

## 0. 要旨

本事業は、太原鋼鉄製鉄所において、クリーナープロダクション（CP）技術の導入、汚染物質処理設備の導入、エネルギーの効率利用を行うことにより、大気汚染、水質汚染、産業廃棄物による汚染等の環境改善を図り、もって太原市住民の生活環境の向上に寄与することを目的としていた。妥当性については、本事業の実施は中国及び山西省の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致している。また、本事業の目的である、大気汚染、水質汚染等の環境改善を図るという面で、概ね計画どおりの効果の発現が見られ、かつ、太原市住民の生活環境の向上に寄与しており、有効性・インパクトは高い。しかしながら、効率性については、事業費は計画を下回ったが、事業期間が計画を上回ったため、中程度である。本事業の持続性については、維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

## 1. 案件の概要



プロジェクト位置図



高炉ガスコンバインドサイクル発電設備（運転管理センター）

### 1.1 事業の背景

本事業審査時（2001年）、中国は主たるエネルギー源である石炭の燃焼による二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）、総浮遊粒子物質（TSP）、自動車からの排出を含む窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）等による大気汚染が深刻であった。また、都市部下水処理率は34.3%と低く、水質汚染も深刻な状況であった。さらに、経済成長に伴い、産業廃棄物も増加し続け、膨大な土地占有、河川・地下水への悪影響等も懸念されていた。

本事業対象地の山西省は石炭省と言われるほど石炭が豊富であり、それを活用した重工業が盛んな地域である。山西省の省都である太原市は重工業都市として発展してきたが、各企業の設備更新が遅れたこともあり、大気汚染状況は悪化の一途をたどっていた。1998

年には、世界保健機構（WHO）による世界で最も大気汚染の深刻な 10 都市に位置づけられた。さらに中国国内でも、国が定める各環境基準値に基づく総合評価（1999 年）において、全国 91 都市中、ワースト 1 位とランクされ、早急な大気汚染環境改善が求められていた。水質汚染についても、2000 年時点で太原市を縦断する汾河<sup>ふんが</sup>22 箇所<sup>の</sup>モニタリング地点のうち、飲料水源として使用可能な基準をクリアしたのは 1 箇所のみで、生活排水対策も緊急課題とされていた。

産業廃棄物発生量も多く、2000 年における省全体の発生総量は全国第 2 位であった。産業廃棄物の大半は、埋め立てや、再利用されていたが、適切に処理されず投棄されたものもあり、環境汚染が懸念されていた。審査当時、再利用率も若干低下の傾向にあり、増え続ける産業廃棄物に対しても、適切に対処する方策が求められていた。

## 1.2 事業概要

太原鋼鉄製鉄所において、クリーナープロダクション（CP）技術の導入、汚染物質処理設備の導入、エネルギーの効率利用を行うことにより、大気汚染、水質汚染、産業廃棄物による汚染等の環境改善を図り、もって太原市住民の生活環境の向上に寄与する。

本事業位置図を図 1 に示す。



図 1 事業位置図

円借款承諾額／実行額	14,144 百万円／13,994 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2002 年 3 月／2002 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年） 一般アンタイド（本体分） 二国間タイド（コンサルタント分）
借入人／実施機関	中華人民共和国政府/ 山西省人民政府
貸付完了	2009 年 10 月
本体契約	Sinosteel Equipment & Engineering Company（中国）/ 丸紅／新日本製鐵、Acre Coking & Refractory Engineering Consulting Corporation（中国）/スチール プランティック/神鋼商事、Hangzhou Steam Turbine Co., Ltd.（中国）/丸紅/三菱重工業、China CMIIC Engineering Corp.（中国）、China National Heavy Machinery Corp.（中国）
コンサルタント契約	—
関連調査等（フィージビリティ・スタディ： F/S）（if any）	太原鋼鉄有限公司設計院による F/S（2001 年）
関連事業（if any）	なし

## 2. 調査の概要

### 2.1 外部評価者

川畑安弘（三州技術コンサルタント株式会社）

### 2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2011 年 7 月～2012 年 9 月

現地調査：2011 年 10 月 9 日～10 月 22 日、2012 年 2 月 14 日～2 月 24 日

## 3. 評価結果（レーティング：A<sup>1</sup>）

### 3.1 妥当性（レーティング：③<sup>2</sup>）

#### 3.1.1 開発政策との整合性

中国第 9 次 5 ヶ年環境保護計画（1996-2000）では、2000 年に SO<sub>2</sub>、煤塵、COD 等、主要な汚染物質の総排出量を 1995 年レベル〔SO<sub>2</sub>（23.7 百万トン）、煤塵（17.44 百万トン）、COD（22.33 百万トン）〕までに削減するという総量規制目標を掲げ、工業汚染対策、下水道・都市ガス等、都市環境基盤整備に取り組むとしていた。また、第 10 次 5 ヶ年環境保護計画（2001-2005）においては、さらなる環境改善を図るため、主要汚染物質の総排出量を 2000 年比 10%削減することを目標としていた。これを踏まえ、冶金工業第 10 次 5 ヶ年計画においては、太原鋼鉄集団有限公司を含むモデル 14 企業で

<sup>1</sup> A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

<sup>2</sup> ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

のクリーナープロダクション（CD）実施が計画されていた。また、山西省太原市 10 次 5 ヶ年計画（2001-2005）においては、1)石炭燃焼型汚染の抑制、2)工業汚染源対策の強化、3)飲料水源の保護、4)汾河の太原地点での水質改善、5)産業廃棄物汚染対策の強化を含む環境改善プログラムが策定されていた。

一方、現中国第 12 次 5 ヶ年環境保護計画（2011-2015）において、その主目標は、主汚染物質の排出削減を図り、国内の環境が明らかに改善されることである。そのため、COD、SO<sub>2</sub>については、対 2010 年比 8%減、アンモニア窒素、NO<sub>x</sub>については 10%減を目標としており、その達成のため、1)排出総量削減をさらに進める、2)環境改善対策を強化する、3)環境リスクを低減する、4)環境問題に対処する基本的公共サービスを改善する、等の戦略を策定している。山西省太原市 11 次 5 ヶ年計画（2006-2010）においては、経済成長方策を転換するとともに、資源保護に取り組み、環境に優しい都市作りを目指すとしている。そのため、太原市第 11 次 5 ヶ年環境保護計画（2006-2010）においては、1)環境汚染状況の悪化抑制、2)資源有効利用の促進、3)汚染物質総排出量の削減、4)生態系/環境状況の改善等が掲げられていた。

### 3.1.2 開発ニーズとの整合性

本事業審査当時、山西省は国内におけるエネルギー産業、重工業及び科学工業の重要基地であるとともに、石炭、冶金、機械、化学、電力産業等の国内有数の拠点であったが、老朽化した設備が使用されていることにより、環境汚染は深刻化、中でも省都である太原市は山西省内で環境汚染がもっとも著しい状況にあった。特に、山西省最大の汚染物質排出企業である太原鋼鉄製鉄所<sup>3</sup>が有効な公害対策無しに増産を続ければ、省内の環境がさらに悪化することが必至であった。そのため、大気環境改善、生活排水対策、及び産業廃棄物の適切な処理は緊急に対応すべき課題とされていた。

山西省太原市 11 次 5 ヶ年計画（2006-2010）においては、引き続き大気汚染の改善を図るべく「青空行動計画」を実行し、汚染物質を大量に排出する企業の移転、改善、閉鎖を進めるとしている。また、移転の難しい大企業については汚染源の抑制改善を指導するとしている。水質保護については、水源の水質保護を強化するとともに、下水の再利用率を高め、工業/生活廃水の河川への排水を禁止することとしている。また、産業廃棄物の再利用率も高め、2010 年までにその率を 95%までに達成する必要があるとしている。

### 3.1.3 日本の援助政策との整合性

外務省が定める国別援助方針にあたる対中経済協力計画（2001 年）では、「汚染や破壊が深刻化している環境や生態系の保全、内陸部の貧困緩和及び社会開発、人材育成、制度策定、技術移転等を中心とする分野の優先」が方針として策定された。さらに、「環境問題等、地球規模の問題に対処するための援助協力」が重点分野の最重要課題とされていた。

<sup>3</sup> 従業員数 72,000 人の大規模国有企業で、中国最大のステンレス鋼板及び電磁鋼メーカー

以上より、本事業の実施は中国及び山西省の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

### 3.2 有効性<sup>4</sup>（レーティング：③）

#### 3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

##### (1) 太原鋼鉄製鉄所の汚染物質排出量等

本事業完成後の太原鋼鉄製鉄所の汚染物質排出量等（本事業範囲のみ）を表1に示す。

表1 太原鋼鉄製鉄所の汚染物質排出量等（本事業範囲のみ）

指標	単位	2000 基準年	2007	2008	2009	2010
SO <sub>2</sub> （二酸化硫黄）	ton/年	3,048	2,500 (250)	303	245	240
煤塵	ton/年	1,124	650 (166)	161	160	156
H <sub>2</sub> S（硫化水素）	ton/年	23.3	23.3 (0)	23.3	0	0
HCN（青酸ガス）	ton/年	10.4	10.4 (0)	10.4	0	0
石炭使用量削減	千 ton/年	-	- (239.6) <sup>5</sup>	60.8	193.9	279.8
COD（化学的酸素要求量）	ton/年	4,525	200 (110)	75	0	0
油	ton/年	70	2.8 (3.7)	1.2	0	0
SS（浮遊物質）	ton/年	2,309	50 (36.5)	0	0	0
BOD（生物化学的酸素要求量）	ton/年	1,118	- (36.5)	13	0	0
NH <sub>3</sub> N（アンモニア性窒素）	ton/年	406	20 (9.1)	4	0	0
スラグリサイクル量	千 ton/年	-	- (500) <sup>6</sup>	1,450	1,515	1,550

出典：質問票への回答

注1：（ ）内数字は計画段階での予測値（目標値）

SO<sub>2</sub>（二酸化硫黄）排出量は、2000年（基準年）から2007年までに若干低減し、本事業完成後（2008年）激減した。2010年時点での排出量は事業完成後の予測排出量（250トン/年）以下の240トン/年（2000年実績の約8%）まで減少している。煤塵についても、本事業完成後、激減し、2010年時点での排出量は事業実施後の予測排出量（166トン/年）以下の156トン/年（2000年実績の14%）まで減少している。硫化水素、青酸ガス、COD、油、浮遊物質、BOD、アンモニア性窒素については、事業完成後、殆ど排出されていない。

<sup>4</sup> 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

<sup>5</sup> 事業開始後、数設備の仕様の見直し（詳細は3.4.1.アウトプットに記載）があり、削減量に変更されたが、これらの設備がどのように、削減に影響したのか不明なため、完成後の計画値は審査時の計画値をそのまま使用。

<sup>6</sup> 計画リサイクル量に関しても、事業開始後の仕様の見直しにより、スラグ処理能力が約3倍に増強されたため、リサイクル量も当初予定（50万トン）の3倍、約150万トンを計画リサイクル量と仮定した。

石炭使用量については、事業完成直後<sup>7</sup>（2009年）の削減量は19万トンに留まったが、2010年には、計画削減量（約24万トン）を超え、約28万トンまで増加している。

また、事業実施前、鉄溶融後の屑であるスラグは破砕処理せず、そのまま処分されていたが、本事業で処理施設を導入することで、スラグを土木資材として再利用することが可能となり、効果発現後（スラグ処理施設は2007年12月に完成）の2008年にはほぼ計画（約150万トン）通りの145万トン、現時点（2010）で155万トンが土木資材等としてリサイクルされている。

## (2) 太原市の環境指標

本事業完成後の太原市環境の改善状況を表2に示す。

表2 太原市環境の改善状況（都市部の総排出量）

指標	単位	2000年 基準年	2007	2008	2009	2010
SO <sub>2</sub> (二酸化硫黄)	Ton/年	198,226	106,650 (67,000)	100,089	90,487	94,233
	mg/N m <sup>3</sup>	0.200	0.077 (0.06)	0.073	0.059	0.056
TSP/PM10 (粒子状物質)	mg/N m <sup>3</sup>	0.401	0.124 (0.1)	0.094	0.091	0.089

出典：PCR、質問票への回答、太原統計年鑑 2008-2011

注1：（ ）内数字は計画時点での予測値

注2：2001年以降、太原市での空中浮遊物質モニタリング指標はTSPからPM10に変更

2008年には、太原市の他主要企業の環境改善対策の成果と併せてSO<sub>2</sub>量はトン単位で事業実施前（2000年）の約50%、mg/N m<sup>3</sup>単位で約63%減少している。また、2010年時点での排出量は基準年の排出量より52%（トン単位）減少している。太原市のGDPが2010時点で、対2008年比、約17%上昇し、工業生産量も増加したにも係らず、SO<sub>2</sub>量はほぼ一定している。なお、2000年（基準年）では、太原鋼鉄製鉄所から排出されるSO<sub>2</sub>量は太原市全体で排出されるSO<sub>2</sub>量の約1.54%を占めていたが、2010年時点では、約0.25%まで減少している。TSP/PM10（粒子状物質）については、太原市の大気汚染対策が功を奏し、2010年時点で対事業実施前（2000年）の数値の78%減少している。

### 3.2.2 定性的効果

#### (1) 大気汚染、水質汚染等の環境改善

また、事後評価においては、事業対象地区において、インタビュー形式による受益者調査を行った。回答者数は100人、回答者の性別による比率は女性50%、男性50%である。主な調査結果は次のとおりである。大気質の改善については、調査回答者のほぼ全員が事業完成（2008年12月）後、改善したと回答している。改善の程度については44%の人が「大きく改善した」、55%が「やや改善した」と認識している。また、汾河の水質については、調査回答者全員が事業完成後、改善したと回答している。改善の程度につ

<sup>7</sup> 審査時の事業完成予定年は2006年12月であったが、工事が遅れたため2008年12月まで延長された。詳細は3.4.2.2 事業期間に記載

いては49%の人が「大きく改善した」、51%が「やや改善した」と認識している。

### 3.3 インパクト

#### 3.3.1 インパクトの発現状況

##### (1) 都市/生活環境の改善

上述のように、太原鋼鉄は同市における主要汚染源企業の一つであった。したがって、太原鋼鉄の環境改善を目的とした本事業の実施は太原市の環境改善に大きく寄与するものと想定されていた。事業実施前後の同市における環境の変化を表3に示す。

表3 事業実施前後の同市における環境の変化

指標	2007	2008	2009	2010
工業排水放出量 (百万トン/年)	31.04	26.25	24.83	25.57
工業粉塵排出量 (千トン/年)	35.97	32.35	30.46	27.85
工業固体廃物生産量 (百万トン/年)	26.39	25.32	24.10	25.54
工業固体廃物排出量 (百万トン/年)	0.45	0.19	0.09	0.08
太原市 GDP (億元)	1,291	1,526	1,545	1,778
および伸び率		(18.2%)	(1.2%)	(15.0%)

出典：太原統計年鑑 2008-2011

GDPについては、2009年度はリーマンショックによる経済危機により対前年比、ほぼ横ばいになっており、各指標も微減になっている。しかしながら、事業完成前 2007年の指標を 2010年の指標と比較してみると、GDPは約38%増加したにも関わらず、本事業の貢献もあり、各指標は減少（特に粉塵排出量は大幅に減少）しており、太原市の環境対策への取り組みの成果が明確になっている。

受益者調査による生活環境改善に関する住民の認識状況を表4及び表5に示す。

表4 生活環境（大気質）の改善に関する住民の認識

大気質改善による効果（複数回答）	%
粉塵による衣類の汚れの低減	91
せきや目の痛みの低減	91
洗濯物の戸外での乾燥が可能	98
粉塵防護のためのマスク及びサングラス使用が不要となった	74

表5 生活環境（水質）の改善に関する住民の認識

水質（汾河）の改善（複数回答）	%
濁度が改善された	100
以前より臭わなくなった	98
魚釣りが可能となった	98
農業用水として使用可能となった	97
河沿岸の景観が改善された	100

太原市の生活環境（大気質、水質）の改善は、本事業による効果だけによるものではないが、同市の重点汚染源企業であった同製鉄所の環境改善は、本事業完成後、同市の生活環境（大気質、水質）が「大きく改善した」（36%）、「やや改善した」（64%）と

いう調査結果からも、本事業の貢献が認識されている。

本事業に対する総合的評価としては、受益者調査回答者 15%が非常に満足、85%の人が、やや満足と回答している。これらの結果から、一般市民も、都市/生活環境の改善効果を認めていることが確認できた。

### 3.3.2 その他、正負のインパクト

#### (1) 自然環境へのインパクト

本事業から発生した建設廃材は太原鋼鉄所内の特別処理場に運搬され、適切に処分されている。また、現在、太原鋼鉄（現山西太鋼ステンレス鋼公司）環境保護局（職員数 50 名）が場内 87 箇所の噴出口及び 4 箇所の排水口で数値を自動計測モニターしており、それぞれが排出基準内と報告されている。また、そのモニタリング結果は太原市環境保護局に報告されているが、特に問題は指摘されていない。

#### (2) 住民移転・用地取得

本事業は製鉄所敷地内の各施設/設備の改善・改良であり、新たな用地取得は生じていない。ただし、実施機関からのヒアリングによると、下水処理施設計画用地内に社員 2 世帯が居住していたため、移転補償料について、時間を掛けて交渉を行い、完全な合意後に工事に着手している。

以上より、本事業の実施により概ね計画どおりの効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高い。

## 3.4 効率性（レーティング：②）

### 3.4.1 アウトプット

本事業におけるアウトプット（計画及び実績）を表 6 に示す。

#### (1) 太原鋼鉄製鉄所の汚染対策設備の整備/対策

表 6 アウトプット比較（計画/実績）

項目	当初計画	実績
1. コークス乾式消火設備	コークス炉 (No. 5, No.6) 2 基への CDQ 設備設置 (処理能力 110 t/時)	コークス炉 1 基 (No.7) への CDQ 設備設置 (処理能力 150 t/時)
2. コークス炉ガス処理設備	脱硫設備の設置 (処理能力 63,000 m <sup>3</sup> /時) 真空炭酸塩/クラウス方式	脱硫設備処理能力を 130,000 m <sup>3</sup> /時へ増強するとともに処理方法 (MEA 脱硫/硫黄酸回収方式) の変更
3. 高炉ガスコンバインドサイクル発電設備	コンバインドサイクル発電設備の建設 (出力 81.4MW)	コンバインドサイクル発電設備の出力を 51.6MW に変更
4. 高炉炉頂圧発電設備	第三高炉への発電設備設置 (出力約 6MW)	第三高炉への発電設備設置 (出力) を 12MW へ変更
5. 電炉環境改善対策	集塵機付電炉建設 (容量約 90t) 旧式小型電炉 6 基の廃棄	計画どおり
6. スラグ処理設備	スラグ処理設備の設置: 年間処理能力、約 380,000t (普通鋼)、120,000t (ステンレス)	スラグ処理設備の設置: 年間処理能力、約 920,000t (普通鋼)、760,000t (ステンレス)
7. 下水処理設備	居住区の下水を活性汚泥で処理する設備の設置 (処理能力: 50,000 m <sup>3</sup> /日)	計画どおり

出典：PCR、質問票への回答

CDQ：Coke Dry Quenching



本事業下の汚染対策設備は建設/設置されたが、仕様に関して一部変更が生じた。主なアウトプットの変更点は次のとおりである。

- 1) コークス乾式消火設備：当初 No.5 及び No.6 炉への設置を予定していたが、両炉が廃棄処分（処分決定は 2005 年 9 月）されたため、新設の No.7 炉へ設置。処理能力も当初の 110 t/時から 150 t/時へ増強。もう一つの new 炉 No.8 炉の設備は自己資金で設置。
- 2) 当初予定の処理方式では No. 7 及び 8 炉の処理能力に対応出来ないため、脱硫設備処理能力を 130,000 m<sup>3</sup>/時へ増強するとともに処理方法も変更。
- 3) 当初予定の出力 81.4MW に対応する発電機器が既成品で無かったため、51.6MW の機器調達に変更。
- 4) 高炉の容積を 1,200 m<sup>3</sup>から 1,800 m<sup>3</sup>へ増量したため、タービンの規格を高め、発電出力も 12MW へ増強。
- 5) 鋼材生産量を増加させたため、スラグ量も増加、それに伴い、スラグ処理能力の増強も必要となった。スラグ処理設備の年間処理能力を普通鋼は約 920,000t へ、ステンレスは 760,000t へ増強。

借款契約調印後（2003 年）、将来需要予測に基づく生産能力向上の必要性が検討された。その結果、さらに生産能力を高める必要があると判断され、一部項目について、設計変更が行われた。この変更は技術革新に迅速に対応すべき企業にとっては必要な事であり、変更は妥当なものと考えられる。

## (2) コンサルティングサービス

当初計画のコンサルティングサービスは、コークス乾式消火設備（5M/M）、コークス炉ガス処理設備（6M/M）、高炉炉頂圧発電設備（10M/M）、電炉環境改善対策（9M/M）に係る業務でインプットは合計 30M/M と見込まれていた。また、業務内容は、入札補助、詳細設計レビュー、施工管理補助及び環境配慮（環境改善効果のチェック）であった。ただし、実際のインプットはコークス炉ガス処理設備（6M/M）に関する業務に対して、有資格のコンサルタントが、関心表明を提出しなかったため実施されなかった（合計 24M/M）。



電炉環境改善対策



コークス炉ガス処理設備（脱硫設備）

### 3.4.2 インプット

#### 3.4.2.1 事業費

審査時に積算された総事業費は 234 億 300 万円（内、円借款は外貨分のみに充てられ、総額 141 億 4,400 万円、残りは太原鋼鉄負担）であった。事業実施中に仕様の見直しがあり、計画総事業費は 260 億 7,200 万円（内、円借款は外貨分のみに充てられ、総額 141 億 4,400 万円、残りは太原鋼鉄負担）となった。実績は 257 億 3,400 万円（内、円借款は 139 億 9,500 万円、残りは太原鋼鉄負担）であり、修正された仕様に基づく計画事業費に対する総事業比実績は計画比 98.7% であり、計画を下回った。

表 7 事業費比較（計画値/実績値）

項目	計画値					実績値				
	外貨	内貨		合計		外貨	内貨		合計	
	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円
コークス乾式消火設備	1,722	41	618	156 (373)	2,340 (5,140)	1,945	243.78	3,604	375.39	5,549
コークス炉ガス処理設備	495	46	696	79 (194)	1,191 (2,673)	1,749	47.5	702	165.81	2,451
高炉ガスコンバインドサイクル発電設備	5,897	76	1,145	469	7,042	4,971	105.4	1,558	441.69	6,529
高炉頂圧電設備	635	13	201	56	836	285	7.96	118	27.26	403
電炉環境改善対策	3,171	183	2,746	394	5,917	3,623	243	3,592	488.09	7,215
スラグ処理設備	524	22	326	57	850	955	97.9	1,447	162.49	2,402
下水処理設備	437	28	413	57	850	385	48.6	718	74.62	1,103
税金・管理費等	0	174	2,608	174	2,608	14	-	-	0.95	14
コンサルティングサービス	104	0	0	7	104	68	-	-	4.60	68
物価上昇費	492	5	78	38	570	-	-	-	-	-
予備費	667	29	428	73	1,095	-	-	-	-	-
合計	14,144	617	9,259	1,560 (1,892)	23,403 (26,072)	13,995	794.14	11,739	1740.90	25,734

出典：審査資料、PCR、質問票への回答

注 1：審査時の為替レート：1 元=15 円、評価時点での為替レート：1 元=14.782 円（2004 年 7 月-2009 年 3 月の単純平均）

注 2：評価時点での税金、管理費、予備費等は各項目事業費に含まれている。

注 3：コークス乾式消火設備及びコークス炉ガス処理設備については、正式な手続きを経て仕様の変更が認められたため、再見積もりされた新たな計画値を設定（カッコ内数字）。なお、再見積もり時点（2005 年 9 月）での為替レートは 1 元=13.78 円

当初計画に対する事業費の主な増加/減少理由は次のとおりである。

- 1) コークス乾式消火設備の乾式消火プラントの処能力を 110 t/時から 150 t/時に増強したことにより、ヒートボイラー及びジェネレーターのパフォーマンスもアップさせたことによる工費の増加。ただし、修正計画値に対する実績値はほぼ計画どおりである。
- 2) コークス炉ガス処理設備の脱硫設備処理能力を 130,000 m<sup>3</sup>/時へ増強するとともに処理方法も変更。ただし、修正計画値に対する実績値は計画を下回った。
- 3) 高炉ガスコンバインドサイクル発電設備の出力を低減して建設したことによる工費の低減。
- 4) 高炉頂圧発電設備の工費積算については、計画時点で、機材は輸入品を想定してい

たが、実際に落札した業者が国産品を納入したことにより、工費削減となった。

- 5) 電炉環境改善対策については、最新式の機材（輸入品）を調達したこと及び当初、屋根だけ設置する計画であった電炉施設に、建物を建設したことにより、工費増加となった。
- 6) スラグ処理設備については、工期の遅延と処理能力増強により、工費の増加となった。
- 7) 下水処理設備については、鋼材及びセメント等の資材価格が上昇したため、内貨で賄う土木/据付工事費が増加。

#### 3.4.2.2 事業期間

事業実施期間は、計画を上回った。審査時に計画された 2002 年 3 月（L/A 調印月）より 2006 年 12 月（工事完成）の 58 ヶ月に対して、実績は 2002 年 12 月（L/A 調印月）より 2008 年 12 月（工事完成）の 82 ヶ月であり、計画比 141%であった。

事業期間延長の主な理由は次のとおりである。

- 1) 実施機関担当者が JICA の調達手順/手続きに不慣れだったことと、LA 締結後の国内手続きに時間を要したことで、一部サブプロジェクトに関して、事業実施が当初予定より、約 2 年の遅れが生じた。
- 2) コークス乾式消火設備に関して、事業内容の変更、設計のやり直し/変更が発生した。（No.5 及び No.6 炉の廃棄、No.7 及び No.8 炉の新設）。
- 3) コークス炉ガス処理設備については、当初、1 パッケージで国際入札（ICB）を実施したが、入札が不調に終わったため、2 パッケージは随意契約、1 件は ICB で再入札を実施したため、工期の遅延を招いた。
- 4) 高炉ガスコンバインドサイクル発電設備に関しては、ガスタービン量とガス排出炉容量との整合を図るための技術的な再検討に時間を要した。
- 5) スラグ処理設備は当初、ICB3 パッケージで入札を実施したが、入札が不調に終わったため、2 パッケージは ICB、1 件は随意契約で再入札を実施したため、工期の遅延を招いた。
- 6) 下水処理設備に関しては、施設計画用地内に 2 世帯が居住していたが、その移転交渉に時間を要し、完全な合意後に工事を着手したため、遅延が生じた。



スラグ処理設備



下水処理施設

### 3.4.3 内部収益率

#### 財務的内部収益率 (FIRR)

審査時の FIRR 算定に用いた前提/仮定条件と同条件で算定した評価時点における FIRR 値を表 8 に示す (実施機関による算定)。サブプロジェクトにより、工費が大幅に増加した項目 (仕様を高規格に変更) があるが、便益も同時に増大するため、結果的に各サブプロジェクトの FIRR は計画時の予測値より、若干高い数値となった。

表 8 FIRR (計画時/事後評価時)

設備	便益	費用	FIRR (%)	
			計画時	事後評価時
コークス乾式消化	回収蒸気等	建設費 維持管理費	8.0	8.1
コークス炉ガス処理	コークスガス等	同上	7.8	7.9
高炉ガスコンバインドサイクル発電	電気等	同上	10.8	11.5
高炉炉頂圧発電	電気等	同上	7.3	7.7
電炉環境改善対策	製造コストの減少	同上	8.3	9.6
スラグ処理	土木資材としてのリサイクルスラグ等	同上	7.7	8.9
下水処理	リサイクル用水再利用	同上	4.4	6.2

注：プロジェクトライフ 20年

以上より、本事業は、事業費は計画を下回ったが、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

### 3.5 持続性 (レーティング：③)

#### 3.5.1 運営・維持管理の体制

太原鋼鉄の子会社である山西太鋼ステンレス鋼公司 (太原鋼鉄が 64.24% の株所有) が現在、本事業で建設された諸施設の運用・維持管理を担当している。なお、山西太鋼ステンレス鋼公司は 1998 年に設立され、深圳証券取引所に上場、2006 年 6 月には親会社の主要資産 (製鋼部門及び関連機材) を買い取り、中国最大の製鋼メーカーとなった。なお、同公司は会長、総支配人の下、21 部局よりなり、総従業員数は約 21,000 人である。各施設/プラントの運転・維持管理担当の職員数を表 9 に示す。運転・維持管理にも十分な人員が配置されており、体制上の問題は見られない。

表 9 各施設/プラントの運転・維持管理担当の職員数

施設	職員数
コークス乾式消火設備	33
コークス炉ガス処理設備	15
高炉ガスコンバインドサイクル発電設備	22
高炉炉頂圧発電設備	12
特殊鋼プラント/溶鋼部門 (電炉環境改善対策)	52
スラグ処理設備	20
下水処理施設/エネルギー源/パワープラントの深度プロセス	12
計	166

出典：質問票への回答

### 3.5.2 運営・維持管理の技術

各施設/プラントの運転・維持管理担当職員の技術レベルは表 10 に示すとおりである。

**表 10 各施設/プラントの運転・維持管理担当職員の技術レベル**

施設	技術レベル
コークス乾式消火設備	大学、短大、高校、職業学校卒からなり、技術レベルはジュニア技師レベル程度で機械維持補修において 3 年以上の経験を有している。
コークス炉ガス処理設備	高校、職業学校卒からなり、技術レベルは技師レベル程度で機械維持補修において 10 年以上の経験を有している。
高炉ガスコンバインドサイクル発電設備	22 人の職員の内、5 人は大学卒、3 人は技術短大卒で、技術レベルはジュニア/中級技師レベル程度である。電気/ガス/ボイラー/蒸気タービン分野等で 10 年以上の経験を有している職員が数名おり、残りは新卒の職員が殆どである。
高炉炉頂圧発電設備	12 人の職員の内、1 人は大学卒、8 人は技術短大卒で、技術レベルは技師レベル程度である。全員、電気系運転等で 10 年以上の経験を有している。
特殊鋼プラント/溶鋼部門 (電炉環境改善対策)	52 人の職員の内、1 人が院卒、2 人が大学卒、残り 49 人は高校卒で、技術レベルはジュニア/中級技師レベル程度である。全員が溶鋼分野等で 8 年以上の経験を有している。
スラグ処理設備	20 人の職員の内、1 人が大学卒、1 人が技術短大卒、残り 18 人は高校卒で、技術レベルはジュニア/中級技師レベル程度である。
下水処理施設	12 人の職員の内、2 人が大学卒、6 人が技術短大卒、残り 4 人は高校卒で、全員、就業以来、下水処理業務に従事している。

出典：質問票への回答

研修については、職員は太原鋼鉄研修センター及び外部機関での各分野の研修科目（2 日から約 40 日間）を受講している。（2010 年度実績）。研修科目は 16 科目で、受講職員数は、科目によるが、1 名から 22 名である。

製鉄所視察時の職員に対するヒアリングから、職員の技術力に特に問題は見られず、設備毎のマニュアル/ガイドライン等も次の図書/文書を含み、整備されている。

- ・ TISCO CDQ 機材維持管理規定（TISCO コーク炉、2008）
- ・ 脱硫処理マニュアル、酸製造運転マニュアル
- ・ ガスタービン運転規定
- ・ ガス及び関連知識（TISCO 研修センター）
- ・ 電気製鋼過程マニュアル（TISCO）
- ・ 鉄スラグ処理過程及び運転マニュアル
- ・ 地方下水処理機材維持管理規定/技術運転規定（TISCO 上水供給所、2007）

### 3.5.3 運営・維持管理の財務

山西太鋼ステンレス鋼会社の過去 3 年間の収支状況を表 11 に示す。

表 11 山西太鋼ステンレス鋼会社の過去 3 年間の収支状況

単位：千元

項目	2008	2009	2010
主営業収入	71,330,765	57,970,542	75,339,849
運営費用	62,902,972	51,487,557	67,833,736
税金及び諸費用	262,251	77,921	75,165
販売費用	1,110,801	988,198	1,187,469
管理費	2,382,757	2,618,062	2,861,214
財務費用	1,732,634	960,622	1,129,194
原価償却	1,138,248	598,935	825,938
投資効果比率	-5,276	42,594	1,193,662
運用益	1,795,824	1,281,840	2,620,795
非業務収益	94,969	88,159	44,556
非業務費用	89,190	52,512	37,509
税前収益	1,801,604	1,317,487	2,627,842
法人税	-149,858	42,184	73,033
純利益	1,951,462	1,275,303	2,554,809

出典：質問票への回答

2009 年はリーマンショック後の経済危機で売上げが減少したが、2010 年には、2008 年の売上げ以上に増加しており、過去 3 年間、収支は黒字を記録している。

各プラントの運営維持管理に予算額(年)及び実際に使われた支出額を表 12 に示す。

表 12 各プラントの運営維持管理支出額

単位：百万元

施設	予算額 (年)	支出額		
		2008	2009	2010
コークス乾式消火設備	13	21	11.1	12
コークス炉ガス処理設備	3.5	0.8	1.2	3.35
高炉ガスコンバインドサイ クル発電設備	14	-	-	13.5
高炉炉頂圧発電設備	7.5	7.1	7.45	7.51
電炉環境改善対策	13.20	11.37	12	12.31
スラグ処理設備	7.0	6.3	6.5	6.7
下水処理設備	0.53	0.40	0.16	0.40

注：本事業で建設された機材、施設に必要な運営維持管理費

施設ごとに毎年、運営維持管理費が予算計上されているが、必要な維持管理費は実情に応じて支出されている。

会社の収支状況は過去 3 年間黒字を記録しており、また、本事業で建設された機材/施設の運営維持管理に必要な予算は確保されており、財務上の問題はないと思われる。

#### 3.5.4 運営・維持管理の状況

本事業で整備された各施設の運営・維持管理状況は次のとおりである。

コークス乾式消火設備：施設は 1.5～2 ヶ月毎に定期的に、また大規模な総点検は 1.5

年毎に実施されている。施設は現在、正常に稼動しており、運転効率も高い。

**コークス炉ガス処理設備**：総点検が毎年実施されている。施設は正常に稼動しており、脱硫効率も高い。また、すべての技術的パラメーターも設計目標を達成している。

**高炉ガスコンバインドサイクル発電設備**：必要なオーバーホールは 12,000 運転時間毎、すなわち 1.5 年毎に実施されている。施設は正常に稼動しており、良好な高品質の材料供給が要求されている。

**高炉炉頂圧発電設備**：オーバーホールは 2 年毎に実施されている。施設は正常に稼動しているが、羽根にスケーリングの問題が若干あり、ガスの状態により、除垢剤を加える必要がある。

**電炉環境改善対策**：月に 3 回、6-8 時間要する定期検査が実施されている。さらに、年に 2 回、2 日間を要する中規模の総点検を実施している。集塵機付電炉は現在、正常に稼動している。

**スラグ処理設備**：毎日、2 時間毎にスポットチェックが行われる他、専門的なスポットチェックが週一回実施されている。施設は正常に稼動している。

**下水処理設備**：毎日、2 時間毎にスポットチェックが行われる他、専門的なスポットチェックが週一回実施されている。異常が発見された場合、直ちに修理が実施されている。処理施設は正常に稼動しており、処理水の品質も良く、再利用されている。

運営維持管理は、管理計画に沿って日常的に維持管理が行われており、また、本事業で整備された施設、機材についても、品質、物理的耐久性に問題のある項目は見受けられなかった。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

## 4. 結論及び提言・教訓

### 4.1 結論

本事業は、太原鋼鉄製鉄所において、クリーナープロダクション（CP）技術の導入、汚染物質処理設備の導入、エネルギーの効率利用を行うことにより、大気汚染、水質汚染、産業廃棄物による汚染等の環境改善を図り、もって太原市住民の生活環境の向上に寄与することを目的としていた。妥当性については、本事業の実施は中国及び山西省の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致している。また、本事業の目的である、大気汚染、水質汚染等の環境改善を図るという面で、概ね計画通りの効果の発現が見られ、かつ、太原市住民の生活環境の向上に寄与しており、有効性・インパクトは高い。しかしながら、効率性については、事業費は計画を下回ったが、事業期間が計画を上回ったため、中程度である。本事業の持続性については、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

## 4.2 提言

### 4.2.1 実施機関への提言

なし。

### 4.2.2 JICA への提言

なし。

## 4.3 教訓

実施機関が借款案件実施に関して、国内主管機関からの許認可取得等の国内手続きに不慣れなこと、さらに JICA の調達手順・プロセスに不精通のため、事業開始直後に事業実施に遅延が生じた。よって、審査段階での実施機関との協議においては、事業実施計画の策定及び調達機材の技術仕様について詳細な協議/レビューが必要である。

以上



主要計画／実績比較

項目	計画	実績
① アウトプット		
コークス乾式消火設備	コークス炉 (No. 5, No.6) 2 基への CDQ 設備設置 (処理能力 110 t/時)	コークス炉 1 基 (No.7) への CDQ 設備設置 (処理能力 150 t/時)
コークス炉ガス処理設備	脱硫設備の設置 (処理能力 63,000 m <sup>3</sup> /時) 真空炭酸塩/クラウス方式	脱硫設備処理能力を 130,000 m <sup>3</sup> /時へ増強するとともに処理方法 (MEA 脱硫/硫黄酸回収方式) の変更
高炉ガスコンバインドサイクル発電設備	コンバインドサイクル発電設備の建設 (出力 81.4MW)	コンバインドサイクル発電設備の出力を 51.6MW に変更
高炉炉頂圧発電設備	第三高炉への発電設備設置 (出力約 6MW)	第三高炉への発電設備設置 (出力を 12MW へ変更)
電炉環境改善対策	集塵機付電炉建設 (容量約 90t) 旧式小型電炉 6 基の廃棄	計画どおり
スラグ処理設備	スラグ処理設備の設置:年間処理能力、約 380,000t (普通鋼)、120,000t (ステンレス)	スラグ処理設備の設置:年間処理能力、約 920,000t (普通鋼)、760,000t (ステンレス)
下水処理設備	居住区の下水を活性汚泥で処理する設備の設置 (処理能力: 50,000 m <sup>3</sup> /日)	計画どおり
② 期間	2002年3月～ 2006年12月 (58ヶ月)	2002年3月～ 2008年12月 (82ヶ月)
③ 事業費		
外貨	14,144百万円	13,995百万円
内貨	9,259百万円 (617百万円)	11,739百万円 (794.14百万円)
合計	23,403百万円	25,734百万円
修正後の事業費	26,072百万円	-
うち円借款分	14,144百万円	11,739百万円
換算レート	1元 = 15円 (2001年9月現在)	1元 = 14.782円 (2004年7月～2009年3月平均)