

中国

## 天津市第3ガス整備事業

評価者：岸野 優子  
現地調査：2004年9月

### 1. 事業の概要と円借款による協力



事業位置図



第3ガス工場のコークス炉

#### 1.1 背景

天津市は上海、北京に次ぐ中国有数の大都市で、人口は約1,000万人、その面積は約1.1万km<sup>2</sup>と秋田県とほぼ同じ広さを持ち、首都北京からは高速道路で約1時間の距離にある。改革・開放政策の下、中国沿海部の対外経済解放都市にも指定され、近年、多くの外国企業<sup>1</sup>が進出し、その経済発展には目を見張るものがある。

天津市におけるガス需給は、審査が行われた1994年当時で需要324万m<sup>3</sup>/日に対し、供給は207万m<sup>3</sup>/日と、大きな需給ギャップが生じ、ガス普及率も93年で80.9%（市街区の一般家庭用ガス普及率）と、いまだガスを利用できない市民も存在していた。そして、2000年には工業生産の伸びを背景に需要が443万m<sup>3</sup>/日まで増加することが予測され、今後さらに需給ギャップが拡大することが懸念されていた。また、ガスは石炭や重油の代替エネルギーとして位置付けられ、エネルギー効率向上と環境負荷軽減効果が期待されていた。

#### 1.2 目的

天津市において、生産量100万m<sup>3</sup>/日の石炭ガス化プラントを建設することにより、天津市の安定的なガスの供給と石炭・重油の代替を図り、もってガス需給ギャップの解消および環境改善に寄与する。

#### 1.3 借入人 / 実施機関

<sup>1</sup> 代表的な企業として、アメリカのGMやモトローラ、日本のダイハツ、ヤマハ、トヨタ等。

## 中華人民共和国財務部/建設部

### 1.4 借款契約概要

円借款承諾額 / 実行額	57 億 2,200 万円 / 57 億 2,000 万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1995 年 1 月 / 1995 年 1 月
借款契約条件	金利 2.6%、返済 30 年（うち据置 10 年） 一般アンタイト
貸付完了	2000 年 2 月
本体契約	現地企業
コンサルタント契約	
事業化調査（フィジビリティ・スタ ディ：F/S）等	1991 年 中国政府

## 2. 評価結果

### 2.1 妥当性

審査当時は、急速な経済成長を背景にガスの需給ギャップの拡大が見込まれており、本事業は、都市のガス化を重要課題の一つとして挙げていた中国の第八次 5 年計画（1991～95）や、天津市のガス需給バランスの改善を図ろうとした天津市第八次 5 年計画を基礎に実施された。また、本事業は各家庭の厨房用に使われている石炭や工業用の重油を、環境負荷の少ない石炭ガスで代替しようとするものであり、審査時における本事業の妥当性は認められる。

事後評価時において、第九次 5 年計画（96～2000 年）では、石炭を基礎エネルギーとしながらも、天然ガス等の開発が強化され、第十次 5 年計画（01～05 年）では、「西気東輸」<sup>2</sup>に代表されるとおり、中国政府は、エネルギー供給の多様化を図り、石炭消費の比重を減らして天然ガス<sup>3</sup>の比重を高めることを目標に掲げている。しかし、現在 1 次エネルギー消費に占める天然ガスの割合<sup>4</sup>はまだ少なく、エネルギーを安定的に供給して経済と国民生活水準を発展させていく観点から、石炭ガスは依然として大きな役割を果たしている。特に天津市では、鉄鋼工業区をはじめとして依然として安価な石炭ガスの需要が高く、需給バランスのためには本事業が不可欠である。また、本事業は国内外で需要の高い良質なコークスを副産物として産出していること等経済的にも大きな役割をもつ。したがって、本事業の妥当性は現在でも認められる。

<sup>2</sup> 新疆ウイグル自治区のタリム盆地の天然ガス資源を東部へ輸送する。新疆輪南 - 上海の長距離 4,200km パイプライン建設事業工事で 2004 年に完成。

<sup>3</sup> 天然ガスは石炭ガスに比べて単位あたりの価格が高いが、メタンを主成分としほとんど不純物を含まず、硫酸化物や煤塵を発生しないため、より環境にやさしく、エネルギー効率も高いというメリットがある。

<sup>4</sup> 2000 年 3.58%、2001 年 3.54%、2002 年 3.33%（中国能源統計年鑑）

## 2.2 効率性

### 2.2.1 アウトプット

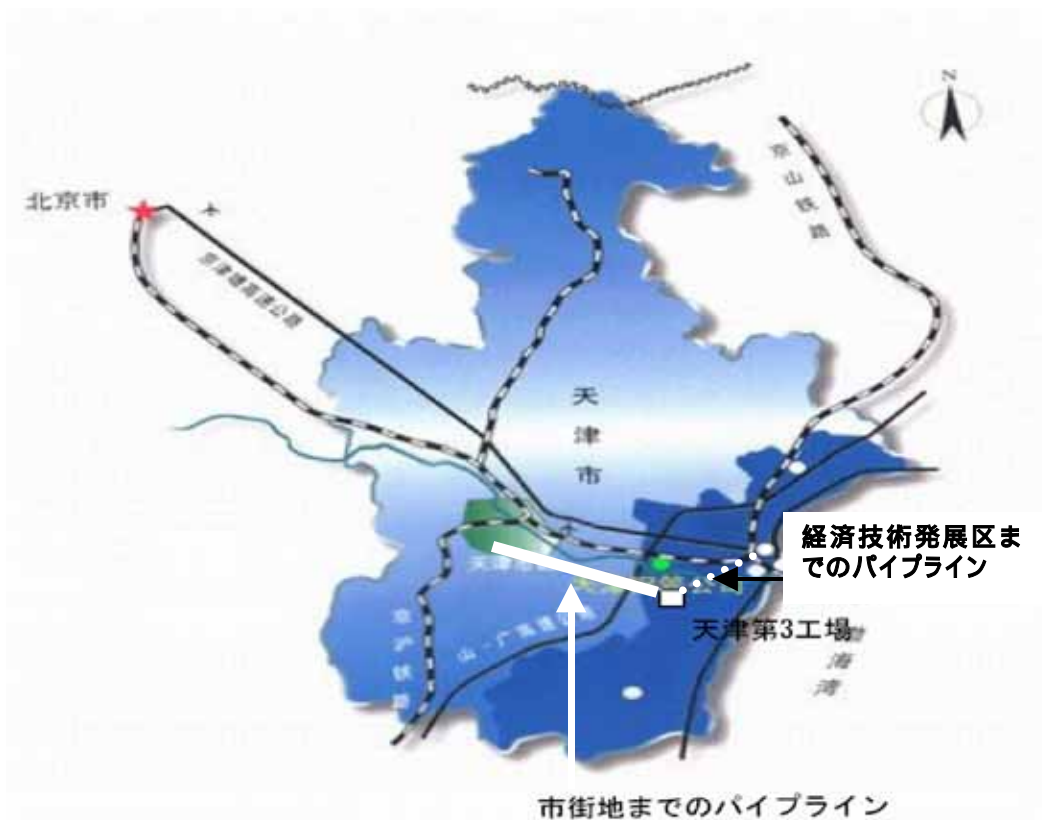
本事業は、天津市東麗区に石炭ガス化プラントを建設し、パイプラインでガスを供給するものである。円借款対象は以下の外貨のすべてである。

- (1) 石炭ガス化プラント（生産量：100 万m<sup>3</sup>/日）
- (2) 関連周辺施設（道路、給水設備、送電線、線路）
- (3) ガス輸送施設（パイプライン）

本事業では、ガス輸送施設（パイプライン）を除いてほぼ計画通りに石炭ガス化プラント、関連周辺施設等が建設された。当初、第3ガス工場で生産されたガスは、天津市街地へ輸送するためのパイプライン（18.5km）と、海河河口の経済技術発展区へ輸送するためのパイプライン（16.0km）で輸送される計画であった。しかし、天津市第九次5カ年計画で、経済技術発展区を含む工業開発区や新興住宅地区に天然ガスが供給されることが決定されたため、経済技術発展区までのパイプラインは取りやめられた。

なお、本事業で生産されたガスは、天津市街地のほか、自己資金で敷設したパイプラインによって海河下流鉄鋼工業区の2つの工場へ供給されている。

図1 天津第3工場とパイプライン



### 2.2.2 期間

本事業の期間は、計画では1994年12月～97年12月(37カ月)であったものの、実際には94年12月～2001年6月(79カ月)と計画比110%延長となった。延長の要因としては、緊縮財政下で銀行から資金調達が困難になり内貨不足を招いたことに加え、景気低迷と業績悪化のため企業からのガス化促進基金<sup>5</sup>が集まらなかったこと、円安局面で円建て契約を前提とした入札に関心を示す業者が少なく、業者への説明に時間を要したこと、住民移転や用地取得のための費用が増加したこと等が挙げられる。

### 2.2.3 事業費

事業費は、計画では134億8,000万円(うち円借款57億2,000万円)であったものの、実際には173億5,000万円(円借款57億1,000万円)と、38億7,000万円の増加(計画比28.7%増)となった。事業費増加の要因としては、1992年以降の二重価格是正等によるインフレーション、95年以降の円安、工期遅延等があげられる。

## 2.3 有効性

### 2.3.1 ガス生産量

本事業では、約100万m<sup>3</sup>/日(3億6,500万m<sup>3</sup>/年)のガスを生産する計画であった。実績は、事業が完成した2001年で21.8万m<sup>3</sup>/日(4,695万m<sup>3</sup>/年)、02年で79.2万m<sup>3</sup>/日(2億8,900万m<sup>3</sup>/年)と順調に増加し、03年には93.7万m<sup>3</sup>/日(3億4,200万m<sup>3</sup>/年)とほぼ計画を達成している(表1参照)。

当初計画ではガスの供給割合は、民用その他6:工業用4となっていた。しかし、天然ガスの供給量増加に伴い、一般家庭では天然ガスが利用され、安価な石炭ガスは工業用へより多く割り当てられることとなったため、現在の供給割合は民用その他2.5:工業用7.5となっている(表1参照)。

なお、1世帯あたりのガス年間消費量240m<sup>3</sup>と仮定すれば、本事業の推定受益者数は約35万世帯となる。一方、工業用の受益者は、天津鋼管公司与天津鋼鉄工場であり、天津鋼管公司是1996年に操業を開始し、シームレス鋼管<sup>6</sup>を年間約100万トン生産している。また、天津鋼鉄工場は04年に操業を開始し、年間約300万トンの鉄を生産している。

表1 第3ガス工場のガス供給量、供給先

(単位:万m<sup>3</sup>/日)

	計画		実績					
			2001年		2002年		2003年	
民用その他	60.3	60%	15.0	69%	19.8	25%	23.4	25%

<sup>5</sup> ガス供給不足と投資資金不足を解消することを目的とした基金で、各企業から将来のガス需要に基づき1トンあたり600元を徴収することを計画した。

<sup>6</sup> 溶接鋼管に対して、継ぎ目のない鋼管のこと。主に石油、ガス開発用の油井管に使われる。

工業用	40.2	40%	6.8	31%	59.4	75%	70.3	75%
合計	100.5	100%	21.8	100%	79.2	100%	93.7	100%

出所：天津天鉄コークス化学有限公司

### 2.3.2 石炭・重油の代替

本事業では、生産されるガスは石炭（一般家庭で利用されていた厨房用練炭）や重油（工業用の燃料）の代替エネルギーとして位置付けられ、エネルギー効率向上と環境負荷軽減効果が期待されていた。すなわち、石炭は石炭ガス化プラントでガスとして生産・利用されたほうが、一般家庭でそのまま利用された場合に比して、そのエネルギー効率は高く、粉塵等の発生等も抑えられる。本事業では、石炭ガス化のプロセスには完全密封型の高炉や総合脱硫脱アンモニア技術が採用され、エネルギー効率の改善や石炭燃焼時の二酸化硫黄等の排出抑制が図られている。

### 2.3.3 副産物の生産

本事業では、中国初の本格的な大型室炉式コークス炉が導入され、高炉で原料炭を蒸し焼きにする過程で、良質のコークスやベンゼン、タール、および硫黄が副産物として生産されている。特に、コークスは計画の 86 万トン/年に対し、2003 年には 100 万トン/年と計画を上回る実績で、事業収入に占めるシェアも大きい。高品質のコークスは旺盛な鉄鋼需要を背景に需要が高く、年間 20 万トンが日本へ輸出され、残りが国内で販売されている。特にコークスは、近年日本の鉄鋼業界等における需要確保が難しくなっているなか、本事業を通じ一定量のコークスが日本の関連企業に提供されている点は評価できる。

### 2.3.4 経済分析

#### 財務的内部収益率（FIRR）

審査時における財務的内部収益率（FIRR）は 8.1%であったが、評価にあたり再計算を行った結果 17.8%となった。審査時を上回る結果となった要因としては、旺盛な鉄鋼需要を背景にコークス販売価格が上昇したこと<sup>7</sup>等が挙げられる。なお、審査時における FIRR 算定の前提条件は以下のとおりである。

#### （前提条件）

- ・ プロジェクトライフ：30 年
- ・ 便益：ガスや副産物の販売による事業収入
- ・ 費用：事業費、維持管理費

#### 経済的内部収益率(EIRR)

<sup>7</sup> 審査時に 2004 年までの上昇幅は、国内用約 100%、輸出用約 367%に上る。

評価にあたっては、審査時において算定していた FIRR に加え、経済的内部収益率 (EIRR) の算定も行い、その結果 29.6% となった。なお、EIRR 算定にあたっての前提条件は以下のとおりである。

(前提条件)

- ・ プロジェクトライフ：30 年
- ・ 便益：ガス増産効果、コークス輸出効果、その他副産物増産効果、二酸化硫黄削減効果、事業地土地機会費用
- ・ 費用：事業費、維持管理費 (税金を除く)

## 2.4 インパクト

### 2.4.1 天津市のガス供給の安定化

天津市のガス需要は増加傾向にあり、2003 年には 518 万 m<sup>3</sup>/日と 1994 年度に比して 60% 増加している。一方、ガス供給は、天津市のエネルギー政策や、西部大開発政策により陝西省から北京まで天然ガスが輸送されるようになったこと等により、天然ガスの供給量が増加したため、01 年には 503 万 m<sup>3</sup>/日となり、需給ギャップはいったん解消された。その後、石炭ガスの供給は年々増加したものの、全体的なガス供給量は 02 年には 471 万 m<sup>3</sup>/日、03 年には 399 万 m<sup>3</sup>/日と減少した。その一方で需要は 02 年には 492 万 m<sup>3</sup>/日、03 年には 518 万 m<sup>3</sup>/日と増加しており、再び需給ギャップが生じている。需給ギャップ発生の要因として、天然ガスの増加を背景に液化石油ガスの供給が減少したこと、経済発展を背景に工業用の需要が増加していることの 2 点が挙げられる。

本事業で生産されるガスは、天津市のガス供給量の約 5% に過ぎないが、一般家庭におけるガス普及率は、1993 年の 80.9% から 01 年の 94.8%、02 年の 95.1%、03 年の 97.1% へと改善したことから、安定的なエネルギー供給に一定の役割を果たしていると考えられる。ただ、2.3.1 で述べたとおり、本事業から一般家庭用に供給されるガスの割合は、計画の 60% から 25% へ減少している。

表 3 天津市のガス種類別供給量とガス普及率

(単位：万 m<sup>3</sup>/日)

ガス種類	1994		2001		2002		2003	
	供給量	比重	供給量	比重	供給量	比重	供給量	比重
液化石油ガス	100	49%	376	75%	316	67%	218	54%
天然ガス	49	23%	89	18%	97	21%	114	29%
石炭ガス	58	28%	37	7%	58	12%	66	17%
第 1 工場	13.1		-		-		-	
第 2 工場	45.3		22		38.2		42.6	
第 3 工場	-		15		19.8		23.4	
供給合計	207	100%	503	100%	471	100%	399	100%
需要*	324		467		492		518	
需給ギャップ	117		36		21		119	

ガス普及率 (%)	80.9**	-	94.8	-	95.1	-	97.1	-
-----------	--------	---	------	---	------	---	------	---

出所：天津市統計年鑑、JBIC 資料

\*審査時の需要予測に基づき 2001 年以降を計算（年平均需要増加率 5.4%）

\*\*1993 年データ

## 2.4.2 天津市の工業の発展

表 4 に示されているように、天津市の事業が完成した翌年の 2002 年の鉄生産量は 482 万 5800 トンと 01 年に比して 22%の増加をみせている。本事業で生産されたガスの一部は、工業用として天津鋼管公司与天津鋼鐵工場に供給されており、本事業は天津市の鉄鋼業の発展に、エネルギーの安定的な供給という面から大きく貢献している。

表 4 天津市の鉄生産量

(単位: 万トン)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
鉄生産量	188.55	171.57	200.99	236.79	255.27	317.69	356.76	395.3	482.58
成長率		-9%	17%	18%	8%	24%	12%	11%	22%

出所：天津統計情報網

## 2.4.3 ガス利用による家事労働の軽減（受益者調査）

評価にあたっては、厨房用の燃料を練炭（石炭）から石炭ガスへ切り替えたことによる家事労働軽減効果を把握するため、天津市の市街地住民 102 人（有効回答数 90）を対象に受益者調査を実施した。その結果、60%が「家事労働時間が 1～2 時間減少した」、37%が「1 時間以下減少した」と回答し、節約された時間の多くは、子供や老人の世話、趣味等に充てられている。また、受益者調査からは、石炭ガスの利用によって、練炭を利用していた時に悩まされていた煤塵や煤煙等がなくなり、生活環境が改善されたことが明らかになった<sup>8</sup>。

## 2.4.4 環境への影響

本事業では、環境への負荷を軽減するために、完全密封型の大型室炉式コークス炉を採用し、煤塵の散逸を減らす装置を貯炭場に設置したほか、ボイラーには脱硫装置を増設し、ガスの浄化には総合脱硫脱アンモニア工業技術を取り入れた。この結果、石炭燃焼による二酸化硫黄の排出を抑えることに成功した。工場では、ISO を取得している他、工場内の観測点 5 カ所で大気、水、騒音のモニタリングを毎年実施しており、モニタリング結果はすべて国家基準を満たしている。また、本事業によって建設された第 3 工場は、他の石炭ガス工場よりも環境に対する影響が少ないことから、今後すべての石炭ガ

<sup>8</sup> 回答者のうち約 64%が本事業完成以前に石炭ガスへの切り替えをしていることや、ガスの供給元は本事業以外にもあることから（第 2 工場）家事労働や生活環境改善の効果のすべてが本事業によるものではない。

スの生産を本工場に集約する予定である<sup>9</sup>。

なお、天津市の大気汚染物質濃度は、国家基準は満たしているが二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）ともに増加傾向にある。天津市では、「石炭焼き小型ボイラーから大型ボイラーへの切替」「脱硫装置を取付け」「石炭から天然ガスや電気への切替」といった措置をとっているものの、工業発展による汚染物質の増加に追いついていないのが実情であり、登録自動車数の増加による排気ガスの増加も、SO<sub>2</sub>やNO<sub>2</sub>を増加させる要因となっている。

表5 天津市大気汚染物質濃度

(単位：mg/m<sup>3</sup>)

	1992	2000	2001	2002	2003
SO <sub>2</sub>	0.036	0.056	0.054	0.069	0.073
基準	0.15 (日本は0.04)				
NO <sub>2</sub>	0.035	0.053	0.048	0.046	0.051
基準	0.08 (日本は0.06)				
TSP	0.260	0.305	0.283		
基準	0.30 (日本は0.10)				

出所：天津市環境保護局

#### 2.4.5 住民移転

本事業により 7,821m<sup>3</sup>の土地が収用され、46世帯が移転の対象となった。実施機関へのヒアリングによれば、移転は土地管理法（1986年第二次修正）に基づき、政府土地管理部門と町内会が各世帯を訪問し、査定・審査・評価・合意というプロセスを経て、問題なく実施されたとのことである。また、移転住民への聞き取りからも、住居環境、第3工場への就職等、移転後の生活が改善されたことが確認され、移転後の生活にほぼ満足している様子がうかがえた<sup>10</sup>。

### 2.5 持続性

#### 2.5.1 実施機関

##### 2.5.1.1 技術

工場の技術者は、技術試験と学歴、技能、勤続年数、専門性等により、技術員、準技師、中級技師、高級技師とレベル分けされ、維持管理部門の技術者は88%が中級技師、22%が高級技師となっている。また、技術レベルの維持・向上のため、各種の座学研修と実地研修が行われ、各研修を修了するにあたっては試験に合格する必要がある（不合格の場合には再度受講）。このように、工場では維持管理に必要な技術レベルを確保するための研修制度等が整備されており、人員配置も人事評価結果に基づいて行われてい

<sup>9</sup> 石炭ガス第1工場は、施設の老朽化により環境に与える影響が大きいため閉鎖され、現在は天然ガスの貯蔵タンクとして使用されている。近年中に第2工場も同様に閉鎖される予定である。

<sup>10</sup> 今次調査で聞き取りできたのは4人だった。



ることから、技術面での問題はないと考えられる。

#### 2.5.1.2 体制

本事業の実施機関は建設部であり、具体的な実施部門は建設部の管理の下に置かれた第3工場（天津市の市営工場）であったが、2001年の生産開始後、第3工場は天津天鉄コークス有限公司として株式会社化され、国有企業の天津鉄鋼集团有限公司の傘下に入っている。

天津天鉄コークス化学有限公司は、2004年9月現在、11主要部局と、5つのプラント（水・電気、熱出力、化学物質回収、ガス、コークス）品質検査センター、輸送部、自動化部から構成され、1,433人の職員を擁している。維持管理は、11主要部局の一つである機動部によって行われている。

#### 2.5.1.3 財務

天津天鉄コークス化学有限公司では、2002年までは事業完成後間もないこともあり、稼働率が低く、営業利益および当期純利益とも赤字となっていた。しかし、03年からほぼ100%の生産体制に入ったことから、売上高が02年に比してほぼ倍増し、営業利益および純利益とも初の黒字化を達成している。また、剰余金も、設立当初に赤字が続いたことでマイナスとなっているものの、今後順調に生産が行われればプラスになるものと思われる。以上より、本事業の財務的持続性には問題はない。

#### 損益計算書

(単位：千元)

項目	2002	2003
売上	531,647	1,025,962
営業利益	10,004	75,169
純利益	17,738	50,508

#### 貸借対照表

(単位：千元)

項目	2002	2003
<b>資産の部</b>		
流動資産	265,304	435,672
固定資産	1,519,974	1,305,671
その他資産	103,147	192,816
<b>資産合計</b>	<b>1,888,426</b>	<b>1,934,160</b>
<b>負債の部</b>		
流動負債	293,526	336,264
固定負債	911,328	854,104

<b>負債合計</b>	1,204,855	1,190,369
<b>資本の部</b>		
資本金	658,278	698,278
法定準備金	81,000	50,711
剰余金	(55,707)	(5,198)
<b>資本合計</b>	683,571	743,791
<b>負債及び資本合計</b>	1,888,426	1,934,160

### 2.5.2 維持管理

施設の維持管理にあたっては、品質管理、環境管理、安全管理、事故予防体制、緊急時体制等 35 に及ぶ維持管理システムと手順書が整備されている。現地調査では、専門家によって石炭ガス精製工程や環境対策の水準が高いことが確認され、コークス炉、ガス精製設備、汚水処理施設等主要な設備・施設はほぼ適切に維持管理されていることが確認された。

## 3. フィードバック事項

### 3.1 教訓

なし。

### 3.2 提言

なし。

## 主要計画 / 実績比較

項 目	計 画	実 績
事業範囲		
1. 石炭ガス化プラント	前処理設備(貯炭場含む) コークス製造設備 ガス精製設備 ガス製造設備 発電設備 ガス貯蔵、工場内輸送設備 附帯設備 工場内インフラ設備 従業員用設備 その他	前処理設備(貯炭場含む) コークス製造設備 ガス精製設備 ガス製造設備 発電設備 ガス貯蔵、工場内輸送設備 附帯設備 工場内インフラ設備 従業員用設備 その他
2. 関連周辺施設	道路：アプローチ道路 4.1km 給水設備：パイプライン 2.5km 送電設備：送電線 2.8km 線路：引込み線 8.9km	道路：アプローチ道路 2.72km 給水設備：パイプライン 3.5km 送電設備：送電線 14.2km 線路：23.53km( 14km( 工場外側 )+6km ( 工場内側 ) 3.53km ( 引込み線 ))
3. ガス輸送施設	パイプライン： ガスプラント～天津市街区方面 18.5km ガスプラント～海河河口工業地区方面 16.0km	パイプライン： ガスプラント～天津市街区方面 18.5km ガスプラント～海河河口工業地区方面 取りやめ
工期	1994年12月 - 1997年12月 (37カ月)	1994年12月 - 2001年6月 (79カ月)
詳細設計	1994年1月 - 1994年12月	1994年1月 - 1995年12月
入札評価	1994年11月 - 1996年12月	1995年3月 - 1999年12月
石炭ガス化プラント	1994年11月 - 1997年12月	1996年7月 - 2001年5月
関連周辺施設	1994年11月 - 1997年12月	1998年1月 - 2000年10月
ガス輸送施設	1994年12月 - 1997年12月	1998年1月 - 2000年10月
事業費		
外貨	57億2,200万円	57億1,400万円
内貨	77億5,900万円 (現地通貨:元)	116億3,900万円 (現地通貨:元)
合計	134億8,100万円	173億5,300万円
うち円借款分	57億2,200万円	57億1,400万円
換算レート	1元 = 11.9円	1元 = 11.9円