社会開発協力部

No. 2

ニジェール共和国

ニアメ第二発電所拡張計画

基本設計調査報告書

1980年8月

国際協力事業団

開
80 137

JICA LIBRARY
1064677[6]

ニジェール共和国

ニアメ第二発電所拡張計画

基本設計調査報告書

1980年8月

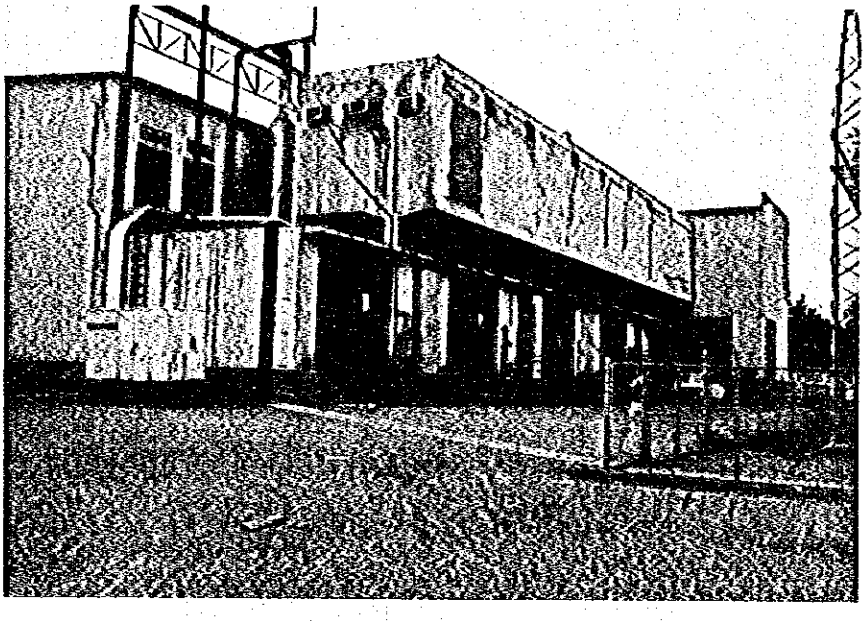
国 際 協 力 事 業 団

国際協力事業団

受入月日	'87. 5. 26	523
		643
登録No.	16480	SDS

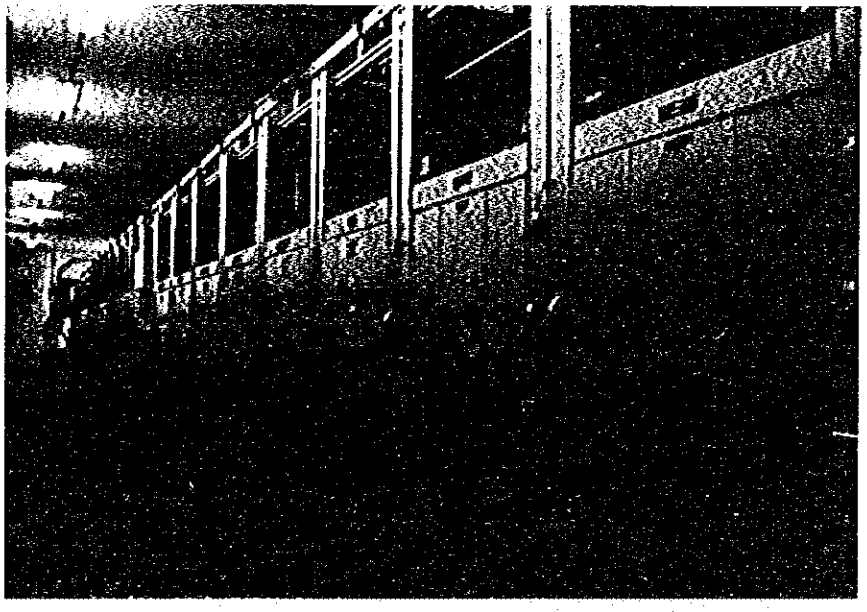
SITE D'IMPLANTATION

建設予定地点全景



CENTRALE DE NIAMEY II

ニヤメ第二発電所



RACCORDEMENT A 15 kV

15 KV キュービクルボード

MALI

PROJET DE KANDADJI

NIGER

TILLABERY

PROJET DE NIAMEY II

NIAMEY

HAUTE VOLTA

Sirba

SAY

DOSSO

Sokoto

SOKOTO

OUAGADOUGOU

Fada-N'Gourma

BIRNIN-KEBBI

12°

ABIDJAN

Gaya

Ka

NIGER

NIGÉRIA

Kandi

Bolgatanga

DAHOMEY

Kontagora

Mariga

BARRAGE DE KAINDJI

White Volta

Tamale

Parakou

Kadune

Sokodé

TOGO

Ouémé

Ilorin

8°

GHANA

IBADAN

Kumasi

Ijebu Ode

PORTO NOVO

COTONOU

LAGOS

Benin City

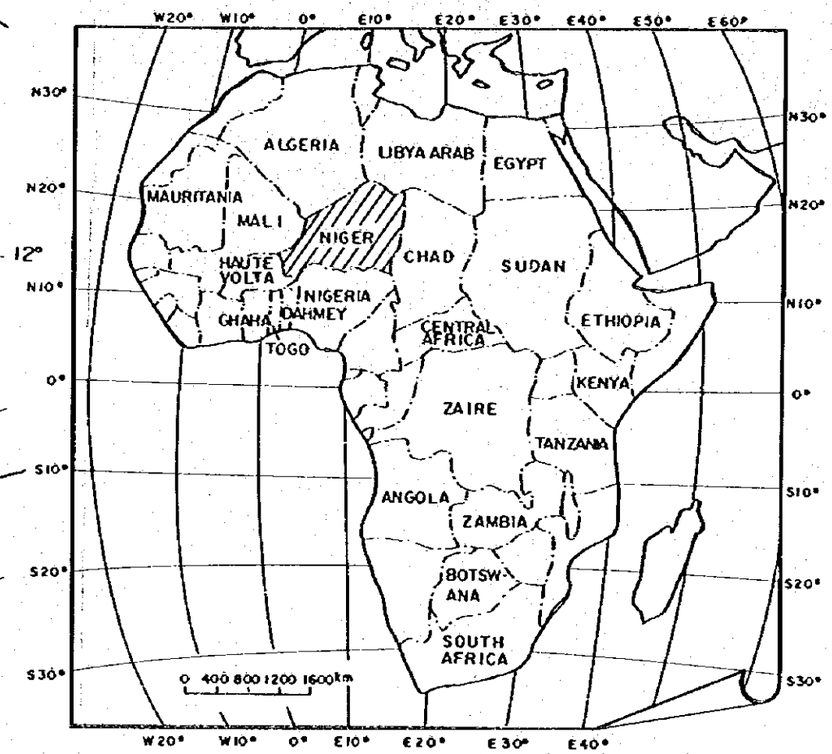
LOME

GOLFE DE GUINÉE

PORT HARCOURT

0°

4°



0 50 100 150 200 250km

凡例

河川
道路
首都
主要都市
国境
66kV 送電線
132kV 送電線
330kV 送電線

位置図

序　　文

日本国政府は、ニジェール共和国政府の要請に基づき、同国のガスタービン発電所拡充計画にかかる調査を行なうことを決定し、昭和55年6月、国際協力事業団を通じ、外務省経済協力局経済協力第二課 高 野 保 夫 氏を団長とする基本設計調査団を派遣した。

今回の調査は、本計画がニジェール共和国の社会・経済開発5ケ年計画のなかでも公共性が高く、優先順位の高いプロジェクトとして位置付けられていることに鑑み、我国無償資金協力の候補案件として実施されたものである。

ニジェール共和国は、本計画を国家経済開発計画の要としており、本調査報告書に基づいた発電所の拡充による電力の利用が可能になれば、同国の国民生活の向上に大いに寄与するものと確信する次第である。

おわりに、本調査の実施に際し、積極的に御協力をいただいたニジェール共和国政府、在アビジャン日本大使館の各位に深甚なる謝意を表するとともに、調査団派遣に当り協力された関係各位及び調査団員各位に対し厚くお礼申し上げる。

昭和55年8月

国際協力事業団
総裁　有　田　圭　輔

目　　次

（写真－建設予定地点全景、ニアメ第二発電所、15KVキュービクルボード）
（位置図）
（序　文）
要　約
第1章　総　　論
1.1　調査の背景と経緯 …… 1
1.2　調査の目的と調査範囲 …… 2
1.3　報告書の構成 …… 2
1.4　調査日程 …… 2
1.5　結論と勧告 …… 4
第2章　自然的・経済的背景
2.1　地理的条件 …… 11
2.2　気候（全国およびNiamey） …… 11
2.3　人口（全国およびNiamey） …… 12
2.4　国民経済 …… 12
2.5　財政と海外からの資金援助 …… 16
第3章　電力事業の現況
3.1　ニジェール電力公社（NIGELEC） …… 17
3.2　Niamey 地域の電力設備 …… 20
3.3　Niamey 地域の電力需給実績 …… 22
3.4　需要家および電化率 …… 23
第4章　Niamey 地域の電力需要予測と所要開発量
4.1　消費電力量の予測 …… 25
4.2　最大需要電力の予測 …… 26
4.3　所要開発量 …… 28
第5章　経済解析
5.1　解析の方法 …… 33
5.2　年間固定費 …… 33
5.3　燃　料　費 …… 35
5.4　運転時間数の経済的境界線 …… 36
5.5　増強出力の最適配分 …… 36
5.6　ガスタービン増設時期 …… 36

第6章　系統解析

6.1　概　　要（前提条件）…… 45

6.2　解析結果 …… 55

6.3　結　　論 …… 83

第7章　ガスタービン発電設備の基本設計

7.1　設計条件 …… 85

7.2　設計基準 …… 90

7.3　発電設備 …… 91

7.4　基礎工事 …… 95

第8章　工事工程

8.1　施工計画および工程…… 99

8.2　ＮＩＧＥＲ側が行なう工事 …… 100

第9章　工事費見積り

9.1　ガスタービンの価格構成 …… 103

9.2　ＣＩＦ価格および据付費のkW当り単価 …… 103

9.3　陸上輸送費 …… 104

9.4　基礎工事費 …… 104

9.5　概算総工事費 …… 105

付　　録

入手資料リスト …… 109

要　　約

本報告書の概要は次の通りである。

(1) 先ず結論として、Niamey第二発電所拡張計画は電力需給上1981年に実現することが必要であり、ジーゼルとの経済的比較によってガスタービンを採用することが妥当である。適正出力としては少くとも気温45℃で12MW即ち15MVISO以上の発電機であることが望ましい。また勧告としては、ニジェール電力公社(NIGELEC)によって発電所構内の整地工事および既設ガスオイル貯蔵タンクの継ぎこみ工事をコントラクターの工事開始までに行なっておく必要がある。

(2) この計画の背景としてのニジェール国およびNiamey地域の自然的環境は、年間雨量600㎜、最高気温45℃として要約される。また、経済的環境としては、総人口500万人一うちNiamey市26万人、1人当りGNP約84,000円という経済指標が挙げられ、経済構造は鉱産物特にウラニウム採掘に強く依存しているが、GNPの大宗(45%)は農業と牧畜である。

(3) NIGELECの組織は、本社5部、全国8営業所から成り、現有発電設備は設備出力26MW、保証出力22.5MWである。また送電線は132KVおよび66KVがあり、前者は264Km、後者は103Kmある。1981年～1987年の中期的電力需要予想の結果、尖頭負荷は1979年の27MWから1987年には59MWに増大する見込みであり、この期間中に廃止予定のジーゼル9MWを考慮すると、1987年までに少くとも46MWの新規電源の開発が必要となる。また、この46MWのうち、最初に保証出力12MWの電力を1981年中に開発しなければならない。

(4) ガスタービンとジーゼルの経済比較の結果、Niameyの電力系統は最大需要電力の64%まではジーゼル、残り36%はガスタービンとする出力構成が妥当である。従って、最初の12MW(1981年)はジーゼル、次の12MW(1982年)をガスタービンとするのが系統構成から見た場合は望ましいのであるが、工期上の観点および既設Niamey第二発電所の構内地形から見ると、ガスタービンを最初に増設するのが妥当であると総合的に判断される。

(5) 電圧調整、過渡安定度、短絡容量等の系統解析の結果、12MWのガスタービンを増設することによって既設送電線の運転に支障を生ずることはなく、既存送変電設備の増強は必要ない。

(6) 増設ガスタービンの基本設計としては、前述のように45℃において少くとも12MW

（15℃において15MWの設備出力）以上のガスタービンが望ましい。また、ガスタービンの型式としてはパッケージ型で、且つ現地において解体、部品取替え、再組立等が出来るよう、つまり将来の運転保守に便利な型が望ましい。

なお、ガスタービンの基礎構造物設計に当っては、地盤の地耐力および土質試験を実施する必要がある。

(7) 工期は発注後最低10.5～11か月は必要であり、設備出力15MWの所要総工事費は、設計監理費を含め約16億円と見積られる。

第 1 章　総　　論

1.1　調査の背景と経緯

1.2　調査の目的と調査範囲

1.3　調査団の構成

1.4　調査日程

1.5　結論と勧告

第１章　総　　論

1.1　調査の背景と経緯

ニジェール共和国においては、全国発電々力量の７０％以上が首都Niameyおよびその周辺地域において消費されている。同地域の最近の電力需要は急激な増勢を示しており、１９８０年５月の最大需要電力は前年度の２２.０ＭＷを大幅に上回り２７.０ＭＷに達したが、電力公社（ＮＩＧＥＬＥＣ）の発電所設備出力は２６.０ＭＷ、保証出力は２２.５ＭＷ程度にすぎない。

１９７６年１０月以降、この地域はナイジェリアのBirnin Kebbi 変電所と１３２ＫＶ１回線送電線で連系され、同国のKaindji ダム発電所より電力を輸入しているが、電力供給の安定性を確保するためには、常に、最大需要電力を上回る発電設備を自国内に保有していなければならない。このことは、国の"エネルギー独立"という見地から、現在実施中の５ケ年計画（１９７９－１９８３）においても特に強調されている。

ＮＩＧＥＬＥＣにおいては、上記の趨勢に対処するため、本年４月、設備出力１１.０ＭＷのガスタービンＧＴ－３５を運転開始させたが、引続いて増設を要する新規発電設備について、ニジェール政府は、かねてより日本政府に対し無償援助を要請している。

上記の要請をうけて、日本政府は、この発電所建設計画が無償援助の対象としての適格性を有するか否かを確認するため、国際協力事業団に対して所要の調査の実施方を委託し、同事業団は、１９８０年６月、㈱ＥＰＤＣインターナショナルに対して、現地調査の実施、並びに、その調査結果に基づく基本設計の作成を依頼した。

現地調査団は、外務省経済協力局経済協力第二課の高野保夫氏を団長とし、㈱ＥＰＤＣインターナショナルの専門家４名および国際協力事業団の職員１名の計６名を以て編成された。

現地調査団は、１９８０年６月２５日、Niameyに到着し、翌月７月３日まで、発電所地点および関連送・変電設備の実地踏査を行なうと共に、ＮＩＧＥＬＥＣの本部およびNiamey第二発電所において必要な資料および情報の収集を行なった。また、これらの調査と平行して、ニジェール政府の関係官庁と、今後の協力についての協議、打合せが行なわれた。現地調査による所見は、"中間報告書"にとりまとめられ、７月３日、ＮＩＧＥＬＥＣに提出された。

1.2 調査の目的と調査範囲

この報告書は、下記の諸事項を明確にすることを目的として作成されたものである。

(a) 日本政府が、この電力設備増強計画について、無償援助の対象としての結論を得るための下記事項の解明。

- 本計画の需給上の必要性と開発規模および開発時期
- 発電形式として、ガスタービンおよびジーゼルの経済的適合性の検討
- 援助効果

(b) 本計画が実施される場合の下記事項のスタディ。

- 本増強計画のための基本設計
- 本計画の実施に伴って生ずる電力系統への影響調査
- 工　期
- 所要資金の見積り

1.3 調査団の構成

調査団は外務省経済協力局経済協力第二課課長補佐高野保夫氏を団長として下記の通り編成された。

調査団構成

番号	氏名	担当業務	現職
1.	高野保夫	団長	外務省経済協力局経済協力第二課課長補佐
2.	柏原裕司	業務調整	国際協力事業団無償協力・調達部無償資金協力課
3.	小林哲郎	総括(経済分析)	株式会社ＥＰＤＣインターナショナル※
4.	磯田佳男	発電設備	〃
5.	土岐雄三	〃	〃
6.	都巧	電気	〃

※本調査には株式会社ＥＰＤＣインターナショナルが参加した。

1.4 調査日程

現地調査日程は日本で予め作成しておいたものを現地でNIGELECと協議し、最終的に次のように取決めた。

月　　日	内　　容
6月22日(日)	成田発23：00（JL−403）
23日(月)	パリ着
24日(火)	パリ発22：00（UT−831）
25日(水)	ニアメ着
	午　前
	外務省儀典長（代理）表敬訪問
	午　後
	NIGELEC副総裁（Boukary KANE氏）表敬訪問
	調査日程打合せ。質問事項リスト提出
26日(木)	午　前
	経済、商工業省次官表敬訪問
	外務省政務・国際協力局長表敬訪問
	午　後
	ニアメ第二発電所視察
27日(金)	ティラベリー（Tillabéry）変電所調査
	（Niamey〜Tillabéry間66KV送電線）
28日(土)	ドッソ（Dosso）変電所調査（132KV線との接続）
29日(日)	
30日(月)	ニアメ第二発電所で打合せ、資料収集
	（15KV母線遮断容量のチェック）
7月　1日(火)	午　前
	Niamey〜Say間送電線ルート調査
	（66KV線計画中）
	午　後
	ニアメ第二発電所補足調査
2日(水)	午　前
	NIGELEC本部にて打合せ、資料収集
	午　後
	追加資料収集

月　　日	内　　容
3日(木)	午　　前
	NIGELEC副総裁訪問
	追加資料収集
	午　　後
	公共事業大臣表敬
4日(金)	ニアメ発05：00(RK-029)→アビジャン着
	午　　前
	在象牙海岸共和国日本大使館に調査経過を報告
5日(土)	アビジャン発22：45(UT-826)→パリ着
6日(日)	パリ発14：00(JL-440)
7日(月)	成田着

1.5　結論と勧告

1.5.1　結　　論

(1)　電力需要予測

農業、牧畜の近代化、鉱工業の生産増大、食糧自給の達成等を目標に、合計6,330億F.CFA の投資金を以て国民総生産の年間成長率9.5％を達成せんとする経済、社会開発5ヶ年計画(1979～1983年)が現在進行中である。

Niamey地域の電力消費量は、過去および現在の経済開発に伴って1970～77年で年率11％の増勢を示し、最大需要電力も1978年の16.8MWに対して、1979年は22.0MW、1980年は27.0MWと急激な伸びを示している。

上記の経済発展予測をベースとして今後の電力需要を予測すると、1981～1987年の中期予測において消費電力量は年率12.6％で増加するものと想定され、その結果、1987年の最大需要電力は59.0MWと、現在の約22倍に増大するものと予想される。消費電力量および最大需要電力の年度別の増加予測は次の通りである。

年　　次	消費電力量	最大需要電力
	(GWh)	(MW)
1981	107.6	30.0
1982	121.2	34.0
1983	136.5	38.0
1984	153.7	43.0
1985	173.0	48.0
1986	194.8	53.0
1987	219.0	59.0

(2) Niamey 第一および第二発電所保証出力

Niamey 地域にはNiamey 第一発電所と第二発電所があり、両発電所の合計設備出力は、通常運転で25.8MW、ピーク運転で27.0MWあるが、その主力機器であるガスタービンの出力は気温の上昇に伴って低下するので、年間最大需要電力が発生する最暑期、例えば気温45℃の時には両発電所合計設備出力は約26.0MWに低下する。また、此処で注意すべきことは、この出力が常時保証されたものではないと云うことである。

第1に留意すべき点は老朽発電機の廃止である。既設ジーゼルのうちNiamey 第一発電所の1.2号機および第二発電所の1.2号機は1987年までの間に廃止せざるを得ないと思われる。第2に配慮すべき点は予備力の留保である。即ち、発電設備の定期点検、事故等を考慮し、既設々備の一部を予備力として留保することが供給の安定を確保するため必要である。予備力としては、系統構成を考えると、ジーゼル1基分3.5MWを留保するのが適当である。

以上の廃止発電設備および所要予備力を考慮すると、Niamey 地域の既設発電設備の年度別供給力は次の通りとなる。

年　次	現在供給力	廃止設備	予　備　力	残存供給力
	(MW)	(MW)	(MW)	(MW)
1981	26.0	−2.0	−3.5	20.5
1982	〃		−3.5	20.5
1983	〃		−3.5	20.5
1984	〃	−3.5	−3.5	17.0
1985	〃		−3.5	17.0
1986	〃	−3.5	−3.5	13.5
1987	〃		−3.5	13.5

(3) 輸入電力について

国内の発電設備の供給力不足をカバーするため、1976年、ニジェール国はナイジェリア国と協定を結び、同国のKaindjiダム発電所から1996年までの期間、30MWを限度とする電力輸入を受けることとなり、同年10月以来、ナイジェリアのBirnin Kebbi ～ Niamey間66KV1回線送電線を通じて輸入電力がNiameyに送電されている。

併しながら、この送電線は送電距離も長く（ニジェール領内だけで264Km）、1回線送電線なので信頼性に劣り、事実、停電事故は頻発している。

電力供給の安定性確保のためには、国際送電線に過度に依存するのは極めて危険である。国際間連系への期待は、事故時の応援補給とか、供給力の相互補完のための季節的融通に止めるのが正常の姿である。

従って、30MWまでの電力輸入が契約で保証されてはいても、自国内の供給設備としては、最大需要電力に対処し得るだけの出力を確保しておくことが必要である。

(4) 開発所要出力

以上により、1981～1987年の予測される最大需要電力と既存設備の供給力を対比すると、1987年までに、45.5MWの出力増強が必要なことがわかる。

所要増加出力の年度別内訳は次の通りである。

年　　次	最大需要電力	既存設備供給力	所要増加出力
	(MW)	(MW)	(MW)
1981	30.0	20.5	− 9.5
1982	34.0	20.5	−13.5
1983	38.0	20.5	−17.5
1984	43.0	17.0	−26.0
1985	48.0	17.0	−31.0
1986	53.0	13.5	−39.5
1987	59.0	13.5	−45.5

系統規模、経済性等を総合勘案すると、上記に対応する出力増強計画としては、単機容量12.0MW前後(ガスタービンの場合はISOの設備出力15.0MW)のものを、次のタイム・スケジュールに従って増設することが望ましい。

1981年9月末までに　12.0MW

1982年4月末までに　12.0MW

1984年9月末までに　12.0MW

1986年4月末までに　12.0MW

(5) ガスタービンおよびジーゼルの経済比較

上記期間中の出力増強のための発電手段としては、ガスタービンおよびジーゼル発電の2通りの方法があるが、ニジェール国の場合には、年間運転時間数1,140時間を境として、それ以下の運転時間数の場合にはガスタービンの設置が有利であり、それ以上の運転を要する場合には、ジーゼル発電所の増設が有利である。

Niamey地域の年間負荷持続曲線の形状を考慮すると、前項の所要増強設備12MW×4基のうち、1基はガスタービン、残り3基がジーゼル発電機となる。また、既存設備の型式別出力構成を考慮すると、最初の増設設備はジーゼルとし、2番目の増設設備をガスタービンとすべきこととなるが、次の事情を考慮すると、ガスタービンを最初に(1981年)設置することが適当である。

(a) 増設1号機は、国の電力事情改善のため可及的速やかに設置する必要があるが、ガスタービンの方が工期が可成り短くて済む。

(b) 系統運用の面から増設1号機はNiamey第二発電所の15KV(20KV)母線に接続するのが最も望ましい。この点、ジーゼルを同発電所構内に増設するのは、敷地その他の関係から物理的に困難であるが、ガスタービンの増設は可能である。

(c) ジーゼルよりも可成り安い投資額を以て当面の電力事情を改善し得る。

(6) 系統解析

電力潮流、安定度、短絡容量等の解析を行なった結果、次の結論が得られた。

(a) 電圧変動は±１０％の範囲内に納っている。タップ切換装置のタップ幅が±１５％であることを考慮すると、この変動幅で問題はない。

(b) １５KV母線の２次側 feeder の１線に３相地絡事故（３LGO）の発生を仮定して解析したが安定であった。

(c) １９８１年に増設ガスタービン１２MWを投入した場合の短絡容量は２１０MVAとなるが、これに対して既存設備の遮断容量は２５０MVAであるので問題はない。併し、若し、この発電所構内に更に追加１基１２MWを増設したと仮定すると、短絡容量は２６５MVA となるので、遮断器の取替えが必要となる。

(7) 工　　期

ガスタービン設置の所要工期は機器発注後、運転開始まで少くとも１０.５ケ月は必要である。一方、Niamey 地域の年間の最大需要は、通常、５月または１０月に発生する。従って、若し１９８１年の１０月の最大需要に間に合わせるためには、１９８０年１１月半ばまでに機器発注が必要である。

最短工期として考えられる１０.５ケ月の内訳は次の通りである。

－ 機器製作期間	４ケ月
－ 輸送期間	２.５ケ月
－ 据付、試運転	４ケ月
計	１０.５ケ月

(8) 総工事費

増設ガスタービンの所要出力は気温４５℃の時１２.０MW（設備出力１５MV ISO）以上であることが望ましいが、これを大幅に下回らない限り、考慮の対象となし得るであろう。設備出力１５MW（ISO）の場合の据付価格は概ね1,５２０,０００,０００円と見積られるが、設計監理費を含めて、総額1,６００,０００,０００,円の予算措置を講ずることが適当である。

(9) 無償援助の対象としての考察

ニジェール国においては、経済開発のための資金需要を賄うに当って、国内の資金調達能力の不足から、従来より外国からの多額の資金協力を必要としており、現在実施中の５ケ年計画（１９７９～８３）においても、総所要資金6,３２８億F.CFAの３６％を外国からの資金協力によって賄うよう計画されている。１９７４～７８年の実績では資金協力総額1,４５０億F.CFAのうち３５％が借款、６５％が無償援助であった。

同国に対して、日本はこれまで、トラック、トレーラー等の輸送用車輛、ブルドーザその他の建設機械を無償援助し、これら機器の性能に対して、ニジェール国内で非常に高い評価を得ており、これらの評価と期待が、本発電設備増強計画を日本の経済協力によって実現したいと云うニジェール政府の希望となったものである。

本発電計画は、プラントの建設と共にエンジニアリングの提供を伴うものである。従って、将来、技術協力の発展へ連る大きな可能性を包むものであり、その意味において極めて大きな援助効果が期待できる。

1.5.2 勧　　告

本ガスタービン増設計画の実施が決定された場合、以下の事項を勧告する。

① 追加地盤調査

発電所構内は、既に動力ペネトロメータによる貫入試験が実施され、結果が出ているが、土質調査資料が未だ不充分である。従って、コントラクターは基礎工事の詳細設計を行なうに当って、追加地盤調査を実施する必要がある。

② NIGELECが実施すべき工事

コントラクターが行なう給油パイプの工事は、ガスオイル貯蔵タンク出口のバルブ以降、および戻し油パイプのガスオイル貯蔵タンク直前のフランジまでである。貯蔵タンクより上記のバルブおよびフランジ取付けまでの工事は貯蔵タンクを空にして行なわなければならないので、NIGELECは12月－1月－2月の電力の軽負荷季節を選び、コントラクターの工事が始まるまでに当該工事を完了しておかなければならない。

また、ガスタービン設置予定区域の一部分が未だ盛立整地されていないので、コントラクターの工事が始まるまでに、これら整地工事を完了しておく必要がある。なおこの際、既設の排水溝を移設しておかねばならない。

第 2 章　自然的・経済的背景

2.1　地理的条件

2.2　気　　候（全国およびNiamey）

2.3　人　　口（全国およびNiamey）

2.4　国民経済

2.5　財政と海外からの資金援助

第 2 章　自然的・経済的背景

2.1 地理的条件

国土面積１２６.７万km² のニジェール共和国は、北はアルジェリアおよびリビア、東はチャド、南はナイジェリアおよびベナン、西はマリおよびオートボルタと国境を接する内陸国である。

東経０度から１６度、北緯１１.５度から２３.５度の間に位置し、ほぼ中央部にAir山地（最高峰Greboun山は標高２,０００m以上）があり、これを挟んで、南西部にNiger盆地南東部にTchad台地が拡がっている。

Air山地からTchad台地にかけての北東部地域一帯と、Air山地の西北部地域はSahara砂漠の一部をなし、起伏の多い荒涼とした砂丘地帯が続いている。

東部は草原地帯であり、遊牧民と家畜の群が散在する。

南部はサバンナ地帯で、南東部のTchad湖から首都Niameyにかけて、肥沃とは言えないが、この国の穀倉地帯となっており、全人口の９０％近くがこの地帯に住んでいる。

この国の南西部を流れるNiger河はナイル河およびザイール河と並んでアフリカの３大河川の一つである。本Niamey第三発電所ガスタービン増設計画の完成後、国のエネルギー経済の安定と独立確保のためニジェール政府が実施を計画しているKandadjiダム計画地点は、このNiger河のTillabéryの上流約１００Km付近に位置している。

2.2 気　　候

Tchadとの国境NguiguiからTanou、Tahouaを通ってMali国境に至る線を境として、それより北のサハラ気候と、それより南のサヘル性気候とに分れる。

北部地域は年間降雨量１００mm以下の乾燥した気候であり、年平均気温は最高３６℃、最低１８℃である。

Niamey、Dosso、Maradi、Zinder等の主要都市を含む南部地域は、１０月から５月まで８ケ月間の乾期と、６月から９月まで４ケ月間の雨期がある。乾期は北東部から東部に吹くサハラ砂漠の季節風の影響で気温は低下する。年間の降雨量は６００mm前後で８月の雨量が最も多く２００mm以上に達する。

気温は毎年４月と１０月に２つのピークを生じ、最高気温は４５℃に達する（１９６０～７０年の平均最高気温は４０.９℃）。年平均気温は２９℃である。大気圧は９８１～９８５mbarの間を変化し、平均９８４mbarである。湿度は最高９３％、平均６０％である。

2.3 人　口

１９７７年末に実施された国勢調査によると、総人口は5,０９９千人と記録されている。これを１９６０年の総人口3,240千人と比較すると、この期間中の年平均増加率は２.７％となる。併しながら、１９６０年前後の年間増加率２.６％に対して最近数年間のそれは、２.７４～２.７７％と増加しているので、１９７９～１９８３年の５ヶ年計画では年率2.77％の人口増加を推定している。ここで注目すべきことは都市への人口移動が顕著なことであって、１９７７／１９８０年における首都Niamey の人口増加率は年率１１.１％を記録しており、その他の４大都市、即ちAgades、Maradi、Tahoua、Zinderのそれも、農村部の増加率２.４％に対して5.９％の年増加率を示している。

５ヶ年計画によると、Niamey、Dosso等のNiger渓谷地帯の人口およびその他地域の人口趨勢は次表２－１のように予測されている。

表２－１　県別人口増加予測

県別	1977年		1983年		年平均
	人口	構成比	人口	構成比	増加率
	(1,000人)	(％)	(1,000人)	(％)	(％)
Niger河渓谷地帯					
Niamey	1,172	23.0	1,423	23.4	3.3
(Niamey市)	(255)	(5.0)	(399)	(6.6)	(10.0)
Dosso	693	13.6	799	13.4	2.4
小計	1,865	36.6	2,222	36.8	
その他地域					
Tahoua	994	19.5	1,126	18.8	2.1
Maradi	944	18.5	1,118	18.7	2.85
Zinder	1,004	19.7	1,178	19.7	2.7
Diffa	167	3.3	186	3.1	1.84
Agades	125	2.4	177	2.9	6
小計	3,234	63.4	3,785	63.2	
全国	5,099	100.0	6,007	100.0	2.77

2.4 国民経済

１９７４年から１９７８年に至るニジェール国の国民総生産は、Constant 価格ベースで年率7.７％の順調な成長率を示し、１９７８年に３８０.０×１０億F.CFA（429.4×１０億円）の生産額をあげた。併し、これを国民１人当りにすると、74,500F.CFA

（８４,２００円）にすぎない。

2.4.1 資源および産業

(1) 農業、牧畜

この国の経済の根幹を成しているのは農業と牧畜であり、国民総生産の４７.１％（１９７７年）を占めている。主要農産物はあわ、落花生、米、綿花等である。特に落花生と家畜は主要輸出品で外貨獲得の中心となっている。併し、農業と牧畜は自然条件、特に降雨量に左右される所が大きく、１９６９年より５年間続いた大旱魃では大きな被害を受けた。

(2) 鉱業、地下資源

現在、この国が最も期待しているのは地下資源の開発であり、特に、ウラン、燐鉱石、石炭の開発が経済発展の鍵をにぎっている。また、これらの鉱山開発は電力需要の将来の伸びにも大きく影響するものである。

(a) ウラニウム

推定埋蔵量は世界第４位と云われ、現在は勿論、今後長期間に亘り、この国の富の基幹を成すものと期待されている。埋蔵地は次の通りである。

○現在開発中の鉱山

Arlit(SOMAIR)	１９７１年操業開始
Akouta(COMINAX)	１９７８年操業開始

○近く開発予定されている鉱山

Tassa N'Taghalgue(SMTT)

Imouraren

Abkorum-Azelik

(b) 石　炭

Agades の北西部５０Kmの Anou-Ararenに１９６４年発見された石炭は、確定および推定埋蔵量6.3百万屯、このほか可能埋蔵量３百万屯以上と見積られている。保有熱量は3,６００cal／g で、火力発電所に使用可能なので、１９８１年より SONICHARによってこの石炭を使用する発電所を開発し、鉱山開発のための電力供給を行なうことが計画されている。

(c) 燐鉱石

次の２地区で燐鉱石が発見され、近く開発が計画されている。

○ Niamey の南方約１５０Kmの“W”国立公園内に鉱床が発見され、採掘可能埋蔵量は約２５０百万屯と推定されている。

○ Taoua の北西部約６０KmのAn Akkerに鉱床が発見されたが埋蔵量は未だ確定さ

れていない。

(d) 石油資源

N'Guigmi の北西部２００㎞のTin Touma で、１９７５年に探査ボーリングが油脈に逢着した。その後商業的開発可能量を確定するため、更に地震探査および探査ボーリングが続けられている。

(e) 鉄鉱石

Say 地方に推定埋蔵量６５０百万屯の鉱床が発見されたが、海岸線から遠隔なことが開発上の問題点となっている。

(3) 水力資源

冒頭に述べたように、Niger 河の水資源は、発電および農業開発の面から、ニジェール国の将来の経済発展に大きな役割りを持つものである。

2.4.2 国際収支

ニジェール国の総合収支は、１９７３年～１９７５年は僅かばかり黒字であり、１９７６年および１９７７年は可成りの黒字となったが、１９７８年には赤字に転じている。これを各項目別に見ると次の通りである。

(a) 財貨および役務等の貿易収支は常に赤字である。これは、機械設備の輸入が毎年増大傾向を辿り、ウラニウムの輸出増加を以てしてもこれを吸収し得ないからであって、この趨勢は今後なお、長期間、続くものと思われる。役務の内容は財貨の海上輸送費と保険がその主なるものであり、恒常的に赤字である。

(b) 無償移転収支（外国援助等の公的収支が大部分を占める）におけるプラスを含めても経常収支は毎年大幅の赤字である。この赤字は、非貨幣部門の資本導入（外国人投資および借款が主）によって毎年ほぼ規則的且つ大幅に吸収されている。

因みに、１９７３～１９７８年の国際収支の推移を示すと次の表２－２の通りである。

表2－2　国際収支の推移

（百万F.CFA）

項　目	1973	1974	1975	1976	1977	1978
○貿易収支	－9,742	－28,071	－15,484	－26,828	－27,000	－36,000
財　貨	(－9,009)	(－26,959)	(－11,448)	(－19,473)	(－16,500)	(－27,000)
役　務	(－733)	(－1,112)	(－4,036)	(－7,355)	(－10,500)	(－9,000)
○無償移転収支	＋15,250	＋24,851	＋13,664	＋21,707	＋16,000	＋15,200
民　間	(－2,696)	(－3,446)	(－3,510)	(－3,930)	(－5,000)	(－6,000)
政　府	(＋17,946)	(＋28,297)	(＋17,174)	(＋25,637)	(＋21,000)	(＋21,200)
経常収支	＋5,508	－3,220	－1,820	－5,121	－11,000	－20,800
○非貨幣部門収支	－602	＋6,149	＋7,291	＋9,324	＋16,000	＋18,000
民　間	(－2,556)	(＋3,261)	(＋3,540)	(＋7,174)	(＋12,000)	(＋13,000)
政　府	(＋1,954)	(＋2,888)	(＋3,751)	(＋2,150)	(＋4,000)	(＋5,000)
○誤謬、欠落その他	－4,036	－3,968	－5,214	＋3,252		
総合収支	＋870	－1,039	＋257	＋7,450	＋5,000	－2,800

2.4.3　1979－83年経済社会開発5ケ年計画の達成目標

以上の資源および国民経済の現状を背景として、現在、1979～83年を対象期間とする経済社会開発5ケ年計画が施行されている。同計画の骨子は、農業および牧畜の近代化、鉱工業生産の増大促進、食糧自給体制の確立等を目標にGNPの年平均成長率9.5％を達成せんとするものであって、これに所要される投資額は632.8×10億F.CFA（715×10億円）と見積られている。

各部門別の目標成長率、並びに1978、1983年のGNPの内訳を表示すると次の表2－3に示す通りである。

表2－3　部門別目標成長率とGNP構成比（1978-83）（10億F.CFA）

項　目	目標年平均成長率（％）	GNP（1978年価格）	
		1978年	1983年
○農業・牧畜・林・漁業	3.3	170.9	200.8
○鉱業、採石	17.0	43.6	96.1
○工業、電力	29.1	5.4	19.4
○家内工業	3.6	20.4	24.3
○建物、公共事業	26.6	16.7	54.4
○商業	6.9	45.2	63.2
○運輸	16.1	14.8	31.2
○サービス	7.6	25.7	37.1
○Administrations	13.1	21.8	40.3
○公租公課、輸入税	15.0	15.5	31.2
合　計	9.5	380.0	598.0

2.5 財政と海外からの資金援助

ニジェール共和国では、経済開発計画の実施に当って常に最大の隘路となっているのが所要資金の不足である。このため、必然的に外国から巨額の資金援助を必要としている。

１９７４年～１９７８年における外国からの資金援助額は合計１４５×１０億F.CFA（１６４×１０億円）にのぼり、このうち５１×１０億F.CFA（３５％）が借款、９４×１０億F.CFA（６５％）が贈与、補助金等の形で与えられている。

現在実施中の５ヶ年計画期間中（１９７９～１９８３年）の国の財政規模は６３２.８×１０億F.CFA（７１５×１０億円）と見積られているが、このうち約３６％の２２８.９×１０億F.CFA（２５９×１０億円）を外国からの経済援助で賄うよう計画されている。

一般会計からの調達	４０３.９×１０億F.CFA
外国からの資金調達	２２８.９×１０億F.CFA
計	６３２.８×１０億F.CFA

これまでの主要援助国および援助機関は、ＥＣ共同体、カナダ、西独、フランス、米国、世界銀行、サウジアラビア等であるが、日本もAir山地のウラン鉱開発の参加国として最近漸く、各種の方法を通じて、この国の経済開発に寄与せんと努めている。

第 3 章　電気事業の現況

3.1　ニジェール電力公社（NIGELEC）

3.2　Niamey 地域の電力設備

3.3　Niamey 地域の電力需給実績

3.4　需要家および電化率

第 3 章　電気事業の現況

3.1 ニジェール電力公社（NIGELEC）

3.1.1 発展の経緯

ニジェール電力公社（NIGELEC）は、ニジェール政府が１９６１年以降設立した多数の所謂"混合経済会社"の一つであり、資本金2,３００百万F.CFAのうち2,１７７百万F.CFA（９５％）が政府による出資、残りは９つの公共機関による出資である。公社としての法人格と、財務上の自治権を有する商工業的性格の公的企業であって、全国の発電、送電、配電並びに電力の輸入を行なっている。また、注目すべき点は、副次的事業として、水道用水の供給も行っていることである。

設立以来の活動には目覚ましいものがあり、１９７０～１９７９／８０年の最近１０年間に、全国の発電所総設備出力は３倍に、また供給電力量は3.３倍に増加している。

3.1.2 供給地域

電力供給の面から、全国は８つの供給地域に分れている。即ち、Niamey、Arlit、Tahoua、Agades、Zinder、Maradi、Dosso、およびKonni の各地域である。このうち、Niamey 地域の消費量は全国消費量の７０％以上を占めており、表３－１に示すように、１９７８年には、全国消費量８８.８Gwh のうち、７４%の６６.１Gwh がNiamey 地域における消費量であった。各供給地域には、それぞれNIGELEC の営業所が設けられている。

自家発企業では、現在SOMAIRおよびCOMINAX の二つのウラニウム鉱採掘企業があり、これらは自家用消費の残り電力をNIGELEC に売電し、これによってArlit およびAkouta の両市への電力供給が行なわれている。このほか現在、ウラニウム鉱の採掘とAgades 市への供給のため、SONICHAR社の石炭火力発電所１６MW×２基の建設が進行中であり、１９８１年には１号機の運転開始が予定されている。この発電所が完成すると、自家発企業の総発電量はNIGELEC のそれに匹敵する規模となろう。

3.1.3 組　織

他の全ての混合経済会社と同じく、NIGELEC は１１名の委員から構成される管理委員会の管理の下に置かれ、また、経済・商工業省の監督を受けている。

NIGELEC 自体の枠内においては、副総裁が最高機関となっている。

NIGELEC の本社は、発・送電部、配電施設部、総務部、経理部およびC.M.E.Eの

5部から成っている。

発・送・配電設備の運転・保守並びに電力供給は本社所管部のコントロールの下に前記8ヶ所の営業所によって行なわれている。

従業員数は1978年の638名から1980年には875名に増加しており、その内訳は次の通りである。

- 管理職員および技師　10名
- 上級テクニシャン　65名
- 普通テクニシャン　142名
- 熟練労務者　291名
- 普通労務者　363名

計871名

因みに、NIGELECの全体組織はグラフ3－1に示す通りである。

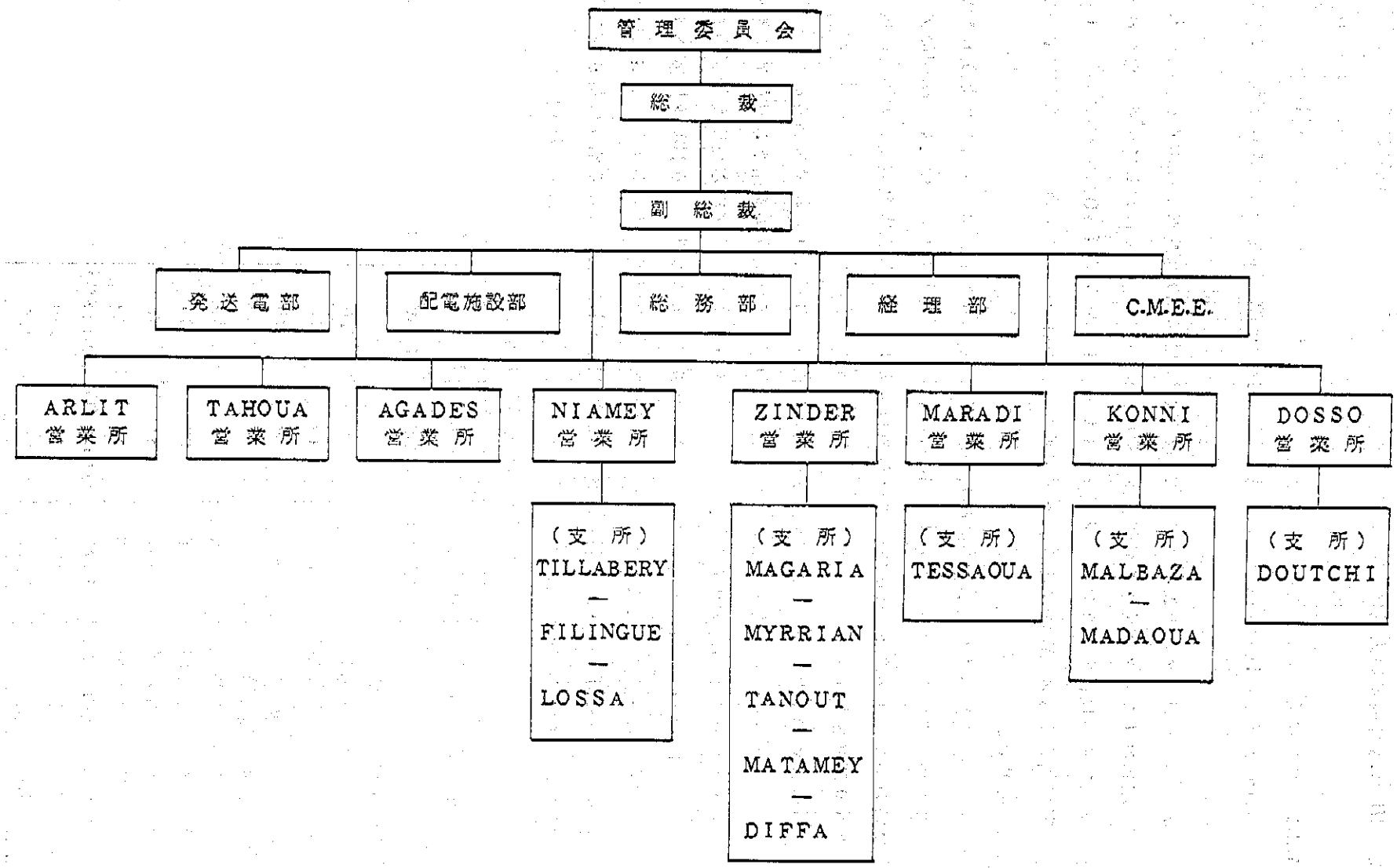
表3－1　電力消費量と発電設備出力の地域分布

年次	年間消費電力量 (Gwh)				設備出力 (MW)		
	Niamey	その他	計	比率	Niamey	その他	計
	(A)	(B)	(C)	(A)/(C)			
1970	29.3	4.4	33.7	87%	10.4	2.6	13.0
1971	32.1	4.7	36.8	87%	10.4		
1972	37.3	5.7	43.0	87%	13.6		
1973	42.4	6.7	49.1	86%	13.6		
1974	44.0	7.2	51.2	86%	13.6		
1975	46.6	8.1	54.7	85%	16.8		
1976	53.9	15.0	68.9	78%	16.8		
1977	63.8	19.9	83.7	76%	16.8		
1978	66.1	22.7	88.8	74%	16.8	9.4	26.2
1979	－	－	－	－	16.8	9.7	26.5
1980	－	－	－	－	27.0	12.2	39.2

(注) 1. 消費電力量の1970～1976年は5ヶ年計画に示されている数字である。

2. 1977～1978年の消費電力量はNIGELECの年次報告書に示されている数字である。

グラフ3－1　NIGELEC全体組織図



3.2 Niamey地域の電力設備

3.2.1 発電設備

Niamey 地域には、Niamey 第一発電所とNiamey 第二発電所の２ヶ所の発電所しかない。

第一発電所は、各1.0 MWのジーゼル２基、合計設備出力2.0 MWであるが、各機器の運転開始は１９６２年であるので、既に経済的耐用年数の限度に達していると思われる。

第二発電所は、各3.2 MWのジーゼル４基と、１１.0 MW(ISO)のガスタービン１基、合計設備力２３.８MWであるが、ジーゼルのそれぞれは、ピーク運転では3.5 MWの出力が出せる。

従って、両発電所の合計設備出力は、通常運転で２５.８MW、ピーク運転で２７.0 MWとなるが、ガスタービンの出力は気温の上昇に伴って低下する。このため、年間最大需要電力が発生する最も暑い季節、例えば気温４５℃の時には、両発電所合計出力は約２６.0 MWに低下する。

Niamey 第一および第二発電所の主要諸元は表３－２に示すとおりである。

後述のように、これら発電設備の供給能力は急増する電力需要を賄うには極めて不充分なものであるため、１９７６年、ニジェール国はナイジェリア国と協定を結び、ナイジェリア国のKaindjiダム発電所から、１９９６年までの期間、３０MWを限度とする電力輸入を行なうこととなった。このようにして、１９７６年１０月以降、Kaindji～Birnin Kebbi間３３０KV送電線、Birnin Kebbi ～Niamey 間６６KV１回線送電線を通じて、輸入電力がNiamey に送電されている。

表３－２　Niamey 地域発電所主要諸元

発　電　所	設備容量	設備出力	最大出力	気温４５℃最大出力	運開年次
	(MVA)	(MW)	(MW)	(MW)	
Niamey第一発電所					
ジーゼル　１号機	1.25	1.0	1.0	1.0	1962
ジーゼル　２号機	1.25	1.0	1.0	1.0	1962
小　　計	2.5	2.0	2.0	2.0	
Niamey第二発電所					
ジーゼル　１号機	4.00	3.2	3.5	3.5	1966
ジーゼル　２号機	4.00	3.2	3.5	3.5	1970
ジーゼル　３号機	4.00	3.2	3.5	3.5	1972
ジーゼル　４号機	4.00	3.2	3.5	3.5	1975
ガスタービン　GT－３５	13.75	11.0(ISO)	11.0(ISO)	10.0	1980
小　　計	29.75	23.8	25.0	24.0	
合　　計	32.25	25.8	27.0	26.0	

3.2.2 送変電設備

(1) 連 系 網

送電線は、ナイジェリアのBirnin Kebbi変電所から、Dossoを通りNiameyに到る132KV線と、NiameyからGoudel変電所を通りTillabéryに到る66KV線から成る。

送電線の亘長は、132KV線が264Km（ニジェール領内）、66KV線が103Kmである。

以上のほか、近い将来、灌漑のためのポンプ所および新設予定のイスラム大学地区への所要電力供給のため、NiameyよりSayに到る66KV送電線の建設が予定されている。

送変電設備の主要諸元は表3－3に示す通りである。

(2) 配 電 線

配電々圧は、これまで15KVであったが、今後これを20KVに標準化しようという長期的な改善計画が立てられ、既に一部取替え工事が開始されている。

表3－3 Niamey地域送変電設備主要諸元

(A) 送 電 線

区 間	電 圧 (KV)	亘 長 (Km)	回 線 数	電線種類・寸法
Birnin Kebbi～Niamey	132	264	1	Al－Ac 37／2.59mm Wolf
Niamey～Tillabéry	66	103	1	117mm Almelec
Niamey～Say（計画中）	66			

(B) 変 電 所

変電所	変圧器台数	全容量 (MVA)	電 圧 (KV)	調相設備 コンデンサーor リアクタンス	電 圧 (KV)	容 量 (MVAR)
Niamey	2 1	40 10	132／15(20) 66／15(20)	コンデンサー	15	5
Tillabéry	1	6.3	66／20			
Goudel	1	10	66／20			
Dosso	1	5	132／20			

3.3 Niamey 地域の電力需給実績

3.3.1 消費電力量

１９７０～１９７８年までの消費電力量については５ヶ年計画書およびNIGELECの年次報告書による記録がある。

１９７９年の消費電力量については記録を入手出来なかったので、同年における送電端電力量（輸入＋発電－所内消費）８３.３Gwh と前年度の配電ロス率１２.４％を考慮して消費電力量を７４.１Gwh と想定した。

１９８０年の消費量については、同年１月～５月までの送電端電力量４３.７Gwh と、１９７８年の実績年負荷曲線から１９８０年の送電端電力量を１０７.４Gwh と推定し、これより前項のロス率を考慮して消費電力量を９５.６Gwh と推定した。

１９７０～１９７７年にかけては消費電力量は２９.３Gwh（低圧１５.１Gwh、高圧１４.２Gwh）から６３.８Gwh（低圧３３.７Gwh、高圧３０.１Gwh）に増大しているので、この期間の年平均増加率は約１２％である。

１９８０年の消費電力量が前述の推定のように９５.６Gwh 前後とすると、１９７０～１９８０年の１０年間の年平均増加率は１２.６％となる。

3.3.2 送電端電力量

送電端電力量は１９７０年の３３.４Gwh から１９７９年には８３.３Gwh に増大しており、年平均増加率は１１％である。若し1980年の消費量を前述の推定のように 107.4 Gwhとすると、過去１０年間の年平均増加率は１２.４％となる。

消費電力量の年平均増加率１２.６％に対する送電端電力量の年平均増加率１２.４％は、この期間において配電ロスの改善が殆どなかったことを意味する。

3.3.3 最大需要電力

最大需要電力の過去２年間の増大は著しいものがあり、１９７８年の１６.８MW に対して、１９７９年は２２.０MW、１９８０年（５月）は２７.０MW を記録している。

過去１０年間の伸びを見ると、１９７０年の8.3 MW に対して、１９８０年は２７.０MW であるので、年平均増加率は１２.５％となる。

3.3.4 負荷の季節的変動

負荷の大幅な季節的変動はニジェール国の電力需要の特徴であるが、Niamey 地域においても、他の諸市町村と同様に、年に２つのピークを生ずる。一つは４月・５月・６

月のピークで、需要電力、需要電力量とも増大する。もう一つのピークは10月で、専ら需要電力のみが増大する。需要が最も減退するのは12月・1月・2月である。

以上の変動は年間の気温変化と軌を同じくするものであって、クーラーによる電力消費を反映している。

以上のNiamey 地域の電力需給実績は表3－4に示す通りである。また、1978年の月別尖頭負荷実績をグラフ3－2に示す。

3.4 需要家および電化率

1978年の年次報告書によると、Niamey の需要家数は低圧需要家15,974戸、高圧需要家152戸、合計16,126戸である。同年におけるNiamey 市の人口は約260,000であるから、一世帯家族5人とすると約52,000戸となるが、これに対して電力需要家は約16,000戸なので、電化率は未だ30％程度にすぎない。

表3－4　Niamey地域の電力需給実績

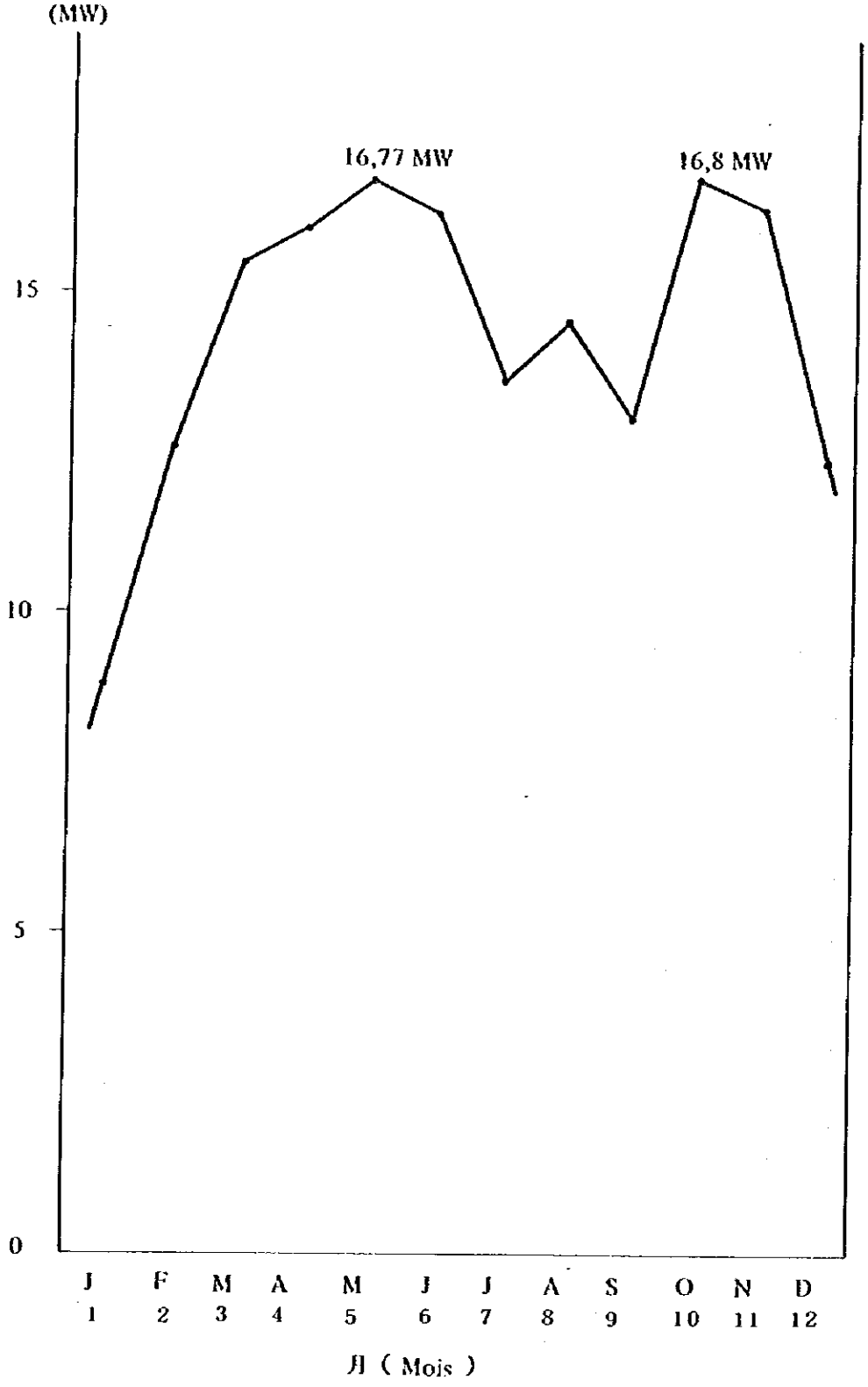
年次	需要端消費電力量			送電端電力量	尖頭負荷	ロス率	負荷率
	低圧	高圧	計				
	(Gwh)	(Gwh)	(Gwh)	(Gwh)	(MW)	(％)	(％)
1970	15.1	14.2	29.3	32.4	8.3	14.0	46
1971	16.5	15.6	32.1	36.2	8.5	12.8	49
1972	19.0	18.3	37.3	43.2	9.5	15.8	52
1973	20.7	21.7	42.4	48.9	10.7	15.3	52
1974	19.5	24.5	44.0	50.8	11.2	15.4	52
1975	20.5	26.1	46.6	53.4	12.2	14.6	50
1976	25.6	28.3	53.9	(10.4) 60.6	14.2	12.4	49
1977	33.7	30.1	63.8	(68.7) 73.7	16.5	15.5	51
1978	33.0	33.1	66.1	(54.1) 74.3	16.8	12.4	50.5
1979	—	—	74.1	(75.2) 83.3	22.0	12.4	43.2
1980			95.6	( ) 107.4	27.0	12.4	44.6
年平均増加率			12.6％ (1970-80)	12.4％ (1970-80)	12.5％ (1970-80)		

(注)　1. 送電端電力量の(　)内の数字はNiamey における輸入電力量を示す。

2. アンダーラインの数字は推定値である。

グラフ３－２　　月別尖頭負荷実績（１９７８年）

Graphique 3-2 POINTE APPELEE MENSUELLE DE L'ANNEE 1978



第 4 章　Niamey 地域の電力需要予測と所要開発量

4.1　消費電力量の予測

4.2　最大需要電力の予測

4.3　所要開発量

第 4 章　Niamey 地域の電力需要予測と所要開発量

4.1　消費電力量の予測

4.1.1　消費実績

第3章で述べたように、Niamey 地域の消費電力量は１９７０年の２９.３Gwh から、１９７７年には６３.８Gwh に増加し、年平均１１％の伸び率を示している。また、１９８０年の消費量は、同年１月～５月の供給量を考慮すると年間９５.６Gwh 前後に達するものと予想されるので、１９７０年の消費量に対して３.２倍となり、１０年間の年平均増加率は１２.６％となる。

4.1.2　５ケ年計画による需要予測

１９７９年、ニジェール共和国では、経済社会開発５ケ年計画が開始された。この５ケ年計画は、１９７９～１９８３年を対象期間として、諸工業特に鉱山開発の促進、食糧自給体制の確立、追加労働力の完全雇傭実現等を軸とし、ＧＮＰの年平均成長率９.５％の達成を目標とするものであるが、これに伴う電力の需要について、全国および、Niamey 地域のそれぞれについて次のような短期予測を立てている。

（Gwh）

年　次	全国需要	Niamey 地域の需要		
		低　圧	高　圧	合　計
1979	110.2	40.5	38.5	79.0
1980	121.6	45.0	42.5	87.5
1981	142.4	48.8	48.7	97.5
1982	163.6	52.7	51.2	103.9
1983	181.7	57.3	55.5	112.8

全国需要については、１９７８年実績に対して１９８３年のそれは約２倍、年平均増加率１４.１％と想定している。

また、Niamey 地域の需要については、年平均増加率を、低圧需要９.３％、高圧需要１１.９％、総合１０.５％と想定している。

4.1.3 本studyにおける予測

一般に電力の中、長期予測には次の手法が適用される。

- 中、短期予測の場合は、高・中圧需要については各工業部門の生産増強計画を考慮し、低圧需要については地域配電促進計画の見透しも考慮して想定する。
- 長期予測の場合は、過去の消費実績の傾向線、GNPの動向等を考慮した包括的な幾つかの想定を立て、これらの外挿線の中から、上限、下限、中間の三通りの予測を立てる。

併しながら、われわれは、上記の分析的予測を行なうに足るだけの基礎資料を欠いているため、下記の方法によって需要増加率を年率12.6%と想定した。

(a) 1974～1978年のGNPと電力消費量のそれぞれの年平均増加率を見ると、GNPの伸び率7.7%に対して、電力消費の増加率は10.7%であった。

(b) 54年計画において、政府はGNPの年平均成長率を9.5%と計画している。この目的達成は各種の条件、就中、外国からの資金調達の成否に依存する所が大きいが、本studyでは計画通りこの成長率が達成出来るものと想定する。

(c) GNPと電力消費との間の(a)の関係を考慮し、将来のGNP増加率を9.5%と仮定すると、電力消費量の年平均増加率は12.6%となる。

(d) 上記の想定増加率は1970～1980年の増加率12.6%と全く合致するものであり、このことは、過去10年間の増加趨勢がそのまま将来にも外挿されることを意味する。

4.2 最大需要電力の予測

最大需要電力の予測を行なうためには、送配電ロス率と年負荷率の今後の動きを想定する必要がある。

4.2.1 送配電ロス率

必要な統計資料を利用し得る1976～1978年の最近3年間のロス率を見ると、1976年の12.4%から1977年には15.5%に上昇し、1978年には再び12.4%に落着いている。

1979～1980年のロス率については資料を欠いているので、われわれは、これを1978年と同水準の12.4%と想定した。

将来、送配電網が整備されれば、ロス率は逓減することとなるが、通常、配電網の整備は巨額の資金を必要とする。これらを考慮し、本studyにおいては、1981年以降のロス率を現在よりやゝ改善された12%とし、想定期間中コンスタントとした。

4.2.2 年負荷率

年負荷率は、１９７２～１９７８年まで概ね４９％～５２％の間を上下していたが、１９７９年および１９８０年は尖頭負荷の急増のため、それぞれ４３.２％、４４.６％へと低下した。これらは、明らかに、クーラー使用の普及に起因するものと考えられる。

前述のようにNiamey 地域の年間のロード・カーブは、４月・５月・６月のピークと１０月のピークの２つのピークによって特徴づけられ、また、日のロード・カーブは正午と１７時の２つのピークによって特徴づけられている。若し、ピーク時間帯に電力消費が集中する家庭用低圧需要家の比率が高まれば負荷率は低下し、逆に、一日の電力消費が比較的コンスタントな高圧工業需要家の比率が高まれば負荷率は向上する。

これについて、過去１０年来、高圧および低圧の消費電力量はほぼ等しく、年間増加率も高圧需要が低圧需要よりも極く僅か高いだけである。今後の需要動向について、中期的にはこの傾向に殆んど変化ないと推定される。この推定は、各種の建設が活潑化している反面、流入人口を含めたNiamey の人口増加（低圧需要へのポテインシャル）が年率１.１％の高い比率を示していると云う事実を考慮したものである。

以上により、本 study では、年負荷率は現在の水準より３年毎に１％づつ向上するものと想定した。

以上の需要端消費電力量、ロス率、年間負荷率をベースとして、送電端電力量および年間最大需要電力を求めると表４－１に示す通りとなる。

表４－１　Niamey 地域の電力需要予測

年　次	需要端電力量	送配電ロス	送電端電力量	負　荷　率	尖頭負荷	
	(Gwh)	(%)	(Gwh)	(%)	(MW)	
1978	66.1	12.4	74.3	50.5	16.8	実績値
1979	74.1	12.4	83.3	43.2	22.0	
1980	95.6	〃	107.4	45.4	27.0	
1981	107.6	12.0	120.5	45.0	30.0	想定値
1982	121.2	〃	135.7	45.0	34.0	
1983	136.5	〃	152.9	46.0	38.0	
1984	153.7	〃	172.1	46.0	43.0	
1985	173.0	〃	193.7	46.0	48.0	
1986	194.8	〃	218.2	47.0	53.0	
1987	219.4	〃	245.7	47.0	59.0	

4.3 所要開発量

4.3.1 廃止設備

発電設備の増強計画を立てる場合には、常に、老朽発電機の廃止を見込まなければならない。通常、ジーゼル発電機の経済的耐用年数は12～15年とされているが、Niamey第一および第二発電所のそれについては、設備運用の現状を考慮し、耐用年数を15年と想定する。これにより、次の設備廃止予定が考えられる。

廃止時期	廃止設備最大出力（MW）	廃止対象設備
1981年	2.0 MW	Niamey 第一発電所 1, 2 号機
1984年	3.5 MW	Niamey 第二発電所 1 号機
1986年	3.5 MW	〃 2号機

4.3.2 予備力

電力供給の安定性確保のため、発電設備の事故、送電線の事故、需要の急増、その他異常事態に対処し得るよう、常に予備力を確保しておく必要がある。

予備力のとり方については、系統の規模、特性に応じて様々の方式があるが系統規模が小さく、発電機台数が少い場合には、次の何れか大きい方の値を採用するのが経験的な通則となっている。

(a) 最大容量1基分の出力と、残余発電所出力の10～15%に相当する出力を合計した出力。

(b) 最大容量1基分の出力と、残余発電所群のうち次に大きい容量のもの1基分の出力を合計した出力。

Niamey の電力系統の場合は基準(b)が該当し、所要予備力は10MW（ガスタービンGT－35）＋3.5MW（ジーゼル）＝13.5MWとなる。併しながら、この系統は132KV送電線を通じてナイジェリアの電力系統と連系されており30MWの供給を一応保証されているので、下記の事由から、3.5MWジーゼル1基分を予備力とするのが妥当である。

- 系統中最大のガスタービンは、12月、1月、2月のオフ・ピーク季節に定期点検を行うことによってピーク時の稼動を確保し得る。
- 年間ピークの発生時期に132KV送電線の事故とガスタービンの事故が重複して発生する確率は極めて低い。
- ガスタービンの定期点検と重ならないようにジーゼルの定期点検を実施すると、ジーゼルの台数から見て、1台分の定期点検は年間ピーク時に重なる可能性がある。

4.3.3 所要開発量

国の電力供給の安定性確保のため、国際送電線への期待は、事故時の応援補給および経済的観点からの電力の季節的融通に止めるのが正常の姿である。

特に、Birnin Kebbi～Niamey間１３２KV送電線は送電距離も長く（ニジェール国内だけで２６４Km）、１回線送電線なので、信頼性は可成り劣る。

以上の観点から、国際送電線を通じ３０MWまでの電力を輸入することが可能であるにしても、自国内の供給設備として、ピークに対応し得るだけの出力を確保しておくことが絶対に必要である。

ピーク発生時期である年間最暑期における現在のNiamey第一発電所および第二発電所の供給能力から廃止計画設備の出力を差引き、これを１９８７年迄予測される最大需要電力と対比し、不足供給力を算出すると、表４－２に示す通りとなり、これによって、次の結論が得られる。

(a) １９８３年までに少くとも１８MW、１９８７年までに少くとも４６MWの出力増強が必要である。

(b) 系統規模、既存設備の単機容量、および経済性等を総合勘案すると、増強設備の単機容量および基数は、出力１２MW前後のもの４基とするのが適当である。

(c) 上記４基の所要運転開始時期は次の通りである。

１基目	１９８１年９月末（１０月のピークに対処）
２基目	１９８２年４月末（　５月のピークに対処）
３基目	１９８４年９月末（１０月のピークに対処）
４基目	１９８６年４月末（　５月のピークに対処）

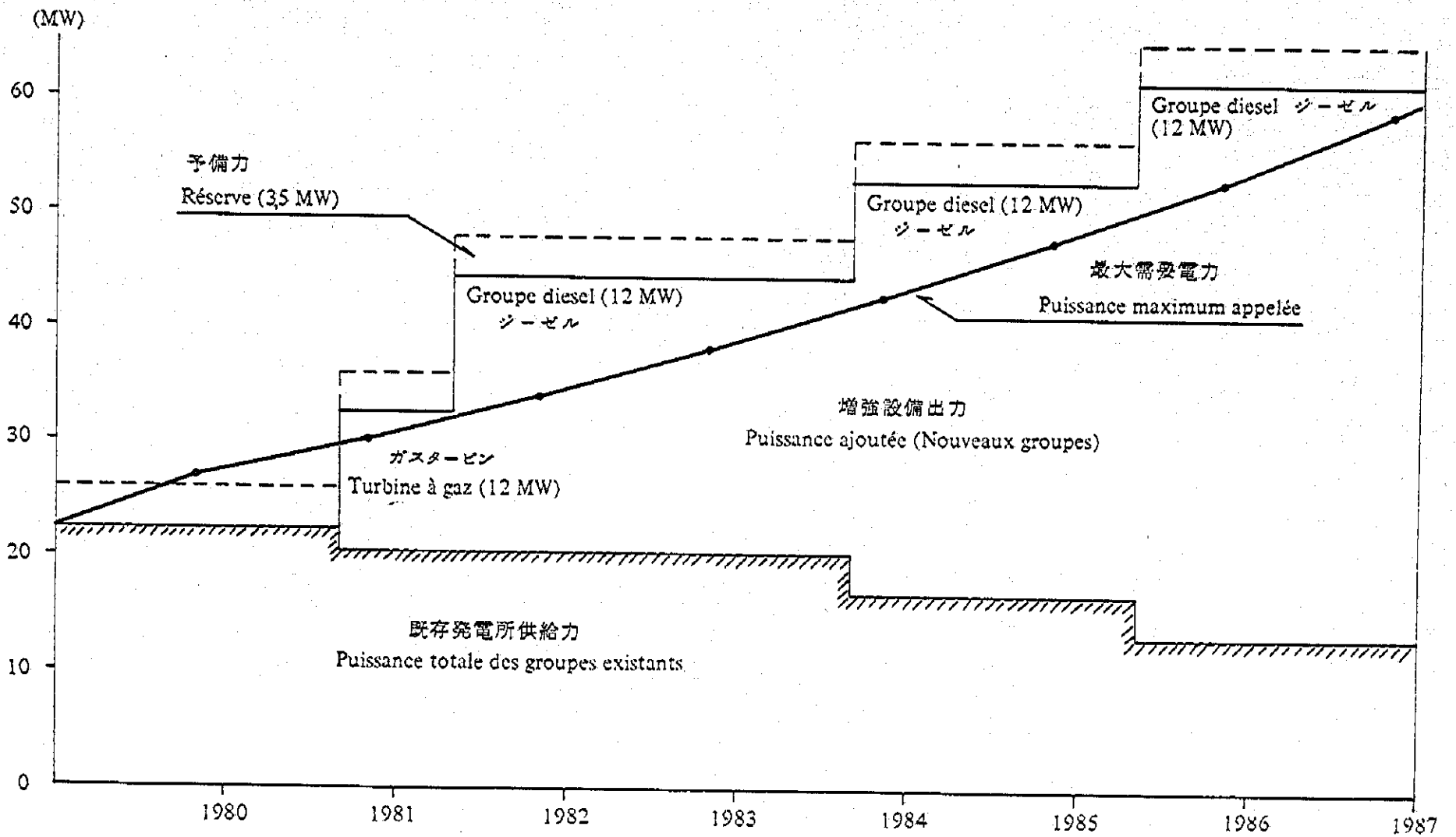
以上の供給力不足状況とこれに対処するための出力増強計画を含めた電力需給バランスを図示するとグラフ４－１に示す通りとなる

表4－2　Niamey 地域電力需給バランス

項　　目	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
既存発電所供給力								
既存設備	26.0	26.0	24.0	24.0	24.0	20.5	20.5	17.0
廃止設備		− 2.0			− 3.5		− 3.5	
差　引	26.0	24.0	24.0	24.0	20.5	20.5	17.0	17.0
予備力	− 3.5	− 3.5	− 3.5	− 3.5	− 3.5	− 3.5	− 3.5	− 3.5
供給力合計 (A)	22.5	20.5	20.5	20.5	17.0	17.0	13.5	13.5
最大需要電力 (B)	27.0	30.0	34.0	38.0	43.0	48.0	53.0	59.0
不足供給力(C)＝(A)－(B)	− 4.5	− 9.5	−13.5	−17.5	−26.0	−31.0	−39.5	−45.5
増強設備出力								
No. 1		12.0						
No. 2			12.0					
No. 3					12.0			
No. 4							12.0	
累計増加出力 (D)		12.0	24.0	24.0	36.0	36.0	48.0	48.0
バランス (D)－(C)	− 4.5	＋ 2.5	＋10.5	＋ 6.5	＋10.0	＋ 5.0	＋ 8.5	＋ 2.5

グラフ 4－1　尖頭負荷と年度別増強出力

Graphique 4-1 PROGRAMME D'EQUIPEMENT EN MOYENS DE PRODUCTION VIS-A-VIS DE L'EVOLUTION DES POINTES APPELEES



第 5 章　経 済 解 析

5.1　解析の方法

5.2　年間固定費

5.3　燃 料 費

5.4　運転時間数の経済的境界線

5.5　増強出力の最適配分

5.6　ガスタービン増設時期

第５章　経済解析

5.1　解析の方法

第４章において、１９８７年までに増強すべき設備の総出力は少くとも約４６MWであることが確認され、そのためには、単機容量１２MW前後の発電設備を４基増設する計画が妥当であると結論された。

次に検討すべき問題は、この所要開発出力を各種発電手段の間に、如何なる割合で配分すべきかと云う問題である。この場合、水力発電は、適切な地点が１９８８／８９年に実現を計画されているKandadjiダム地点以外にはなく、然も所要工期が長いため１９８７年までの開発計画には介入出来ない。また、汽力発電は、１２MW程度の単機容量ではジーゼル或はガスタービンに比して可成り割高となり、然もベース運転しか出来ないので、水力と同じく今回の開発計画には介入出来ない。

従って、問題は、上記の所要開発出力を、ガスタービンとジーゼル発電との間に如何なる割合で配分すべきかと云う問題に帰着する。

この問題を解決するための分析上の手段は、両発電手段の年間運転時間数の経済的境界線と、年間負荷持続曲線である。このうち、負荷持続曲線については、至近年実績データを入手し得なかったので、下記の資料を基として現在の年間負荷曲線を想定した。

- １９７８年月別供給電力量と尖頭負荷実績
- 最暑期（５月）の平日々負荷曲線
- 雨期明け（１０月）の平日々負荷曲線
- 最雨期（８月）の平日々負荷曲線
- 最寒期（１月）の平日々負荷曲線

次に、上記の想定年負荷曲線を基として、１９８７年および１９８３年のそれぞれの年負荷曲線を想定した。これらは、グラフ５－２およびグラフ５－３に示されている。

また、ガスタービン、ジーゼルの年間運転時間数の経済的境界線を見出すためには、両発電手段それぞれの年間固定費および燃料費を算定しなければならない。

5.2　年間固定費

年間固定費は設備投資額の金利・償却費と運転維持費（燃料費を除く）から成る。

5.2.1　設備投資額

現在、据付渡しのガスタービンおよびジーゼルの価格は、単機容量１５MW程度のガ

スタービンでkW当り３６０$、同じ単機容量１２MW前後のジーゼルで５９０～６００$である。然しながら、内陸国であるニジェールの場合には、約1,５００Kmに及ぶ内陸輸送費や割高な建設物価が影響し、１９７９年のガスタービン国際入札の実例を見ると、上記価格の約1.2倍となっている。従って、設備1kW当りのガスタービンおよびジーゼルの据付価格はニジェールにおいては次のように見積られる。

- ガスタービン　…４３０$（　８２,７００F.CFA）／kW
- ジーゼル　…７１５$（１３７,６００F.CFA）／kW

5.2.2　運転維持費

運転維持費は、運転保守要員の人件費と修繕費がその大部分で、このうち修繕費（大部分は輸入資材）が全体の８０％を占めている。統計的に見ると、ガスタービン、ジーゼルの年間運転維持費は、それぞれ設備建設費の２５％前後である。

5.2.3　ガスタービンの発電効率と所要設備出力

ジーゼル発電機の効率は大気温度とは殆んど無関係であるが、ガスタービンの場合には、気温の上昇が発電効率に大きく影響する。Niamey 地域の年間気温は平均２９℃、最高４５℃であるが、これらの気温に対するガスタービンの発電効率は概ね次の通りである。

気温２９℃の場合　…　９４％

気温４５℃の場合　…　８０％

従って、４５℃で１２MWの出力を保証するためには、設備出力１５MWのガスタービンを設置しなければならないが、一方、同発電所は、年平均気温で１４.１MWの発電が可能である。

5.2.4　発電機の停止率および所内消費率

定期点検および事故補修等による発電機の停止率は、統計データによるとガスタービンの場合は２０％、ジーゼル発電の場合は１５％前後である。

一方、補機その他による所内消費率は、ガスタービンについては１％、ジーゼル発電の場合は４％である。

従って、これら停止率および所内消費率を考慮すると、有効電力1kW当りの費用は設備出力1kW当りの費用に次の比率を乗じなければならない。

- ガスタービン　１２１％
- ジーゼル　１２１％

5.2.5 経済的耐用年数および割引率

ジーゼルの経済的耐用年数は、通常、12～15年と見られるが、第4章で示した理由により15年と想定する。ガスタービンの場合は、通常、連続運転で80,000時間とされているが、一方、起動・停止の回数によっても規定されている。日本の電気事業法の規定による償却年数は15年とされている。このスタディにおいては、何れの発電型式に対しても、耐用年数は15年とした。

割引率については、国際金融機関等における長期金利を考慮し、年率10%とする。

5.2.6 KW当り年間固定費

以上の各項に述べた考察に基いて、ガスタービンおよびジーゼルのそれぞれの設備1kW当り（ガスタービンについては平均出力）の年間固定費を算定すると次の通りである。

項　目	ガスタービン	ジーゼル発電設備
金利・償却費	11,560 F.CFA/kW	18,080 F.CFA/kW
運転維持費	2,420 〃	3,420 〃
小計	13,980 〃	21,500 〃
補正率	121%	121%
有効1kW当り経費	16,920 F.CFA/kW	26,020 F.CFA/kW

なお、これら費用の算定順序は表5－1に示す通りである。

5.3 燃料費

燃料費の算定に当っては次の数値をベースとする。

- ○ 燃料費　89 F.CFA／Kg
- ○ 発熱量　10,200 Kcal／Kg
- ○ 発電端燃料消費率：
  - ガスタービン　3,100 Kcal／kWh
  - ジーゼル　2,300 Kcal／kWh

以上の条件および発電所々内消費を考慮して、平均気温時の有効1kWh当りの燃料費を求めると次の通りとなる。

項　目	ガスタービン	ジーゼル発電設備
平均気温時発電端	28.7 F.CFA/kWh	20.0 F.CFA/kWh
所内消費補正率	101%	104%
有効1kWh当り燃料費	29.0 F.CFA/kWh	21.0 F.CFA/kWh

5.4 運転時間数の経済的境界線

5.2.6項および5.3項に示されたkW当り年間固定費およびkWh当り燃料費を用いて、運転時間数に応じた両発電所の年間総費用を計算すると表5－2に示す通りとなり、また、これをグラフ上にプロットするとグラフ5－1に示す通りとなる。

グラフ5－1上でガスタービンおよびジーゼル発電のコスト・ラインの交点を求めると、当該交点は年間運転時間1,140時間附近に対応することがわかる。このことは、年間1,140時間を境として、それ以下はガスタービン、それ以上はジーゼル発電が負荷充足に経済的有利であることを意味する。

分析のもう一つの道具は、前述のグラフ5-2の1987年の年間負荷持続曲線である。上記の年間運転時間1,140時間を、この負荷持続曲線に対応させると、尖頭負荷59MWに対して、38MW、即ち64%の線に対応する。即ち、ジーゼル発電には尖頭負荷の64%、ガスタービンには36%を受持たせるのが最適な設備増強計画となる。

5.5 増強出力の最適配分

以上により、1987年までの所要増強出力の最適配分は次の通りとなる。

(a) ガスタービン：

1987年のガスタービン所要出力は、59.0MW×0.36＝21.2MWである。この中にはGT－35の出力10.0MWが含まれているので、所要のガスタービン増強出力は次の通りとなる。

21.2MW－10.0MW＝11.2MW

従って、これに余裕を見込み、約12.0MWの増設が必要となる。

(b) ジーゼル発電：

第4章で述べたように、1987年迄の所要増強設備は12.0MW×4基であり、このうち1基はガスタービンとなるので、ジーゼルは残り3基となる。

5.6 ガスタービン増設時期

既存設備の発電型式別の出力構成に基いて計算すると、増設1号機（1981年）はジーゼルとし、2号機（1982年）をガスタービンとすべきであるが、下記の事情を勘案すると、ガスタービンを最初に設置する方が有利と結論される。

(a) 増設1号機は、国の電力事情改善のため可及的速やかに設置する必要があり、このためにはガスタービンの方がジーゼルよりも大幅に短い工期で運転開始できる。

(b) 系統運用の面から、増設1号機はNiamey第二発電所の15KV（20KV）母線に接続するのが最も望ましいが、敷地面積や既存建物の関係で同発電所構内にはガスタービン

の増設は可能だが、ジーゼルの増設は困難である。

(c) 直接工事費は、12MWジーゼルの1,650百万F.CFA（1,865百万円）に較べて、ガスタービンは設備出力15MW（ISO）のもので1,240百万F.CFA（1,400百万円）であり、少い経費で当面の電力事情に対処し得る。

表5－1 発電経費基礎データ

項目	単位	ガスタービン	ジーゼル
(1) 気温45℃時所要出力	kW	12,000	12,000
(2) 設備出力（ISO）	kW	15,000	12,000
(3) 平均気温時（29℃）出力	kW	14,100	12,000
(4) 建設単価	F.CFA/kW	82,700	137,600
(5) 総工事費 (4)×(2)	10^6 F.CFA	1,240	1,650
(6) 経済的耐用年数	年	15	15
(7) 年賦償却額（割引率10%）	10^6 F.CFA	163.0	216.9
(8) 平均出力kW当り年賦償却額	F.CFA/kW	11,560	18,080
(9) 運転維持費 (5)×0.025	10^6 F.CFA	31	41
(10) 平均出力kW当り運転維持費	F.CFA/kW	2,420	3,420
(11) 年経費（償却、運転維持費）合計	F.CFA/kW	13,980	21,500
(12) 燃料費	F.CFA/Kg	89	89
(13) 発熱量	Kal/Kg	10,200	10,200
(14) Kal当り燃料費	F.CFA/Kal	0.0087	0.0087
(15) 発電設備熱効率	Kal/kWh	3,100	2,300
(16) 平均気温時発電効率	%	94	100
(17) 平均気温時kWh当り燃料費	F.CFA/kWh	28.7	20.0
(18) 発電機停止率	%	20	15
(19) 発電所々内消費率	%	1	4
(20) kW当り年経費補正率	%	121	121
(21) kWh当り燃料費補正率	%	101	104
(22) kW当り年経費 (11)×(20)	F.CFA/kW	16,920	26,020
(23) kWh当り燃料費 (17)×(21)	F.CFA/kWh	29.0	21.0

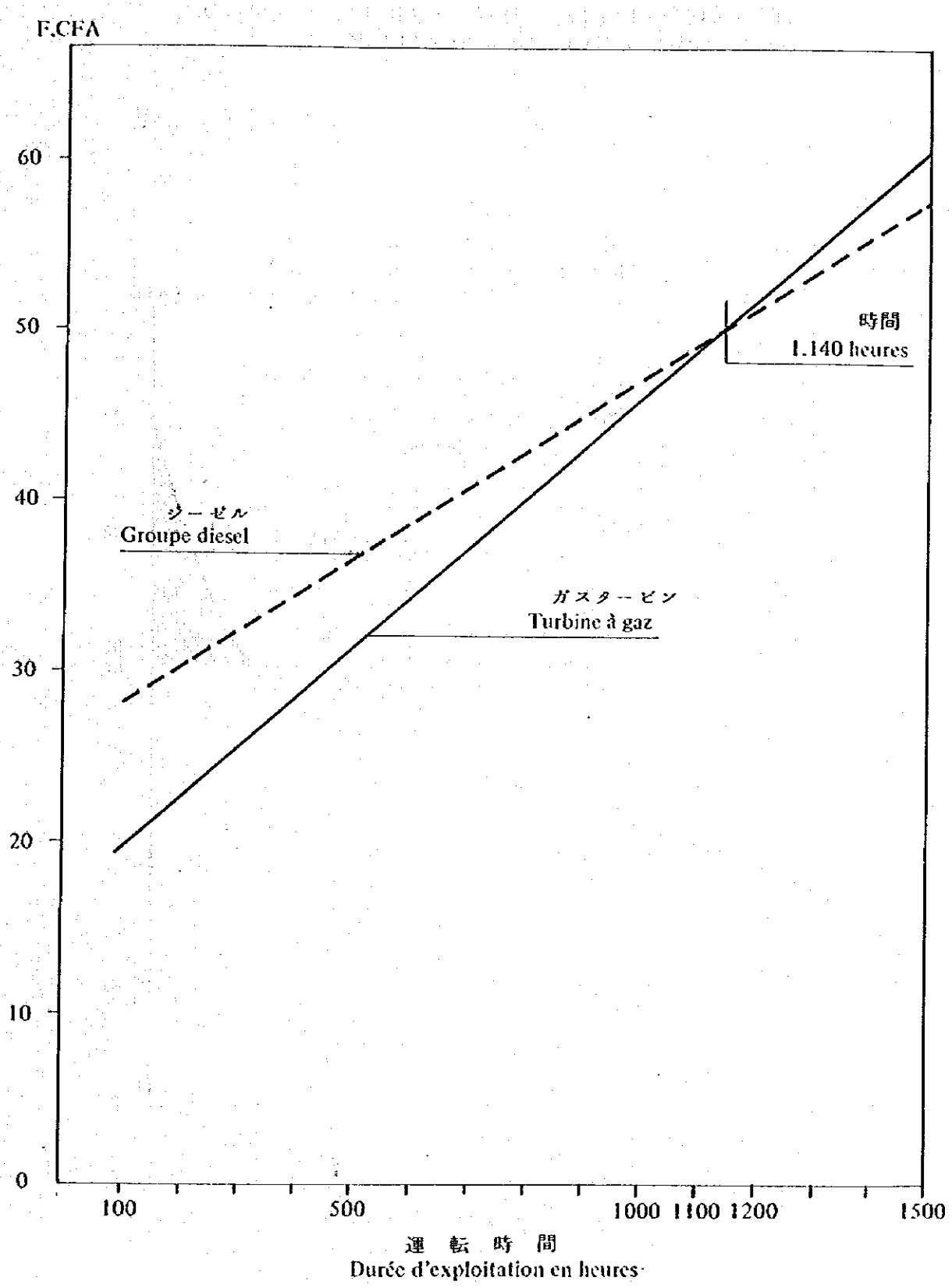
表5－2　ガスタービンおよびジーゼルの
設備1kW当り発電費比較表

(F. CFA)

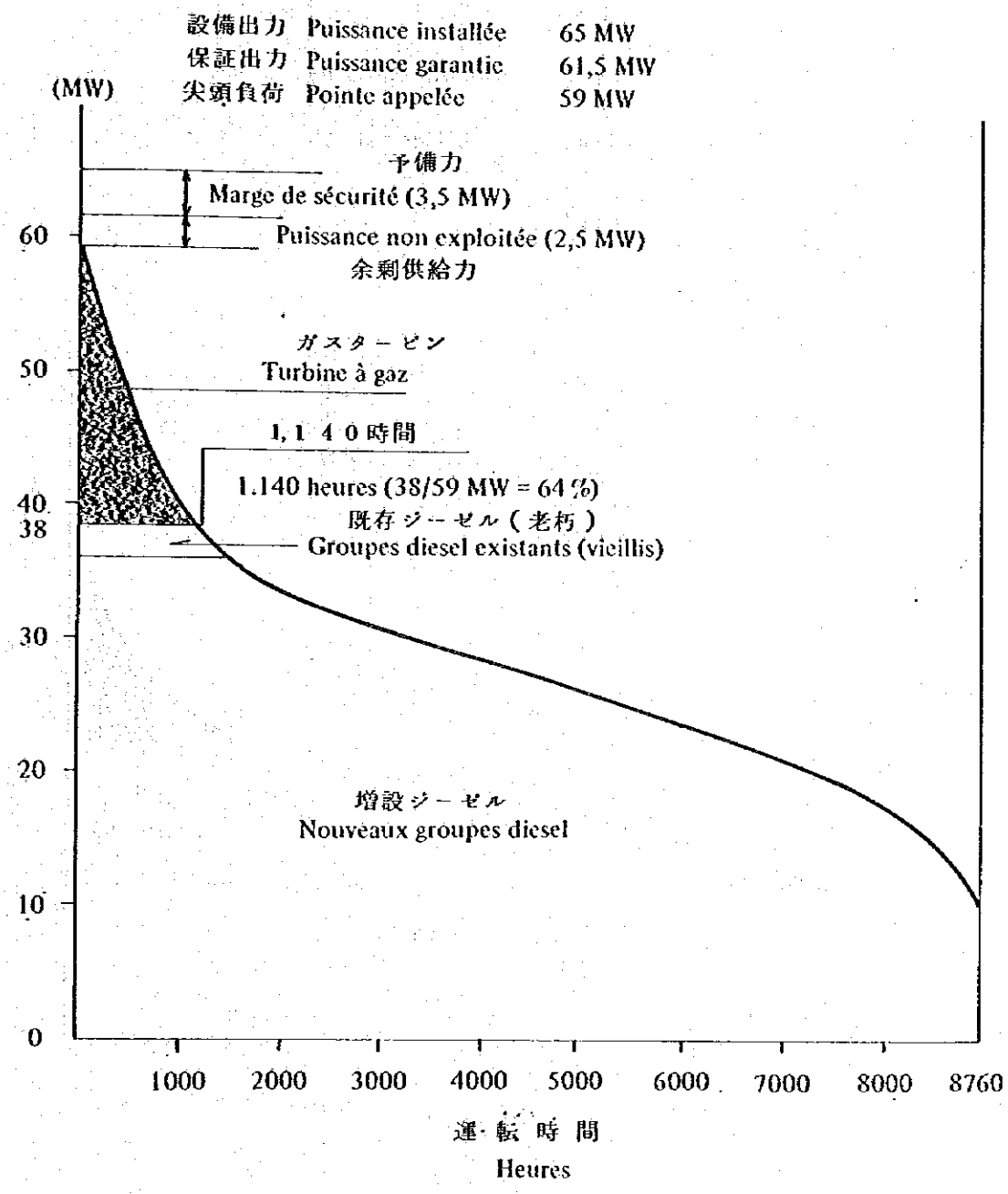
項　　目			ガスタービン	ジーゼル
(1)　1kW当り年間固定費			16,920	26,020
（償却、運転維持費）				
(2)　設備1kW当り燃料費				
運転時間：	100	時間	2,900	2,100
	500	〃	14,500	10,500
	1,000	〃	29,000	21,000
	1,100	〃	31,900	23,100
	1,200	〃	34,800	25,200
	1,500	〃	43,500	31,500
(3)　設備1kW当り年間総費用				
運転時間：	100	時間	19,820	28,120
	500	〃	31,420	36,520
	1,000	〃	45,920	47,020
	1,100	〃	48,820	49,120
	1,200	〃	51,720	51,220
	1,500	〃	60,420	57,520

グラフ　5－1　ガスタービンおよびジーゼルの運転時間別発電費

Graphique 5-1 COMPARAISON DES COUTS ANNUELS DE PRODUCTION PAR KW ENTRE L'UNITE DIESEL ET LA TURBINE A GAZ

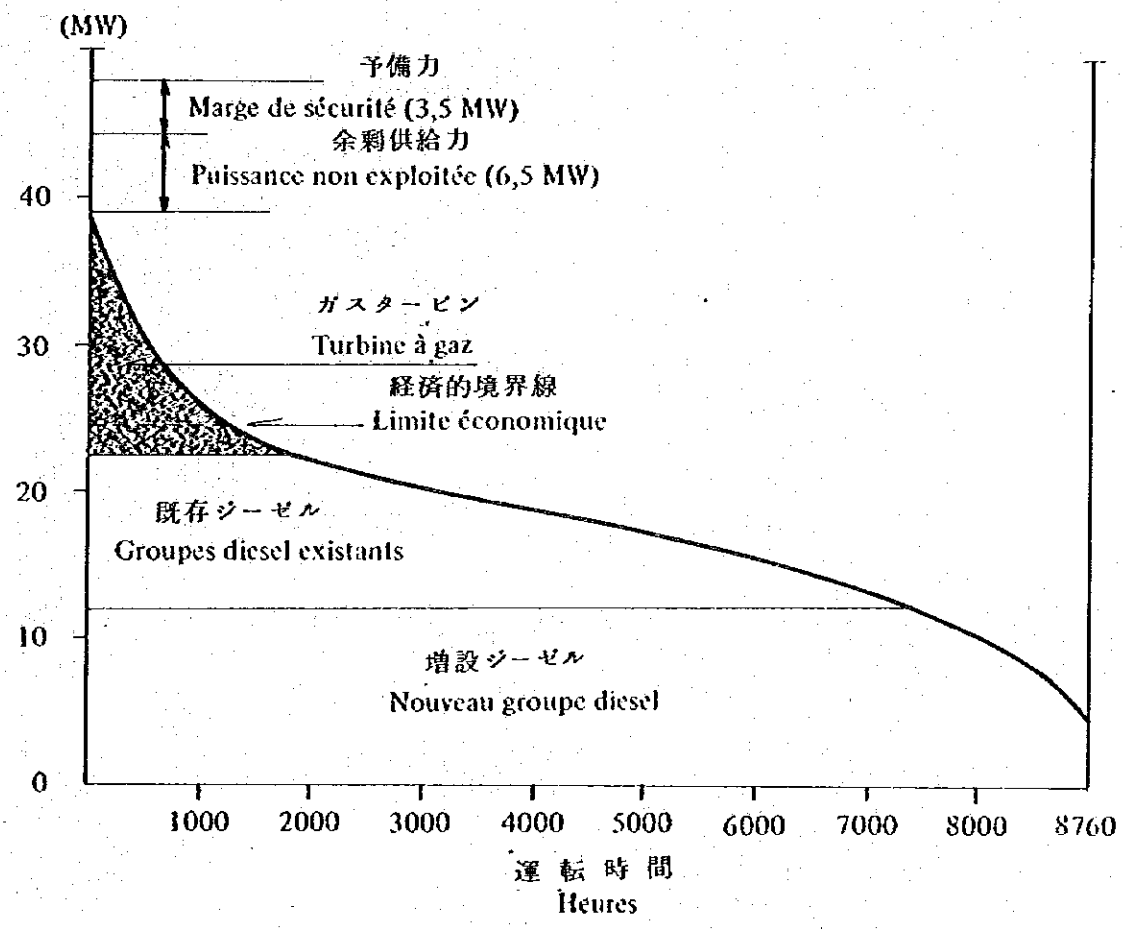


グラフ５－２　年間負荷持続曲線と型式別発電
設備の負荷受持部分（１９８７年）
Graphique 5-2 DUREE DE PUISSANCES CLASSEES ET LES
MOYENS DE PRODUCTION (ANNEE 1987)



グラフ　5－3　年間負荷持続曲線と型式別発電
設備の負荷受持部分（1983年）
Graphique 5-3 DUREE DE PUISSANCES CLASSEES ET LES MOYENS DE PRODUCTION (ANNEE 1983)

設備出力	Puissance installée	48 MW
保証出力	Puissance garantie	44,5 MW
尖頭負荷	Pointe appelée	38 MW



第 6 章　系 統 解 析

6.1　概　　要（前提条件）

6.2　解 析 結 果

6.3　結　　論

第 6 章　系 統 解 析

6.1　概　要（前提条件）

6.1.1　系統解析の方法

第５章において、１９８１年にニアメ地域電力系統に増設される発電設備は単機容量12MWのガスタービン1台（設備出力１５MW ＩＳＯ）が妥当であると結論された。

電力系統の主要構成要素は発電所、送電線、および変電所である。発電機で発電された電力は電力系統を通して常時安定した形で需要家へ送電されなければならない。このためには電力系統は以下に示す特性を保持する必要がある。

- バランスした電力潮流
- 高い過度安定度
- 小さい電圧変動
- 安定した周波数
- 小さい短絡容量

従って、ここでは次の解析を行なう。

- 電力潮流と電圧調整
- 過度安定度計算
- 短絡容量計算
- 母線許容電流の検討

6.1.2　Niamey 地域の電力系統（１９８１年）

第４章で述べたNiamey 地域の最大需要電力と発電設備をグラフで表わすと図６－１の通りとなる。

このプロジェクトの完成する１９８１年のNiamey 地域の供給能力は下記のとおりである。

Niamey 第二発電所			
	ジ　ーゼル	４台	１４MW
	ガスタービン	１号機	１０MW
	ガスタービン	２号機	１２MW
Nigeria 輸入分			３０MW

１９８１年の Niamey 地域の最大需要電力は３０MWと予想されており、この電力は各変電所で次に示すように分配されるものと想定した。

Dosso変電所	0.4 MW	0.2 MVar
Niamey 第二発電所	28 MW	17.4 MVar
Goudel 変電所	1 MW	0.6 MVar
Tillabéry 変電所	0.6 MW	0.4 MVar
Total	30 MW	18.6 MVar

力率Pfは

$$Pf = \frac{30}{\sqrt{30^2 + 18.6^2}} \times 100 = 85\%$$

1981年のNiamey 地域の電力系統図を図6－2に示す。

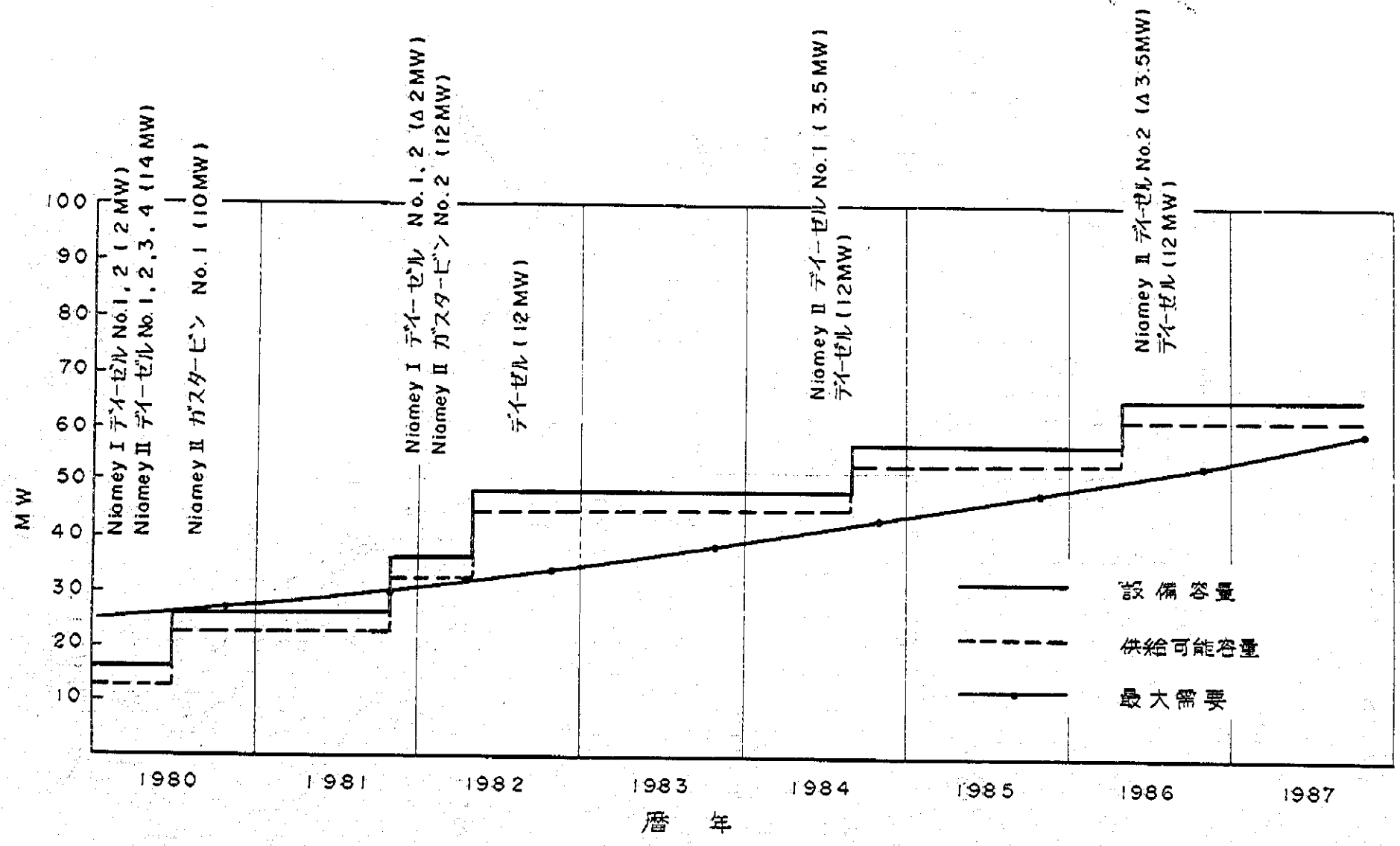


図 6.1 . Niamey 地域の電力需要予測と電力開発計画

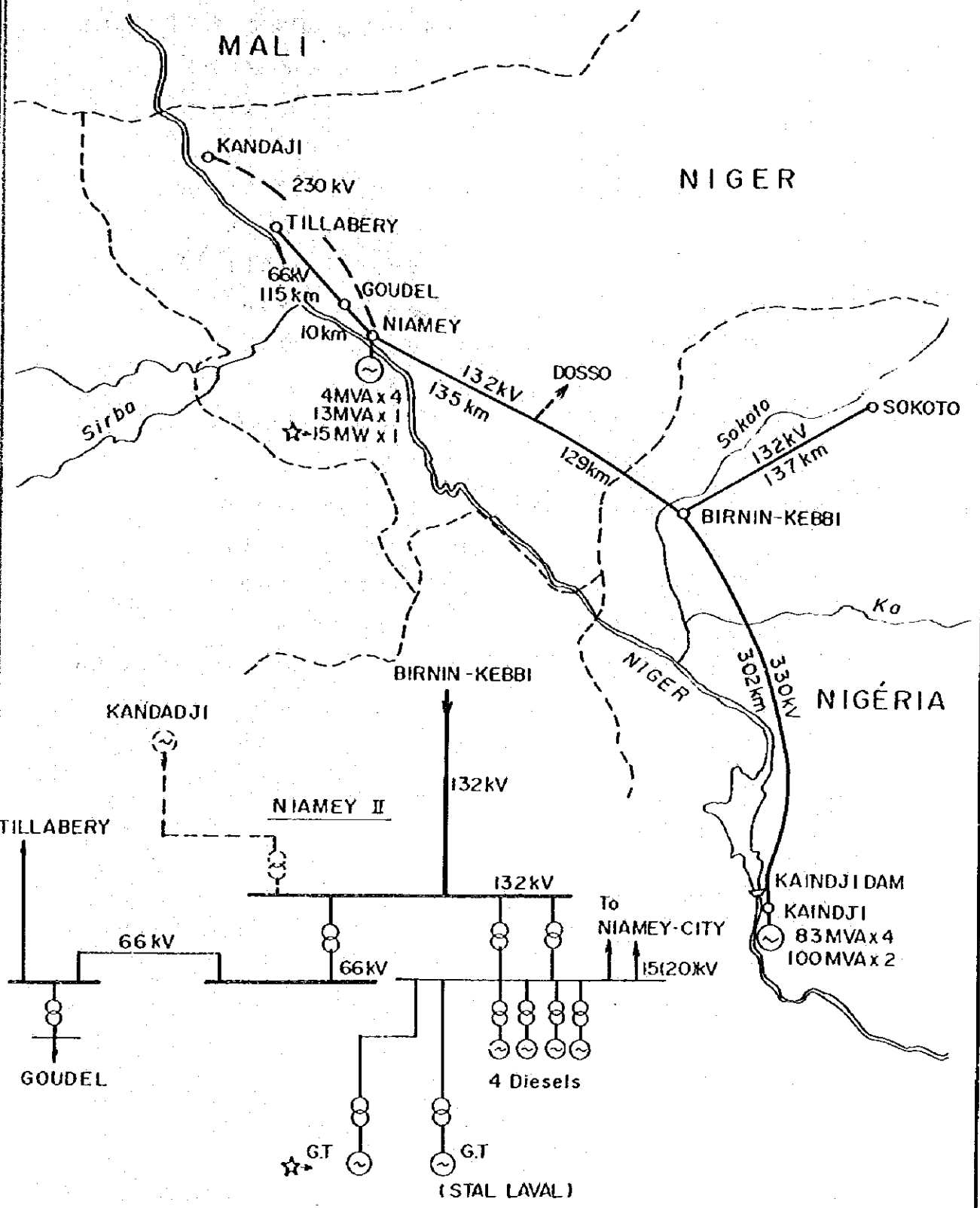


図 6.2　Niamey地域の電力系統

6.1.3 発電機、変圧器、送電線の諸元

発電機（Machine Base）

xd	30 %
M	7sec

変圧器インピーダンス（Machine Base）

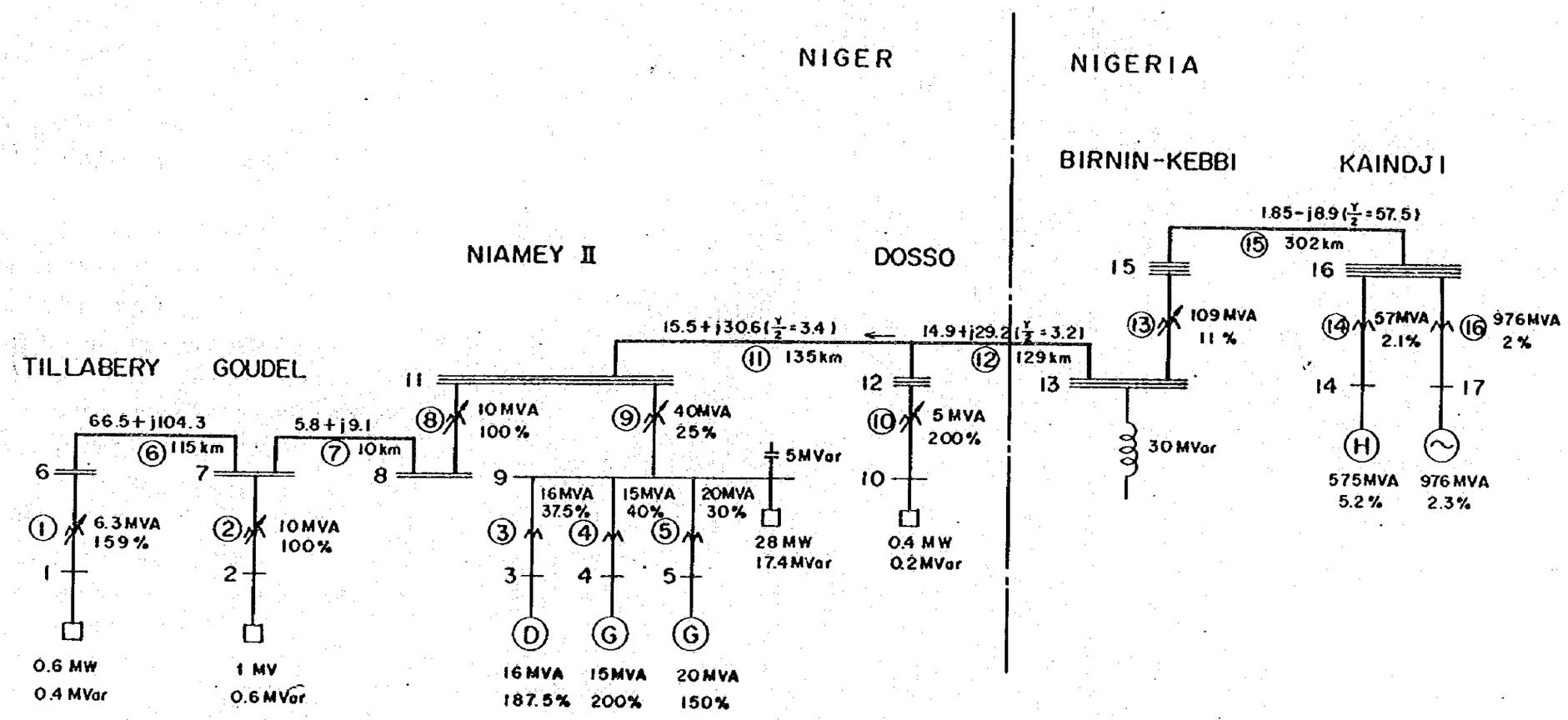
330KV	12 %
132KV	10 %
66KV	8 %
20KV	6 %
15KV	6 %

送電線（100MVA Base）

	R	X	Y	
330KV	0.006126	+ j0.02947	(j0.38)	%/Km
132KV	0.115	+ j0.2265	(j0.05)	%/Km
66KV	0.5784	+ j0.9072	(——)	%/Km

6.1.4 Niamey 地域のインピーダンスマップ（1981年）

1981年の Niamey 地域のインピーダンスマップを図6－3に示す。



凡 例

H : 水 力

D : デイーゼル

G : ガスタービン

母線 330 kV

母線 132 kV

母線 66 kV

100 MVA Base

図 6.3

NIAMEY 第2発電所

拡張計画

インピーダンスマップ

(1981年)

6.2 解 析 結 果

6.2.1 電力汐流と電圧調整

(1) ガスタービン2号機の運開する1981年の汐流計算を下記の3ケースについて行なった。

Case 1 ピーク時

Case 2 オフピーク時

Case 3 送電線の故障時

(Dosso～Birnin－Kebbi)

(2) 電圧調整の方針

電圧調整は下記のような条件のもとで行なった。

- 変電所二次側目標電圧を100±5%とした。
- 送電線の目標電圧を100±10%とした。
- 発電機電圧は95%～105%の間で運転するものとした。発電機で発生する無効電力は定格力率の範囲内とし、深夜の進相運転は極力避けた。
- 変圧器はすべてタップ付とし、変電所の変圧器は負荷時タップ切換付とし、すべて±10%の電圧調整幅に納まるようタップ値を調整した。
- 変電所に設備されている無効電力設備はなるべくこれを活用することとした。

(3) 電力汐流と電圧調整の結果

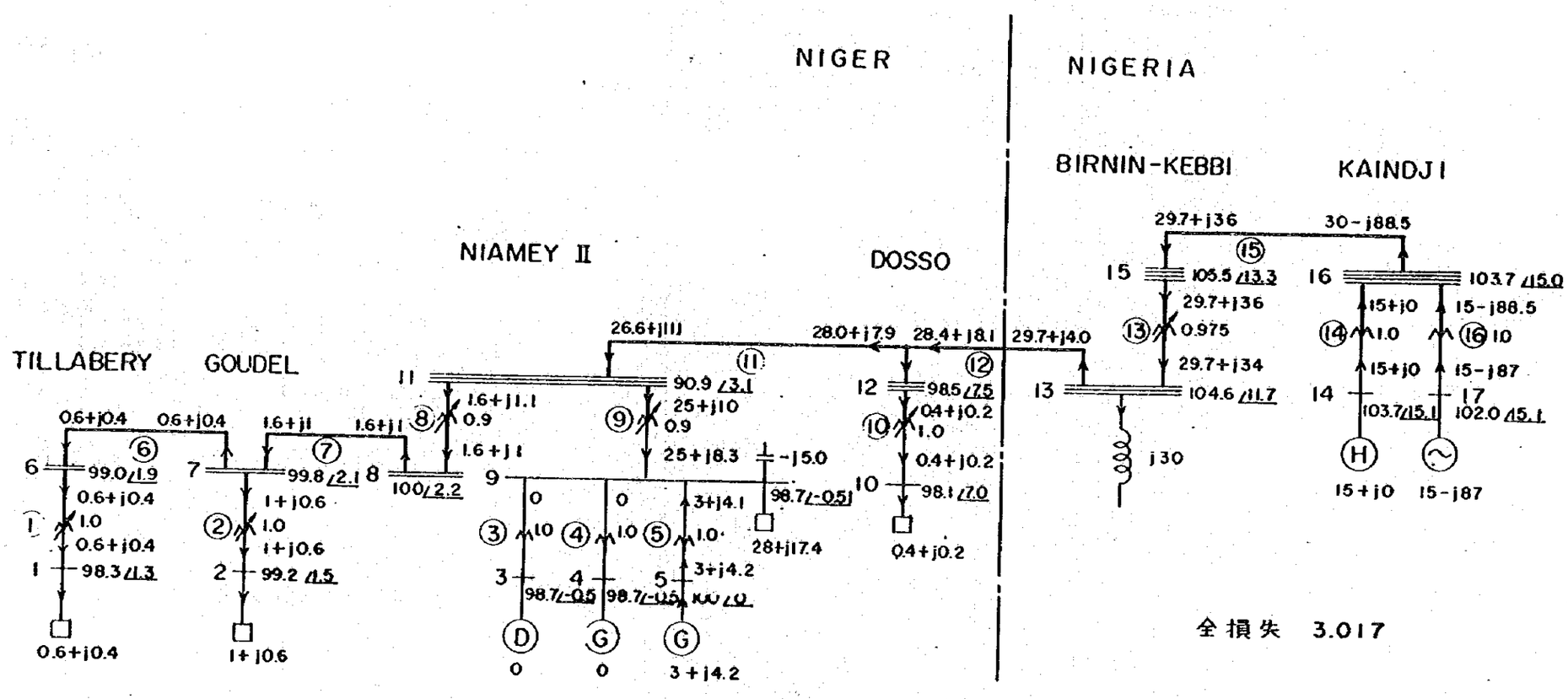
各ケースにおける汐流図を図6－4から図6－6に示す。

各ケースにおける発変電所の電圧表を表6－1に、送電線の汐流を下記に示す。

送電線	汐流 (MW)		
	Case 1	Case 2	Case 3
Kaindji/Birnin-Kebbi	30.0 29.7	15.0 14.8	—
Birnin-Kebbi / Dosso	29.7 28.4	14.8 14.5	—
Dosso / Niamey II	28.0 26.6	14.3 13.9	0.4 0.4
Niamey II /Goudel	1.6 1.6	0.8 0.8	1.6 1.6
Goudel / Tillabéry	0.6 0.6	0.3 0.3	0.6 0.6

表6－1　発変電所の電圧

発変電所名		電圧 (%)		
		Case 1	Case 2	Case 3
Kaindji	330KV Bus	103.7	101.8	—
	発電機	103.7	101.8	—
Birnin-Kebbi	330KV Bus	105.5	104.4	—
	132KV Bus	104.6	104.1	—
Dosso	132KV Bus	98.5	101.6	101.5
	66KV Bus	98.1	101.4	101.1
Niamey II	132KV Bus	90.9	97.2	100.5
	66KV Bus	100.0	101.8	99.5
	15KV Bus	98.7	100.1	99.1
	Diesel 発電機	98.7	100.0	100.0
	Gas Turbine №1	98.7	100.0	100.0
	Gas Turbine №2	100.0	100.0	100.0
Goudel	132KV Bus	99.8	101.8	99.3
	66KV Bus	99.2	101.5	98.7
Tillabéry	132KV Bus	99.0	101.3	98.4
	66KV Bus	98.3	101.0	97.8



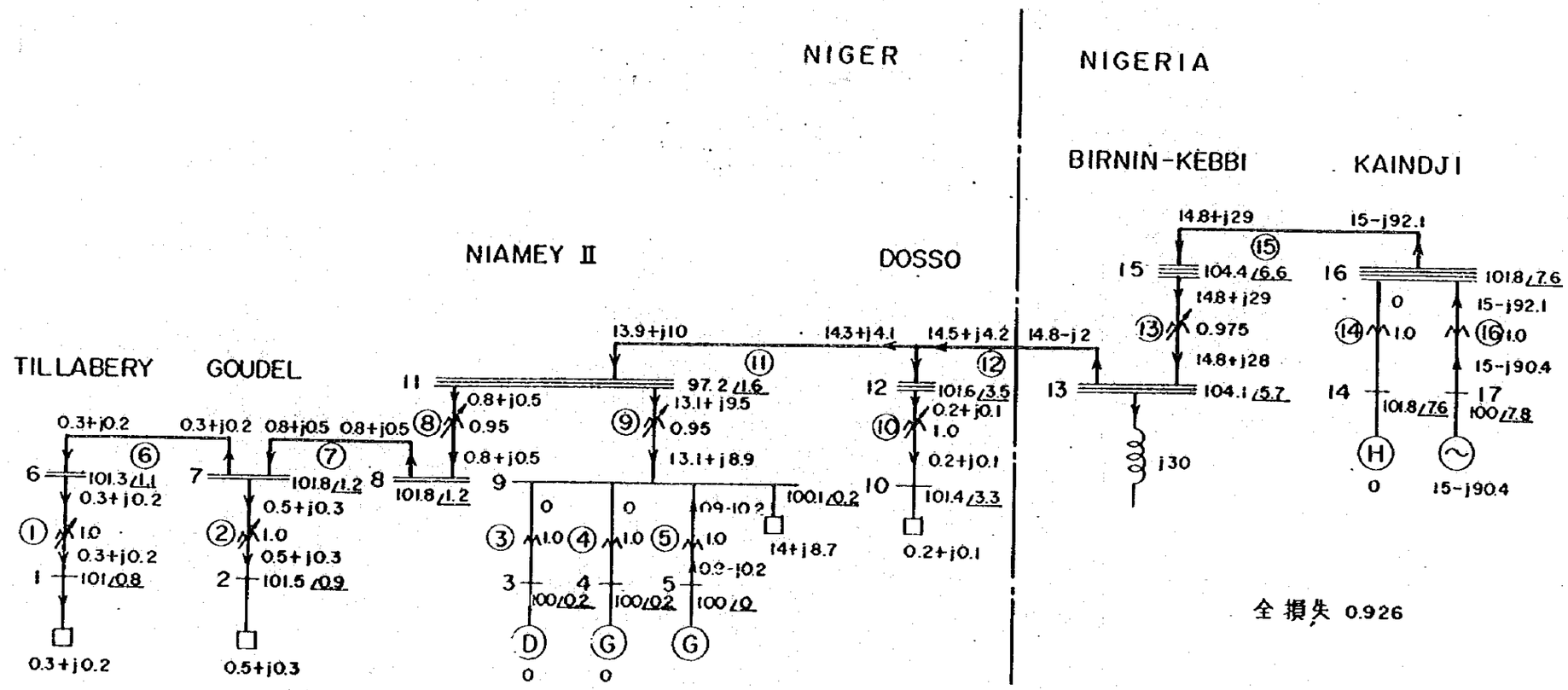
全損失 3.017

凡 例

H : 水 力
D : ディーゼル
G : ガスタービン

母線 330 kV
母線 132 kV
母線 66 kV

図 6.4
NIAMEY 第2発電所
拡張計画
汐 流 図
(ピーク時)



凡　例

H ： 水　力

D ： デイーゼル

G ： ガスタービン

母線 330 kV

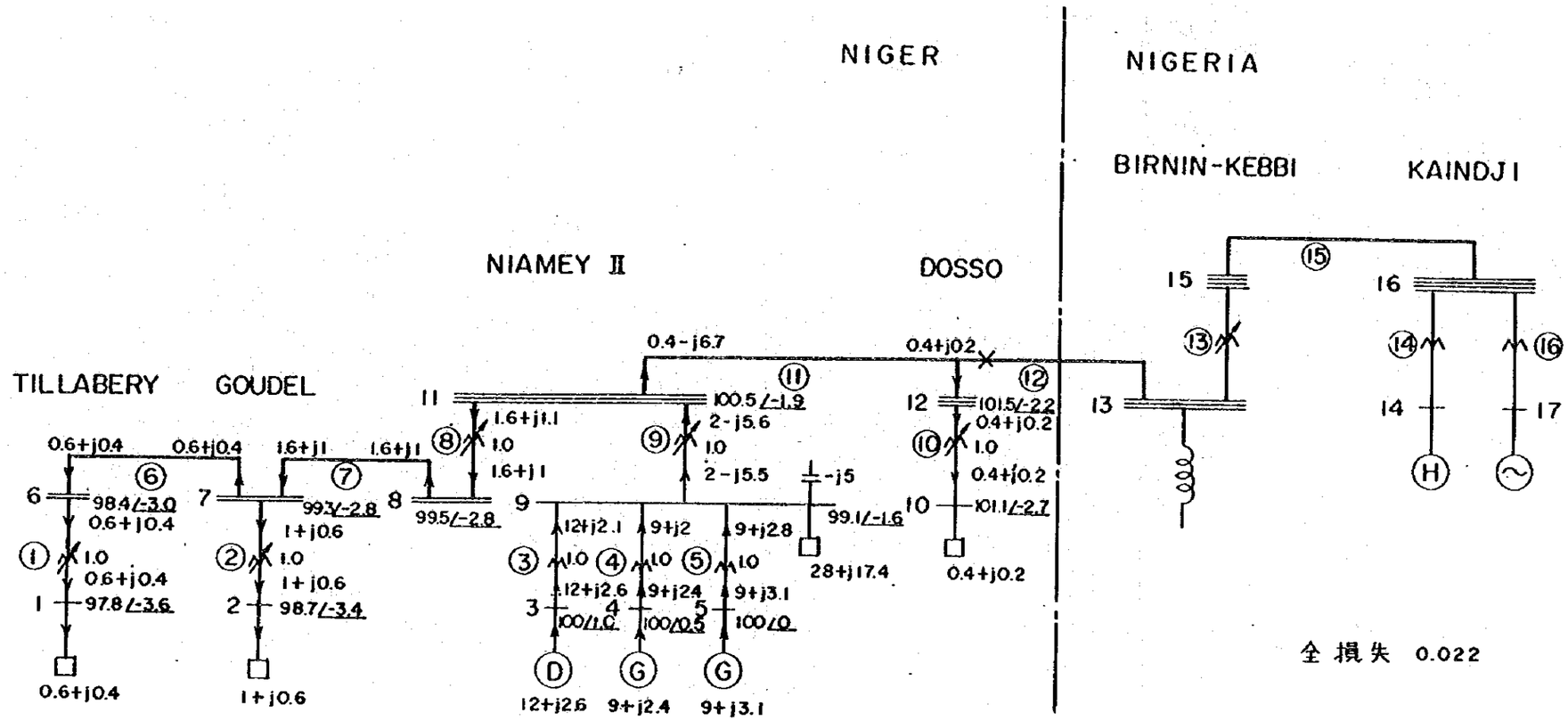
母線 132 kV

母線 66 kV

図 6.5

NIAMEY 第2発電所
拡張計画

汐　流　図
(オフピーク時)



全損失 0.022

凡 例

H :	水 力	═	母線 330 kV
D :	ディーゼル	═	母線 132 kV
G :	ガスタービン	═	母線 66 kV

図 6.6

NIAMEY 第2発電所
拡張計画

汐 流 図
(送電線の故障時)

6.2.2 過度安定度

(1) 計算条件

計算条件としては、1回線事故では最も苛酷な3相地絡（3LGO）をNiamey第二発電所の15KV Busに想定し、下記の3ケースについて行なった。

Case 1　Nigeriaから30MW受電

Niamey 第二発電所　ガスタービン2号　3MW

Case 2　Nigeriaから20MW受電

Niamey 第二発電所　ガスタービン2号　11.5MW

Case 3　Niger　単独系統で

Niamey 第二発電所　ジーゼル　12MW

ガスタービン1号　9MW

ガスタービン2号　9MW

しゃ断時間は継電器の作動を含めて0.1secとした。なお制御系（AVRガバナ）は考慮しなかった。

(2) 計算結果

過度安定度計算の結果を図6－7から図6－9に示す。

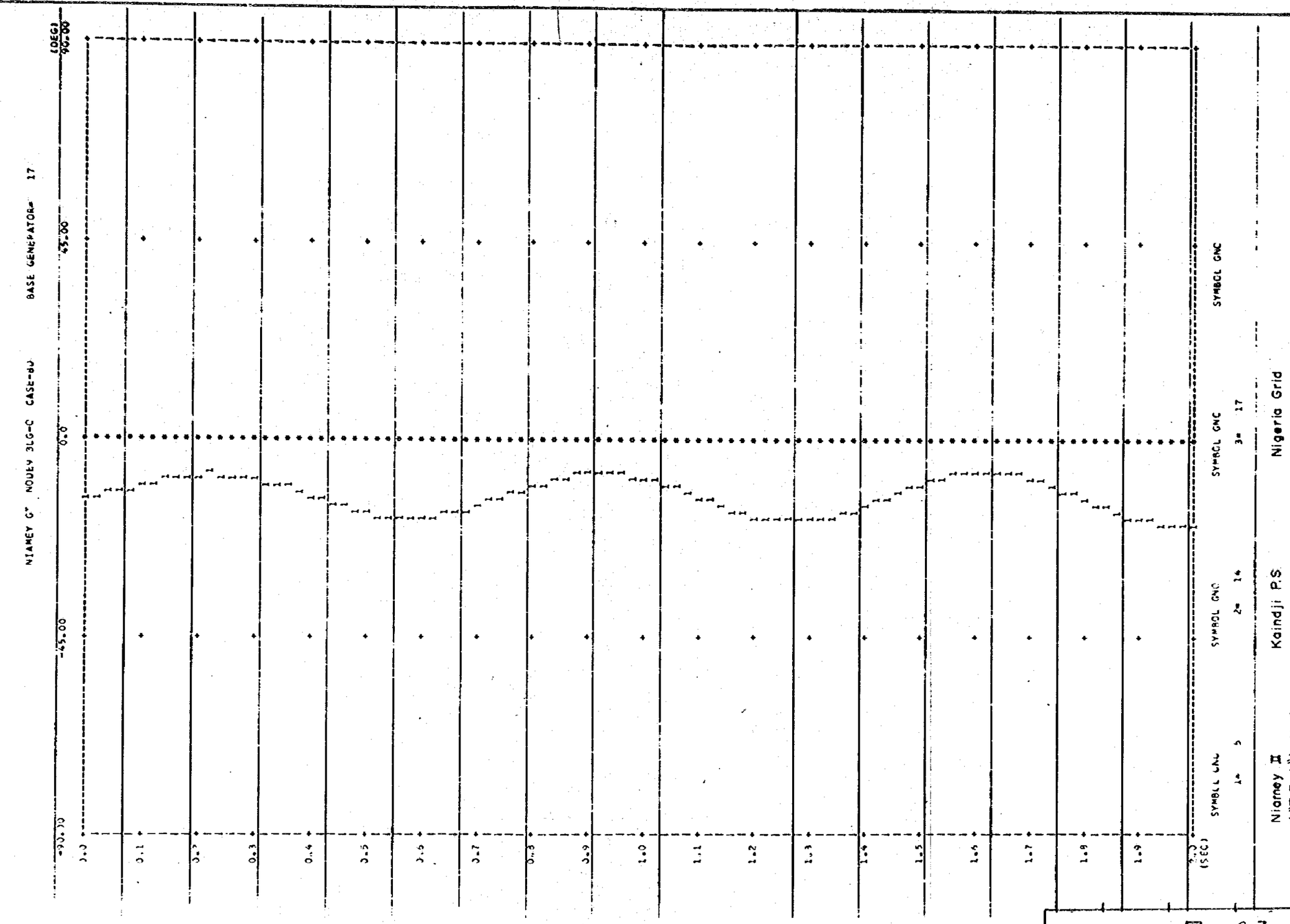


図 6.7
NIAMEY 第2発電所
拡張計画
過渡安定度
(ケース1)

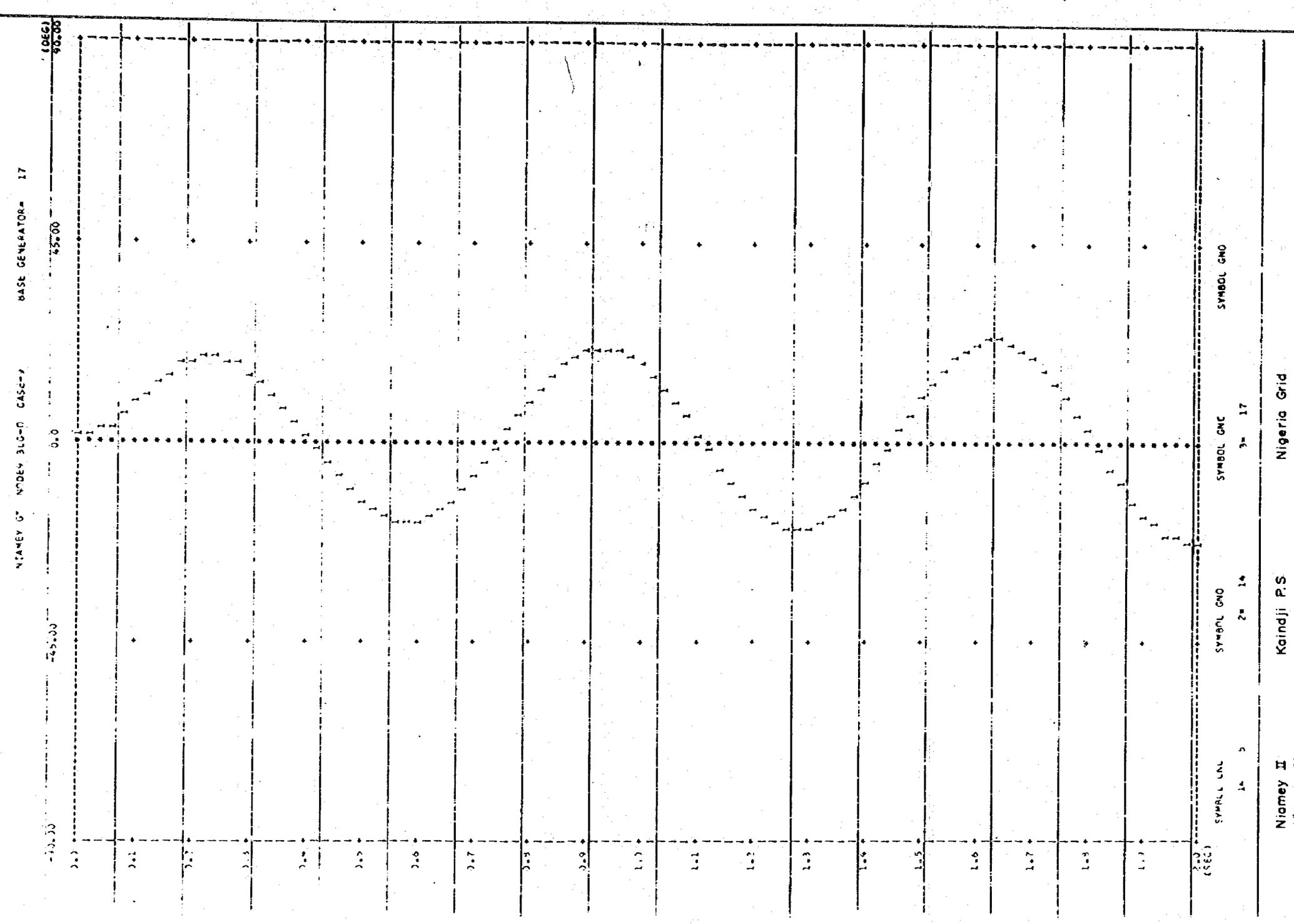


図 6.8
NIAMEY 外2発電所
拡張計画
過渡安定度
(ケース2)

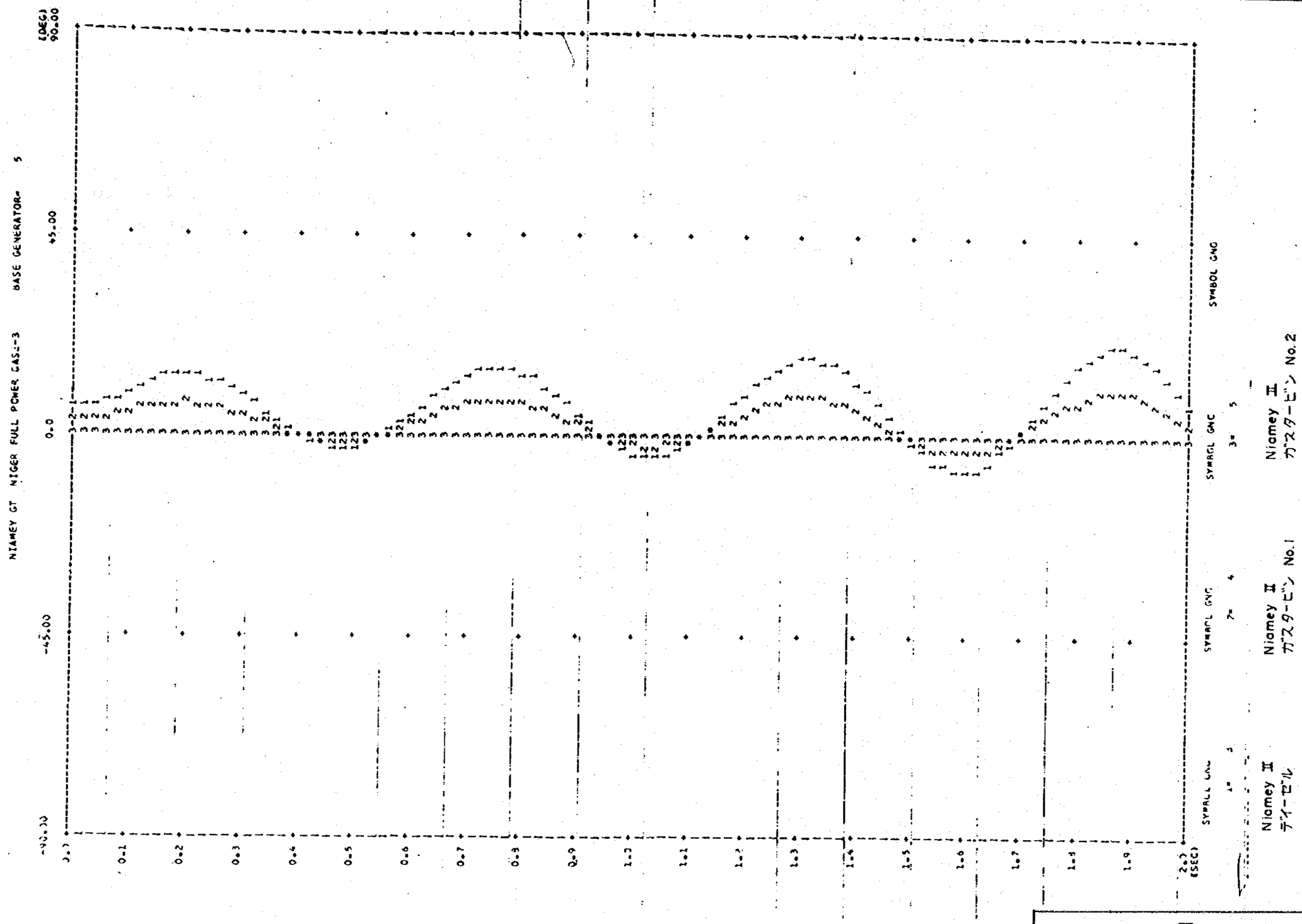


図 6.9
NIAMEY 第2発電所
拡張計画
過渡安定度
(ケース3)

6.2.3 短絡容量

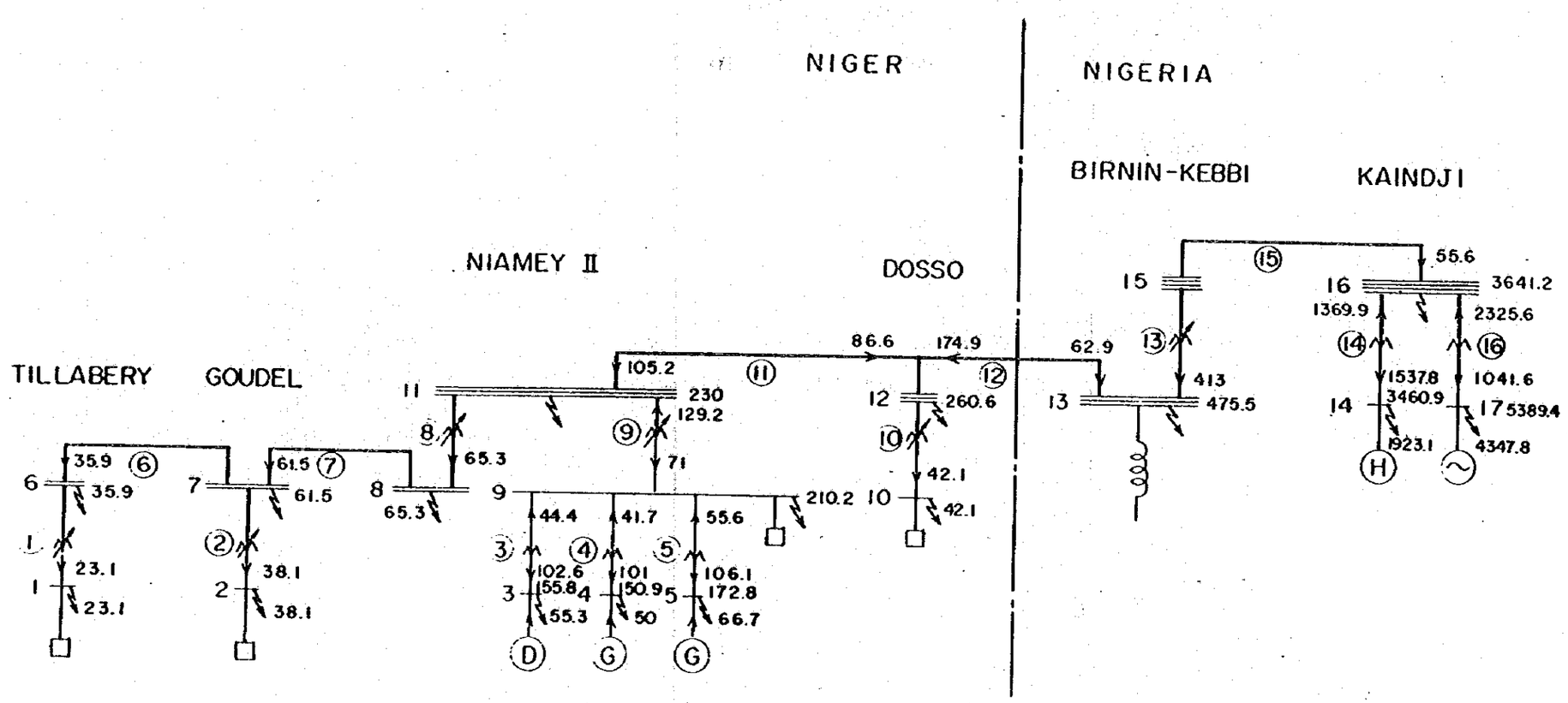
ガスタービンをNiamey第二発電所の15KV Busに増設するものとし、1台増設後（1981年）と2台増設後（1982年）の2ケースについて計算した。

計算結果は図6－10と図6－11に示す。

Niamey第二発電所の15KV Busのしゃ断容量は下記の通り。

1台増設時（1981年）	210.2 MVA
2台増設時（1982年）	265.5 MVA

既設の15KV回路のしゃ断容量が250MVAであり、2台増設時（1982年）にはしゃ断器の取替えが必要となる。

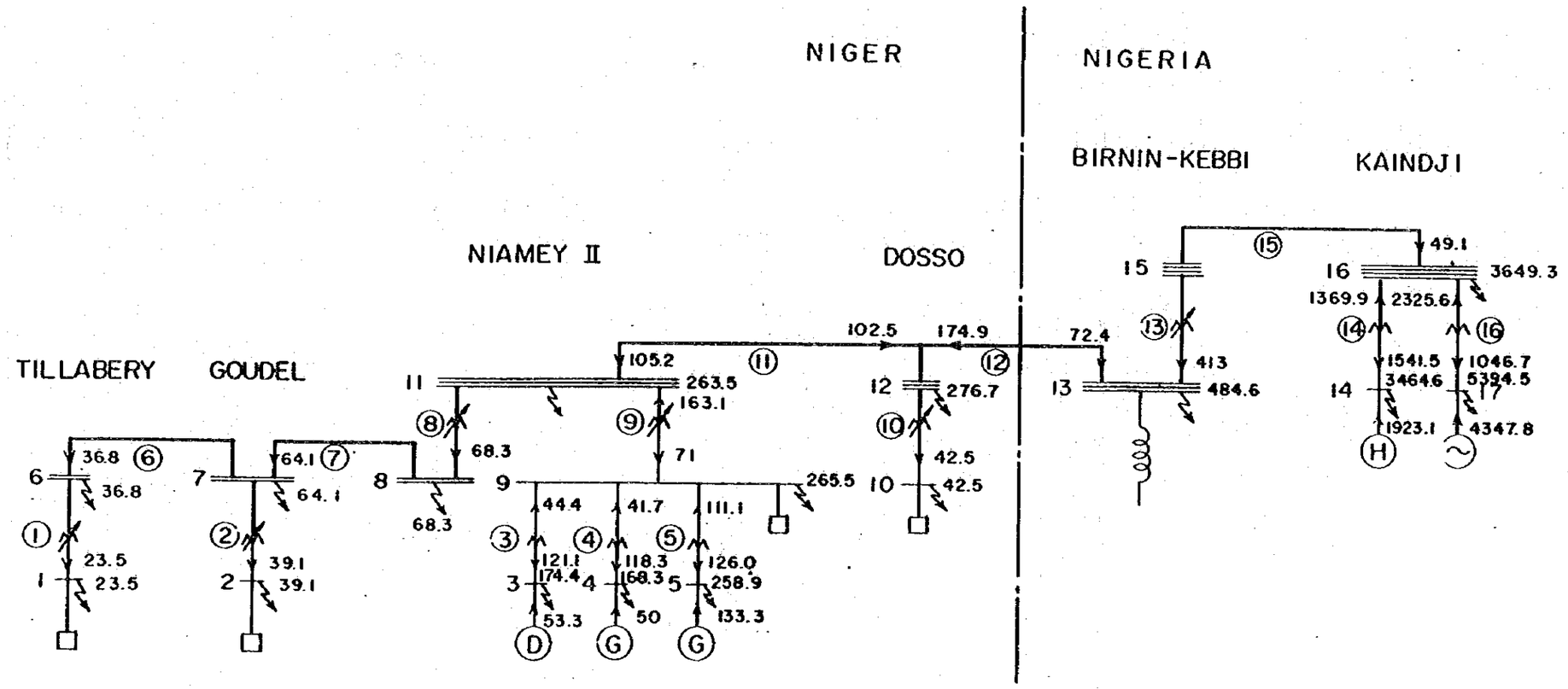


凡 例

H : 水 力
D : デイーゼル
G : ガスタービン

母線 330 kV
母線 132 kV
母線 66 kV

図 6.10
NIAMEY 第2発電所
拡張計画
短絡容量
(1981年)



凡 例

H : 水 力
D : ディーゼル
G : ガスタービン

母線 330 kV
母線 132 kV
母線 66 kV

図 6.11
NIAMEY 第2発電所
拡張計画
短絡容量
(1982年)

6.2.4　15KV母線の許容電流

Niamey 第二発電所の15KV（20KV）2重母線の許容電流は、母線用計器用変圧器変流器盤を境に、フィーダー側が2400A、ジーゼル発電機側が1600Aである。

ガスタービン発電機2号機のしゃ断器、断路器盤を設置出来る位置は下記の2個所が考えられる。

Case 1　　1600A母線と2400A母線の接続点

Case 2　　1600A母線の末端

Case 1 と Case 2 について、母線電流が最大になるような汐流図を 図6－12と図6－13に示す。

Case 2 は 1600A 側母線の最大電流が1964Aとなり、同母線の増強が必要になるので Case 1 を採用するのが適当である。

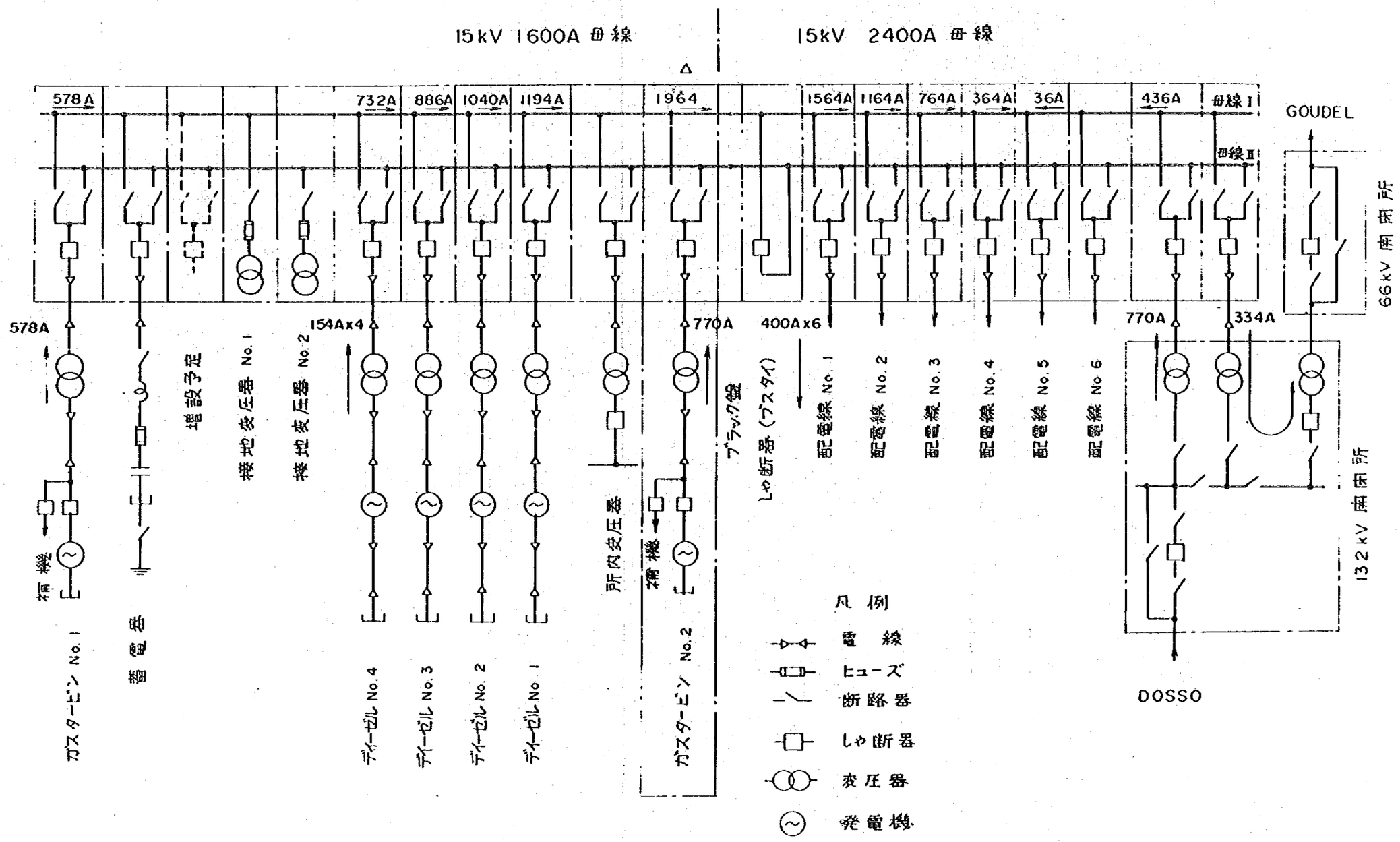


図 6・12
NIAMEY 第2発電所
拡張計画
単線結線図
（ケース2）

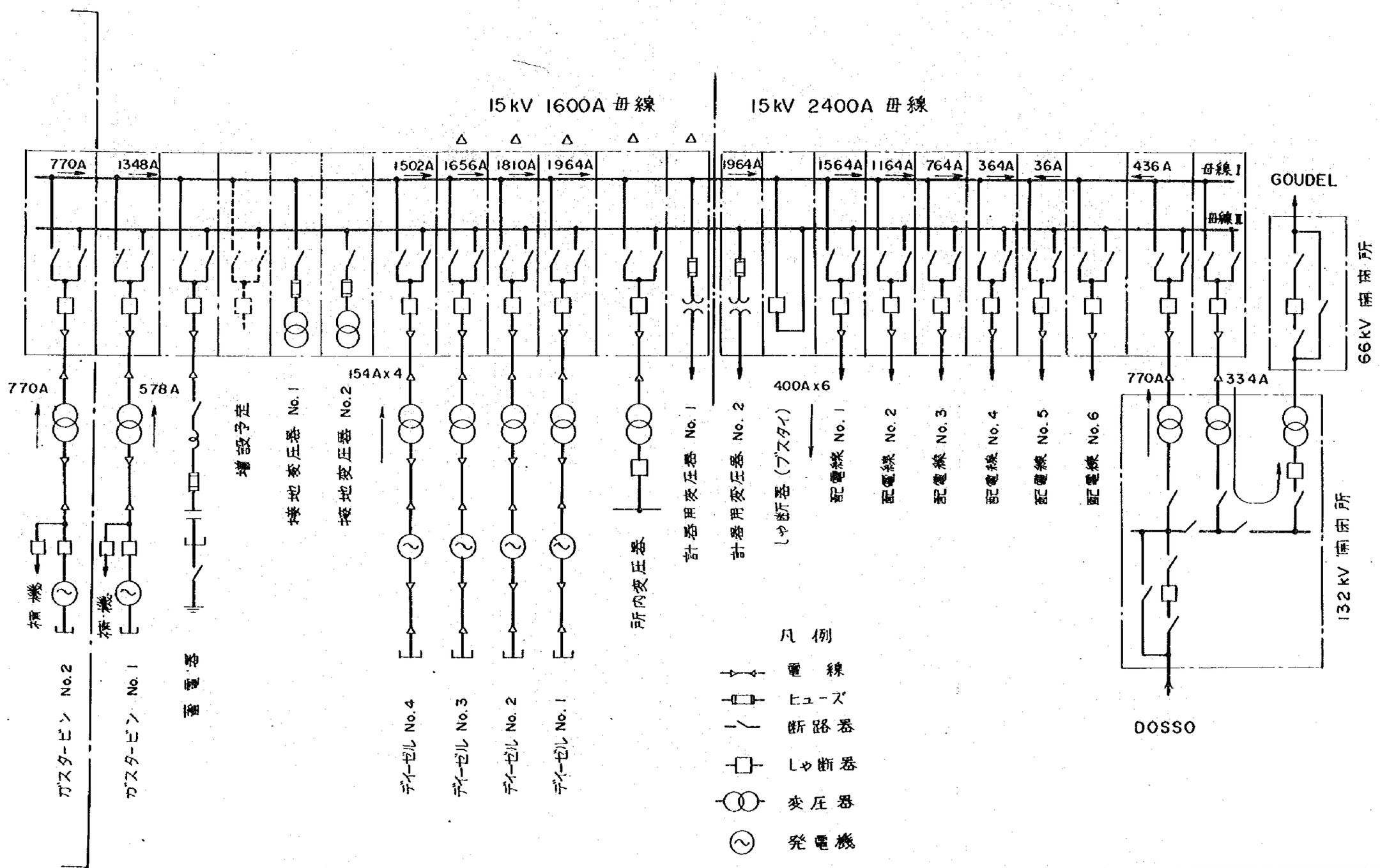


図 6・13
NIAMEY 第2発電所
拡張計画
単線結線図
（ケース1）

6.3 結　　論

6.3.1 電力汐流と電圧調整

- 汐流は送電線の許容電流以下で問題ない。
- 電圧変動は目標値の範囲内に納まっている。
- 発電機で発生する無効電力を定格力率の85%とすれば無効電力設備の増設は必要とならない。

6.3.2 過度安定度

- 最も苛酷な3相地絡（3LGO）をNiamey第二発電所の15KVフィーダーの1回線に想定したが安定である。

6.3.3 短絡容量

- 1981年に増設ガスタービン20MVAを投入した場合Niamey第二発電所の15KV回路の短絡容量は210MVAとなるが、これに対して既設のしゃ断容量は250MVAであるので問題ない。

  1982年に更に追加の20MVA1基を設置したと仮定すると、短絡容量は265MVAとなるので15KV回路のしゃ断器の一部取替が必要となる。

6.3.4 15KV母線の許容電流

- ガスタービン発電機2号機のしゃ断器、断路器盤は母線の許容電流を考慮して、1600A母線と2400A母線の接続点へ設置すると、母線の張替を必要としない。

第 7 章　ガスタービン発電設備の基本設計

7.1　設　計　条　件

7.2　設　計　基　準

7.3　発　電　設　備

7.4　基　礎　工　事

第 7 章　ガスタービン発電設備の基本設計

7.1 設 計 条 件

7.1.1 設置場所および地形条件

発電所は Niamey 市の南西部郊外の Gamkalle 工業団地予定区域内に位置しており、標高２１６ｍである。

機器増設のため留保されている構内敷地面積は約５０ｍ×９０ｍである。

上記の敷地の約半分は未だ盛立整地が成されておらず、整地面より約1.5ｍ低くなっている。構内の機器配置は図７－１に示す通りである。

7.1.2 土 質 条 件

発電所構内ではすでに動力ペネトロメーターによる地盤調査が行なわれており、その結果、地層は次の通りである。

０ｍから0.6ｍ～0.7ｍ	盛土（ラテライト性れき＋ずり）
0.6ｍ～0.7ｍから2.6ｍ～2.9ｍ	焦茶色の砂
2.6ｍ～2.9ｍ以下	ラテライト性の固い層

ラテライト性れきおよびずりからなる盛土および焦茶色の砂については、地耐力はあまり期待できない。その下によこたわるラテライト性の固い層については充分な地耐力を期待できる。

7.1.3 気 象 条 件

Niamey 地方の気候は雨期と乾期に分かれ、乾期は１０月から翌年５月まで、雨期は６月から９月までである。

乾期は北東から東に吹くサハラ砂漠の乾燥した季節風の影響で気温が低下し、特に１２月、１月、２月の３ヶ月は１５℃前後まで気温が下がる。

年間雨量は約６００㎜であるが、８月に最も雨量が多く、屢々、月間２００㎜を超える。気温は毎年４月と１０月に最高気温を示し、４５℃に達する。年平均気温は２９℃前後である。

気圧は年間を通じて９８１ミリバールから９８５ミリバールの間を変化し、平均984ミリバールである。

ガスタービン設計に必要な気象上の諸元を要約すると次の通りである。

(1) 気　　温

年間最高気温　　４５℃

年間最低気温　　１５℃

(2) 気圧（平均）　　９８４ mbar

(3) 相対湿度（平均）　　６０％

(4) 雨　　量

年間降雨量　　６００㎜

以上の外に注意すべき点は、sand storm の発生があることと、いなごや蝶等の大形昆虫の発生があることである。

なお、Niamey 空港の気象観測所で測定した１９６０～１９７０年および１９７０～１９７９年の気温、気圧、湿度等の測定結果を表７－１に示す。

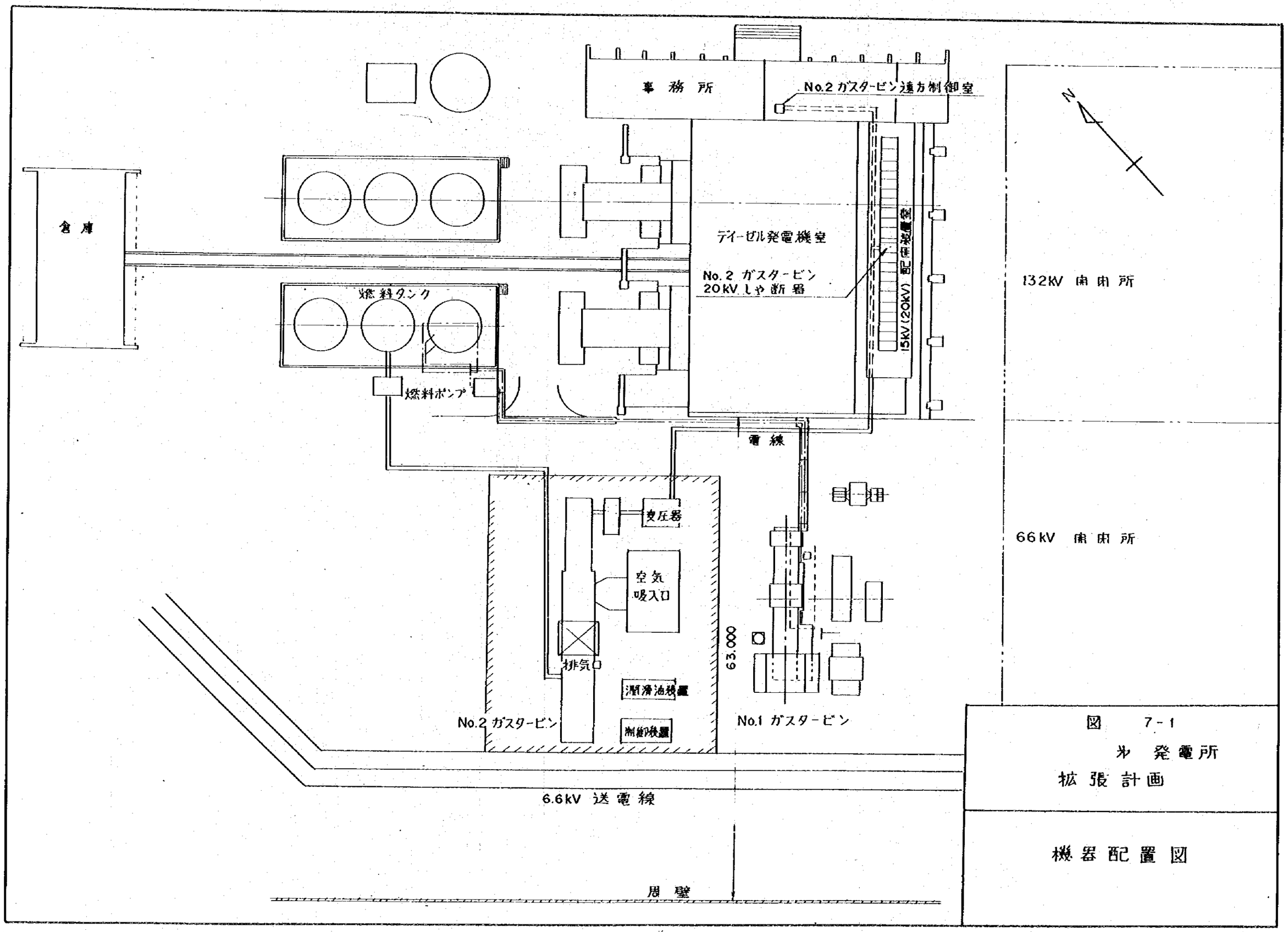


図 7-1

外 発電所

拡張計画

機器配置図

表7－1　Niamey 地域気象データ（1960～1979）

期間	大気温度（℃）			大気圧	降雨		
年	最高平均	最低平均	月平均	(mbar)	雨量(mm)	降雨日数	湿度(%)
(1960～1970)							
1月	33.5	15.7	24.6	985.3	–	–	37
2月	36.3	18.2	27.3	984.1	–	–	32
3月	39.4	22.3	30.9	982.5	2	0.4	33
4月	40.9	26.3	33.6	981.2	3	1.0	37
5月	40.0	27.2	33.6	982.1	28	4.1	58
6月	36.7	25.3	31.5	983.9	80	8.5	77
7月	33.6	23.5	28.5	984.8	160	13.0	88
8月	31.5	22.6	27.1	984.7	210	16.6	93
9月	33.3	23.0	28.1	984.8	105	10.6	93
10月	37.3	23.2	30.3	983.9	18	2.4	78
11月	36.8	19.0	27.9	984.2	2	0.8	55
12月	33.9	16.1	25.0	984.9	–	–	45
平均	36.1	21.9	29.0	983.9	608	57.4	60.5
(1970～1979)							
1月	32.7	16.2	24.5	985.5			
2月	35.9	18.4	27.2	984.0			
3月	38.6	22.8	30.7	982.3			
4月	40.7	26.2	33.5	981.1			
5月	39.7	27.4	33.6	981.9			
6月	37.5	25.8	31.7	983.7			
7月	33.9	23.7	28.8	984.6			
8月	32.8	23.1	28.0	984.5			
9月	34.6	23.5	29.1	984.6			
10月	37.0	23.9	30.5	983.6			
11月	35.8	19.3	27.6	984.8			
12月	33.0	16.7	24.9	985.7			
平均	36.0	22.3	29.2	983.9			

7.1.4 燃料組成

現在、Niamey 第二発電所のガスタービンGT－35が使用しているガス・オイルのサンプルを入手し、化学分析を行なった結果、使用燃料の組成は次の通りである。

項目	単位	測定値
(1) 比重	15／4℃	0.8528
(2) 粘度	30℃Cst	4.901
	50℃Cst	3.083
(3) 引火点	℃	74
(4) 流動点	℃	－5
(5) 水分	Vol %	0.1
(6) 残留炭素	W %	0.009
(7) 灰分	W %	0.0005
(8) 総発熱量	Kal／Kg	10,830
(9) 真発熱量	〃	10,110
(10) 炭素	W %	86.16
(11) 水素	W %	13.25
(12) 硫黄	W %	0.58
(13) Na_2O	ppm	0.043
(14) K_2 又は K_2O	ppm	検出限界（0.075 ppm）以下
(15) V_2O_5	ppm	〃 （0.2 〃 ） 〃

7.2 設計基準

設計に関する規格、基準は、次に示す日本国内規格、基準を適用するものとし、これに相当する国際規格、基準の適用も可能とする。

(1) 日本工業規格（JIS）

(2) 日本電気規格調査会標準規格（JEC）

(3) 日本電機工業会標準規格（JEM）

(4) 日本電線工業会標準規格（JCS）

(5) 日本建築学会規格（AIJS）

(6) 以上の他に機器製造者独自の規格標準等

7.3 発 電 設 備

7.3.1 一 般

(1) 建屋を必要としない全天候 Package 形式

(2) 運転モードは、ピーク運転が可能であること

(3) 全停電時の起動は考慮しない

(4) 騒音に対する環境対策

(5) 冷却は空冷もしくは、閉塞水冷方式

7.3.2 ガスタービン

(1) ガスタービン本体

(a) 形式は単純開放サイクルとし、現地での分解、高温部品の交換（燃焼器、ブレード等）、修理および再組立等の保守が簡単に行えるものとする。

(b) 夏期の最高気温４５℃、大気圧９８４ mbar の時、送電端出力を１２,０００ kW 以上確保できる機種として計画する。

(2) 潤滑油装置

ガスタービンおよび発電機等に潤滑油を供給する設備で、油圧制御装置、潤滑油ポンプ、同タンク、補助油ポンプ、油冷却器等で構成される。

(3) 燃料供給装置

既設の燃料タンクより燃料油をガスタービンに供給する装置で、パッケージ外部の燃料配管、燃料油移送ポンプ、主燃料ポンプ、燃料供給圧力調整器等で構成されるものとする。

(4) 吸、排気ダクト

吸、排気ダクトは、砂嵐、昆虫類の吸込み、侵入防止を十分考慮したフィルタを選定し取付けた構造とし、また、十分な消音機能を有するものであること。

(5) 起動装置およびターニング装置

(a) 起動装置はジーゼルまたは圧縮空気によるものとする。

(b) 交流電動機および歯車機構で構成されるガスタービン軸ターニング機構を有すること。

(6) 制御装置

(a) プッシュボタン操作で発電設備の起動、同期、停止が自動的に行なわれ、安定した運転を自動制御で行ない得るものであること。

(b) 既設の運転室からの遠隔操作によっても(a)項の操作、運転が可能であること。

7.3.3 発電機および電気設備

(1) 発 電 機

(a) 開放空気冷却形

(b) 容 量　　ガスタービンの出力に見合ったもの

(c) 電 圧　　11 KV

(d) 周波数　　50 Hz

(e) 回転数　　3,000 rpm

(f) 相 数　　3 相

(g) 力 率　　0.85

(2) 励 磁 機

発電機の仕様に合致したものであること。

(3) 主変圧器

(a) 電 圧　　一次　11 KV　　二次　15／20 KV

(b) 容 量　　ガスタービンに見合ったもの

(c) 結 線　　一次　Y　　二次　△

(d) 接地方式　　ガスタービンの出力に見合ったもの

(e) 冷却方式　　油入空冷式

(4) その他の電気設備

この発電設備に必要な、高圧キュービクル、コントロールセンター、保護装置、バッテリ、計器、照明等を備えること。

7.3.4 既設母線への接続

発電された電力を既設 15 KV（20 KV）二重母線へ接続するため、20 KVしゃ断器を含めた工事を行なう。

Niamey 第二発電所の単線結線図を 図 7－2に示す。

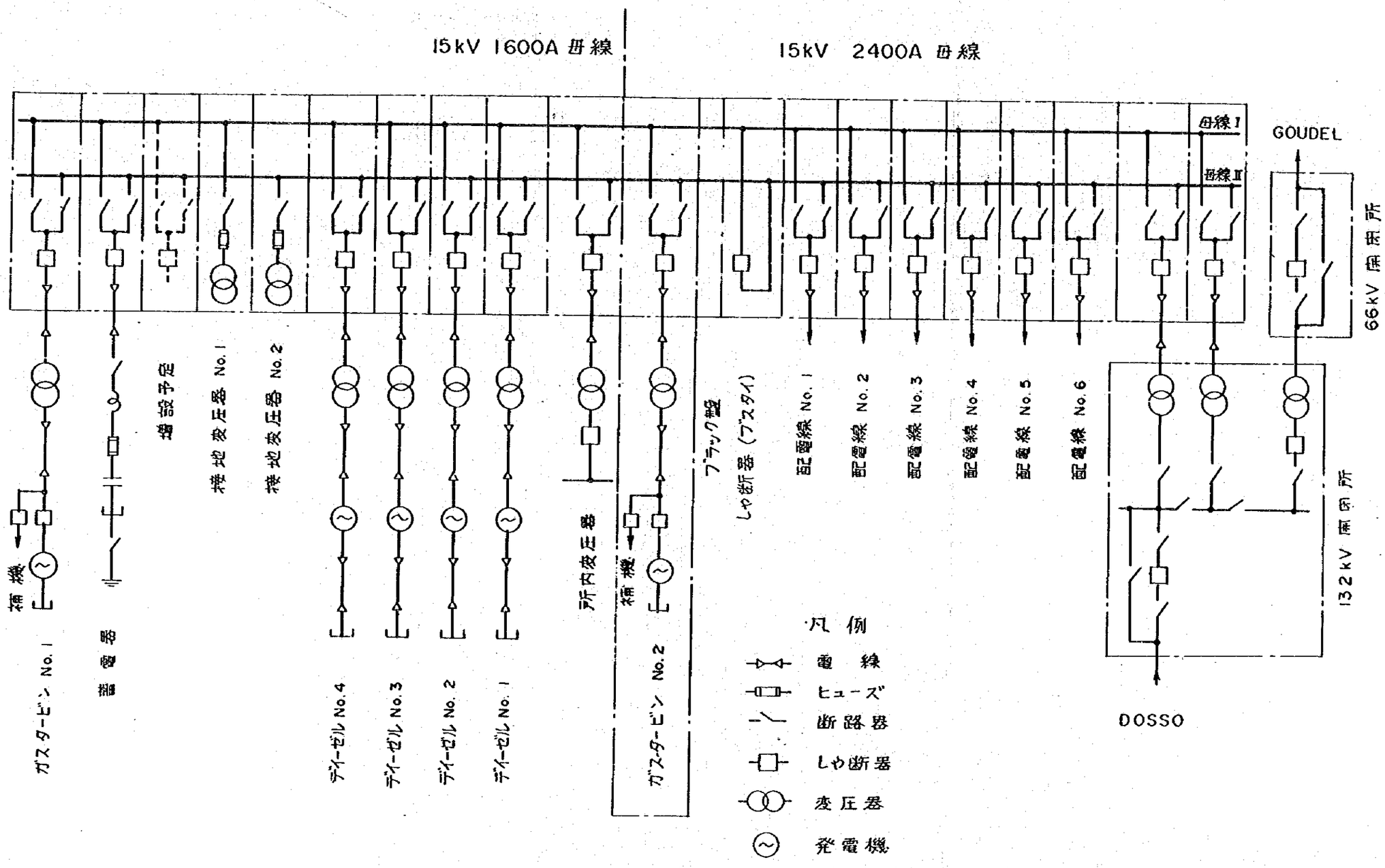


図 7-2
NIAMEY 第2発電所
拡張計画
単線結線図

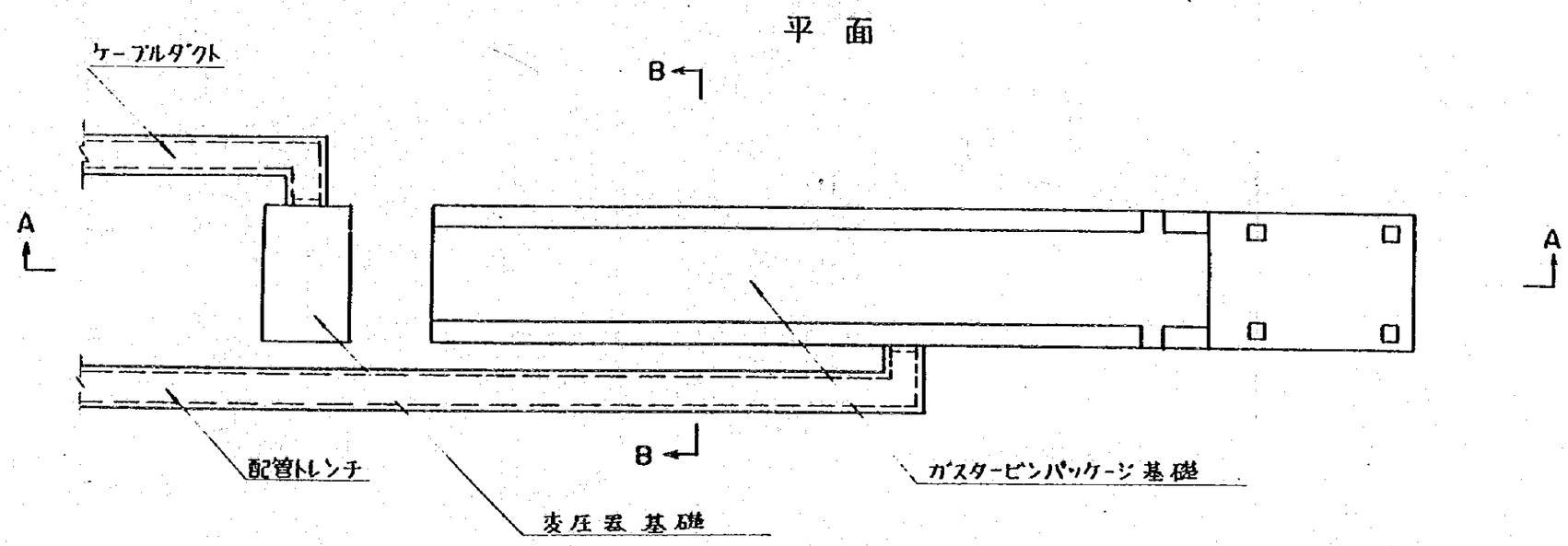
7.4 基 礎 工 事

タービン基礎は、タービン荷重を充分支持地盤に伝える構造とする。

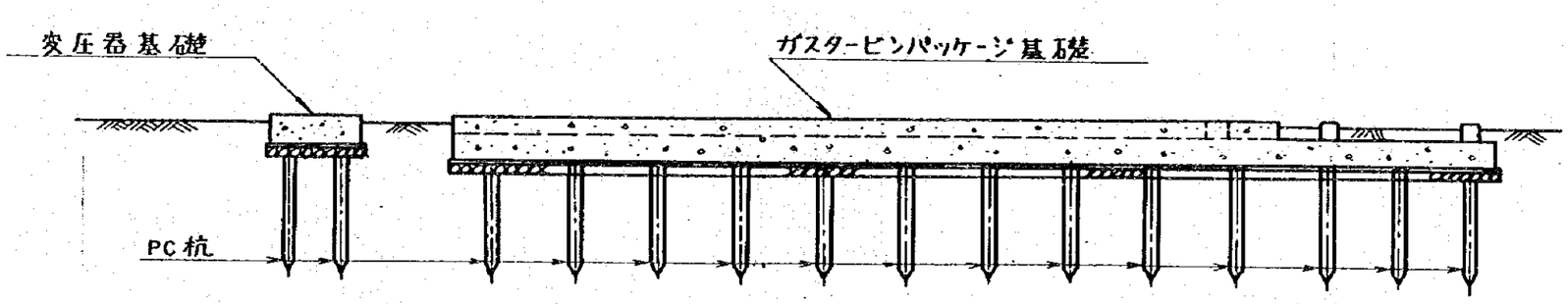
入手した既存資料によれば２６ｍ～２９ｍ以下のラテライト性の固い層は、充分地耐力があると思われるのでタービン基礎コンクリートはこの層にＲＣパイルを使用して支持することとする。

参考として 図 7－3に機器基礎図を示す。

尚、現在入手している土質調査資料では未だ不充分なので、実施設計にあたっては追加地盤調査を行なう必要がある。



A－A 断面



B－B 断面

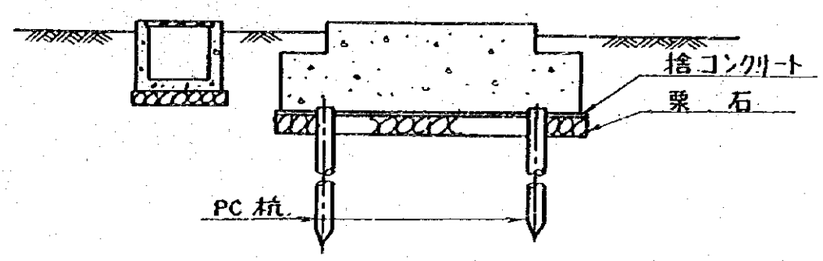


図 7-3
NIAMEY 第2発電所
拡張計画
機器基礎

第 8 章　工 事 工 程

8.1　施工計画および工程

8.2　NIGER側が行なう工事

第 8 章　工 事 工 程

8.1　施工計画および工程

ガスタービン機器の受注後、設計製作が開始されるが、これらの製作、輸送、基礎土木工事、機器組立、据付工事並びに試運転を含めた工事期間は、１９８０年４月に運転開始したNiamey第二発電所のガスタービンＧＴ－３５の実績工期を勘案し、最低１０.５ケ月と予定する。各段階毎の工程は以下の通りである。

(1)　設計製作

納入契約締結後、機器の設計製作が行なわれるが、その所要期間は最低４ケ月と見込まれる。なお、この期間には、コンサルタントが立合う機器の工場試験および梱包の期間も含まれている。

(2)　輸　　送

機器製作完了次第、関係機関から輸出許可を得て、船積を行なう。日本からの海上輸送、荷揚港における通関手続、並びに内陸輸送を含めて、輸送のための総所要期間は２.５ケ月と想定される。

なお、荷揚港に関して、ニジェール国は内陸国であるため、下記の４ケ所の外国港を経由して物資の供給を受けている。

Harcourt　　港　（ナイジェリア）
Cotonou　　港　（ベナン）
Lomé　　港　（トーゴー）
Abidjan　　港　（象牙海岸）

以上のうち、Cotonou－Parakou－Niameyのルートが最も短いが、Cotonou－Parakou間４３８Kmの鉄道は重量物の輸送に不適当であること、また、１９８０年４月に運転開始したNiamey第二発電所のガスタービンＧＴ－３５はLomé～Fada－N'Gourma～Niameyのルートを採用し、内陸輸送の所要期間は１週間であったことに留意する必要がある。

(3)　基礎土木工事

パイル打込み、基礎コンクリート等の土木工事は機器のサイト到着までに完了が必要であり、そのための所要期間は１.５ケ月と見込まれる。

(4)　機器の組立、据付、試運転

機器の組立、据付は、試運転期間を含め、所要期間は４ケ月と想定される。

なお、据付工事は所要capacityのクレーンが利用可能であるか否かによって工期に

大きく影響するが、ニジェール国内にあるクレーンは最大２０屯程度にとどまり、また、常に利用可能の状態にあるとは云えないことに留意しなければならない。

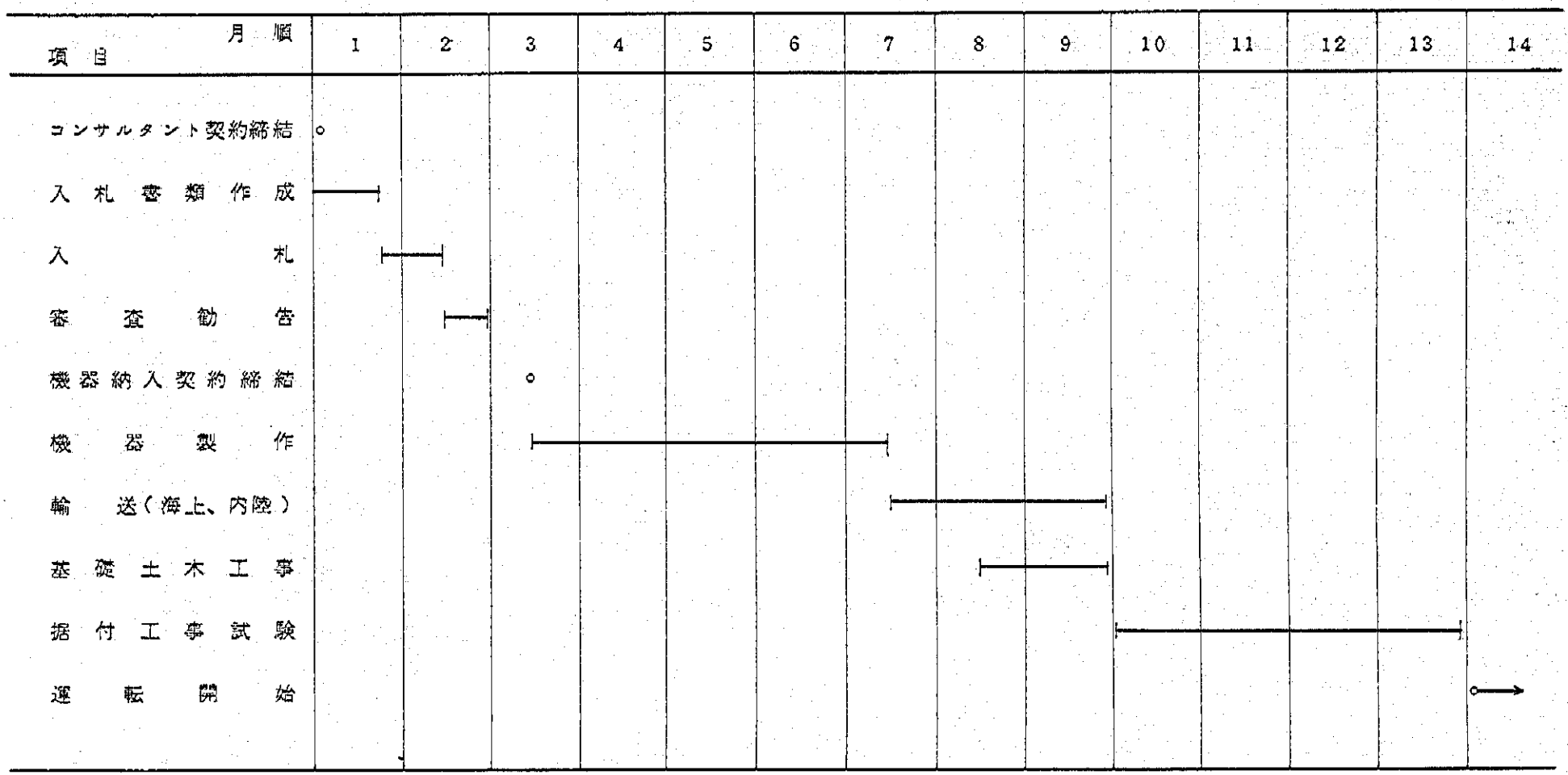
8.2 NIGER側が行なう行事

(a) コントラクターが行なう給油パイプ工事は、ガスオイル貯蔵タンク出口のバルブより以降、および戻し油パイプのガスオイル貯蔵タンク直前のフランジまでとしているので、貯蔵タンクより上記のバルブおよびフランジ取付けまではニジェール側が実施する。

(b) ガスタービン設置予定の構内敷地の約半分は未だ盛立整地が成されていない。これについては、コンサルタントが指示する範囲においてニジェール側が盛立整地する。また、排水溝の移設も同時に行なう。

以上の作業計画の工程はグラフ８－１に示す通りである。

グラフ８－１　Niamey 第二発電所ガスタービン増設実施工程表



第 9 章　工 事 費 見 積 り

9.1　ガスタービンの価格構成

9.2　CIF価格および据付費のkW当り単価

9.3　陸上輸送費

9.4　基礎工事費

9.5　概算総工事費

第 9 章　工 事 費 見 積 り

9.1 ガスタービンの価格構成

ガスタービンの価格構成は、大略的に下記の４項目に大別される。

a) 機器のＣＩＦ価格

b) 陸上輸送費

c) 基礎工事費

d) 据　付　費

上記のうち、据付費は、据付工事の殆んど全部がメーカーの派遣技術者によって行なわれるので、国によって大幅の差異は生じない筈である。

これに対して、陸上輸送費は、ニジェール国のように港を持たない内陸国で、しかも、他国の荷揚港から陸上輸送距離 1,５００Kmにも及ぶ国にあっては、可成りの陸上輸送費を必要とする。

基礎工事費は、国によって材料費や工事単価に可成りの開きがあるが、多くても、総工事費の７％以内である。

9.2 ＣＩＦ価格および据付費のkW当り単価

ガスタービンの価格は、市場の需給状況によって影響される面が大きく、標準価格と云うものはない。併しながら、１９７９年に Niamey 第二発電所のガスタービン国際入札で明らかにされたＡ社のＸ機（１1,000kWISO）およびＢ社のＹ機（17,790kWISO）の見積り価格、並びに北アフリカ諸国に多く納入されているＣ社のＺ機（23,700kW ISO）等の価格から、大まかな価格傾向を知ることが出来る。

１９７９年におけるこれら機器のkW当りＣＩＦ価格および据付費は次の通りである。

項　　目	Ｘ　機	Ｙ　機	Ｚ　機
設備出力（ＩＳＯ）	11,000kW	17,790kW	23,700kW
kW当り価格			
ＣＩＦ価格	344$	270$	245$
据付費	40$	44$	40$
計	384$	314$	285$

上記のkW当り価格をグラフ上にプロットするとグラフ９－１に示す通りとなり、設備出力

15MW(ISO)の機器の価格は、曲線から次のように推定出来る。

CIF 価格	292 $/kW
据付費	44 $/kW(336 $ − 292 $)

上記の単価に過去1年間の物価上昇10%を見込み、1980年度の単価を次のように推定する。

CIF 価格	322 $/kW
据付費	48 $/kW

9.3 陸上輸送費

陸上輸送費は機器の重量に比例するが、単位重量当りの輸送費データは入手出来なかった。見積りでは、kW当りの輸送費はA社のX機 19 $、B社のY機 が22 $となっており、両者の差は小さい。本スタディでは、kW当り22 $の輸送費を見込むものとする。

9.4 基礎工事費

NIGELECにおいて調査した結果によれば、Niamey第二発電所の現場渡しの資材および基礎工事の単価は下記の通りであり、これを参考として土木工事費を積算した。

セメント	35,000 F.CFA/ ton
砂利	25,000 F.CFA/往復(1往復4 m³)
コンクリート工事	100,000 F.CFA/m³
溝掘削工事	2,000 F.CFA/m
(溝巾0.5m×深0.8m)	

項目	単位	数量	単価	金額
			(F.CFA)	(F.CFA)
掘削	m³	780	5,000	3,900,000
埋戻	m³	290	2,660	770,000
コンクリート	m³	360	100,000	36,000,000
栗石	m³	100	6,260	626,000
コンクリート杭 (30cm×30cm, ℓ=4m)	本	30	47,790	1,434,000
その他工事				2,403,000
合計				45,133,000

(=231,820 US$)

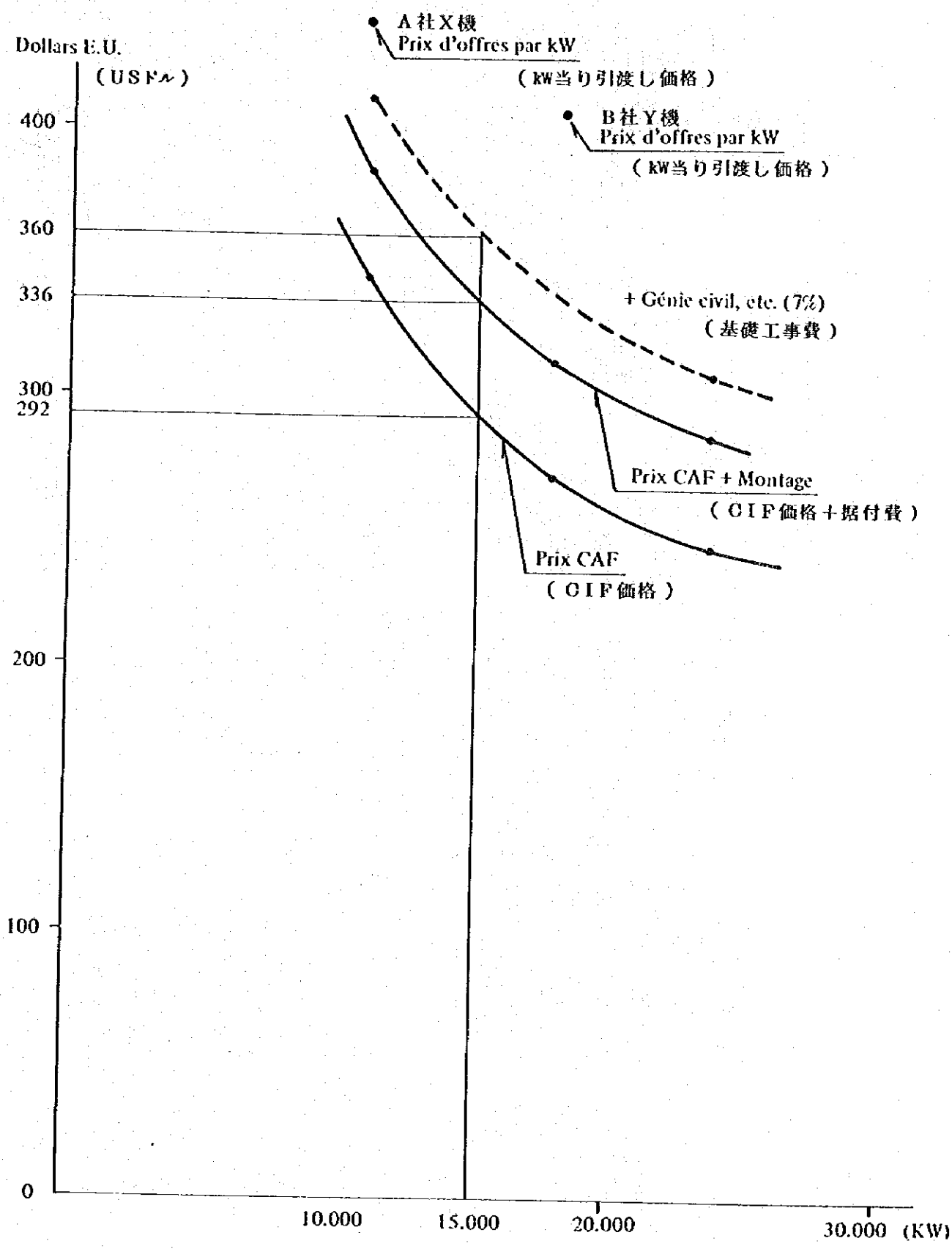
従って、kW当りの基礎工事単価は約16 $となる。

9.5 概算総工事費

1.	ガスタービン発電設備 （据付工事費を含む）	¥ 1,520,000,000
2.	設計監理費	¥ 80,000,000
	合　　計	¥ 1,600,000,000

但し本概算は昭和55年8月現在の見積り額である。

グラフ 9－1 kW当りCIF価格および据付費
Graphique 9-1 PRIX CAF ET PRIX DE MONTAGE PAR KW



付　　録

入手資料リスト

入手資料リスト

現地調査の過程において、調査団は本計画のスタディを行なう上に必要な諸資料を入手したが、これらの資料リストは以下の通りである。

1) Etude du réseau de distribution de Niamey – Développement futur – Shawmont Engineering Company, Ltd. Montréal –
2) Marchés tropicaux et méditerranéens – 1980
3) Compte-rendu d'activité – Exercise 1978 – NIGELEC
4) Rating and caracteristics of power station
5) Caractéristiques générales de centrale, ligne et poste 15 kV
6) Schéma unifilaire du réseau – Kaindji-Birnin Kebbi-Niamey-Sokoto
7) Poste de Niamey II – Schéma unifilaire (146)
8) Sectionnement Ti, Tp, Barre I – Coupe D.F. (1155749)
9) Cellule d'arrivée – Coupe H (1155751)
10) Site layout GT-35 Niamey (900241)
11) External Fuel System (900319)
12) Salle de commande – Centrale de Niamey II
13) Rating and caracteristics of substation
14) Rating and caracteristics of transmission line
15) Plan guide du génie civil – Plan guide du ler étage
16) Extension de la centrale de Niamey II – 2ème tranche
17) Données de production et de consommation d'électricité pour les années 1976–80
18) Organigramme générale 1980 – NIGELEC
19) Recueil des tarifs – Electricité – Eau – Mise à jour au ler janvier 1977 –
20) Pénétrométrique dynamique léger L.N.T.P. – Chantier turbine à gaz Niamey II
21) Certificat de qualité – Gas-oil (3 feuilles)
22) Procès verbal de la réunion du choix du fournisseur de la turbine à gaz –Niamey, le 30 avril 1979