

独立行政法人  
国際協力機構

ウズベクエネルギー電力公社  
(State Joint Stock Company "Uzbekenergo")

ウズベキスタン国  
タシケント火力発電所  
近代化事業詳細設計調査

ファイナルレポート  
(要約版)

2004年1月

東電設計株式会社

# ウズベキスタン国タシケント火力発電所近代化事業詳細設計調査

## ドラフトファイナルレポート（要約版）

### 目次

	<u>ページ</u>
総合評価と提言.....	I
第1章 序章.....	1-1
1.1 調査の背景.....	1-1
1.1.1 一般的背景.....	1-1
1.1.2 調査の背景.....	1-1
1.1.3 調査の目的.....	1-2
1.1.4 調査対象地域.....	1-2
1.1.5 調査業務範囲.....	1-2
1.2 調査チームの編成.....	1-4
1.3 技術移転.....	1-5
1.3.1 現地調査作業を通しての技術移転.....	1-5
1.3.2 セミナー開催による技術移転.....	1-5
1.3.3 カウンターパート技術者の研修.....	1-5
第2章 ウズベキスタン国の概況.....	2-1
2.1 ウズベキスタン国の状況.....	2-1
2.2 政治状況.....	2-3
2.3 経済状況.....	2-4
第3章 ウズベキスタン国の電力・熱エネルギーセクターの状況.....	3-1
3.1 電力セクターの状況.....	3-1
3.1.1 概要.....	3-1
3.1.2 電力の需要供給.....	3-6
3.2 熱エネルギーセクターの状況.....	3-15
3.2.1 概要.....	3-15
3.2.2 タシケント市の熱供給設備の概要.....	3-15
3.2.3 予想熱需要量及び設備計画.....	3-18
3.3 電力・熱料金.....	3-19
3.4 送電系統の現状.....	3-20

第4章	入札図書の作成及びそれに係る関連業務.....	4-1
4.1	入札図書作成の概要.....	4-1
4.1.1	入札図書の構成.....	4-1
4.1.2	入札図書の内容.....	4-1
4.2	敷地調査概要.....	4-2
4.2.1	調査目的.....	4-2
4.2.2	現地再委託業務契約.....	4-2
4.2.3	調査実施期間.....	4-2
4.2.4	調査結果概要.....	4-3
4.2.5	考察.....	4-4
4.3	環境影響評価業務の概要.....	4-5
4.3.1	EIA レポート作成の概要.....	4-5
4.3.2	EIA レポートに関する公聴会活動の概要.....	4-7
4.4	新設設備輸送ルート調査の概要.....	4-9
4.4.1	調査目的.....	4-9
4.4.2	輸送ルート.....	4-9
4.4.3	最適輸送ルート.....	4-9
4.4.4	輸送コストについて.....	4-10
4.5	系統解析.....	4-11
4.5.1	目的.....	4-11
4.5.2	模擬系統.....	4-11
4.5.3	計算結果.....	4-11
4.5.4	結論と考察	
第5章	タシケント火力発電所（DC “TASHTPP”）の維持管理補修計画.....	5-1
5.1	タシケント火力発電所（DC “TASHTPP”）の設備管理状況と問題点.....	5-1
5.1.1	全般.....	5-1
5.1.2	ボイラー設備.....	5-2
5.1.3	タービン設備.....	5-3
5.1.4	電気設備.....	5-5
5.1.5	制御設備.....	5-5
5.1.6	その他設備.....	5-6
5.1.7	現状評価.....	5-7
5.2	既設設備の維持管理方案.....	5-12
5.2.1	補修設備の選定.....	5-12

5.2.2	補修改善効果.....	5-13
5.2.3	補修計画.....	5-15
5.3	タシケント火力発電所（DC “TASHTPP”）の経営状況と問題点.....	5-20
5.3.1	生産状況.....	5-20
5.3.2	生産原価.....	5-22
5.3.3	財務上から見た問題点及び今後に向けた提言.....	5-24
5.4	既設発電所運営管理計画.....	5-25
5.4.1	組織の見直し提案.....	5-25
5.4.2	設備運用管理.....	5-29
5.4.3	安全衛生.....	5-31
5.5	新設プラントの運転維持管理費及び財務経済分析.....	5-32
5.5.1	前提条件.....	5-32
5.5.2	予想財務諸表.....	5-32
5.5.3	財務経済分析の面から見た将来に向けた提言.....	5-41
5.6	新設プラントの運転及び保守.....	5-43
5.6.1	運転・保守に係る組織体制.....	5-43
5.6.2	新設プラントの運転・保守.....	5-43
5.6.3	コンバインドサイクル発電プラントの起動・停止操作.....	5-44
第6章	ウズベキスタン国のCDMへの取組み状況.....	6-1
6.1	UNFCCC対応.....	6-1
6.2	CDMへの取組み.....	6-1
6.3	気候変動・環境保護に係る組織、等.....	6-1
6.3.1	関係機関.....	6-1
6.3.2	法令と規則.....	6-1

## ABBREVIATION LIST

JETRO	Japan External Trade Organization
JICA	Japan International Cooperation Agency
JBIC	Japan Bank for International Cooperation
S/W	Scope of Work
E/N	Exchange of Notes
L/A	Loan Agreement
EPC	Engineering, Procurement and Construction
DCS	Distributed Control System
FIRR	Financial Internal Rate of Return
EIRR	Economical Internal Rate of Return
ROE	Return of Equity
CDM	Clean Development Mechanism
UNDP	United Nation Development Program
CIS	Commonwealth of Independent States
IMF	International Monetary Fund
GDP	Gross Domestic Product
DAC	Development Assistance Committee
CAOP	Central Asia Oil Pipeline
CAD	Computed Aided Design
EIA	Environmental Impact Assessment
EIS	Environmental Impact Statement
SEC	Statement of Environmental Consequences
CCPP	Combined Cycle Power Plant
NO <sub>x</sub>	Nitrogen Oxide
SO <sub>2</sub>	Sulfur De-oxide
NDC	National Dispatching Center
CRIEPI	Central Research Institute of the Electric Power Industry in Japan
LGO	Line Grounding Fault
UDC	Unified Dispatch Center
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
GHG	Greenhouse Gas

## UNITS

### Prefixes

$\mu$	:	micro- = $10^{-6}$
m	:	milli- = $10^{-3}$
c	:	centi- = $10^{-2}$
d	:	deci- = $10^{-1}$
da	:	deca- = 10
h	:	hecto- = $10^2$
k	:	kilo- = $10^3$
M	:	mega- = $10^6$
G	:	giga- = $10^9$

### Units of Length

m	:	meter
mm	:	millimeter
cm	:	centimeter
km	:	kilometer
in	:	inch
ft	:	feet
yd	:	yard

### Units of Area

$\text{cm}^2$	:	square centimeter
$\text{m}^2$	:	square meter
$\text{km}^2$	:	square kilometer
$\text{ft}^2$	:	square feet (foot)
$\text{yd}^2$	:	square yard
ha	:	hectare

### Units of Volume

$\text{m}^3$	:	cubic meter
l	:	liter
kl	:	kiloliter

### Units of Mass

g	:	gram
kg	:	kilogram
t	:	ton (metric)

lb	:	pound
<b>Units of Density</b>		
kg/m <sup>3</sup>	:	kilogram per cubic meter
t/m <sup>3</sup>	:	ton per cubic meter
mg/m <sup>3</sup> N	:	milligram per normal cubic meter
g/m <sup>3</sup> N	:	gram per normal cubic meter
ppm	:	parts per million
µg/scm	:	microgram per standard cubic meter
<b>Units of Pressure</b>		
kg/cm <sup>2</sup>	:	kilogram per square centimeter (gauge)
lb/in <sup>2</sup>	:	pound per square inch
mmHg	:	millimeter of mercury
mmHg abs	:	millimeter of mercury absolute
mAq	:	meter of aqueous
lb/in <sup>2</sup> , psi	:	pounds per square inches
atm	:	atmosphere
Pa	:	Pascal
bara	:	bar absolute
<b>Units of Energy</b>		
kcal	:	kilocalorie
Mcal	:	megacalorie
MJ	:	mega joule
TJ	:	tera joule
kWh	:	kilowatt-hour
MWh	:	megawatt-hour
GWh	:	gigawatt-hour
Btu	:	British thermal unit
<b>Units of Heating Value</b>		
kcal/kg	:	kilocalorie per kilogram
kJ/kg	:	kilojoule per kilogram
Btu/lb	:	British thermal unit per pound
<b>Units of Heat Flux</b>		
kcal/m <sup>2</sup> h	:	kilocalorie per square meter hour
Btu/ft <sup>2</sup> H	:	British thermal unit per square feet hour
<b>Units of Temperature</b>		
deg	:	degree

°	:	degree
C	:	Celsius or Centigrade
°C	:	degree Celsius or Centigrade
F	:	Fahrenheit
°F	:	degree Fahrenheit

#### **Units of Electricity**

W	:	watt
kW	:	kilowatt
A	:	ampere
kA	:	kiloampere
V	:	volt
kV	:	kilovolt
kVA	:	kilovolt ampere
MVA	:	megavolt ampere
Mvar	:	megavar (mega volt-ampere-reactive)
kHz	:	kilohertz

#### **Units of Time**

s	:	second
min	:	minute
h	:	hour
d	:	day
y	:	year

#### **Units of Flow Rate**

t/h	:	ton per hour
t/d	:	ton per day
t/y	:	ton per year
m <sup>3</sup> /s	:	cubic meter per second
m <sup>3</sup> /min	:	cubic meter per minute
m <sup>3</sup> /h	:	cubic meter per hour
m <sup>3</sup> /d	:	cubic meter per day
lb/h	:	pound per hour
m <sup>3</sup> N/s	:	cubic meter per second at normal condition
m <sup>3</sup> N/h	:	cubic meter per hour at normal condition

#### **Units of Conductivity**

μS/cm	:	microSiemens per centimeter
-------	---	-----------------------------

#### **Units of Sound Power Level**

dB : deci-bell

**Units of Currency**

Sum : Uzbekistan Sum

US\$ : US Dollar

¥ : Japanese Yen

**Exchange Rate : US\$ 1 = 1000 Sum**

付表一覧

表番号	表題
Table 1.2-1	調査チーム編成
Table 2.3-1	実質GDPの推移（対前年度パーセント変化）
Table 3.1-1	既設火力発電所の設備概要
Table 3.1-2	既設水力発電所の設備概要
Table 3.1-3	電源設備開発計画
Table 3.1-4	分野別消費電力量の推移（GWh）
Table 3.1-5	過去5年間の発電所毎の発電量率と稼働率
Table 3.1-6	過去の送配電線の損失率の推移
Table 3.2-1	タシケント市の各熱供給所の設備容量
Table 3.2-2	タシケント市の過去10年の熱需要量
Table 3.2-3	タシケント市の予想熱需要量
Table 3.3-1	2003年4月1日からのウズベキスタンの電気及び熱料金
Table 4.3-1	EIA公聴会の実施計画（2003年5月末ウズベクエネルギーより受領）
Table 5.6-1	ガスタービンの管理・点検

## 付 図 一 覧

図番号	図 題
Figure 3.1-1	ウズベキスタンの主要発電所と送電線の系統
Figure 3.1-2	過去 10 年間の発電量の推移
Figure 3.1-3	輸出・入電力量の推移
Figure 3.1-4	過去 12 年間の最大需要電力の推移
Figure 3.1-5	過去 12 年間の総需要電力量 (GWh)
Figure 3.1-6	1999 年月別需要電力変化
Figure 3.1-7	1999 年冬期及び夏期の典型的な労働日の需要電力変化
Figure 3.1-8	今後 10 年間の最大需要電力の予測
Figure 3.2-1	タシケント市の各熱併供所の設備容量
Figure 3.2-2	タシケント市の過去 10 年の熱需要量
Figure 3.2-3	タシケント市の予想熱需要量
Figure 3.4-1	中央アジア地区の送電系統
Figure 5.1-1	設備別ユニット停止原因
Figure 5.1-2	ボイラー設備のユニット停止原因
Figure 5.1-3	タービン効率の推移
Figure 5.1-4	復水器真空度の推移
Figure 5.1-5	運転時間ベースの設備稼働率の推移
Figure 5.2-1	発電単価の推移
Figure 5.2-2	発電原価のコスト比率内訳
Figure 5.2-3	中長期補修工事計画表(2000~2010)
Figure 5.2-4	2003 年の補修計画
Figure 5.4-1	タシケント火力発電所組織図
Figure 5.4-2	発電所新組織図(案)

## 写真一覧

<u>写真番号</u>	<u>写真タイトル</u>
Picture 5.1-1	既設タシケント火力発電所俯瞰
Picture 5.1-2	タービンのカバー全景
Picture 5.1-3	タービンケーシングの屋外での作業風景
Picture 5.1-4	配管保温の脱落状況
Picture 5.1-5	タービン補機建屋内の状況
Picture 5.1-6	6号ボイラー天井部の割れ
Picture 5.1-7	1号機排ガスダクト
Picture 5.1-8	1号機中圧タービン動翼最終段
Picture 5.1-9	6号機中操指示・記録計
Picture 5.1-10	6号機バーナー周辺の各種ケーブル

# 総合評価及び提言

# ウズベキスタン国タシケント火力発電所近代化事業詳細設計調査

## ファイナルレポート（要約版）

### 目次

	<u>ページ</u>
総合評価と提言 .....	I
I. 総合評価 .....	I
II. 提言 .....	III
第1章 序章 .....	1-1
1.1 調査の背景 .....	1-1
1.1.1 一般的背景 .....	1-1
1.1.2 調査の背景 .....	1-1
1.1.3 調査の目的 .....	1-2
1.1.4 調査対象地域 .....	1-2
1.1.5 調査業務範囲 .....	1-2
1.2 調査チームの編成 .....	1-4
1.3 技術移転 .....	1-5
1.3.1 現地調査作業を通しての技術移転 .....	1-5
1.3.2 セミナー開催による技術移転 .....	1-5
1.3.3 カウンターパート技術者の研修 .....	1-5

付表一覧

表番号	表題	ページ
Table 1.2-1	調査チーム編成.....	1-4

## 総合評価と提言

### I. 総合評価

本書は、JBICの有償資金協力事業として予定されている「ウズベキスタン国タシケント火力発電所近代化計画事業」に関連して実施されたJICAの連携詳細設計調査業務の成果を報告するものである。調査業務は、本事業の国際入札に伴う図書等の作成とそれに必要な電力設備の詳細設計、同事業の導入による環境影響評価、電力設備導入によるウズベキスタン電力系統への影響評価とともに、既設タシケント火力発電所の運営維持管理手法に対する診断及び改善提案を目的として実施された。加えて、本事業をCDMプロジェクトと見立てた、PDD(プロジェクト設計書)業務を通してウズベキスタン国のCDMへの取り組み状況の調査を実施した。以下は、これらの調査業務に対する総合評価を記したものである。

- 本事業となる最新鋭高効率コンバインドサイクル発電設備は、ウズベキスタン国では初めての発電設備である。設備設計の初期には、調査業務チームによる検討・解析・作成図書に対して、カウンターパート側からの見解や要求は殆ど聞くことはなかったが、後半になってこの発電設備に対する理解の進展と共にそれが聞かれる様になった。入札図書の作成業務を通して、ウズベキスタンに新しい発電技術が芽生えたことは、大きな成果であったと評価できる。

本事業を通してこの技術がウズベキスタンで認知され、将来の電力設備として多くが導入されることになれば、ウズベキスタン国のエネルギー資源の有効活用、環境影響の低減に繋がり、経済の発展にも貢献できると考える。

- ウズベキスタン国は、世界で唯一海岸線を持たない国に囲まれた内陸国であり、海外から調達の機器材が近隣国まで海上輸送されたとしても、二つの国を経由してプラント現地まで陸送されなければならない。今回の輸送経路調査によって、特に大形重量貨物の陸送制限重量、寸法等を含む課題が明確になり、入札者にとっても有益な情報を提供でき、本調査の成果は評価できると考えている。
- 当該発電設備の導入による環境への詳細影響評価(EIA)調査業務が、ウズベキスタン側の手でJBICの環境影響考慮ガイドラインに沿って実施された。調査結果は、ウズベキスタン自然保護委員会によって承認されると共にJBICの同意も得られた。引き続き、調査結果に基づいた当該発電設備導入の同意を地域住民に問うための公聴会がJICA及びJBICの意向も踏まえウズベキスタン国の手法に則って実施された。公聴会の結果は、平成15年10月15日付けの一般新聞紙上(プラウダバスターカ)に

公表され、当該発電設備の導入が、地域住民にも受容られることになった。

ウズベキスタン国にとって、斯様な手続きを踏まえて発電設備を導入するのは初めての経験であり、この経験が将来の発電設備導入時にも役立つものと評価する。

- 当該発電設備の導入によるウズベキスタン電力系統への影響を評価するための解析結果、2002年の断面では影響が無いことが確認された。したがって、同設備の入札図書に対する電気設備の要求技術仕様については、同設備導入の事業可能性調査(フイージビリティ スタディ)を実施時の考え方を基本的には、踏襲することになった。しかしながら、この電力系統解析業務によって、既存の電力系統についての課題が浮き彫りになり、ウズベキスタン側も将来の課題として認識していることが確認され、これを実施したことは評価されると考える。
- タシケント火力発電所の運営維持管理に関する現状調査結果、補修計画、財務、運営組織及び安全管理等の面で、課題が浮き彫りになり、改善項目やその内容を明らかにすることが出来た。これまで、ウズベキスタン電力公社では、このような総合的な調査が実施された経緯は無く、このような調査が今後他火力発電所の運営維持管理現状調査実施の切っ掛けとなることが考えられ、この調査の有効性が評価できる。
- 本プロジェクト導入決定時の事業事前審査によって、新設コンパクトサイクル発電設備の内部財務収益率は算定されているが、今後の算定条件が変化することも考えられ、算定条件変化に対する感度分析をおこなった。この分析によって、ウズベキスタン電力公社にとって新設発電設備運用上の課題が明確になり、評価の出来る調査であったと考えている。
- コンパクトサイクル発電設備は、ウズベキスタン国で初めての発電設備であり、日本で運用されている多くの同形発電設備の経験に基づいた運転・保守要領の基本的な考え方は、ウズベキスタン電力公社にとっても有益であると考えられる。
- ウズベキスタン国は、気象変動枠組に関する京都議定書をいち早く批准した国の一つで、国内では気象変動に係わる温室効果ガス等の現況、将来予測等の活動は行ってきたが、CDM への具体的な取組み体制、法制度の整備は進んでいなかった。しかし、国連気象変動枠組条約機構で CDM プロジェクトの実施手続きなどが明確になったこともあり、今年になって、ウズベキスタン国として国レベルで CDM に取組み体制及び法制度の整備に着手したことが、今回の調査を通して明らかになった。

## II. 提言

本調査業務の成果を踏まえて、次に記すような提言を行う。

- 本プロジェクトの国際競争を実施するための入札図書作成業務を通して得られた、コンバインドサイクル発電設備に対する技術的理解、知識及び入札評価手法に基づき、実際の入札評価業務が円滑且つ公平に実施される事を期待する。
- 詳細EIA調査並びに公聴会開催を経て本プロジェクトの導入が、地域住民によっても受容られることとなったが、類似設備の導入に当たっては、将来に亘って斯様な手続きを踏まえた導入手法がウズベキスタン国に定着することを期待する。
- 本プロジェクト導入の影響を評価するためのウズベキスタン電力系統の解析は、2002年時点の入手データに基づいて行はれている。しかし、より実際の系統運用を模擬したプロジェクトの運開時点での想定データ(電力需要想定、電源開発計画、送変電設備開発計画等を織込んだ)により同様の解析を行い、影響を確認することが望ましい。

また、今回の解析結果で系統安定度が非常に低いことが明らかになった送電線区間については、送電容量増強の計画着手が望まれる。

- 現在タシケント火力発電所での設備補修は、基本的には年毎及び長期計画に基づいて行われている。しかしながら、それが不意の事故発生を避けるために設備部品の残存寿命を評価するための事前の定期的な検査や経済性の観点から補修順位を決めると言うような、所謂予防保全的な考え方に基づいて実施されているとは言い難い。また、そのような補修計画を実行するための組織や要員も整備されていない様に思われる。このような予防保全的設備補修計画手法をウズベキスタンの火力発電所に定着させるためには、今回の調査に基づいて提案されている計画を具現化する必要がある。そのために、ウズベキスタン側のより深い認識と理解を得る必要があり、上記手法の経験を有する設備補修技術者の派遣を提言する。新設するガスタービン設備の特に高温部品では、予防保全的設備補修計画が必須であり、この提言はより重要であると考ええる。
- タシケント火力発電所では、現場の作業環境が整備されておらず、又、安全・衛生に対する関心・認識が高いとは言えず、組織上安全・衛生を管理・所掌する部署も明確になっていない。安全・衛生面への軽視は、人的財産の損失、延いては発電所の経営損失にもなるので、この機会に安全・衛生を管理・所掌する部署を技師長直結の組織

として設置することを提言する。

- 本調査結果に依れば、タシケント火力発電所の利益貢献度は 1.31 スム/kWh となっており、この値の算出には、送配電損失率や売電単価に占める発電設備経費率などが仮定されている。この調査で明らかにできなかったこれらの値を精査して、発電所経営管理の一つの指標として、タシケント火力発電所としての真に近い利益貢献度を認識することも必要である。
- 新設発電設備の内部財務収益率や資本収益率は、単独の事業として必ずしも魅力的な値とは言い難い。この要因の一つとして、設備の大部分が、市場経済国からの調達品であるのに対して、ウズベキスタンの電気料金が市場経済国の電気料金と比較して、相当に低いことが挙げられる。ウズベキスタン国は市場経済への移行を目指しており、それに見合う電気料金の設定が望まれる。
- ウズベキスタン国への CDM プロジェクトの導入を図るためには、ウズベキスタン国の CDM 取組み体制、法制度の整備と共に、上記提言の中で述べている様な適正な電気料金の設定と、今調査の業務には含まれていなかったが、電気料金回収制度の適正化などが提言できると考える。

# 第1章 序 章

## 第1章 序 章

### 1.1 調査の背景

#### 1.1.1 一般的背景

ウズベキスタン共和国（以下「ウ」国という。）は、旧ソ連中央アジアの中央部に位置し、北はカザフスタン共和国、西はトルクメニスタン、東はキルギス共和国、南はタジキスタン共和国及びアフガニスタンに国境を接している内陸国である。人口は中央アジア5ヶ国中で最大の2,400万人を擁する。気候的には、寒暖の差が激しい大陸性気候で、国土の大半をキジルクム砂漠が占めている。

「ウ」国は1980年代後半ソ連邦解体の過程の中で1991年8月に独立し、政体は大統領を国家元首とする共和制である。産業は伝統的な基幹産業である綿花栽培に加えて機械・化学肥料等の関連産業が発達し、金を中心とする非鉄金属資源に恵まれている。エネルギー資源として石油、天然ガス、石炭を豊富に保有しており、天然ガス生産量は旧ソ連の共和国中でロシア（年間生産量 $20.8 \times 10^{15}$  BTU）に次ぐ年間 $2.0 \times 10^{15}$  BTUの天然ガスを生産している。独立後は経済自立の観点から、エネルギーと食料の自給を目標としており、石油・ガス・穀物の生産を順調に伸ばしている。同国は段階的ながら明確な市場経済化・自由化路線を進めている。

#### 1.1.2 調査の背景

タシケント発電所は首都タシケントの電力需要を賄っている重要な発電所であり、12基の従来型汽力プラントから成っている。しかしながら、これらのプラントは完成後30～40年を経て、老朽化が進んでおり、信頼性並びに効率も低下している。この結果、大気汚染物質並びに温室効果ガスの排出を増加させている。

かかる背景の下に、「ウ」国政府は日本政府に対し、タシケント発電所の近代化を推進すべく天然ガス焚き370 MW級最新鋭高効率コンバインドサイクル発電設備導入プロジェクトの事業化可能性の調査を要請してきた。それを受けて、平成10年度の地球環境総合開発調査事業としてその調査がJETROによって採択された。その調査によって、本プロジェクトの事業化の可能性が高いことが確認され、「ウ」国政府の閣僚会議で本プロジェクトの導入計画が承認された。

その計画に基づき、1999年に「ウ」国政府から日本政府に対して円借款を、また2001年7月には本プロジェクトの詳細設計に対する技術協力をJICAに要請してきた。JICAは、国際協力銀行（JBIC）との連携D/Dとして協力を実施すべく2002年2月に鉱工業プロジェクト形成基礎調査団を派遣し、無償技術協力にて「タシケント発電所近代

化事業に係わる詳細設計調査」を実施することを決定した。その後、2002年6月に派遣された JICA 予備調査団とウズベクエネルギーの間で詳細設計調査に係る実施細則 S/W (Scope of Works) が締結された。2002年5月16日には、「ウ」国側と日本政府の間で交換公文(E/N)が交わされ、JBIC との間で L/A (Loan Agreement)が締結された。

### 1.1.3 調査の目的

本調査は下記を目的としている。

- (1) JBIC の有償資金協力事業として実施することになっている「「ウ」国タシケント火力発電所近代化事業」で導入する 370 MW 級天然ガス焚きコンバインドサイクル発電設備を、一般国際競争を経て、全責任を有する単一の EPC\*<sup>1</sup>コントラクターによるフルターンキーベースで調達するための入札図書の作成(それに必要な事前調査、詳細設計、環境影響評価含む)
- (2) 並びに既設タシケント火力発電所の操業診断結果に基づく必要な改善提言を行う。

更に、当該調査業務の実施を通してのウズベキスタン側への技術移転を行うことも目的としている。

注\*1: Engineering, Procurement and Construction

### 1.1.4 調査対象地域

調査対象地域は、「ウ」国タシケント火力発電所及びその周辺(タシケント市内)である。

### 1.1.5 調査業務範囲

2002年6月13日に署名された予備調査協議議事録(M/M)並びに実施細則(S/W)に基づき以下に記載の範囲の項目を本調査業務の中で実施した。

- (1) 調査業務を遂行するための実施チームの編成
- (2) 「ウ」国要請書、JBIC 案件審査報告書、事前調査資料、及びその他関連資料の分析・検討
- (3) タシケント火力発電所の既存設備の現状調査
- (4) 新発電設備の建設に伴うサイト条件(地質・地盤、搬入経路、資・機材仮置き場等含む)の調査。尚、サイトの地下埋設物調査はウズベクエネルギーの調査範囲である
- (5) 新発電設備の設計条件(大気、燃料、運転・保守性能、環境性能等含む)及び運用機

能の設定

- (6) 新発電設備の最適仕様の検討(軸配列、発電機冷却方式、ボトミングシステムのサイクル方式、スイッチヤード設備形式、DCS システム等)
- (7) 輸送経路による大物・重量物の制限を考慮した最適建設工法及び工程の検討(輸送経路の検討含む)
- (8) 円借款合意書を踏まえた新発電設備建設費の積算
- (9) 新発電設備の運用パターンの予測 (既存発電設備の運転パターンに変更ある場合は、変更も含めて)
- (10) 新発電設備の発電量及びその収入の予測 (新発電設備運転に伴う既存発電設備の影響も含め)
- (11) 新発電設備の燃料費、保守費、人件費その他運転に係わる費用の分析及び予測
- (12) 新発電設備の FIRR, EIRR の計算や感度分析を含む経済財務分析
- (13) 建設期間中を含む長期間の新発電設備、タシケント発電所の貸借対照表、損益計算書、キャッシュフロー計算書の予測
- (14) JBIC 円借款による機器調達指針に沿った予備審査書及び国際入札図書(契約一般及び特記契約条件書、技術仕様書及び各種概念系統図、機器配置図等)作成
- (15) 既存 EIA の分析・検討及び JBIC 環境指針に照らした既存 EIA の補完調査を含む詳細 EIA 報告書の作成支援
- (16) 国際入札図書の作成に伴う「ウ」国と JBIC 間の調整並びに助勢
- (17) タシケント火力発電所の運転、保守、財務、組織、環境の五つの分野における現況診断と改善提案
- (18) 本調査業務の協業及びセミナー開催による最新の発電設備、国際入札手法、発電所運営手法等の技術移転
- (19) 平成 14 年度に 1 人、及び 15 年度に 4 人ずつ、計 5 人のウズベクエネルギーからの技術者に対する約 2~3 週間の日本国内での研修
- (20) 本プロジェクト導入による温室効果ガス削減効果の予測及び CDM 関連書類の作成
- (21) 系統解析

## 1.2 調査チームの編成

調査チーム編成員の氏名およびその業務を Table 1.2-1 に示す。

Table 1.2-1 調査チーム編成

氏 名	業 務
三賢 憲治	総括 火力発電計画 (ガスタービンおよび同付属設備含む)
岡野 秀之	副総括/機械設備 (蒸気タービン及び同付属設備含む)
塩見 敏雄	プラント付帯設備/ボイラ設備
狩野 英也	土木・建築設備
小坂 幸生	施工計画・積算/発電所維持管理
秋月 貞造	経済財務分析・財務管理
牛山 徹也	環境影響評価
脇田 忠良	制御機器
木村 昇一	発電設備
平松 健次	CDM
野村 善章	系統解析 A
中條 孝	系統解析 B
橘高 実咲	業務調整

## 1.3 技術移転

### 1.3.1 現地調査作業を通しての技術移転

調査作業内容をベースとして、現地調査期間中のウズベクエネルギーとの協同作業を通して、円滑且つ効果的な技術移転を心掛けた。現地では次のような項目に焦点を絞り技術移転を行った。

- (1) 一般国際競争入札図書(契約一般及び特記条件書並びに技術仕様書)作成技術
- (2) コンバインドサイクル発電設備基本計画設計技術
- (3) 最新のガスタービン、蒸気タービン、排熱回収ボイラ技術
- (4) 最新のコンバインドサイクル発電設備の分散形デジタル運転制御システム技術
- (5) 空冷発電機技術
- (6) 系統解析
- (7) 国際的な環境影響評価技術
- (8) 発電所の運営・維持管理技術
- (9) 新設発電設備の収益性評価技術
- (10) CDM の概要

### 1.3.2 セミナー開催による技術移転

第5次現地調査時にウズベキスタン関係者を対象とした技術移転セミナーを開催した。

### 1.3.3 カウンターパート技術者の研修

平成14年度にウズベクエネルギー電力公社の技術者を1人、15年度に同技術者を4人、日本に迎え、それぞれ約2～3週間日本国内での研修を行った。

## 第2章 ウズベキスタン国の概況

ウズベキスタン国タシケント火力発電所近代化事業詳細設計調査

ファイナルレポート（要約版）

目次

	<u>ページ</u>
第2章 ウズベキスタン国の概況.....	2-1
2.1 ウズベキスタン国の状況.....	2-1
2.2 政治状況.....	2-3
2.3 経済状況.....	2-4

付表一覧

表番号	表題	ページ
Table 2.3 - 1	実質GDPの推移（対前年度パーセント変化）	2-5

## 第2章 ウズベキスタン国の概況

### 2.1 ウズベキスタン国の状況

ウズベキスタンは、千年以上の歴史的な発展を遂げてきた国で、ソビエト連邦の崩壊後、1991年に独立した。現在、自由市場経済に基づいた民主社会を徐々に形成すべく、将来に向けてその足取りをはっきりと示しつつある。

ウズベキスタンの国土は、面積 447,400 平方キロメートルで、中央アジア貿易の陸路の要衝の地であり、その中心に位置している。ウズベキスタンは 2,400 万人以上の人口を擁し、経済的及び地政学的な面では、指導的な役割をしている国である。首都タシケントは、二千年以上の歴史がある中央アジア最大の都市（人口約 230 万人）で、政治、産業、金融及び文化の中心地として重要である。その他の社会・経済基本指標は、次の通りである。

人口増加率	2.3% (1995)
幼児死亡率	43 人/出産 1,000 人
平均寿命	男性 70.7 歳 女性 64.3 歳
成人識字率	男性 99.6% 女性 99.8%

ウズベキスタンは、他の中央アジアの全ての国と国境を接しており、交通及び電力系統の中心となっている。国土の約 5 分の 3 は、アムダリアとシルダリアの二つの大河に沿った肥沃なオアシスで灌漑が施されている。ウズベキスタンの気候は、冬はそれほど厳しくなく、年間の雨量が 200mm を超えることはなく、5 月から 10 月の夏は乾燥しており気温が高い。したがって、綿花、たばこ、果実や野菜などの暖気候作物の成長には、適地となっている。

ウズベキスタンの人的資源は、アジアの国々の中で最も優れた国の一つであり、国の優位性は労働者の教育及び熟練度の高さにある。ウズベキスタンの民族は、ウズベク人が人口の 74.7% を占め、残りをロシア人 6.5%、タジク人 4.8%、カザフ人 4.1%、及びその他の民族 10.1% から構成されている。言語は、ウズベク語が公用語であるが、

一般的にはロシア語が使われている。ウズベキスタンの人口密度は、50.4人/平方キロメートルで、人口の60%以上が農村地帯に居住している。

ウズベキスタンの経済は、ここ数年の間に回復し、C I S 国家の中では貧困やインフレーションから開放され、極めて安定した推移を見せている。ウズベキスタンは、世界第二位の綿輸出国であり、また、鉱物資源に恵まれているため、鉱物分野における国際投資家の注目を浴びている。ウズベキスタンは、非鉄金属では世界の生産国の中で上位から十位以内に入っている。金の生産高では世界で七位に位置しており、年に70トン以上を生産している。尚、天然ガスの生産高では、十位である。

独立後いち早く取り入れた民営化政策は、拡大し続けており、現在全企業の82.7%は、非政府組織に属して、国内総生産の70%を占めている。

## 2.2 政治状況

1980年代後半に始まるソ連崩壊の過程の中で、ウズベキスタン共和国は1990年6月に共和主義を宣言し、翌1991年、モスクワのクーデター未遂事件直後の8月31日に独立宣言を行い、国名を現行のものに改めた。同年末のソ連崩壊を経て実質的な独立国家となり、1992年12月8日に初の共和国憲法を制定した。

現大統領のイスラム・カリモフは、ウズベク共和国共産党第一書記として1989年より同国政権のトップの座にあり、1990年3月、ウズベク・ソビエト社会主義共和国の大統領に就任した。

そして独立直後の1991年12月に初の直接選挙によってウズベキスタン共和国の初代大統領に選出され、1995年4月の国民投票により任期が2000年まで延期された。さらに2000年1月の直接選挙では92%の圧倒的多数で再選された。

議会政治においては、旧共産党がソ連崩壊後も強い影響力を持っており、カリモフの政権基盤を支えている。ウズベク共和国共産党は、1991年8月にウズベキスタン人民民主党に改名した。党首は現在もカリモフが務めている。1994年12月に独立後初めて国会議員の選挙が実施され、人民民主党と祖国進歩党が過半数を占めた。現在の議会は1999年12月末の議会選挙で選出されたものである。

次回の大統領と国会議員の選挙は、それぞれ2005年1月と2004年12月に予定されている。

政策面では、ソ連崩壊後、同じ中央アジアのカザフスタンやキルギスなど多くのCIS諸国がIMFの勧告に従い経済の自由化と構造改革を打ち出したのに対して、ウズベキスタンは漸進的な改革と国家統制の必要性を強調し、独自路線を歩んできた。連邦崩壊から1996年の間までほとんどのCIS諸国が著しい経済の低迷に苦しむ中で、ウズベキスタン共和国だけは漸進的・改革路線を歩んだことにより最小限の生産低下に止まった。

カリモフ大統領の強力な指導力と漸進的・改革政策を背景に、独立以来、ウズベキスタン共和国は政治・経済両面において相対的に安定を誇って来た。現在では、カリモフ大統領の政権基盤は盤石である。

## 2.3 経済状況

豊富な天然資源、高等教育を受けた労働力に支えられて、ウズベキスタン政府は、巨視的な経済安定と産業育成の重要性と海外貿易及び海外投資促進に対する改善努力を協調させ、経済の発展を図ろうとして来た。

独立宣言後間もなく、ウズベキスタン政府は、ショック療法（急激な市場経済化）によるアプローチを摂らずに、それに代わって助成金制度、厳しい価格統制及び定期昇給を調和させてインフレを抑える経済政策を摂った。この政策によって、ウズベキスタン政府は1991年から1994年間のGDPの落ち込みを、CIS諸国の平均の落ち込みが40%であったのに対して、17%に抑えることが出来た。しかしながら、ロシア圏からの撤退を余儀なくされて、この保守的な政策は、1994年に急激に弱体化することとなった。従来からの通貨であるスム（Soum）の舞い上がるようなインフレーションによって特色付けられる経済問題に直面し、政府は厳しい財政政策、ほとんどの生活必需品価格の自由化、国際金融機関との協調、民営化への柔軟な移行、海外投資家への門戸開放、及び永久的な通貨スムの確立を含む経済改革に着手した。

この政策を摂った結果、年間インフレを1996年末の64.6%から、1997年には27.6%にまで急激に抑制を図る事が出来た。同様に、GDPは、1994年には前年比4.2%の低下であったのに対して、1997年には、前年比5.2%のプラスに転じている。Table 2.3-1及びTable 2.3-2は、それぞれ1993年から1997年まで5年間の実質GDPの推移（対前年比パーセント変化）、及び各業種（Sectors）の実勢ベースのGDPに対する貢献度を示したものである。1997年における各産業（Sectors）のGDPに対する貢献度は、農業26%、鉱工業17%、貿易8%、建設業8%、運輸通信6%、その他サービス業24%となっており、農業部門の貢献度が大きいことが分かる。

Table 2.3 - 1 実質GDPの推移 (対前年度パーセント変化)

年	1995	1996	1997	1998	1999
農業	2.0	-5.7	4.2	4.0	6.0
鉱工業	-5.6	1.8	2.2	2.3	1.0
運輸・通信業	-5.0	-0.4	-1.0	5.0	3.3
建設業	-4.1	0.6	2.6	6.0	3.6
貿易	-6.2	18.7	4.7	10.3	7.3
サービス業	2.3	1.7	1.6	3.0	3.9
間接税-補助金	-0.4	12.8	1.5	4.8	2.9
合計	-0.9	1.6	2.5	4.4	4.1

出典：IMF 国別報告書 No.00/36

### **第3章      ウズベキスタン国の電力・ 熱エネルギーセクターの状況**

# ウズベキスタン国タシケント火力発電所近代化事業詳細設計調査

## ファイナルレポート（要約版）

### 目次

	<u>ページ</u>
第3章 ウズベキスタン国の電力・熱エネルギーセクターの状況.....	3-1
3.1 電力セクターの状況.....	3-1
3.1.1 概要.....	3-1
3.1.2 電力の需要供給.....	3-6
3.2 熱エネルギーセクターの状況.....	3-15
3.2.1 概要.....	3-15
3.2.2 タシケント市の熱供給設備の概要.....	3-15
3.2.3 予想熱需要量及び設備計画.....	3-18
3.3 電力・熱料金.....	3-19
3.4 送電系統の現状.....	3-20

付 表 一 覧

表番号	表 題	ページ
Table 3.1-1	既設火力発電所の設備概要.....	3-3
Table 3.1-2	既設水力発電所の設備概要.....	3-4
Table 3.1-3	電源設備開発計画.....	3-2
Table 3.1-4	分野別消費電力量の推移 (GWh) .....	3-8
Table 3.1-5	過去 5 年間の発電所毎の発電量率と稼働率.....	3-11
Table 3.1-6	過去の送配電線の損失率の推移.....	3-12
Table 3.2-1	タシケント市の各熱供給所の設備容量.....	3-16
Table 3.2-2	タシケント市の過去 10 年の熱需要量.....	3-17
Table 3.2-3	タシケント市の予想熱需要量.....	3-18
Table 3.3-1	2003 年 4 月 1 日からのウズベキスタンの電気及び熱料金.....	3-19

付 図 一 覧

図番号	図 題	ページ
Figure 3.1-1	ウズベキスタンの主要発電所と送電線の系統.....	3-5
Figure 3.1-2	過去 10 年間の発電量の推移.....	3-6
Figure 3.1-3	輸出・入電力量の推移.....	3-7
Figure 3.1-4	過去 12 年間の最大需要電力の推移.....	3-7
Figure 3.1-5	過去 12 年間の総需要電力量 (GWh) .....	3-8
Figure 3.1-6	1999 年月別需要電力変化.....	3-9
Figure 3.1-7	1999 年冬期及び夏期の典型的な労働日の需要電力変化.....	3-10
Figure 3.1-8	今後 10 年間の最大需要電力の予測.....	3-13
Figure 3.2-1	タシケント市の過去 10 年の熱需要量.....	3-17
Figure 3.2-2	タシケント市の予想熱需要量.....	3-18
Figure 3.4-1	中央アジア地区の送電系統.....	3-22

## 第3章 ウズベキスタン国の電力・熱エネルギーセクターの状況

### 3.1 電力セクターの状況

#### 3.1.1 概要

ウズベキスタン共和国では、ウズベクエネルギー電力公社が同国の総発電設備容量の約97%に当たる発電設備、及び全ての送配電設備を保有している。一方、産業用の自家発電設備は約300MWあるが、これは同国の総発電総容量の3%にも満たないレベルである。

ウズベクエネルギー電力公社では、今後10年間に15%を超える電力需要の増加を見込んでおり、それに対して自給能力の保持、電力供給の信頼性と質の向上及び、節電と燃料と電力の効率的な運用を目標としている。また、生態系の維持および地球環境改善のために、分散型発電技術や再生エネルギー源の開発も進めている。

ウズベキスタンの発電設備は、9つの火力発電所（3箇所は熱併給発電所）と28の水力発電所から構成されており、総設備容量は、11,260MW（火力9,840MW、水力1,420MW）である。その中で、Syrdarya火力発電所（設備容量3,000MW）、Navo-Angren火力発電所（設備容量2,100MW）、Tashkent火力発電所（設備容量1,860MW）、Navoi火力発電所（設備容量1,250MW）の四つの発電所は、設備容量が1,000MWを超えている。

蒸気タービン発電機の総数は64基で、その内37基が150MWを超えている。最大容量機は、8,00MWで現在Talimarjan発電所で建設されている。

一方、水力発電所は、主に電力需要に対する供給能力の調整用としての役目を担っている。最大容量の発電所は、Charvak水力発電所で、その設備容量は620MWである。また、同発電所の貯水能力は20億トンである。水力タービン発電機の総数は67基で、単機容量は1～165MWである。

Table 3.1-1 および Table 3.1-2 は、それぞれ火力及び水力発電所の設備の概要を示している。

また、火力発電所では、13の地域に熱を供給しており、温水供給ボイラの総設備容量は6,300Gcal/hに達している。

熱供給及び発電用の一次エネルギーは、天然ガスが84%、重油が12%、石炭が4%の比率となっており、ほとんどが環境に優しい天然ガスで賄われている。

送配電事業は、15の送配電会社により運営されている。送配電線の総延長距離は233

千 km を超えている。

Figure 3.1-1 はウズベキスタンの主要発電所と送電線の系統（出典：海外経済協力基金 開発援助研究報告書 1998/Vol.5 No.2）を示したものである。

電力事業の長期開発展望としては、エネルギー自給体制確立、電力需要増加に対する供給力の強化、それに燃料消費量削減の三項目が挙げられている。主要な具体的開発項目として、次の四つが挙げられている。

- 既設発電所の改修と新技術設備への更新
- 高性能汽力発電設備の導入
- 既設設備の改善、コンバインドサイクルおよびガスタービン発電技術の導入
- 大規模及び中規模河川の水力エネルギーの活用

短期展望としては、Talimarjan 発電所で 800MW の火力発電設備の 1 号機が間もなく営業運転を開始することになっている。同時に、既設発電所の改良工事や 100～400MW のコンバインドサイクル発電設備の導入による、既設発電所の高性能化が計画されている。

全体として、2005 年までには 1,620MW の発電設備（Tashkent 火力発電所の 376MW コンバインドサイクル発電設備、Navoi 火力発電所の 346MW コンバインドサイクル発電設備など）を営業運転に入れる計画があり、それによって、燃料消費量を 30g/kWh 低減できるとしている。更に、2010 年までには、Talimarjan 火力発電所の 800MW 蒸気サイクル発電設備、Pskem 水力発電所の 404MW 発電設備の建設が計画されている。Table 3.1-3 に 2010 年までに建設予定の発電設備の形式と設備規模を示す。2010 年までに建設が予定されている電源設備の合計容量は、3,276MW となっている。

Table 3.1-3 電源設備開発計画

発電所の名称	設備形式	燃料種類	設備容量 (MW)	運転開始年
タリマルジャン火力発電所	汽力	天然ガス	800	2002
タリマルジャン火力発電所	汽力	天然ガス	800	2009
タシケント火力発電所	コンバインドサイクル	天然ガス	376	2007
ナビイ火力発電所	コンバインドサイクル	天然ガス	346	2008
ムバレク熱供給発電所	コンバインドサイクル	天然ガス	100	2009
タシケント熱供給発電所	コンバインドサイクル	天然ガス	60	2010
ナビイ火力発電所	コンバインドサイクル	天然ガス	330	2011
フェルガナ熱供給発電所	コンバインドサイクル	天然ガス	60	2012
プスカム水力発電所	水力	—	404	2014
合計			3,276	

出典：ウズベクエネルギー電力公社回答

表 3.1-1 既設火力発電所の設備概要

No.	プラント名	プラント種別	場所	ユニット数	合計設備容量 (MW)	燃料種別	運用開始年	合計有効設備 能力 (MW)	全ユニットの累積 運転時間 (時間)
1	Syrdarya GRES	Steam	Syrdarya reg., Shirin	10	3,000	gas, oil	1972	2,618	134,458
2	Novo-Angren GRES	Steam	Tashkent reg., Nurabad	7	2,100	coal, gas	1985	1,467	45,536
3	Tashkent GRES	Steam	Tashkent reg., Kibray district	12	1,860	gas, oil	1963	1,787	191,340
4	Takhiatash GRES	Steam	Karakalpakstan, Takhiatash	5	730	gas, oil	1974	637	144,533
5	Navoi GRES	Steam		12	1,250	gas, oil	1963	920	221,150
6	Angren GRES	Steam	Tashkent reg., Angren	8	484	coal, PGU gas	1957	331	217,714
7	Fergana Cogeneration Plant	Steam	Fergana reg., Fergana	7	330	coal, oil, gas	1956	228	202,034
8	Mubarek Cogeneration Plant	Steam	Kashkadarya reg., Mubarek	2	60	gas	1985	57	105,000
9	Tashkent Cogeneration Plant(TashTEZ)	Steam	Tashkent	1	30	gas / mazut	1954	22.5	332,583

Note Data source : Annual report

- 1) Types shall be classified into hydro, steam, cogeneration, gas turbine, combined cycle, nuclear and geothermal
- 2) Installed capacity is the rated capacity of the unit when it is installed.
- 3) Effective capacity is the maximum continuous capacity that the unit can generate without exceeding the manufacturer's operating parameters at the time
- 4) Type of Fuel                      Natural Gas(NG), Heavy Oil(HO), Diesel Oil(DO), Crude Oil(CO), Coal

表 3.1-2 既設水力発電所の設備概要

No.	プラント名	プラント種別	場所	ユニット数	合計設備容量 (MW)	燃料種別	運用開始年	合計有効設備 能力 (MW)	全ユニットの累積 運転時間 (時間)
1	Charvak HPP	水力	Tashkent region	4	620.5	-	1970	653	166,245
2	Khodjикent HPP	水力	Tashkent region	3	165	-	1976	165	94,273
3	Gazalkent HPP	水力	Tashkent region	3	120	-	1980	120	80,671
4	Coordinated hydroelectric system, Chirchik GES	水力	Tashkent region	10	190.7	-	1941	76.5	314,045
5	Coordinated hydroelectric system, Kadyrya GES	水力	Tashkent region	8	44.7	-	1933	26.9	463,435
6	Coordinated hydroelectric system, Nizne-Bozsu GES	水力	Tashkent region	10	50.9	-	1944	42.1	278,436
7	Coordinated hydroelectric system, Tashkent GES	水力	Tashkent	10	29	-	1936	16.1	373,095
8	Farkhad GES	水力	Syrdarya reg.	4	126	-	1948	118.7	332,568
9	Coordinated hydroelectric system, Sharikhan GES	水力	Andijan reg.	6	27.80	-	1943	1.20	180,007
10	Coordinated hydroelectric system, Samarkand GES	水力	Samarkand reg.	9	40.1	-	1945	0	206,100

Note Data source : Annual report

1) Installed capacity is the rated capacity of the unit when it is installed.

2) Effective capacity is the maximum continuous capacity that the unit can generate without exceeding the manufacturer's operating parameters at the time

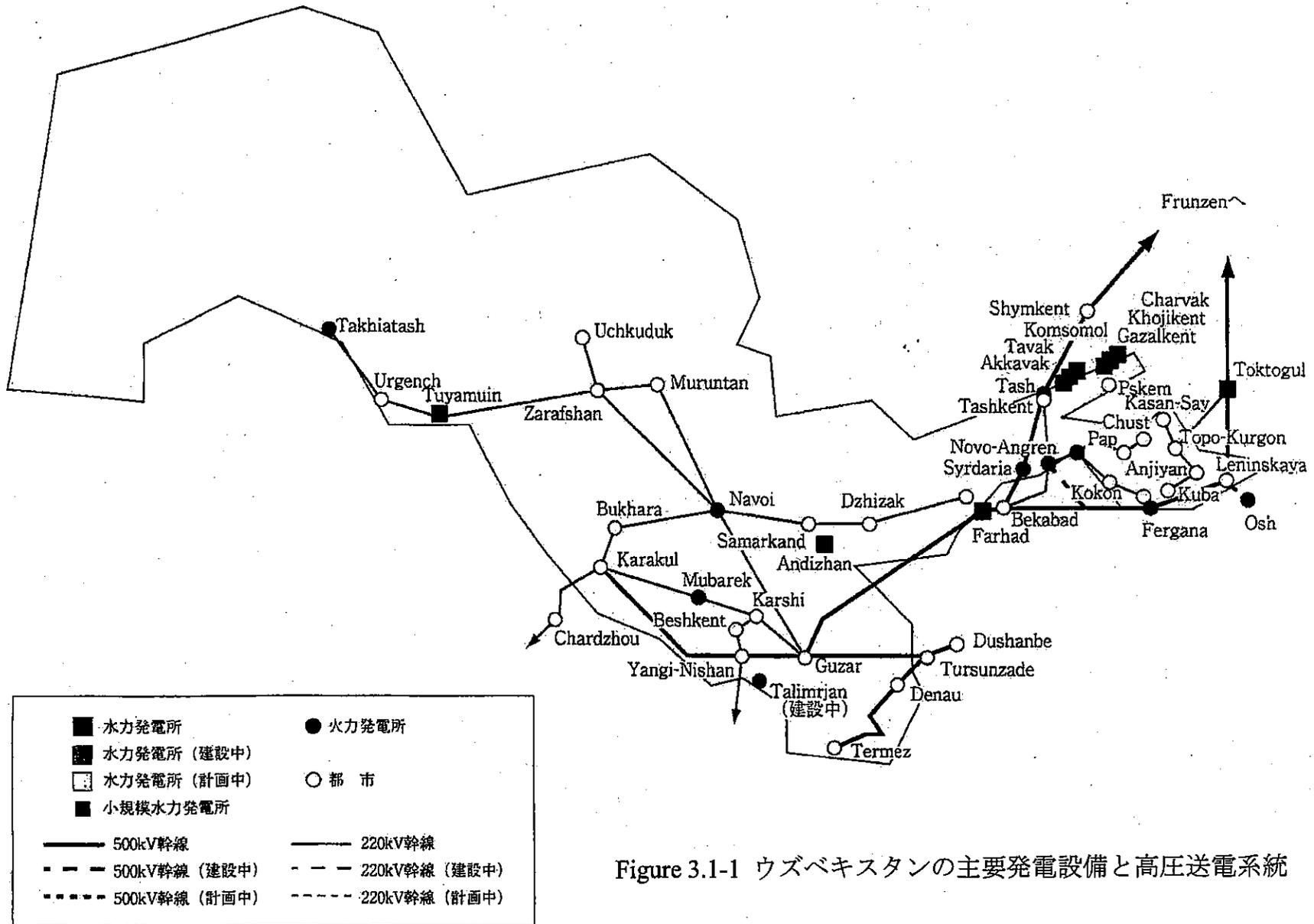


Figure 3.1-1 ウズベキスタンの主要発電設備と高圧送電系統

### 3.1.2 電力の需要供給

#### (1) 概要

他の旧ソ連諸国と同様に、独立後の経済の混乱、特に産業活動が停滞しており、1991年の独立後の発電電力量は1996年迄年々減少（低下率約14%）し、その後は殆ど変化なく横ばい状態で推移している。前述のように、ウズベキスタンを含む周辺諸国間では、電力の融通を行っている。因みに、ウズベキスタンでは、総発電電力量の20～30%の電力量を輸入及び輸出している。独立後1997年までは、バランス上は僅かに輸出超過の状態が続いていたが、1996年からは発電電力量の2%程度が輸入超過となっている。Figure 3.1-2に過去10年間の発電電力量の推移を、またFigure 3.1-3に輸入及び輸出電力量の推移を示している。因みに、1999年は電力・電化省の水力、火力発電設備による発電電力量はそれぞれ、5,326GWh、38,607GWhで、輸出入電力量はそれぞれ、11,090GWh、12,305GWhとなっている。

年最大需要電力については、独立前は年平均で約4%の伸びであったが、独立後1995年には年最大需要電力が過去最大である1991年の約86%迄落ち込んでいる。しかし、1996年からは、増加傾向に転じている。Figure 3.1-4は過去12年間の年最大需要電力の推移を示したものである。

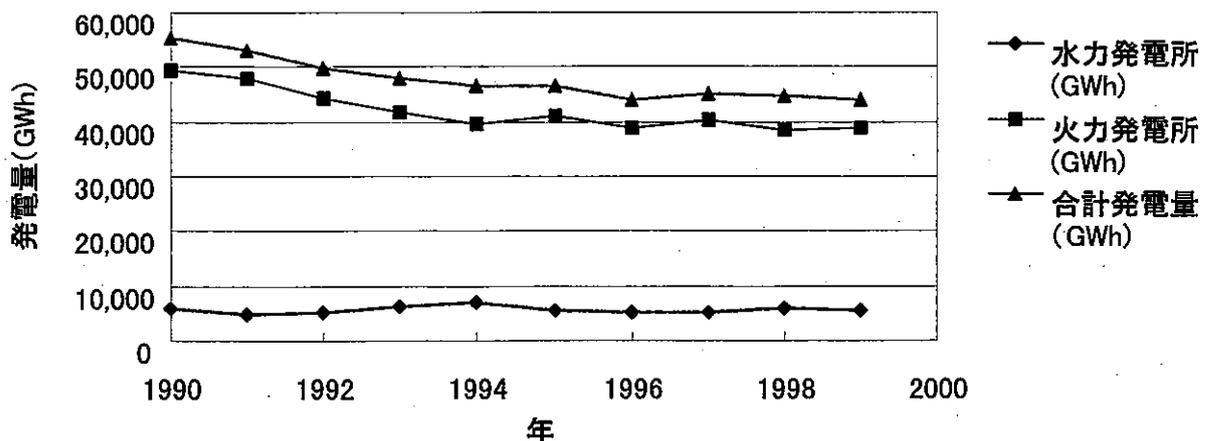


Figure 3.1-2 過去10年間の発電量の推移

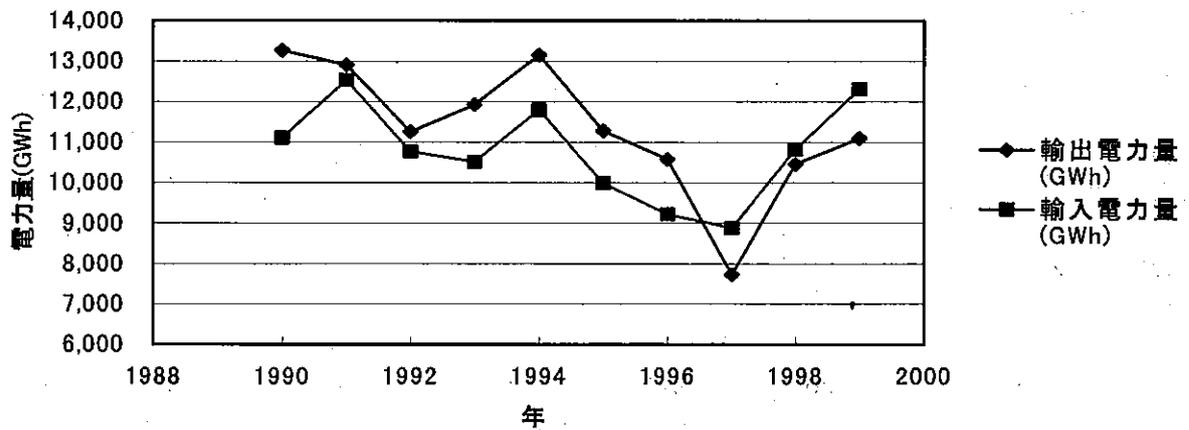


Figure 3.1-3 輸出・入電力量の推移

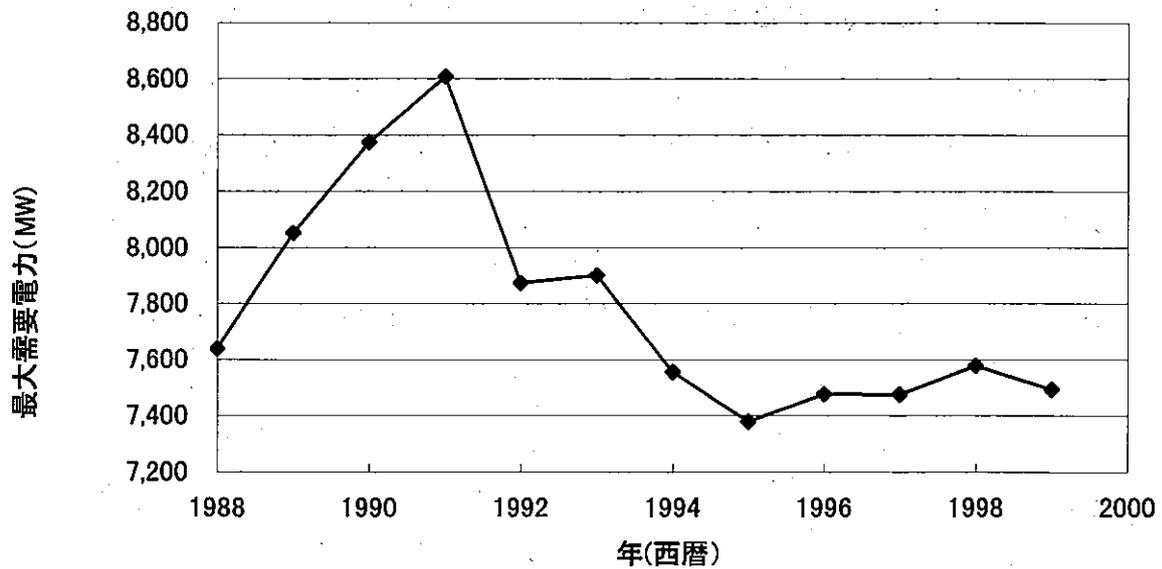


Figure 3.1-4 過去 12 年間の最大需要電力の推移

## (2) 電力需要の現状

ウズベキスタンの総需要電力量は、独立するまでは僅かながら増加傾向にあったが、独立した 1991 年以降 1995 年までは産業活動が停滞したこともあり年々減少し、落ち込み率は 14%に達している。しかし、1996 年からは、総需要電力量は横ばい状態が続いている。Figure 3.1-5 は過去 12 年間の総需要電力量の推移を示したものである。

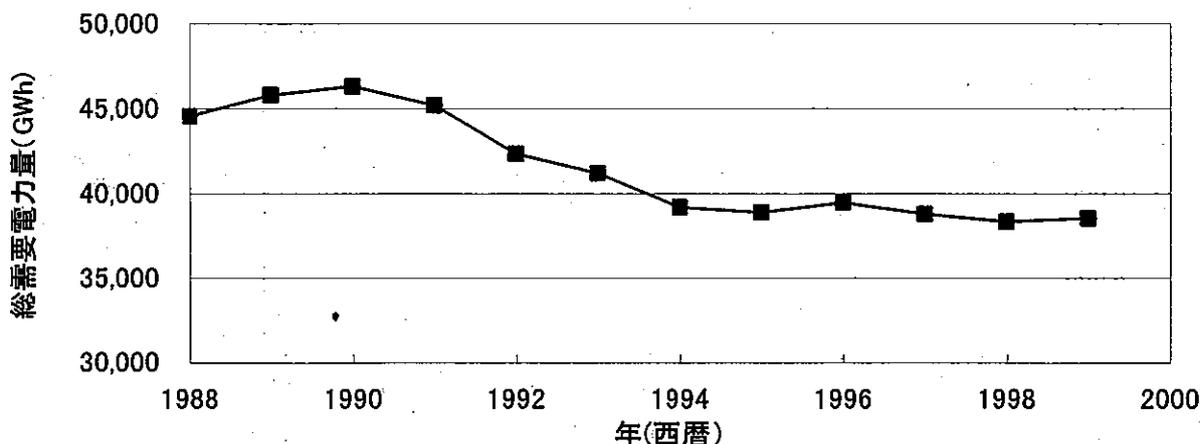


Figure 3.1-5 過去 12 年間の総需要電力量 (GWh)

電力消費の主な分野毎について見てみると、工業の電力消費量は、1995 年には独立前の 16% 程度の落ち込みが見られるものの、その後は横ばいの状態が続いている。農業についても同様な傾向が見られる。家庭用電灯と公共用電力の消費量については、独立後 1998 年まで落ち込みが続いていたが、1999 年には落ち込みが止まっている。

Table 3.1-4 は過去 10 年間の分野別電力消費量の推移を示したものである。

Table 3.1-4 分野別消費電力量の推移 (GWh)

年	家庭用	業務用	産業用		街灯用	官公庁用	その他	合計
			小口	大口				
1990	7,781.3	208.4	1,018.9	21,120.6	185.3	2,130.6	13,872.0	46,317.1
1991	7,592.7	203.4	994.3	20,608.8	180.8	2,079.0	13,536.0	45,195.0
1992	7,111.1	190.5	931.2	19,301.5	169.3	1,947.1	12,677.2	42,327.9
1993	6,919.4	185.3	906.1	18,781.3	164.8	1,894.6	12,335.5	41,187.0
1994	6,579.8	176.2	861.6	17,859.4	156.7	1,801.6	11,730.1	39,165.4
1995	6,529.8	174.9	855.1	17,723.7	155.5	1,787.9	11,640.8	38,867.7
1996	6,630.3	177.6	868.3	17,996.5	157.8	1,815.4	11,820.1	39,466.0
1997	6,715.8	179.7	878.5	1,828.7	159.7	1,836.2	11,959.4	23,558.0
1998	6,437.7	172.4	843.1	17,473.8	153.3	1,762.7	11,476.8	38,319.8
1999	6,472.0	172.0	849.7	17,584.2	150.2	1,763.1	11,532.4	38,523.6

出典：ウズベクエネルギー電力公社回答 産業用小口：契約容量 750kW 以下 産業用大口：契約容量 750kW 以上

ウズベキスタンの月別電力需要を見ると、冬期に比較的緩やかなピークがある程度で、年間を通して明確なピークは存在していない。最大需要電力に対する最低需要電力の比率は、月によって差はあるが67~72%となっている。Figure 3.1-6は1999年における月別の最大・最小需要電力曲線を示したものである。

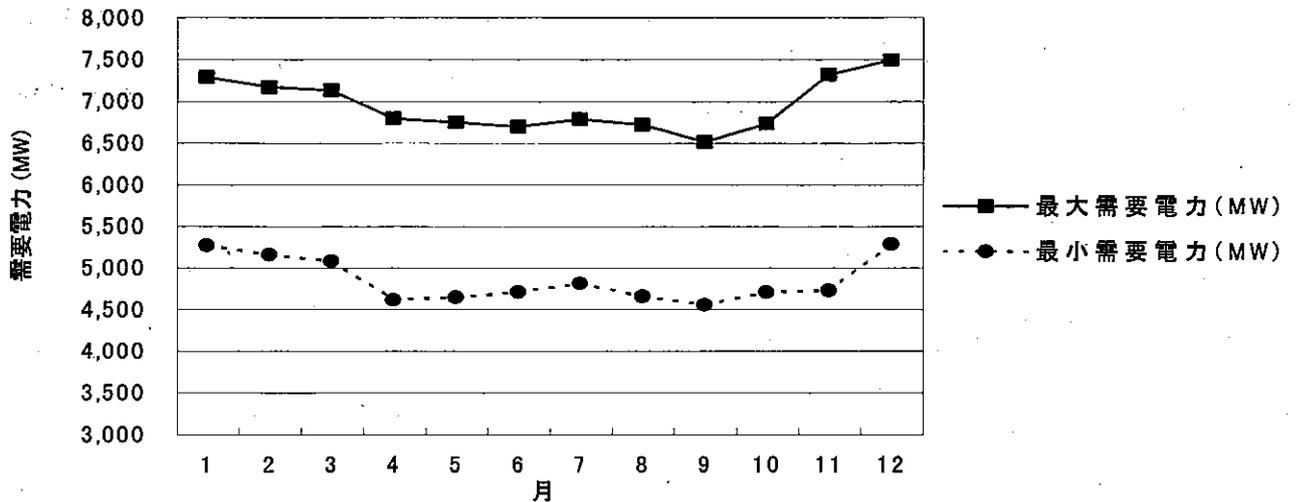


Figure 3.1-6 1999年月別需要電力変化

Figure 3.1-7は1999年の冬期と夏期の典型的な一日（労働日）における時間毎の需要電力の変化を示したものである。冬期、夏期共19時から21時にかけてピークがある。夏期の日中にピークが見られないことから冷房用の需要はそれほど多くないと考えられる。

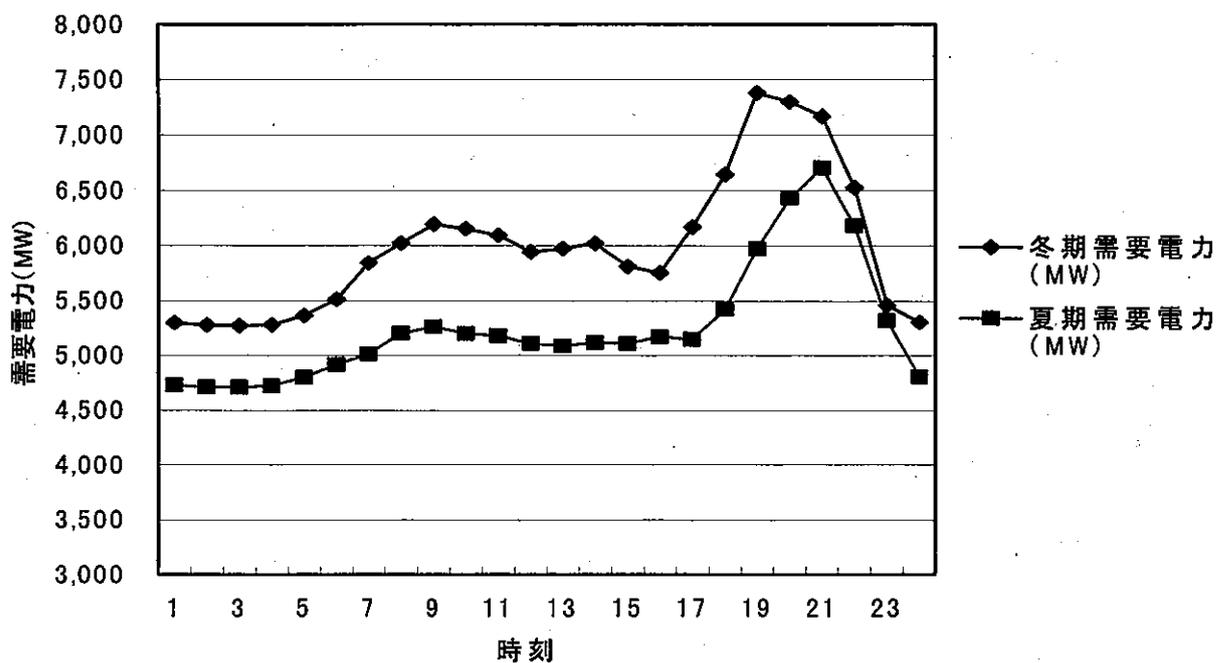


Figure 3.1-7 1999年冬期及び夏期の典型的な労働日の需要電力変化

### (3) 電力供給の現状

Table 3.1-5 には過去5年間の発電所毎の発電量率と稼働率が示されているが、発電所によっては高い発電量率と稼働率で運転されている。稼働率が高い割には発電量率が低い発電所が見られる。これは運転負荷率が低いことを意味しており、発電所が老朽化し発電設備の有効発電能力が低下していることが考えられる。

Table 3.1-5 過去5年間の発電所毎の発電量率と稼働率

Table 3.1-2「既設水力発電所の設備概要」の設備仕様から分かるように、現在稼働している 67 基の発電設備の内 55 基は既に 50 年以上を経ており、中には 70 年を経ているものもある。しかも、それらの設備は単機容量が 3～30MW と小容量機である。1970 年代に建設された設備は、単機容量が 90MW と比較的大きい設備である。水力発電設備の発電量率は、カディリン (Kadirin) 水力発電所を除いて、発電量率が高い割には稼働率が低くなっており、老朽化が進んでいる設備が多いことが考えられる。カディリン水力発電所については発電量率が比較的高く (80%)、しかも稼働率とほぼ同等の値になっていることから、非常に高い設備負荷率で運用されている。

ウズベキスタンの送電線の全長は 1999 年末現在 22,297km で、この内 500kV の幹線は 1,658km、220kV 線は 5,710km である。500kV の幹線は独立後延伸されていないが、220kV 線については、約 600km 程度延伸されている。配電線の総延長距離は、1999 年現在約 210,000km で、独立後約 10,000km が延伸されており、徐々にではあるが配電網は整備されつつある。なお、送配電損失率については、Table 3.1-6 から分かるように、独立後一旦は 8% 台の値に低下したものの 1998 年以降上昇傾向にあり、1999 年は 10.1% の損失率であった。この送配電損失率は、世界各国の値と比較してもそんなに高いとは言えない。また、非技術的損失率が無いのは、送配電設備の管理が十分に行なわれていることを示唆しているものと言える。

Table 3.1-6 過去の送配電線の損失率の推移

年	損失率 合計(%)	内訳	
		技術的損失(%)	非技術的損失(%)
1990	10.6	10.6	-
1991	10.0	10.0	-
1992	10.2	10.2	-
1993	8.5	8.5	-
1994	8.3	8.3	-
1995	8.4	8.4	-
1996	8.4	8.4	-
1997	8.4	8.4	-
1998	9.8	9.8	-
1999	10.1	10.1	-

出典：ウズベキスタン電力公社回答

$$\text{総損失} = (1 - (\text{総販売電力量}) / (\text{総発電電力量})) \times 100$$

#### (4) 電力需要予測と新設計画

前述のように独立後産業活動が停滞し、電力消費量は 1995 年には独立前年（1990 年）と比較して 14.3%も落ち込んでいたが、その後は殆ど変化無く横這い状態が続いている。しかし、最大需要電力については、1995 年以降増加傾向にある。このような過去の推移に対して、本プロジェクトの事業実施主体であるウズベクエネルギー電力公社では、老朽化が進んでいる発電設備の更新の必要性和、将来の経済発展に呼応するため、現在ウズベキスタン南部に中央アジア最大容量の天然ガス焼き 800MW の火力発電所を建設中で、その 1 号機が 2000 年には完成の予定である。また、ウズベクエネルギー電力公社では、2000 年以降 2010 年迄の最大需要電力の伸びを Figure 3.1-8 のように予測している。この間の最大需要電力の伸びは 2,320MW (= 10,000-7,680) で、年平均伸び率は 3.0%である。

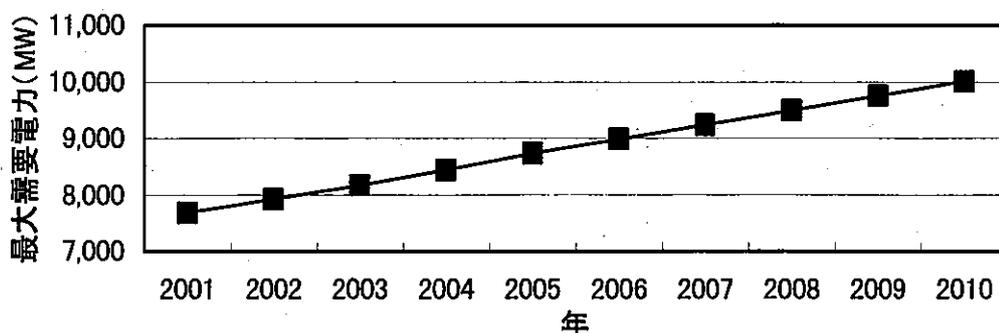


Figure 3.1-8 今後 10 年間の最大需要電力の予測

#### (5) 電力需給バランス

既設の発電設備は一番新しい設備でも 15 年前に建設され、大半の設備は 30 年以上経過した老朽化した設備である。水力発電設備と比較して、火力発電設備は経年による性能劣化が大きく、そのために設備の発電能力が低下し、エネルギー変換効率も悪くなる。発電能力の低下は需要電力に対して設備の電力供給能力の低下を意味し、また、エネルギー変換効率の低下は化石燃料の浪費に繋がることになる。設備の老朽化は発電能力の低下や燃料消費の増加だけではなく、設備保守費の増加と稼働率の低下を招くことにもなる。

したがって、将来の経済発展に基づいて予測された電力の需要の伸びに対応するためには、老朽化した設備の撤去や電力供給能力の低下も考慮して、新しい発電設備の

建設計画を策定する必要がある。更に、地球環境とエネルギー資源の保全のためにはエネルギー変換効率のより高い設備の選択が要求される。

ウズベクエネルゴ電力公社では、将来の電力需要予測に基づいて、新設設備の建設計画（Table 3.1-3）と老朽化した既設設備の撤去計画を織り込んだ、2010年までの可能発電出力と予想最大需要電力のバランス及び、可能発電量と需要電力量のバランス）を予測している。

この予測によれば、2001年以降の各年の最大需要電力に対する予備率は、15%乃至23%となっているが、老朽化した設備が多い電源構成の電力組織の予備率としては、必ずしも高いとは言えない。また、需要電力量に対する予備率は、18%乃至25%と予測されており、老朽化した設備が多く高い稼働率が期待できない電力組織の予備率としては、決して高いとは言えない。

## 3.2 熱エネルギーセクターの状況

### 3.2.1 概要

熱供給事業は、公益省 (Ministry of Utility) 管轄の地方自治体毎に置かれている、熱供給会社によって運営されている。発電事業を行っているウズベクエネルギー電力会社は、発電所から容易に熱エネルギーを取り出す事ができるので、それを熱供給会社に卸している。ウズベクエネルギー電力会社が運営している9箇所の発電所の内、フェルガナ (Fergana)、ムバレク (Mubarek)、コカンド (Kokand) 及びタシケント (Tashkent) の4箇所の発電所で、その地域にある熱供給会社に熱エネルギー (温水) を卸している。

本報告書では、タシケント市の熱需要供給の現状と、今後の状況について以下に述べる。

### 3.2.2 タシケント市の熱供給設備の概要

首都タシケント市内には、地域毎に10箇所の熱供給所 (HP-1~10) と、熱供給と発電設備を備えた熱併給発電所1箇所がある。熱供給地域は、タシケント市の中心部をタシケント熱併給発電所が受け持ち、その周りを囲むようにHP-1からHP-10の熱供給所が配置されている。供給されている熱の種類には、温水と蒸気がある。温水は、住宅、事務所、店舗等へ暖房用と給湯用のために供給されている。そして蒸気は、熱供給所近隣の工場へ送られている。

タシケント市内の熱供給所の供給可能な温水および蒸気の熱量は、それぞれ4,462Gcal/h、288Gcal/hである。設備容量は、10箇所の熱供給所と1箇所の熱併給発電所の温水と蒸気の合計で5,650Gcal/h (定格) である。各熱供給所の設備容量は、Table 3.2-1 に示されている。

Table 3.2-1 タシケント市の各熱供給所の設備容量

No.	名称	地区	ボイラ 数量	設備容量 (Gcal/h)	ボイラーの機番, 設置時期					
					No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
1	Severo-Vostochnaya	TashGRES district	6	500	No. 1 PTVM-100 1968	No. 2 PTVM-100 1969	No. 3 PTVM-100 1970	No. 4 PTVM-100 1975	No. 5 PTVM-100 1978	No. 6 PTVM-100 1999
2	Kara-Su	Kara-Su district	3	300	No. 1 PTVM-100 1978	No. 2 PTVM-100 1980	No. 3 PTVM-100 1999			
3	Zapadnaya	Kukcha district	5	400	No. 1 PTVM-50 1971	No. 2 PTVM-50 1971	No. 3 PTVM-100 1972	No. 4,5 PTVM-100 1978		
4	Severnaya	Yunus-Abad district	10	900	No. 1,2 PTVM-50 1970	No. 3 PTVM-100 1970	No. 4,5 PTVM100 1975-76	No. 6,7 KVGM-100 1981	No. 8,9 KVGM-100 1991,98	Other 100
5	Chilanzarskaya	Chilanzar district	7	600	No. 1,2 PTVM-50 1969-70	No. 3 PTVM-100 1971	No. 4 PTVM-100 1975	No. 5 PTVM-100 1977	No. 6,7 PTVM-100 1981	
6	Yugo-Vostochnaya	Kuiluk district	3	200	No. 1,2 PTVM-50 1973	No. 3 PTVM-100 1981				
7	Aviastroitelei	Aviastroi-Telei district	5	400	No. 1 PTVM-50 1976	No. 2 PTVM-50 1978	No. 3 PTVM-100 1980	No. 4 KVGM-100 1988	No. 5 KVGM-100 1998	
8	Sergili	Sergili district	4	300	No. 1 PTVM-50 1980	No. 2 PTVM-50 1981	No. 3 KVGM-100 1990	No. 4 KVGM-100 1993		
9	Novo-Chilanzarskaya	Nazarbek settlement	3	540	No. 1 KVGM-180 1986	No. 2 KVGM-180 1987	No. 3 KVGM-180 1988			
#	Severo-Zapadnaya	Near Medical University 2	3	540	No. 1 KVGM-180 1986	No. 2 KVGM-180 1987	No. 3 KVGM-180 1988			
#	TashTETs	Airport area	12	970	No. 1 PTVM-50 1965	No. 2,3 PTVM-100 1968-70	No. 4,5 PTVM-100 1970-74	No. 6,7 PTVM-100 1977-80	Others 5 320	
	Total		61	5,650						

次に、タシケント市の年間の熱需要量を見ると、1999年におけるタシケント市全体の年間の熱供給量が 10,867Mcal/y で、時間当りの最大熱量は 5,604Gcal/h である。過去 10 年の年間熱需要の推移を Table 3.2-2 および Figure 3.2-1 に示す。ウズベキスタンの独立時（1992 年）から今日に至るまで、熱需要量が下がっていないことは、経済的な要素はもちろんのこと、住宅への熱供給の占める割合が高いことが考えられる。また各年の変動幅は、その年の冬季外気温度の変動による熱需要の差異によるものと考えられる。

Table 3.2-2 タシケント市の過去 10 年の熱需要量

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
熱需要量 (x1000Gcal/year)	10,239	10,431	10,857	12,045	11,560	11,758	11,612	10,113	12,186	10,867

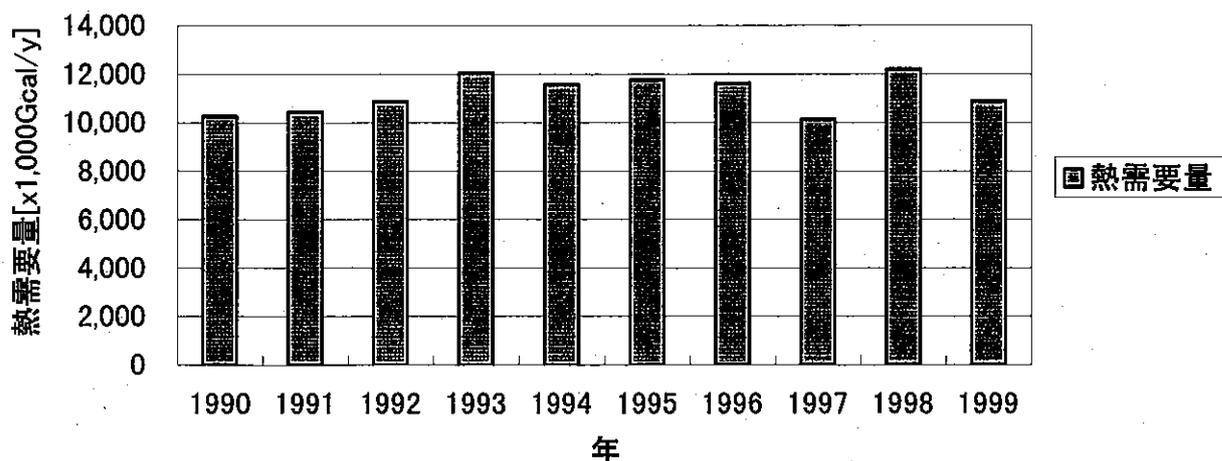


Figure 3.2-1 タシケント市の過去 10 年の熱需要量

タシケント市の 1 年間の熱需要変動を見ると、冬期の暖房期間（暖房+給湯）が大きな値を示し、11 月から翌年 3 月頃が暖房期間となっている。1999 年 1 月の月当りの熱需要量は 1,826Mcal/m を記録している。一方最小値は夏季の給湯期間で、同年データによると 9 月の 351Mcal/m である。これらの詳細を Table 3.2-3 および Figure 3.2-2 に示す。

### 3.2.3 予想熱需要量及び設備計画

タシケント市の将来計画の中で、今後10年間の熱需要量は、人口の増加に伴い増加すると想定されている。2000年をベースに2005年では18%、2010年では23%の増加となり、年間予想熱需要量は13,389Mcal/yと考えられている。詳細はTable 3.2-3およびFigure 3.2-2に示されている。

Table 3.2-3 タシケント市の予想熱需要量

年	予想熱需要量(Mcal/y)	予想人口(人)
1990	10,239	—
1995	11,758	—
2000	10,867	1,394,500
2005	12,858	1,535,000
2010	13,389	1,667,600

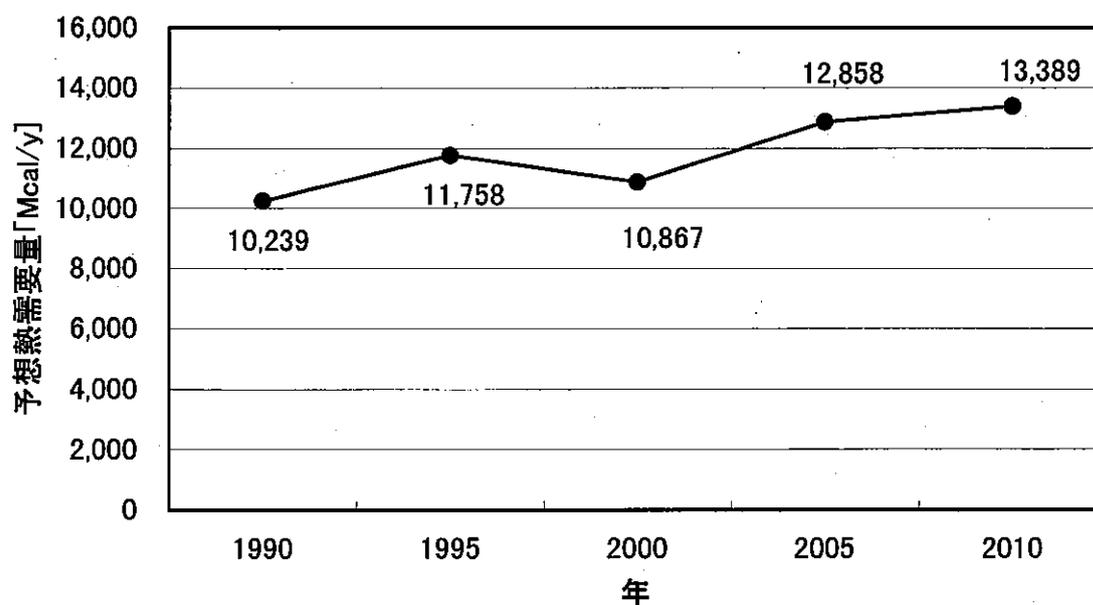


Figure 3.2-2 タシケント市の予想熱需要量

### 3.3 電力・熱料金

2003年4月1日からの電気及び熱の料金は Table 3.3-1 の通りである。

Table 3.3-1 2003年4月1日からのウズベキスタンの電気及び熱料金

種別	電気料金 (Sum/kWh)	種別	熱量金 (Sum/Gcal)
I	750kVA 以上の工業用	I	II and III を除く全て
			5,555
II	750kVA 未満の工業用	II	卸売り
III	農業用	III	所内熱使用
IV	鉄道及び市内交通		4,710
V	公共機関		4,080
VI	商業用		
VII	家庭用		
	家庭の電気暖房		
VIII	冷暖房用		
IX	広告用		
X	所内動力		

(Note) 種別 I の工業用における上段の価格 22,690 スムは契約電力 1 kW に対する年間額である。他の価格は、全て 1 kWh の電力使用量に対するものである。価格には付加価値税を含む。

加重平均価格は Sum 15.83/kWh (付加価値税含む) である。

<sup>1</sup> 2002年の送配電損失は12.9%であった。本収入は今後25年間の平均として考えることから送配電損失は10%に改善すると仮定した。

### 3.4 送電系統の現状

中央アジアの電力系統は旧ソ連邦時代に、ウズベキスタン、カザフスタン(南部)、キリギスタン、タジキスタン、トルクメニスタンの5カ国を一体として、今日の国境線を考慮することなく一つの電力系統を構成するように建設された。(Figure 3.4-1 中央アジア地区送電系統図参照)

基幹系統はほとんどが1回線の500kVおよび220kVの送電網から構成されており、両者をループ運用することによって信頼度レベルを維持している。

2002年現在のウズベキスタンの送電線、変電所の概要は以下の通りである。

#### 架空送電線

500kV	1,657.2 km
220kV	5,910.9 km
110kV	15,048.7 km
35kV	12,730.6 km
6kV-10kV	86,607.5 km
400V	100,092.7 km

#### 地中送電線

110kV	19.8 km
35kV	281.5 km
6kV-10kV	7,56.9 km
400V	2,640.6 km

#### 変圧器容量

500kV	4,509.0 MVA
220kV	12,209.0 MVA
110kV	13,419.0 MVA
35kV	5,731.2 MVA

#### 3.2.4 電力の輸出、輸入

2002年における近隣諸国との電力の輸出入の実績は以下の通りである。

輸入：トルクメニスタンから	13 GWh
キリギスタンから	523 GWh
タジキスタンから	72 GWh
合計	608 GWh

輸出：トルクメニスタンへ	6 GWh
キリギスタンへ	267 GWh
タジキスタンへ	358 GWh
合計	631GWh

輸出入の差し引きでは合計 23GWh 輸出したこととなる。

# Power System Diagram of Central Asia

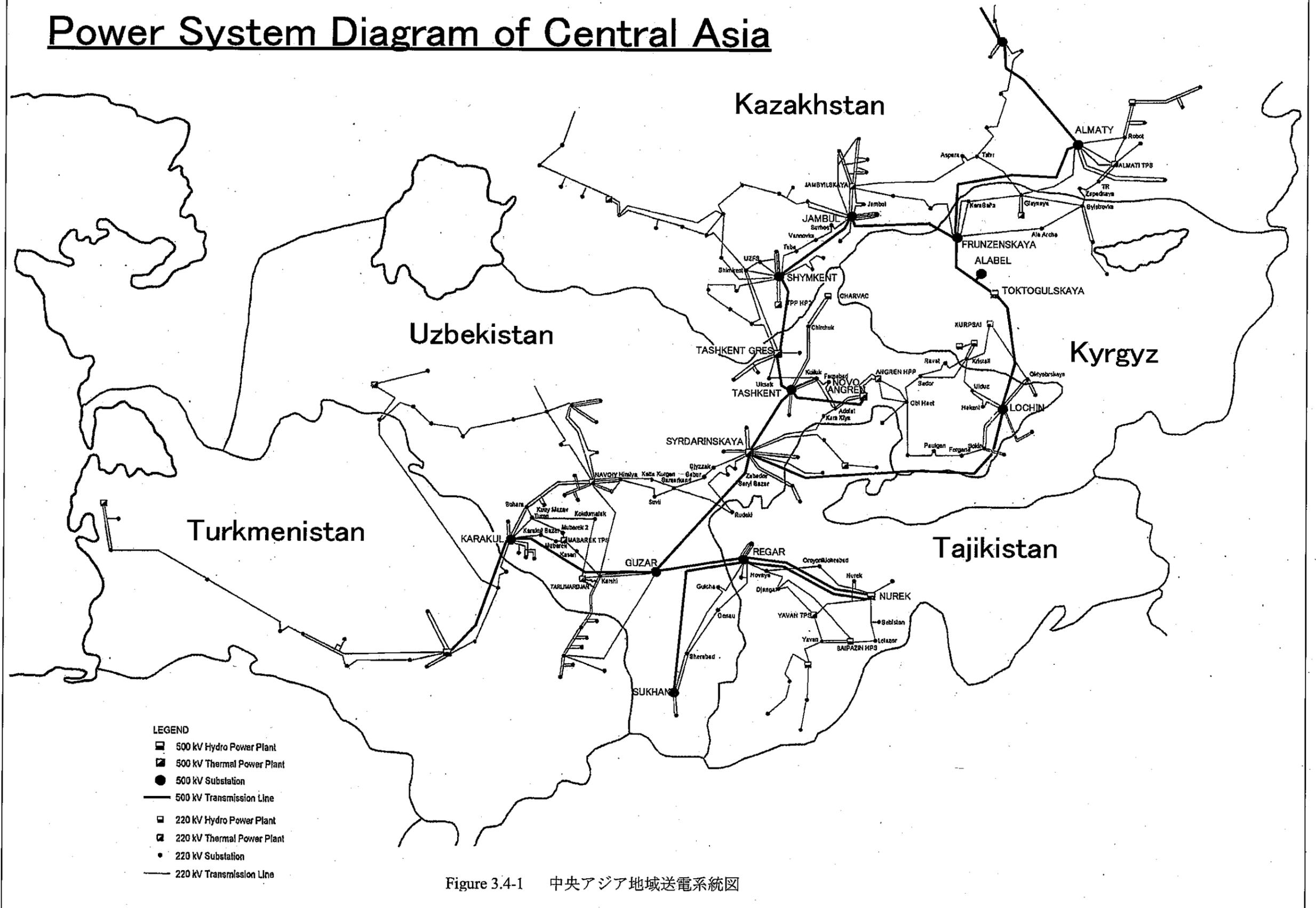


Figure 3.4-1 中央アジア地域送電系統図