

現地調査：2003 年 7 月

## 1．事業の概要と円借款による協力



メーモ火力発電所所在地



脱硫装置が設置された 8-11 号機

## 1.1 背景

タイでは好調な経済成長に伴いエネルギー消費量が急増し、1987 年から 90 年の間で商業エネルギー需要は 55% 増加した。それに伴う化石燃料の燃焼により、 $\text{SO}_x^{*1}$ （硫黄酸化物）・ $\text{NO}_x^{*2}$ （窒素酸化物）・SPM（浮遊粒子状物質）等の排出量が急増し、大気汚染が問題になっていた。なかでも、発電部門は、タイ国内の  $\text{SO}_2$  の約 6 割、 $\text{NO}_x$  の約 2 割を排出していると想定されていた。

メーモ火力発電所は、現在 1 号機から 11 号機でなり、その設備容量は 2,025MW である。設備容量は、タイ発電公社（EGAT：Electricity Generating Authority of Thailand）全体の約 17%（93 年 6 月の EGAT の総容量 11,886MW）、発電量では約 26%（92 年度）を占める大発電所である。使用燃料は隣接するメーモ炭田で産出される褐炭（lignite）で、褐炭の性質は低カロリー、高硫黄分であるため、燃焼の際  $\text{SO}_2$  の排出量が多く、年間に推定で約 54 万トン排出される。周辺地域の  $\text{SO}_2$  濃度は環境基準を上回る場合もあり、将来近隣にメカーム、ランパンの両発電所が建設される予定であったため、大気汚染対策を立てることが重要であった。また 93 年中に発電所からの  $\text{SO}_2$  排出基準が設定される予定となっており、その予定基準も踏まえた対策が必要になっていた。

92 年 10 月には  $\text{SO}_2$  によるとみられる大気汚染問題が顕在化し、褐炭焚きの本発電所による大気汚染に強い懸念が生じていたことから、早急に改善策を講じる必要が生じていた。また、事業実施前は排煙が停滞しやすい乾季（11～4 月頃）を中

<sup>1</sup> 硫黄酸化物（二酸化硫黄： $\text{SO}_2$ 、三酸化硫黄： $\text{SO}_3$ など）の総称。脱硫装置の稼働状況を示すうえでは  $\text{SO}_x$  の排出量、濃度を表しているが、大気モニタリングの指標としては、 $\text{SO}_2$  の数値を計測している。

<sup>2</sup> 窒素酸化物（一酸化窒素： $\text{NO}$ 、二酸化窒素： $\text{NO}_2$ など）の総称。

心に出力調整が必要になっていたが、審査から 2～3 年後に電力供給がきわめて厳しくなることが予想されていたため、脱硫装置を早急に設置することでフル稼働に近づける必要性が出ていた。

## 1.2 目的

北部ランパン県にある既存のメーモ火力発電所に、排煙脱硫装置（脱硫効率 95%）を設置することにより、硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）排出量の削減を図り、もって環境改善に寄与する。

## 1.3 アウトプット

本事業のアウトプットは以下のとおりである。

- (1) 湿式石灰石膏方式の排煙脱硫装置（脱硫効率 95%）
- (2) 関連付帯設備工事
  - ・ 石炭灰コンベアーの能力増強
  - ・ 既存煙突の改修
  - ・ 排煙脱硫装置用電力供給設備の設置
  - ・ 計装設備の改修 等

## 1.4 借入人 / 実施機関

タイ発電公社（EGAT : Electricity Generating Authority of Thailand）

## 1.5 借款契約概要

円借款承諾額 / 実行額	159 億 2,400 万円 / 98 億 1,300 万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1993 年 9 月 / 1993 年 9 月
借款契約条件	金利 3.0%、返済 25 年（うち据置 7 年）、 一般アンタイド
貸付完了	2001 年 7 月

# 2 . 評価結果

## 2.1 妥当性

本事業の審査時、火力発電による大気汚染問題が顕在化しており、電力開発における環境への配慮は環境法の遵守という意味で重要な政策であった。なかでもメーモ火力発電所による SO<sub>2</sub> の排出問題は深刻で（1991 年当時、タイ国全体の SO<sub>2</sub> 排出量のうち、メーモ火力発電所によるものが 47% を占めていた）、その対応策の一つとしてタイ国政府は排煙脱硫装置の設置を図っていた。

現在も、火力発電所の環境対策（特に SO<sub>2</sub> 排出削減）は資源環境省（Ministry of Natural Resources and Environment）およびタイ発電公社（EGAT）にとって環境法を遵守するうえで重要な施策であり、SO<sub>2</sub> 排出削減を図る本事業の妥当性は維持されている。

## 2.2 効率性

### 2.2.1 アウトプット

事業計画に対し、ほぼ計画通りに実施された。

### 2.2.2 期間

当初計画では 1993 年 9 月～1996 年 6 月を予定していたが、実績では 1993 年 9 月～2001 年 1 月と約 4 年半遅延した。

主な遅延理由は、排煙脱硫装置の設置工事を担当した現地コントラクターの財務状況が工事開始後に悪化し工事の中断を招いたため、実施機関はコントラクターとの契約を打ち切り（termination）、残った約 40%の業務を自ら引き継ぐことを余儀なくされたことによる。

### 2.2.3 事業費

計画では 269 億 5,200 万円であったが、実際は 167 億 6,700 万円であった。事業費低下の理由は競争等による効率的な受注、アウトプットの調整による。

## 2.3 有効性

### 2.3.1 稼働状況

排煙脱硫装置が設置された 8～11 号機の稼働指標を検証すると、1998 年にそれぞれの脱硫効率は 45.7%～90.0%であったが、2002 年には 97.0%～98.1%を達成し、8 号機～11 号機のすべてで計画値の 95%を達成している（表 1 参照）。

さらに、SO<sub>x</sub> 排出濃度の測定値は 98 年に 352～1919ppm であったが、02 年には 67～105ppm と改善され、基準値の 157ppm を下回っている（図 1 参照）。

また、8～11 号機の稼働時間をみると、96 年の稼働時間は年間目標の 7,000 時間に対し、平均 6,661 時間となっていたが、02 年には平均 7,356 時間へと増加した\*<sup>3</sup>。

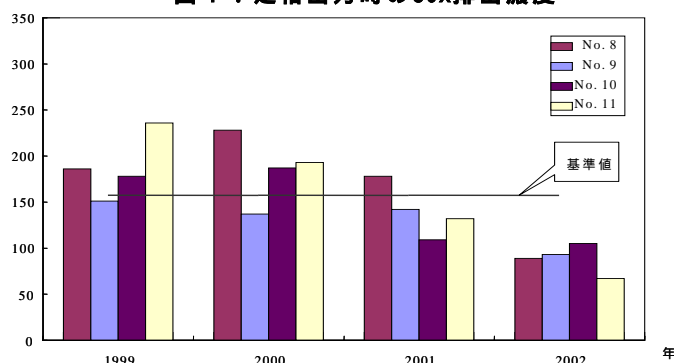
表 1：SO<sub>x</sub> 除去効率（単位：％）

年	1998	1999	2000	2001	2002
計画値	95				
No. 8	77.6	94.3	93.1	94.7	97.3
No. 9	90.0	95.7	95.5	95.8	97.2
No. 10	45.7	95	94.2	96.8	97
No. 11	61.6	93.2	94.1	95.6	98.1

出所：EGAT

<sup>3</sup> 本事業実施前は、排煙が停滞しやすい乾季（11～4 月ごろ）に大気汚染防止を目的とした出力調整が頻繁に行われていたが、本事業実施後はその出力調整が減った結果、稼働時間が増加した。

図 1：定格出力時のSOx排出濃度



出所：EGAT

### 2.3.2 大気モニタリングの結果

アジア開発銀行の「メーモ環境評価 (Mae Moh Environmental Evaluation)」報告書 (2002 年 4 月) によると、メーモ地区における大気モニタリング結果は概して満足のいく水準で、過去数年において改善がみられており、SO<sub>2</sub> の排出水準はタイ国内の平均的なレベルと同等となっている。同様に、資源環境省汚染管理局 (PCD: Pollution Control Department) の報告<sup>\*4</sup>でもメーモ地区の SO<sub>2</sub> 排出問題は大幅に改善されたと指摘している。

## 2.4 インパクト

### 2.4.1 排煙脱硫装置の経験の普及

メーモ発電所の排煙脱硫装置の設置・運営経験は、タイ産業省でのセミナー (1998 年 7 月) で発表が行われたほか、メーモ火力発電所がさまざまな視察団を国内外から受け入れる際に紹介されている。また、タイ国内の他の発電所での排煙脱硫装置設置の際には、メーモ発電所のエンジニアが指導をしており排煙脱硫装置の設置・運営経験等の技術が他の発電所へも移転されている。

### 2.4.2 健康状態の変化

排煙脱硫装置の設置後、大気中の SO<sub>2</sub> 量は激減したが、住民の健康状態の改善はまだ顕著にみられていない。1994 年から 2000 年にかけて実施されたタイの公衆衛生省 (Ministry of Public Health) の調査<sup>\*5</sup>によると、メーモ地区では通常の 3 倍もの慢性咳嗽発症率を記録し、本事業実施後の SO<sub>2</sub> 排出量の削減は現在のところ呼吸器疾患発生リスクの減少につながっていないと指摘している。またその要因として、同報告書は PM<sub>10</sub> (大気汚染浮遊粒子状物質) の排出量が高レベルにある

<sup>4</sup> Dr. Supat Wangwongwatana, Ms. Kanjana Suaysom, Ms. Suwimol Watanawiroon "Success of SO<sub>2</sub> Control at Mae Moh Lignite-Fired Thermal Power Plant in the North of Thailand" Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment, conference paper.

<sup>5</sup> "Health Effect of Ambient Air Pollution Exposure in Mae Moh District, Lampang Province, Thailand, 1994-2000" より。チュラロンコン大学 The college of Public Health が主体となり、1994 年から 2000 年にかけてメーモ発電所周辺地域の 4,957 人の成人と 3,294 人の子供を対象として調査を実施。

ことを指摘しており、住民の呼吸器系疾患発生リスクを減少するためには PM<sub>10</sub> 削減に関する対策が必要である。なお PM<sub>10</sub> の除去は本事業の想定外ではあるが、本事業で排煙脱硫装置が設置された 8～11 号機からの排出量は、試運転を開始した 1998 年以降激減し、2002 年には 93 年時点の 3 分の 1 まで減少している。なお、住民の呼吸器系疾患発生リスクを減少するには PM<sub>10</sub> 削減に関する全体的な対策が必要である。

## 2.5 持続性

### 2.5.1 実施機関

#### (1) 技術

EGAT は現在に至るまで複数の排煙脱硫装置を運営・管理してきており、技術面では十分な知識および経験を有していると考えられる。

今次評価調査でも運営・管理計画、運営・管理マニュアル、スペアパーツの整備が確認され、発電所にあるトレーニングセンターにて職員向けのトレーニングが実施されていることが確認された。

#### (2) 体制

EGAT の組織は理事会・総裁下、5 つの管理部局と 6 つの事業部で構成されている（図 2 参照）。メーモ発電所は EGAT 内の第二発電事業部の管轄下にあり、その組織は図 3 に示したとおりである。本事業による排煙脱硫装置の運営はメーモ発電所発電部の排煙脱硫課が、維持管理は維持管理部の第二発電所維持課が担当となっている。

発電部には 151 人の職員がおり、そのうち 11 人がエンジニアであり、2 人が化学者、128 人が技術者、10 人が技能職となっている。維持管理部には 185 人の職員がおり、うち 17 人がエンジニアで、104 人の技術者、64 人の技能職員で構成されている。

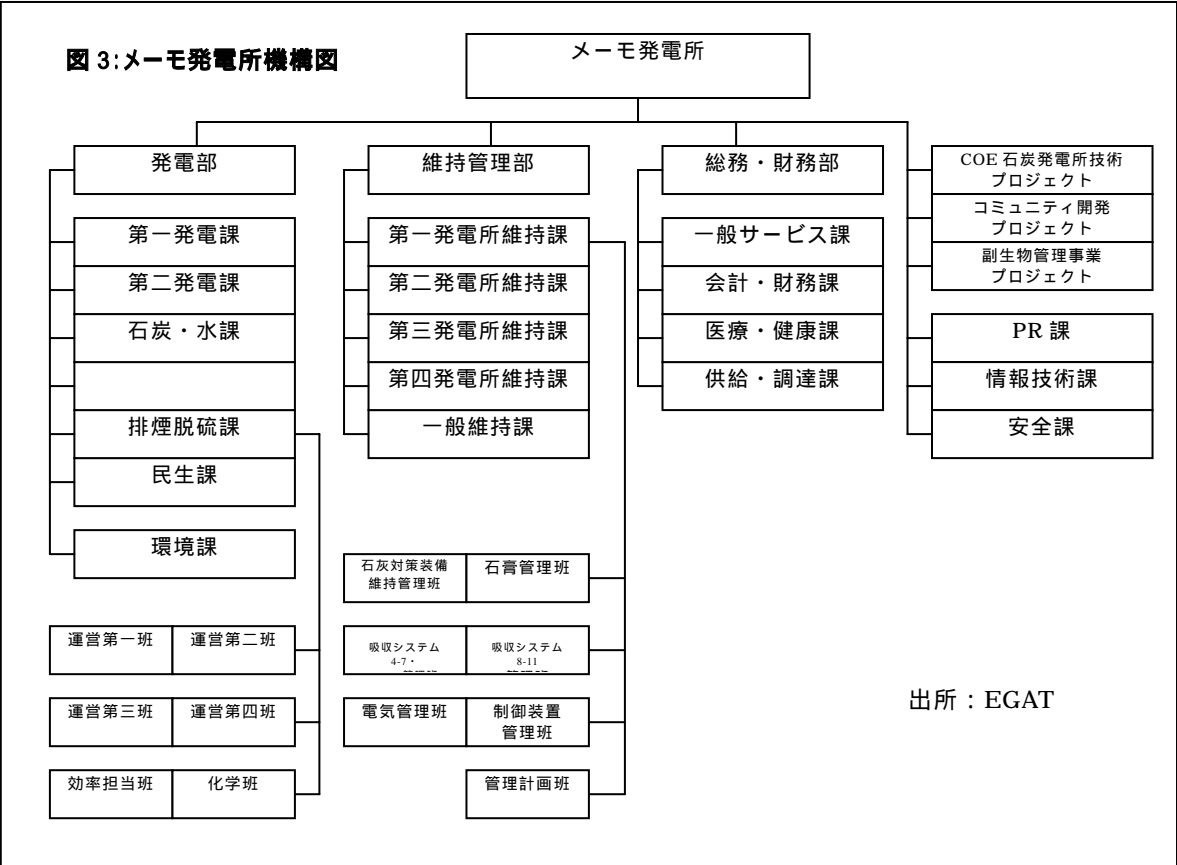
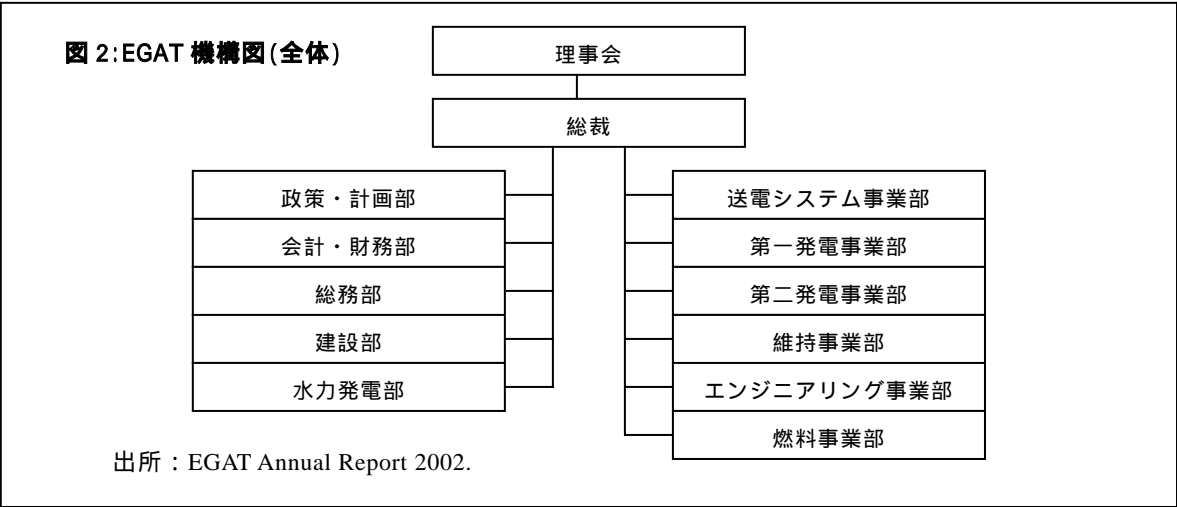
また EGAT は 1999 年に ISO9000 および ISO14001 の認証を獲得している。

なお、2002 年 8 月 20 日の閣議決定によると、EGAT は 03 年 10 月から 04 年 3 月までの間に株式会社化・民営化されることになった。現段階の民営化スケジュールによると、まず、03 年 10 月 1 日に持株会社と 3 つの事業部からなる新組織へと移行する予定である。

このうち事業部は、(1) 発電・送電開発、(2) 発電所運営・管理および燃料調達、(3) 送電システム運営・管理・システム制御・需要管理で構成される方針である。次いで、04 年 3 月までに株式を上場するという見込みである<sup>6</sup>。ちなみに、03 年 8 月時点では、株式会社化・民営化に備えてワーキンググループおよび EGAT の総裁・副総裁で運営される Steering Committee を設置し、財務アドバイザー・株式引

<sup>6</sup> 2004 年 8 月現在、株式を上場するには至っていない。

受人を選定している段階にある。



### (3) 財務

EGAT 全体としては、毎年売上高は伸びており、会計基本方針を変更して損失が計上された 1999 年を除いて、利益率は 3%～9%程度を保っている（表 2 参照）。総資本回転率も過去 2 年間で非常に伸びていた。

EGAT の報告によると、メーモ発電所の脱硫装置の運営・管理に関する費用は十分

に割り当てているとのことであり、財務面でも良好な状態である。

表 2:EGAT の財務指標

財務実績 (百万円)	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
総資本	269,304	295,976	316,060	358,445	396,362	434,411	409,331	382,086
流動資産	30,337	48,280	38,407	46,361	54,690	66,010	65,196	72,101
流動負債	35,929	45,419	52,924	63,744	66,763	93,592	89,421	72,912
自己資本	95,928	116,824	101,046	119,032	106,341	122,320	134,099	146,082
売上高	95,247	108,835	125,376	146,572	134,225	160,992	185,072	207,101
純利益	18,960	27,093	12,828	20,310	-24,261	20,175	16,223	27,350
財務指標 (%)								
総資本利益率	7.04	9.15	4.06	5.67	-6.12	4.64	3.96	7.16
売上高純利益率	19.91	24.89	10.23	13.86	-18.07	12.53	8.77	13.21
総資本回転率	35.37	36.77	39.67	40.89	33.86	37.06	45.21	54.20
流動比率	0.84	1.06	0.73	0.73	0.82	0.71	0.73	0.99
自己資本比率	35.62	39.47	31.97	33.21	26.83	28.16	32.76	38.23

出所：EGAT Annual Report 1999, 2002.

### 3 . フィードバック事項

#### 3.1 教訓

排煙脱硫装置設置事業においては、SO<sub>2</sub>のみならず大気汚染浮遊粒子状物質による大気汚染調査についても事業デザインに入れることが望ましい。

#### 3.2 提言

なし。

主要計画 / 実績比較

項 目	計 画	実 績
<b>アウトプット</b> 1. 湿式石灰石膏方式の排煙脱 硫装置 2. 関連付帯設備工事 ・石炭灰コンベアーの能力増強 ・既存煙突の改修 ・脱硫装置電力供給設備の設置 ・計装設備の改修	脱硫効率 95% の装置一式 ( 土木工事、据付等を含む ) ・石炭灰コンベアーの能力増強 ・既存煙突の改修 ・脱硫装置電力供給設備の設置 ・計装設備の改修	ほぼ計画通り。
<b>期間</b> 1. L/A 締結 2. 入札準備～評価～交渉 3. 設計・製造・輸送 4. 装置の据付 5. 土木工事 6. 試運転 8. 事業完成	1993 年 9 月 1993 年 5 ～ 11 月 1994 年 2 月 ～ 1995 年 11 月 1994 年 11 月 ～ 1996 年 1 月 1994 年 4 月 ～ 1995 年 11 月 1996 年 2 月 ～ 4 月 ( ユニット 10、11 ) 1996 年 4 月 ～ 6 月 ( ユニット 8、9 ) 1996 年 6 月	1993 年 9 月 1993 年 7 月 ～ 1994 年 4 月 1994 年 4 月 ～ 2000 年 12 月 1995 年 4 月 ～ 1998 年 4 月 1994 年 10 月 ～ 1998 年 5 月 1997 年 12 月 ～ 1999 年 1 月 1997 年 7 月 ～ 1998 年 1 月 2001 年 1 月
<b>事業費</b> 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	159 億 2,400 万円 110 億 2,800 万円 ( 24 億 9,500 万パーツ ) 269 億 5,200 万円 159 億 2,400 万円 1 パーツ = 4.42 円 ( 1993 年 6 月現在 )	99 億 2,000 万円 68 億 4,700 万円 ( 20 億 3,800 万パーツ ) 167 億 6,700 万円 98 億 1,300 万円 1 パーツ = 3.36 円 ( 1995 年 ～ 2001 年平均 )

### **Third Party Evaluator's Opinion on Flue Gas Desulfurization Plant For Mae Moh Power Plant 8-11**

Mr.Machima Kunjara Na Ayudhya  
Director of the Board  
Krung Thai Bank Public Company Limited

#### **Relevance**

Environmental measures at thermal power plant particularly SO<sub>2</sub> emissions reduction & control to conform with environmental laws, are key important success indication and performance for Ministry of Natural Resources & Environment and EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand). This objective is achievable and maintained according to the environmental laws under the project. Information for disclosure to the public about the project success and its feed back from the public are needed to be carried out to improve public image and create any betterment and prevent or to manage further risk of public confidence in EGAT's and the Government's.

#### **Impact**

The technology knowledges and experiences involved in the construction and the operations of the project together with uses of its equipments, have been transferred to other power plants, providing more benefit and value added to EGAT and the country as a whole.

Despite a significant drop in SO<sub>2</sub> emissions, still changes in residents' health condition are not clearly seen. Thailand's ministry of Public Health pointed out that reduction in SO<sub>2</sub> emissions following implementation of this project have not, at this time led to a reduction in the risk of occurrence of respiratory illness. As report points out that emissions of PM<sub>10</sub> are at a high level, even though removal of PM<sub>10</sub> was not part of the plan in this project and after installation of flue gas desulfurization equipment PM<sub>10</sub> have dropped sharply to one-third of 1993 emissions, this project is criticized that it may not aims at the right objectives for solving the real problems.

Base on interview with other people interested in this project and involved in similar project in Thailand (an engineer in one the power producer companies in Thailand), this particular project has geographical site problem. Because the project located in crater like terrain where the flow of the air, particular in certain season, is badly difficult and not in normal condition as in other place. SO<sub>2</sub> emission, even in smaller proportion can still affects residents health condition. Moreover, the condition of the forest and water resource in the area are not much favourable to complement an improved air quality. It is believed that all future development projects have to consider how to improve the forest or green condition and water resources nearby to enhance relatively to the project objectives.

As Thai people concerns more to social and environmental awareness and responsibility of the enterprises in developing any project, one observation points out that the dust from lignite mine operation near by the project site causes PM<sub>10</sub> problem.

#### **Sustainability**

Given the limited scope of the project objective for SO<sub>2</sub> emissions reduction to certain level, and the structure of EGAT organization doesn't change from the present (October 2004) where EGAT privatization plan and schedule is under reconsideration, sustainability of the project implementation will be well maintained. It is suggested that when this project be privatized, the conditions for improving SO<sub>2</sub> emission and other related pollution problems must be attached to the privatization agreement for better effectiveness and sustainability of the project as well.