

## 第4章 本格調査提言事項に関する調査結果

### 4.1 発電設備の保守管理

本格調査と同様に、タブリーズとイスファーハン両火力発電所を調査した。タブリーズ 2号機は天然ガス転換への準備で運転休止中であった。

調査団は現在の運転状況（表 4.1）を解析後、運転員と直接接触してその運転にあつての注目・関心点、理解度等を判断した。

Table 4.1 現状の運転データ

	タブリーズ		イスファーハン		
	設計値	No. 1	設計値	No. 4	No.5
測定日時					
出力(MW)	368	350	320	319	320
煙道ガス温度 (°C)	160	205 & 228	170	180	173
節炭器出口煙道 O <sub>2</sub> (%)	1.0	1.2	0.5	2	--
凝縮冷却水入口温度 (°C)	21.6	23	33	30	29
凝縮冷却水出口温度(°C)	29.6	31	44.8	41	39
凝縮器真空度 (mmHgA)	38	34			
(-mmHgG)			580	557	585

タブリーズとイスファーハンの高度はそれぞれ 1362 と 1575m であるので、絶対圧力はそれぞれほぼ 640 と 620mmHg である。イスファーハン発電所の計器室ではゲージ圧力で表示しており -580mmHgG は絶対圧力 40mmHgA に相当する。

表 4.2 に、本格調査最終報告書表 3.2.2 と今回調査の運転データ平均値を比較した。これは本格調査 4 年後の運転状況を比較するため、本格調査時に採取したと同時期の同号機の運転データを採取した（詳細データは附属資料 Appendix A. 3-3 及び-4）。

本表から、4 年後に目立つ違いはタブリーズ発電所 1 号機の節炭器出口酸素 (O<sub>2</sub>) 濃度とイスファーハン発電所 4 号機では煙道ガス温度の温度差と復水器真空度である。

以下に、本格調査で改善を提案した各項目別に調査結果及び提案・助言事項を述べる。

表 4.2 4年後の運転の変化（一ヶ月間毎日 14:00 時の記録）

	項目	1998		2002	
		運転範囲	平均値	運転範囲	平均値
タブリーズ 1号機 定格 368MW  (データ採取 8/17~9/18)	出力(MW)	320-350	347	180-351	338.2
	煙道ガス温度(°C)	200-225	209	180-215	203.7
	タービン入口蒸気温度(°C)	535-539	538	538	538
	タービン再熱蒸気温度(°C)	530-540	536	520-535	530.5
	節炭器出口酸素濃度(%)	0.005-0.9	0.3	0.2-5	2.8
	復水器入口温度(°C)	21-33	28.4	26-30	29.1
	復水器出口温度(°C)	41-46	43.5	33-43.5	40.4
	復水器真空度(mmHgA)	50-69	56.5	30-65	57.9
	煙道ガス温度(°C)	155-188	174	186-208	199.4
		147-175	161	145-193	157.8
	タービン入口蒸気温度(°C)	540	540	540-545	541.3
	タービン再熱蒸気温度(°C)	540	540	541-548	543.4
	節炭器出口酸素濃度(%)	--	--	--	--
	復水器入口温度(°C)	30-33.5	31.5	30-35	32.6
	復水器出口温度(°C)	36-46	41.1	40-45	42.5
	復水器真空度(-mmHgG)	540-575	559.2	518-549	534.5

(1) 凝縮器真空度の維持

今回調査は冬季であったので復水器冷却水入口温度が低く、復水器真空度は、タブリーズ1号は設計値を維持、イスファーハン4号は設計値より-23mmHg悪く、同5号は設計値をクリアしている状況にあった。

4号の真空度悪化について先方の職長と検討し、まず冷却塔系・循環水ポンプ系は正常であることを確認した。その後タービン担当者からの情報で、数週間前から高压タービンに漏洩があるようだとの情報を得た。3ヶ月後に予定されている定検時に、車室上下間の接続部（稀ではあるが漏洩がある可能性あり）、また、復水器に流入する他のドレン管・抽気管を含めた点検をするよう提案した。それまでの間の真空度・各部の温度に注意を払い運転すること、定検に来所するメーカ係員には予め状態を伝えておくことを助言した。

本格調査時のデータとの4年後の比較（表4.2）によれば、イスファーハン4号機では今年の夏は4年前の夏に較べて遙かに悪い状態で運転していた。

(2) 煙道ガス温度管理

タブリーズ・イスファーハン火力ともに冬季には重油（高硫黄分残渣油）を燃焼しており、タブリーズ1号の煙道ガス温度は205-228°Cと設計値（160°C）を大幅に上回っている。残渣油の継続燃焼の影響で、水管表面に5mm以上のスケールが付着して炉内での熱吸収を悪くしている。所定の蒸発量を確保するためには燃料消費量を増加することとなり、煙道ガス温度の上昇をもたらしている。

イスファーハン 4、5 号の煙道ガス温度は、設計値+10℃以内であったが、タブリーズ火力と同様に残査油の影響は妨げられない。同 5 号の左右で 17℃の温度差があったことから、職長に左右の空気量のバランス調整を依頼し、10 分後には 10℃以内に安定したことなど、緻密な運転管理を促した。

4 年後の運転比較では、タブリーズ 1 号では大差がないが、イスファーハン 4 号では 4 年前は左右温度差が少なかったが今年夏には 40℃もの差を示している。原因があるのであれば、その旨ログシートに記入して、他の運転シフトに徹底しておくべきである。

### (3) 節炭器出口煙道ガスの O<sub>2</sub> 管理

タブリーズ 1 号は 1.2%、イスファーハン 4 号 2%の煙道ガス濃度で運転中、同 5 号は中央制御室の計器不良で取替えを依頼中とのこと。毎日の出力変化に対応した適正な管理が必要なことから、速やかな取替えとその間の代替としての分析を促した。

イスファーハン発電所では O<sub>2</sub> 濃度を、CO<sub>2</sub>、CO、SO<sub>2</sub>、NO、NO<sub>x</sub> 等とともにドイツ製可搬式 testo-350（電気化学燃料電池が測定原理）により毎週一回測定して中央制御室データの確認をしていた。この簡単な計器による 4、5 号機の節炭器出口の O<sub>2</sub> 濃度は、入手した 8 点のデータでは 0.5～1.8%を示していた。タブリーズではこの計器を所持していなかった。

表 4.2 によれば、4 年後の今ではタブリーズ 1 号機では適度な節炭器出口の O<sub>2</sub> 濃度で運転している。本格調査の最終報告書で節炭器出口の O<sub>2</sub> 濃度が 1.0%以下の運転は重油燃焼では不可能であると指摘していた。タブリーズの酸素計はその後良く保守されていると想像する。

### (4) 空気予熱器の性能把握

タブリーズの空気予熱器のエレメント取替えは、1 号は 1997 年に 2 号 1999 年に実施していた。

イスファーハン 4 号は 3 週間前に水洗を実施済みで、エレメント取替えは 4 号が 2003 年 2-3 月に、5 号は 2 年後を予定しており、4 年周期で取替えを計画している。データから現状の空気予熱器出入口の空気温度差を比較すると、4 号が 200℃に対し 5 号 250℃と、5 号の空気温度が 50℃上昇している結果となっており、4 号は空気予熱器の腐食・劣化状況にあると考えられる。なお、残査油燃料を今後継続して使用していく場合は、4 年周期のエレメント取替えは課題が残る。

本格調査報告書で指摘したとおり、空気予熱器出入口の煙道ガス中の O<sub>2</sub> 濃度差は、空気予熱器内で空気が煙道ガス中へ漏れていることを示している。上記 testo-350 計器によるイスファーハン発電所 4、5 号機での空気予熱器前後の O<sub>2</sub> 濃度は、入手した 8 点のデータ（附属資料 Appendix A. 3-7）の平均値を表 4.3 に示した。

表 4.3 イスファーハン発電所空気予熱器前後の煙道ガス O<sub>2</sub> 濃度

	データ数	入口 O <sub>2</sub> 平均濃度%	出口 O <sub>2</sub> 平均濃度%
4 号機	3	1.17	6.1
5 号機	5	1.14	5.7

本格調査時の JICA 機材によるイスファーハン 4、5 号の測定では、入口濃度は測定していなかったが、出口 O<sub>2</sub> 濃度が 10%を越していたデータが多かったのと較べると、保守、運転上の進歩が感じられる。なお、現在使用中の携帯式分析計 (testo-350) の精度が正しいかの問題はある。

タブリーズ発電所からは、testo-350 による空気予熱器出口煙道ガス O<sub>2</sub> 濃度データ (10/26/2002 測定) 1 ヶ 4.9%を入手した (附属資料 Appendix A.3-7)。

#### (5) 運転計器の精度維持

運転計器については、両火力ともマニュアルにより本格調査後、定期的に点検・校正が実施されていることを確認できた。前記 O<sub>2</sub> 濃度のように制御室計器のほかにオルザット分析や testo-350 による比較検査のできる項目については、相互チェックを行なうことでより精度の高い管理に寄与できるだろう。燃料計の精度は燃料タンクのレベルの差から確認が出来る。

#### 4.2 蒸気タービンの効率向上対策

タブリーズ 1 号は、10 数年前にロータに曲がりが生じ修正を実施し、半年前には振動大 (75 ミクロン) が発生し、バランス調整により 65 ミクロン以下となった以降問題なし。2 号は 1998 年の定期点検後、振動大によりバランス調整を実施後、現状まで問題ないが、前回の本格調査時に提言した高圧タービンロータの取替え他については、高費用のため修理を保留したままとなっている。なお、現在バランス調整測定機器をメーカーへ発注中で、今後迅速な対応に寄与できるとしている。

イスファーハン 4、5 号については、修理等を最近実施した例はないが、4 号については復水器の真空度維持の項で記載の通り、タービン側からの蒸気漏れが考えられることから、次回定期点検時に開放点検を行ない、対策を実施するよう助言した。なお、イスファーハン発電所は、イスファーハン工業大学に同所タービンの熱力面からの運転条件検討を研究依頼しており、結果によっては更に効率的な運転の可能性はある。

#### 4.3 エネルギー省の環境組織

本格調査において、エネルギー省の環境組織の増強と発電所内の環境部の設置を提案した。

MOEは発電、送变电、販売を実施している配下の Tavanir に環境部を新設した。また、大型火力発電所に、環境部を新設していた。

MOE と Tavanir の年報「Electric Power Industry in Iran 2000-2001」にて、「環境」の章をもうけ、発電所からの排気ガス、排水中の汚染物質による環境への影響について数字をあげて説明し、基準を超過しているところがあることを認めている。そして天然ガスへの転換、高効率コンバインドサイクルの導入、水資源節約のための乾式冷却塔の導入、排水処理装置の設置等の対策を講じる約束に加えて、各発電所への環境部の設置と環境関連データの記録、新規発電所計画への影響評価の実施を宣言している。この 3 件は本格調査の提案事項「環境組織」のなかで助言したものである。

3 年前の MOE エネルギー計画本部環境部は、現在では同本部環境グループと称して人員は減少していた。但し、残りの旧所属人員はエネルギー計画局とエネルギー有効利用機構とにわかれ、後者は将来 Tavanir へ移行することになっている。MOE 環境グループは立案、計画を職務としており、立案して政府、議会で承認された案件は、別の組織（MOE または Tavanir の）で実施する。実施部門の必要性から旧環境部は分割されたとの説明であった。

現環境グループは諸計画、シミュレーション等を担当し、エネルギー有効利用機構は人員を大幅に増強して省エネを目的とした家電製品のエネルギー消費量の認定を、エネルギー計画局は JICA 機材の煙道ガス及び環境大気測定機材を使用して、他の火力発電所の煙道ガス及び環境大気を測定して地熱・太陽熱発電計画等に応用していた。環境影響評価もエネルギー計画局の担当であるが、実際は民間業者に依頼するとのことであった。

調査した 2 発電所の環境部は ISO14000 対策と排水及び PCB の問題（後述）へと関心が高まっていた。来年度には 100%天然ガス化が完成することから煙道ガスは今後問題とならないであろう。

#### 4.4 発電所職員の公害教育

本格調査で本件を提案した理由は、汚染の原因とその対策を理解すれば、管理、保守、運転から汚染の削減に寄与することが出来るからであった。ISO14000 につき、調査発電所のうちタブリーズは条件付き（100%天然ガス化と排水処理）で取得、イスファールは取得準備中であるから、今後所内環境部が先頭を切って、計画立案、その実施、結果の検討、是正のサイクル活動が開始され、職員の公害教育が進行するものと思う。

エネルギー効率が上がり省エネ効果があれば、必然的にガス状汚染物質の排出量は減少す

る。同様に排水汚染も運転の技術向上により減少することが出来る。そこで以下に今回の調査で判ったイランと日本での発電所運転の違いから数項目の助言を行なう。

(ア) 若手運転員のさらなる技術力の向上にむけて

発電設備は、ボイラ・タービン・それらの運転制御システムと有機的に結合し、給電指令所の指定する出力に、速やかに対応する任務を有している。一方職員はそのための与えられた職務を的確にまっとうする必要がある。さて、若手発電グループ員には、当初は最小限の任務を与えるが、多感・気鋭の若手であればもっと広い範囲を知りたいと思うのは当然である。そこに上司の計らいで、チャンスを捕らえてグループ全体の任務をこれらの若手に教えて行くことが、彼らの能力を伸ばすに有効である。例えばボイラのポンプ・ファン業務の人には、本体燃焼系、ボイラ制御へと進めるといったように、早い段階から設備の利用技術を習得させ、電力エンジニアとして自立を促す必要がある。

(イ) 専門特化した職員の育成・配置

発電所の各設備は、それぞれ特性を持っており、例えば発電設備の起動から定格出力までにおいても、設備毎の性格があり、タービンの中間回転で振動が極端に発生するものなど、マニュアルには表せない特性を有している。

そこで各発電所に、ボイラ専門職、タービン専門職等の職員を育成・配置する。例えば、発電所のボイラのことは彼に聞けば解決の目途がたつと所員からいわれる人材を育成し、今後運転を安定して継続していくための、設備診断に基づく予防保全対応にも活躍できる立場とする。

(ウ) 部門間のコミュニケーションの充実

発電所の部門間、特に発電とメンテナンス部門のさらなるコミュニケーションの充実が、必要不可欠である。例えば、設備の異常現象の予兆を、速やかにメンテナンス部門との連携により、確認・変化の予測・対応策を考慮し、予防補修ないしは計画的な補修に反映させることなど、部門間の連携の推進強化を図ることが必要である。

以上のべた3項と第4.1節で述べた運転員の緻密な運転等により省エネ効果を達成し、更に汚染排出量を減少すべきである。

MOE と Tavanir、2 発電所から日本での運転員教育を要請された。JICA のグループ研修の存在を紹介したが、言語の問題から運転員そのものの教育は無理で、その指導者の教育は可能であろうと説明した。グループ研修に参加希望があれば、JICA より発行の研修リストを入手して大使館経由で申し込むよう助言した。また、先方より、JICA 等で発行されているならば、「発電所と公害」に関連ある刊行物の定期的な送付を依頼された。調査団からは適当な英文の刊行物は知らないが、調査してみると回答した。

#### 4.5 煙道ガス測定

本格調査では、各発電所で煙道ガスの測定を定期的実施すべきであると提案した。国の条例では、発電所は煙道ガスの測定義務はないが、公害を発生する可能性ある企業として測定の義務があると MOE 及び Tavanir は思っている。そこで、一つの発電所にモデルの測定システムを構築しようと立案したが、コストの問題でそのままとなっていた。本格調査の JICA 機材を使用してマシャード州のマシャードとトゥース両発電所の煙道ガスを測定したとのことであった。今回調査の両発電所とも前記の簡易分析計 testo-350 により煙道ガスの測定を、タブリーズは不定期に、イスファールは定期的実施していた（附属資料 Appendix A. 3-7）。

フォローアップ調査団は、火力発電所がすべて天然ガス化に向かっていることから、転換前の発電所では、少なくとも年 1 回本格調査で供与した煙道ガス測定機材で測定する（余裕があれば測定回数を増やす）、転換の如何に関わらず簡易分析計にて連続 O<sub>2</sub> 分析計の点検を兼ねながら月 1 回以上の頻度で測定することを提案した。また、測定したデータは、整理して年報その他の方法で発表するよう言及した。

#### 4.6 重油の需要・供給バランス調査

本格調査団は、火力発電所が重油（残渣油）の消費を減少すればイラン国内で、余剰重油の問題が発生するだろうと予想し、その解決の準備を始めるべきだと提案した。この提案は MOE のみで実施できるものではないので予算計画庁、石油省等と共同で実施すべきであると提案した。MOE はこの件で石油省と話し合ったが、現在も将来も高硫黄重油の輸出が好調であるとの判断から、調査は開始されていなかった。

フォローアップ調査団は、将来もし上記判断の違いがでてきた場合は、当然なことながら出来るだけ早めの調査と対策立案を実施することを申し入れた。

#### 4.7 浮遊粒子状物質の測定とその発生源寄与率の特定

本格調査団は、イスファール地区の環境測定で大気中の浮遊粒子状物質(SPM)が国家基準を超過している可能性があることから、その確認と発生源の特定をして SPM 減少対策の基礎データを、地方環境支局を中心に実施するよう提案した。

MOE は本格調査の報告書をイスファール環境局に提示したが、同局は関心を示さなかったとのことで、フォローアップ調査では何らの発展は見られなかった。また、調査時期が

冬季であったので、SPMの問題は感じられなかった。

#### 4.8 シミュレーションモデルの精度向上

本格調査では MOE のみがカウンターパートであったので、対象発電所以外の地域内の固定・移動発生源の情報が不足していた。そこで地域の環境保全全体計画を作成し、適切な対策を実施できるためには、精度を上げることが必要であると提案した。これも地方環境局あるいは行政組織が必要とするもので、MOE が本格調査報告書を提示したが、何らの関心を示してこなかったとのことであった。

MOE は天然ガス化により対象2地域のシミュレーションには関心が薄れていた。しかし、新規発電所の環境影響評価を実施するためには、大気環境シミュレーションが必要であることから本格調査団が作成したモデルの細部について質問であるとのことでもとの担当者に直接接するよう助言した。なお、今後の新規発電所がもし過疎地帯に設置されるならば、米国環境庁が推薦している ISCST3 モデル<sup>1</sup>（工業地帯からの短期拡散モデル）を使用し、対象発電所以外の固定・移動の個々の発生源データを求めないで、発電所データ、環境濃度と気象データで作成すればよいだろうと助言した。

---

1 Industrial Sources Complex in a Short Term, Version 3