

メキシコ市大気汚染対策関連事業

第三者評価実施者：(株)三菱総合研究所 佐々木俊治氏
林 欣吾氏
高木 健氏

評価報告：2001年 1月
現地調査：2000年11月

1 事業概要と円借款による協力

1) 背景

メキシコシティ首都圏で年々深刻化していた大気汚染の問題に対し、メキシコ政府は、1988年に大気汚染対策のアクションプランとして「環境100の必要な措置」、1989年により具体的な大気汚染対策を盛り込んだ「メキシコシティ首都圏大気汚染対策統合計画」を策定した。同計画の中で、大気汚染の主要原因物質である二酸化硫黄(SO_2)排出削減対策として、 SO_2 の発生源となっている発電所、工場、ディーゼル車等に対し供給されている燃料(重油、ディーゼル油)を低硫黄の油に改善する事業の実施が求められていた。本事業はこの SO_2 の削減対策に対し資金を提供する手段として実施されたものである。

2) 目的

メキシコシティ首都圏における大気汚染の原因物質の一つである SO_2 排出量の削減のために、メキシコ石油公社(PEMEX)がメキシコシティ首都圏に供給している重油とディーゼル油の硫黄含有量の削減、およびメキシコ市内にあるPEMEXのアスカポツァルコ製油所から放出されている SO_2 の削減を行うものである。

3) 事業範囲

本事業の事業範囲は以下の通りである。

1. サブ・プロジェクトA(重油脱硫施設)

メキシコ市の北方82km、イダルゴ州トゥーラ市の東方8kmに位置する既存のトゥーラ製油所に重油(脱硫前硫黄含有量4.2%)の脱硫プラント1基(処理量5万バレル/日)を建設する。

2. サブ・プロジェクトB(ディーゼル油脱硫施設)

トゥーラ製油所及びメキシコシティの北西約240kmに位置する既存のサラマンカ製油所に、ディーゼル油(脱硫前硫黄含有量2%)脱硫プラントをそれぞれ1基(処理量各2万5千バレル/日)建設する。

3. サブ・プロジェクトC(硫黄回収施設)

アスカポツァルコ製油所の既存硫黄回収プラントの改修並びに硫黄回収プラント1基の新設を行う。



4. コンサルティング・サービス

全体監理

円借款の対象は、総事業費の75%である。

4) 借入人/実施機関

メキシコ合衆国政府 / メキシコ石油公社 (PEMEX)

5) 借款契約概要

円借款承諾額 / 実行額	69,338百万円 / 59,889百万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1990年10月 / 1990年11月
借款契約条件	金利2.9%、返済25年(うち据置7年)
貸付完了	1998年4月

2 評価結果

1) 計画の妥当性

本事業は、メキシコシティ首都圏内で消費される重油およびディーゼル油を低硫黄化することにより、SO₂排出量を削減し、首都圏の大気改善効果に資するものと位置づけられていた。しかし、本借款契約締結後、本事業を取り巻く環境に大きな変化が生じ、首都圏のSO₂対策が「低硫黄石油系燃料への転換」による排出量の低減から、よりクリーンな対策である天然ガスの利用やメキシコ市内の製油所の廃止等「石油系燃料の使用抑制」に転換された。

これにより、まずサブ・プロジェクトCである硫黄回収施設が設置される予定であったメキシコ市内の製油所(アスカポツアルコ製油所)が廃止され、サブ・プロジェクトCがキャンセルされた。

サブ・プロジェクトA、Bについては、当初計画通りの施設が設置された。ただし、計画では、それらにより生産される石油製品(低硫黄重油およびディーゼル油)の全てもしくは大部分が、首都圏内で消費されることを想定していたが、上記の政策変更に伴い首都圏内の需要量が減少し、相当量が首都圏外で消費されている状況にある(下記3)1.参照)

つまり、設置したプラントは現在、順調に稼働し、燃料に含まれる硫黄分の除去が行われているが、当初の目的である「首都圏内のSO₂排出削減」だけでなく、首都圏を含むより広域でのSO₂削減に寄与している。この背景には、首都圏内で天然ガス等の代替エネルギー使用が可能となったことにより、首都圏内でSO₂の環境基準が達成されたことがあり、これを受けて本事業により生産された低硫黄の重油及びディーゼル油の供給先がある程度変更された。

本事業は、1988年当時のメキシコ政府が大気汚染対策として政策課題とした「環境100の必要な措置」のパッケージの一部を構成するものであり、天然ガスの安定供給等の見込みが不透明であったことから、当時の判断としては妥当なものであったといえる。なお、1989年11月メキシコ政府は、日本政府ミッションに対し、首都圏内の発電所における重油の天然ガスへの代替計画に伴い、サブ・プロジェクトAの要請取り下げを打診してきた。しかし、その後方針が変更され、同脱硫後の重油供給が可能となれば、同発電所でこれを利用していくことがメキシコ政府からの書面にて確認されている。

本借款契約締結の後、首都圏内で天然ガスへの転換が進んだことから、本事業による製品の供給先を低硫黄の

重油及びディーゼル油を必要とする他の地域にある程度変更することにより、SO₂の削減効果をより広域に及ぼそうとした。この変更により、本事業については当初の対象と若干の差異が見られるが、天然ガスへの転換と本事業の組み合わせによりSO₂の削減がより広域に及んでおり、本事業の意義は現在も大きいものと考えられる。

2) 実施の効率性

1. 事業費

事業費の総額（円建て）については、若干（0.55%）コスト超過が認められるが、現地通貨または米ドル支払いであるため、換算為替レート次第（期間内で1ドル=94~144円と変動）で大きく変動したので、予算内に収まったか否かは判断できない。

貸付金額（円建て）の計画・実績比を見ると、実績は計画の約87%となっているが、これは円高要因が大きかったためである。

2. 工期

メキシコ側の予算調達の遅れ、初期運転時におけるトラブルの発生等の理由により、工期が幾分遅れたものの、設備はさほど大きな混乱もなく設置された。

3. 実施体制

本件の実施機関であるPEMEXは、1992年に4つの組織に分割され、製油部門（PEMEX- Pefinacion）が、本件に関する全ての事項を引き継いだ。本事業実施にあたっては、審査時に技術者不足の懸念等の問題があったものの、パフォーマンスは概ね良好であったといえる。

3) 効果（目標達成度）

1. 運転状況・運営状況

工事完了後は、各設備とも試運転段階でいくつかのトラブルが生じ、本格運転までに時間を要したが、最近では概ね良好な運転状態である。

サブ・プロジェクトAにより生産されている低硫黄重油のうち約1/6がメキシコシティ首都圏に、約5/6は首都圏以外の周辺部に供給されている。また、サブプロジェクトBによって生産されている低硫黄ディーゼル油のうち、約70%が首都圏に供給され、約30%が首都圏以外の周辺部に供給されている。

2. 定量的効果（大気汚染削減効果）

計画段階で試算された2000年におけるSO₂排出削減量（133,800トン/年）と実績値（85,750トン/年）とを比べると、実績値は計画値の約2/3となっている。また、首都圏内（40,130トン/年）での削減量は約3割となっている。削減量の実績値が計画値より大幅に下回っているのは、政府の政策変更による天然ガスへの大幅転換により重油の消費が減少したこと等によるものである。

（考察1）重油の天然ガスへの代替効果

これまで硫黄排出抑制策の1つとして、前述のとおり重油焚きでなく天然ガス焚き火力発電に転換されてきた。ここでは参考として、天然ガス焚きの代替の費用便益に関し、重油焚き火力発電所に供給しているプロジェクトAとの比較から硫黄削減の経済性検討を試みることにした。硫黄を同単位削減する天然ガス焚きの本事業との代替便益は、次のとおりとなる：

（本事業の設備建設費・維持管理費削減費：即ち機会便益）

-（天然ガス火力発電の設備転換費・維持管理費：即ち機会費用）

上記の方法によって算定された年次別便益費用に基づきEIRRを算出したところ、2.60%を得た。このことは、硫黄を同単位削減するには首都圏の火力発電が脱硫重油ではなく天然ガスを利用した方が硫黄抑制

の経済効率性が高いことを意味しており、結果としてこれまで重油焚きでなく天然ガス焚きに転換されてきた、ということを表付るものである。既に殆どの首都圏の発電所は、天然ガスに転換が進んでおり、現在、重油は燃料転換のコスト等の理由で天然ガスへの代替が困難な分野で利用されているので、脱硫重油を全廃して天然ガスに代替するべき、即ちサブ・プロジェクトAは必要ないということの意味するものではない。

(考察2) ディーゼル油脱硫の効果

1989年当時、首都圏大気の汚染源の約7割を占めると目されていた自動車排ガスへの対策については、週1日のノーカーデー、車両排ガス検査の強化、バスエンジンの低公害化、老朽車両の更新と触媒コンバータの設置等一連の行政指導が策定された。これら政策の一環として、ディーゼル油の低硫黄化を図るべくサブ・プロジェクトBが実施されることとなった。現在、サブ・プロジェクトBにより脱硫されているディーゼル油(硫黄含有率0.05%以下で世界最少)が首都圏および周辺部に供給されており、大気汚染抑制に貢献している。

4) インパクト

1. 環境へのインパクト

メキシコシティ首都圏の大気汚染改善に関与する部分を対象として、脱硫装置の設置による環境への効果(SO₂排出量の削減による人体の健康被害の減少)について、持続性咳(せき)・痰(たん)による所得減少および治療費用を算定し経済評価を行った。

算定方法

本事業のWith-Withoutのケースを以下のとおり想定した

With(本事業あり)のケース

1990年以降、サブ・プロジェクトA並びにBのプラント整備を含む大気汚染対策が実施されたことにより、首都圏内での硫黄排出量は大幅に抑制されることにより健康被害が防止され、今後とも本事業による大気汚染対策が継続的に実施される。

Without(本事業なし)のケース

サブ・プロジェクトA並びにBを含め首都圏における大気汚染対策が実施されず、1990年レベルのSO₂濃度が持続し、健康被害により持続性咳(せき)・痰(たん)による所得の減少と治療費が発生している。

本想定に基づき本事業のWith-Without比較便益は、次のとおりとなる：

(所得・治療費のWith-Without時の差額) - (With時のプラント建設費・維持管理費)

なお、本費用便益算出に当り、大気汚染防止対策全体にサブ・プロジェクトA並びにBによる硫黄排出寄与率を乗じ、また、トゥーラ製油所のサブ・プロジェクトA並びにBの全生産量に占める首都圏への供給比率のみを計上した。

EIRR算定結果

上記の方法によって算定された年次別便益、費用に基づきEIRRを算定したところ、サブ・プロジェクトAでは1.31~9.25%、また、トゥーラ製油所のサブ・プロジェクトBでは9.89~24.05%、サブ・プロジェクトAおよびBを合算すると4.37~13.85%と算定された。メキシコシティ首都圏に対する効果は、サブ・プロジェクトA並びにBとも十分な効果を得ているといえる。

2. その他のインパクト

本事業による間接効果として以下の事項が挙げられる。

建設段階での雇用の増加

従来の設備では使用できなかった高硫黄含有率の原油（重質マヤオイル）が使用可能となった

困難な技術の蓄積

建設段階での地域資源の利用（設備、材料）

5) 持続性・自立発展性

1. 維持管理体制

本事業によって設置された脱硫装置は、PEMEXの各製油所の専門スタッフによって運営維持管理されている。

各装置は、立ち上げ段階ではいくつかの技術的トラブルが発生したが、現在はそれも解決し、各装置とも良好に運転されており、運営維持管理体制は問題ないと判断される。

実施機関であるPEMEXはメキシコ唯一の石油精製を行う機関として、過去数十年にわたり製油所の運営を行ってきており、財務面でも将来的にも問題はないと思われる。

2. 製品の需要先

本事業の製品である低硫黄重油および低硫黄ディーゼル油の消費先は、今後ますますメキシコシティ首都圏以外の周辺地域が中心になっていくものと思われる。

なお、現在サブ・プロジェクトAにおける低硫黄重油の最大の需要先である発電所では、全面的に天然ガスに転換することが検討されている。そうなった場合には、低硫黄重油の首都圏周辺における受入先が無くなるという可能性がある。ただし、よりクリーンなエネルギーに転換されることとなるため、環境面からみれば望ましいことといえる。

3 教訓

サブ・プロジェクトA、Bの脱硫装置は計画通りに設置され、現在は順調に稼働しており、本件によって燃料に含まれる硫黄分が大幅に削減され、硫黄酸化物排出量の削減に大きく寄与したことも明らかである。

ただし、当初の想定とは異なり、火力発電所の天然ガスへの大幅転換等によりメキシコシティ首都圏内での消費量が少なくなり、製品が他地域にある程度供給されることとなったため、SO₂の削減が首都圏を含む広域に及ぶこととなった。

本件のように国家レベルの大規模な環境政策の一部として実施される事業については、その政策の変更との整合性について見直しを重ね、また、被援助国の政策と援助案件を最適に組み合わせることによって大きな効果が生まれるような工夫をしていくことが必要といえる。

主要計画 / 実績比較

1) 事業範囲

事業内容	計画(アプレイザル時)	実績	差分
1.サブ・プロジェクトA ・重油脱硫装置	1基(処理量5万バレル/日、 硫黄含有量0.8%以下)	同左	なし
2.サブ・プロジェクトB ディーゼル油脱硫装置 (トゥーラ製油所)	1基(処理量2万5千バレル/ 日、硫黄含有量0.1%以下)	1基(処理量2万5千バレル/ 日、硫黄含有量0.05%以下)	硫黄含有量0.1%以下 0.05%以下
ディーゼル油脱硫装置 (サラマンカ製油所)	同上	同左	同上
3.サブ・プロジェクトC ・硫黄回収装置	硫黄回収プラント1基新設 既存硫黄回収プラントの 改修1基	製油所廃止に伴い中止	設備設置せず
4.コンサルティング・サービス	160.8M/M	220.99M/M	60.19M/M

2) 工期

項目	計画(アプレイザル時)	実績	差分
1.サブ・プロジェクトA ・プロセス選定、基本設計 ・コントラクター選定、 詳細設計、機器調達、 建設工事	(59ヶ月) 1991.4~1992.4(13ヶ月) 1992.5~1996.2(46ヶ月)	(71ヶ月) 1991.3~1991.9(7ヶ月) 1991.10~1997.1(64ヶ月)	約1年遅れ
2.サブ・プロジェクトB ・プロセス選定、基本設計 ・コントラクター選定、 詳細設計、機器調達、 建設工事	(44ヶ月) 1991.4~1992.2(11ヶ月) 1992.3~1994.11(33ヶ月)	(67ヶ月) 1991.3~1992.1(11ヶ月) 1992.2~1996.9(56ヶ月)	23ヶ月遅延
3.サブ・プロジェクトC ・プロセス選定、基本設計 ・コントラクター選定、 詳細設計、機器調達、 建設工事	(42ヶ月) 1991.4~1992.2(11ヶ月) 1992.3~1994.8(31ヶ月)	-	設置せず
4.コンサルティング・サービス ・選定 ・コンサルティング・サービス	(72ヶ月) 1990.11~1991.3(5ヶ月) 1991.4~1996.2(67ヶ月)	(87ヶ月) 1990.11~1991.2(4ヶ月) 1991.3~1998.1(83ヶ月)	15ヶ月遅延

3) 事業費

項目	①計画 (アプレイザル時)			②実績			差分 (百万円)
	外貨 (百万円)	内貨 (千US\$)	合計 (百万円)	外貨 (百万円)	内貨 (千US\$)	合計 (百万円)	
1. サブ・プロジェクトA	18,798	246,864	56,569	-	635,254	73,689	△17,120
2. サブ・プロジェクトB	2,816	63,805	12,579	-	87,917	18,597	△6,018
3. サブ・プロジェクトC	398	8,766	1,739	-	-	-	1,739
4. コンサルティング・サービス	489	461	559	680	-	680	△ 121
5. 予備費	1,099	15,972	3,542	-	-	-	3,542
6. 建設金利	3,102	-	3,102	-	-	-	3,102
7. 税金等	-	93,858	14,361	-	-	-	14,361
総事業費	26,702	429,726	92,451	680	723,171	92,966	△ 515

※換算レート アプレイザル時:1ドル=153円
実績:1ドル=116円



導入設備①：トウーラ製油所HDR装置導入設備



②：トウーラ製油所HDD装置



導入設備③：サラマンカ製油所HDD装置