

スーダン共和国燃料輸送網整備計画
基本設計調査 (Phase II) 報告書

昭和62年2月

国際協力事業団

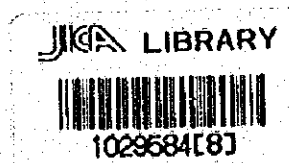
無印

87-19

LIBRARY

スーダン共和国燃料輸送網整備計画

基本設計調査 (Phase II) 報告書



昭和62年2月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	'87.5.11	415
登録 No.	16327	68.5
		GRS

序 文

日本国政府は、スーダン共和国政府の要請に基づき、同国の燃料輸送網整備計画にかかる基本設計調査（Phase II）を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、昭和61年11月2日より11月16日まで、外務省経済協力局無償資金協力課 課長補佐 諏訪潔氏を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。

調査団はスーダン国関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査及び資料収集等を実施し、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った。

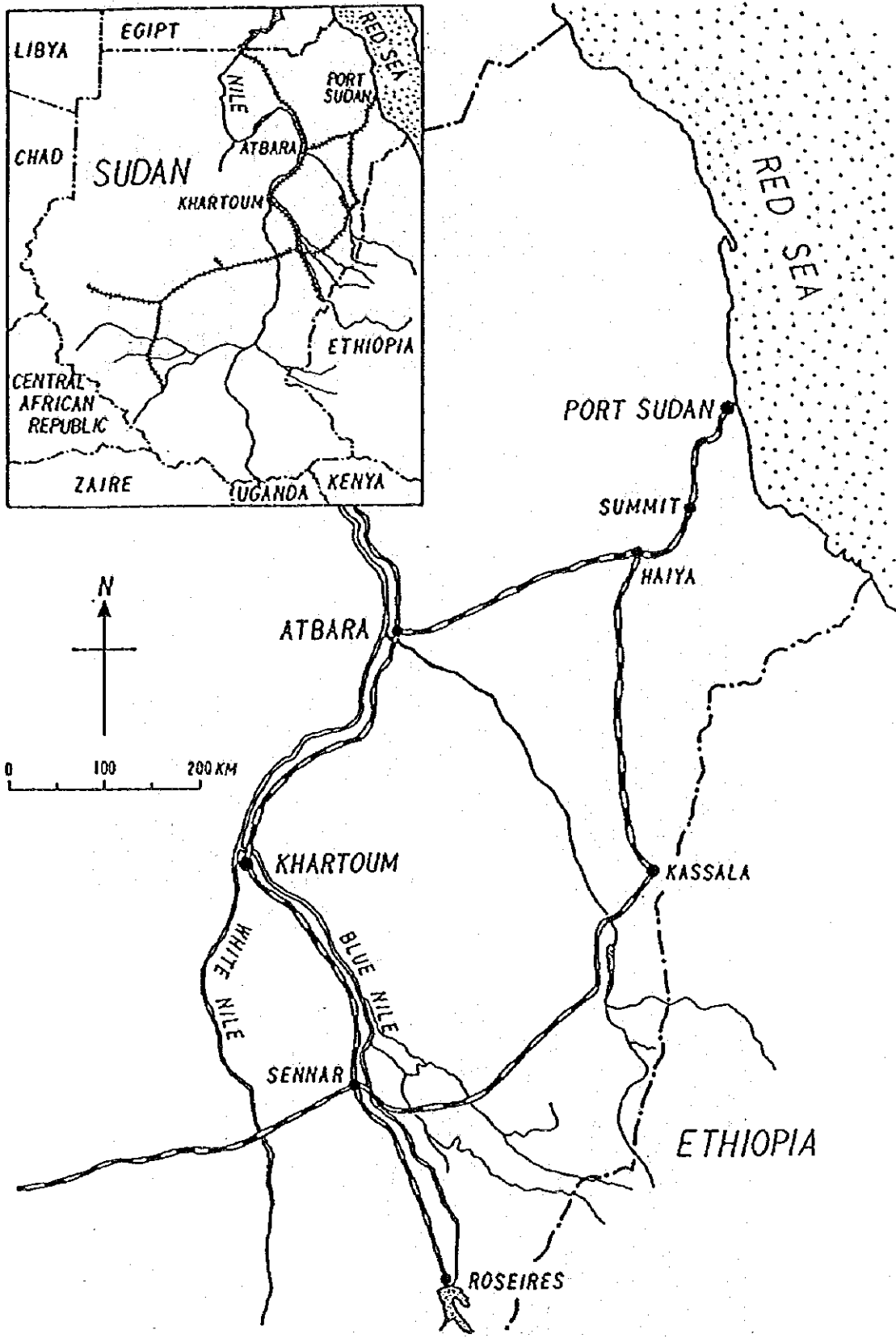
本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与すると共に、スーダン共和国の電力の安定供給に成果をもたらし、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

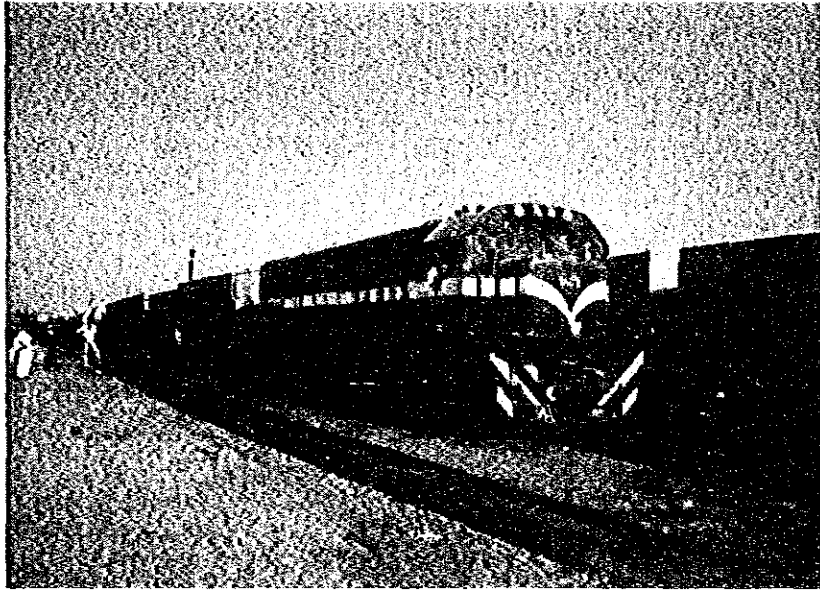
昭和62年2月

国際協力事業団

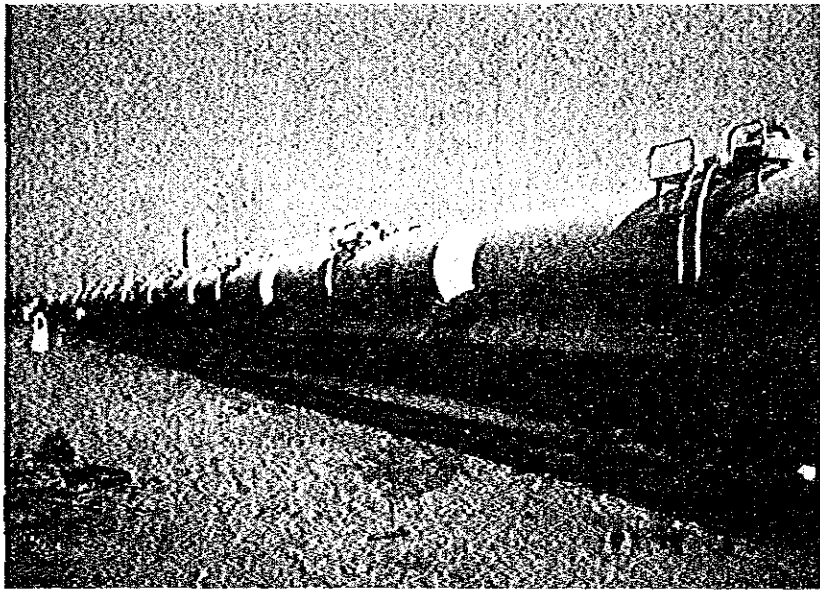
総裁 有田圭輔



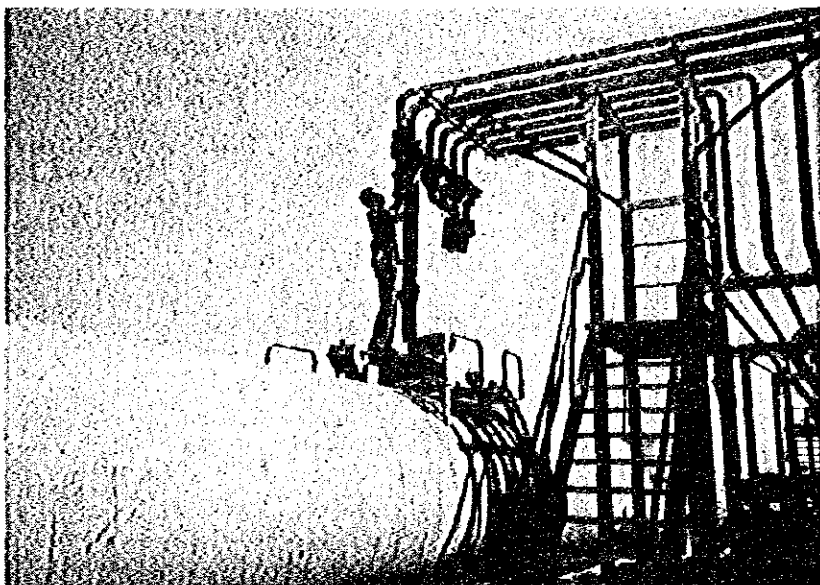
SUDAN RAILWAYS - ポートスーダン〜カルツーム間



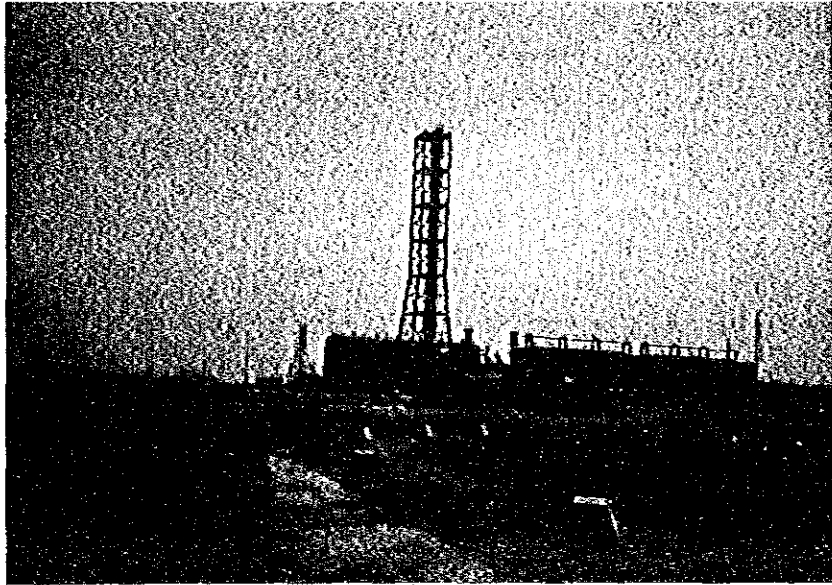
燃料輸送列車（混合列車）



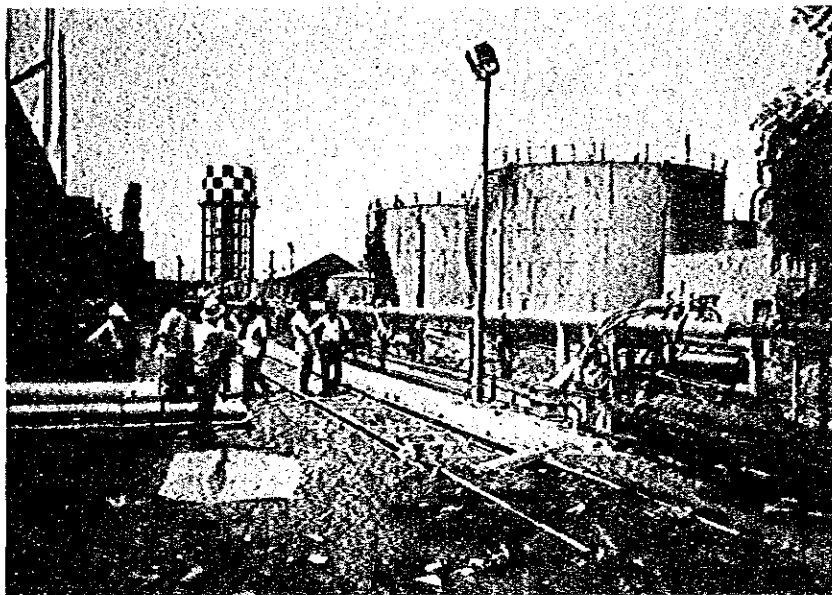
タンク貨車



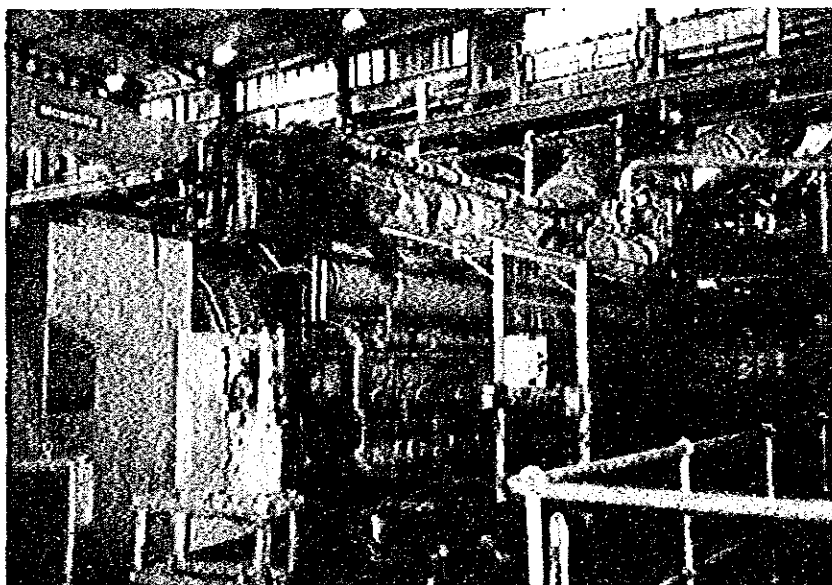
燃料積込施設（ポーツーダン）



Khartoum North 発電所



Burri 発電所



ディーゼル発電装置 (Burri 発電所)

要 約

要 約

スーダン共和国では1961年以来、水力発電を主体とするPower I、Power II計画、及び水力と火力に同じ程度の発電設備増強を行うPower III計画を実施し、1985年にほぼ完了している。

しかしながら、1985年におけるスーダン共和国の1人当たりの発電設備容量及び発電電力量は、それぞれ23W/人及び54KWH/人で、世界で最も低位のグループの国に属している。

首都カルツームと主要な15都市が電化されているが、電力系統を構成し、組織的な電力供給が行われているのは、カルツーム地区を含むブルーナイル川流域の一部と、アトバラ川流域の一部のみであり、他は小規模なディーゼル発電機が、孤立して設置されているだけである。

Power IV計画は、火力発電を主体とする発電増強計画であり、これが完了すると電力公社(NEC)の燃料消費量は、大幅に増加する。一方、スーダン国鉄(SRC)の輸送力は、1979/80年度以降減少傾向にあり、このような発電用燃料の輸送需要の急増には対応出来ない事が懸念され、Power IV計画には、燃料の輸送設備の改善計画(燃料輸送網整備計画)が含まれることとなった。また、前述の懸念はPower III計画の進行に伴い(火力発電設備の増強、燃料消費量の増加が1983/84年度から発生し)、現実のものとなった。即ち、1984/85年度には、SRCが燃料の輸送需要の増加に対応できなくなったため、1984年5月から燃料の自動車輸送が開始された。

Power IV計画に対する資金の融資は、Power III計画の場合と同様に、計画の投資効率の最も良い部分に対して、世界銀行(IDA)がソフトローン(無利子、50年貸付)を行い、その他の部分には各国の無償資金援助が期待され、1983年12月の関係国会議で、各国の援助の分担が議論された。

本会議での合意を受け、1984年2月、日本国政府に対して燃料輸送網整備計画に関する無償資金協力が要請され、これを受けて日本国政府は、本計画に対する基本設計調査を行う事を決定した。

そして、国際協力事業団が、1985年9月26日より同年10月17日まで、同国へ基本設計調査団を派遣し、同国政府関係者と協議を行うとともに、必要な現地調査、資料収集及び国内解析を行った。

この結果は、1986年1月に作成されたスーダン民主共和国「燃料輸送網整備計画」基本設計調査報告書にまとめられている通りであるが、これは主として「燃料輸送網整備計画」の妥当性の評価、設備の基本設計に関するものであった。

その後、この計画をPower IV計画の一部として位置付け、その妥当性を評価すべくスーダン国政府より追加調査の要請があったので、我が国は本要請を受け、合わせて世界銀行のPower IV計画に対する取組み方についても確認する事を含め、この燃料輸送網整備計画に対する第2次基本設計調査を行う事を決定した。

そこで、国際協力事業団は1986年11月2日から同月16日まで、第二次の基本設計調査団を同国に派遣した。

同調査団は、米国において世界銀行、スーダン共和国において同国政府、電力公社（NEC）、スーダン国鉄（SRC）関係者との協議、資料収集並びに現地調査を実施し、更に帰国後、その国内解析を行った。

その調査結果の概要は、以下の通りである。

- (1) スーダン国政府及び世界銀行（IDA）の Power IV 計画に対する考え方と「燃料輸送網整備計画」の位置付けを調査した結果、スーダン国政府は「燃料輸送網整備計画」に対する日本の援助に、強い期待を持っていること、IDA はスーダンの Power IV 計画に対し、Power Rehab. (IDA) 計画及び Power IV (IDA) 計画（IDA が Power IV 計画の一部に対して現在融資を検討中の計画）で対応しようとしていること、並びに IDA も Power IV (IDA) 計画に対し「燃料輸送網整備計画」が不可欠のものとしている事を確認した。
- (2) スーダン共和国の発電増強計画の経緯（Power I ～ Power III）を確認し、合わせて Power IV 計画に対する各国際援助機関及び各国の援助の概要を調査した。その結果、IDA、ADBをはじめとする4国際援助機関及び西独、デンマークなどの8カ国が Power IV 計画に含まれる発電所、変電所、送・配電網の整備に対して有償及び無償の協力を実施又は計画しており、これらの援助により Power IV 計画は進められている事が確認された。
- (3) 燃料輸送に関し、鉄道輸送と自動車輸送の実情、及びスーダン国側及びIDAの考え方を調査するとともに、コスト面及び安定性の面からスーダン側の検討通り、鉄道輸送によるべきことを明確にした。
- (4) 本件で供与が要請されているディーゼル機関車は電力公社（NEC）が保有し、燃料輸送に専用すること、及びその機関車が無償供与されることにより低下する輸送原価に相当する割引運賃で、スーダン国鉄（SRC）が NEC の燃料輸送を行う可能性のあることを確認した。
- (5) 燃料輸送計画に関しては、前回の調査結果とほぼ同様な次のような検討結果を得た。
 - ① 電力需要予測に関しては、目標年度を 1988/89 年度（前回）から 1989/90 年度（今回）へ変更した事、NEC が需要予測を修正していた事などから、1883GWH（前回）から 1961GWH（今回）へ変更した。そのうち、火力発電により発電される電力量は 590GWH（前回）及び 761GWH（今回）である。
 - ② これに伴い、燃料消費量は 198,000t（前回）から 209,000t（今回）へ修正した。
 - ③ このように燃料消費量は若干増加したが、輸送方式は、列車構成、機関車の使用方法、サイクル時間など前回と同様とした。そして、サイクル時間の短縮を早急を実施し、設備の利用効率を向上させ、輸送原価の低減を図る事を前提に、必要な車両数は前回と同様に、本線用ディーゼル機関車6両とした。
 - ④ 通信機材についても、前回と同様に、車上無線は現有のものと同型の機器を、供与機関車に搭載する事としたが、市内、都市間の関係機関を連絡する設備については、緊急性に乏しいと判断されるので、供与しないものとした。
 - ⑤ 本計画の所要資金及び実施期間についても前回と同様の結果を得た。つまり本件実施に必

要な所要資金は、約21.5億円で、その実施のための期間は、詳細設計に約4カ月、入札に約2カ月、製作に約16カ月、全体としてE/Nより約22カ月を見込む必要がある。

(6) 事業評価に関しては、次のような検討結果を得た。

- ① 本件「燃料輸送網整備計画」の実施により、発電用燃料はその必要量が確保されることとなり、燃料供給の点でPower IV計画遂行に大きく寄与する。
- ② 「燃料輸送網整備計画」の実施によりSRCの貨物輸送量は14%程度増加する(1989/90年度)ことが期待され、低迷中のSRCの貨物輸送にとっても好ましい結果が得られる。
- ③ 鉄道輸送は自動車輸送に比較して経済的であり(鉄道輸送の輸送原価は、自動車輸送の58%程度)、鉄道による燃料の輸送手段の整備は、Power IV計画実施上の必要経費の低減に貢献する。そして、本計画が実施されれば、現在の鉄道と自動車による輸送から、全面的に鉄道輸送に切り換えられ、輸送コストが下がり、その結果、電力料金を現状より1.2%程度低減する可能性が生まれる。

以上により、「燃料輸送網整備計画」はPower IV計画に不可欠のものである事及びPower IV計画は電力の安定供給に大きく寄与するものである他、電力料金の低廉化にもある程度の効果がある事が確認できた。

また、本計画の遂行に当たって、スーダン国関係機関への提言は以下のとおりである。

(1) スーダン国政府に対して

- ① 燃料輸送に関する燃料の確保、積み込み・荷下し作業、列車運転の正確性の確保、設備の増設、運転・保守に対する各機関の責任を明確にして、それぞれの実行内容を常に把握し、その適正実施方を指導すること。
- ② スーダン国鉄(SRC)に対し、本計画による電力公社(NEC)の発電用燃料輸送に、輸送原価相当の割引運賃を適用するよう指導するとともに、NECに対し、燃料輸送費の上昇を抑え電力料金の上昇を抑制するよう指導すること。

(2) 電力公社(NEC)に対して

- ① ディーゼル機関車の運用計画及び保守計画を、スーダン国鉄(SRC)と協議しながら、確実に管理すること。
- ② 現在計画中の荷役設備の改善(構内軌道改良、加熱装置取付、貯蔵タンク増設)を完成させること。
- ③ 専用入換機関車を確保すること。
- ④ 各石油会社の燃料積み込み設備能力も考慮して、効率的な積み込みを行い、積み込み時間の大幅な短縮を計ること。

(3) スーダン国鉄(SRC)に対して

- ① ディーゼル機関車の運用計画及び保守計画に関し、電力公社(NEC)に適切な助言を与え、ると共に、委託されたディーゼル機関車の運用及び保守の業務を確実に執行する事。

- ② 車両保守に必要な予備品等の経費を計画的に確保し、また職員の技術力向上に努め、適正な点検・保守を行うこと。
- ③ 入換機関車については、電力公社（NEC）と協議し、燃料の積み込み・荷下しを効率的に行う事が出来るよう配慮すること。
- ④ 列車ダイヤを見直し、表定速度を向上し、輸送コストを更に低下させるよう努力すること。特に、タンク貨車の途中駅での検査の必要性を見直すとともに、途中駅での停車回数及び停車時間の大幅な短縮に努めること。

以上により、「燃料輸送網整備計画」がPower IV計画の中で占める役割は大きく、電力の安定供給に大きな影響を与え、国民生活の向上に大きく寄与するものである。従って、本プロジェクトを我が国の無償資金協力によって実施する意義は極めて高く、本プロジェクトの早期実施が望まれる。

目 次

序 文	
地 図	
写 真	
要 約	
目 次	
略 語 表	

第1章 緒 論	1
第2章 計画の背景	
2-1. スーダン共和国の概要	3
2-2. 電力事情	5
2-2-1. 発電設備	5
2-2-2. 電力需要	11
2-3. 発電増強計画	12
2-3-1. Power I計画	12
2-3-2. Power II計画	14
2-3-3. Power III計画	14
2-3-4. Power IV計画	14
2-4. スーダン国鉄の現状	18
2-4-1. 組織と要員	18
2-4-2. 線 路	19
2-4-3. 車 両	19
2-4-4. 運 転	22
(1) 運行管理	22
(2) 列車ダイヤ	23
(3) 機関区	24
(4) 運転状況	24
2-4-5. 車両保守	25
2-4-6. 信号・通信設備	25
(1) 信号設備	25
(2) 通信設備	25
2-4-7. 輸送量と営業収支	28

2-4-8. 世界銀行のスーダン国鉄に対する援助計画	29
2-5. 燃料輸送の現状	30
2-5-1. 鉄道による燃料輸送	30
2-5-2. ターミナル設備の現状	32
(1) 燃料積み込み設備	32
(2) 燃料荷下し設備	33
2-5-3. 自動車による燃料輸送	36
2-6. 要請の経緯と内容	37

第3章 計画の内容

3-1. Power IV計画の内容	39
3-1-1. 発電計画	39
(1) 計画策定までの経緯	39
(2) Power IV計画の内容	40
(3) Power IV計画と資金状況	42
(4) Power IV計画の評価	42
① 電力需要と電源増強計画のバランス	42
② 発電計画と燃料消費量	44
③ 燃料輸送費と電力料金	47
④ 電力公社の財務状況	62
⑤ まとめ	56
3-1-2. 燃料輸送網整備計画	57
(1) 発電計画と燃料消費量	57
(2) 輸送計画	59
(3) 設備計画	62
3-2. 要請内容の検討結果	63
―― 燃料輸送網整備計画 ――	
3-2-1. 発電計画と燃料消費量	63
3-2-2. 輸送計画	65
(1) 列車構成	65
(2) 機関車の使用方法	69
(3) 所要サイクル時間	71
3-2-3. 設備計画	73
(1) ディーゼル機関車	73
(2) タンク貨車	73

(3) 通信設備	73
(4) ターミナル設備	74
3-3. 計画の概要	74
3-3-1. 電力需要と燃料消費量	74
3-3-2. 輸送計画	75
3-3-3. 燃料輸送設備	75
3-3-4. 実施運営機関	76
3-3-5. 管理計画	76
第4章 基本設計	
4-1. 設計の方針	77
4-2. 設計の条件	78
4-3. 設計の仕様	79
4-4. 実施計画	82
① 工事区分	82
② 実施スケジュール	82
4-5. 維持管理費用	84
4-6. 概算事業費	85
第5章 事業評価	
5-1. スーダン国に及ぼす効果	86
5-2. 電力公社に及ぼす効果	87
5-3. スーダン国鉄に及ぼす効果	91
5-4. 輸送コスト	92
5-5. 自動車輸送との比較	95
(1) 35t 積みタンク・トラックを使用する場合	95
(2) 12t 積みタンク・トラックを使用する場合	97
(3) コスト比較	98
5-6. 燃料輸送費と電力料金	99
第6章 結論と提言	100
資料編	102
1. 協議議事録	102
2. 調査団の構成	105

3. 調査日程	105
4. 面談者リスト	106
5. 収集資料	107

略 語 表

MFEP	大蔵経済企画省	(Ministry of Finance and Economic Planning)
NEA	エネルギー庁	(National Energy Administration)
SRC	スーダン国鉄	(Sudan Railways Corporation)
NEC	電力公社	(National Electricity Corporation)
GPC	石油公社	(General Petroleum Corporation)
STC	スーダン通信公社	(Sudan Telecommunications Corporation)
BNG	ブルーナイル・グリッド (Blue Nile Grid)	カルツーム付近の電力系統
EG	イースタン・グリッド (Eastern Grid)	アトバラ付近の電力系統
ID	地方都市ディーゼル	(Isolated Diesel)
IBRD	国際復興銀行 (世界銀行)	International Bank of Reconstruction and Development
IDA	国際開発協会 (世界銀行)	International Development Association
ODA	海外開発庁 (イギリス)	Overseas Development Administration (UK)
BMZ	Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit (西独)	(Ministry of Economic Cooperation)
EIB	欧州開発銀行	(European Investment Bank)
ADB	アフリカ開発銀行	(African Development Bank)
英国報告書 (輸送)	Fuel Transportation Study, Final Report	June 1984
英国報告書 (Power IV)	Power IV Project Feasibility Study	July 1983
英国報告書 (長期計画)	Long-Term Power Plan	September 1979
	SIR ALEXANDER GIBB & PARTNERS MERZ AND McLELLAN	
Power IV計画	スーダン国側で立案した第4次発電増強計画 (総額 458百万ドル, そのうち外貨分 348百万ドル)	
Power Rehab.(IDA) 計画	IDAがPower IV計画の一部を緊急部分として既に融資を行っている計画 (Burri 発電所へのディーゼル発電機2基の増設を主とした総額40百万ドル, そのうち外貨分30百万ドルをIDAが融資)	
Power IV (IDA) 計画	IDAがPower IV計画の一部に対して現在融資を検討中 (事業評価中) の計画 (Khartoum North 発電所への蒸気タービン発電機2基の増設を主とした総額93百万ドル, そのうち外貨分76百万ドル) で、IDAとADBの協調融資で行われる予定。	
世銀報告書	世界銀行が Power Rehab.(IDA) 計画の評価調査の結果をまとめた報告書 (IDA の Appraisal Report)	

第1章 緒論

第1章 緒 論

スーダン共和国¹では、1961年以来水力発電を主体とする Power I 計画、Power II 計画、及び水力と火力に同じ程度の発電設備増強を行う Power III 計画を実施し、1985年にほぼ完了している。

しかしながら、1985年におけるスーダン共和国の1人当たりの発電設備容量及び発電電力量はそれぞれ23W/人及び54KWH/人で、世界で最も低位のグループの国に属している。

また、電化されているのは、首都カルツーム地区と主要な15地方都市であるが、電力系統を構成し、組織的な電力供給が行われているのはカルツーム地区を含むブルーナイル川流域の一部と、アトバラ川流域の一部のみで、他は小規模なディーゼル発電機が孤立して設置されているだけである。

このような現状を鑑み、スーダン国政府はPower IV計画を立案し、その一部は世界銀行 (IDA) のファイナンスにより、既に実施中である。水力発電は乾季における水量不足と土砂の堆積の問題で限界に近づいており、今後の電力需要の増加に対応するためには、火力発電を主体とした発電増強計画が必要となり、Power IV計画は火力発電を主体とする発電増強計画となっている。

この計画には、火力発電に必要な燃料をポートスーダンからカルツームへ鉄道輸送する「燃料輸送網整備計画」が含まれている。これはスーダン国鉄 (SRC) の輸送能力は限度に達しており、このままでは増大する火力発電用燃料の輸送量増加に対応できないと判断されたためである。

スーダン国政府は、Power IV計画に対する資金援助を各国及び各機関に求め、1983年12月パリで関係国会議が開催された。

この会議の結果に沿って、スーダン国政府は日本国政府に対して、1984年2月「燃料輸送網整備計画」についてディーゼル機関車と通信機材の無償供与を要請越した。

本要請を受けて、日本国政府は同計画に対する基本設計調査を行うことを決定し国際協力事業団が、日本国有鉄道外務部山縣徹也氏を団長とする基本設計調査団を1985年9月26日より同年10月17日まで、スーダン共和国へ派遣した。

同調査団はスーダン国政府 (大蔵経済企画省)、電力公社 (NEC)、スーダン国鉄 (SRC) 等との協議、情報及び資料収集並びに現地調査を実施した。

その内容は以下のとおりである。

- ① 発電状況と将来の需要予測
- ② 発電増強実績と今後の計画
- ③ SRCの体制と車両、軌道、信号、通信の現状
- ④ SRCの機関区、工場の現状と保守状況
- ⑤ 燃料の積込み、荷下し設備状況
- ⑥ 要請のあったディーゼル機関車、通信設備の内容

この調査結果と国内解析の結果をまとめた報告書は1986年1月に完成し、同年2月スーダン国

政府に送付した。

その後、この「燃料輸送網整備計画」を Power IV 計画全体の一部として位置付け、その妥当性を評価するための追加調査について、スーダン共和国政府から要請があった。そこで、我国は、合わせて、世界銀行 (IDA) の Power IV 計画に対する取組み方についても確認する事とし、この「燃料輸送網整備計画」に対する 2 回目の基本設計調査を行なうことを決定した。

そして、国際協力事業団は、外務省経済協力局無償資金協力課課長補佐 諏訪潔氏を団長とする基本設計調査団を 1986 年 11 月 2 日より同年 11 月 16 日まで、派遣した。

同調査団はワシントン (米国) において世界銀行、カルツーム (スーダン国) においてスーダン国政府 (大蔵経済企画省)、電力公社 (NEC)、スーダン国鉄 (SRC) などとの協議、資料収集並びに現地調査を実施した。

そして同調査団は 1986 年 11 月 12 日、カルツームにおいて、スーダン共和国関係者と調査結果に対する双方確認事項について協議議事録 (Minutes of Discussions) を取り交わした。

調査の内容は以下の通りである。

- ① スーダン国政府及び世界銀行 (IDA) の Power IV 計画に対する考え方及び「燃料輸送網整備計画」に対する位置付けの確認
- ② スーダン共和国の発電増強計画の経緯 (Power I ~ IV) 及び Power IV 計画に対する各国の援助の概要
- ③ 燃料輸送の実情と輸送方法に対するスーダン国側関係者の考え方
- ④ ディーゼル機関車の運用方法と運賃政策

本報告書は、上述の現地調査結果を踏まえ、国内解析に基づいて「スーダン共和国燃料輸送網整備計画 (Phase II)」に関する基本設計調査結果をとりまとめたものである。

[注] スーダン共和国 : 1986 年 10 月に国名が従来の「スーダン民主共和国」から「スーダン共和国」に変更されたので、本報告書では全て「スーダン共和国」とした。

第2章 計画の背景

第2章 計画の背景

2-1. スーダン共和国の概況

スーダン共和国はアフリカ大陸東北部に位置し北部はエジプト、リビア、西部はチャド、中央アフリカ、南部はザイール、ウガンダ、ケニア、東部はエチオピアの8ヶ国と紅海に囲まれた総面積251万平方キロメートル（日本の約6.6倍）のアフリカ大陸最大の国である。同国の人口は1984年現在で2,095万人で人口増加率は3.2%を示し、アラブ人が75%、アフリカ系黒人が25%であり、首都カルツームは人口約33万人（1983年）である。

地形は、紅海側の紅海丘陵を除けば、海拔300~500mの平坦な台地で、北部はヌビア砂漠、中央部は灌漑農耕地と草原、南部は白ナイル川の蛇行による広大な沼沢地と熱帯森林となっている。

河川は、ウガンダのビクトリア湖に端を発して北流する白ナイル川と、エチオピアのタナ湖から始まる青ナイル川とが、国のほぼ中央にある首都のカルツームで合流し、ナイル川となって、蛇行しながらエジプトに流れている。他に、アトバラ川、ソバット川等の支流がある。

気候は、北部の砂漠から南部の熱帯へと変化が大きい。気温は年間を通じ、全般的に高く、最高気温は北部で52.2℃、首都で47.7℃、南部で42.5℃、最低気温は北部で16℃、南部で29℃が記録されている。雨季も地域により異なり、北部が6~9月、南部が4~11月であり、年間降雨量は北部の95mmに対し、南部は1,400mmである。

首都カルツームでは、11~3月は冬季で平均気温25℃程度で、1年で最も過ごし易い時期である。4~6月は平均気温は36℃になり、夜間でも気温が高い。6~8月は雨季で高温多湿となり、雨と砂嵐(haboobs)がある。砂嵐により、時には自動車が走れなくなり、砂埃が室内に数センチも積もることがある。9~10月は、セカンドサマーと呼ばれ、風雨もなく暑い。

表2-1 カルツームの月別気温

月別		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
気温 ℃	最高	31.7	33.2	37.0	40.1	41.9	41.6	38.1	36.2	38.4	39.3	35.8	32.3
	最低	16.5	16.7	19.9	23.0	26.3	27.1	25.7	24.8	25.6	25.2	21.2	16.9
降雨量		-	-	-	-	5.0	5.0	55.0	72.0	25.6	5.0	-	-

スーダン共和国は、労働人口の76%が農業に従事している農業国である。その主な生産物は、棉花、落花生、デュラ（穀物）、アラビアゴム、ゴマ、家畜類であり、棉花と家畜類で輸出額の63%（1983/84年度）を占めている。

輸出を時系列で見ると、家畜類、アラビアゴム、ゴマが順調に伸びている反面、棉花は市場価格の変動により大きく増減し、1982/83年度の棉花輸出額は1979/80年度に対し21%になっている。（表2-2）

一方、原料品（石油など）、工業製品、化学製品、機械製品、食料品（お茶、コーヒー、砂糖な

ど)、飲料・タバコなどを輸入している。(表 2-3)

表 2-2 主要輸出 (出所: IMF)

品名	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84
棉花	333.4	182.0	69.4	174.5	344.2
落花生	32.1	96.4	69.8	38.0	46.8
ゴマ	40.6	38.6	46.2	51.3	68.9
デュラ	65.7	69.8	64.5	87.4	31.6
アラビアゴム	41.5	34.3	43.2	47.5	64.6
家畜類	35.6	85.0	89.7	120.4	120.2
その他	32.6	31.7	39.2	53.7	55.9
合計	581.5	537.8	422.0	572.8	732.2

(スーダンの合計年度は 7月 1日~翌年の 6月30日)

表 2-3 主要輸入品 (出所: IMF)

単位: 百万ドル

品名	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84
食料品	266.2	314.4	371.2	253.6	165.5
飲料・タバコ	9.8	23.1	23.5	23.8	23.7
原料品	259.0	311.2	368.9	344.4	330.4
化学品	122.5	139.3	129.6	140.2	148.1
工業品	240.5	325.1	294.5	266.6	233.4
機械類	234.2	231.1	273.1	263.3	195.3
輸送機器	137.7	140.2	227.1	167.0	154.4
織物	69.0	55.7	56.3	43.5	31.0
その他	0.1	0.2	29.8	13.6	91.9
合計	1,339.0	1,540.3	1,774.0	1,516.0	1,373.7

特に、スーダン共和国はエネルギー消費量の95%以上を輸入に依存しており1983年の統計ではオイル換算で130万トン(石炭換算で約180万トン)である。輸入エネルギーの全てはオイルで、輸入されたオイルは同国唯一のポートスーダン精油所(1964年シェル及びBPが設立)で灯油、軽油、重油、石油ガスなどに製品化され、カルツーム地区に移出されている。エネルギー消費量のうち60%が輸送部門、15%が工業部門、10%が農業部門、8%が電力部門である。一般国民のエネルギーは殆ど砂糖キビのしぼりかすや枯れ枝、牛フン等でまかなわれ、主に料理用に使われている。

国民一人当たりの国民総生産(GNP)はUS\$ 360(1983/84年度)程度である。

[注] BP: The British Petroleum Co.

IMF: International Monetary Fund

2-2. 電力事情

2-2-1. 発電設備

1985年におけるスーダン共和国の事業用発電設備容量は520MWで一人当たり23W、発電電力量は1,233GWHで一人当たり54KWHであり、電力事情を示すこの両指標 (KW percapita, KWH percapita) を1982年ベースで他の開発途上国と比較したのが表2-4であるが、これからもスーダン共和国が世界で最も低位の国に位置することがわかる。

首都カルツーム地区と主要な15地方都市が電化されているが、電力系統を構成し、組織的に電力供給が行われているのはカルツームを含むブルーナイル川沿の地域の電力系統 (Blue Nile Grid、以下BNGと呼ぶ) 及びナイル川支流のアトバラ川沿の地域の電力系統 (Eastern Grid、以下EGと呼ぶ) のみで、他は地方都市に小規模なディーゼル発電機が孤立して設置され (Isolated Diesel、以下IDと呼ぶ)、地方政府の管理に委ねられている。また、BNGとEGは連携されていない。

表2-4 開発途上国の電力事情 (1982年)

国名	人口 (万人)	年間発電量 (GWH)	発電能力 (MW)	国民一人当りの 年間発電量 (KWH/人)	国民一人当りの 発電能力 (W/人)
スーダン	1,945	1,010	313	52	16
エチオピア	4,467	17,720	3,782	397	85
ケニア	3,278	17,679	3,319	21	10
ザンビア	1,786	1,806	556	101	31
ナイジェリア	2,638	4,412	1,716	167	65
インドネシア	8,239	7,500	2,770	91	34
モロッコ	1,224	4,981	1,060	407	87
アルジェリア	2,167	6,057	1,593	280	74
チュニジア	2,029	7,180	2,006	354	99
リビア	667	3,088	2,929	463	139
アンゴラ	322	6,000	1,180	1,863	366
インドネシア	4,024	17,500	5,300	433	131
インドネシア	15,303	17,365	8,860	48	19
インドネシア	5,074	19,406	5,003	382	99
インドネシア	4,849	17,220	4,935	355	101

(参考)

国名	人口 (万人)	年間発電量 (GWH)	発電能力 (MW)	国民一人当りの 年間発電量 (KWH/人)	国民一人当りの 発電能力 (W/人)
日本	11,869	618,100	159,232	5,208	1,342
アメリカ	23,206	2,367,637	674,947	10,203	2,909
イギリス	5,578	232,162	69,191	4,162	1,240
フランス	5,422	281,589	83,958	5,193	1,548

(注) 1. 年間発電量、発電能力は海外電気事実統計1983年(海外電力調査会)による。

2. 人口は国連推計による。

3. 年間発電量は、電力事業者と自家発電によるものの合計である。

スーダン共和国の現在の電力供給事業は1982年に設立された電力公社 (National Electricity Corporation ; NEC) がBNG及びEGの発電から需要家への電力供給まで行っており、IDは前述の通り地方政府が保守・運営を行っている。

BNGは、首都カルツームを含むスーダン共和国の経済開発地域をカバーする重要な電力系統である。主要発電設備はブルーナイル川のロゼイレス (Roseires) 及びセナール (Sennar) の両水力発電所とカルツーム地区にあるブリ (Burri)、クク (Kuku)、キロテン (Kilo X)、及びカルツーム・ノース (Khartoum North) の4火力発電所群とで、NECが所有するEGを含めた全発電設備容量の85%を占めている。

これら発電所群は320kV、110kV及び66kVの基幹送電線で連係され、線路巨長は1,260kmで関連変電所群の総容量は1,000MVAである。

アトラ川沿いにあるEGは、ハシム・エル・ギルバ (Khashm El Girba) 水力発電所と小規模ディーゼル発電所で構成され、全発電設備容量の5.0%で規模が小さい。

以上の他は、地方に散在する15都市 (人口5~20万人) にそれぞれ発電機 (100~800KW程度の出力のものが複数台) が設置されているが、発電可能出力は設備出力の40%程度と低く、当該都市群の電化は完全とは言えない。

NEC、地方政府及びスーダン共和国全体の発電設備を表2-5、2-6、2-7に、NECの電力系統は図2-1、2-2に示す。

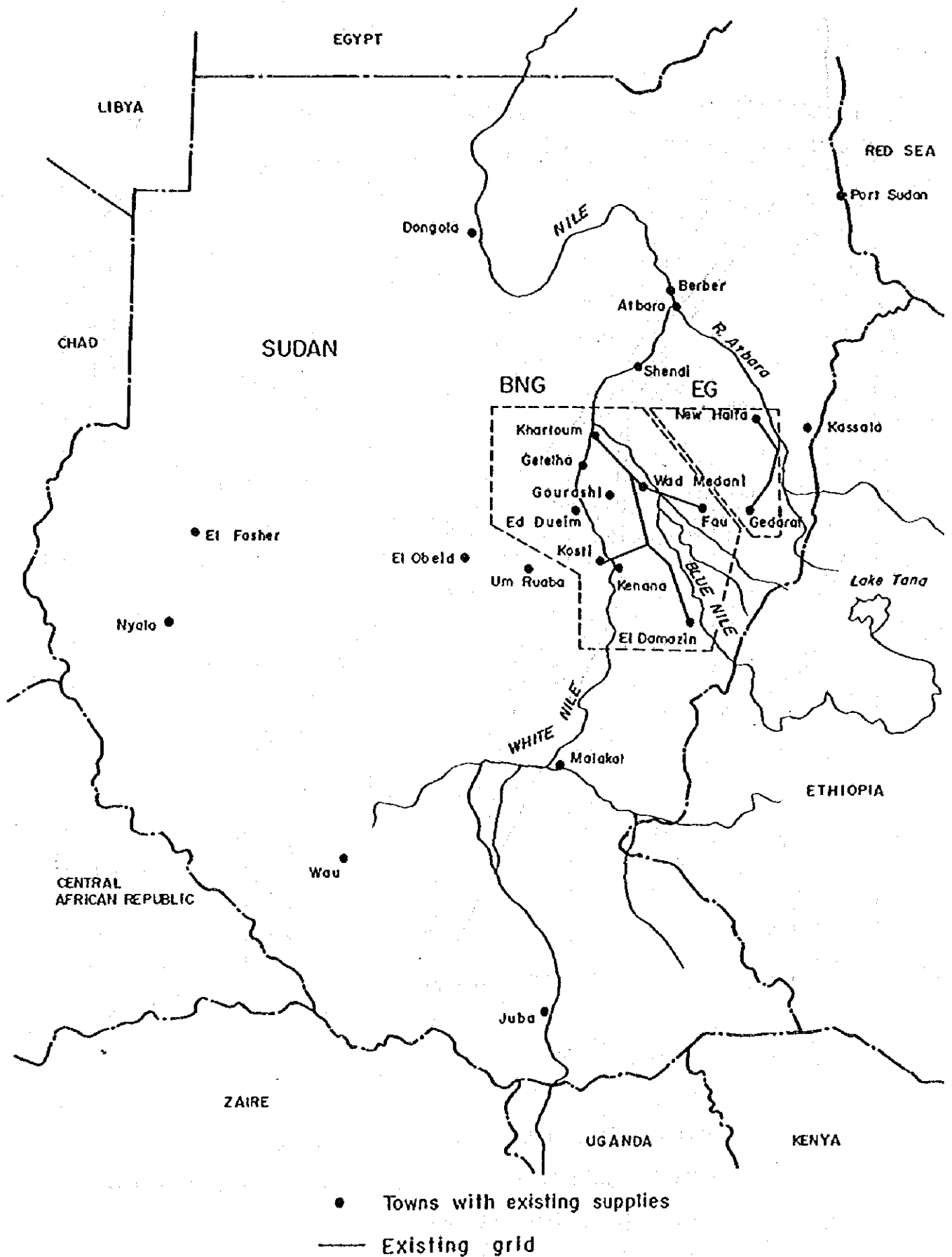
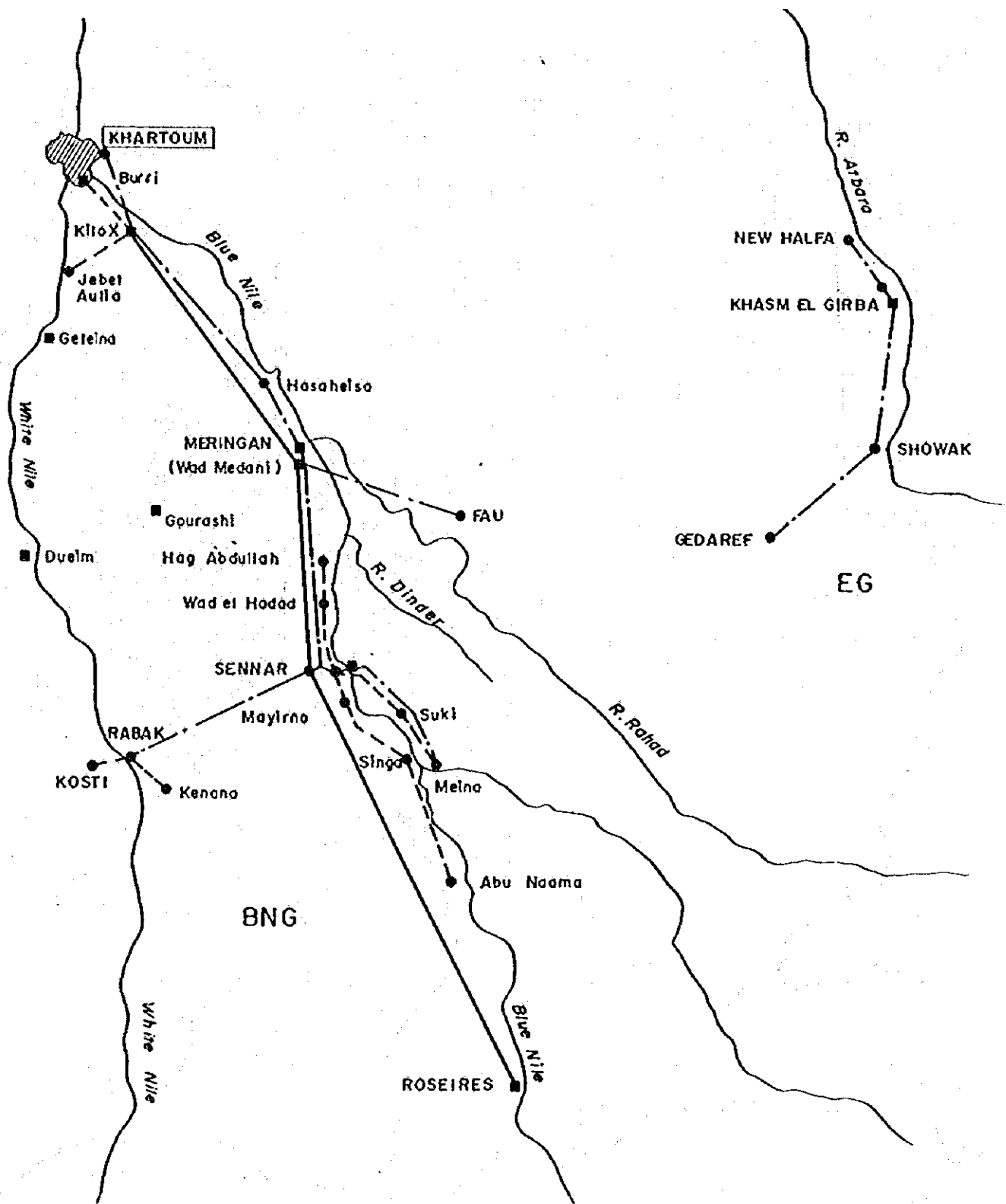


図2-1 スーダン共和国電力系統



- 220kV Transmission Line
- - - - 110kV Transmission Line
- · - · 66kV Transmission Line
- - - - 33kV Transmission Line

- Power Station
- Isolated Substation

図 2-2 BNG と EG

表2-5 NECの発電設備と発電可能出力(1985年)

発電所	原動機種別	運転開始	台数	設備出力(MW)	発電可能出力(MW)
A. Blue Nile Grid (BNG)					
Roseires	Hydro	1971~ 72	3	90	90
	Hydro	1979~ 84	3	120	90
	Hydro	1966	3	0	0
	Diesel	1963~ 82	3	0.5	0.4
Sennar	Hydro	1962	2	15	14.5
Burri	Steam	1956~ 61	4	26	16
	Diesel	1966	5	15	2
	Diesel	1981	3	15	12.5
	Diesel	1983~ 84	4	40	32.0
	Gas Turbine	1984	1	15	14.0
Kilo X	Gas Turbine	1969	1	14	13
Kuku	Gas Turbine	1984	2	23	20
Khartoum North	Steam	1985	2	60	60
Wad Medani	Diesel	1954~ 55	2	1.0	0
	Diesel	1967	2	5.8	1.5
Total BNG				442.3	365.9
B. Eastern Grid (EG)					
Khashm el girba	Hydro	1961~ 63	5	12.6	10
	Diesel	1961	3	4.2	2
Kassala	Diesel	1956~ 80	15	5.6	-
	Diesel	1982	4	4	3.6
Total EG				26.4	15.6
TOTAL FOR NEC				468.7	381.5
OF WHICH					
Hydro				239.6	204.5
Thermal				229.1	177.0
- Steam				86.0	76.0
- Gas Turbine				52.0	47.0
- Diesel				91.1	54.0

表2-6 地方政府が運営している発電設備と発電可能出力(1985年)

発電所	原動機種別	運転開始	台数	設備出力(MW)	発電可能出力(MW)
A. Isolated Stations in the Area Served by the BNG					
El Gourashi Ed Dueim	Diesel	1962	4	0.7	0.6
	Diesel	1957	5	1.4	0.7
	Diesel (mobile)	1978	1	0.5	0.4
	Diesel (mobile)	1980~ 82	2	0.4	0.1
Total Isolated Stations in BNG				3.0	1.8
B. Northern					
Atbara Dongola Shendi	Diesel	1955~ 78	10	13.0	0.8
	Diesel	1972~ 82	10	4.7	2.2
	Diesel	1959~ 82	10	4.6	3.5
Total Northern				22.3	6.3
C. Southern					
Juba Malakal Wau	Diesel	1953~ 65	8	1	0.3
	Diesel	1961~ 70	5	1	0.03
	Diesel	1969~ 83	10	1.9	1.5
Total Southern				3.9	1.83
D. Red Sea					
Port Sudan	Diesel	1964~ 78	6	10.8	2.0
E. Darful					
El Fasher Nyala	Diesel	1958~ 82	9	2.8	2.1
	Diesel	1976	6	1.5	1.3
Total Darful				4.3	3.4
F. Kardofan					
El Obeid Um Ruaba	Diesel	1980~ 82	5	5.0	2.7
	Diesel	1976	5	1.3	0.8
Total Kardofan				6.3	3.5
TOTAL FOR A - F (ID)				50.6	18.83

表2-7 スーダン共和国の全発電設備と発電可能出力(1985年)

事業者	設備出力 (MW)	発電可能出力(MW)
NEC (BNG, EG)	468.7	331.5
地方政府 (ID)	50.8	18.8
スーダン全体 (公益電気事業用設備出力)	519.5	400.3
自家用発電設備	100.0	
スーダン全体	619.5	
内訳		
- 水力	239.6	
- 火力	379.9	
- 蒸気タービン	86.0	
- ガスタービン	52.0	
- ディーゼル	241.9	

2-2-2. 電力需要

NECのAnnual Report (1984/85)によると1978/79~1984/85の発電電力量と売電電力量は表2-8のように報告されている。

表2-8 発電電力量と売電電力量

項目	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85
発電電力量 GWh	724	822	833	873	934	1,014	1,233
売電電力量 GWh	609	608	630	681	662	790	990
損失電力量 GWh	115	214	203	192	272	224	243
損失率 %	16	26	24	23	29	22	25
最大発電量 MW (1)	136.9	144.7	157.8	157.5	157.8	(2) 193	(2) 235
負荷率 % (1)	60.3	64.8	60.3	62.8	67.5	(2) 60	(2) 60

注 (1) Power Rehab.(IDA) 計画より

(2) Roseires 40MW及びBurri 40MW増設を前提とした推定値

この表により注目されるのは、異常に高い損失率と負荷率の変動である。異常に高い損失率は、IDAの報告によれば、電力メータが取り付けられていないか、料金徴収をしなかったか、又はコソドロによるものとしている。技術的には15~16%の損失率と思われるので、料金管理の改善が望まれる。負荷率の変動は、電力需要の増加に発電力が追い付かず、最大需要(ピーク)がカットされていることを示している。IDAの調査によると1970/71年度から1976/77年度まで電力需給はバランスしていたが1977/78年度より空調設備が急速に普及され、この年度より1982/83年度までの需要の伸び率は年率11.6%となった。

一方、この間、発電増強はBurri II (15MW)が1981年に行われた程度で、電力需要に発電

力が追いつかず、一部の需要家が電力の供給を受けない待機需要 (unserved demand) となった。

1983/84及び1984/85のNEC Annual Reportによれば、計画的停電を、需要家別に優先度を考慮して実施したと報告されている。理由は発電力の不足と送配電線の容量不足であった。

又、同レポートによれば、事故による系統全体の停電が1983/84年度で33回、1984/85年度では13回発生し、殆どが洪水期に集中したと報告されている。その理由は、流木による発電障害と洪水放流に伴う落差の減少が重なるため、洪水期に最も発電力が低下するためであった。

この電力需給のアンバランスに解決するため、スーダン国政府は、IDAと諸外国の資金援助を受けて、発電設備と共に、送配電網の拡充、人材の育成などを含む発電増強計画、Power IV計画を、Power I、II、III計画に引き続いて立案し、一部はIDAのファイナンスを受けて既に実施している。詳細は第3章で述べる。

2-3. 発電増強計画

2-3-1. Power I計画

スーダン共和国の本格的電源開発は1966年に設立されたCEWC (Central Electricity and Water Corporation) のもとで推進されたブルーナイル川のRoseires発電所を開発し、IBRDの資金援助で30MWの水車発電機3台とKilo X火力発電所に14MWのガスタービンを設置したときから始まると言ってもよい。これがPower I計画と呼ばれるものである。

ロゼイレسدムは、IBRDの資金援助で1962年に灌漑用ダムとして建設されたものである。このため雨季の6月～9月の間に水量を貯留し、乾季の10月～3月の間にブルーナイル河沿いの灌漑地域に、灌漑用水を供給しなければならない。この灌漑義務のため電力需要の多い4月～6月に水位低下による発電能力が低下するという灌漑ダム特有の問題を有している。しかし、スーダン共和国の水資源は図2-3及び表2-9に示すようにブルーナイル、ホワイトナイル、アトバラ川、及びナイル川本流であるが、ブルーナイル川が水力発電に適しているため、Roseires水力発電所の増設を主とする電力増強計画が、これ以後も推進された。

尚、Power I計画は1973年にほぼ完了し、IBRDとIDAの融資額は合計69.1百万ドルであり、IDA分はRoseires発電所の2MW水車発電機(灌漑用ポンプ電源)に対するものであった。

表2-9 ナイル水系の流量 (単位: 10億m³)

位 置	年平均流量	月平均最大流量	月平均最小流量
バーレルジュベル (サッド沼沢地上流部)	29.3	3.0 (8月)	1.9 (2月)
白ナイル (ソバト川上流部)	15.5	1.4 (10月)	1.2 (6月)
ソバト川 (白ナイルとの合流点)	13.7	2.0 (10月~11月)	0.3 (4月)
白ナイル (カルツーム)	25.7	3.2 (10月)	1.4 (7月)
青ナイル (ロゼイレス)	50.7	15.6 (8月)	0.3 (4月)
ナイル主流 (カルツーム下流部)	76.7	16.9 (8月~9月)	2.2 (4月~5月)
アトバラ川 (ナイル川合流点)	12.1	5.6 (8月)	0.1 (12月~1月)
ナイル主流 (エジプト国境)	86.4	21.8 (9月)	1.9 (5月)

注: 1912~1967年の記録による。
但し ナイル主流エジプト国境については1912~1964年

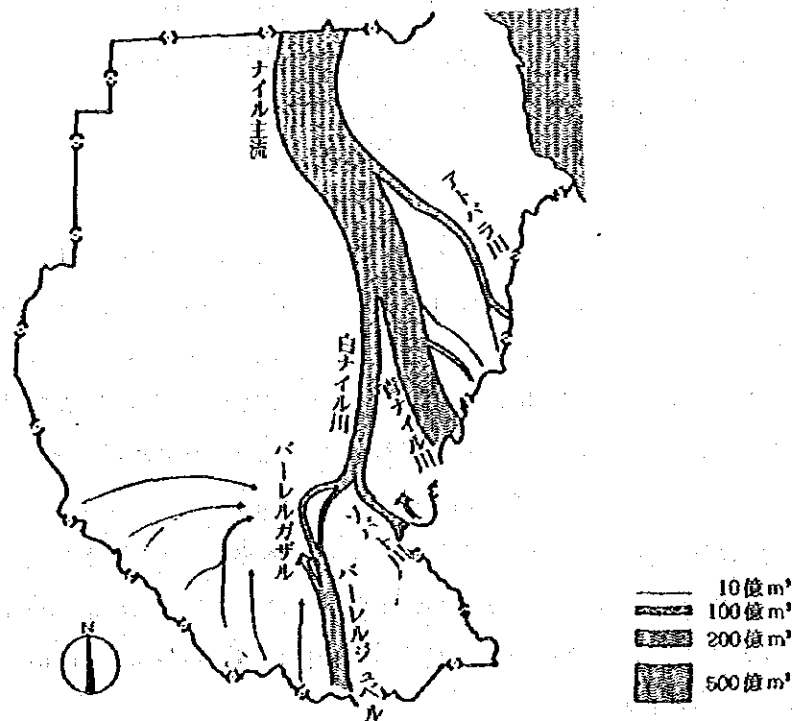


図2-3 ナイル水系の年平均流量図

2-3-2. Power II計画

Power II計画はPEWC (Public Electricity and Water Corporation、CEWCを改名(1975年))のもとで実施され、Roseires水力発電所に40MW水車発電機1台の増設、カルツーム市内のBurri火力発電所に5MWディーゼル発電設備3台及びジュバ(Juba)に合計5MWのディーゼル発電設備が設置された。

Jubaは、IDに属しており、これを除くと、BNGは55MWの発電力増強となった。Power II計画では220kV送電線及び関連変電設備の拡張も行われ、1981年に完成した。IDAはPower II計画に23百万ドルの資金援助を行った。

2-3-3. Power III計画

Power III計画は、PEWCのもとで立案及び推進が行われたが、1982年PEWCより電力部門を独立させて設立されたNEC (National Electricity Corporation)に引き継がれ、事業は推進された。

計画の内容は、Roseires水力発電所に40MW水車発電機2台の増設、Khartoum North火力発電所に30MW蒸気タービン発電設備2台、及びBurri火力発電所に10MWディーゼル発電設備4台の増設と220kV送電線、及び関連設備の拡張である。

IDAは1980年にPower III計画の事業評価を行い、建設中利子を含むPower III計画の総費用は290百万ドルと推定した。この所要資金のうち、外貨分全てと一部内貨を含む204百万ドル、所要資金の70%がIDA、ODA(英国)及びBMZ(西独)の資金援助であった。内訳は、IDAが65百万ドル、ODAが114百万ドル、及びBMZが25百万ドルで、英国と西独はグラントを提供した。

Roseires水力及びBurri火力発電所の増設は1984年に完了し、Khartoum North火力発電所は1985年に完成し、Power III計画は完了した。

2-3-4. Power IV計画

Power IV計画は、イギリスのコンサルタント Sir Alexander Gibb and Partners and Merz and McLellanが行った"Power IV Project Feasibility Study, July 1983"調査報告を基礎に策定された。これによると、1983/84年度以降6年間の需要の伸び率予想、年率13.4%(主需要予測)に対応するため、Khartoum Northの90MW又は180MW蒸気タービンの増設、Roseires #7号水車発電機の増設、Kilo Xに30MWガスタービンの増設などの火力発電中心の発電増強計画となっていた。これが初期のPower IV計画である。

火力発電に必要な燃料の輸送はSRCに依存する事になるが、1979/80年度以降、SRCの輸送能力に低下傾向がみられたため、Power IV計画に必要な燃料輸送に関する経済性調査がイギリスのコンサルタントにより行われ、1984年6月に報告書(Fuel Transportation Study, June 1984)が提出された。

このように火力発電が中心となるPower IV計画には、立案当初より燃料輸送力増強計画が含ま

れることとなった。その後、電力需要実績が初期のPower IV計画で予測された電力需要より小さくなったため、計画の見直しが行われ、第3章で詳述する現在のPower IV計画となった。

一方、Power III計画が完了しつつあった1983/84, 1984/85年度では電力需給のアンバランス（供給不足）が改善はされたが、解消はされなかった。ちなみにNECのAnnual Reportによれば、1983/84, 1984/85年度に電力供給制限を計画的に行わざるを得なかった事と、30回及び13回の停電事故が、各年度に発生した事が報告されている。この電力需要のアンバランスに鑑み、スーダン共和国の発電増強計画の策定とファイナンスに大きな役割を果たしてきたIDAは、Burri 火力発電所に10MW×2台のディーゼル発電機の増設とRoseires及びSennar両水力発電所の活性化を主軸とするPower Rehabilitation Project (IDA) を1985年6月に策定した。この計画に対してIDAは30百万ドルのファイナンスを提供し、1988年完了を目標に、計画は現在遂行されている。

スーダン国政府は、本計画をPower III計画に引き続くPower IV計画の一部として位置付けており、一方、IDAはPower IV計画の他の発電増強計画の一部を、IDAのPower IV (IDA) 計画と称して事業評価中で、Khartoum Northの45MW×2台の蒸気タービン発電機の増設に対して、IDA38百万ドル、ADB38百万ドル、合計76百万ドルの協調ファイナンスを予定している。

スーダン国政府のPower IV計画に対して、関係国による国際会議が1983年12月にパリで開催され、上述の燃料輸送設備の拡充計画を含めて、各国の資金援助が討議された。表2-11に初期のPower IV計画と現在のPower IV計画、及び関係国及び国際機関の融資状況を示す。なお、Power IV計画の詳細については第3章で述べる。

表2-10 スーダン共和国の電力供給事業者と電源増強概要

西暦年	事業者沿革と Power計画	電源設備増強概要	資 金
1908	Khartoum で電気供給開始		
1925 1956	SLPC(Sudan Light and Power Company) 設立	・ 蒸気ボイラー発電設備を71-kV 機関に変換 ・ Burri 火力発電所運開 30 MW (7.5 MW × 4 台)	
1960 1962 1963	CEWA(Central Electricity and Water Administration) 設立	・ Sennar水力発電所運開 15 MW (7.5 MW × 2) ・ 110 kV送電線 (Sennar~Khartoum) ・ Roseires 灌漑ダム完成 (2 MW 水車発電機設置)	・ IBRD, IDA 38.8 百万円 (1961, 1963)
1966 1969	CEWC(Central Electricity and Water Corporation) 設立..... ...CEWAと地方電化地域を併合	・ Burri 火力発電所増設 15 MW (3 MW × 5 71-kV) ・ KiloX火力発電所運開 14 MW 71-kV	
1971~ 1972	(Power I計画)	・ Roseires水力発電所運開 90 MW (30 MW × 3 台) ・ 220 kV送電線 (Roseires~Khartoum)	・ IBRD 24 百万円(1967)
1975	PEWC(Public Electricity and Water Corporation) 設立 CERCを名称変更		
1979 1981 1982	(Power II計画)	・ Roseires水力発電所増設 #4号機 40 MW ・ Burri 火力発電所増設 15 MW (5 MW × 3 71-kV) ・ 220 kV送電線 (Roseires~Sennar)	・ IDA 23 百万円(1975)
1982	NEC(National Electricity Corporation) 設立..... PEWCより電気部門を独立		
1984 1985	(Power III計画)	・ Burri 火力発電所増設 40 MW (10 MW × 4 71-kV) ・ Roseires水力発電所増設 #5, #6号機 40 MW × 2 台 ・ Khartoum North火力発電所運開 60 MW (30 MW × 2 台蒸気71-kV) ・ 220 kV送電線 (Sennar~kiloX)	・ ODA 114 百万円(1980) ・ IDA 65 百万円(1980) ・ ODA(同上に含まれる) ・ BMZ 25 百万円(1980)
1987 1988 1989 1990	(Power IV計画)	・ Khartoum North火力発電所増設 40 MW (20 MW × 2 台71-kV) ・ Burri 火力発電所増設 20 MW (10 MW × 2 71-kV) ・ Roseires水力発電所増設 #7号機 40 MW ・ 燃料輸送用機関車 (10両) ・ Eastern Grid増強 15 MW (5 MW × 3 台 71-kV) ・ Khartoum North火力発電所増設 90 MW (45 MW × 2 台蒸気71-kV) ・ Regional Cities 電化 10.5 MW 71-kV 複数台	・ 1977 16 百万円 ・ IDA 30 百万円 (Power Rehab. 実施中) ・ EIB 12 百万円 ・ 1977 12.5 百万円(1977) ・ IDA, ADB 38+38百万円 (Power IV, IDA計画) ・ 1977 6百万円 1977-78 17.6百万円(1977)

表 2-11 Power IV計画と融資状況

年度	初期の PowerIV計画		発電増強計画	現在の PowerIV計画		融資状況
	需要予測			需要予測		
	電力量	電力		電力量	電力	
1982/83	(GWH) 920	(MW) 235		(GWH) 934	(MW) n. a.	
83/84	1,130	263	kiloX 30 MWガス-ビ	1,014	193	(Burri 10 MW×4)
84/85	1,329	294	Roseires #7 水車発電機	1,233	235	(Roseires 40MW×2)
85/86	1,544	323		1,218	n. a.	
86/87	1,760	352	Khartoum North 60 MW×2 蒸気タービン	1,593	303	Khartoum North 20 MW×2 ガス-ビ
87/88	1,974	384	Khartoum North 60 MW×1 蒸気タービン	1,714	326	Burri 10MW×2タービン Roseires #7 水車発電機 燃料輸送用機関車 10両
88/89	2,184	419	Sennar 30 MW 水車発電機	1,839	356	EG 5 MW ×2タービン
89/90	2,413	456		1,961	373	Khartoum North 45 MW×2 蒸気タービン
90/91	2,610	496		2,095	385	Regional Cities 10.5 MW

[注] () は PowerIII計画の内容

2-4. スーダン国鉄の現状

スーダン国鉄は、アフリカの中でもその歴史は古く、創業は1875年である。創業当時の営業線区は、ナイルの下流、エジプト国境付近のワディハルファ〜セラス間であった。その後、鉄道建設は南進し、1928年頃には現在の主要幹線の大部分が完成している。

2-4-1. 組織と要員

組織は図2-4、要員は表2-12の通りである。国鉄本社はアトバラにあり、地方には5つの地方機関がある。

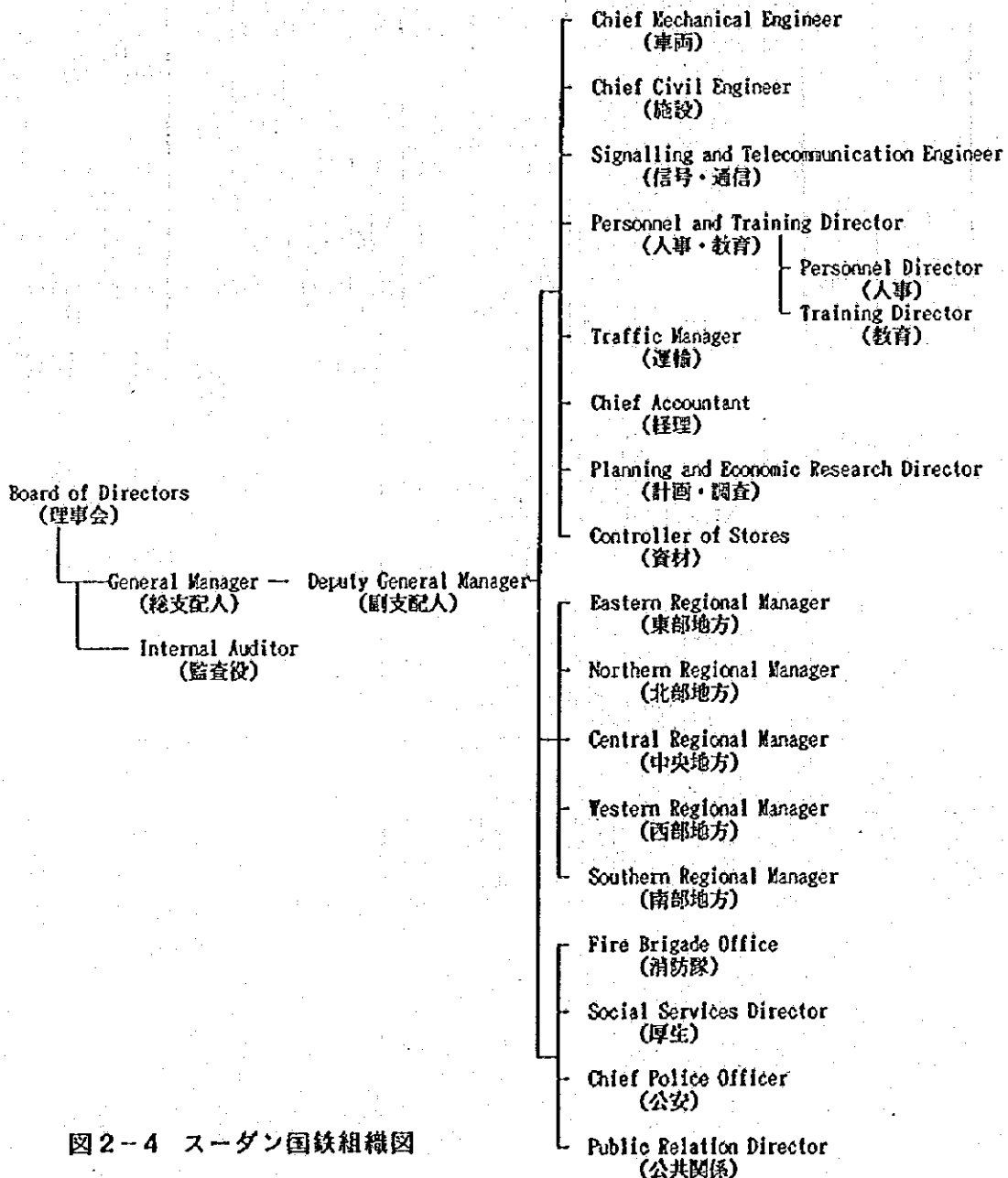


図2-4 スーダン国鉄組織図

表 2-12 要 員

部 門	職員数 (人)
本 社	816
機械・電気	11,455
施 設	8,231
運 輸	7,226
資 材	1,047
公 安	2,003
経 理	929
総 計	31,707

1985年10月1日現在

表 2-13 線区別路線長と使用レール

区 間	区間長 (km)	レール (lb/yd)
Port Sudan ~ Atbara	475	90
Atbara ~ Khartoum	313	90
Haiya ~ Kassala	347	75
Kassala ~ Sennar	455	75
Khartoum ~ El Obeid	689	75
Er Rahad ~ Babanusa	363	75
Atbara ~ St. No. 10	270	75
St. No. 10 ~ Wadi Halfa	341	50
St. No. 10 ~ Karima	222	50
Babanusa ~ Nyala	335	50
Babanusa ~ Wau	444	50
Sennar ~ Ed Damazin	227	50
合 計	4,481	

2-4-2. 線 路

線区別路線長及び使用レールは表2-13のとおりである。

線路は90 lb/yd (45kg/m) レール使用線区が18%、75 lb/yd (37kg/m) レール使用の線区が47%で、50 lb/yd (25kg/m) レール使用の線区が35%となっている。今回の燃料輸送を行なうポートスーダン～アトバラ～カルツーム間(約800km)は最も重要な幹線であり、レールもすべて90 lb/yd (45kg/m)のものに強化されている。

迂回路として考えられるハイヤ～カッサラ～カルツーム間は75 lb/yd レールを使用しているので、燃料輸送関係の車両の許容軸重は16.5tである。

道床は、ほとんどバラストが使われておらず、軌道整備状態も良好とは言えないので、列車の最高速度は60km/h程度に抑えられている。

2-4-3. 車 両

保有車両数は表2-14、本線用機関車の形式と稼働状況は表2-15のとおりである。

表2-14 保有車両数(1985年10月1日現在)

車種	用途	両数
蒸気機関車 (SL)	本線	89
	入換	10
ディーゼル機関車 (DL)	本線	169
	入換	76
客車	一般	491
	職員用	606
貨車	一般	5,613
	タンク車	746

表2-15 本線用機関車の形式と稼働状況(1985年10月1日現在)

車種	形式	メーカー	出力 軸配置	両数	稼働 両数	休止 両数	使用 開始年	記事
SL	.....	.....	.....	89	6	71	.....	使用不能 12
DL	1000	English Electric	1875HP Co-Co	62	9	42	1960~ 1969	廃車 3、その他 8
	1500	Hitachi	1500HP A1A-A1A	20	0	17	1969	事故で使用不能 3
	1600	Hen./GM	1500HP Co-Co	10	4	4	1982	その他 2
	1700	GE U15	1650HP A1A-A1A	10	6	2	1975~ 1981	その他 2
	1800	GE U22C	2250HP Co-Co	20	15	3	1976	その他 2
	1850	GE U22C	2250HP Co-Co	10	7	2	1985	その他 1
	1900	Hen./GM	2250HP Co-Co	20	3	12	1975	その他 5
	1950	GM JT22LC-2	2250HP Co-Co	10	4	0	1981~ 1985	その他 6
小計				172	48	82		(42)

(注)
GM:General Motors
GE:General Electric
Hen./GM:Henschel/GM

本線用ディーゼル機関車は、砂埃と高温による悪い環境条件と、保守部品の不足などが原因で稼働率が低く、1985年8月、米国の援助で10両の新製車を購入したが、うち3両は圧縮機故障

などで修理中である。使用可能な機関車は常に不足状態で、運用計画が立てられないため、機関車運用表も作成されておらず、その場しのぎの使用をしている状態である。

このような状況は1986年に入っても続いており、2回目の調査時点（1986年11月）の本線用機関車の稼働状況は次表のようになっている。

表2-16 本線用機関車の形式と稼働状況

車種	形式	メーカー	出力 軸配置	両数	稼働 両数	休止 両数	使用 開始年	記 事
SL	....	.....	.....	89	6	71	.....	使用不能 12
DL	1000	English Electric	1875HP Co-Co	62	19	32	1960~ 1969	廃車 3、その他 8
	1500	Hitachi	1500HP A1A-A1A	20	0	17	1969	事故で使用不能 3
	1600	Hen./GM	1500HP Co-Co	10	0	8	1982	その他 2
	1700	GE U15	1650HP A1A-A1A	10	2	6	1975~ 1981	その他 2
	1800	GE U22C	2250HP Co-Co	20	15	3	1976	その他 2
	1850	GE U22C	2250HP Co-Co	10	7	2	1985	その他 1
	1900	Hen./GM	2250HP Co-Co	20	0	15	1975	その他 5
	1950	GM JT22LC-2	2250HP Co-Co	10	4	0	1981~ 1985	その他 6
小 計				172	47	83		(42)

(注)
GM:General Motors
GE:General Electric
Hen./GM:Henschel/GM

1982年に使用開始された1600形式が全て休止車両となっていること、1983/84年度に主電動機のピニオンの故障が多発した1900形式と1950形式のうち、1900形式が全て休止車両となっていることが注目される。

また、1000形式が10両復活しているが、これはEECの援助(Grant)により11million US\$のスペアパーツが提供され、その一環として、この形式のディーゼル機関車のリハビリ(更新修繕)が行なわれたためである。

一方、入換用のディーゼル機関車の稼働状況(1986年11月現在)を次表に示すが、1985年10月時点には76両保有中26両が稼働していたものが、表2-17では稼働両数は13両へと半減している。

表2-17 入換用ディーゼル機関車の形式と稼働状況(1986年11月現在)

形式	メーカー	配置両数	稼働両数	休止両数	使用開始年
100	EE	6	0	6	1970～
460	Hen./GM	20	3	17	1968～
600	KSK	23	10	13	1975～
700	Hen./GM	20	0	20	1962～
合計		69	13	56	

(注) EE: English Electric
 Hen./GM: Henschel/GM
 GM: General Motors
 KSK: 汽車会社

このためSRCでは入換用ディーゼル機関車の不足が、現在深刻な問題となっている。そして、本線用のディーゼル機関車を入換に使用するなど、応急処置で対処している。(カルツームとKhartoum North発電所の燃料輸送用タンク貨車の入換には、軸重の軽い本線用ディーゼル機関車を使用している。)

表2-17 からわかるように、現在の入換用ディーゼル機関車の主力は日本製(汽車会社製)の10両であり、SRCでは、この機関車の延命に大きな期待をかけている。

そして、世界銀行が検討中の鉄道緊急回復計画(Railways Emergency Recovery Program...RERP)の中にも、この機関車のスペアパーツの調達が含まれている。

2-4-4. 運 転

(1) 運行管理

運行管理は、表2-18に示す6ヶ所の指令所で行っている。

表2-18 指令所とその担当範囲

指令所	担当区間	
	駅名(から)	駅名(まで)
Port Sudan	Port Sudan	Haiya
Atbara	Haiya	Atbara
	Atbara	Khartoum
Khartoum	Khartoum	Sennar
Sennar	Sennar	Gedare
Kassala	Gedare	Kassala
Kosti	Sennar	Kosti
	Kosti	El Obeid

(注) 他の区間については指令所はない。

(2) 列車ダイヤ

列車ダイヤとしては、カルツーム～ポートスーダン間には、1～2時間に1列車(片道)という標準ダイヤがあるが、実際の運行ダイヤは週間ダイヤで設定され、現実にはこれらの設定ダイヤの一部を使用して運行している。

1日当りの平均列車本数は、カルツーム～アトバラ間5往復、アトバラ～ポートスーダン間は3～4往復である。(1984/85年度実績)

標準ダイヤの1例を、表2-19(上り線、ポートスーダン→カルツーム)と表2-20(下り線、カルツーム→ポートスーダン)に示す。52列車(上りの貨物列車)はポートスーダンからカルツームまで31時間26分かかっているが、そのうち9時間54分の停車時間があるので、運転時分は22時間32分である。(平均34.4km/h)

一方、83列車(下りの貨物列車)はポートスーダンまで26時間55分かかっているが、停車時間を差引いた運転時分は丁度20時間で(平均39.4km/h)、上り勾配が少ないだけ平均速度は速くなっている。

表2-19 上り線の標準ダイヤ
Main Line, Port Sudan → Atbara → Khartoum C.

和程	Stations	Train No. 52, Goods	
		Arr.	Dep.
787	Port Sudan		00:54
758	Sallom	01:55	02:05
740	Obo	02:57	03:08
711	Assot	04:33	04:49
691	Gamateb	05:42	05:55
682	Gebeit	06:17	06:37
674	Adit	06:54	07:05
658	Summit	07:37	08:12
628	Baraseet	09:02	09:17
584	Haiya	10:19	10:49
547	Shediyeb	....	11:42
501	Musmar	12:48	13:17
454	Togni	14:21	14:25
433	Siyeteb	14:53	15:05
413	Ogrein	15:32	15:52
329	Zalata	17:40	17:56
313	Atbara	18:20	21:00
299	Ed Damer	21:21	21:35
280	Ez Zeidab	22:00	22:10
239	Mahmiya	....	23:03
189	Taragna	00:10	00:47
172	Shendi	01:10	02:13
132	Wad Ban Naqa	03:05	03:25
83	Jebel Querri	04:33	04:45
18	Kadaru	06:14	06:35
4	Khartoum North	06:55	07:10
0	Kartoun C.	08:20	

表2-20 下り線の標準ダイヤ
Khartoum C. → Atbara → Port Sudan

和程	Stations	Train No. 83, Goods	
		Arr.	Dep.
0	Khartoum C.		21:10
4	Khartoum North	....	21:25
18	Kadaru	....	21:45
83	Jebel Querri	....	23:25
107	El Miga	23:59	00:30
172	Shendi	01:49	02:10
189	Taragna	02:33	02:45
239	Mahmiya	03:53	04:13
299	Ed Damer	....	05:28
313	Atbara	05:50	07:50
329	Zalata	....	08:16
413	Ogrein	10:13	10:40
433	Siyeteb	....	11:08
454	Togni	11:41	11:43
501	Musmar	12:50	13:10
547	Shediyeb	14:26	14:31
584	Haiya	15:35	16:05
600	Tahamiyan	16:35	16:45
619	Erheib	17:22	17:35
628	Baraseet	....	17:56
658	Summit	....	19:05
682	Gebeit	19:41	20:24
699	Erba	20:50	21:05
729	Okwat	21:51	22:05
758	Sallom	....	22:49
765	Tisiamti	22:59	23:30
787	Port Sudan	00:05	

(3) 機関区

機関区の所在地と受持線区は表2-21のとおりである。

表2-21 機関区の受持線区

機 関 区	受 持 線 区
Atbara	Khartoum ~ Atbara ~ Port Sudan , Atbara ~ Karima , Atbara ~ Wadi Halfa
Khartoum	Khartoum ~ Sennar Junction
Kassala	Old Sennar Junction ~ Haiya Junction , Haiya ~ Port Sudan
Sennar Junction	Sennar Junction ~ Ed Damazine
Kosti	Sennar Junction ~ El Obeid
Babanusa	Babanusa ~ Er Rahad , Babanusa ~ Nyala , Babanusa ~ Wau

(4) 運転状況

1984/85年度の運転状況は表2-22のとおりである。

表2-22 運転状況 (1984/85年度)

単位：列車本数

運転状況	区 間	カルツーム～ アトバラ		アトバラ～ ポートスーダン	
		本数	比率 (%)	本数	比率 (%)
定刻運転 (30分以内)		1982	52.3 %	1334	50.9 %
延 着		1723	47.7	1287	49.1
	30分以上	103	2.9	20	0.8
	1時間以上	449	12.4	130	5.0
	3時間以上	363	10.1	143	5.5
	5時間以上	478	13.2	395	15.0
	10時間以上	330	9.1	599	22.8

1984/85年度の運転状況では、カルツーム～ポートスーダン間で30分以上遅れの列車は約50%であり、そのうち30分以上5時間以内が20%、5時間以上が30%程度と長時間遅れの比率

が高い。特にアトバラ～ポートスーダン間では、5時間以上の遅れが約40%と、30分～5時間の遅れ10%に対して極端に大きな比率となっている。

これは機関車が故障した場合、アトバラから救援機関車が出るが、受持線区が長く、しかも線路条件の悪い勾配区間がポートスーダン側にあることから、長時間の遅れに結びつく事を証明している。

燃料輸送の信頼性確保のためには、機関車故障に対するバックアップ体制（重連けん引や救援機関車の配置場所の適正化）を考慮する事が重要である。

2-4-5. 車両保守

ディーゼル機関車の保守は、アトバラにある機関区、工場で行なっている。これらの機関区、工場とも建物、機械設備について必要なものは一応揃っており、職員も良く働いていた。しかしながら、砂埃と高温という厳しい使用環境条件と、外貨不足のため、保守部品が十分購入出来ないなどの問題があり、故障機関車を十分修繕出来ず、稼働率が異常に低い。例えば、1969年に入手した日本製のディーゼル機関車20両はすべて故障中で、回復修繕の見通しが立っていないという状態である。今後、機関車を投入する場合、継続的な保守部品の補給と投入時の技術指導を考慮する必要がある。

2-4-6. 信号・通信設備

(1) 信号設備

SRCの主な信号設備は、表2-23のとおりである。

SRCは全線単線であり、運転保安方式は通票閉そく方式としている。転てつ機は、駅構内の一部に発条転てつ機を使用しているほかはすべて手動のものである。

信号機は腕木式であり、連動機は機械式である。

表2-23 主な信号設備

項 目	設 備	記 事
閉そく装置	通票閉そく装置	Key Token
信 号 機	腕木式信号機	
連 動 装 置	機械式連動装置	

(2) 通信設備

A) 通信伝送路

通信伝送路は、指令所間等の長距離には主として短波無線を使用し、指令所～各駅間及び隣接駅間等の短距離には架空裸線路を使用している。(表2-24 参照)

表2-24 通信伝送路の適用区分

適用区分	伝送媒体	記 事
長距離	短波無線及び架空裸線路	電信（モールス）と通話に使用
短距離	架空裸線路	STCの財産でSRCは5条を借用

(注) STC：スーダン通信公社

カルツーム～ポートスーダン間には、カルツーム、アトバラ、ポートスーダンの3箇所に列車の運行を系統的に管理する指令所がある。指令所間の距離は長く、カルツーム～アトバラ間は313km、アトバラ～ポートスーダン間474 kmである。この指令所間の連絡には、短波無線とSTCから借用している架空裸線路を使用している。

架空裸線路は、短距離では閉そく回線、隣接駅間の連絡電話、及び指令電話に使用されている。また、長距離の指令所間の電信回線としても使用している。架空裸線は、回線側の原因によるトラブル（全国年間800～1,000件）が多く、回線の信頼度が低い。その保守は、所有者であるSTCが担当しており、独自のマイクロ網を所有しているため、架空裸線の修理対応が遅く、50日間も不通になった事もある。

SRCがSTCより借用している架空送電線路の使用方法は、図2-5のとおりである。

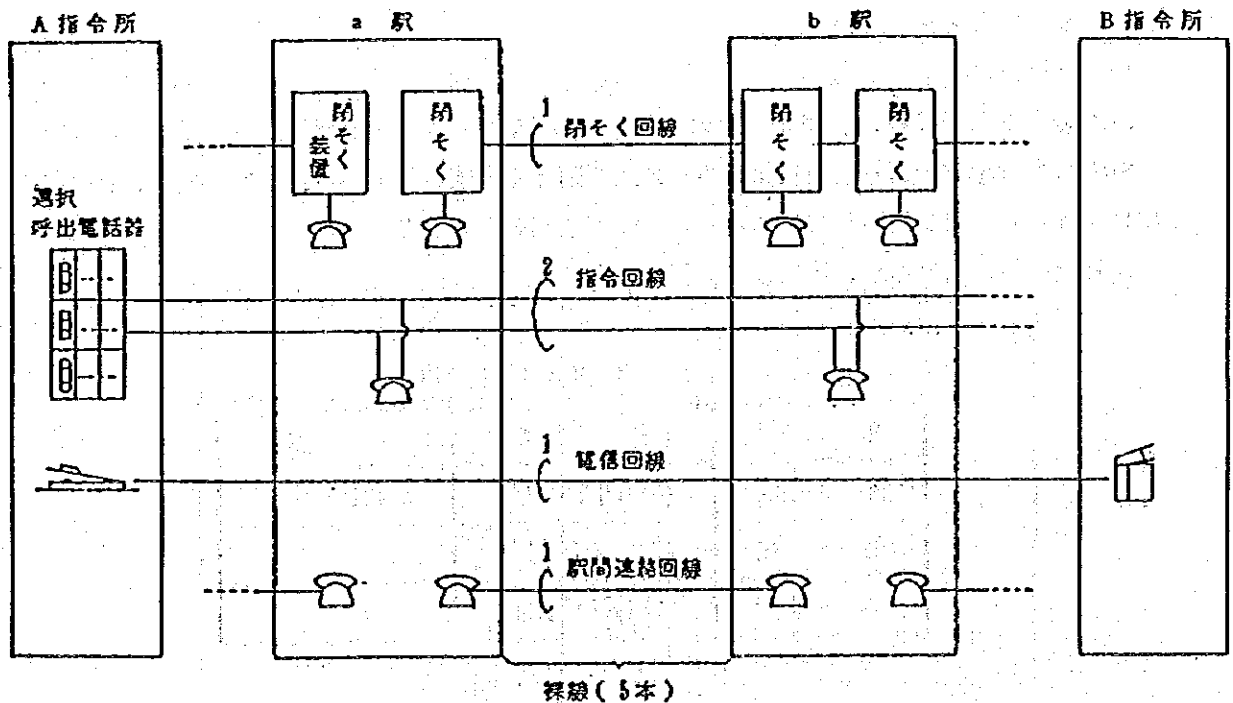


図2-5 架空裸線路の使用法

短波無線は、各指令所に1台ずつ備えられている。(146～174MHz帯、2MHz幅、12波使用可能)

また、短波の特性上、時間帯により到達距離が変化するため、10波を使い分けている。

B) 列車～最寄駅連絡用無線

連絡用無線は列車乗務員と最寄駅との連絡手段であり、現在それが設置されている線区はカルツーム～ポートスーダン間及びハイヤ～カッサラ間である。駅側の設備（固定局）は32駅（うち、カルツーム～ポートスーダン間24駅）にあり、その各駅には無線機を2台ずつ備え、うち1台を使用し、他の1台は予備としている。また、固定局のアンテナは、高さ35～40mの鉄塔の30～35mの位置に取付けている。

この無線機の地上側の固定局設置箇所は、表2-25のとおりである。

列車側の設備（車上局）は、機関車の運転台に取付けられており、固定されている（携帯型ではない）。機関車の運転台は前後にあるため、無線機はその両方の運転台にそれぞれ1組ずつ取付けている。運転中は片方の無線機を使用し、他方は予備となっている。車上局の無線機は70台あり、無線機搭載機関車数は35両である。

このシステムは、走行中のエンジントラブルや事故時の連絡等に有効に使用されている。なお、現行システムはデンマーク（STORNO社）製である。

表2-25 固定局設置箇所
 ポートスーダン～カルツーム間 ハイヤ～カッサラ間

設置箇所	設置間隔 (km)	設置箇所	設置間隔 (km)
Port Sudan		(Haiya Jn.)	
Sallom	29	Imsa	43
Kamob Sanha	37	Tehella	41
Gebait	39	Delai	39
Summit	24	Ungwatiri	52
Baramaiyu	19	Amadam	56
Erheib	20	Mitatib	46
Haiya Jn.	35	Akala	37
Kas	26	Kassala	33
Talquhari	27		
Musmar	30		
Sigadeit	25		
Siyateb	43		
Hadiga	43		
Hudi	46		
Atbara	31		
Ezzeitab	33		
Mahmiya	41		
Kabushiya	30		
Shendi	37		
W. Ban Naga	40		
J. Querri	49		
El Geili	36		
Khartoum N.	43		

C) その他の設備

SRCは表2-26に示す4つの電話交換機を所有しており、その中継回線等はすべてSTCの回線を使用している。

表2-26 電話交換設備

回線容量	台数	設置箇所
400回線	1	Atbara
50回線	3	Port Sudan, Kassala, Kosti

2-4-7. 輸送量と営業収支

輸送量は表2-27のとおり漸減傾向が見られ、特に1983/84年度については、旅客・貨物ともに対前年の70%となっている。この原因は需要減というより、主に稼働可能な機関車不足による輸送能力減にあると思われる。

表2-27 輸送量

年度	旅客		貨物	
	輸送人員 (人)	人キロ (千人km)	輸送トン数 (t)	トンキロ (千t・km)
1979/80	2,310,293	1,061,058	2,135,743	2,003,207
1980/81	2,041,017	1,169,580	1,720,400	1,594,306
1981/82	2,675,016	1,148,646	1,690,842	1,608,389
1982/83	2,212,941	1,031,025	1,353,842	1,215,183
1983/84	1,524,380	729,899	895,292	836,000

表2-28のとおり、営業収支はほとんど毎年赤字であり、運賃改訂した1981/82年度は黒字になったが、翌年は又赤字に変わった。

運賃改訂は、1979年以来凍結されていたが、1981/82年度(約57%)、1983年12月(約73%)、1985年4月(約50%)と実施されて現在(1986年11月)に至っている。

表2-28 営業収支

年度		1979/80	1980/81	1981/82	1982/83
項目		(万LS)	(万LS)	(万LS)	(万LS)
収 入	旅客	1,014	962	1,319	1,783
	貨物	4,270	4,645	7,363	6,582
	その他	19	18	19	13
	合計	5,303	5,625	8,701	8,378
支 出	人件費	3,602	4,459	4,764	5,091
	燃料	552	564	809	913
	その他	1,412	1,407	1,726	2,413
	合計	5,566	6,430	7,299	8,417

この値上げ率は、スーダンの高い物価上昇率から見ると、表2-29に示すようにそれ程極端なものではない。(物価指数と貨物運賃の指数を比較すると後者は前者を下廻っている。)

表2-29 物価上昇率と貨物運賃の上昇

年 度	1980	1981	1982	1983	1984
物価指数 ⁽¹⁾	100	124.6	156.6	204.5	301.8
物価上昇率	24.6%	25.7	30.6	47.6	
貨物運賃指数	100	100	157	157	275
運賃値上率	-	0	57%	0	73%

(1) 中東・北アフリカ年鑑より

2-4-8. 世界銀行のスーダン国鉄に対する援助計画

世界銀行はスーダン国鉄(SRC)の現状、つまり、使用可能な機関車両数の不足により、毎年輸送実績が低下していることを認識しており、鉄道緊急回復計画(RERP……Railways Emergency Recovery Program)を検討中である。

この計画は ①軌道の緊急補修、②基幹設備及び機材に対する補修部品の調達、③教育訓練、④技術指導、から成っており、総額70百万ドルの資金を必要とするものである。

そして第1回目の予備評価調査団(Pre-appraisal mission)は、1985年9月にスーダンを訪問している。その後、同年10月に関係諸国がスーダンに集って会議を開き、資金融資の分担割合を議論した。(70百万ドル中、スーダンが10百万ドル、世界銀行が20百万ドル、サウジアラビアが10百万ドルが期待されている。)

しかし、計画の評価を行なうためにスーダン側で準備すべきデータの収集作業が遅れているため、1986年に入って、更に2回の予備評価調査団を派遣したにもかかわらず（合計3回）、最終の評価調査団（Appraisal mission）を送る日程は、まだ目途が立っていない状況である。

2-5. 燃料輸送の現状

2-5-1. 鉄道による燃料輸送

スーダン電力公社（NEC）が発電用に使用している燃料は次の4種類である。

- ①ガスオイル（gas oil）…………… ガスタービン用
Burri発電所、Khartoum North発電所、及びkilo X発電所のガスタービン発電機に使用される。
- ②軽油（light oil）…………… 小形ディーゼル用
地方都市にある小形のディーゼル発電機に使用される。
- ③1500sec重油（Furnace oil）…… ディーゼル用
Burri発電所のNo. I、IIディーゼル発電機（各10MW）に使用される。
- ④3500sec重油（Furnace oil）…… ディーゼル及び蒸気タービン用Burri発電所のNo. III、IVディーゼル発電機（各10MW）及びKhartoum North発電所のNo. I、II蒸気タービン発電機（各30MW）に使用される。

以上のうち①と②は石油公社（GPC）のパイプラインで輸送されるので、鉄道により発電用燃料として輸送されているのは③と④の重油である。

表2-30 NECの発電用重油の輸送実績と予測値

年 度	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85	1985/86
3500sec 重油	—	—	—	46,616t	82,689
1500sec 重油	33,932t	41,003	61,565	45,226	45,020
重油輸送量	33,932t	41,003	61,565	91,842	127,709
年 度	1986/87	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91
重油輸送量	134,000t	167,000	176,000	209,000	224,000

表2-30に、1985/86年度までのNECの発電用重油の輸送実績と1990/91年度までの予測値を示す。1984年4月、NECのPower III計画によりBurri発電所にディーゼル発電機No. IIIが設置され稼働を開始したので、1983/84年度からNECの燃料消費量が急増し始めている。

一方、1983/84年度はSRCの本線用ディーゼル機関車の故障が急増し（1900形式と1950形式…表2-15参照）、輸送能力が低下し、貨物、旅客共対前年70%程度の輸送実績となった年（表

2-26参照) でもある。

この年度までは、NECが発電用に使用する重油(1500sec Furnace oil)は、全てSRCのタンク貨車によって輸送されていた。しかし、急増する輸送需要と、急減する輸送能力の差を、緊急かつ暫定的に補うため、タンクローリーによる重油の自動車輸送が開始された。(1984年5月開始)

1984/85年度に入ると、Power III計画に従ってBurri発電所にはNo.IVディーゼル発電機(10MW)が、Khartoum North発電所にはNo.I、II蒸気タービン発電機(各30MW)が完成し、それぞれ稼働を開始した。

それらは、いずれも3500sec重油を使用するものであり、1984/85年度からこの重油の輸送が行なわれることとなった。この重油は粘性が高いため、冬季には加熱装置により温度を上げてやらないと流出速度が遅くなり、積込み時間が大幅に増加する。積込施設に、蒸気式の加熱装置が設置されているのは石油会社4社のうちで1社のみ(Shell社)であり、また、当初は加熱装置がないタンク車も多かったため、積込みや荷下しの面でも(冬季は)混乱があったと推定される。

そして、1984/85年度にSRCが輸送したNECの発電用の重油量は、NECの需要の40%(約37,000t)に過ぎず、量的に前年度を下回る結果となった。(自動車輸送は約55,000t)

表2-31に、1981/82年度~1985/86年度までの重油の輸送実績を示す。

表2-31 NECの発電用重油の輸送量

年 度	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85	1985/86
鉄道輸送	33,932t	41,003	61,565	約37,000	約64,000
自動車輸送	-	-	-	約55,000	約64,000
合 計	*1 33,932t	*1 41,003	*1 61,565	*2 91,842	*2 127,709

*1.....1500 sec 重油のみ

*2.....1500 sec 重油及び 3500 sec 重油

1985/86年度には、SRCの輸送割合はNECの需要の50%にまで回復し、量的にも約64,000tとなって1983/84年度時のSRCの輸送量を上回っている。

これは1985年8月に、アメリカ(USAID)からの援助(Grant)で、1850形式のディーゼル機関車10両がSRCに供与されたためと推定される。

しかし、自動車輸送の方も約64,000t輸送し、前年度よりも増加している。