

国際協力事業団

セネガル共和国

セネガル電力公社

No. 2/77

# ダカール地区電力設備拡充計画調査

## ファイナンスビリティ・スタディ

### 最終報告書

平成7年10月

JICA LIBRARY



J 1124216 (1)

株式会社EPDCインターナショナル

鉦蘭資

JR

95-165







国際協力事業団

ネガル共和国

ネガル電力公社

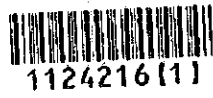
## ダカール地区電力設備拡充計画調査

フィージビリティ・スタディ

最終報告書

平成7年10月

株式会社 EPDCインターナショナル



1124216(1)

## 序 文

日本国政府は、セネガル共和国の要請に基づき、同国のダカール地区電力設備拡充計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成6年8月から平成7年7月までの間、4回にわたり、株式会社EPDCインターナショナルの北澤 仁氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、セネガル共和国政府及びセネガル電力公社の関係者と協議を行うとともに、対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査に御協力と御支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成7年10月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎





平成7年10月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

## 伝 達 状

セネガル共和国ダカール地区電力設備拡充計画調査の最終報告書を提出いたしますので、宜しく御査収ねがいます。

本調査は、セネガル共和国の首都であるダカール市及びその近辺において、急増する電力需要に供給が追いつかず、著しい電力不足となり、負荷制限のための停電が頻発し、加えて老朽化した配電設備が電力供給上のボトルネックとなっている状況の解決策を見いだすため、SENELECの電力供給整備拡充計画マスタープランをレビューし、3回に亘る現地調査に基づき緊急を要する短期電力設備拡充計画を策定し、プロジェクトの妥当性を検討したものであります。

本報告書は、要約と主文合計2分冊から構成されておまして、ダカール市の電力供給設備の問題点を検討し、緊急に実施すべき設備拡張計画についての予備設計、工事費積算に基づきプロジェクトのフィジビリティを確認したものであります。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間にわたり、多大な御支援と御助言を賜った貴事業団、貴セネガル事務所、駐セネガル日本大使館、並びにセネガル政府関係機関及びSENELECの関係各位に対し、心から感謝の意を表するのであります。

本調査の結果がセネガルの今後の発展のため些かでも貢献できることを切に願う次第であります。

セネガル共和国  
ダカール地区電力設備拡充計画調査団  
団長 北 澤 仁

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

CARTE AU 1:50 000

# DAKAR

NO. 28. XIN (Ouest)



Échelle 1:50 000  
 Institut Géographique National - France  
 136 Bd. de Diderot 75100 Paris

Échelle 1:50 000 avec le  
 Service Géographique National du Sénégal  
 R.P. 140 Dakar

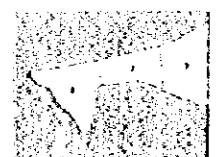
Échelle 1:50 000  
 Institut Géographique National - France  
 136 Bd. de Diderot 75100 Paris

Échelle 1:50 000  
 Institut Géographique National - France  
 136 Bd. de Diderot 75100 Paris

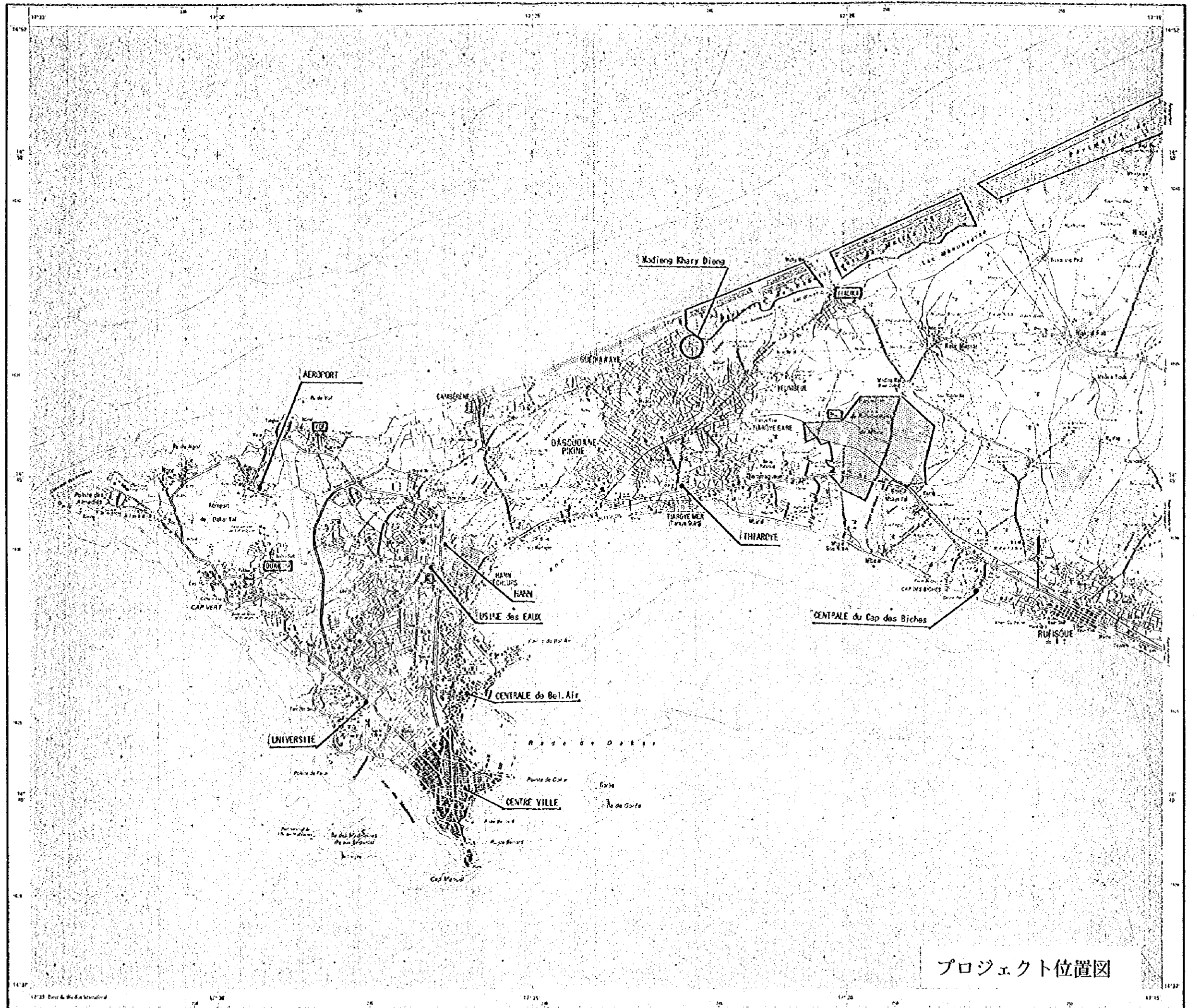
Échelle 1:50 000 avec le  
 Service Géographique National du Sénégal  
 R.P. 140 Dakar

Échelle 1:50 000  
 Institut Géographique National - France  
 136 Bd. de Diderot 75100 Paris

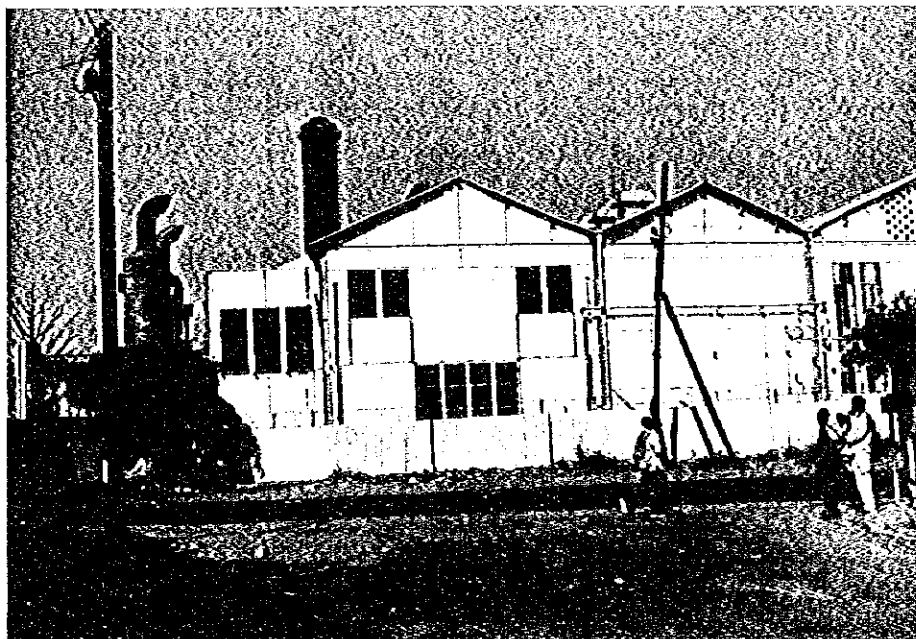
**DAKAR**  
 THIES  
 RUFISQUE  
 GUÉDIAWAYE, MALIKA  
 M'BAYE, KASSA



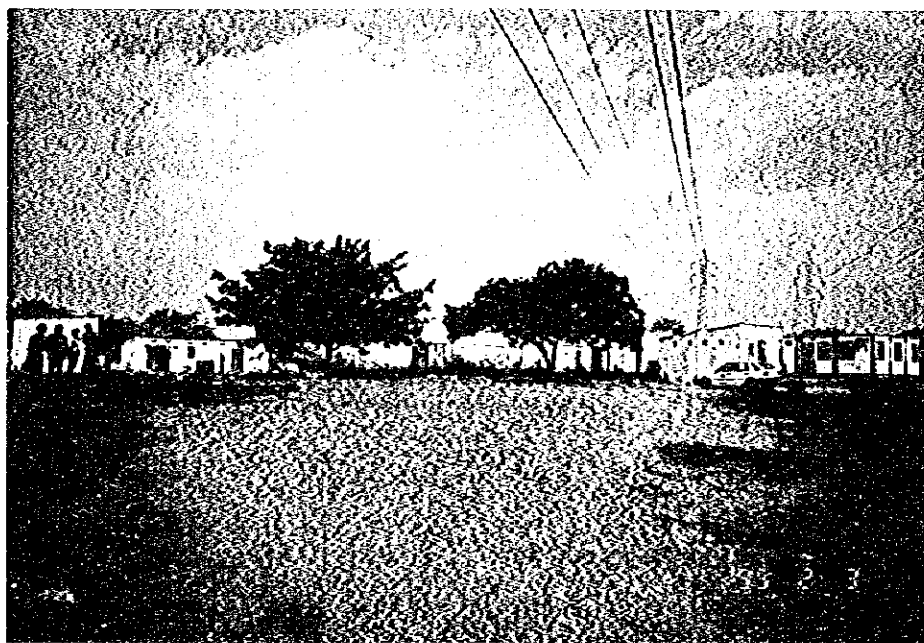
Échelle 1:50 000  
 Institut Géographique National - France  
 136 Bd. de Diderot 75100 Paris



プロジェクト位置図



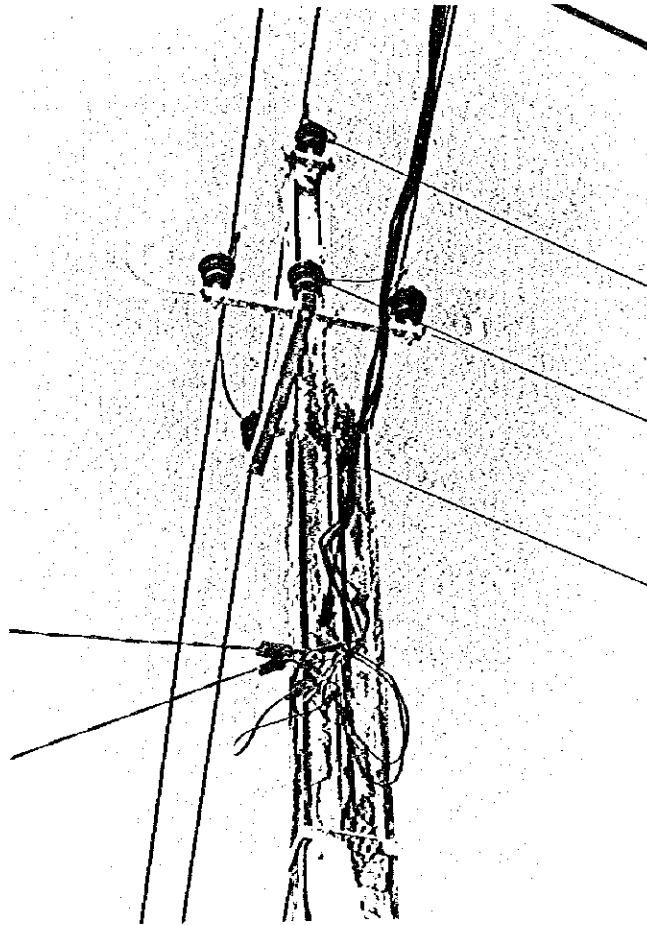
Bel-Air C-1 発電所



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

序 文

伝達状

プロジェクト位置図

写 真

ページ

結論と勧告

## 第1章 序 論

- 1.1 一 般 ..... 1-1
- 1.2 問題点の把握とプロジェクト ..... 1-1
- 1.3 フィージビリティ・スタディに於ける検討範囲 ..... 1-2
- 1.4 JICA スタディ・チームと SENELEC の協力 ..... 1-5

## 第2章 Senegal の一般事情

- 2.1 自然条件 ..... 2-1
- 2.2 社会事情 ..... 2-2
- 2.3 経済事情 ..... 2-2
- 2.4 電力事情 ..... 2-3
  - 2.4.1 電力事業の沿革 ..... 2-3
  - 2.4.2 Senegal 国の電力公社 ..... 2-5

## 第3章 既設設備の現状

- 3.1 発電設備 ..... 3-1
  - 3.1.1 Senegal 国の電力系統 ..... 3-1
  - 3.1.2 SENELEC の発電設備 ..... 3-2
  - 3.1.3 発電所の立地環境 ..... 3-3
  - 3.1.4 燃料供給 ..... 3-4
- 3.2 送電設備 ..... 3-4
  - 3.2.1 電力系統の概要 ..... 3-4

3.2.2	送電設備	3-5
3.2.3	設備概要	3-6
3.3	配電設備	3-7
3.4	変電設備	3-11
3.5	通信設備及びコントロール施設	3-12
3.5.1	通信設備	3-12
3.5.2	コントロール施設	3-14
3.6	保守用修理工場	3-18

#### 第4章 既設設備の運用

4.1	発電設備の運用	4-1
4.1.1	運転実績	4-1
4.1.2	保守実績	4-5
4.2	送配電設備の運用	4-6
4.3	電力需給	4-7
4.3.1	消費電力量	4-7
4.3.2	発電電力量	4-9
4.3.3	送電端送配電損失率	4-9
4.3.4	尖頭負荷	4-10
4.3.5	送電端負荷率	4-10
4.3.6	負荷パターン	4-10
4.3.7	不等率	4-14
4.3.8	電力需給バランスの実績	4-14
4.4	供給制限	4-15
4.4.1	供給制限の歴史	4-16
4.4.2	SENELEC による供給制限	4-16
4.5	民間企業からの電力供給	4-20
4.5.1	既設大口民間企業	4-20
4.5.2	新規大口民間企業	4-21
4.6	事故停電	4-22

4.7	ロス軽減対策	4-28
第5章 電力需要想定		
5.1	経済的背景	5-1
5.2	予測手法	5-3
5.2.1	需要の相関関係	5-3
5.2.2	重回帰モデル	5-4
5.3	電力需要予測に用いた前提条件	5-5
5.3.1	経済成長予測	5-5
5.3.2	人口予測	5-10
5.4	電力系統の条件	5-10
5.5	電力需要の予測結果	5-13
第6章 電源開発計画		
6.1	電源開発計画の目的	6-1
6.2	SENLEC の中・長期電源開発計画のレビュー	6-1
6.3	短期電源開発計画	6-2
6.3.1	電力需給バランス	6-2
6.3.2	短期電源開発計画	6-4
6.4	発電設備設置場所の選択	6-8
第7章 配電網の改善		
7.1	配電網改善の必要性	7-1
7.2	SENLEC の配電設備計画	7-1
7.2.1	運用上の問題点	7-1
7.2.2	計画基準	7-2
7.2.3	長期計画（目標年次2005年）	7-7
7.2.4	短期計画	7-15
7.3	対象の選定	7-24
7.3.1	対象の選定	7-24



7.3.2	計画における留意事項	7-25
7.4	配電設備拡充計画	7-26
7.4.1	しゃ断器の取替	7-26
7.4.2	中圧配電線の改善	7-28
7.4.3	低圧配電網の拡張	7-30
7.4.4	低圧配電網のリハビリ	7-32
第8章 準備設計		
8.1	発電設備	8-1
8.1.1	既存設備の利用	8-1
8.1.2	既設設備の撤去および新設設備	8-2
8.1.3	準備設計図面	8-2
8.1.4	準備設計の条件	8-3
8.1.5	準備計画	8-5
8.2	配電設備	8-16
8.2.1	基本事項	8-16
8.2.2	しゃ断器の取替	8-19
8.2.3	中圧配電線の改良	8-20
8.2.4	低圧配電網の拡張	8-22
8.2.5	低圧配電網のリハビリ	8-25
第9章 建設計画		
9.1	発電設備	9-1
9.1.1	工事の内容	9-1
9.1.2	撤去工事	9-1
9.1.3	SENELEC が分担する業務	9-1
9.1.4	既設設備との結合	9-1
9.1.5	輸送ルートおよび輸送方法	9-2
9.1.6	工事工程	9-3
9.2	配電設備	9-3

9.2.1	工事内容	9-3
9.2.2	施工方法および実施体制	9-3
9.2.3	工事工程	9-4
第10章 建設工事費		
10.1	工事費算出の前提条件	10-1
10.2	外貨・内貨の区分	10-2
10.3	工事費	10-2
第11章 財務・経済評価		
11.1	目的と方法論	11-1
11.2	財務分析	11-7
11.2.1	電気料金分析	11-7
11.2.2	SBNBLEC の財務状況	11-15
11.2.3	FIRR 分析	11-17
11.3	経済分析	11-39
11.3.1	経済的便益	11-40
11.3.2	経済費用	11-42
11.3.3	本プロジェクトの BIRR	11-43
11.3.4	BIRR に対する感度分析	11-43
11.4	結論	11-43
第12章 環境評価		
12.1	発電設備	12-1
12.1.1	障害の実情把握	12-1
12.1.2	排ガス濃度の推定	12-3
12.1.3	社会に与える影響の予測・検討	12-6
12.2	配電設備	12-6
12.2.1	障害の実状把握	12-6
12.2.2	社会環境へ与える影響	12-10

### List of Table

1. Table 3.1-1 Specification of Generating Facilities
2. Table 3.1-2 Capacity of Generating Facilities
3. Table 3.1-3 Evolution of Rating for Generating Facilities
4. Table 3.3-1 Line Length of 30 kV Distribution Feeders
5. Table 3.3-2 Line Length of 6.6 kV Feeders and Number of Distribution Poste
6. Table 3.3-3 Number of Distribution Poste of 30 kV Feeders
7. Table 3.3-4 Transformers Installed and Operating Condition for Each Distribution Substation
8. Table 3.3-5 Installed Number of Transformers and Operating Condition for Each Capacity
9. Table 3.4-1 Facilities of Each Substation
10. Table 4.1.1-1 Operation Record for Generating Units in 1993
11. Table 4.1.1-2 Price of Fuel
12. Table 4.1.2-1 Time Interval for Operation & Maintenance of Generating Facilities
13. Table 4.1.2-2 Maintenance Schedule for Generating Facilities
14. Table 4.3.1 Evolution of Energy Consumption, Energy Generation & Peak Generation Classified into Voltage Levels
15. Table 4.3.6-1 (1) Daily Maximum Generation Record 19/October/1990
16. Table 4.3.6-1 (2) Daily Maximum Generation Record 30/October/1991
17. Table 4.3.6-1 (3) Daily Maximum Generation Record 22/October/1992
18. Table 4.3.6-1 (4) Daily Maximum Generation Record 03/May/1993
19. Table 4.3.6-1 (5) Daily Maximum Generation Record 18/October/1993
20. Table 4.3.6-2 Monthly Maximum and Minimum Generation
21. Table 4.3.8 Power Demand and Supply Balance
22. Table 4.6-1 Fault and Supply Restriction Energy Record (30 kV Network)
23. Table 4.6-2 Fault and Supply Restriction Energy Record (30 kV Network)
24. Table 4.6-3 Fault and Supply Restriction Energy Record (30 kV Network)

25. Table 4.6-4 Fault and Supply Restriction Energy Record (6.6 kV Network)
26. Table 4.6-5 Fault and Supply Restriction Energy Record (6.6 kV Network)
27. Table 4.6-6 Fault and Supply Restriction Energy Record (6.6 kV Network)
28. Table 4.6-7 Fault Record for Each Equipment (30 kV Network)
29. Table 4.6-8 Fault Record for Each Equipment (30 kV Network)
30. Table 4.6-9 Fault Record for Each Equipment (30 kV Network)
31. Table 4.6-10 Fault Record for Each Equipment (6.6 kV Network)
32. Table 4.6-11 Fault Record for Each Equipment (6.6 kV Network)
33. Table 4.6-12 Fault Record for Each Equipment (6.6 kV Network)
34. Table 4.6-13 Fault Record of BT Network (1990)
35. Table 4.6-14 Fault Record of BT Network (1991)
36. Table 4.6-15 Fault Record of BT Network (1992)
37. Table 5.1.1-1 Economic Aggregates
38. Table 5.1.1-2 Consumers and Population of SENEGAL
39. Table 5.1.2-1 Annual Mean Growth Rate of GDP, Population and Consumption
40. Table 5.1.2-2 Demand Relationship
41. Table 5.1.3 Forecast of Economic Growth
42. Table 5.1.5-1 Energy Demand and Peak Load Forecast (RGI : Low Scenario)
43. Table 5.1.5-2 Energy Demand and Peak Load Forecast (RGI : Base Scenario)
44. Table 5.1.5-3 Energy Demand and Peak Load Forecast (RGI : High Scenario)
45. Table 5.1.5-4 Load Forecast by SBNELEC (Revised)
46. Table 6.3.2-1 Power Demand and Supply Balance (Short Term Development)
47. Table 6.3.2-2 Power Demand and Supply Balance (Short Term Development)
48. Table 6.3.2-3 Annual Energy Production by Annual Operation Time

49. Table 7.2.2-1      **Electrical Characteristics of Conductors and Cables (6.6 kV)**
50. Table 7.2.2-2      **Electrical Characteristics of Conductors and Cables (30 kV)**
51. Table 7.2.2-3      **Electrical Characteristics of Conductors (90 kV)**
52. Table 7.2.2-4      **Allowable Current of Bus Conductors (MT)**
53. Table 7.2.2-5      **Power Supply Radius of Low Tension Distribution Line (B2)**
54. Table 7.2.2-6      **Load Density for MT/BT Poste Size**
55. Table 7.2.3-1      **Evolution of Load of Injector Station (Grid Station, Distribution Substation)**
56. Table 7.2.3-2      **Rehabilitation Program of 6.6 kV Distribution Lines (Priority works 1992)**
57. Table 7.2.3-3      **Changeover Program of 6.6 kV Load to 30 kV Network**
58. Table 7.2.3-4      **Summary of Rehabilitation Program of 6.6 kV Distribution Line**
59. Table 7.2.3-5      **Rehabilitation Program of 6.6 kV Distribution Lines (Short Term 1993 - 1996)**
60. Table 7.2.3-6      **Rehabilitation Program of 6.6 kV Distribution Lines (Medium Term 1997 - 2000)**
61. Table 7.2.3-7      **Rehabilitation Program of 6.6 kV Distribution Lines (Long Term 2001 - 2005)**
62. Table 7.2.3-8      **Summary of Extension Program of Medium Voltage Distribution Lines**
63. Table 7.3.2-1      **Creepage Distance**
64. Table 7.4.1-1 (1/4)      **Specification of Existing Circuit Breakers**
65. Table 7.4.1-1 (2/4)      **Specification of Existing Circuit Breakers**
66. Table 7.4.1-1 (3/4)      **Specification of Existing Circuit Breakers**
67. Table 7.4.1-1 (4/4)      **Specification of Existing Circuit Breakers**
68. Table 7.4.2-1      **Maximum Load of Substation and Feeders (6.6 kV)**
69. Table 7.4.2-2 (1/2)      **Transformer Capacity of Existing Poste (6.6 kV/BT)**
70. Table 7.4.2-2 (2/2)      **Transformer Capacity of Existing Poste (6.6 kV/BT)**

71. Table 7.4.3-1          Housing Site Under Developing in Dakar Area
72. Table 8.1.4-1 (1/2)   Fuel Composition
73. Table 8.1.4-1 (2/2)   Fuel Composition
74. Table 8.2.2-1          Rating of Circuit Breakers for Each Feeder
75. 表 11.1          近年における電気料金の変更
76. 表 11.2          需要家1軒あたりの平均消費電力量と売り上げ (1998年-1994年)
78. 表 11.3          本プロジェクトの財務便益
77. 表 11.4          停電事故・供給支障エネルギー記録 (1992年-1994年)
79. 表 11.5          本プロジェクトの費用
80. 表 11.6          燃料費用 (1994年 1月23日改訂)
81. 表 11.7          本プロジェクトの FIRR
82. 表 11.8          本プロジェクトの FIRR に対する感度分析
83. 表 11.9          総建設費用 (1995年初頭価格)
84. 表 11.10          初期投資費用の支払いと資金のフロー
85. 表 11.11          利子前キャッシュフロー予測 (運転期間 1997年-2021年)
86. 表 11.12          財務計画のためのキャッシュフロー表 (運転期間 1997年-2021年)
87. 表 11.13          投資自己資本に対する FIRR
88. 表 11.14          本プロジェクトの BIRR
89. 表 11.15          本プロジェクトの BIRR に対する感度分析
90. Table 12.1.1          Noise Measurement

### List of Graphs

1. Graph 3.1-1 Evolution of Capacity for Generating Facilities
2. Graph 4.3.1 Evolution of Energy Demand for Voltage Levels (RGI)
3. Graph 4.3.6-1 (1) Daily Maximum Generation (18/October/1990)
4. Graph 4.3.6-1 (2) Daily Maximum Generation (22/October/1992)
5. Graph 4.3.6-1 (3) Daily Maximum Generation (18/October/1993)
6. Graph 4.3.6-2 Evolution of Daily Maximum Generation
7. Graph 5.1.1-1 (1) GDP, GDP/Capita and Energy/Capita
8. Graph 5.1.1-1 (2) GDP by Sector (1)
9. Graph 5.1.1-1 (3) GDP by Sector (2)
10. Graph 5.1.1-2 Population of SBNEGAL (September, 1988)
11. Graph 5.1.3 Forecast of Economic Growth
12. Graph 5.1.5 Load Forecast (Peak Demand)
13. Graph 6.3.2 Supply Balance (Short Term Development)

### List of Figures

1. Fig. 2.4.2-1 Organization of SENELEC
2. Fig. 2.4.2-2 Power System Map
3. Fig. 2.4.2-3 Power System Map of DAKAR Area
4. Fig. 2.4.2-4 Hydroelectric Potential
5. Fig. 3.1-1 Ground Plan of Bel-Air Power Complex (C-I and C-II)
6. Fig. 3.1-2 Ground Plan of Cap des Biches Power Complex (C-III and C-IV)
7. Fig. 3.2-1 Interconnection of Power System
8. Fig. 3.2-2 90 kV Transmission Line System
9. Fig. 3.2-3 Existing Steel Towers (90 kV)
10. Fig. 3.3-1 30 kV Distribution Line Network (1/2)
11. Fig. 3.3-2 30 kV Distribution Line Network (2/2)
12. Fig. 3.3-3 6.6 kV Distribution Line Network (1/3)
13. Fig. 3.3-4 6.6 kV Distribution Line Network (2/3)
14. Fig. 3.3-5 6.6 kV Distribution Line Network (3/3)
15. Fig. 3.3-6 Single Line Diagram of Distribution Poste
16. Fig. 3.4-1 (1/5) Single Line Diagram
17. Fig. 3.4-1 (2/5) Single Line Diagram
18. Fig. 3.4-1 (3/5) Single Line Diagram
19. Fig. 3.4-1 (4/5) Single Line Diagram
20. Fig. 3.4-1 (5/5) Single Line Diagram
21. Fig. 3.5-1 Communication Network
22. Fig. 3.5-2 PLC Communication Network
23. Fig. 3.5-3 PLC Frequency Assignment (kHz)
24. Fig. 3.5-4 Generation Schedule
25. Fig. 3.5-5 (1) Station Overview Display (Bel-Air)
26. Fig. 3.5-5 (2) Station Overview Display (Cap des Biches)
27. Fig. 3.5-5 (3) Station Overview Display (Hann)



28. Fig. 3.5-5 (4)      Transmission Line Overview Display
29. Fig. 3.5-6      Frequency Record Chart
30. Fig. 4.1.2      Annual Maintenance Schedule
31. Fig. 4.3.6      Load Duration Curve
32. Fig. 6.4-1      Ground Plan of New Diesel House
33. Fig. 6.4-2      Single Line Diagram (Bel-Air)
34. Fig. 6.4-4      Single Line Diagram (Cap des Biches)
35. Fig. 7.4.1-1 (1/4)      Circuit Breakers to be Replaced
36. Fig. 7.4.1-1 (2/4)      Circuit Breakers to be Replaced
37. Fig. 7.4.1-1 (3/4)      Circuit Breakers to be Replaced
38. Fig. 7.4.1-1 (4/4)      Circuit Breakers to be Replaced
39. Fig. 7.4.2-1      Improvement of 6.6 kV Distribution Lines (Bel-Air, Yoff)
40. Fig. 7.4.2-2      Improvement of 6.6 kV Distribution Lines (Thiaroye)
41. Fig. 7.4.2-3 (1/6)      Existing 6.6 kV Lines to be Improved (Dispensaire)
42. Fig. 7.4.2-3 (2/6)      Existing 6.6 kV Lines to be Improved (Rte de Rufisque & Yeumbeul)
43. Fig. 7.4.2-3 (3/6)      Existing 6.6 kV Lines to be Improved (Labo Pecherie)
44. Fig. 7.4.2-3 (4/6)      Existing 6.6 kV Lines to be Improved (Dag. Pikine)
45. Fig. 7.4.2-3 (5/6)      Existing 6.6 kV Lines to be Improved (Fann)
46. Fig. 7.4.2-3 (6/6)      Existing 6.6 kV Lines to be Improved (Battery Yoff)
47. Fig. 7.4.3-1      Voltage Characteristics of Incandescent Lamp
48. Fig. 7.4.3-2      Voltage Characteristics of Fluorescent Lamp
49. Fig. 7.4.3-3 (1/2)      Expansion Plan of Low Voltage Distribution Network
50. Fig. 7.4.3-3 (2/2)      Expansion Plan of Low Voltage Distribution Network
51. Fig. 7.4.4-1 (1/3)      Existing Low Voltage Distribution Network (Yoff Village)
52. Fig. 7.4.4-1 (2/3)      Existing Low Voltage Distribution Network (N' Gor)
53. Fig. 7.4.4-1 (3/3)      Existing Low Voltage Distribution Network (Ouakam)
54. Fig. 8.1.3-1      Arrangement of C-1 Building

55. Fig. 8.1.3-2      Removal Facilities
56. Fig. 8.1.3-3      Fuel Oil System
57. Fig. 8.1.3-4      Steam System
58. Fig. 8.1.3-5      Cooling Water System
59. Fig. 8.2.3-1 (1/3) Route of 6.6 kV Feeder for Improvement  
(Dispensaire)
60. Fig. 8.2.3-1 (2/3) Route of 6.6 kV Feeder for Improvement (Fann)
61. Fig. 8.2.3-1 (3/3) Route of 6.6 kV Feeder for Improvement (Batterie  
Yoff)
62. Fig. 8.2.3-2      Cable Laying
63. Fig. 8.2.3-3      Typical Type of Distribution Poste
64. Fig. 8.2.4-1      Housing Estate Construction Plan (Madien Khary  
Dieng)
65. Fig. 9.1.6          Standard Schedule for 5,000 kW Diesel Engine
66. Fig. 9.2.3-1      Schedule for Distribution Lines
67. ☒ 11.1      料金構造 (契約種別)
68. ☒ 11.2      系統損失率 (1994年)
69. ☒ 11.3      費用の分類
70. Fig. 12.1.1-1      Cap des Biches Power Station Noise Level at  
Boundary
71. Fig. 12.1.1-2      Bel-Air Power Station Noise Level at Boundary

## 付 録

付録 11.1 販売記録 (1988年-1994年)

付録 11.2.1 損益計算書 (SENBLEC)

付録 11.2.2 貸借対照表 (SENBLEC)

付録 11.2.3 資金繰り表 (SENBLEC)

付録 11.3.1 初期投資費用の支払いと資金のフロー…代替資金調達シナリオ

付録 11.3.2 利子前キャッシュフロー予測 (運転期間 1977年-2021年) …代替資金調達シナリオ

付録 11.3.3 財務計画のためのキャッシュフロー (運転期間 1977年-2021年) …代替資金調達シナリオ

付録 11.3.4 投資自己資本に対する FIRR …代替資金調達シナリオ

## 結論と勧告



## 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、SBNBLEC 関係者と打合せを行った。

第1回現地調査時に取得した SBNBLEC 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、SBNBLEC 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。

下記ダカール地区電力設備の拡充計画は、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ため電力不足にあり、更にこのような状況下で、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いため、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さないと、せっかくの電力が損失となったり、需要家に安定した電力を送れないばかりか、感電、漏電等の危険さえ与えかねない。

一刻も早く実施して、より多くの人に電力の恩恵を与えるよう努力すべきである。

第 1 章  
序 論





# 第 1 章 序 論

## 1.1 一 般

1981年より始まった発電能力不足による電力供給制限は、1996年1月現在に於いても緩和されず、電力需要の増加と共に益々深刻な状況を呈しつつある。このような状況がもたらす影響は大きく、必要とする設備の点検周期延長、延長に伴う設備能力の低下、機器の劣化促進、燃料の比消費量の増加など、電力供給者にとって最も重要な需要家に対する良質の電気供給の使命が果たせなくなっている。

このような状況を改善するため、Senegal 国の電力公社 SENBLEC が策定した電力設備改善マスタープラン（中・長期連系系統発電設備計画）の見直しを行い、早急に拡充しなければならない Dakar 連系系統電力設備に係わる電力設備拡充計画を以下により策定する。

本調査は、下記のステージに分けて進められる。

- ・ マスタープランのレビュー : 1994年 8月～1995年 1月
- ・ 環境調査 : 1994年11月～1994年12月
- ・ フィージビリティ・スタディ : 1995年 2月～1995年 7月

マスタープランのレビュー、環境調査に引き続き、フィージビリティ・スタディ・ステージでの検討について、発電、送電、配電、土木、経済・財務の各部門よりなるスタディ・チームは、Senegal に赴き、インテリムレポートの説明、協議を行い、更にレポートの内容が SENBLEC をはじめとするセネガル国政府関係者に広く理解されるためのセミナーを開催し、拡充発電設備候補地の詳細現地調査及びフィージビリティ設計に必要な資料収集を実行した。

## 1.2 問題点の把握とプロジェクト

以下の各章で述べるように、Dakar を中心とする連系系統は、発電能力不足から系統運用上下記のような容易ならぬ問題を有している

- 一 新規発電電源投入不足による供給制限の強制実施
- 一 配電設備のボトルネックに起因した供給支障の発生

この2つの問題について、前者は既に1981年より始まっており、新規発電設備の投入遅れから、既設発電設備に無理な運転を強いており、この結果1993年時点で実際に

発電可能な出力は定格出力の 78% 迄低下している。

発電設備が不足する結果は、負荷が急激に立ち上がる又は立ち下がる尖頭負荷帯に顕著にその影響が現れる。尖頭負荷帯の出力不足と同時に、年間必要発生電力量の確保のため、設備の運転時間が長くなり、設備の停止が益々困難になる状況さえも呈している。現状打破を図るためには、最低限必要な新規発電設備を早期投入し、熱機関発電設備にとって最も必要とする定期点検を確実にを行い、可能発電力の回復をすることが急務である。

配電設備のボトルネックは、増加する需要負荷、例えば新興住宅地への供給等に対処するため、線路を延長し分岐設備の増加を行う際に、供給元から線路の末端迄の全体設備の中で、架空線又はケーブルなどの直列設備の許容値を越える（過負荷）部分を伴うもので、設備を容量の大きいものに取り替えるか、供給ルートを変更する等の対策が必要なものである。ボトルネックの解消は、的確な需要負荷の増減を常に把握し、設備改善の優先をきめることによって、短期・長期改善・更新計画を策定することである。

### 1.3 フィージビリティ・スタディに於ける検討範囲

#### (1) インテリム・レポートの説明・協議

短期電源開発計画に基づく需要想定の内訳とこれをベースとした発電設備計画の説明及び配電設備のボトルネックの改善についての説明を実施した。

#### (2) セミナーの開催

インテリム・レポートの内容が関係者に広く理解されるためのセミナーは、発電設備の拡充設置に関して既設設備との融合性を主体に、計画の段階で考慮しなければならない事項として、1. 系統運用面から見た発電設備の内訳、2. 既設設備との協調性の確認事項、3. 既設設備の廃止計画、4. 将来の移転計画等について問題の提起とこれに伴う質疑応答で実施した。

#### (3) 詳細現地調査

インテリム・レポートの説明・協議及びセミナー実施後、SBNLEC エンジニアの助力により、詳細現地調査を実施した。調査項目の主なものは以下の通りである。

##### 1) 発電設備

・ 発電所敷地周辺図

- 発電所構内配置図
- 発電所構内断面図
- 既設機器レイアウトの詳細
- プロジェクトサイトへのアクセス及び輸送
- 気象（年間雨量、風向・風力、気温、湿度）
- 地質
- 用水供給

## 2) 配電設備

- 設計条件等設備に関する資料
- ルート及び周辺環境（地質条件をふくむ）
- Right of Way
- 各フィーダ
- 関連する既設変電所（poste）及び配電線の現状
- 既設変電所に使用されている機器、資材等
- ルートに沿った平面図
- 特殊箇所の縦断図、平面図
- 既設設備の現状（碍子の汚損、鋼管柱の腐食、電線の強度等）

## (4) フィジビリティ設計

インテリムレポートに於いて確認された電源開発計画の発電設備について、以下の各項目に従いフィジビリティ設計を実施した。

### 1) 発電設備

#### i. 原動機の種類・台数

- 出力規模、入手可能な燃料の種類及び性状、運転性、保守性、経済性及び社会に与える影響等の検討

#### ii. 設置場所

Bel-Air 発電所及び Cap des Biches 両発電所を、設置場所の候補地として検討

- 直列機器の定格容量
- 短時間電流
- 許容短絡電流

- ・ 既設設備とのマッチング

### iii. 環境対策

社会環境への影響を配慮し、規制値を十分に満足する設備とすることはもちろんのこと、極力社会環境に悪影響を及ぼさない設備の検討を実施

### iv. 設計にあたっての留意点

コンサルタントの有する国内及び海外の火力発電所の設計、建設、運転、保守に関する経験を活用

## 2) 配電設備

### i. 基本事項の検討

フィージビリティ設計に先立って以下の基本事項の検討実施

- ・ 区分開閉器の設置を含めた系統構成の考え方
- ・ 柱上変圧器/Poste 内変圧器容量
- ・ 支持物及び電線風圧荷重
- ・ 電線の種類及び許容電流
- ・ 設計温度
- ・ 絶縁設計
- ・ 塩分による汚損状態
- ・ 電線の弛度及び張力

基本事項の検討に引き続いて、フィージビリティ設計を実施

- ・ ルート
- ・ 電圧
- ・ 相数
- ・ 変圧器容量・台数
- ・ 変電設備及び接続方法
- ・ 支持物及び支線
- ・ 地中ケーブルの埋設方法
- ・ 電線
- ・ 電線の弛度・張力
- ・ 金物類

(5) 工 程

電力設備拡充計画の実施工程を検討し、実施工程をバーチャートで作成。

(6) 工事費積算

電力設備拡充計画の実施における工事費を内貨、外貨別に算出し、年度別所要資金計画を作成。

(7) 経済・財務分析

運転維持費を算定し、投資収益と経済的内部収益率の算出及び感度分析を実施する。  
営業利益及び収益計算書、損益計算書、Cash Flow Sheet 等を作成し、財務的内部収益率の算出及び感度分析を実施。

(8) 環境調査評価

環境調査時必要とする気象情報の入手が困難であったため、以下により詳細評価を行う。

- 1) 高電圧機器の周辺地域に於ける磁界強度の測定結果による障害の実情把握。
- 2) 既設の発電用原動機から発生する排ガスについて、原動機周辺の排ガス濃度の推定の実行。
- 3) 振動、騒音、排ガス濃度の社会環境へ与える影響の予測、検討。

#### 1.4 JICA スタディ・チームと SENELEC の協力

フィージビリティ・スタディ検討に於ける JICA スタディ・チームは、以下のメンバーで構成された。

北澤 仁	総括
中大路和彦	発電計画
竹谷 幸照	送電計画
工藤 義行	配電計画
津村 照彦	経済・財務
石田 忠美	土木
安土 和夫	通訳

このフィージビリティ・スタディ・ステージを通じ、JICA スタディ・チームの Dakar 地域に於けるスタディと調査は、下記の SENELEC カウンターパート・スタッフ、経済財政計画省、エネルギー鉱工業省及びエネルギー局の協力を得て実施さ

れた。

Mr. Diatourou NDIAYB	Responsable du Secteur Secondaire - Energie, Industrie
Mr. Mamadou DIANKA	Directeur de l'Energie
Mr. Mochel DIEMB	Chef Division Planification
Mr. Alassane NDIAYB	Chef Division Economie d'Energie et Energie Renouvelable
Mr. Mbague MBODJ	Assistant de la Direction de l'Energie
Mr. Abdourahmane NDIR	Directeur Général
Mr. Abudoulaye NDOYB	Directeur de Contrôle de Gestion
Mr. Zaul NDIAYB	Adjoint au Directeur Général
Mr. Moustapha LO	Chef du Service Planification
Mme Moimouna SECK	Ingénieur Cellule Planification Moyens Production
Mr. Issa Mare DIAW	Chargé de Projets Réseaux Electriques
Mr. Babacar GUBYB	Directeur de l'Exploitation
Mr. Papa Ndiame DIOP	Chargé de Projets Réseaux Electriques
Mr. Waly NDIAYB	Chargé de Projets Réseaux Electriques
Mr. Babacar MAME	Coordination Centrales Régionales et Secondaires
Mr. Tdiane BARRY	Directeur de l'Equipement
Mr. Birane KHOULB	Chef de Service Mouvements d'Energie et Conduite
Mr. Makha CAMARA	Chef du Département CI/CII Bel-Air
Mr. Laurent DIENE	Chef Division Préparation
Mr. Oumar DIAM	Chef Division Conduite
Mr. Papa DIOP	Chef de Centrale
Mr. Idrissa NIASS	Chef de Service Exploitation
Mr. E. C. SOW	Chef de Service Entretien
Mr. Serigne Monhamadou DIOP	Chef de Centrale Diesel Cap des Biches

<b>Mr. Bamar SAMARA</b>	<b>Chef de Service Entretien</b>
<b>Mr. Basirou GAYB</b>	<b>Chef du Service Exploitation et Entretien, Département Transport d'Energie</b>
<b>Mr. Abdoulaye NIAUY</b>	<b>Chef de Poste</b>
<b>Mr. B. NDIAYB</b>	



## 第 2 章

### Senegal の一般事情

## 第2章 Senegal の一般事情

### 2.1 自然条件

Senegal 共和国は、北緯12度から17度、西経11度から17度の間にあり、アフリカ大陸の最西端に位置し、東西約 600km、南北約 400kmで、国土面積は 196,722km<sup>2</sup>である。北は Senegal 川を境に Mauritanie 回教共和国、東は Senegal 川支流 Fatick 川をはさんで Mali 共和国、南は Guinee 及び Guinee・Bissau と国境を接している。国土は、地形、地質要因と気候帯によって4地域に区分出来る。即ち、乾燥～半乾燥地帯に属する Senegal 川デルタの低平地、広大な砂地を主体とする中央台地、東南部の高地と熱帯雨林地帯の低地、及び丘陵と露岩で大西洋に突き出す Cap Vert 半島である。地形の特色として、南東部に局地的に 300～400m に達する丘陵がある他は、200m 以下の平坦地であり、特に北部の Saint-Louis から Gambia に至る大西洋岸の幅約 100km の地域は海拔 15m と極めて低い。また、東から西に向かって流れる Gambia 川流域には、東西 300km にわたり3方を Senegal 国に囲まれた Gambia 共和国が楔型に入り込み、特異な国境を形造っている。

気候は、熱帯性で雨期と乾期に分けられる。乾期は、内陸部では Harmattan 風により、著しく乾燥するが、海岸部では湿気を帯びた海洋性貿易風が吹くため、あまり乾燥しない。雨期は6月から10月までであるが、降雨は7～9月の3カ月間に特に集中する。南部の Casamance 州では、年平均雨量は 1,000mm～1,500mm であるが、北に向って漸減し、北部の Senegal 川流域では 300mm 以下まで減少する。気温は全般的に高い北部の Senegal 川流域では雨期の直前に 40℃ 以上となる。沿岸部では最高気温は 30℃ 前後である。

Senegal 共和国の首都 Dakar 市はアフリカ大陸最西端にあり、前述の Cap Vert 半島に位置し、北西から南東方向にかけて長さ約 12km に亘って帯状に伸びている。1988年実施の国勢調査からは Senegal 国総人口の約 22% が Dakar 周辺に在住しており1994年に於いてもこの比率の変動は少ない。同市は工業団地、その他を含めた政府の都市計画に予定された郊外に向かって、Dakar～Cap des Biches～Bargny 道路沿いに急速に発展しつつある。

Dakar 空港は、ヨーロッパ、アフリカ、アメリカの3大陸を結ぶ国際空港として、各国の航空機の多数発着があり、又、整備された港は西アフリカ海上交通の要所とし

て、各国漁船、貨物船、旅客船の往来が頻繁である。

## 2.2 社会事情

1994年に於ける Senegal 国の総人口は、約 815万人と想定される。Senegal 国に於ける人口増加率は、全国台で 2.76%、Dakar 周辺で 3.63% とされており、2000年には 1,000 万人を、2010年には 1,200 万人を越えると推定され、人口の急増は Senegal 社会にとり重要な問題となっている。

雇用面では、近年の急激な都市化にもかかわらず、経済活動は依然として地方の伝統産業に依存しており、近年失業及び不完全雇用の増加が人口の増加と合わせ大きな問題となっている。

Senegal では、およそ10の民族を擁し、それぞれが異なった言語を持っているが、民族間の紛争は見られず、融合が進んでいる。ただし、南部のカザマンス地方で稲作耕作を主とするジョーラ族は中央政府から正統な扱いをされていないことを不満として、分離独立運動を続けている。1991年に政府との間で停戦合意がなされているものの、一部過激派による武装闘争が散発的に起こっており、未だ最終的な解決は見えない。他方、北部については1989年に起こった Mauritanie との紛争は当局による解決に向けての努力はされているが、紛争により移動を余儀なくされた住民の賠償問題の解決には困難が伴うとみられ、国境付近の住民感情が落ち着くにはなお時間を要すると考えられている。

## 2.3 経済事情

独立当時の Senegal は、西アフリカに於ける仏語圏諸国の中心として、他の近隣諸国よりも優れたインフラの整備、比較的多様化した産業、高い教育水準等を有し、同地域では最も発展した国であった。しかしながら、経済は、仏植民地時代に始まった落花生生産による農業が中心であり、独立以来工業化を目指しているものの、頻発する干ばつによる農業生産の低下、主要輸出品目である落花生の価格暴落、原材料と食料輸入の増加による貿易収支の悪化、財政赤字という問題を抱えてきた。

このため1981年以来、債務繰り延べをする一方、世銀、IMF の支援を受け、中長期経済財務構造計画（1985～1992年）を発表すると共に、第7次四カ年計画（1985～1989年）を策定し、構造調整、経済再建に取り組み 1985～1988年には順調な構造調

整の評価をうけている。引き続き国家の生産性の持続的向上を優先課題とした第8次経済社会開発計画(1989~1995年)(VIII<sup>eme</sup> Plan de Developement Economique et Socia)を策定し、各種課題の達成に向けて計画を推進している。

こうしたなか、1988/1989年の降雨不足等による農業生産の落ち込み、1988年の政治的不安定から構造調整は足踏み状態になり、1990年には関税収入の減少、公共支出の抑制不足等もあり、各種コンディショナリティの遵守が出来ず、1991年にはIMF、世銀からの融資支払遅延を招いた。1992年の実質成長率は人口増加率2.7%を下回る2.3%と振わず、構造調整政策では、公営企業民営化、工業部門のコスト導力化策にある程度の進展が見られたものの、農業部門自由化、公務員給与圧縮、財政赤字削減、労働法改正問題等につき、依然として世銀、IMFと政府の間に歩み寄りは見られず、1993年に世銀の第4次構造調整融資の第三トランシェの支出は中止された。1994年1月12日、Senegalは共通通貨圏の他12カ国とともに、大幅な通貨切り下げを実施した。これは輸出・外貨導入を促進し、貿易赤字・財政赤字を抑制するために行ったもので、1948年以降維持してきた1フランスフラン(FR)=50セーファーフラン(FCFA)を1FR=100FCFAとしたもので現地通貨の対外価値は半減した。通過の切り下げは国内の通貨にも影響し、現在諸物価は急激な上昇傾向を示し、経済は不安定な状況にある。実質成長率は2.3%と低かったが、1991年の1.1%、1993年の3.7%と3年間の傾向は比例的増加を示しており、今後とも安定成長の継続が望まれる。

Senegal経済において、外国からの援助は同国の財政面で重要な役割を果たしており、旧宗主国のフランスが最大の二国間援助国で、日本、旧西独、アメリカがこれに次ぎ、イスラム圏であることからアラブ産油国資金による援助も多い。

## 2.4 電力事情

### 2.4.1 電力事業の沿革

Senegal国に於ける電力事業は、1897年に現首都Dakarの北東150kmに位置するSaint-Louisで始められた。現在、Senegal国に於ける電気事業は国営のSenegal電力(Societe Nationale d'Electricite-SNBLEC)によって運営されているが、1897年の電気事業開始より現在に至るまでの電気事業の発展経過は、次の4期に分けて見る事が出来る。

(1) I期(1897～1929) : 電力供給の開始(草創期)

当時の政府及び"河川港湾局"(Port Maritime et Fluvial)の所在地であった Saint-Louis では、"CARPOT 会社"(Etablissement CARPOT)によって1922年までの電力供給が行われていたが、同年この会社は、"アフリカ電力会社"(Compagnie Africaine d'Electricite-CAB)に吸収された。

なお、CAB は1925年に Louga で電力供給を開始すると共に、Kaolack でも発電所を運開させた。商業と農産物の中心地であった Rufisque は、1928年まで市の公営事業によって電力供給が行われていたが、同年、"Senegal 電力会社"(Compagnie d'Elect-ricite du Senegal-CBS)によって公営電力設備は買収された。

上記 CBS は、1910年1月4日 Dakar に設立された資本金百万仏フランの電力会社であり、Dakar 地域における電力供給は1910年に始まった。

(2) II期(1929～1966) : 電気事業の発展期

1929年、それまで Dakar 及び Rufisque に電力供給を行っていた CBSと、Saint Louis、Louga 及び Kaokack に供給していた CAB は共に解体され、同年新たに設立された"西アフリカ水道・電力会社"(Compagnie des Baux et Electricite de l'Ouest Africa-EBOA)に吸収された。

この時期は、健全経営によって EBOA が極めて順調に発展した時代であり、設立初期の EBOA の電力設備運転基準は、その後1967年に新たに制定された電気工作物運転基準にそのまま継承されている。

1945～1952年の電力需要の伸びは、年平均 15% に達し、全国総発電量の 85% は、Dakar 地域で消費された。(1993年時点では電力量(kWh)で 63%、電力(kW)で 97% となっている)

(3) III期(1966～1971) : 地方電化の開始

この時期は、電力事業に経営に将来積極的に参加していこうという Senegal 国政府の意志によって特徴づけられる時代であり、特に、運営に財政的困難の大きい地方個別系統の電力事業について、様々の法的助成が行われるようになった。

(4) IV期(1971～1982) : SENBLEC の設立

1960年の独立を契機として、それまで Senegal 国内の電力供給を一手に引き受けていた仏国籍の私営電力会社 EBOA と Senegal 政府との間に電気事業の国有化について協議が重ねられ、EBOA の所有する全ての発・送・配電設備は、バンク・ローン

を通じて Senegal 国政府によって買収されることになった。

上記の取り決めに基ついて、1972年1月、2つの新会社が設立された。その一つは完全国有の“Senegal 電力”(Electricite du Senegal-EDS)であり、もう一つは Senegal 政府と BEOA がそれぞれ 50% を出資しあつて設立した“Senegal 配電会社”(Societe Senegalaise de Distribution d'Energie Electrique-SENBLECの前身)である。

前者 EDS は、BEOA の資本参加のもと、1981年までの期間、発・送・配電設備の所有者として、契約に基ついて、これらの電力設備を前記“Senegal 配電会社”に貸与・運営させていた。

“Senegal 配電会社”に対する BEOA の上記 50% の持ち株は、1981年12月末までに全て Senegal 政府に譲渡された。これに伴い、1983年7月5日、法律第 83-72号に基ついて Senegal 電力会社及び Senegal 配電会社は解体統合され、“Senegal 電力公社”(Societe Nationale d'Electricite-SENBLEC)が設立され今日に至っている。

## 2.4.2 Senegal 国の電力公社

### (1) SENBLEC の組織

#### 1) 本部組織

SENBLEC は本部を Dakar1 市に置き、支店、出張所等の地方組織を Saint-Louis、Kaolack 等の主要都市に配置し、町、村等の集落には営業所を置き、従業員数は1991年31日現在で 2,340名である。Fig. 2.4.2-1 は SENBLEC の組織図を示す。

#### 2) 本部機構

SENBLEC の本部機構は、理事会の基に総裁、副総裁、発電及び電力管理部、配電及び調達部、研究開発研修部、管理・会計・情報システム部によって構成される。さらに総裁の基に総裁秘書室、総合査察、内部監査機構が置かれ、副総裁の基に事務局室、専門家、審議役、儀典課、総務課、法務課、調達課が置かれたものとなっている。

理事会は、SENBLEC の最高議決機関であり、定員は14~17名で、エネルギー部門に於ける経験者の中から選ばれ、政令により任命される。構成メンバーの代表は、1990年では、大統領府の代表、工業省の代表、大蔵省の代表、建設省の代表、地方公共団体の代表、農村開発省の代表、国民議会によって指名された議員、大統領によって指名された需要家代表となっている。

### 3) 電力系統の運用組織

主要電力系統の運用組織は、90kV 以上の送電設備と発電所設備の運用に責任をもつ給電指令所と、配電設備の運用に責任を持つ配電コントロールセンターによって、交代勤務体制によりそれぞれ行われている。

給電指令所及び配電コントロールセンターは、共に Hann 変電所の構内におかれ、前者は PLC システムにより、後者は VHF 無線電話回線システムにより被遠方制御 発電所間の制御、情報収集及び連絡に使用されている。

### 4) 発電所の運営組織

SENELEC 発電所の運営組織は、運転課と保守課に大別され、それぞれの課は2つの班で構成されている。運転課は交代勤務を行う運転班と、機器の調整と日常点検を行う技術班で構成され、保守課は故障機器の修繕（修理工場）を行う準備班と、資機材調達を行う発注・実施班とで構成されている。

### (2) 財務状況

SENELEC の財務状況は、全般的な設備の老化による支出の増大に伴い収入とのバランスがとれず赤字経営が続いていた。1982年から1991年迄の財務状況を示すと以下の通りである。

年度	稼働固定資産(kFCFA)	純利益(kFCFA)	収益率
1982	26,581,641	- 1,868,089	- 7.08%
1983	86,686,156	- 4,221,121	- 5.23%
1984	82,239,920	- 4,883,699	- 59.4%
1985	81,031,148	- 3,596,461	- 4.44%
1986	80,866,648	- 2,838,478	- 3.51%
1987	81,975,685	- 3,579,260	- 4.37%
1988	86,741,690	- 4,503,356	- 6.19%
1989	103,270,141	- 4,267,188	- 4.13%
1990	106,773,131	+ 2,806,623	+ 2.63%
1991	110,039,177	+ 1,775,202	+ 1.68%

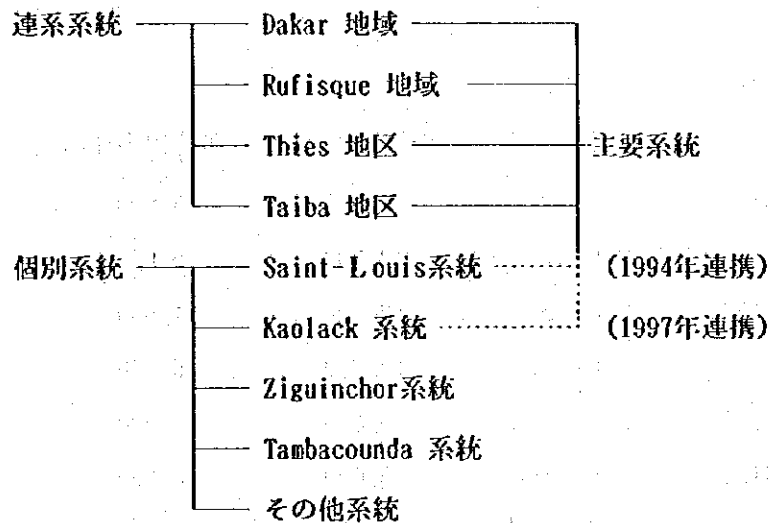
上記より判るように SENELEC の財務状況は、1990年以降黒字に転じ、1990年は +2.63% 1991年には +1.68% の収益率を示している。

### (3) 電力設備

#### 1) Senegal 国の電力系統

Senegal 国は行政上以下に示す10州の行政区域(Region : Dakar, Ziguinchor、Dioubal、Saint-Louis、Tambacounda、Kaolack、Thies、Louga、Fatick、Koida)と、それぞれ3つの地区(Department)より成り立っている。

上記の各地域を結ぶ電力系統は同国の電力公社である SBNBLEC により管理されており連系系統(Reseau Interconnect = RI)及び個別系統(Centress Secondaries)で構成されており1993年現在、前者は同国西部の大西洋に面した主要都市(Dakar 地域、Rufisque 地区、Thies 及び Taiba 地区)に電力を供給し、後者はそれ以外の全国各地に散在する消費地域に供給を行っておりこれらの関連は以下のようになっている。



連系系統(RI)は又 Saint-Louis 系統および Kaolack 系統を包含し主要系統(Reseau General Interconnect = RGI)と呼ばれ前者は1994年中に、後者は1997年に連系の予定となっている。Fig. 2. 4. 2-2 に Senegal 全国の電力系統図を、Fig. 2. 4. 2-3 に Dakar 地域の電力系統図を示す。

主要系統の送電電圧は、30kV、90kV 及び 225kV となっており、1993 年時点では 90kV が基幹送電電圧であるが、SBNBLEC では Mauritanie、Mali、Senegal 3 国による Senegal 川共同開発計画の Manantali 水力発電所まで 225kV の送電線で結ぶ国際系統連系計画を進めている。

225kV 送電線計画は、Cap des Bichies → Tobene → Sakal → Richard-Toll → Boghe → Matam → Kidira → Manantali 水力発電所間の連系となり、総延長は 1,000km を越える長距離送電線なため、重負荷帯、軽負荷帯とも安定な送電電圧の維持対策が重要



となる。更に 225kV 送電線計画は、Tobene→Kahone→ Tambacounda→Kidira 間も連携する予定となっている。Fig. 2.4.2-4 は Mauritanie, Mali, Senegal 3カ国に跨る Senegal 川流域及び、Guinee、Senegal に跨る Gambie 川流域の潜在水力開発分布図をそれぞれ示す。

連系システムの発電設備は、すべて熱機関発電設備（スチームタービン、ガスタービン及びディーゼル）により構成され1993年末現在定格出力で 226,700kW、可能出力で 176,500kW となっている。可能出力は定格出力の 78% である。電力消費量は Senegal 国全体の電力消費量の約 63% を、又最大発電電力の約 97% を占める。

## 2) 発電設備

1994年8月の調査時点に於ける主要システム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	定格出力(kW)	可能出力(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
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	定格出力(kW)	可能出力(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
G401	ディーゼル	20,000	20,000	1990
G402	ディーゼル	20,000	20,000	1990
	小計	165,500	136,500	
	主要系統合計	226,700	176,500	

### 3) 送電設備

1993年の 90kV 送電線の亘長は、Bel-Air~Hann 間 5km、Hann ~Cap des Biches 間 18km、Cap des Biches-Tobene 間 60km、Cap des Biches ~Thies 間 43km、Thies~Tobene 間 30km、Tobene~Taiba 間 13km の合計 169km である。225 kV 送電線は、Tobene-Sakal 間の 123km であるが、現在は 90kV で運転している。

### 4) 変電所設備

主要系統 (Saint-Louis 及び Kaolackを除く) の変圧器設備の内、発電機昇圧用の変圧器を除き、90/30kV 降圧変圧器の合計容量は 226MVA、30/6.6kV 降圧変圧器の合計容量は 121.9MVA、6.6/6.6kV 連携変圧器の合計容量は 40MVA、6.6/30kV 昇圧変圧器の合計容量は 15.95MVA となっている。

### 5) 配電設備

SENELEC の配電電圧は、30kV、6.6kV、380V、220V、127V となっており、220V 及び 127V 配電電圧については、現在順次 380V 及び 220V への昇圧化を進めている。1989年 於ける全国の配電線亘長は、30kV 線路が 2,244km、6.6kV 線路が 641km、低圧線路が 634km となっている。





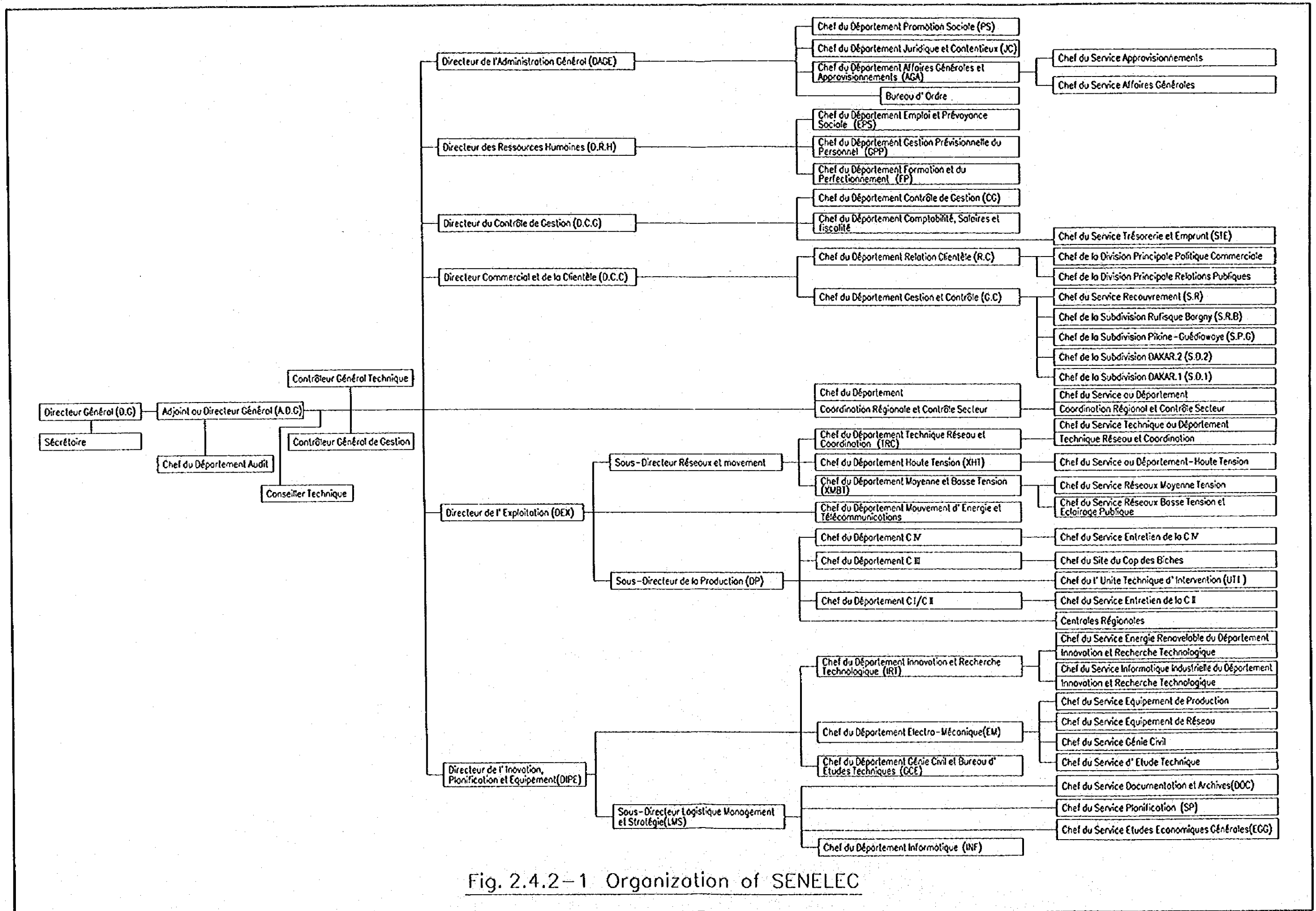
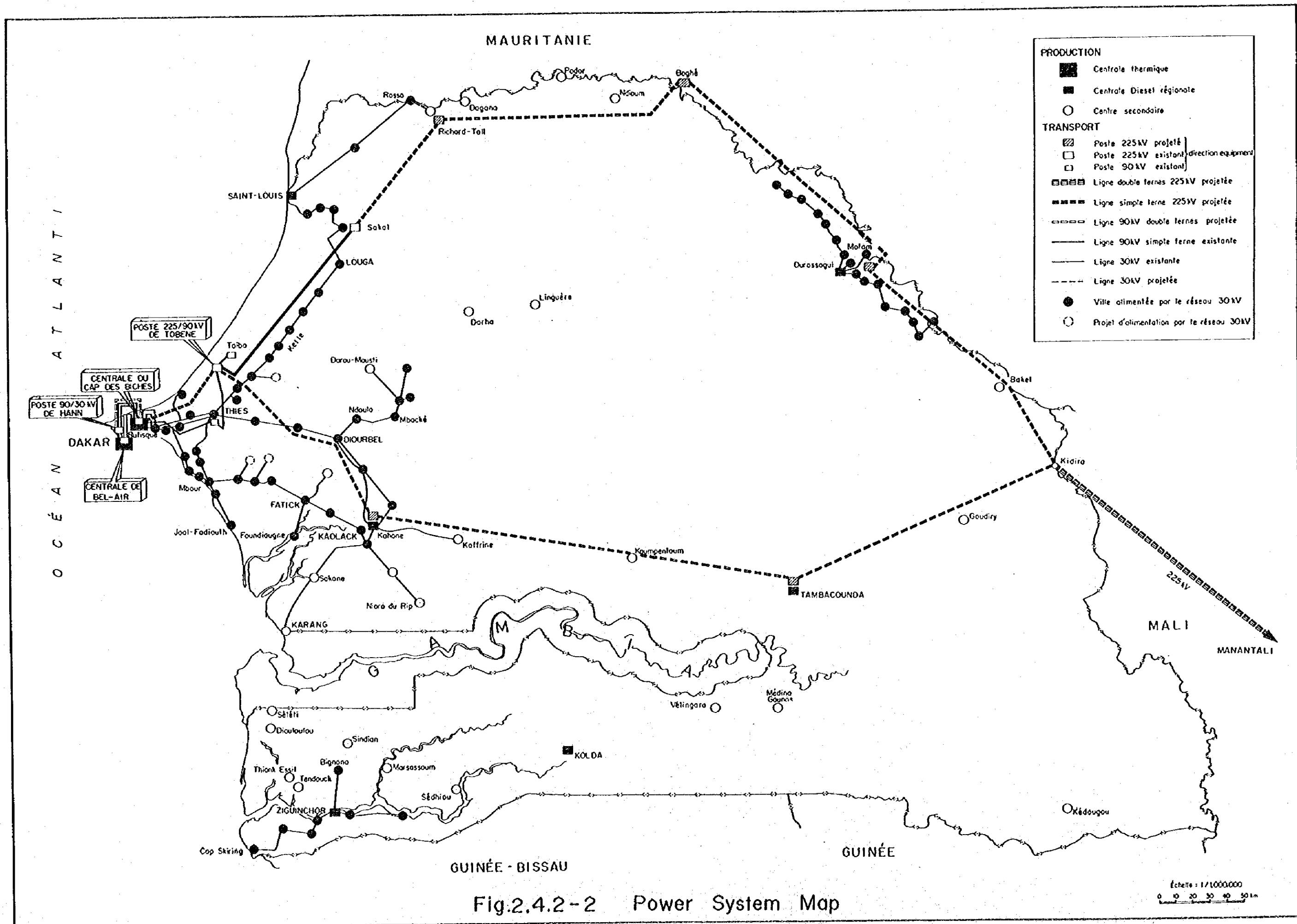


Fig. 2.4.2-1 Organization of SENELEC















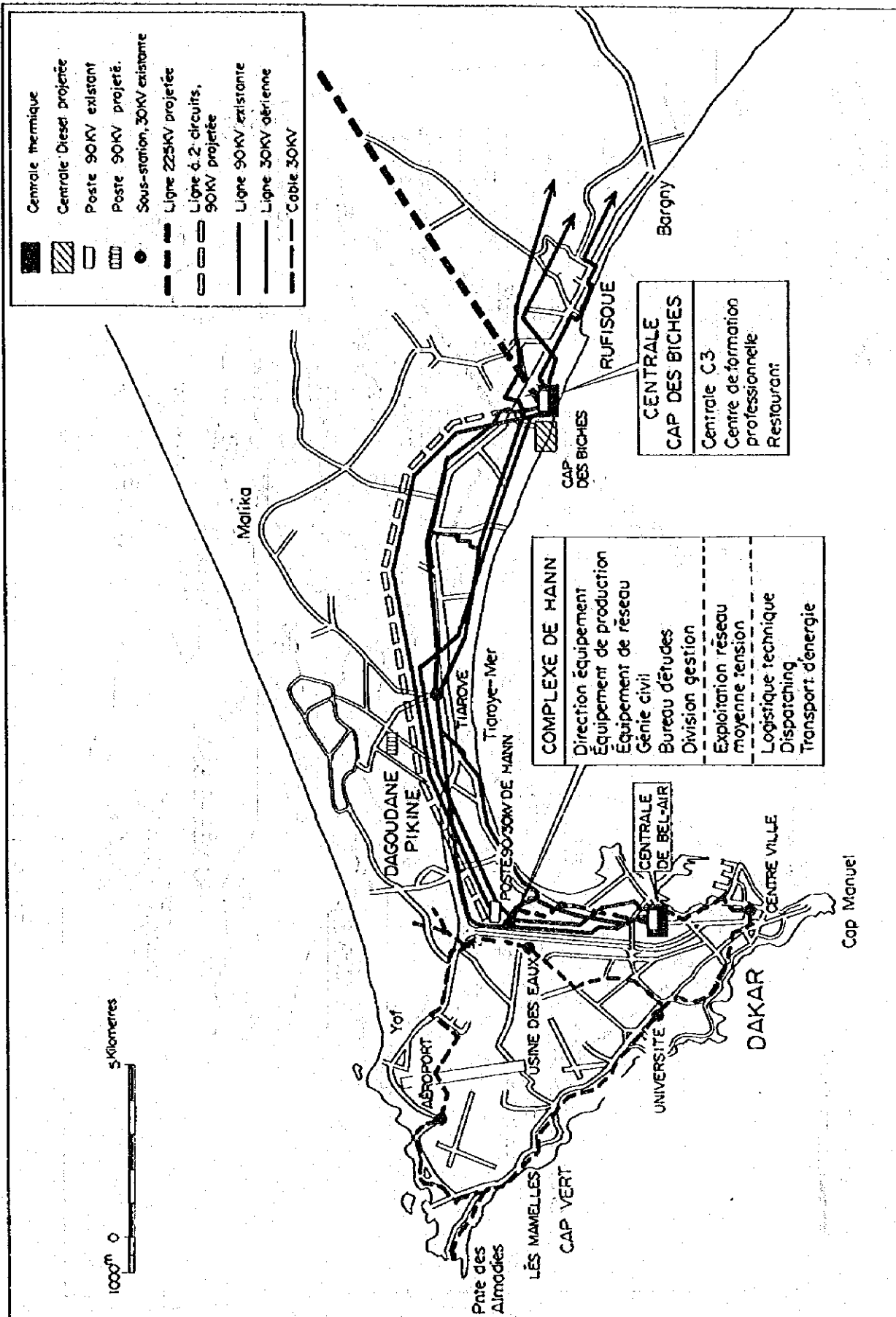


Fig.2.4.2-3 Power System Map of DAKAR Area

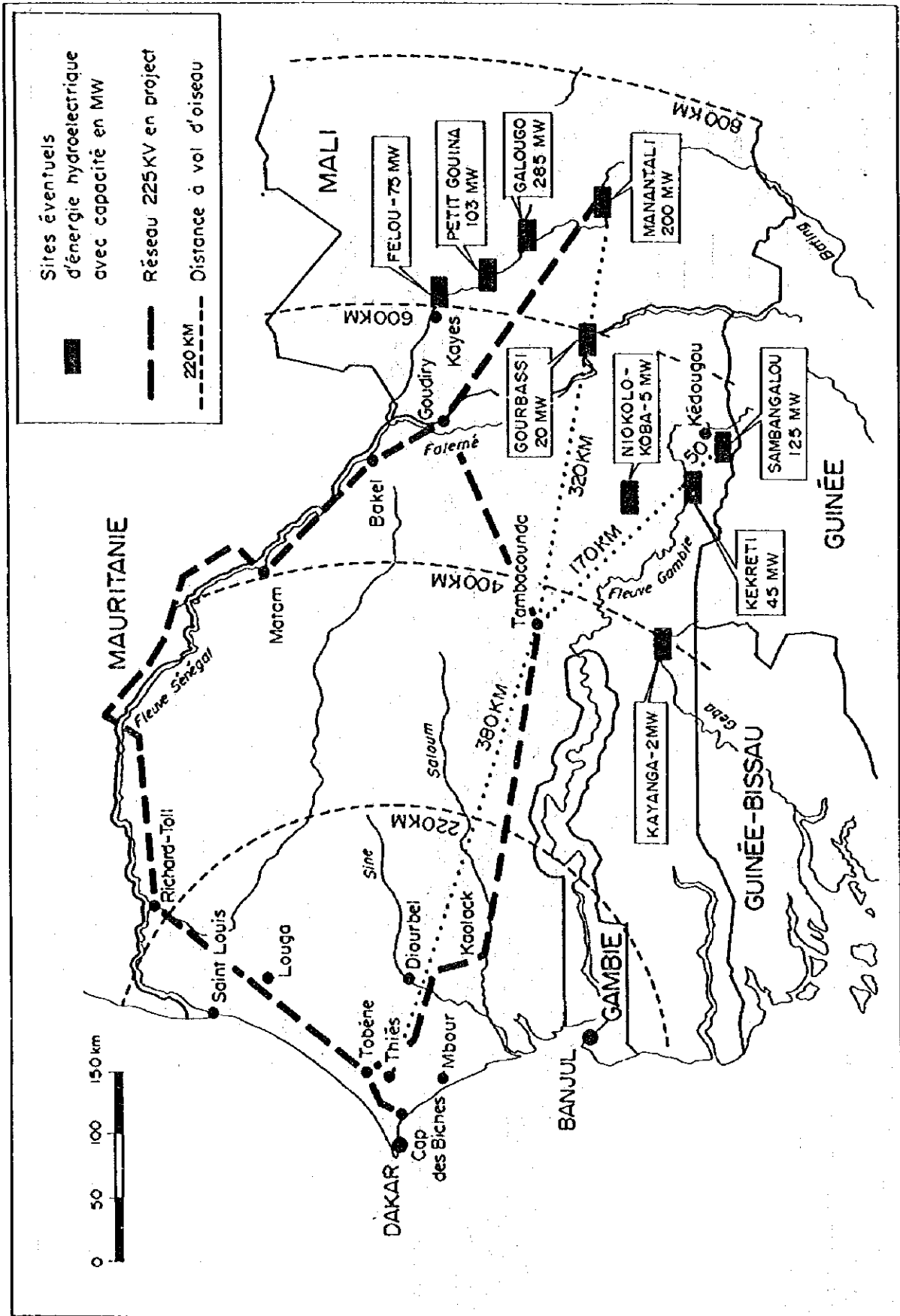


Fig.2.4.2-4 Hydroelectric Potential

## 第 3 章

### 既設設備の現状



## 第3章 既設設備の現状

既設設備の現状を詳細に把握し、最適発電計画を樹立するため Dakar 地域に於ける以下の諸設備について調査を行った。

- 発電設備
- 送電設備
- 配電設備
- 変電設備
- 通信及びコントロールセンター施設
- 保守用修理工場

### 3.1 発電設備

#### 3.1.1 Senegal 国の電力系統

Senegal 国の電力系統は、同国の電力公社である SENELEC により管理されており連系系統 (Reseau Interconnect = RI) 及び個別系統 (Centress Secondaries) で構成されている。連系系統は又、Saint-Louis 系統および Kaolack 系統を包含し主要系統 (Reseau General Interconnect = RGI) と呼ばれ前者は1994年中に、後者は1997年連系予定となっている。主要系統の発電設備は、すべて熱機関発電設備 (スチームタービン、ガスタービン及びディーゼル) により構成され1993年末現在、定格出力で251,200kW (連系系統 226,700kW)、可能出力で 201,000kW (連系系統 176,500kW) となっている。Table 3.1-1 は Bel-Air 及び Cap des Biches 設置の発電設備のボイラー、タービンの仕様を、Table 3.1-2 は主要系統に設置された発電設備の1993年末現在に於ける発電機容量、燃料消費率、潤滑油消費率及び運転開始年を示す。Table 3.1-3 は主要系統の既設発電設備の年度別展開を、Graph 3.1-1 は連系系統の発電設備の年度別展開をグラフで示す。連系系統の1993年に於ける尖頭負荷 (発電端) の可能出力 (Actual limit) に対する比率は、85.3% であるが、4.4 項で後述される供給制限の実体からはこの比率は更に高くなる。SBNBLEC に於ける発電設備の容量の定義には、定格容量 (Rated capacity)、経済容量 (Economical capacity)、可能容量 (Actual limit capacity)、短時間容量 (Short time capacity) の4つの定義の仕方があり以下のようにになっている。



- ・ 定格容量：設備出力 (Installed capacity) を意味する。
- ・ 経済容量：SBNBLEC の説明では“定格容量の約 90% の容量であり最も効率の高い燃料消費率を示す容量”となっており、実際の運転もこの容量で又はこれ以下で行っている。銘板からは経済容量の値は得られないが、発電用 4 サイクルディーゼル機関の燃料消費率と負荷率による変化から、SBNBLEC の場合約 90% 負荷率で最低燃料消費率を示す特性の発電設備機器といえる。

- ・ 可能容量：現時点で出力可能な容量を示す。
- ・ 短時間定格：ディーゼルに適用され、定格容量を上回って運転出来る容量をいい、運転継続時間は 1 時間がとられる。過去短時間運転の経験を有するが現在では行っていない。

その他地域の電力系統は、個別系統 (Centres Secondaries) と呼ばれ全国に多数存在するが、比較的電力規模の大きい系統としては Ziguinchor 系統及び Tambacouda 系統がある。

### 3.1.2 SBNBLEC の発電設備

1993年時点での SBNBLEC の発電設備は以下の通りである。

#### (1) 連系系統 (RI)

連系系統に於ける発電設備は、Dakar 地区の Bel-Air 発電所及び Rufisque 地区の Cap des Biches 発電所の 2 カ所である。

##### a. Bel-Air 発電所

1953年から1961年に設備された汽力発電設備及び1991年日本国からの無償援助によるディーゼル発電設備が設けられており、合計発電力は定格で 61,200kW、経済運転で 49,000kW、可能発電運転で 40,000kW となっており最も古い設備では既に42年 (1994年現在) の運転実績を有し耐用年数を越えているにも拘わらず新設設備の投入遅れから未だに運転せざるを得ない状況を呈している。

汽力発電設備の建物もかなり老朽化 (地階の床の漏油による汚れ、蒸気配管の腐食等) が目立ちかつ出力低下 (GI011においては定格 12,800kW にたいし可能出力は 5,000kW である) もあり早期に廃棄することが勧められる。

屋外開閉所の電気設備についても、発電設備同様主要変圧器類の漏油、裸銅線の緑青の発生、機器の砂類による汚れ等が見られる。発電機用変圧器は Sem Brown Boveri の1965年製の Auto-Transformer が設置されており、電圧は上限 (Upper)

は7,375V、中間(Medium)は6,860V、下限(Lower)は6,345Vの11ステップの標準的タップとなっている。

Fig. 3.1-1 は当発電所の平面図を示す。

#### b. Cap des Biches 発電所

1966年から1972年に設備された汽力発電設備、1972年及び1984年に設備されたガスタービン発電設備及び1990年に設置されたディーゼル発電設備が設けられており、合計発電力は定格で165,000kW、経済運転で148,000kW、可能発電運転で136,500kWとなっており最も古い設備では既に29年(1994年現在)の運転実績を有し耐用年数を越えているが Bel-Air 発電所の旧式設備と同じく新設設備の投入遅れから運転を止めることが出来ない状況となっているが、SBNBLEC 電力公社の Dakar地区に於ける重要電源供給基地としての役割を担っている。

屋外開閉所の電気設備については、特に主要変圧器類の漏油、裸銅線の緑青の発生、機器の砂類による汚れ等が目立つ。

Fig. 3.1-2 は当発電所の平面図を示す。

### (2) Saint-Louis 系統

1979年から1980年に設備されたディーゼル油を燃料とする高速ディーゼル発電設備4台が設備されており、合計発電力は定格で10,500kW、経済運転で9,450kW、可能発電運転で10,500kWとなっており1994年連系系統に連系後はガスタービン発電設備の代替運転の役割を担っている。

### (3) Kaolack 系統

1982年から1988年に設備された中速ディーゼル発電設備4台が Kahone 発電所内に設備されており、合計発電力は定格で14,000kW、経済運転で12,600kW、可能発電運転で14,000kWとなっており、1997年には Tobene~Kahone 間の225kV設計の送電線(90kV運用)により連系系統に連系される。連系後は Bel-Air 発電所の古い設備の代替運転役割を担うことになっている。

### (4) 個別系統

個別系統発電設備については、調査外のため実施していない。

## 3.1.3 発電所の立地環境

### a. Bel-Air 発電所

Bel-Air 発電所は、Industry Zone の Felix Bboue 通りに面しており、発電所

の回りは工場の建物が並んでいて、港湾設備の密集する海岸に近く、スチームタービン発電機の運転による排気ガスや未燃焼成分の煙突からの放散が、時には隣接する工場の方向へ向かうこともある。

#### b. Cap des Biches 発電所

Cap des Biches 発電所は、Dakar 市内より約 20km 東 Rufisque ゾーン内の大西洋岸に位置しており、Bel-Air 発電所と同様に蒸気タービンの運転による排気ガスの放散はかなりの臭気を感知することもあるが、付近に民家がないので今の所問題にはなっていない。

### 3.1.4 燃料供給

連系系統の Bel-Air 及び Cap des Biches 両発電所への重油供給は、SAR (Societe Africaine de Raffinage) の工場から直接パイプラインで輸送されており、軽油はトラック輸送を行っている。

燃料輸送用の埋設パイプの保守は、SARにより実施される。

## 3.2 送電設備

### 3.2.1 電力系統の概要

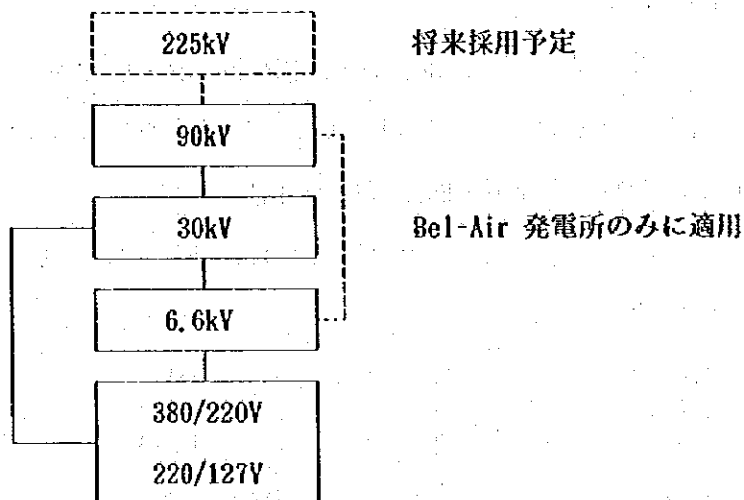
2.4.2.3 項“電力設備”に記載のように、SENLEEC の電力系統は、首都 Dakar 市と地方都市 Saint-Louis、Kaolack を中心とした主要系統(RGI) と、それぞれ独立した全国 20 地域 (1993年現在) の個別系統に大別される。

主要系統は、大西洋に面した地域 Dakar、Rufisque、Thies、Taiba、Saint-Louis 及び Kaolack の各都市に電力供給を行っており、この内特に 90kV 送電線で結ばれた Dakar ~Rufisque~Thies ~Taiba 地域は、連系系統 (RI) と称されている。

又、Tobene~Sakal 間においては、現在 90kV で運転しているが、送電線は 225 kV 設計となっており将来 225kV に昇圧を計画している。

Saint-Louis 及び Kaolack の 2 地域は、それぞれ 30kV 送電線で各地域内の電力供給を行い、また Dakar 系統と 30kV 送電線で結ばれているが、常時は単独で運用されており、Dakar 系統から Saint-Louis 及び Kaolack 系統へ、またその逆への電力供給は行っていない。

SENBLEC に於ける送電及び配電電圧を以下に示す。



注) Dakar 地域においては、30kV 線路は配電線に分類され、その他の地域においては送電線に分類される。

### 3.2.2 送電設備

#### (1) 225kV 送電線

Senegal、Mali および Mauritanie の共同事業で国境沿いに 225kV 送電線の建設が計画されている。本送電線の目的は、現在、Mali の Manantali に建設されている出力 200MW の水力発電所の電力を上記3ヵ国へ供給するための設備であり、2000年に完成予定である。Fig. 3.2-1 は Manantali 共同開発による関連送電系統図を示す。

1994年9月現在、Tobene と Sakal 間の 225kV 2回線設計の送電線の架線工事を終了し、現在 90kV にて運転している。

#### (2) 90kV 送電線

90kV 送電線によって連系されている発電所は、Dakar 地域内の2発電所 (Bel-Air、Cap des Biches) および1変電所 (Hann)、Thies および Tobene の両変電所である。主要系統に於ける 90kV 送電系統の詳細を Fig. 3.2-2 に示す。

#### (3) 30kV 送電線

Dakar 系統、Saint-Louis および Kaolack 系統の主要3系統は 30kV 送電線によって連系されている。しかしながら、常時単独運転をしており各地域間の電力融通は実施していない。

### 3.2.3 設備概要

#### (1) 送電線の設備概要

Cap des Biches 発電所～Hann 系統変電所間、および Hann 系統変電所～Bel-Air 発電所間は 90kV 送電線で結ばれている。以下に 90kV 送電線の設備概要を示す。

##### 1) Cap des Biches 発電所～Hann 系統変電所

	C. D. B～Hann(1)	C. D. B～Hann(2)	C. D. B～Hann(3)
a. 運開年度	: 1959	1970	1990
b. 線路亘長	: 18km	18km	18km
c. 回線数	: 1 cct	1 cct	2 cct
d. 電線種類	: 鋼心アルミ合金より線	同左	同左
e. 電線サイズ	: 288mm <sup>2</sup>	288mm <sup>2</sup>	366mm <sup>2</sup>
f. 架空地線種類	: アルミ覆鋼線	—	アルミ覆鋼線
g. 架空地線サイズ	: 94.1mm <sup>2</sup>	—	94.1mm <sup>2</sup>

##### 2) Hann系統変電所～Bel-Air 発電所

	Hann～Bel-Air(1)	Hann～Bel-Air(2)
a. 運開年度	: 1953	1970および1990
b. 線路亘長	: 5km	5km
c. 回線数	: 1 cct	2 cct (1回線は未接続)
d. 電線種類	: 鋼心アルミ合金より線	同左
e. 電線サイズ	: 288mm <sup>2</sup>	288mm <sup>2</sup>
f. 架空地線種類	: アルミ覆鋼線	同左
g. 架空地線サイズ	: 94.1mm <sup>2</sup>	同左

#### (2) 支持物

Dakar 地区の 90kV 送電線の支持物として、一般地域においては鉄塔（1回線および2回線装柱）が採用され、人家密集地および建設用地取得の困難な地点においては、12角形のモノポールが採用されている。電線の最低地上高として 8.5m が採用されている。既設鉄塔形状図を Fig. 3.2-3 に示す。

#### (3) 罫子

250mm 懸垂罫子及び 330mm エアロタイプの罫子が採用されており、両方ともガラス製である。

#### (4) 塩害対策

Cap des Biches 発電所～Hann 系統変電所間、及び Hann 系統変電所～Bel-Air 発電所間の 90kV 送電線ルートは海岸に近く、碍子に対する塩分付着が問題となっており、その対策として年一回の割合で碍子のクリーニングを実施している。

### 3.3 配電設備

各配電用変電所から 3 相 3 線式で 30kV および 6.6kV の電圧にて各地区に設置された配電用 Poste に電力供給され、中圧あるいは低圧にて各需要家に供給されている。

なお、本報告書中の記述に関して、変電所(Poste) に関連した用語を以下のように理解する。

#### a. 系統変電所

- Bel-Air(90kV/30kV/6.6kV)
- Hann(90kV/30kV)
- Cap des Biches(90kV/30kV)

#### b. 配電用変電所(30kV/6.6 kV)

- Usine des Baux
- Thiaroye
- Aeroport Yoff
- Centre Ville
- Universite

#### c. 配電用 Poste

一般需要家に供給する 30kV/低圧、および 6.6kV/低圧のすべての "Poste"。

#### (1) 中圧配電網

##### 1) 30kV 配電線

Dakar 地域の1994年12月現在における 30kV 配電網を Figs. 3.3-1～3.3-2 に示す。各系統変電所における 30kV フィーダは以下のとおりである。

#### a. Bel-Air 系統変電所

- Hann

- Sipl

- Centre Ville

b. Hann 系統変電所

- Amerger

- Hann Pecheurs

- Centre Ville

- Bel-Air

- Hlm Patte D'ole

- Hann Labo

- Universite

- Aeroport Yoff

- Soprim

c. Cap des Biches 系統変電所

- Rufsac

- Sies

- Villa Cap des Biches

- Km 22

- Rufisque Nord

SBNELEC における、架空線、地中線別の 30kV フィーダは以下のとおりである。

架空線	148.84km
-----	----------

地中線	141.74km
-----	----------

合計	290.58km
----	----------

上記の内訳を Table 3.3-1 に示す。

2) 6.6kV 配電線

Dakar 地域の1994年12月現在における 6.6kV 配電網を Figs. 3.3-3 ~3.3-5 に示す。

SBNELEC における架空線、地中線別の 6.6kV フィーダは以下のとおりである。

架空線	124.54km
-----	----------

地中線	192.70km
-----	----------

合計	317.24km
----	----------

6.6kV フィーダの長さおよび架空線・地中線の分類を Table 3.3-2に示す。

## (2) 配電用 Poste

### 1) 配電用 Poste の種類

需要家への供給電圧 (380V/220、220V/127V) は、配電用 Poste において 30kV あるいは 6.6kV から降圧されている。この配電用 Poste はその所有者によって以下の 3 種類に区分されている。

- a. SENELEC 専用
- b. 需要家専用
- c. SENELEC および需要家共用

以下に、各所有者毎の配電用 Poste 数を示す。

	SENELEC 及び			
	SENELEC 専用	需要家専用	需要家共用	合計
30kV/低圧	136	160	2	298
6.6kV/低圧	370	420	40	830
合 計	506	580	42	1,128

上記数量の内訳を Table 3.3-2 および Table 3.3-3 に示す。また、上記の各 Poste の単線結線図を Fig. 3.3-6 に示す。

### 2) Poste の形状

配電用 Poste には、建屋の形状により新旧の 2 種類に分類される。建屋の高さが高く、引き込み線用がいしを外壁に取り付けた形状の Poste が旧方式である。一方、新方式の Poste は引き込み線用の電柱を Poste 建屋脇に建柱し、建屋の高さを低くした形状となっている。

### 3) 変圧器容量

1992年度における各配電用変電所に接続されている、SENELEC 所有の配電用変圧器の台数を Table 3.3-4 に示す。また、Table 3.3-5 に変圧器の容量毎の設置台数を示す。

## (3) 低圧配電線

各需要家への電力は、3相4線式で供給されている。なお、供給電圧は下記の 2 方式が混在している。

B1方式 ---- 3相4線 220V/127V

B2方式 ---- 3相4線 380V/220V



B1方式は旧式であり、早くから電化の実施された Dakar 市街地のほとんどが B1方式を採用している。現在、SBNBLEC は配電ロスの減少、供給電力量の増大をめざして B2方式への移行を実施中である。線路には架空線および地中線を採用しているが、採線を使った架空線においては、絶縁電線への取り替え工事を順次実施している。

(4) 配電線ルート

30kV 配電線に関して、Cap des Biches 発電所と Hann 系統変電所間の一部区間において、架空線が採用されているが、Dakar 市内においてはすべて地中線となっている。また、Dakar 市内の 6.6kV 配電線は架空線と地中線が混在しているが、SBNBLEC においてこの架空線を地中化するための工事を実施中である。

(5) 支持物

SBNBLEC においては、配電線の支持物として以下のものが採用されている。

- ・ コンクリート柱
- ・ H形鋼
- ・ 木柱

コンクリート柱は主に 30kV 配電線に使用されているが一部の 6.6kV 配電線においても使われている。H形鋼は Dakar 市内および郊外において、また木柱は主に郊外において 6.6kV および低圧配電線に使われている。

(6) 電 線

SBNBLEC の既設配電線に採用されている電線には小サイズのものも多く、そのために、1. 配電ロスの増大、2. 過大な電圧降下、3. フィーダの供給不足等の問題が発生している。これらの問題点を改善するために、SBNBLEC においてはリハビリテーション工事を実施中である。

(7) 罫 子

30kV および 6.6kV 配電線に採用されている罫子は以下のとおりである。

	30kV	6.6 kV
懸垂装置	250mm 懸垂罫子(4-5個連)	ピン罫子
耐張装置	250mm 懸垂罫子(4-5個連)	250mm 懸垂罫子(2-3個連)

(8) その他

1) 電力量計の修理・校正

計器課において電力量計の修理・校正実施しており、校正作業終了後計器課およ

び経済課 (Economical Control Section) の立ち会いのもとで、電力量計を封印している。

なお、校正時の許容誤差は  $\pm 3\%$  と定められている。

a. 一般需要家用

一般需要家用に取り付けられた電力量計の定期的な校正は実施していなが、以下の場合にのみ電力量計の校正を実施している。

- ・ 需要家からの連絡
- ・ 電力量計の故障
- ・ 抜き取り検査

b. 大口需要家用

大口需要家に取り付けられた電力量計は、原則として年1回校正を実施する。

また、需要家から依頼があれば実施している。

2) ケーブル接続

30kV 送電線の架空線とケーブルの接続点において、引き留めがいし連にアーキングホーンを取り付けケーブルを雷サージより保護している。避雷器は取り付けられていない。

3) 盗電

SENBLEC においては、以下の方法によって盗電に対処しており、発見次第電力供給を取り止める等により防止している。

- ・ 電力量計を封印する
- ・ 計器盤に鍵を取り付ける
- ・ 計器用変成器を収納したボックスに鍵を取り付ける

### 3.4 変電設備

本報告書においては、前項“配電設備”記載の通り、Dakar 地域の主要変電設備を3つの系統変電所及び5つの配電用変電所に分類する。

(1) 設備概要

3系統変電所及び5配電用変電所の設備概要を、Table 3.4-1 に示す。

(2) 単線結線図

各変電所の単線結線図を Fig. 3.4-1(1/5)~3.4-1(5/5) に示す。

### (3) 変圧器の運転

#### 1) 予備変圧器

SENELEC においては、変電所には常に1台の予備変圧器を設置するように計画されている。

#### 2) 変圧器の運用

変電所変圧器は、Thiaroye 変電所を除いて単独運転（一台運転、他は停止待機）方式により運用されている。Thiaroye 変電所は2台の変圧器の並列運転となっているが、これは負荷の増加に伴う変圧器容量不足（7,975kVA）のためである。変圧器の切り替えは無停電切り替えにより月毎に実施されている。

#### 3) 電圧調整

変圧器の電圧調整は、自動電圧調整装置（LRT）により高圧側電圧の調整を行うようになっている。2次側母線電圧は尖頭負荷帯及び非尖頭負荷帯に亘って規定値に保たれ、電圧に関しては自動電圧調整装置の調整範囲内で十分対処可能であり、現在のところ問題はないとのことである。

### (4) 母線運用方式

Bel-Air, Ilann 及び Cap des Biches 系統変電所は、二重母線方式による大容量変電所であるが、運用は単母線方式となっており、変圧器や母線の事故時系統に与える影響が大きいため、両母線運用方式とし事故時の影響を小さくすることが勧められる。

配電用変電所は単母線方式を採用しており、母線区分は遮断器ではなく断路器による方式となっているため変圧器切り替え等系統操作が複雑となる。

## 3.5 通信設備及びコントロール施設

### 3.5.1 通信設備

連系系統の主要部分を成す Dakar 地区の電力系統制御には、90kV 以上の送電網の監視制御を行う給電指令所(Load Dispatch Center)と、30kV 以下の配電網の監視制御を行う配電コントロールセンターがある。

給電指令所の通信設備は、PLC システムにより、配電コントロールセンターは、VHF 無線電話回線システムにより構成され、給電運用及び保守用電話として利用されている。

## (1) PLC システム

すべての 90kV 送電線には、PLC 装置が設置されており、これを利用した通信回線は下記の用途に利用されている。

- ・ 給電用電話
- ・ 送電線保護継電装置用
- ・ 発電所用情報伝送装置用

Fig. 3.5-1 は、SENBLEC の PLC 通信回線網を示したものである。Fig. 3.5-2 は PLC 通信回線図の詳細を、Fig. 3.5-3 は PLC 回線の周波数割り当てを示す。

### 1) 給電用電話

給電用電話設備は、給電指令所用及び配電コントロールセンター用と、それぞれの被遠方制御発電所と連絡がとれるようになっている。

### 2) 送電線保護継電装置用

90kV 送電線の保護継電装置には、搬送保護継電装置が使用されており、单相再閉路及び三相再閉路が可能のようにチャンネルが割り当てられている。

### 3) 発電所用情報伝送装置用

確実な系統運用を達成するために、必要不可欠な情報伝送用回線が、Hann 変電所設置の給電所用情報伝送機器との間に構成されており、被遠方制御発電所からの上り情報の処理、下り制御情報の送信に使用されている。

Bel-Air 発電所設置の PLC 装置(ABB製)用結合装置の仕様を以下に示す。

- 結合コンデンサ容量 : 10,000pF
- 1次側インピーダンス : 240Ω
- 2次側インピーダンス : 75Ω
- 使用周波数 : 52 ~ 500kHz

## (2) VHF 無線遠方監視制御システム

Dakar 地区にある 1,251 箇所の配電用 Poste のうち、34 配電用 Poste が VHF 無線遠方監視制御システムを利用して Hann 変電所構内設置の配電コントロールセンターから遠方監視制御されている。

遠方監視制御システムは、配電コントロールセンター設置の情報処理装置と被遠方制御変電所に設置された遠方端末装置(Remote Terminal Unit)を 170MHz 帯 VHF 無線回線を利用した情報伝送回線によって結び、機器運転情報の監視、遮断器の開閉等

制御情報の送信を行うものである。VHF 無線回線の場合、電波の伝搬特性の変動などにより、他回線との混信がおり、誤信号のため誤動作を引き起こすことが懸念されるが、特殊コードの使用により1990年の運用開始以来誤動作は起きていないとのことである。

VHF 無線回線の場合見通し外通信が可能であり、コストが少なくすむ利点があるが、問題点として特に Dakar 市内に設置されている変電所の場合、高層建物の建造により、必要な電界強度が得られなくなって、通信不能に陥るケースが発生している。

### (3) Dakar 地区 VHF 無線電話システム

給電指令所及び配電コントロールセンターと Dakar 地区の発電所、移動車及び携帯電話器を結ぶ 170MHz 帯 VHF 無線電話回線が Les Mamelles 中継局(Dakarより西北方向の海岸添いの山の頂上に設置)を介して構成されている。プレトーク方式の電話回線2チャンネルの1つは低圧(380V及び220V)配電線の保守用であり、他は送電線および中圧配電線の保守用として使用されている。

### (4) 地方(Dakar 地区周辺) VHF 無線電話システム

給電指令所及び配電コントロールセンターと Dakar 地区周辺の発電所、移動車及び携帯電話を結ぶ 170MHz 帯 VHF 無線電話回線、プレトーク方式の電話回線1チャンネルが構成されている。

## 3.5.2 コントロール施設

### (1) 給電指令所

給電指令所は、SBNELEC の連系系統で1カ所 Hann 変電所内に設置されており、90kV 送電系統及び全発電所の給電指令を行っており、被遠方制御発電所としては、プロジェクト区域では Bel-Air、Hann、Cap des Biches の3カ所、プロジェクト区域外としては、Thiona、Tobene の2カ所である。

#### 1) 給電指令施設

給電指令所は、主要機器として、19インチカラーCRT 付きワークステーション2台、数台のプリンター(ハードコピーを兼ねる)、簡易系統監視盤、記録計盤及び監視卓により構成されている。

##### a. ワークステーション

ファイル管理システム(送電ファイル、発電ファイルなど)に、情報伝送回線により得られた機器運転情報を管理している。オペレーターに分かり易い画面を

多数用意し、迅速な処理が行われている。

データ収集項目は以下のようである。

#### アナログ情報

有効電力、無効電力、電圧及び周波数

#### デジタル情報

遮断器、断路器、線路側接地断路器、故障シグナル

#### パルスデータ

パルスデータは収集していない。

#### b. プリンター

ドットインパクトタイプである。

#### c. 簡易系統監視盤

自動照光式ではなく、手動操作式である。

#### d. 記録計盤

記録計盤に取り付けの各種記録計は、殆どが停止している。

#### e. 監視卓

電話器盤及びライティングスペース(writing space)を持っている。

### 2) 給電指令所の業務

給電指令所業務の最も重要な任務は、経済的発電のコーディネーション及び経済的な送電である。遠方制御については、無人変電所である Thiona 及び Tobene の遮断器の操作及び保護継電装置の使用・不使用操作を行う。以下が給電指令所の主要な業務である。

#### a. 自動系統周波数制御

自動系統周波数制御運転は無く、下記の標準に基づき指令所員が、周波数メーターを見ながら Bel-Air 及び Cap des Biches に電話連絡により、経済的発電に該当する発電機出力の上げ下げ指令を伝える。発電所側では連絡を受けた発電機の出力を手動で調整し、周波数を規定値に戻す。

- ・ 系統周波数：2% (49~50Hz)
- ・ 送電線電圧：±10%
- ・ 配電線電圧：±10%

#### b. 発電スケジュール

翌日の発電スケジュールを、“最も経済性の高い発電設備から運転する”の原則に従い作成し、Bel-Air、Cap des Biches、Kahone、Saint-Louis に FAX 伝送する。発電所側では伝送された内容に従い運転計画を実行する。Fig. 3.5-4 に 1994年 8月27日の発電スケジュールを示す。

#### c. 系統電圧調整

系統電圧調整機能は無く、各発電所で発電機電圧を手動で調整することにより系統母線電圧を規定内に維持し、微調整は各変電所設置の LRT（負荷時自動電圧調整装置）により行う。

#### d. 系統構成

SENLEC の系統構成は、片母線運用方式が原則である。一般にとられる母線運用方式は、作業時又は特別な理由がない以外は、両母線運用が原則であり、何らかの理由で母線に事故が発生した場合でも片母線のみ切り離し、残りの母線で運用を続ける方式である。今後、系統が増大するにつれて、両母線運用方式にて運用することが勧められる。

#### e. ファイル管理システムの維持

各種ファイルの管理を行う。

### 3) 連系系統の潮流

連系系統に於ける、潮流状況は給電指令所の制御システムで用意されている Overview Display により見ることが出来る。Fig. 3.5-5(1)は Bel-Air 発電所の運転状況を、Fig. 3.5-5(2)は Cap des Biches 発電所の運転状況、Fig. 3.5-5(3)は Hann 変電所の潮流状況を、Fig. 3.5-5(4)は連系系統の潮流状況をそれぞれ示す。

#### a. 発電機力率

Bel-Air の 8月の調査時点（11時58分）での発電機運転の状況は以下のようになっている。

- G105 : 有効 4.1MW、無効 2.7MVar、力率 83.5%
- G106 : 停止中
- G102 : 有効 8.2MW、無効 4.5MVar、力率 87.7%
- G103 : 有効10.5MW、無効 4.3MVar、力率 92.5%

- G104 : 有効 5.0MW、無効-1.3MVar、力率-97.7%

Cap des Bichesの状況は以下のようになっている。

- Gen. 1 : 有効20.8MW、無効 0MVar、力率100.0%
- Gen. 2 : 有効18.3MW、無効 8.5MVar、力率 90.7%
- Gen. 3 : 有効11.3MW、無効 0MVar、力率100.0%
- Gen. 4 : 有効11.3MW、無効 5.7MVar、力率 89.2%
- Gen. 5 : 有効 8.8MW、無効17.3MVar、力率 45.3%
- Gen. 6 : 有効15.4MW、無効 1.6MVar、力率 99.4%

上記のように発電機力率は、Cap des Biches の Gen. 5(45.3%)の特別なケースを除いて 80% 以上で運転している。尖頭負荷時のデータが不明のためもあるが、給電指令者および発電所運転員によれば、総じて連系系統の母線電圧維持は、発電機電圧の調整により可能であるとの判断をしているとのことである。この原因として Dakar 地域の配電網は、ケーブルの敷設亘長が長いこともあり、電圧の維持が比較的容易であること、90kV 送電線の容量に余裕があることも影響しているといえる。

#### b. 母線電圧

母線電圧は実績からみると、規定値の 90kV に対して Bel-Air 発電所で 91.7kV、Cap des Biches 発電所で 92.0kV、Hann 変電所で 92.6kV であり、高めに持ち上げて運転していることが分かる。前項との関連から、連系系統は将来調相設備を Hann 変電所に必要となることが予想される。

#### c. 系統周波数

系統周波数の維持は、SENBLEC の標準に従い、1Hz 以内に保つように手動調整されるが、1993年に於いて変動の激しい動きとなった代表日の実績を Fig. 3.5-6 に示す。本チャートより以下が要約される。

- 深夜帯の変動は非常に少ない。
- 尖頭負荷帯の負荷変動は一般にゼロから数分迄の微少変動分 (cyclic load)、数分から10分迄の短周期変動分 (fringe load)、10数分以上の長期変動分 (sustained load) に分けられるが、周波数チャートからは、短周期成分の場合約  $\pm 0.4\text{Hz}$  (負荷にして約  $\pm 5\text{MW}$ ) であり、今後系統の増大と共に変動幅の増加も予想される。ガスタービンのように周波数応答性の