R)-30/13.2/6.6 kV
- 結線 : YN, d1, d1

尚、6T の各ブッシングは計測および保護用の貫通形変流器を内蔵する。

### (3) 開閉機器改修の基本設計

上記 (1) の共通事項の他、改修機器および部品の基本設計事項は以下の通りである。

#### 1) 断路器の制御箱

230 kV および 66 kV 断路器の制御箱はステンレス鋼板製で、既設の制御箱と同じ構造および寸法とする。制御箱内には補助スイッチ（6 段以上のスイッチが望ましい）および端子台を取付けるが、補助スイッチは既設の断路器手動操作ハンドルとの連動を図った設計とする。また、制御箱上には操作指令表示用の信号灯を設ける。

#### 2) 空気圧縮装置

新製の空気圧縮機は全て交流モータ駆動とし、圧縮空気の吐出圧力および吐出量は既設設備と同じとする。尚、既設の屋外空気しゃ断器用の交流空気圧縮機は 2 台あり吐出量が異なっているが、新製の空気圧縮機は 2 台とも同じ定格とする。各空気圧縮機の主要定格は以下の通りとする。

a) 屋外空気しゃ断器操作用空気圧縮機 (2台)

吐出圧力 : 25 kg/cm<sup>2</sup>

吐出量 : 1.28 m<sup>3</sup>/min 以上

b) 屋内空気しゃ断器操作用空気圧縮機 (1台)

吐出圧力 : 25 kg/cm<sup>2</sup>

吐出量 : 0.47 m<sup>3</sup>/min 以上

尚、屋外空気しゃ断器操作用空気圧縮装置に追加される空気タンクの設計仕様は既設の仕様に合わせて、圧力 25 kg/cm<sup>2</sup>、容量 1 m<sup>3</sup> とする。

(4) 配電盤改修の基本設計

上記 (1) の共通事項の他、改修機器および部品の基本設計事項は以下の通りである。

1) 主配電盤および保護継電器盤

配電盤は閉鎖形両面盤で、前面に主配電盤を後面に保護継電器盤を配列した構造とする。

既設の制御卓に配置されていた模擬母線および選択/制御スイッチは全て主配電盤上に配置することにし、制御卓は使用しない。したがって、各主配電盤は当該回路の指示電気計器、運転状態/故障表示器、模擬母線、選択/制御スイッチ等の監視・制御器具を配置するものとする。主配電盤に設置する監視・制御器具の種類は既設設備に準ずることとする。

2) 保護継電器

各回路の保護継電器は、最近の適用例および情勢を考慮すると、デジタル・リレーの採用が望ましい。また、各回路の保護継電方式は、230 kV 送電線保護継電方式を除いて、既設の保護継電方式に準ずることとする。230 kV 送電線保護継電方式および送電線故障点標定装置については 8.4.2 節で述べる。

3) 自動制御盤および自動並列装置

発電機の自動制御盤は、制御回路の変更が比較的容易で、現在の主流な方式であるプログラマブル・コントローラーを採用する。

また、自動並列装置もまた現在主流のシリコントランジスタ式を採用し、自動揃速装置、自動電圧平衡装置および自動同期装置で構成する。

4) コンピュータシステム

コンピュータシステムはコンピュータ装置、ディスプレイ装置、キーボード、ログイン・プリンタ等で構成し、ディスプレイ画面での監視機能およびデータ・ロギング機能に必要な十分な処理能力を持ったものとする。

一方、コンピュータシステムとのインターフェースを図るため、電流、電圧、有効電力、無効電力、周波数等の各電気量および温度計測回路にはトランスデューサーを設備することとし、電力量計はパルス発信器付きとする。

また、監視制御システムは将来の SCADA システムに対応可能な設計とする。

5) 制御電源設備

コンピュータシステムの導入により無停電交流電源装置が必要となり、設備容量が増加するため、制御電源設備を全面更新する。新システムは、バッテリー、充電器、直流-交流インバータおよび交流・直流電源盤で構成する。尚、供給電圧は既設設備にあわせて、直流 230 V および交流 230 V とする。

6) サージタンク水位観測システム

水位計は圧力計を応用したものとし、バルブハウス内の鉄管上の既設のタップに接続する。測定水位は約 2.5 km 離れた発電所制御室内の配電盤上に表示することとし、水位計の発信器および受信器はこの遠方表示に適した仕様とする。尚、バルブハウスと発電所間のケーブルは 2.5 mm<sup>2</sup>、20 心、自己支持形の制御ケーブルとし、水圧鉄管に沿わせて布設する。

## 8.4.2 サイゴン変電所緊急改修の基本設計

### (1) 改修機器の基本設計共通事項

変電設備の部分改修用の取替部品は、新品の同等品とし、形式が変更となる場合の部品の仕様は既設機器に適したものとする。また、各取替部品はその取付け方法を十分考慮し、取替に付随する既設機器の改造および修復等の部品・材料を一式調達する。

ガスケットを取替る場合、ガスケットは当時の図面をもとにして工場での製作を原則とするが、図面が紛失している場合は、現場での合わせ加工とする。ガスケットの現場加工用にガスケット加工用工具を一式調達する。

新製取替となる機器は、指定の定格・仕様で製作し、既設の電線およびケーブル等との接続を考慮した設計とする。また、新製機器の調達には据付に必要な材料、特殊工具およびスペアパーツの調達も含むことにする。さらに、基礎の変更が必要な場合、土木基礎工事も実施する。

電気品は原則としてIEC規格に準拠することとし、下記の電圧定格を適用する。

|           | <u>定格電圧</u> | <u>雷インパルス<br/>試験電圧</u> | <u>交流試験電圧</u> |
|-----------|-------------|------------------------|---------------|
| 230 kV 機器 | 245 kV      | 950 kV                 | 395 kV        |
| 110 kV 機器 | 123 kV      | 550 kV                 | 230 kV        |
| 66 kV 機器  | 72.5 kV     | 325 kV                 | 140 kV        |
| 22 kV 機器  | 24 kV       | 125 kV                 | 50 kV         |
| 11 kV 機器  | 12 kV       | 75 kV                  | 28 kV         |

また、設備の改修に伴って調達する電力ケーブルは電気的特性および耐熱性に優れた架橋ポリエチレン絶縁ケーブルを標準とする。

## (2) 変圧器改修の基本設計

上記 (1) の共通事項の他、改修機器および部品の基本設計事項は以下の通りである。

### 1) 部分改修を行なう変圧器

#### a) ブッシング

ブッシングは現在の標準品で、IEC 規格に準拠したものとし、電圧定格は上記の通りとする。新ブッシングが旧ブッシングよりも小さくなる場合は、取付け用のアダプタを付属品として調達する。また、既設の電線およびケーブルとの接続に必要な端子類も付属品として調達する他、各ブッシングとリード線接続部の絶縁被覆の修復材料も調達する。

また、ブッシングのガスケットのみを取替る場合においても、ブッシングの分解・再組立が必要となるため、各ブッシングとリード線接続部の絶縁被覆の修復材料を調達する。

#### b) 警報保護装置

ブッフホルツ継電器、油流指示器およびダイヤル温度計等の警報保護装置は既設の警報保護システムに適した形式とし、各装置から既設の変圧器現場制御箱までの制御ケーブルを調達をする。また、各装置を取付けるために必要な配管等の加工材料も調達する。

#### c) 絶縁劣化防止装置

絶縁劣化防止装置は、保守面で優れ現在主流となっている耐油性の合成ゴム袋を使用した隔膜式のコンサーバタ方式とし、吸湿器および油面計を装備する。

### 2) 新製取替する変圧器

サイゴン変電所で新製取替する変圧器は 主要変圧器 2T、所内変圧器 5T および 7T、66 kV 変圧器の 3T、4T および 9T である。各変圧器の主要定格は以下の通りとする。



a) 主要変圧器 (2T)

|        |   |                            |
|--------|---|----------------------------|
| 形式     | : | 三相、三巻線、負荷時タップ切替変圧器         |
| 定格容量   | : | 125,000/125,000/40,000 kVA |
| 定格一次電圧 | : | 230 kV                     |
| 定格二次電圧 | : | 69 kV/115 kV               |
| 定格三次電圧 | : | 11 kV                      |
| 結線     | : | YN, yn0,d1                 |

既存の 66 kV 回路は将来 110 kV に昇圧されるため、2T の二次巻線は 69 kV と 115 kV の両方の定格電圧に対応できる設計とする。二次電圧の切替は変圧器の外側から容易に行なえる構造とすることが望ましい。また、2T の各ブッシングは計測および保護用の貫通形変流器を内蔵する。貫通形変流器の定格二次電流は1 A とする。さらに、2T は集油タンクを設備する。尚、2T はコンクリート基礎の上に据え付ける。

b) 所内変圧器 (5T)

|        |   |                          |
|--------|---|--------------------------|
| 形式     | : | 三相、二巻線、油入変圧器、無負荷時タップ切替器付 |
| 定格容量   | : | 400 kVA                  |
| 一次電圧   | : | 11.5-11.0 (R)-10.5 kV    |
| 定格二次電圧 | : | 400 V                    |
| 結線     | : | D, yn11                  |

c) 所内変圧器 (7T)

|        |   |                          |
|--------|---|--------------------------|
| 形式     | : | 三相、二巻線、油入変圧器、無負荷時タップ切替器付 |
| 定格容量   | : | 400 kVA                  |
| 定格一次電圧 | : | 15 kV/22 kV              |
| 定格二次電圧 | : | 400 V                    |
| 結線     | : | D, yn11                  |

既存の 15 kV 回路は将来 22 kV に昇圧されるため、7T の一次電圧は 15 kV と

22 kV の両方の定格電圧に対応できる設計とする。一次電圧の切替は変圧器の外側から容易に行なえる構造とすることが望ましい。

d) 66 kV 変圧器 (3T および 4T)

形式 : 三相、二巻線、負荷時タップ切替変圧器  
定格容量 : 31,500 kVA  
定格一次電圧 : 69 kV/115 kV  
定格二次電圧 : 22 kV/15 kV  
結線 : D, yn 1

既存の 66 kV 回路は将来 110 kV に昇圧されるため、3T および 4T の一次巻線は 69 kV と 115 kV の両方の定格電圧に対応できる設計とする。また、既存の 15 kV 回路も将来 22 kV に昇圧されるため、二次巻線も同様に 15 kV と 22 kV の両方の定格電圧に対応できる設計とする。一次および二次電圧の切替はそれぞれ変圧器の外側から容易に行なえる構造とすることが望ましい。さらに、3T および 4T の各ブッシングは計測および保護用の貫通形変流器を内蔵する。

e) 66 kV 変圧器 (9T)

形式 : 三相、二巻線、負荷時タップ切替変圧器  
定格容量 : 12,500 kVA  
定格一次電圧 : 69 kV/115 kV  
定格二次電圧 : 15 kV/22 kV  
結線 : D, yn 1

既存の 66 kV 回路は将来 110 kV に昇圧されるため、9T の一次巻線は 69 kV と 115 kV の両方の定格電圧に対応できる設計とする。また、既存の 15 kV 回路も将来 22 kV に昇圧されるため、二次巻線も同様に 15 kV と 22 kV の両方の定格電圧に対応できる設計とする。一次および二次電圧の切替はそれぞれ変圧器の外側から容易に行なえる構造とすることが望ましい。さらに、3T および 4T の各ブッシングは計測および保護用の貫通形変流器を内蔵する

### (3) 開閉機器改修の基本設計

上記(1)の共通事項の他、改修機器および部品の基本設計事項は以下の通りである。

#### 1) 66 kV 断路器の制御箱

66 kV 断路器の制御箱はステンレス鋼板製で、既設の制御箱と同じ構造および寸法とする。制御箱内には補助スイッチ（6段）および端子台を取付けるが、補助スイッチは既設の断路器手動操作ハンドルとの連動を図った設計とする。また、制御箱上には操作指令表示用の信号灯を設ける。

#### 2) 66 kV 変流器

新製の各 66 kV 変流器は 4 コアを内蔵し、主要定格を以下の通りとする。

##### a) 変流器 "777"

|        |   |                                |
|--------|---|--------------------------------|
| 最高使用電圧 | : | 72.5 kV                        |
| 定格電流比  | : | 1,200-800/5-5-1-1 A            |
| 定格耐電流  | : | 40 kA                          |
| 確度階級   | : | 1.0 (計測用) および 5P20 (保護継電器用)    |
| 定格二次負担 | : | 40 VA (計測用) および 40 VA (保護継電器用) |

##### b) 変流器 "772"

|        |   |                              |
|--------|---|------------------------------|
| 最高使用電圧 | : | 72.5 kV                      |
| 定格電流比  | : | 1200-600/5-5-1-1 A           |
| 定格耐電流  | : | 40 kA                        |
| 確度階級   | : | 0.5 (計測用) / 5P20 (保護継電器用)    |
| 定格二次負担 | : | 40 VA (計測用) / 40 VA (保護継電器用) |

尚、各変流器は架台付きとする。

3) 66 kV 計器用変圧器

66 kV No. 1 母線用の計器用変圧器の主要定格は以下の通りとする。

|        |   |                                                 |
|--------|---|-------------------------------------------------|
| 最高使用電圧 | : | 72.5 kV                                         |
| 定格電圧比  | : | 66 kV/ $\sqrt{3}$ : 110 V/ $\sqrt{3}$ : 110 V/3 |
| 確度階級   | : | 1.0 (計測用) / 3P (保護継電器用)                         |
| 定格二次負担 | : | 400 VA (計測用) / 100 VA (保護継電器用)                  |

尚、各計器用変圧器は架台付きとする。

4) 66 kV 避雷器

各 66 kV 避雷器は酸化亜鉛形ギャップレス避雷器で、架台付きとする。各避雷器の主要定格は以下の通りとする。

|        |   |          |
|--------|---|----------|
| 定格電圧   | : | 84 kV 以上 |
| 連続使用電圧 | : | 46 kV 以上 |
| 放電電流   | : | 10 kA    |

5) 空気圧縮機

新製取替の空気圧縮機は交流モータ駆動とし、主要定格は以下の通りとする。

|      |   |                             |
|------|---|-----------------------------|
| 吐出圧力 | : | 25 kg/cm <sup>2</sup>       |
| 吐出量  | : | 1.28 m <sup>3</sup> /min 以上 |

6) 15 kV 断路器

各断路器は屋外形、三相、水平上向き取付け、一括手動操作方式とし、架台付きとする。各断路器は将来の昇圧計画を考慮して 22 kV 設計とし、主要定格は以下の通りとする。

|      |   |       |
|------|---|-------|
| 定格電圧 | : | 24 kV |
|------|---|-------|

定格電流       ：     1,250 A

定格短時間耐電流： 25 kA

7) 66 kV スタティック・コンデンサ

追加するスタティック・コンデンサのバンク容量は他のコンデンサの容量と同じ 10,000 kVA とし、直列リアクトル、放電コイル、絶縁変圧器および架台一式の調達を含む。

(4) 配電盤改修の基本設計

上記 (1) の共通事項の他、改修機器および部品の基本設計事項は以下の通りである。

1) 配電盤

配電盤は閉鎖形両面盤で、前面に主配電盤を後面に保護継電器盤を配列した構造とする。

既設の制御卓に配置されていた模擬母線および選択／制御スイッチは全て主配電盤上に配置することとし、制御卓は採用しない。したがって、各主配電盤は当該回路の指示電気計器、運転状態／故障表示器、模擬母線、選択／制御スイッチ等の監視・制御器具を配置するものとする。主配電盤に設置する監視・制御器具の種類は既設設備に準ずることとする。

2) 保護継電器

各回路の保護継電器は、最近の適用例および情勢を考慮すると、デジタル・リレーの採用が望ましい。また、各回路の保護継電方式は、230 kV 送電線を除いて、既設の保護継電方式に準ずることとする。

230 kV 送電線保護継電方式は搬送保護継電方式とし、方向比較継電方式を採用する。また、搬送信号は電力線搬送を介して伝送する。

3) コンピュータシステム

コンピュータシステムはコンピュータ装置、ディスプレイ装置、キーボード、ログイン・プリンタ等で構成し、データ・ロギング機能に必要な十分な処理能力を持ったものとする。

一方、コンピュータシステムとのインターフェースを図るため、電流、電圧、有効電力、無効電力、周波数等の各電気量および温度計測回路にはトランスデューサーを設備することとし、電力量計はパルス発信器付きとする。

また、監視制御システムは将来設立が予定されている SCADA システムに対応可能な設計とする。

4) 送電線故障点標定装置

直接接地系統の 230 kV 送電線の故障点標定装置の方式としては既設と同じパルスレーダ方式 (C 形) とインピーダンス演算方式が考えられる。パルスレーダ方式は装置以外に送電線各相にライントラップや結合コンデンサが必要でシステム価格が高く、装置本体価格も高価である。一方、インピーダンス演算方式は変流器および計器用変圧器を接続するだけでシステムを構成でき、経済性に優れており、直接接地系統では現在主流の方式である。ロン・ビン変電所とダニム発電所間にはバオ・ロック変電所の分岐があるために、パルスレーダ方式の場合もインピーダンス演算方式の場合も、ロン・ビン変電所とダニム発電所の両端に設置する必要がある。

以上より、故障点標定装置はインピーダンス演算方式を採用し、サイゴン変電所とダニム発電所間の 230 kV 送電線の監視を実施するために、ロン・ビン変電所とダニム発電所の 2 箇所に設置することを提案する。尚、インピーダンス演算方式の故障点標定装置は送電線保護継電装置のオプション機能として設備することも可能である。

5) 制御電源設備

コンピュータシステムの導入により無停電交流電源装置が必要となり、設備容量が増加するため、制御電源供給システムを新製する。尚、既設の直流電源設備は予備とし

て使用することにする。新システムは、バッテリー、充電器、直流-交流インバータおよび交流・直流電源盤とする。尚、供給電圧は既設設備にあわせて、直流 230 V および交流 230 V とする。

6) 電力線搬送装置

230 kV 送電線の搬送保護方式の搬送信号の伝送路は、サイゴン変電所とロン・ビン変電所間では A 相を利用し、ロン・ビン変電所とダニム発電所間では B 相を利用する。また、既設のライントラップ、結合コンデンサおよび結合フィルター等の結合装置はそのまま利用することにする。以上より、電力線搬送システムの変更のため、各変電所および発電所で新規に調達が必要な電力線搬送装置は以下の通りである。

a) サイゴン変電所

|                     |   |       |
|---------------------|---|-------|
| 電力線搬送端局装置 4 ch、10 W | : | 1 台   |
| 搬送継電装置              | : | 1 セット |
| 同軸ケーブル              |   |       |

b) ロン・ビン変電所

|                     |   |       |
|---------------------|---|-------|
| 電力線搬送端局装置 4 ch、10 W | : | 1 台   |
| 電力線搬送端局装置 4 ch、20 W | : | 1 台   |
| 搬送継電装置              | : | 2 セット |
| 同軸ケーブル              |   |       |

c) ダニム発電所

|                     |   |       |
|---------------------|---|-------|
| 電力線搬送端局装置 4 ch、20 W | : | 1 台   |
| 搬送継電装置              | : | 1 セット |
| 同軸ケーブル              |   |       |

## 8.5 緊急改修計画の施工計画

### 8.5.1 ダニム発電所変電設備緊急改修計画の施工計画

ダニム発電所変電設備の改修工事は水車、発電機、送電線等の関連改修工事と協調をとって、特に、改修工事による停電時間を極力短くするように、計画する。

変電設備の改修工事は、改修に必要な機器、部品および材料を国際入札で調達し、その改修機器供給契約者から派遣される技術指導員のもとに、ダニム発電所およびPC-2職員で実施する。

以下に各変電設備ごとに立案した改修工事施工計画について述べる。

#### (1) 変圧器改修施工計画

##### 1) 主要変圧器（1T、2T、3T、4T）の改修

各主要変圧器の改修工事は停電状態で行なうが、水車および発電機の改修工事期間に合わせて実施する。主要変圧器の改修工事は、変圧器の分解が必要なため、主要変圧器を発電所の組立室に運び込んで実施する。

主要変圧器改修の作業班は基本的に班長1名、電工5名、一般作業員3名の計9名で構成するが、一時的に機械工、熔接工および塗装工が数名必要となる。また、技術指導員は2名とする。これらの作業班の陣容で、各主要変圧器の改修工事期間は60日と見込まれる。

##### 2) 所内変圧器（11T、12T、13T、14T）の取替

所内変圧器の取替は水車および発電機の改修工事期間に無関係に実施できる。また、所内電力の確保を図るため、所内変圧器の取替は1台ずつ、4台を順次実施するものとする。



3) 31.5 kV 変圧器 (6T) の取替

新製の 31.5 kV 変圧器 6T は既設の 6T の位置に据え付けるが、基礎の作り直しが必要となる。基礎工事期間を含めると、改修工事に要する停電時間が約 1.5 ヶ月必要と見込まれる。したがって、この取替工事期間中は Dong Duong 地域への電力供給を確保するために暫定的に系統運用上の調整が必要である。尚、既設の 31.5 kV 変圧器 7T は撤去する。

4) 66 kV 変圧器 (5T) の改修

66 kV 変圧器 5T の改修工事は当該回路を停電して実施する。改修工事内容から判断して、5T の改修工事は現地作業員だけで十分対応可能である。

(2) 開閉機器改修施工計画

各しゃ断器および断路器の改修は当該回路を一時停電して実施する。しゃ断器および断路器の改修は、改修工事内容から判断して、現地作業員だけで十分対応可能である。

230 kV 送電線の計器用変圧器の取替は、230 kV 送電線を停電して実施することになるが、230 kV 送電線は基幹送電線であり、停電時間に制約を受けるため、230 kV 送電線の改修工事期間内に実施するように計画する。

(3) 配電盤改修施工計画

新製の配電盤は既存の制御室内の空いたスペースに配置する。配電盤の新旧切替は以下の手順で実施することを提案する。

- 1) 先ずバッテリー、充電器および交流・直流盤等の制御電源供給システムの取替を実施する。
- 2) 次に、新製配電盤の据付を行なう。
- 3) 全配電盤の据付け完了後、先ず最初の盤一面用のケーブルを布設する。そうして、その盤一面の切替を実施する。

- 4) 次の盤のケーブル布設は、新旧のケーブルの錯綜を避けるために、切替終わった盤の旧ケーブルを撤去してから行なう。
- 5) 以上の手順で、順次配電盤の切替を実施する。
- 6) また、コンピュータシステムとの接続のために、端子盤を設置して、各配電盤と端子盤間の配線を実施する。
- 7) 配電盤の新旧切替および端子盤までの配線が完了したら、旧配電盤を撤去する。
- 8) 最後に、コンピュータシステムを据付る。

配電盤改修作業班は班長1名、電工4名、一般作業員10名で構成し、改修契約業者からの技術指導員は据付指導員2名および試験・調整員2名が必要になると思われる。一方、サージタンク水位観測システムの作業班は班長1名、電工2名、一般作業員5名で構成する。これらの陣容で配電盤改修の全作業期間は4ヶ月と見込まれる。

#### 8.5.2 サイゴン変電所変電設備緊急改修計画の施工計画

サイゴン変電所変電設備の改修工事は、関連機器の改修工事期間の協調をとる他、66kV母線と15kV母線に接続されているThu Duc火力発電所との運転協調をとって、改修工事による電力供給への支障をなるべく少なくするように計画する。

変電設備の改修工事は、改修に必要な機器、部品および材料を国際入札で調達し、その改修機器供給契約者から派遣される技術指導員のもとに、PC-2職員で実施する。

以下に各変電設備ごとに立案した改修工事施工計画について述べる。

##### (1) 変圧器改修施工計画

変圧器の改修工事に先だって同期調相機建屋内の天井クレーンの改修を実施する。

##### 1) 主要変圧器 (1T) の改修

主要変圧器 1T の改修工事は、各相ごとに同期調相機室横の組立室に運び込んで実施

することにする。

主要変圧器改修の作業班は基本的に班長1名、電工5名、一般作業員3名の計9名で構成するが、一時的に機械工、溶接工および塗装工が数名必要となる。また、改修請負業者からの改修工事指導員は1名とする。これらの作業班の陣容で、1T全相および予備変圧器の計4台の改修工事期間は90日と見込まれる。

2) 主要変圧器 (2T) の取替

新製の三相変圧器は旧2Tの位置に据え付けるが、基礎の作り直しが必要となる。基礎工事を含めると、取替工事に要する停電時間は約1.5ヶ月と見込まれる。2Tの取替工事期間中に他の主要変圧器が過負荷運転となるのを避けるため、2Tの取替は66kV母線に接続しているThu Duc火力発電所の運転期間中に実施するように計画する。

3) 所内変圧器 (5T、7T) の取替

所内変圧器の取替は、所内電力の確保を図るため、5Tと7Tを1台ずつ実施するものとする。

4) 66 kV 変圧器 (3T、4T) の取替

66 kV 変圧器 3T および 4T は 1 台ずつ順次取替えることにするが、基礎の作り直しが必要で、それぞれの取替工事に要する停電時間は約1.5ヶ月と見込まれる。この変圧器の取替は、15 kV 配電系統への送電容量が不足しないように、Thu Duc ガス・タービン発電所の運転期間中に実施するように計画する。

6) 66 kV 変圧器 (9T) の取替

66 kV 変圧器 9T の取替には基礎の作り直しが必要で、基礎工事期間を含めると、取替工事に要する停電時間は約1.5ヶ月と見込まれる。したがって、取替期間中の当該回線の需要家への暫定的な電力供給の手段を検討の上、取替時期を決定することになる。

(2) 開閉機器改修施工計画

開閉機器の取替は当該回路を停電して実施する。各機器の取替は、当該回路の電力供給に支障を来たさぬように系統操作が必要な他、停電時間を極力短くするために当該回路の他の機器の改修・取替工事との協調をとり、同じ期間内に実施するように計画する。

(3) 配電盤改修施工計画

配電盤の新旧の切替作業による変電所運転の支障を最小限にするために、新製の配電盤は別の場所に改めて制御室をつくるのが望ましい。新しい制御室の場所については、230 kV 空気しゃ断器用エアーコンプレッサー室の跡地やを既存の制御室の拡張など数箇所が候補地としてあがっているが、詳細設計時にさらに検討・協議のうえ決定すべきである。

尚、配電盤の新旧切替は以下の手順で実施することを提案する。

- 1) 先ずバッテリー、充電器および交流・直流整等の制御電源供給システムの取替を実施する。
- 2) 次に、新製配電盤の据付を行なう。
- 3) 全配電盤の据付け完了後、先ず最初の盤一面用のケーブルを布設する。そうして、その盤一面の切替を実施する。
- 4) 次の盤のケーブル布設は、新旧のケーブルの錯綜を避けるために、切替終わった盤の旧ケーブルを撤去してから行なう。
- 5) 以上の手順で、順次配電盤の切替を実施する。
- 6) また、コンピュータシステムとの接続のために、端子盤を設置して、各配電盤と端子盤間の配線を実施する。
- 7) 配電盤の新旧切替および端子盤までの配線が完了したら、旧配電盤を撤去する。
- 8) 最後に、コンピュータシステムを据付る。

配電盤改修作業班は班長1名、電工4名、一般作業員10名で構成し、改修請負業者からの改修工事指導員は据付指導員1名および試験・調整員2名が必要になると思われる。

## 8.6 長期的視点にたった改修計画

緊急改修において部分改修だけを実施した変圧器や開閉機器は、当面の間、運転継続を可能にする必要最小限の改修を実施したのに過ぎず、それらの劣化・老朽化は進行中である。したがって、それらの部分改修した設備・機器は近い将来新たな改修が必要となる。本節では各設備で将来必要となる改修内容と改修時期について述べることにする。

尚、緊急改修で新製取替となる機器は8.7節で述べる定期保守・点検を実施することで、長期間新たな改修を実施する必要性がないことが期待される。

### (1) 変圧器の改修

緊急改修において取替なかった全ての変圧器は定期的に絶縁油の油中ガス分析を実施して、絶縁物の状態把握に努める必要がある。油中ガス分析の結果、変圧器に異常レベルの絶縁劣化が発見された場合は、速やかに取替えることを推奨する。

また、66 kV 回路が 110 kV に昇圧される場合、ダニム発電所の 66 kV 変圧器 6T およびサイゴン変電所の主要変圧器 1T は、その絶縁劣化状態に係わらず、取替が必要になる。各変圧器の容量は取替時点で見直し、系統からの要求に沿った容量に変更する方が良い。

### (2) 開閉機器の改修

ダニム発電所の 230 kV 開閉機器は、電力系統の発展によりダニム発電所における予想短絡電流が各機器の定格値を超えることが判明した段階で取替なければならない。

66 kV および 15 kV 開閉機器は回路電圧が昇圧された時点で、全て取替る必要がある。サイゴン変電所の 66 kV 回路が 110 kV に昇圧された場合、変電所の敷地が足りなくなることが予想されるので、110 kV 開閉機器はガス絶縁開閉装置を採用して、敷地の有効活用を図ると共に、大気汚染による腐食問題の根本的な解決を図ることを計画する。また、15 kV 回路が 20 kV に昇圧された場合には、20 kV 開閉機器はキュービクル式の閉鎖形配電盤構造を採

用して、保守の容易性および省スペース化を図るように計画する。

## 8.7 維持・管理・運営計画

緊急改修後の変電設備の維持・管理は各機器ごとに保守・点検マニュアルを整備し、日常の巡視および定期点検によって、機器の状態を把握するように努めなければならない。特に、現地調査時に比較的良好な状態を保持していた機器については、必要不可欠な部分改修だけが実施される予定で、特に運転上支障を来さない程度の欠陥・劣化はそのまま放置されているので、重点的に監視するように計画する。

推奨すべき各変電設備の主要な定期点検項目は以下の通りである。尚、点検方法については、既存のマニュアルおよび改修機材供給業者から提出されるマニュアルを参考にする。

### (1) 変圧器

- 1) 精密点検（7年に1回）
  - a) 内部吊上点検（オーバーホール）
  - b) ブッシング、安全弁、放熱器、コンサベータなどの点検清掃
  - c) 各部ガスケット取替
  - d) 絶縁油取替または濾過
  
- 2) 精密点検（5年に1回）
  - a) 送油ポンプ、冷却ファン等の補機類の分解点検
  - b) 制御回路の点検
  
- 3) 普通点検（3ヶ月に1回）
  - a) 補機類の外部点検（動作状況、軸受給油）
  - b) その他外部一般点検

尚、以下の変圧器の欠陥は緊急改修では修復されていないので、重点的に点検を実施

することを推奨する。

ダニム発電所

66 kV 変圧器 (5T) : 放熱器からの漏油

サイゴン変電所

起動用変圧器 (6T) : ブッシングからの漏油

4) 油中ガス分析および絶縁油性能試験 (3年に1回)

尚、緊急改修で取替られない予定の以下の変圧器については、6ヶ月あるいは1年ごとに油中ガス分析を実施して、絶縁状態を把握するべきである。

ダニム発電所

主要変圧器 (1T、2T、3T、4T)

所内変圧器 (11T、12T、13T、14T)

サイゴン変電所

主要変圧器 (#131877A、#131878A、#131880A、#131881A、#131882A)

起動用変圧器 (6T)

(2) 開閉機器

1) 精密点検 (6年に1回)

- a) シャ断部分解点検 (シャ断器)
- b) 操作機構部分解点検 (シャ断器および断路器)
- c) 制御箱点検
- d) 各種試験 (シャ断器投入開極時間測定等)

- 2) 普通点検（2年に1回）
- a) 操作機構部の外部点検（しゃ断器および断路器）
  - b) 操作試験（しゃ断器および断路器）
  - c) 碍管類の点検清掃
  - d) 主回路端子および配線締付チェック
  - e) 絶縁抵抗測定
  - f) 漏れ電流測定（避雷器）
  - g) その他外部一般点検

尚、以下の開閉機器の欠陥は緊急改修では修復されていないので、重点的に点検を実施することを推奨する。

ダニム発電所

230 kV 変流器                   : 主要変圧器 2T 用変流器一次側端子からの漏油

サイゴン変電所

66 kV 空気しゃ断器       : ダッシュポット部からの漏油

(3) 配電盤および制御回路

- 1) 精密点検（2年に1回）
- a) 計器類較正試験
  - b) 継電器単体性能試験
- 2) 普通点検（1年1回）
- a) 一般構造ならびに配線検査
  - b) 総合動作試験（含むシーケンス）
  - c) 絶縁抵抗測定



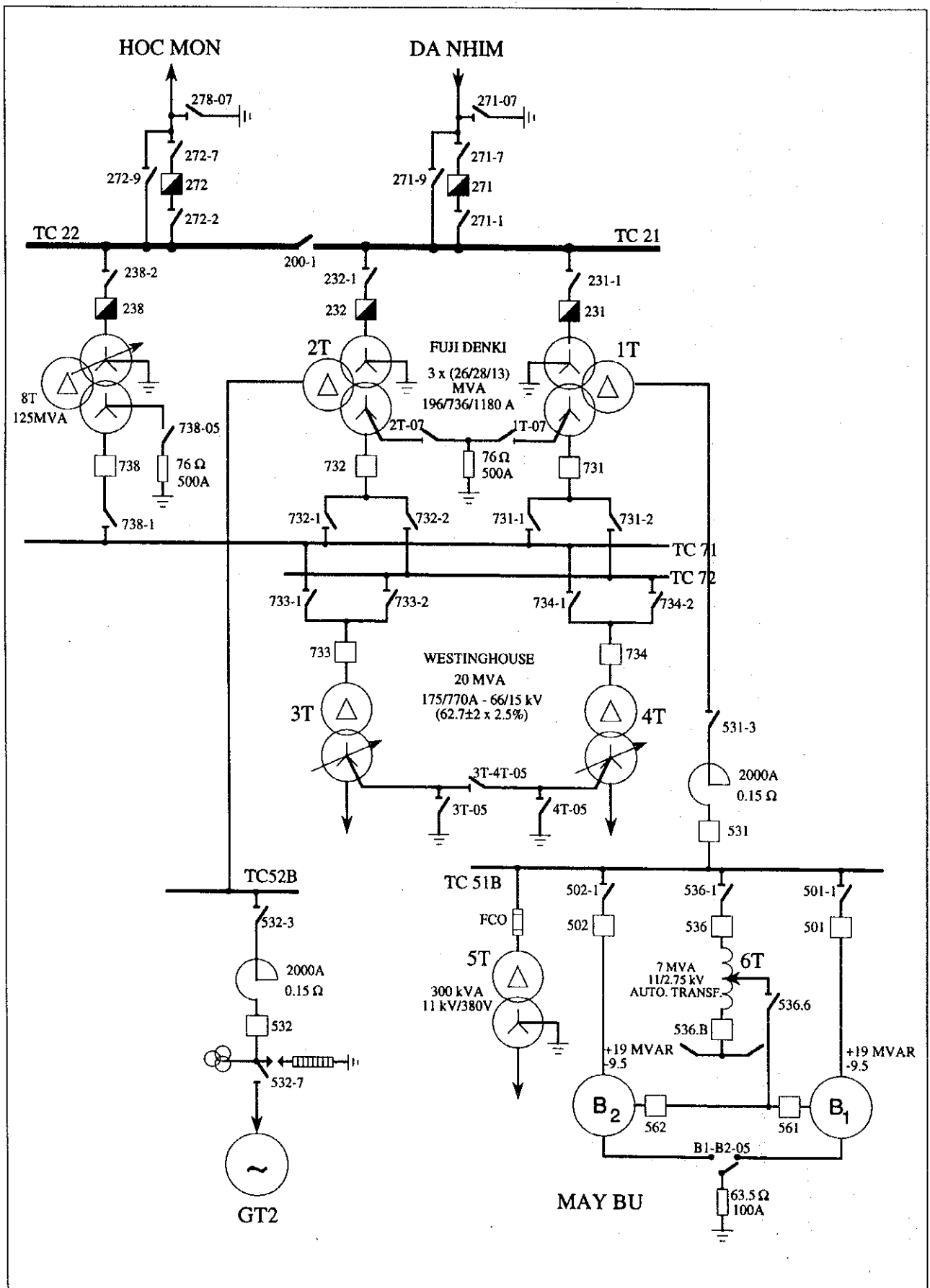
(4) 同期調相機

サイゴン変電所の同期調相機は改修対象機器から除外されたが、参考のため、その定期点検項目を以下に示す。

- 1) 精密点検（10年に1回）
  - a) 回転子引出分解点検および清掃
  
- 2) 精密点検（5年に1回）
  - a) コイル絶縁物点検清掃
  - b) 軸受冷却管点検清掃
  - c) 油ポンプ分解清掃
  - d)  $\tan \delta$  測定
  - e) 起動停止シーケンス試験
  
- 3) 普通点検（1年に1回）
  - a) 各部締付箇所点検締付
  - b) スリップリング点検
  - c) 風道点検
  - d) 制御装置および警報装置点検
  - f) 絶縁抵抗測定







|                                  |                               |                              |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| ヴィエトナム社会主義共和国<br>ダニム電力システム改修計画調査 | MINISTRY OF ENERGY<br>国際協力事業団 | 図 8.2(1)<br>サイゴン変電所主要回路 (既設) |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|

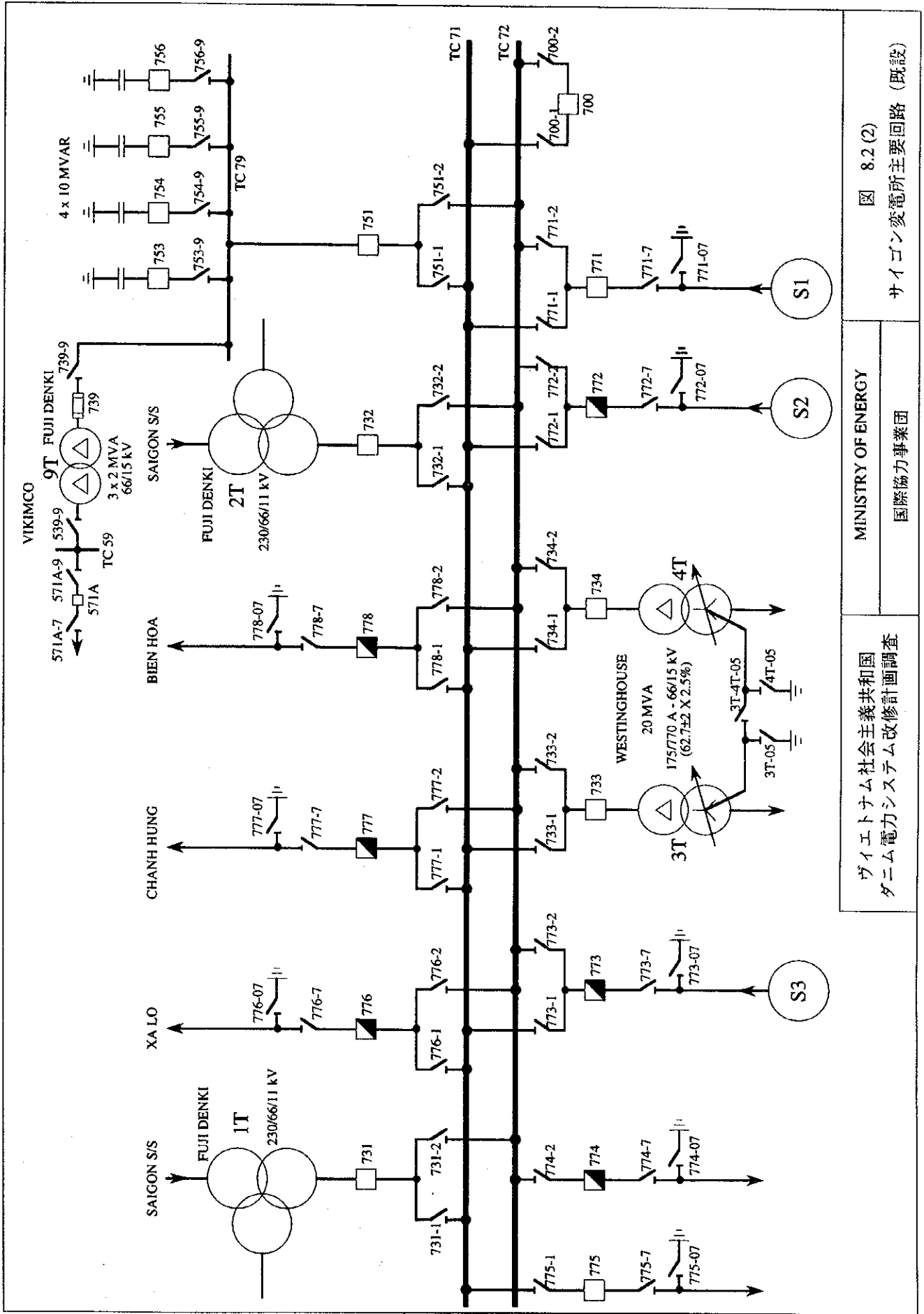


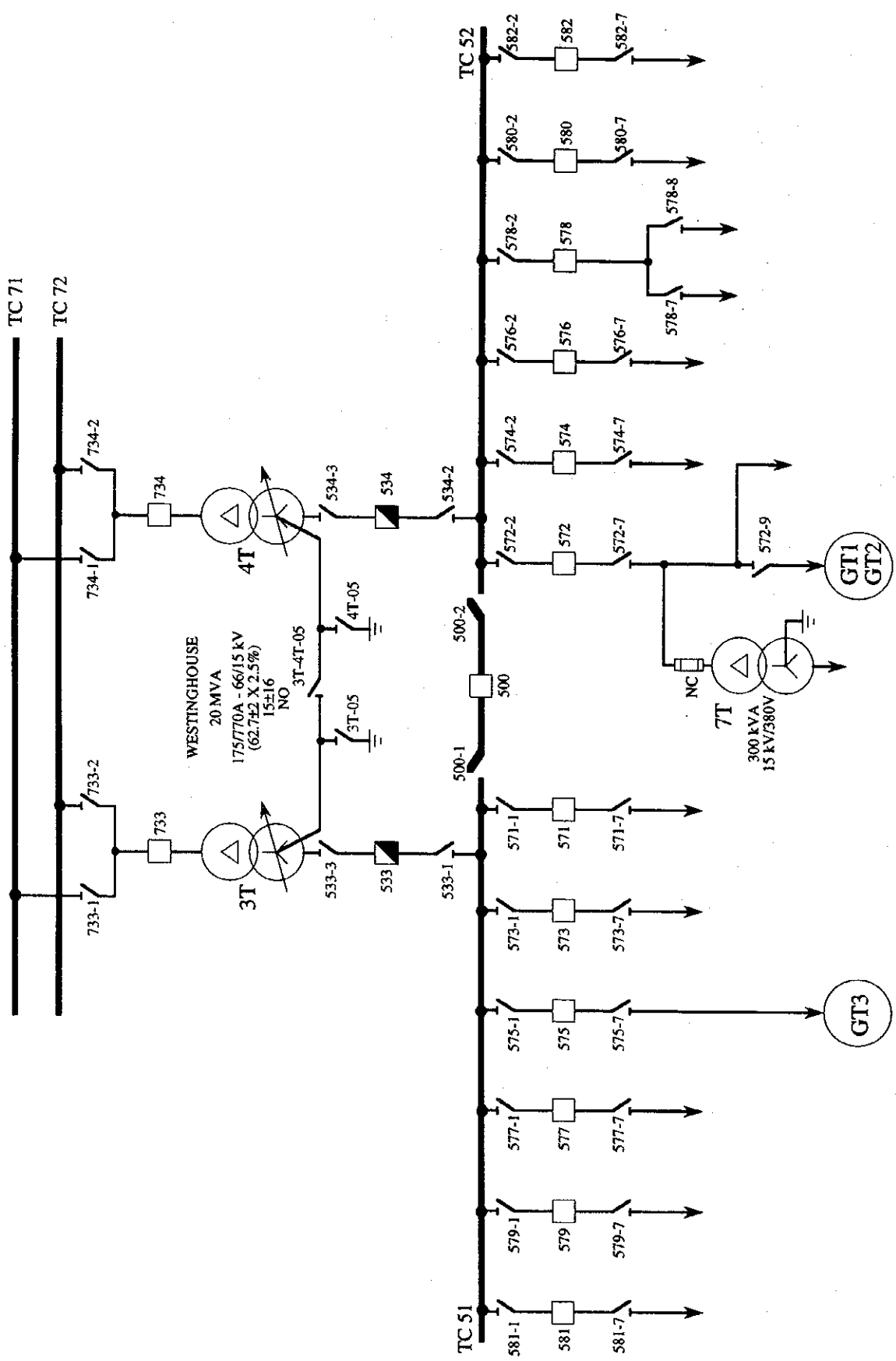
図 8.2 (2)

サイゴン変電所主要回路 (既設)

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

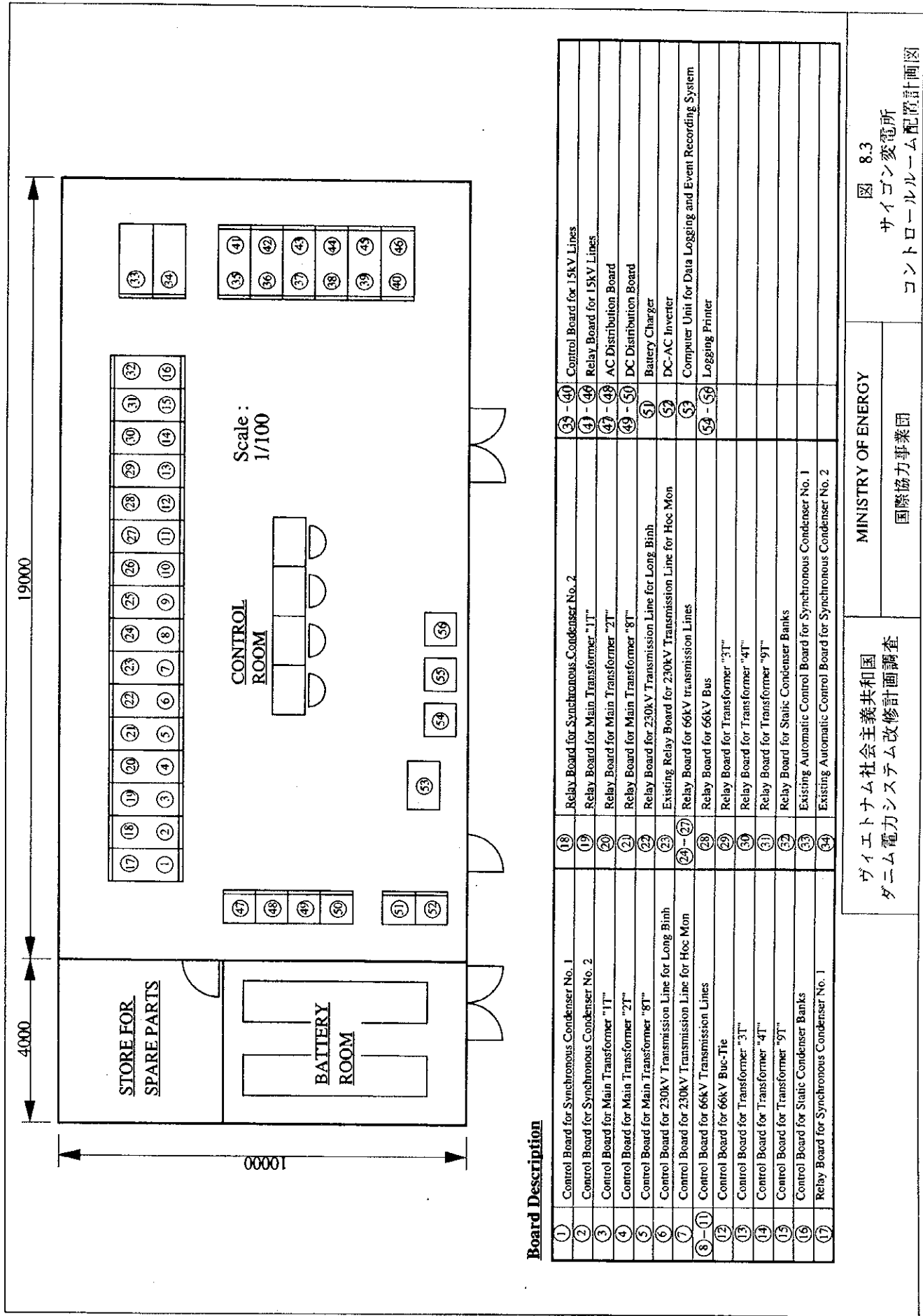
ヴァイエトナム社会主義共和国  
ダナム電力システム改修計画調査



ヴィエトナム社会主義共和国  
 ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

図 8.2 (3)  
 サイゴン変電所主要回路 (既設)



**Board Description**

|     |                                                       |   |                                                                  |         |                                                           |
|-----|-------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------|
| ①   | Control Board for Synchronous Condenser No. 1         | ⑩ | Relay Board for Synchronous Condenser No. 2                      | ⑤③ - ④① | Control Board for 15kV Lines                              |
| ②   | Control Board for Synchronous Condenser No. 2         | ⑪ | Relay Board for Main Transformer "1T"                            | ④② - ④⑥ | Relay Board for 15kV Lines                                |
| ③   | Control Board for Main Transformer "1T"               | ⑫ | Relay Board for Main Transformer "2T"                            | ④⑦ - ④⑧ | AC Distribution Board                                     |
| ④   | Control Board for Main Transformer "2T"               | ⑬ | Relay Board for Main Transformer "8T"                            | ④⑨ - ⑤① | DC Distribution Board                                     |
| ⑤   | Control Board for Main Transformer "8T"               | ⑭ | Relay Board for 230kV Transmission Line for Long Binh            | ⑤②      | Battery Charger                                           |
| ⑥   | Control Board for 230kV Transmission Line for Hoc Mon | ⑮ | Existing Relay Board for 230kV Transmission Line for Hoc Mon     | ⑤③      | DC-AC Inverter                                            |
| ⑦   | Control Board for 230kV Transmission Line for Hoc Mon | ⑯ | Relay Board for 66kV Transmission Lines                          | ⑤④      | Computer Unit for Data Logging and Event Recording System |
| ⑧-⑪ | Control Board for 66kV Transmission Lines             | ⑰ | Relay Board for 66kV Bus                                         | ⑤⑤ - ⑤⑥ | Logging Printer                                           |
| ⑫   | Control Board for 66kV Bus-Tie                        | ⑱ | Relay Board for Transformer "3T"                                 |         |                                                           |
| ⑬   | Control Board for Transformer "3T"                    | ⑳ | Relay Board for Transformer "4T"                                 |         |                                                           |
| ⑭   | Control Board for Transformer "4T"                    | ㉑ | Relay Board for Transformer "9T"                                 |         |                                                           |
| ⑮   | Control Board for Transformer "9T"                    | ㉒ | Relay Board for Static Condenser Banks                           |         |                                                           |
| ⑯   | Control Board for Static Condenser Banks              | ㉓ | Existing Automatic Control Board for Synchronous Condenser No. 1 |         |                                                           |
| ⑰   | Relay Board for Synchronous Condenser No. 1           | ㉔ | Existing Automatic Control Board for Synchronous Condenser No. 2 |         |                                                           |

ヴァイエトナム社会主義共和国  
ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

図 8.3  
サイゴン変電所  
コントロールルーム配置計画図

## 第 9 章

### 230 kV 送電設備



## 第9章 230 kV 送電設備

### 9.1 調査方法および調査結果

#### 9.1.1 調査方法

本項では230kV送電設備に関するヴェトナム側からの要請内容および調査対象施設の確認、調査団の実施した調査手順・方法等を述べる。

##### (1) 要請内容の確認

調査団と PC-2 送変電部との第1回目の協議に於いてヴェトナム側の 230kV 送電設備の改修計画に対する要請内容の確認を行った。要請内容の詳細は S/W 調査団により合意されていた内容に変更なく、確認した修復対象施設は、下記の通りであった。

- 1) 鉄塔部材 (等辺山形鋼、鋼板、ボルト・ナット、ワッシャー)
- 2) 電線材料 (鋼心アルミニウム撚線、ジョイント、リペア・スリーブ、ダンパー)
- 3) 架空地線材料 (亜鉛メッキ鋼撚線、ジョイント)
- 4) 碍子装置 (碍子、碍子金具、電線クランプ類、アーमारロッド、地線金具類)
- 5) 改修用および保守用工具

同設備は建設後約 30 年を経過している上に戦禍による度重なる事故を経験してきた。この間日本の支援による復旧作業が一時実施されたが、戦禍により中止された。平和到来後ヴェトナム自身により暫定的に修復し現在に至っている。

しかしながら、このように実施した修復は飽くまでも暫定的な処置である上に現在でも未修復な部分、暫定的な補修部分が多く設備の正常な運転・維持に不安がある。ダニム発電所の電力をホーチミン市および途中の需要地へ送電する重要設備であることから完全な修復を実施する必要がある。

## (2) 調査手順

調査団は下記手順・方法によって現地調査を実施した。

- 1) 調査団の要求に応じて PC-2 から提出された改修用材料表に就いて PC-2 のカウンター・パーツからその内容の詳細説明を受け、必要資材の種類・数量を数度にわたる協議の上確認した。
- 2) 設備を製造した日本のメーカーには設計図、製作図面または組立図面も保存されていなかったが幸いにも PC-2 には部分的ではあるが詳細部材寸法の記入されている鉄塔組立図、碍子装置図が保管されていることを確認した。
- 3) カウンター・パーツの案内にて送電線現場に立ち入り、設備の現況を把握すると共に、PC-2 の調査表の精度の確認に努めた。
- 4) 現地調査は選定した鉄塔について、原設計の構造との照合を実施し欠損材および暫定補修した部材のうち不適性材の確認を行った。
- 5) 鉄塔関係調査と同時に電線、地線、碍子関係の現状調査も実施し PC-2 独自の調査結果の整合性を確認した。
- 6) PC-2 のサイゴン変電所内およびドン・ジュン支所内の倉庫を訪れ送電線建設・保守工具・装置の品目・数量・仕様および現状の性能・保管方法を調査した。また、PC-2 の建設・保守班に対して調査団が日本から持参した工具類の図面を示しそれらの用途・使用方法を説明し技術移転の一環とした。
- 7) 戦後に PC-2 の実施した暫定補修工法および今回の改修工事の具体的な実施方法をカウンターパーツから聴取した。
- 8) PC-2 の送電線保守規定の要点を英訳し検討した上で、カウンター・パーツからその実施状況を聴取し、改善すべき点等に就いて討議した。

### 9.1.2 調査結果

#### (1) 鉄塔設備関係

内戦終了後に実施された PC-2 による暫定補修は、日本援助による材料のうち当時残存して

いた少量の鉄塔部材および国内の各種材料を集めて材質・寸法に関係なく非亜鉛メッキの鋼材を用いて行われたとの報告であった。

PC-2 の送電部は、補修の必要な鉄塔番号を調査済みである。ただし、具体的な欠損材の部材番号、必要本数などは調査していない。

調査団員による既設鉄塔に対する調査により PC-2 作成の資材表を検討した。調査団員の調査した鉄塔だけでも下記項目の補修が緊急に必要であることが判明した。

- 1) 弾丸の貫通孔があり断面が欠損している鉄塔部材が使用されている
- 2) 必要部材が取り付けられていない
- 3) サイズ・材質が不明な材料が使用されている
- 4) メッキしない材料を使用したため錆発生が著しく部材に変形を生じている
- 5) 不適切な加工が多いため暫定補修した部材が歪んでいる
- 6) 暫定補修に使用した鋼材のほとんどはメッキではなく塗装を施しているため全てに錆が発生している。放置すると上記 4) 項の状態になる

暫定補修時に材料不足から相当数の欠損部材のまま運転を継続していたが、風圧に耐えず 3 基連続に倒壊した。PC-2 が再復旧した区間も調査したが資材不足のため依然として部材欠損、錆発生、部材の歪が確認された。補修を実施しない場合には今後も同様の事故が頻発し長期間にわたって送電不能の事態に陥る可能性は十分に推察される。

PC-2 の作成した必要資材表は、将来の保守用も含む必要数量は妥当なものと判断されるが、鋼材サイズおよび数量に就いては詳細調査を実施していないため資材調達に難しい。さらに PC-2 は山形鋼のみ提示してきたが補修用の鋼板、ボルト・ナットの調達の必要性を確認した。調査団は PC-2 保管の鉄塔組立図を検討し調達資材の素案を作成した。この素案を基に PC-2 担当者と数次に亘る討議の結果、添付表 9.1 に記載したサイズ・数量の材料が緊急改修計画およびその後の保守に必要なものであるとの結論に達した。

建設後長期間を経ており鉄塔部材に多少の歪が生じている故原設計の寸法(部材長さ・ボル

ト間寸法など)の部材がそのまま現在の鉄塔にそのまま適応出来るとは限らない。従って、補修用材料は亜鉛メッキ済みの定尺の等辺山形鋼・プレートとし、実際の部材追加・取り替え部材は、現地採寸にて加工することになる。

PC-2の工場およびPC-2の鉄塔工場を視察したが各種旋盤、削孔機など必要な機械を備えている故材料の加工には問題がない。

## (2) 電線・地線関係

原設計の使用電線は鋼心アルミニウム撚線(ACSR)410mm<sup>2</sup>、使用架空地線は亜鉛メッキ鋼撚線(GSW)90mm<sup>2</sup>である。暫定補修の際、資材不足のため部分的にサイズの異なる電線・地線を使用せざるを得ない状態であった。異種サイズ電線・地線の接続は適正なスリーブ、ジョイントを使用せずクリップやアルミテープ巻き付けなどの臨時的接続を行っているため機械的な強度が低下し、断線事故も発生した。電氣的にも接続点に熱を発生させ電力損失を増大させる原因にもなっている。

さらに、撚線の素線が断線している箇所も多数確認され補修スリーブの不足から放置されている箇所もある。これらは将来の断線事故の原因となるとともにコロナを発生させ騒音、電力損失の起因となっている。電力線に多数の素線切れがあったまま暫定的に補修したため電線の溶断を招いた事故もあった。現在でもこれに近い状態の接続箇所がある。正規のジョイントによる完全な改修が緊急に必要である。

経済的且つ安定した送電線の運営には、これらの部分に新しい正規の電線・地線を適正なジョイントを使用して張り替え、完全な補修を実施する必要を認めた。

必要な資機材のリストは添付表9.1にまとめたが、これはPC-2の数量表を調査団が検討した上でPC-2との合意に基づいて作成したものである。ダンパーは原設計ではトーショナル型であったが配置方法が間違い易い故、世界的に使用されているストックブリッジ型の調達を提言する。現在も暫定処置として不足箇所にこの型を混用している。重量と取付位置を同じにすれば振動防止の機能に差はない。

### (3) 碍子関係

線路の大部分は海岸から隔離されている故、塩害による被害は認められなかった。しかしながら、鉄塔番号 263-343 の多霧区間（高標高地域）に於ける頻繁な閃絡事故、および 653-681 区間（ロン・ビン変電所付近工場地帯）の工場粉塵などによる碍子汚損が著しい。これらの区間の約 40 基分には漏洩距離の長い特殊碍子（耐霧碍子）を適用する必要がある。調査団が現場で確認できなかったが変電所に保管されていた損傷碍子を見る限り、30 年間に亘る長い期間風雨に曝されピン部の腐食や磁器部のクラックや欠損している碍子が相当数存在することは十分に推定される。保守用としての碍子も皆無で臨時にガラス製碍子を混用している現況である。今後も碍子ピン部の腐食が進み停電事故の発生が頻発することが予想されるので保守用の予備を大量に確保しておかなければならない。使用碍子は標準品であり、230 kV 送電線のみならず高圧送電線に共通に使用可能である故、余裕をもった数量であるべきで PC-2 の算定した必要碍子数は、妥当なものであると判断する。

碍子連用金具装置は機械的・電氣的に重要であり他の装置で代用不可能である。当時の製作図が PC-2 に保管されている。これを基に必要部品の調達が可能である。

### (4) 改修工事・保守工具関係

サイゴン変電所 およびドン・ジュンの PC-2 倉庫に保管されている工具類を調査したがほぼ皆無に等しい。数少ない現有の工具も建設当時納入したものが殆どであり、著しい消耗・破損が見受けられた。数量的にも保守班が 9 班編成されているとのことであるが、一班分にも満たない数量である。これら工具類の更新および追加の必要が認められた。

改修計画実施のための停電時間を出来るだけ短時間に制限するための適正な工具および装置を PC-2 送電部と協議しその種類と数量を決定した。改修計画の具体的な実施工程、工法および必要停電時間に就いても同時に協議したが、これは次節に述べる。

改修工事および保守作業には、通信手段は欠くことのできない。PC-2 には VHF 無線装置

(車両用および携帯用)の調達を遂行したが充分のセットを保有している故、緊急に調達する必要はないとのことであった。

#### (5) 保守および保守規定

PC-2の保守体制はサイゴン地区に6班、ドン・ジュン地域に3班が編成されており、各班は17名の構成である。各班には無線機を搭載した車両2台が配置されている。各班は1ヶ月に1回の割合で必ず担当区を巡視することになっているが、大規模な補修工事、改修工事も兼ねている故、必ずしも月1回の巡視が守られているとは限らない。調査団は、この巡視に同行したい旨希望したが調査期間中機会がなかった。ただし、保守班による110kV送電線の改修工事が実施されていたのでこの現場の視察が可能であった。建設には十分な能力を有していると判断された。

現行の送電線保守規定を検討したが、1kV - 230kV送電線に共通な規定であり具体的な保守項目の記述がない。建設当時コンサルタントが推奨した規定を提供しその内容を説明した。

## 9.2 緊急改修計画

本節では上記現地調査の結果に基づき調査団の推奨する改修計画に就いて各対象施設毎に述べる。

### 9.2.1 鉄塔の改修

#### (1) 鉄塔基礎および周辺

調査団の視察した鉄塔については基礎本体の補修を必要とする鉄塔は見受けられなかったしPC-2からの確たる報告も受けなかった。ただし、山岳地の基礎周辺の長年に亘る土砂流出は容易に推測される。基礎上の設計土量の不足は基礎引き上げ荷重に対する抵抗力の減少を招き鉄塔倒壊の誘因となる。従ってこのような箇所には流出防止対策および盛り土の必要が

あることをカウンター・パーツに説明した。

各鉄塔には鉄塔の接地抵抗を低減するための接地線とカウンターポイズが取り付けられているが、カウンターポイズの紛失が心配される。建設時作成した線路台帳には鉄塔毎に取り付けた接地線およびカウンターポイズの数量が記入されているのでこの数量と現在の取付数量との照合調査を実施し各鉄塔の接地抵抗を測定するよう提言した。

鉄塔接地抵抗の設計値(9 ohm 以下)に維持することは雷電流による鉄塔から電線への逆閃絡を防止する上で極めて重要である。抵抗測定に際しては碍子などを使用して架空地線を鉄塔から絶縁しておくことに注意が必要である。

カウンターポイズの材料は架空地線と同じ亜鉛メッキ鋼撚線であるので共用可能である。端子金具は PC-2 の工場で作成可能であるゆえ独自で改修工事を実施し得る。

## (2) 鉄塔構造物

原設計の部材・ボルトが欠損したりサイズ・材質の異なる非亜鉛メッキ材料が応急的に使用されている鉄塔に想定最大荷重が作用した場合、鉄塔の破壊・倒壊の危惧がある。PC-2の基幹送電線であることから原設計の構造に復元し本来の強度を確保する必要がある。

長年に亘る荷重の繰り返し、振動などにより鉄塔に微妙な歪が生じており原製造寸法の部材を調達してもボルト中心間の寸法が合わず、そのまま精度高く取り付けられる期待は極めて少ない。補修工事は下記の手順で能率的に実施する。

- 1) 保守班による各鉄塔の詳細調査を再度行い、追加あるいは取替え部材の部材番号を鉄塔図面を参照して明確にする。
- 2) 調査結果に基づき調達材料を図面に記載されている寸法通りに PC-2 の工場で作成する。
- 3) ボルトの孔あけ加工は当該鉄塔のボルト間寸法に合わせてポータブル・ドリルを使用して現場で行う。

- 4) 切断面・削孔面には亜鉛塗料を施す。

部材接続用のプレートの加工も全く同じ方法で実施できるが、ペントを必要とする大型サイズの部材・プレートは原設計に基づく製作図面を参照してPC-2のワーク・ショップで加工・切断し、ボルト孔は現地で採寸・加工するのが適切である。ボルト・ナット・ワッシャーは種類が限られている故調達・取付は容易である。ただし、ナット締め付け後ネジ山が3山以上残るような長さのボルトを使用することを原則とする。

大部分の補修工事は鉄塔の下部構造に対して必要であり送電継続状態の下で実施することが可能である。電力線へ接近した上部部材の補修は数少ないが、これらの修復は電線・碍子の補修工事に合わせて停電状態下で実施することが無難である。

以上の改修工事終了後には、必ずボルトの本締め検査を行い修復完了を確認する必要がある。

#### 9.2.2 架空地線・電力線の改修

PC-2の保守班は過去の経験から緊急補修計画に係わる作業には習熟していると推量されるが下記の点に十分留意することを提言した。

##### (1) 事前準備調査

詳細な改修工事計画作成のため事前に全線路に亘ってPC-2の送電線保守班(9班)は改修作業を効率よく実施するため事前に下記事項を再度調査する必要がある。

- 1) 現状の線路台帳記載事項と実状の整合性の確認
- 2) 素線切れを生じている径間、箇所および相数(補修スリーブの適用のため)
- 3) 不適性ジョイントを使用している径間、箇所および相数(直線ジョイントの適用のため)
- 4) 架空地線および電力線の全面的な張り替えの必要な径間の確認
- 5) 不足ダンパー数



## 6) 補修必要箇所へのアプローチの経路および改修所要時間

架空地線と電力線の張り替え工事は送電停止の状態を実施する故、綿密な工程管理を必要とする。送電停止はPC-2の発電計画に応じて決定されるが、可能な限り短時間とすべきであるが安全に留意し無理な工程の作成は避けるべきである。

電力線・架空地線の作業に際しては仮接地線は必ず取付け、雷誘電・充電電流による事故の未然防止に注意する必要があるとともに、作業終了後の仮接地線の撤去を確認する。

## (2) 架空地線の補修方法

素線切れを生じている箇所および既設線の取り替え必要箇所の補修は全て直線ジョイントを使用して実施することになる。作業手順は下記による。

- 1) 地線クランプを鉄塔から外し架空地線を地上に引き下ろす。外すクランプが耐張型の場合には、事前に鉄塔補強のため地線の張力に相当する仮支線を鉄塔上部に取り付ける。
- 2) 地線の補修箇所の前後にカムロングを装備し、現在の地線張力を保持するようにカムロングを地上のアンカーに固定する。
- 3) 素線切れの場合にはその部分を切断し直線ジョイントを挿入しコンプレッサーにて圧縮して補修する。
- 4) 部分的な地線の取り替えの場合には上記2)項の作業の後に取り替えられる地線の長さを測定する。事前調査にて弛度調整が必要と認められた区間に於いての作業では予め計算された調整用長さジョイントの圧縮伸びを勘案した長さに新しい地線を切断する。新しい地線の両端を直線ジョイントにて元の地線に接続する。
- 5) カムロングを外し地線を鉄塔に引き上げクランプに固定する。弛度調整が必要な場合には耐張鉄塔間のすべての懸垂クランプを一度釣車に移して弛度観測後再度クランプし直す。
- 6) 仮支線を使用した場合にはこれを撤去してこの区間の作業を終了する。

### (3) 電力線の補修方法

補修の手順は架空地線に対するものと同様であるが、電力線の素線切れ補修は、補修スリーブを使用して行う。従って、電線の切断は不要で、素線切れの部分にスリーブを上下から当てはめ圧縮するだけでよい。ただし、素線が同一箇所でも4本以上断線している場合には架空地線同様直線ジョイントを適用すべきである。

ジョイント・クランプ用油圧コンプレッサーには20～25m程度の遠方操作管が付属しているゆえ、リペア・スリーブの適用箇所が鉄塔から操作管の範囲内であればコンプレッサーを塔上にセットすることにより電力線を地上に下ろすことなく作業が可能である。径間中央付近の電線へのリペア・スリーブの圧縮取付作業は調達する予定の宙乗器または仮足場を用いて実施する。

電力線の張り替えおよび弛度調整も架空地線の作業手順に従うが電力線の張力は地線の張力に比し格段に大きいことから仮支線の強度・取付には十分に留意する必要がある。鉄塔設計に於いて想定断線は一本としている。従って仮支線を取り付けた状態でも安全を考慮し1相毎の作業が望ましい。

弛度観測には鉄塔部材に簡単に取り外し可能なテレスコープ付きの観測器とパーテックスを使用するが各想定電線温度・径間長の弛度張力表は等価径間毎に予め計算にて求めておく。

弛度調整後は、アーマーロッドの巻替えまたは取り替え、ダンパーの追加および位置調整、仮接地線および仮支線の撤去を行って電力線に対する作業を終了する。

#### 9.2.3 碍子連の改修

送電停止の状態での電力線の改修工事と同時に実施することになる。碍子連の改修には(1)碍子単体の改修と(2)電力線補修と関連して実施する改修がある。

## (1) 碍子単体・金具の改修

この場合には電力線を碍子連上に保持したままの状態での補修を行うことが能率的である。破損碍子は碍子交換器を用いて比較的容易に新品と交換が可能である。碍子連全体の交換または碍子連の端末金具の交換の場合にはチェーンブロックやレバーブロックを用いて電力線を鉄塔アームに吊懸した状態で行う。各碍子連の補修時には下記作業も同時に実施する。

- 1) 碍子および碍子金具の洗浄
- 2) 碍子連の各種ピンの有無および破損状態のチェックと必要に応じての交換
- 3) アーキングホーンの取付寸法のチェックと補正
- 4) 懸垂クランプのボルト締め付およびアーमारロッドの巻き付け状況のチェック
- 5) ジャンパ-の鉄塔への絶縁寸法のチェックと補正

定期点検時にも上記項目のチェックは必ず実施すべきである。

碍子汚損地区には漏洩距離の長い耐霧碍子を使用することになる。IEC (国際電気協会) の報告書 Publication 815 (1986 年判) による重汚損地域に適用する碍子連の漏洩距離は 25mm/kV を推奨している。これによれば、230 kV 送電線の重汚損地区で必要とされる碍子連の総漏洩距離は 5,759 mm である。ダニム-サイゴン送電線には 1 連あたり 14 ケの碍子を適用しているので 1 ケあたりの漏洩距離は 410 mm となる。これに相当する耐霧碍子をダニム-サイゴン 230 kV 送電線の汚損地域に適用する。

## (2) 電力線と関連した碍子連の改修

電力線の補修は碍子連から電力線を取り外して改修を行う場合が多い故、碍子連に対する作業は比較的自由に実施可能である。作業量により碍子連を電線とともに地上に下ろして作業しても、上記の方法により鉄塔上で作業してもよい。

仮に電力線関係の改修作業のみであっても、関連碍子連を上記 (1) の項目に従ってチェックし必要な場合には碍子連の修復を実施する。

### 9.3 緊急改修計画の基本設計

本節では改修計画に関連する基本設計条件に就いて各対象施設毎に述べる。

#### 9.3.1 鉄塔基礎周辺施設

鉄塔基礎周辺の土砂流失防止対策を添付図 9.1 に示した。土砂崩壊の程度と斜面傾度の度合により下記の対策の何れかの方法により対処することを提言する。

- 1) 芝張り工法
- 2) 簡易防護柵工法
- 3) 石積またはコンクリート防護壁工法

斜面傾度の比較的緩やかな場所では十分な盛り土を施した後に木製くさびで防護し芝を張り付け表面水による土砂の流失を防護する。急傾度の斜面が崩壊の危険に晒されている基礎周辺には簡易防護柵またはコンクリート防護壁を設置する。より流出土砂が見込まれる箇所には石積またはコンクリート防護壁を設置する。基礎周辺には充分な量の盛り土を行う。何れの場合にも盛り土周辺には水はけのための溝を掘り壁には水抜きのためのパイプを埋め込む。

これら対策は現地調達資材にて実施し得る故、PC-2 送電線保守班のみで施工可能である。

#### 9.3.2 鉄塔構造物改修

##### (1) 主要調達資材

原設計に使用した鋼材は JIS 規格の SS-41 と SS-50 の 2 種類である。荷重に応じた強度の鋼材を使用しているため補修に際しても原設計の材料を適用すべきである。

荷重・強度設計および実物大の鉄塔の荷重試験により決定した構造は添付図 9.2 に示してあ

る。

SS-41 と SS-50 の材料強度は以下の通りである。現在でも広く使用されているので日本からの調達には問題がない。日本以外の国からの調達の場合には下記強度以上の鋼材を規定することになる。

JIS G-3101 一般構造用圧延鋼材

| 種別 | 記号    | 厚さ t(mm)         | 降伏点応力度<br>(kg/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(kg/mm <sup>2</sup> ) |
|----|-------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 2種 | SS-41 | $t \leq 16$      | 25                              | 41                            |
|    |       | $16 < t \leq 40$ | 24                              | 41                            |
| 3種 | SS-50 | $t \leq 16$      | 29                              | 50                            |
|    |       | $16 < t \leq 40$ | 28                              | 50                            |

調達するボルト・ナット・ワッシャーを含む全ての鋼材には防錆のため湿式亜鉛メッキ処理を施す。亜鉛メッキは使用材料により下記の量とする。

ボルト・ナット : 350 g/m<sup>2</sup> 以上

ボルト・ナット以外の鋼材 : 550 g/m<sup>2</sup> 以上

等辺山形鋼素材の標準長さは種々あるが、海上・陸上輸送・現地搬入の便宜を考慮し等辺山形鋼は 6 m および 8 m、鋼板は 1.5 m x 3 m を標準とすることに PC-2 と合意した。

材料出荷前の工場検査は必ず実施するものとし、下記検査項目について購入仕様書に明記する。

- 1) 材料強度試験 : 引張強度および曲げ強度
- 2) メッキ試験 : 付着量試験および均一試験
- 3) 外観試験 : 抜き取りによる寸法検査およびメッキ外観検査 (特に白錆)
- 4) 機能試験 : 抜き取りによるボルト・ナットの挿入・回転試験

## (2) 改修工事用調達資材および材料加工

現地鋼材加工用の工具類は後述の項に他の工具類とともに記述する。ここでは、メッキ鋼材の加工後の防錆処置方法を述べる。調達資材は全て工場に於いて亜鉛メッキ処理を施すが現地に於いて鋼材の切断・削孔によりこのメッキが破損される。これら切断面・削孔面の防錆処理などに使用するための亜鉛を含む特殊塗料が開発されているので長期間の鋼材の性能維持のためこの種の塗料を用いる。

等辺山形鋼素材は現地採寸により PC-2 の工場に於いて切断される。ボルト用削孔は現地に於いてドリルを使用して行うが鋼材の規定圧縮強度を保持するためボルト孔ゲージは厳守しなければならない。山形鋼サイズ、使用ボルト寸法・本数により各々ゲージが異なる。このため基本的な各種ゲージの標準値を添付表 9.2 にまとめた。これら標準ゲージに従って削孔する必要がある。

### 9.3.3 架空地線・電線

#### (1) 架空地線および付属品

使用されている架空地線は一般的な亜鉛メッキ鋼撚線であり下記の仕様を有する。日本のみならず世界の市場で調達可能である。

- 1) 適用規格：JIS G-3537 “電路用亜鉛メッキ鋼撚線” または同等以上の規格
- 2) 鋼線材料強度種類：90 kg/mm<sup>2</sup>
- 3) 素線構成：4.0 mm 素線の 7 本撚
- 4) 撚線断面積および撚線外径：87.99 mm<sup>2</sup>, 12.0 mm
- 5) 鋼撚線引張強度：7,280 kg

1 ドラム当たりの条長は標準の 1,000 m、亜鉛メッキ量は 230 g/m<sup>2</sup> とする。出荷前の工場検査は、下記項目に就いて実施する。

- 素線・撚線の寸法・構成および外観試験
- 引張強度試験、伸びおよび捻回試験
- メッキ試験（メッキ付着量および均一試験）
- ドラム外観検査および重量検査

架空地線の付属品として直線ジョイント、クランプ類を調達する。

直線ジョイントは地線の材料と同様の鋼製であり原設計に使用した圧縮型とする。その強度は架空地線の引張強度の95%以上が必要である。

懸垂クランプにはクリップ型のクランプを使用している。耐張クランプはボルト締型であり、各々可鍛鋳鉄、あるいは架空地線と同じ鋼材製とする。耐張クランプを鉄塔頂部に取り付けるため耐張クランプには鋼材製のUクレビス、チェーン・リンク等の付属品を含む。鉄塔設計条件から、懸垂クランプは架空地線の最大使用張力の60%に相当する1,600 kg以下の荷重でスリップしない強度・構造が求められる。一方耐張クランプの強度は架空地線の最大引張荷重の90%以上とする。各クランプ装置の構成は添付図9.3に示す。

## (2) 電力線および付属品

ダニム発電所－サイゴン変電所間に使用されている電力線は鋼心アルミニウム撚線 (ACSR) 410mm<sup>2</sup>であり世界中で広く送電線に使用されているものである。既設電線の撚線構成はJISに準じて製造されているが特殊な電線ではないゆえ、世界各国から調達可能である。ACSR 410 mm<sup>2</sup>の特性は下記の通りである。

- |    |                |   |                                                                                      |
|----|----------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) | 適用規格           | : | JIS C-3110                                                                           |
| 2) | 撚線構成 (素線数/素線径) | : | アルミ 26/4.5mm, 鋼線 7/3.5mm                                                             |
| 3) | 計算断面積          | : | アルミ撚線 413.4 mm <sup>2</sup> , 鋼線 67.35 mm <sup>2</sup> ,<br>合計 480.8 mm <sup>2</sup> |
| 4) | 撚線外径           | : | アルミ 28.5 mm, 鋼線 10.5 mm                                                              |

- |     |              |   |                                                                                     |
|-----|--------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 5)  | 撚線重量         | : | アルミ 1,145 kg/km, 鋼線 527.9 kg/km,<br>合計 1,673 kg/km                                  |
| 6)  | 電気抵抗 (20 oC) | : | 0.0702 ohm/km                                                                       |
| 7)  | 最小引張荷重       | : | 13,890 kg                                                                           |
| 8)  | 弾性係数         | : | アルミ 6,300 kg/mm <sup>2</sup> , 鋼線 21,000 kg/mm <sup>2</sup>                         |
| 9)  | 線膨張係数        | : | アルミ $23 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , 鋼線 $1.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ |
| 10) | 最外層撚方向       | : | 右撚 (既設電線と同様)                                                                        |

1 ドラム当たりの条長は通常、輸送制限内で長い程工事上施工しやすいが、部分的な範囲の作業が多い改修工事の特殊性から考えて特に長い条長を必要とせず、むしろ電線ドラムの現場搬入の便宜を優先し 1,000 m とする。

電力線の出荷前の工場検査は、下記項目に就いて実施する。

- 1) アルミニウム素線
  - － 素線の寸法および外観試験
  - － 引張強度試験、伸びおよび捻回試験
  - － 電気抵抗測定試験
  
- 2) 鋼素線
  - － 素線・撚線の寸法・構成および外観試験
  - － 引張強度試験、伸びおよび捻回試験
  - － 亜鉛メッキ試験 (付着量および均一試験)
  
- 3) 完成鋼心アルミニウム撚線
  - － 撚線の寸法・構成および外観試験
  - － 引張強度試験
  - － 電気抵抗測定試験
  
- 4) ドラム外観検査および重量検査



電力線の付属品としては、補修スリーブ、直線ジョイント、懸垂クランプ、耐張クランプ、アーマーロッドと振動防止のダンパーを調達する。

補修スリーブは、アルミニウム素線が4本以下の断線箇所に適用するもので鋼心アルミニウム撚線全体を部分的に覆って圧縮するスリーブで材料はアルミニウムである。導伝率は電線用アルミニウムと同じとし、スリーブ長さはACSR 410 mm<sup>2</sup>用の標準品とする。5本以上の素線の断線箇所には直線スリーブを適用する。

直線ジョイントは鋼心用のスリーブと撚線全体用のスリーブからなり、鋼心用のスリーブは亜鉛メッキ鋼製とする。共に圧縮型であり両スリーブ間には防錆用のコンパウンドを挿入する。

懸垂クランプは電線を把持した状態で電線に不要なストレスを防止するために、クランプの動きに自由度を与えるトラニオン型とする。材質は電蝕防止と軽量化のためアルミニウム・アロイとし後述するアーマー・ロッドを巻き付けた電線サイズに適合する溝寸法とする。電力線用懸垂クランプは、鉄塔設計条件から電線の最大使用張力の60%に相当する3,120 kgの荷重にて電線をスリップさせるような保持力を有するものとする。

耐張クランプは鋼心の亜鉛メッキ鋼線を把持する鋼製のクランプ、撚線全体を把持するアルミニウム・スリーブ、ジャンパー線を把持するジャンパー・スリーブから構成される。3パーツとも圧縮型でありジャンパー・スリーブはクランプ本体にボルトで接続する構造とする。線路側の鋼製のクランプとアルミニウム・スリーブの間には直線ジョイントと同様防錆用コンパウンドを注入する。耐張クランプの強度は電線の最大引張力以上を規定する。

アーマー・ロッドは電線が懸垂クランプ上で風などによる繰り返し荷重による材料疲労に起因する素線切れを防止する目的で電線に巻き付けるアルミニウムのロッドである。既設アーマー・ロッドはテーバー型であるが作業の簡易化のため現在広く使用されているプレフォーム型を調達する。

ダンパーは前述したごとくストックブリッジ型ダンパーとし亜鉛メッキを施した 14 ポンド (6.3 kg) のものとする。検査に際してはコロナ発生の原因となる突起物の有無に十分注意する必要がある。

#### 9.3.4 碍子および碍子連装置

##### (1) 碍子

現在使用されている碍子は磁器製のもので碍子単体の電気・機械的性能は下記の通りであり、新しく調達する碍子も同様の性能とする。( ) 内の仕様は耐霧碍子に対する値である。

|                   |   |                                   |
|-------------------|---|-----------------------------------|
| 1) 寸法             | : | 254 mm x 146 mm (254 mm x 146 mm) |
| 2) 碍子型 (標準および耐霧型) | : | ボール・ソケット付キャップ・ピン型                 |
| 3) 商用周波注水耐電圧      | : | 50 Hz : 40 kV (41 kV)             |
| 4) 雷インパルス耐電圧      | : | 105 kV (120 kV)                   |
| 5) 50% 衝撃閃落電圧     | : | 125 kV (150 kV)                   |
| 6) 商用周波油中破壊電圧     | : | 140 kV (140 kV)                   |
| 7) 課電破壊荷重         | : | 16,500 kgf (12,000 kgf)           |
| 8) 表面漏洩距離         | : | 280 mm (430 mm)                   |
| 9) 最小使用引張試験荷重     | : | 5,600 kgf (4,800 kgf)             |

碍子を連結するための割りピンは、ステンレス・スチールとし IEC 規格に適合するサイズのものとする。

##### (2) 碍子連装置

調達する碍子連金具装置は現在使用中の装置と同じ電氣的・機械的性能を有することが必要である。

各種碍子連装置の性能は下記の通りであり、工場に於ける実証試験にて確認する。

|               | 一連懸垂装置    | 二連懸垂装置    | 一連耐張装置    | 二連耐張装置    |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 碍子個数          | 1 x 14    | 2 x 14    | 1 x 14    | 2 x 14    |
| 商用周波数耐電圧 (注水) | 480 kV    | 480 kV    | 480 kV    | 480 kV    |
| 50% 衝撃耐電圧     | 1,100 kV  | 1,100 kV  | 1,100 kV  | 1,100 kV  |
| 課電機械強度        | 10,000 kg | 10,000 kg | 10,000 kg | 10,000 kg |

使用中の碍子連装置の構成は添付図 9.4 にその詳細を示す。調達する碍子連装置の各構成部品は保守の便宜上同一のものが好ましいが、不可能の場合には、機械的強度は規定値以上とし且つ既存の部品との完全な互換性のあるものでなければならない。

#### 9.3.5 改修工事用・保守用工具類

9.1.2 (4) 項に記述したごとく保守用・補修用工具が極端に不足している。今回の改修工事のみならず送電線の保守のために相当量の工具類の調達が必要であり、PC-2 とともに詳細に打ち合わせた。各種工具の数量および仕様は添付表 9.1 にまとめてある。

### 9.4 緊急改修計画の施工計画

PC-2 では具体的な改修工程を現在作成していない。打ち合わせにおいて作成を求めても計画が提出されない。本節では現地調査期間に確認した PC-2 の編成可能な改修班数と現在の手持ち工具および新たに調達する工具数を基に調査団が改修工事の施工計画素案を立案し、PC-2 の具体的な計画作成に資した。

#### 9.4.1 施工班の構成

鉄塔補修は主脚材の取り替えを除き通電状態で実施可能である。従って、随時送電線保守班が施工する。

架空地線、電線、一部碍子の補修は停電状態での作業となる。現時点では系統保守のために年間

3-4日の停電が行われているだけである。この期間では全線の改修作業を終了することは不可能である。緊急改修作業のための停電時間を可能な限り短縮するために補修作業班を19班編成する。電力線補改修のための班数を16、架空地線改修のために3班、合計19班を編成する。各班の構成は電力線改修班が15-20名、架空地線改修班が10名である。

320名の内電工は220名でその他は一般労務者である。PC-2送電部の説明からすれば、19班320名の要員の短期間集結は容易である。これら作業班の他に停電作業実施前の資材運搬、段取り作業は別途行うことになる。作業の流れは図9.5に示した。PC-2はこの案に基づいて具体的な組織を検討する必要がある。

#### 9.4.2 計画実施技術

PC-2の作業員は既設230kV送電線の暫定補修をはじめ(257kmの送電線を6ヶ月で完了)、110kV、66kV送電線の建設、保守などに豊富な経験を有しているゆえ、本改修工事を期間内に完成させ得る。

ただし、短期間の停電工事であり詳細な工程作成、工事管理、新しい工具の適正使用の指導に専門家の派遣が必要である。

#### 9.4.3 施工工程

鉄塔の改修は資材到着を待って、鋼材の工場での加工後随時実施する。

電力線・架空地線・碍子の改修工事は上記した作業班の構成、技術指導を基に添付図9.5に施工工程計画案を作成した。必要停電期間は8-10日と予想される。改修工事の実施時期は資材の到着日如何によるが、停電可能時期に合わせて資材運搬、工事段取りを事前に完了しておく。

派遣専門家による工具の使用法、維持方法などの指導も事前に実施する。

PC-2はこの調査団の計画案を詳細に検討し、これまでの経験から必要であれば修正を加え具体

的な施工計画を作成することが望まれる。なお、PC-2は改修必要区間の詳細調査は速急に開始し資材の数量の確認を行わなければならない。

#### 9.5 維持・管理・運営計画

現在の保守体制(9班、各班17名)を維持すれば、改修後の送電線を十分に保守できる。

ただし、調査団の提言した具体的な調査項目を記載した保守マニュアルに従って送電線保守班の日常巡視を実施する。さらに、PC-2送電部には既設設備の図面が保管されているゆえ、これら図面一式を各班に与えることが必要がある。それにより巡視中の調査、調査結果の報告もより具体的になり、管理者が常に異常箇所の実態を把握し、具体的な対策を直ちに作成することが可能となる。

#### 9.6 その他の提言

緊急改修計画終了後は一応送電線設備として原設計に近い状態に復旧することになる。日常巡視、定期点検を規定通り実施することが必要である。また、保守に必要な資材の補給は随時行う必要がある。

PC-2は本送電線に対する具体的な長期的改修または増設計画を有していないが、調査団は下記計画を提言する。

##### (1) 追加 230 kV 送電線の建設

Ham Thuan, Da Mi 水力発電所新設(合計 470 MW)に伴って新送電線がホーチミン市に向けて建設されることになる。

両発電所はダニム発電所に近い。新送電線をダニム発電所まで延長して連系することによりこれら発電所からの電力輸送がより安定したものとなる。さらに相互の送電線の保守作業も

余裕をもって実施し得ることになり、系統運用上望ましい。この連系線の建設を提言する。

(2) 送電線の総点検

上記の連系が完成した後は停電時間も充分とり得るので、ダニムーサイゴン 230 kV 送電線設備の総合的な点検を実施し緊急改修にて実施し得なかった設備の改修を行う。すなわち、損傷が著しい区間の架空地線・電力線の抜本的な張り替え、碍子の洗浄、汚損地域の詳細調査および必要に応じての特殊碍子への変更、一部損傷の著しい鉄塔の立替、バオ・ロック変電所への引き込み・引き出し線の $\pi$  接続への変更などの対策を実施する。これによりダニムーサイゴン 送電線は完全に原設計の設備に復旧することになる。