

国際協力事業団

No. 2

セネガル共和国

セネガル電力公社

ダカール地区電力設備拡充計画調査

フィージビリティ・スタディ

最終報告書

要約版

JICA LIBRARY



J 1124233 (6)

平成7年10月

株式会社 EPDCインターナショナル

鉦調資

JR

95-168

セネガル共和国

ダカール地区電力設備拡充計画調査

フィージビリティ・スタディ

最終報告書

要約版

平成7年10月

国際協力事業団

鉦調資

JICA LIBRARY

国際協力事業団

セネガル共和国

セネガル電力公社

ダカール地区電力設備拡充計画調査

フイージビリティ・スタディ

最終報告書

要約版

平成7年10月

株式会社 EPDCインターナショナル



1124233(6)

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

CARTE AU 1:50 000

DAKAR

NO 28 XIII (Ouest)



1:50 000

Carte au 1:50 000
Échelle 1:50 000
N° 28 XIII (Ouest)

Échelle 1:50 000

Établi par
L'INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL - FRANCE
136 rue de Grenelle 75 006 Paris

en collaboration avec le
SERVICE GÉOGRAPHIQUE NATIONAL DU SÉNÉGAL
B.P. 740 Dakar

Financé par le
FONDIS D'ACCÈS ET DE COOPÉRATION DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
N° 1744 - 1981

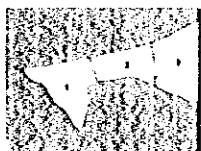
DAKAR

THIÈS
RUFISQUE

GUÉDIAWAYE, MALIKA

Mbaka, Koussoul

Cap Vert



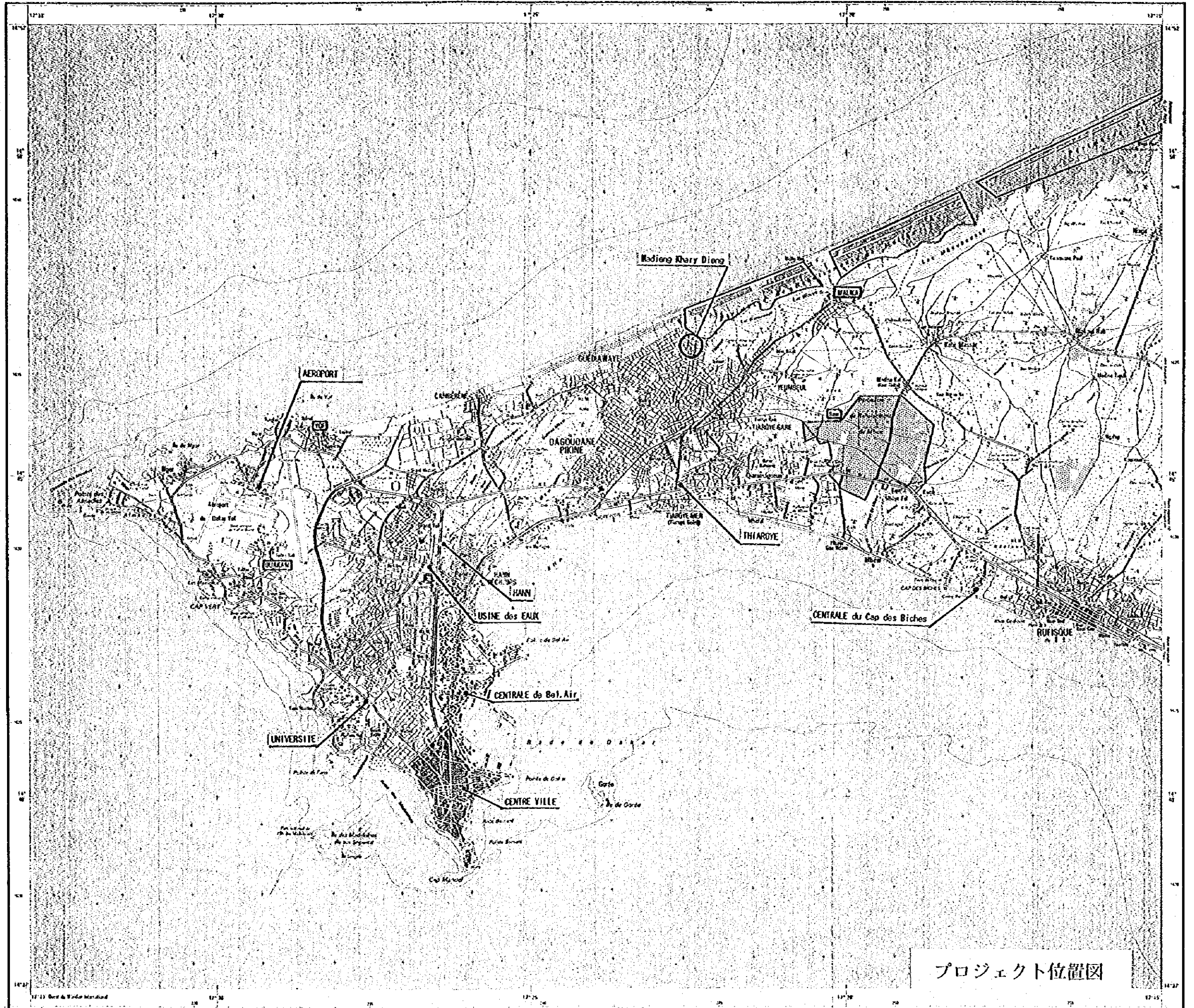
Région de Dakar

Projet de loi n° 100

1. Construction de la Zone Industrielle

2. Construction de la Zone Industrielle

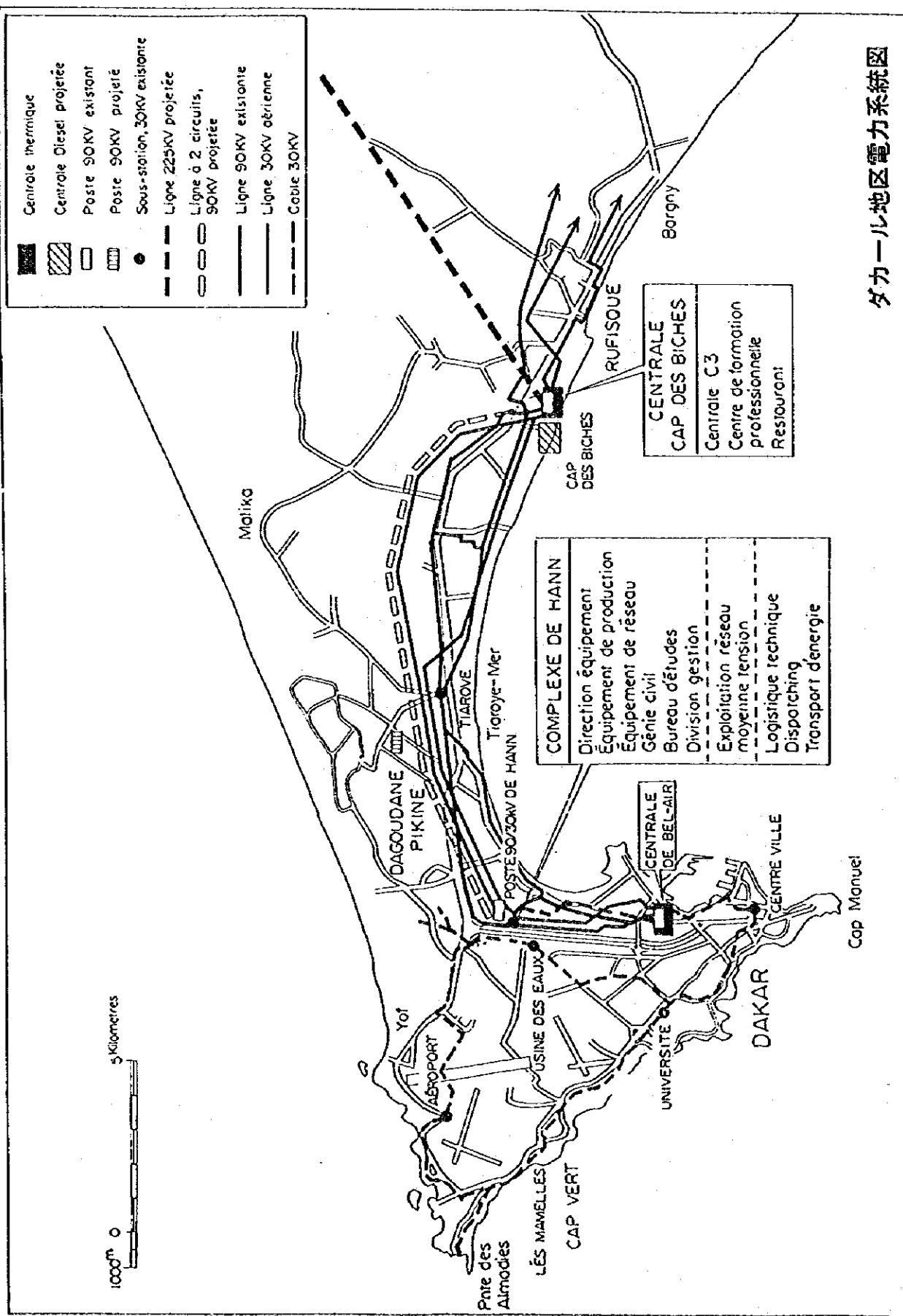
3. Construction de la Zone Industrielle

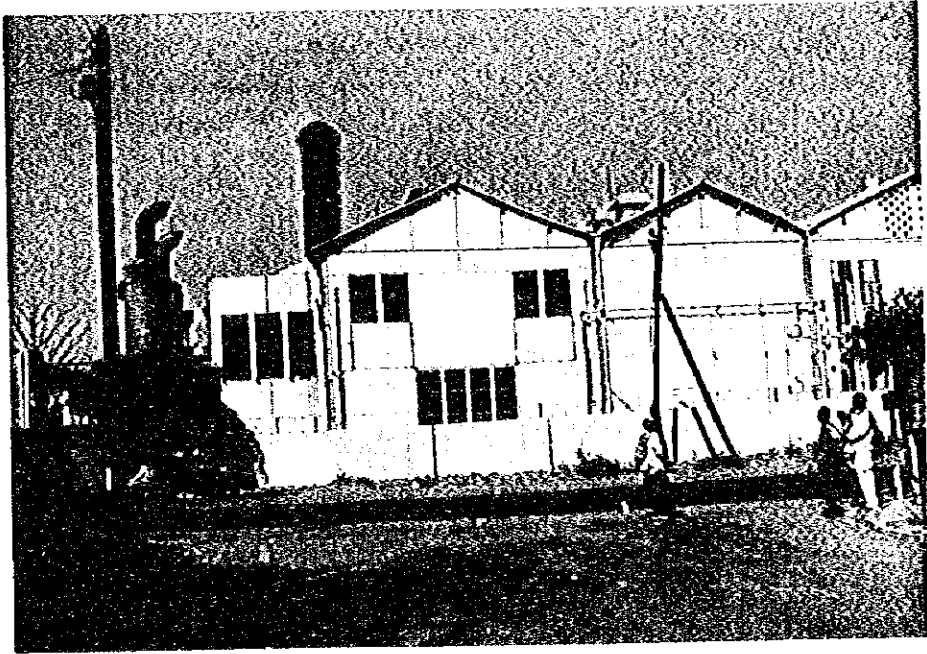


プロジェクト位置図

Échelle 1:50 000

ダカール地区電力系統図





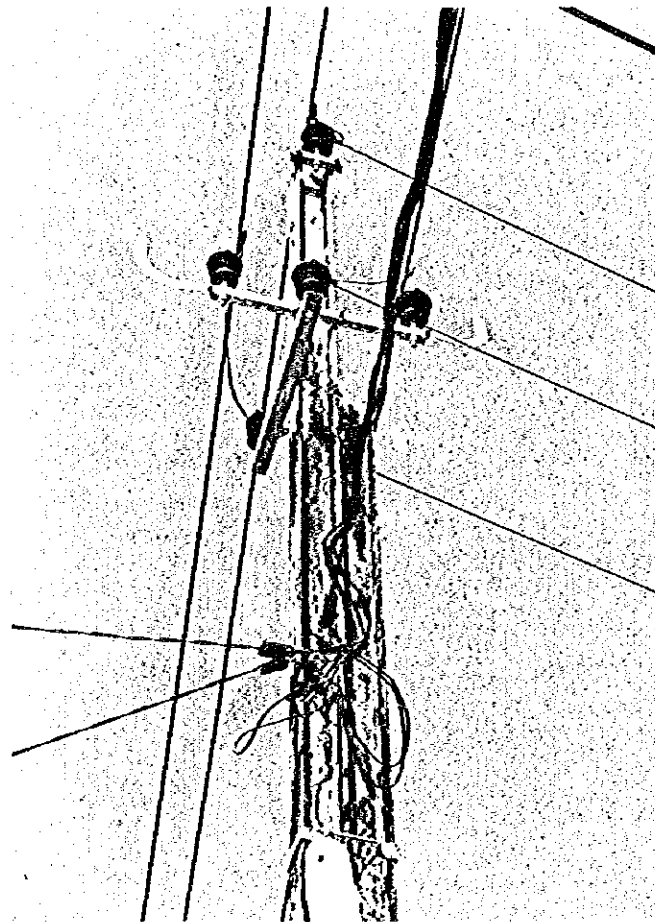
Bel-Air C-1 発電所



Cap des Biches 発電所構内



配電網計画地域
(Madieng Khary Dieng)



6.6 kV 配電線 (Camp Penal)

目 次
最終報告書 要約版

第1章 結論と勧告	1
第2章 計画の背景	3
2.1 全国の電力事情	3
2.2 ダカール地区の電力事情	3
2.3 計画の必要性	6
第3章 電力設備拡充計画	7
3.1 拡充計画	7
3.2 工事費および工事工程	9
第4章 財務・経済評価	12

第 1 章 結論と勧告

結論：

本調査団はダカール地区電力設備拡充計画の為、1994年8月、1994年11月、1995年1月の3回に亘り現地調査を行い、SENELEC 関係者と打合せを行った。

第1回現地調査時に取得した SENELEC の長期電源開発マスタープランおよび配電網整備拡充計画マスタープランをレビューし、緊急を要する電力設備拡充計画を策定したものをインテリムレポートにまとめ、1995年1月、SENELEC と打合せを行い、その理解を得て更にフィージビリティスタディのための現地調査を行った。

予備設計、実施工程の作成、工事費の積算、経済・財務分析等の国内作業により得られた電力設備拡充計画の結論は以下の通りである。

下記ダカール地区の電力設備拡充計画は、技術的、経済的に妥当であって実行可能である。

- (1) ダカール地区連系系統の電力不足を軽減し、既設設備の保守・点検を可能にするため、Bel-Air 発電所に 5000kW 2 台のディーゼル発電機を増設し、30kV 母線に接続する。
- (2) ダカール地区配電網の問題点である過負荷、フィーダ損失、ボトルネック、信頼度確保等のため、緊急を要するものとして以下のことを実施する。
 - 1) しゃ断器の取替え
 - 2) 中圧配電線路の改善
 - 3) 低圧配電網の拡張
 - 4) 低圧配電網のリハビリ

勧告：

現在のダカール市に於いて、停電が頻発している最大の原因は、資金不足のため著しい需要の伸びに対応する設備の増強が充分に行われないための電力不足にあり、更にこの様な状況下で、既設

発電設備を限度を越えて使わざるを得ないため、結果的に供給能力を低下させていることが事態を悪化させている。

今回の増設は、これらの要因と増大する需要を予想した上、少しでも停電を減らせるよう考慮し、最もふさわしいものとして計画されたものである。全力をあげてその資金を獲得し実行に移すことを勧告する。

今回の発電設備増設が行われれば、ダカール市の電力設備の供給能力にある程度の余裕を持つことが可能となるので、これを利用して計画的に既設設備の修理作業をする事により、一刻も早く主力設備の正常運転化を図り、十分な出力が安定して得られ、その運用を計画通りにできるようにすることが重要である。

更に既設設備のうち老朽化の激しい設備については、徹底したリハビリを実施するか、既に耐用年数を充分越しているものについては予定通り撤去更新を図る等により供給の信頼度を確保したい。

Bel-Air の設備については特に老朽化が著しいものがあるが、市街地の電力供給地点として、供給信頼度確保、系統電圧調整の点からも将来共に重要な場所であるので、充分配慮して維持すべきである。

配電網拡充計画は、本来継続的に実施されるべきものであるが、長期間投資が行われなかったため、かなり状況が悪化している。一日も早く資金を得て工事を実施に移して配電網を整備し、電力損失を減らして、需要家に安定した電力を送りより安全な設備により、感電、漏電等の危険を防止し、一刻も早くより多くの人に電力の恩恵を与えられるよう努力すべきである。

第 2 章 計画の背景

2.1 全国の電力事情

セネガル国の電力は、同国の電力公社である SENELEC が発電から配電まで一貫した管理、運営を行っている。

SENELEC は重油燃焼ボイラー、ガスタービン、ディーゼルによって発電した電力を 225kV（現在は90kVで運用）90kV および 30kV の送電線で連系し、需要家に供給している。

主要な発電所はダカール市内に設置された Bel-Air 発電所（設備出力は 61,200kW）およびダカール市郊外の Cap des Biches 発電所（設備出力 185,000kW）の両発電所で個別系統を含めた全国発電設備は合計 255,200kW となっている。

設備の詳細については次頁に示す。

両発電所はダカール地域を中心とした連系系統に電力を供給しており、連系系統での電力消費量は Senegal 国全体の 63%、最大発電電力の 97% を占めている。

また、SENELEC は遠く離れた地区にディーゼル発電所を設置し、個別系統で電力を供給しているが、個別系統のうち Saint-Louis 系統、Kaolack 系統がそれぞれ1995年、1997年連系系統に連系される予定になっている。

2.2 ダカール地区の電力事情

ダカール地区を中心とする連系系統では増加する需要に対し建設資金不足のため新規発電設備の建設が遅れ、現在では電力の供給制限が停電という形で日常的に行われている。

発電設備は老朽化したものが多く、予備力が充分にないことから、設備の定期点検、補修工事が充分に実施されていない。その結果、発電容量の低下、機器の劣化が進行して電力の安定供給に支障をきたしている。

一方、配電設備は都市部の需要増に対する増強工事、リハビリ等が適切に実施されていないため、設備の老朽化が著しく配電網の各所に配電容量の不整合によるボトルネック、過大な電圧降下等が発生し、電力の安定供給が阻害されている。

以下に、ダカール地域の発電、送電、変電および配電設備についての概要を示す。

(1) 発電設備

1995年7月現在に於ける主要系統の発電設備の内訳は、以下に示す通りである。

Bel-Air 発電所：

発電機番号	種別	定格電力(kW)	可能電力(kW)	運転開始年
G101	スチーム	12,800	5,000	1953
G102	スチーム	12,800	9,000	1955
G103	スチーム	12,800	11,000	1959
G104	スチーム	12,800	5,000	1961
G105	ディーゼル	5,000	5,000	1991 (日本政府無償援助)
G106	ディーゼル	5,000	5,000	1991 (")
	小計	61,200	40,000	

Cap des Biches 発電所：

発電機番号	種別	定格電力(kW)	可能電力(kW)	運転開始年
G301	スチーム	27,500	27,500	1966
G302	スチーム	30,000	20,000	1975
G303	スチーム	30,000	15,000	1978
TAG1	ガスタービン	16,500	15,000	1972
TAG2	ガスタービン	21,500	19,000	1984
TAG3	ガスタービン	20,000	20,000	1995
G401	ディーゼル	20,000	20,000	1990
G402	ディーゼル	20,000	20,000	1990
	小計	185,500	156,500	
	主要系統合計	246,700	196,500	

(2) 送電設備

ダカール地区における 90kV 送電線は以下のとおりである。

a. Cap des Biches ~ Hann (3回線、18km)

b. Hann ~ Bel-Air (3回線、5km 1回線は現在運用されていない。)

(3) 変電設備

ダカール地区における変電設備は以下のとおりである。

1) 系統変電所

a. Bel-Air

(90kV/6.6kV) : 10 MVA × 2

(30kV/6.6kV) : 7.975 MVA × 2

(6.6kV/6.6kV) : 20 MVA × 2

b. Hann

(90kV/30kV) : 80 MVA × 1, 40 MVA × 2

c. Cap des Biches

(90kV/30kV) : 33 MVA × 2

2) 配電用変電所 (30kV/6.6kV)

a. Usine des Baux : 15 MVA × 2

b. Aeroport Yoff : 7.975 MVA × 2

c. Centre Ville : 15 MVA × 2

d. Universite : 15 MVA × 2

e. Thiaroye : 7.975 MVA × 2

(4) 配電設備

ダカール地区における1994年12月現在における配電設備は以下のとおりである。

1) 中圧配電線

a. 30kV : 地中線 …… 142 km

架空線 …… 149 km

b. 6.6kV : 地中線 …… 130 km

架空線 …… 125 km

2) 配電用 Poste

a. 30kV/低圧 : 298

b. 6.6kV/低圧 : 830

2.3 計画の必要性

(1) 発電設備

資金不足による電源開発計画の遅れ、設備の老朽化、定期点検、補修工事が十分に実施されなかったため、スチームタービンの出力が極端に低下している。そのため、増加する需要に対応することが出来ず日常的に供給制限が行われ、電力の安定供給に支障を来している。これらの問題を解決するためには、発電設備の増強が必要となり、それにより生まれる余裕を用いて既設設備の補修を行い、設備全体の回復を計る必要がある。

(2) 配電設備

ダカール地区における SBNLEEC の既設配電網においては、都市部における負荷の急増に対処するための増強・拡張およびリハビリ等の工事が適切に実施されていない。そのため配電網の各所においてボトルネックあるいは過大な電圧降下等が発生し、需要家への良質な電力の安定供給が阻害されている。

配電網の拡充は、本来負荷の増加に従って実施すべきものであるが、資金不足、資材不足等によって今まで十分に実施されていないのが現状である。

また、配電設備のなかには、建設後30年以上経過したものもあり、設備の老朽化がすすんでおり、さらに塩害によってその進行が加速されている。

同時に、セネガル政府およびダカール市当局は、ダカール市中心部の住居の過密化解消対策および地方よりのダカール市への流入人口の住宅対策として、ダカール市郊外に住宅団地の整備を進めているが、これらの住宅団地への電力供給も充分には実施されていない。

以上のことより、新規需要家が電化生活の恩恵を受けられるように配電網を拡充し、さらに老朽化した設備に関しては供給信頼性の向上および住民の安全性の問題より、配電設備の拡張およびリハビリ等の工事を早急に実施する必要がある。

第3章 電力設備拡充計画

3.1 拡充計画

本計画は SENELEC の長期電源開発マスタープランおよび配電網整備拡充計画マスタープランをレビューし、緊急を要する電力設備拡充計画を策定したものである。

電力設備拡充計画の概要は以下のとおりである。

1) 発電設備

ディーゼル発電設備増設

発電設備容量	: 5,000 kW×2
接続母線	: 30 kV 母線
昇圧変圧器	: 6.6/30 kV、7,500 kVA×2
連系ケーブル	: 30 kV 電力ケーブル、約 200 (m)
設置場所	: Bel-Air 発電所構内

発電設備の関連図面を以下に示す。

Fig. 3.1-1 Bel-Air P/S構内一般図

Fig. 3.1-2 Bel-Air P/S C-1機器配置図

Fig. 3.1-3 Bel-Air P/S単線結線図

2) 配電設備

a. しゃ断器の取り替え

	7.2 kVしゃ断器	36 kVしゃ断器
- Centre Ville	5	2
- Universite	5	2
- Aeroport Yoff	3	2
- Thiaroye	2	—
計	15(台)	6(台)

b. 中圧配電線の改善

(6.6kV 架空線の 30kV への昇圧・地中化)

- Dispensaire	: 2.15(km)
- Dag. Pikine	: 0.8 (km)
- Fann	: 0.35(km)
- Rte de Rufisque	: 12.1 (km)
- Dag. Pikine	: 1.7 (km)
- Batterie Yoff	: 2.0 (km)
- Labo Pecherie	: 2.9 (km)
- Yeubeul	: 1.05(km)

計 23.05(km)

c. 低圧配電網の拡張

- Madieng Khary Dieng	: 40 (ha)
- Route de Boune	: 50 (ha)
- Route de Marine	: 40 (ha)
- Route de Malika	: 40 (ha)
- Malika	: 50 (ha)

計 220 (ha)

d. 低圧配電網のリハビリ

	幹線 (km)	分岐線 (km)
- Rue 10	: 0.45	0.6
- Bl Mansour	: 0.85	1.0
- Rue 10 × 11	: 0.45	0.7
- Rue 10 × Bene	: 0.5	0.7
- CanalIV	: 0.45	0.7
- AmiteII	: 0.6	0.8
- Yoff Layenes	: 1.4	3.0
- Yoff Centre	: 0.7	2.0

- Yoff Village	:	1.0	2.4
- N' Gor	:	1.1	2.3
- Ouakam Boulga	:	1.0	1.7
- Ouakam Taglou	:	0.7	0.6
- Ouakam Bcole	:	0.8	0.6
合計		10.0(km)	17.1(km)

3.2 工事費および工事工程

3.2.1 工事費

電力設備拡充計画における総工事費は以下のとおりである。

	外貨相当分 (百万円)	内貨相当分 (百万円)	合計 (百万円)
1) 発電設備	1,675.0	91.9	1,766.9
(予備費を含む)	1,926.3	105.7	2,032.0
2) 配電設備	681.3	104.7	786.0
(予備費を含む)	783.4	120.4	903.8
(配電設備の内訳)			
a. しゃ断器の取り替え	28.6	2.4	31.0
b. 中圧配電線の改善	300.4	47.8	348.2
c. 低圧配電網の拡張	278.9	41.5	320.4
d. 低圧配電網のやり	73.4	13.0	86.4

(注)

(1) セネガル担当分工事の内訳

1) 発電設備

- C-1 建屋内 純水タンク 30(t)×3 の撤去工事
- 屋外純水タンク 40(t)×2 の撤去工事
- C-1 建屋内配管・熱交換器の撤去工事
- 純水タンクの新設工事

2) 配電設備

a. しゃ断器の取り替え

- 既設設備の撤去
- 設置場所の改造
- 機器据付

b. 中圧配電線の改善

- 既設架空配電線の撤去
- 配電用Poste の新設および改造
- 配電用Poste 内機器据付
- 地中ケーブルの埋設

c. 低圧配電網の拡張

- 既設配電用Poste の改造
- 配電用Poste の新設
- 地中ケーブルの埋設
- 建柱および架線工事
- 需要家への接続

d. 低圧配電網のリハビリ

- 既設設備の撤去
- 建柱および架線工事
- 需要家への接続

(2) 価格は1995年2月現在の価格であり、交換比率は以下のとおりである。

- 1 US \$ = ¥99.85

- 1 US\$ = FCFA 528

- 1 FF = ¥19.10

(3) 工事費

1) 発電設備

工事費には、資機材費、輸送費、据付け費、一般管理費およびコンサルタント費を含んでいる。なお、工事はフルターンキー方式とする。

2) 配電設備

工事費には、資機材費、輸送費、一般管理費およびコンサルタント費を含んでおり、資材供与を想定する。建設・据え付け工事はすべて SBNBLEC において実施する。

3.2.2 工事工程

1) 発電設備

発電設備の工事工程表を Fig. 3.2-1 に示す。

2) 配電設備

配電設備の工事工程表を Fig. 3.2-2 に示す。

これらの工事工程表は、納入業者との契約後からの工程を示す。

第4章 財務・経済評価

財務・経済の2つの視点から本プロジェクトの実行可能性を、主として FIRR と BIRR を算定し、それらの値と仮定された割引率である 12% とを比較することによって検討した。本プロジェクトの FIRR は 14.2%、そして BIRR は 15.5% と算定された。これらの数値は本プロジェクトが根本的に健全なものであることを示している。(本プロジェクトの FIRR の分析においては、本来的な実行性が歪められることを避けるため、ファイナンス費用を考慮していない。)

上述の FIRR と BIRR に対して感度分析を行った。BIRR は初期投資費用が予測よりも 10% 高く、しかも総便益が予測よりも 10% 低いという、仮定した中では最悪のシナリオにおいてのみカットオフレート 12% を下回った。FIRR は BIRR と比較してより敏感であると言える。FIRR は初期投資費用は変化しないものの、収入が予測よりも 10% 近いというもう一つのシナリオにおいても、12% のレベルを下回った。

総投資額に対する自己資本比率 30%、ローン利率 12%、返済期間10年といった資金調達シナリオにおける投資自己資本に対する FIRR は 14.6% と計算される。(利率 12% は SBNELEC が商業銀行からローンを得る場合、通常適用される率である。)この FIRR は満足できる高さである。一方、債務償還比率はローン返済初年度において 1.03、10年度においてさえ 1.08 ときわめて低く、通常 1.5 以上を期待する貸出側にとっては決して満足できる高さではない。ローンの返済期間を20年と延ばした場合においても、この比率に大きな改善は期待されない。自己資本の比率を 50% に引き上げた場合、債務償還比率はローン返済初年度において 1.45 と上昇する。しかしながら、現在の SBNELEC の財務状況を考慮した場合、自己資本の比率が 50% というファイナンスのシナリオは、現実的ではなく、可能性は低い。利率を仮に 3% とした場合、投資自己資本に対する IRR 25%、そして債務償還比率は返済初年度において 1.69 と満足できるレベルとなる。ファイナンス費用等を考慮しないプロジェクト本来の FIRR は十分高いものの、極めて低い利率のローンが調達できる場合においてのみ、本プロジェクトは財務的に実行可能であると言える。

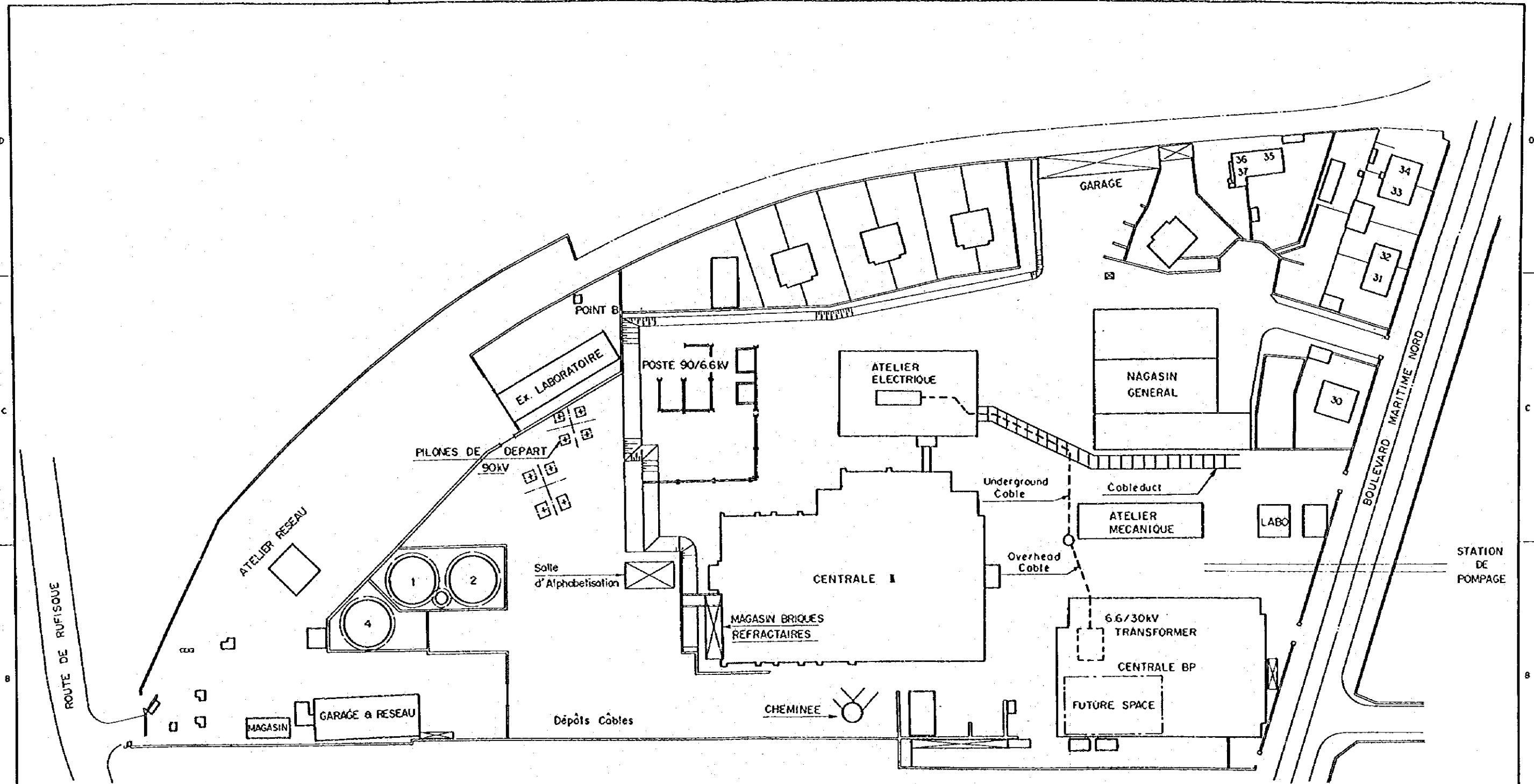


Fig. 3.1-1 Bel-Air P/S 構内一般図

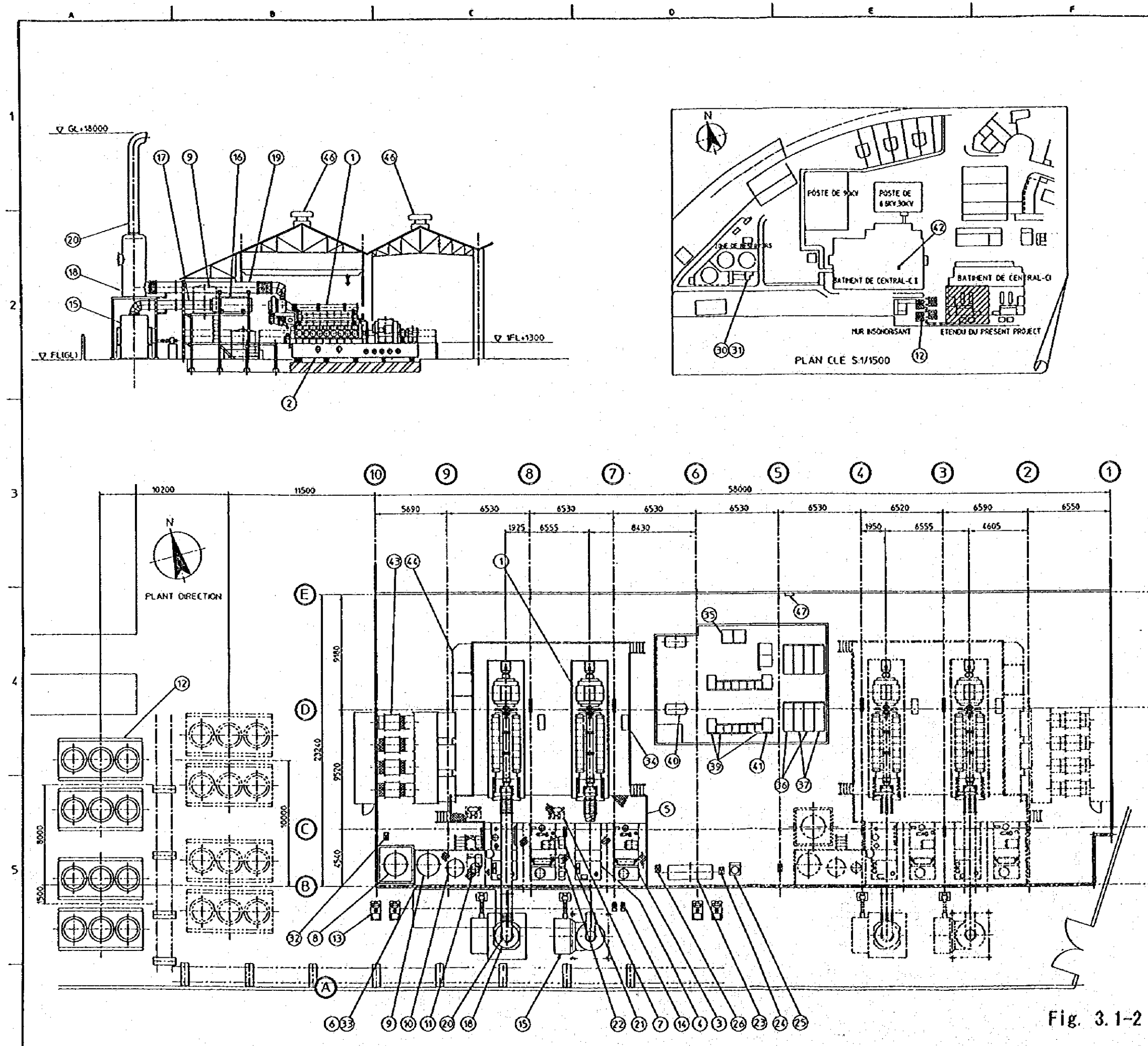
Ground Plan of Bel-Air Power Complex (C-I and C-II)

EPOC International Ltd
TOKYO JAPAN

DR: SUBMITTED:
TR: RECOMMENDED:
CC: APPROVED:

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
REVISION			

DATE



47	TABEAU DE DISTRIBUTION D'ÉCLAIRAGE	1-1	
46	VENTILATEUR DE TOIT	8-8	FOURNITURE
44	CONDUITES DE VENTILATION	1-1	
43	COMPRESSOR DES SOUFFLANTES DE VENTILATION	4-4	
42	TABEAU DE SURVEILLANCE A DISTANCE	1	
41	TABEAU D'ALIMENTATION CC	1-1	
40	TRANSFORMATEUR AUXILIAIRE	1-1	
39	TABEAU DE COMMANDE DES MACHINES AUXILIAIRES	1-1	
38			
37	TABEAU DE CRÉDIT DE L'EXCITATEUR	2-2	
36	TABEAU DE CONTRÔLE D'ALTERNATEUR	2-2	
35	TABEAU DE COMMANDE D'ALTERNATEUR	2-2	
34	TABEAU D'INSTRUMENTS DE MOTEUR DIESEL	2-2	
33	SUPPORT DE RÉSERVOIR	1-1	
32	POMPE DE TRANSFERT D'HUILE	1-1	
31	POMPE DE TRANSFERT DE CARBURANT DIESEL	2	
30	POMPE DE TRANSFERT DE MAZOUT	2	
29			
28			
27			
26	POMPE DE TRANSFERT D'HUILE USÉE	1	
25	SEPARATEUR D'EAU HUILEUSE	1	
24	POMPE DE TRANSFERT D'EAU HUILEUSE	1	
23	RÉSERVOIR DE SÉPARATION DE BOUE	1	
22	UNITÉ DE RÉSERVOIR DE BOUE	2-2	
21	UNITÉ DE RÉSERVOIR DE VOIAGE DE GAS OIL	2-2	
20	CHEMINÉE	2-2	
19	GAINÉ D'ÉCHAPPEMENT	2-2	
18	SILENCIEUX D'ÉCHAPPEMENT	2-2	
17	GAINÉ D'ASPIRATION	2-2	
16	SILENCIEUX D'ASPIRATION	2-2	
15	FILTRE D'ADMISSION D'AIR	2-2	Type à inertie et à bain d'huile
14	POMPE D'ALIMENTATION D'EAU	2	
13	POMPE D'EAU DE REFRIGÉRATION SECONDAIRE	2-2	
12	RADIATEUR D'EAU DE REFRIGÉRATION	2-2	
11	RÉSERVOIR D'EXPANSION D'EAU DE REFRIGÉRATION DE CHASSE	1-1	500 l
10	RÉSERVOIR DE SERVICE DE CARBURANT DIESEL	1-1	2500 l
9	RÉSERVOIR DE SERVICE DE MAZOUT	1-1	5000 l
8	RÉSERVOIR TAMPON DE MAZOUT	1-1	5000 l
7	UNITÉ DE SURALIMENTATION GRAISSAGE	2-2	
6	SKID D'ÉQUIPEMENT AUXILIAIRE (1)	2-2	Tuyauterie
5	SKID D'ÉQUIPEMENT AUXILIAIRE (3)	1-1	Épurateur de mazout
4	SKID D'ÉQUIPEMENT AUXILIAIRE (2)	2-2	Unité d'alimentation de gas oil, épurateur d'huile de graissage
3	SKID D'ÉQUIPEMENT AUXILIAIRE (4)	2-2	Unité d'huile de graissage, unité d'eau de refroidissement, unité de compresseur
2	SOCLE COMMUN	2-2	Et réservoir collecteur
1	MOTEUR DIESEL ET ALTERNATEUR	2-2	
No.	DESIGNATION	Q'TÉ	REMARQUES

Fig. 3.1-2 Bel-Air P/S C-1 機器配置図

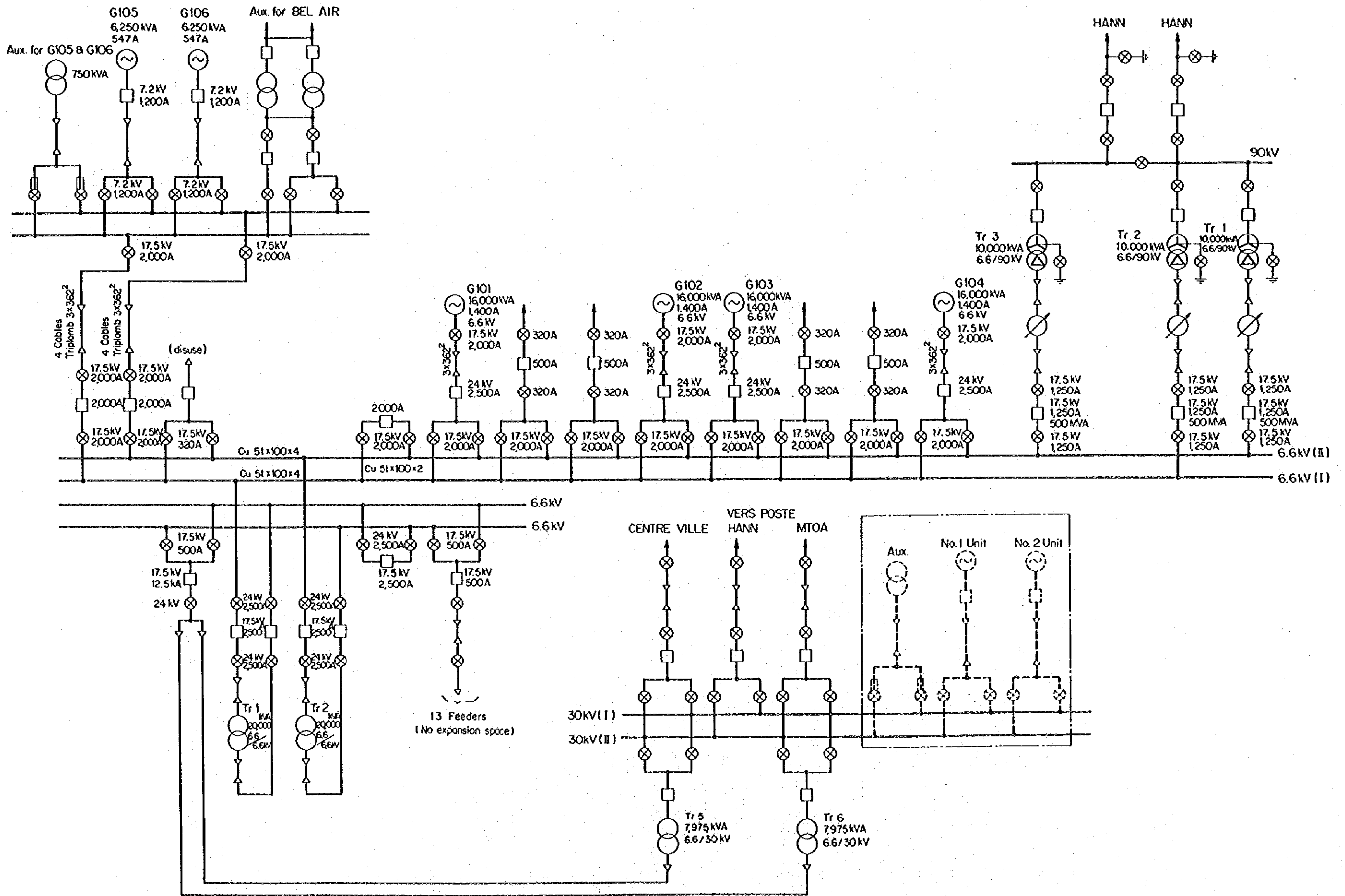


Fig. 3.1-3 Bel-Air P/S 单線結線圖

Fig. 3.2-2 Schedule for Distribution Lines

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1. Design and manufacturing																			
2. Ocean and inland transportation																			
3. Construction & installation work																			
a. Replacement of Circuit Breaker																			
b. Improvement of Med Voltage D/L																			
c. Expansion of Low Voltage D/L																			
d. Rehabilitation of Low Voltage D/L																			

JICA



LIB