

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol. 32(2000) No.4

川崎製鉄の環境・省エネルギー関連海外技術協力

Kawasaki Steel's Overseas Technical Assistance Regarding Environmental Protection and Energy Conservation

小泉 進(Susumu Koizumi) 吉田 和彦(Kazuhiko Yoshida) 森下 仁(Hitoshi Morishita)

要旨：

川崎製鉄は中国攀枝花鋼鉄において高炉炉頂圧発電設備 (TRT) モデル事業を新エネルギー産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託により 1995~1998 年にかけて実施し、成功裏に終了した。これは通商産業省が実施する発展途上国の環境保全および省エネルギーを支援するグリーンエイドプラン (GAP) の一環として実施されたモデル事業である。川崎製鉄はこれに続き製鉄所において実績を有する各種省エネルギー技術の適用による省エネルギープロジェクト発掘のための F/S を 1998 年にはウクライナ, 1999 年には同じくウクライナ, 中国, マレーシアおよびタイを対象に実施した。この調査は NEDO, 日本貿易振興会 (JETRO) などの委託により実施したもので, 1997 年の COP3「京都議定書」による日本の温室効果ガス削減目標 6% 達成のための各種国際共同プロジェクト案件発掘を目的としている。川崎製鉄はこれらの調査結果をもとに, 今後環境・省エネルギー分野においてさらに具体的事業を実施し, 地球環境保全への貢献を行っていく予定である。

Synopsis :

Kawasaki Steel successfully carried out Top Gas Pressure Recovery Turbine (TRT) Model Project at Panzhihua Iron & Steel (Group) Co. P.R. China from 1995 to 1998 assigned by New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO). This model project was a part of 'Green Aid Plan' (GAP), which was promoted by the Ministry of International Trade and Industry (MITI) in order to assist developing countries for environmental conservation and the efficient use of energy. In succession to the model project, Kawasaki Steel carried out feasibility studies in Ukraine in 1998 and 1999 and also in China, Malaysia and Thailand in 1999. These studies were assigned by NEDO, Japan External Trade Organization (JETRO) and other governmental organizations. The objective of each feasibility study is to search promising international cooperation project items for energy conservation. These feasibility studies are based on Kawasaki Steel's proven energy saving technologies adopted in its own steel works. Through these projects, Japan intends to accomplish its target of green house gas reduction by 6%, which is stipulated in 'Kyoto Protocol' of

COP3. Kawasaki Steel intends to contribute to global environmental conservation through the execution of projects regarding environmental protection and energy conservation based on these feasibility studies.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Kawasaki Steel's Overseas Technical Assistance Regarding Environmental Protection and Energy Conservation



小泉 進
Susumu Koizumi
製鉄・プラント事業部
鉄鋼技術部 主査(部長補)



吉田 和彦
Kazuhiko Yoshida
製鉄・プラント事業部
鉄鋼技術部 主査(部長補)



森下 仁
Hitoshi Morishita
製鉄・プラント事業部
鉄鋼技術部 主査(部長補)

要旨

川崎製鉄は中国攀枝花鋼鉄において高炉炉頂圧発電設備 (TRT) モデル事業を新エネルギー産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託により 1995～1998 年にかけて実施し、成功裏に終了した。これは通商産業省が実施する発展途上国の環境保全および省エネルギーを支援するグリーンエイドプラン (GAP) の一環として実施されたモデル事業である。川崎製鉄はこれに続き製鉄所において実績を有する各種省エネルギー技術の適用による省エネルギープロジェクト発掘のための F/S を 1998 年にはウクライナ、1999 年には同じくウクライナ、中国、マレーシアおよびタイを対象に実施した。この調査は NEDO、日本貿易振興会 (JETRO) などの委託により実施したもので、1997 年の COP3 「京都議定書」による日本の温室効果ガス削減目標 6% 達成のための各種国際共同プロジェクト案件発掘を目的としている。川崎製鉄はこれらの調査結果をもとに、今後環境・省エネルギー分野においてさらに具体的事業を実施し、地球環境保全への貢献を行っていく予定である。

Synopsis:

Kawasaki Steel successfully carried out Top Gas Pressure Recovery Turbine (TRT) Model Project at Panzhihua Iron & Steel (Group) Co. P.R. China from 1995 to 1998 assigned by New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO). This model project was a part of "Green Aid Plan" (GAP), which was promoted by the Ministry of International Trade and Industry (MITI) in order to assist developing countries for environmental conservation and the efficient use of energy. In succession to the model project, Kawasaki Steel carried out feasibility studies in Ukraine in 1998 and 1999 and also in China, Malaysia and Thailand in 1999. These studies were assigned by NEDO, Japan External Trade Organization (JETRO) and other governmental organizations. The objective of each feasibility study is to search promising international cooperation project items for energy conservation. These feasibility studies are based on Kawasaki Steel's proven energy saving technologies adopted in its own steel works. Through these projects, Japan intends to accomplish its target of green house gas reduction by 6%, which is stipulated in "Kyoto Protocol" of COP3. Kawasaki Steel intends to contribute to global environmental conservation through the execution of projects regarding environmental protection and energy conservation based on these feasibility studies.

1 緒言

川崎製鉄は通商産業省が中心となり、1992 年より発展途上国の環境保全および省エネルギーの推進を目的として実施しているグリーンエイドプラン (GAP) の一環である「発展途上国エネルギー使用効率化モデル事業」として新エネルギー産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託により 1995 年～1998 年にかけて中国攀枝花鋼鉄において「高炉炉頂圧発電設備モデル事業」を実施し、成功裏に完了した。

GAP 事業では、1997 年の COP3 以降「京都議定書」による日本の温室ガス (GHG) 削減目標 6% 達成のための各種事業も合わせて実施している。当社は共同実施のプロジェクト案件発掘を目的としたフィジビリティスタディー (F/S) を 1998 年および 1999 年にウクライナにて実施した。またクリーン開発メカニズムのプロジェクト案件発掘を目的とした F/S を 1999 年に中国、タイおよびマレーシアで実施した。

2 環境・省エネルギー海外技術協力事業のしくみ

川崎製鉄は、日本政府が実施する環境・省エネルギーの各種海外技術協力事業に参画する形で、水島、千葉両製鉄所の技術・実績を

*平成12年7月21日原稿受付

Table 1 List of model projects for the efficient use of energy

Name of model projects	Host country	Implementation site	Term of project implementation
(1) The model project for blast furnace hot stove waste heat recovery	China	Laiwu Iron and Steel Co.	1993~1995
(2) The model project for coal moisture control	China	Chongqing Iron and Steel (Group) Co., Ltd.	1993~1996
(3) The model project for blast furnace top pressure recovery power generation	China	Panzhuhua Iron & Steel (Group) Corp.	1994~1998
(4) The model project for sinter cooler waste heat recovery	China	Taiyuan Iron & Steel (Group) Corp.	1995~1997
(5) The model project for coke dry quenching <AIJ>	China	Shougang Corp.	1997~2000
(6) The model project for effective utilization of energy in re-heating furnace in steel industry <AIJ>	Thailand	The Siam Iron and Steel Co., Ltd.	1997~1999
(7) The model project for energy conservation in electric furnace used for ferro-alloy refining <AIJ>	China	Liaoyang Ferroalloy Group	1998~2000
(8) The model project for waste gas recovery from oxygen converter	China	Maanshan Iron and Steel Co., Ltd.	1998~2001
(9) The model project for blast furnace hot stove waste heat recovery	China	Handan Iron and Steel Co., Ltd.	1998~2001
(10) The model project for high efficiency combustion control system in re-heating furnace for iron and steel	China	Jinan Iron and Steel Group Corp.	1999~2001

もとにした環境・省エネルギーの海外技術協力を積極的に展開している。川崎製鉄が参画している環境・省エネルギー海外技術協力事業としては以下に述べるグリーンエイドプラン（GAP 事業）が代表的なものである。その他、これに加えて地球温暖化対策の各種調査事業が実施されている。

2.1 GAP 事業

GAP 事業は 1992 年からスタートしたものであり通商産業省が主体となって推進されている。GAP 事業の目的は、アジア、太平洋地域の発展途上国における環境保全（水質汚濁防止、大気汚染防止、廃棄物処理およびリサイクル）、省エネルギーおよび代替エネルギー開発に関する各国の自助努力を支援し、持続的経済発展に資することである。GAP 事業の具体的活動内容は調査協力、人材育成協力、研究協力およびモデル事業から構成されている。この内、省エネルギーモデル事業は日本で実績のある省エネルギー設備のモデルプラントを設置して対象国への普及を図ることを目的とするものである。1992 年の開始から現在まで電力、化学、石油、セメント、鉄鋼の各業種において合計 22 件のプロジェクトが完了または実施中である。中でもエネルギー多消費産業の代表である鉄鋼業関係のプロジェクトはその内 10 件を占めている。これら鉄鋼業関係のプロジェクトを Table 1 に示す。川崎製鉄は中国での高炉炉頂圧発電設備モデル事業をはじめとして GAP 事業を積極的に展開している。

2.2 地球温暖化対策

1997 年京都にて国連気候変動枠組条約第 3 回締結国会議（COP3）が開催され、この会議で地球温暖化防止のための先進国の温室ガス（GHG）排出削減の目標を 2008 年から 2012 年の平均で 1990 年レベルより 5% 以上削減することとした「京都議定書」が採択された。同議定書での日本の削減目標は 6% となっている。同じく同議定書で目標達成のための柔軟化措置として、国際間の協力事業による GHG 削減方式が認められた。Fig. 1¹⁾ に示す、GHG 排出削減目標を有する先進国間で実施される共同実施（JI: joint implementation）および GHG 排出削減目標を有する先進国と削減目標のない発展途上国の間で実施されるクリーン開発メカニズム（CDM: clean devel-

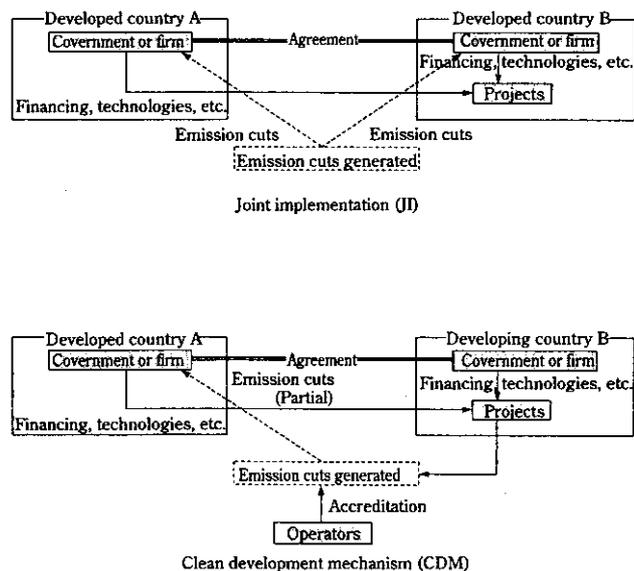


Fig. 1 International projects for GHG reduction

opment mechanism) の 2 つである。これら柔軟化措置に関して日本は将来の実施を目指した調査活動を開始している。

2.3 地球環境・プラント活性化事業等調査

本調査事業は、将来発展途上国の環境保全および持続的な経済成長に資する円借款の対象になりうるプロジェクト案件の発掘・形成を目的として行われた。

3 対象国別環境・省エネルギー海外技術協力事業

川崎製鉄の環境・省エネルギー海外技術協力事業の実績を対象国別に述べる。

3.1 中国

中国はエネルギー消費の絶対量の大きさおよび日本の環境に対す

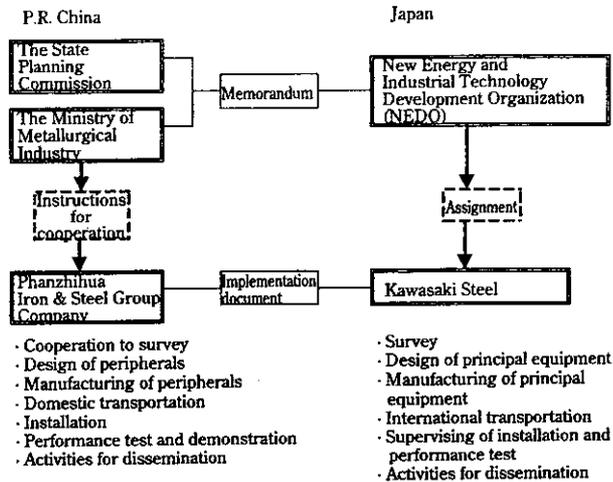


Fig. 2 System of TRT model project

る影響度から、日本政府も力をいれて環境・省エネルギー海外技術協力事業を実施している。川崎製鉄は中国において高炉炉頂圧発電設備モデル事業およびこのフォローアップ事業（GH 事業）、大気汚染防止調査事業、地球温暖化防止のための共同実施基礎調査事業を実施した。

3.1.1 高炉炉頂圧発電設備モデル事業

当社は GAP 事業の一環である発展途上国エネルギー使用効率化モデル事業として、「高炉炉頂圧発電設備モデル事業」(以下、本モデル事業)を 1995 年から 1998 年にかけて中国にて実施した。本モデル事業は、Fig. 2 に示すごとく日本側の NEDO と、中国側の国家計画委員会(現在の国家発展計画委員会)および冶金工業部(現在の冶金工業局)の間で締結された基本協定に基づき実施された。日本側は川崎製鉄が NEDO の委託を受け、中国側は省攀枝花鋼鉄(集団) 公司を事業実施サイトに決定し、川崎製鉄と攀枝花鋼鉄の共同事業として実施された。本モデル事業で川崎製鉄は設備の計画・設計および炉頂圧タービン(TRI)、バグフィルター(BDC)など主要設備の供給を分担し、攀枝花鋼鉄は配管、架構その他汎用設備の製作および土建工事、据付工事を担当した。また、モデル事業の目的達成のため、設備稼働後に両社協力して中国における普及活動を実施した。

(1) モデル事業実施サイトの概要

本モデル事業実施サイトの中国四川省攀枝花鋼鉄(集団) 公司は、Fig. 3 に示すごとく四川省南端の攀枝花(Panzhihua) 市に位置する。同地区は、製鉄所ができるまでは少数民族 7 戸が住むのみの村であったが、製鉄所および付属鉱山の操業開始にともない市として発展し、現在は人口 90 万人を超え四川省では成都に次ぐ第 2 位の都市となっている。同市には現在飛行場がなく、日本からの交通アクセスは

成田→上海→(飛行機)→昆明→(列車)→攀枝花

のルートで最短で 2 日を要し、現地工事でも人の移動および機器の輸送が最大の問題であった。

攀枝花鋼鉄(集団) 公司は粗鋼年産約 250 万トンの中国第 8 位の製鉄所であり熱間圧延鋼板、冷間圧延鋼板およびレールを含む条鋼類を主に生産している。同製鉄所は、鉱山の立地および建設当時の軍事戦略的見地から金沙江(揚子江上流)沿いの狭隘な谷間に設置されており、斜面に沿って段々畑状に工場が配置された、内陸製鉄所としても極めて異色の製鉄所である。同製鉄所は地元の鉄鉱石を原料としている。鉄鉱石中に Ti、V

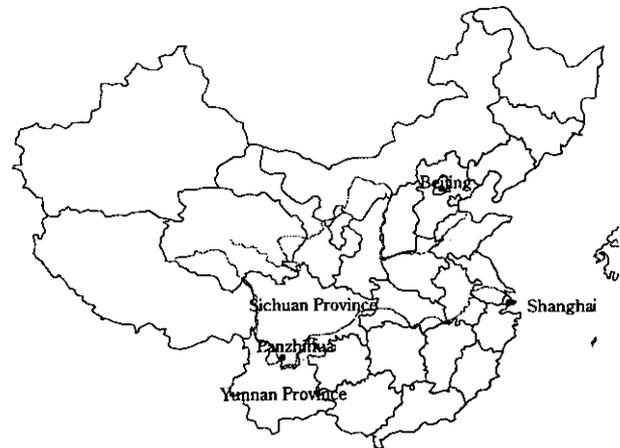


Fig. 3 Location of Panzhihua

を中心の不純物が多く、鉄鉱石の純度が低いため、高炉内容積の割には送風量、高炉ガス量が大きく、TRT の設置には適した条件となっている。高炉は 4 基で、1、2、3 号高炉がいずれも内容積 1200 m³、4 号高炉が 1350 m³ であり、モデル事業は 4 号高炉を対象に実施された。

(2) モデル事業のプロセス概要

湿式高炉炉頂圧発電設備(TRT: top gas pressure recovery turbine) に関しては中国国産機の設置例が見られるが、省エネルギー効果に優る乾式 TRT は中国国産例がないため、本モデル事業では BDC 方式による乾式 TRT を選定した。日本においては TRT の普及率はすでに 100% となっているが、乾式と湿式の内訳では省エネルギー効果に優れる乾式 TRT は全体の 30% 強にとどまっており、依然湿式 TRT が主流を占めている。これは日本においては 1974 年に川崎製鉄水島製鉄所で湿式 TRT の実用 1 号機が設置されたのを機に湿式 TRT の普及が急速に進み、乾式 TRT が実用化された時点ではすでに大部分の高炉に湿式 TRT が設置され、これを乾式化するには乾式集塵機の設置に加え、既存の湿式 TRT の乾式対応型への交換が必要となるが多いため、投資効果の面で乾式化が進まなかったためである。これに対して TRT 未設置の高炉をいまだ全体の半数近く残す中国においては、乾式 TRT の普及は日本より有利な条件にあり、本モデル事業もこの事情を考慮した。

本モデル事業のプロセスフローを Fig. 4 に示す。この方式は当社水島製鉄所 3 号高炉の乾式 TRT システムで実績を有するものである。本設備はオリジナルとなった水島製鉄所 3 号高炉の乾式 TRT 同様、乾湿両用の運転が可能であり、乾式運転時は高炉ガスは

高炉→除塵器(DC)→乾式集塵機(BDC)→TRT
→高炉ガス配管

のルートで流れ、湿式運転時には

高炉→除塵器(DC)→湿式集塵機(VS)→TRT→高炉ガス配管
のルートで流れる。本設備の全体写真を Photo 1 に、また計画条件および基本仕様を以下に示す。

計画条件

4 号高炉容積	: 1350 m ³
出鉄量	: 2500 t/d
高炉ガス量	: 240 000 Nm ³ /h
高炉ガス圧力	: 1.5 kg/cm ² G (0.153 MPa)
高炉ガス温度	: 140°C (最高 170°C)

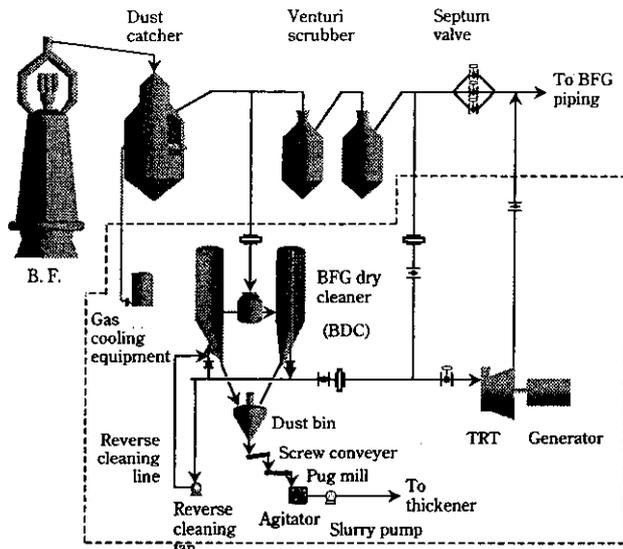


Fig. 4 Process flow diagram of the TRT model project



Photo 1 TRT model project

基本仕様

- TRT 発電量 : 6100 kW (乾式運転時)
- TRT 型式 : 静翼可変 2 段軸流式 (3000 rpm)
- BDC 型式 : 鋼製円筒逆洗式 6 筒
- BDC ろ布 : 耐熱ナイロン (直径 300mm, 全長 12m)
ろ布本数 276本
- BDC 出口含塵量 : 5 mg/Nm³ 以下

(3) モデル事業の実施状況

本モデル事業の全体工程を Fig. 5 に示す。1995 年 2 月の事業開始以降基本計画、設計および日本側分担機器の国内製作を行い、1997 年 5 月に現地工事を開始し、1998 年 3 月試運転を完了して実証運転に入った。この全体工程は通常の商業ベースの場合に比べるとやや長めであるが、これは共同事業を円滑に推進するため、カウンターパートである攀枝花鋼鉄との意志疎通を十分に図り、設備に関する理解を深めながら事業を推進したことによる。攀枝花鋼鉄は 4 号高炉の建設時点から湿式 TRT の設置を計画しており、TRT に関してはある程度の予備知識を有していた。このため計画・設計段階の技術交流では、BDC を中心に乾式 TRT システムに関する攀枝花鋼鉄の理解を深めることに重点をおいた。機器製作段階では、最大の問

題が大物機器の山間部に位置する攀枝花鋼鉄までの内陸輸送であることを考慮し、BDC チャンバーは輸送条件に合わせて 3 分割で製作し、現地で溶接組立することとした。日本からの設備の内陸輸送は湛江からの列車輸送をメインルートとし、列車輸送限界オーバーの大物機器は重慶からのトラック輸送とする 2 ルートで実施したが、山間の道を行くトラック輸送は 2 ヶ月強を要した。また、改革解放の国情を反映して、このトラック輸送は中国人民解放軍経営の輸送会社が担当した。据付段階では、各種工具類およびトラッククレーンの不足に悩みながらも、日中双方の努力により、1998 年 2 月の 4 号高炉休風で設備の継込みを完了し、ほぼ予定通り据付を完了することができた。

(4) 試運転および普及活動

試運転は 4 号高炉のたびたびの突発休風により、中断が相次いだものの、計画の発電量 6100 kW を確認して終了した。引き続き連続実証運転に入り、普及活動を行った。普及活動として NEDO、川崎製鉄、冶金工業局、攀枝花鋼鉄の共催で四川省成都において、中国国内各製鉄所および設計院を中心に 40 名以上の参加のもと、TRT 普及セミナーを実施した。本モデ

	1995												1996												1997												1998		
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
Basic plan	■																																						
Basic design	■																																						
Detail design													■																										
Manufacture transportation													■																										
Erection																									■														
Commissioning																																					■		
Demonstration																																					■		

Fig. 5 Major schedule of the model project

ル事業は最も成功したモデル事業の1つとして中国側からも高く評価されており、これは川崎製鉄と攀枝花鋼鉄、NEDO、中国側冶金工業局その他の関係者の良好な協力と努力のたまものである。

3.1.2 グリーンヘルメット事業

グリーンヘルメット事業（GH事業）はGAP事業の一環であり、モデル事業のフォローアップおよび他の製鉄所への普及を目的として日本からの技術者派遣および中国側技術者招聘を実施するものである。

(1) TRT第1回GH事業

攀枝花鋼鉄4号高炉でのTRTモデル事業が1998年度に終了したのにもない、同年TRTの中国での普及活動を目的としてNEDO委託によりGH事業を実施した。対象は攀枝花鋼鉄、武漢鋼鉄および太原鋼鉄の3製鉄所である。実施内容は以下の通りである。

- (a) モデル事業の稼働後のフォローアップ（攀枝花鋼鉄のみ）
- (b) TRT未設置高炉へのTRT導入推進（共通）
- (c) 製鉄所全般の省エネルギーに関する情報提供と意見交換（共通）
- (d) 中国側技術者の日本招聘研修（共通）

具体的実施内容は、攀枝花鋼鉄では設置済み4高炉TRTの操業実態調査の結果、4高炉の短期突発休風によるTRT停止が頻発していることがわかったため、TRTの運転方案を高炉操業の実態に合わせて改善し、短期の高炉休風にはモータリングを行い、タービン停止を防止するようシーケンス改造を実施した。また、TRT未設置の1、2、3号高炉へのTRT設置に関する普及活動を行った。武漢鋼鉄では、稼働中の高炉5基のうち2基にTRTが設置済みであり、GH事業では既存TRTの設備管理に対する情報提供およびTRT未設置高炉への設置普及活動を行った。太原鋼鉄では全高炉TRT未設置のため、TRT設置計画に関する情報提供、および設置計画に関する提言を行った。また、3製鉄所共通で製鉄所エネルギー管理に関する助言・提言を行い、技術者を日本に招聘して研修を行った。

(2) 日中鉄鋼省エネルギーセミナー

モデル事業の成果発表および中国への鉄鋼省エネルギー技術の普及を目的としてNEDOおよび中国国家発展計画委員会・冶金工業局の共催により、1999年7月北京において「日中鉄鋼省エネルギーセミナー」が実施され、当社はTRTの普及を主目的としてこれに参加した。

(3) TRT第2回GH事業

第1回GH事業が好評であったのをうけて、前年度に続き1999年度も、再度TRT普及を目的とするGH事業を、上海梅山鋼鉄（南京）、太原鋼鉄、包頭鋼鉄を対象としてNEDO委託により実施した。

3.1.3 環境GAP事業

GAP事業では省エネルギーモデル事業以外に、環境保全を目的とする技術者派遣を実施している。川崎製鉄はJETROがGAP事業の一環として実施している発展途上国に対する環境事業普及協力事業に参画し、中国およびインドの協力事業に対して技術者を派遣し、協力を行っている。

(1) 中国大気汚染防止基盤調査事業

本基盤調査事業では大気汚染防止を目的として、相手国のニーズに沿った専門家を現地へ派遣し、対象工場において汚染状況について調査を行い、技術指導を行うほか、関係機関、工場を対象に技術セミナーを行った。また、対象国関係機関の環境

担当責任者、企業の環境担当責任技術者を日本に招聘し、工場視察、専門家によるレクチャー、関係者との意見交換により公害防止などについて研修を実施した。川崎製鉄は製鉄所での環境保全の実績をもとに1996年から本調査事業に協力してきており、1996年に内蒙古自治区フフホト市、1997年に遼寧省撫順市、1998年に貴州省貴陽市、1999年に湖南省長沙市の基盤調査にそれぞれ技術者を派遣し、指導した。

3.1.4 中国・攀枝花鋼鉄（集団）公司TRTプロジェクト

地球温暖化防止のための共同実施等基礎調査事業として、川崎製鉄は中国・攀枝花鋼鉄（集団）公司TRTプロジェクトのF/Sを実施した。川崎製鉄は先に述べたごとく攀枝花鋼鉄4号高炉で乾式TRTモデル事業を実施したが、この実績から攀枝花鋼鉄は残る1、2、3号の3基の高炉にもモデル事業と同様の日本製乾式TRTの導入を希望していた。この計画実現のため川崎製鉄はCDM案件としてのF/Sを1999年に実施した。本F/Sではプロジェクトを商業ベースで成立させることを目的に、攀枝花鋼鉄と協力して、モデル事業に比べて中国での製作・調達比率を大幅に高めた。同時に、資金の一部に低利の環境円借款を利用することにより中国の規準でプロジェクトがフィジブルとなる目途を得た。攀枝花鋼鉄は本調査結果をもとにプロジェクト計画書を作成し、中国国内の認可申請を開始した。

3.2 インド

川崎製鉄はインドでは大気汚染防止を主とした技術協力を実施している。

3.2.1 インドエネルギー・環境技術普及協力事業

本技術普及協力事業ではJETROが中心となり、相手国の製鉄所、発電所を主対象として大気汚染防止を中心とした調査および技術指導を行った。現地において環境保全技術に関するセミナーを実施し、相手国の技術者を日本に招聘し工場視察、専門家によるレクチャー、関係者との意見交換により公害防止などについて研修を実施する。川崎製鉄は1996年の事業開始以来本事業に協力をしており、1996年ニューデリー近郊火力発電所・製鉄所の大気汚染防止対策、1997年インド鉄鋼公社ボカロ製鉄所コークス工場における大気排出汚染対策、1998年インドヴィサカパトナム市コークス炉での大気汚染防止技術にコークス技術の専門家を派遣し、コークス炉に関する設備、操業、保全を含む総合的環境保全対策の指導を行っている。

3.2.2 研究者派遣（研究機関能力向上支援事業）

海外貿易開発協会（JODC）の依頼により、2000年にインドの鉄鋼公社（SAIL: Steel Authority of India LTD.）に技術者を派遣し、省エネルギーおよび環境保全に関する調査・指導を実施した。SAILは年間粗鋼生産量900万トンのインド最大、世界では11番目の鉄鋼メーカーである。調査指導の対象とした製鉄所はSAILのドルガプール、ボカロ、ロウルケラーおよびピライの各製鉄所である。

(1) 省エネルギーに関する調査・指導

現地調査の結果、SAILの粗鋼トン当たりのエネルギー消費原単位は日本に比べ40%以上多いことが確認された。この原因は、原料の鉄鉱石の純度が低いことも一因であるが、エネルギー管理手法および設備・操業上の問題が大きいと判断された。この対策として省エネルギーマスタープランの作成および省エネルギー診断専門家の育成などのソフト面の対策およびガスタービンコンバインドサイクル発電設備、CDQなどの戦略的省エネルギー設備投資の提言を行った。

(2) 環境保全対策

本調査・指導は1997年に発効したコークス炉に関するイン

ド環境法に SAIL の既存コークス炉を適合させることを目的として実施された。同法の環境基準は日、独、米の関連法規を組み合わせた世界でも最も厳しい基準の一つである。調査の結果、既存のコークス炉はガス漏れ、発塵などで基準を満足できないことが確認された。このため基準に適合させるための環境汚染防止対策を提示するとともに、その達成には新しい汚染防止技術、運転方法およびメンテナンス方法の導入と、既存のコークス炉操業を根本的に変革する必要がある旨指導した。指導結果をもとに SAIL は公式環境汚染防止マスタープランを作成し、実行することとなった。

3.3 ウクライナ

ウクライナは 1991 年にソビエト連邦から独立する以前はソビエト連邦の鉄鋼生産基地であったが、独立後は製鉄所の稼働率が低下し、設備の更新も進んでいない。この点を考慮して川崎製鉄では地球温暖化防止のための共同実施 (JI) 事業として同国製鉄所の省エネルギープロジェクトを実施する可能性について調査を行った。

3.3.1 ウクライナ・ザポロージェ製鉄所省エネルギー調査

川崎製鉄は 1998 年に共同実施基礎調査としてウクライナ・ザポロージェ製鉄所の省エネルギー調査を実施した。調査対象のザポロージェ製鉄所はドニエプル川下流に位置する粗鋼生産量 300 万トン規模の製鉄所であり、主要生産設備は以下の通りである。

製鉄：高炉 5 基 (960 m³ × 1 基, 1513 m³ × 4 基)

製鋼：平炉 9 基 (500 t × 7 基, 250 t × 2 基)

鑄造：造塊法

圧延：分塊圧延、熱間圧延、冷間圧延

同製鉄所はソビエト連邦の鉄鋼業近代化の波が及ぶ以前にウクライナが独立した影響で、平炉を始めとして設備は古く、TRT などの製鉄所の代表的省エネルギー設備も設置されていない。このため本調査では製鉄、製鋼、圧延、エネルギーの各分野で省エネルギーの可能性を総合的に調査し、以下の 10 プロジェクトに関して調査・検討を行った。

- (1) 高炉熱風炉燃焼制御改善プロジェクト
- (2) 高炉熱風炉廃熱回収プロジェクト
- (3) 高炉炉頂圧発電設備 (TRT) プロジェクト
- (4) 高炉炉頂排圧ガス回収プロジェクト
- (5) 平炉の転炉化プロジェクト
- (6) 造塊—分塊工程の連続鑄造化プロジェクト
- (7) 分塊歩留まり向上プロジェクト
- (8) 分塊均熱炉装入鋼塊温度上昇プロジェクト
- (9) ホット直送圧延の分塊均熱炉抽出温度低減プロジェクト
- (10) ガスタービンコージェネレーションプロジェクト

以上の全プロジェクトを実施した場合の GHG 削減量は年間約 195 万トン CO₂ 換算になると予測される。また、プロジェクト効果に関しては、省エネルギー効果以外に (5)、(6) の製鋼関連プロジェクトでは製鋼コスト削減などの経済効果も大きいことが確認された。本プロジェクトは、同国の外貨事情を考慮して低利の円借款の導入を条件とすれば JI 事業として実現可能との見通しを得た⁵⁾。

3.3.2 ウクライナ・イリイチ製鉄所省エネルギー調査

川崎製鉄は 1998 年のザポロージェ製鉄所に続き 1999 年に同じくウクライナのイリイチ製鉄所を対象に省エネルギー調査を実施した。イリイチ製鉄所はウクライナの南東端アゾフ海に面したマリウポリ市に位置する粗鋼生産量 450 万トン規模の製鉄所であり、主要生産設備は以下の通りである。

製鉄：高炉 5 基 (1033 m³ × 2 基, 1719 m³, 2002 m³, 2300 m³

Table 2 Effect of the projects

Project	Energy saving (TJ/y)	Reduction in CO ₂ emission (T-CO ₂ /y)
Hot stove waste heat recovery for the blast furnace	825.7	177 526
Converter gas recovery	8 954.0	583 000
Improvement of power plant equipment	8 152.0	602 080

Table 3 Profitability of the Projects

Project	Investment (kU\$)	ROI (year)	Effectiveness of investment	
			Energy saving (GJ/y)/MJPY	Reduction in CO ₂ emission (T-CO ₂ /y)/MJPY
Hot stove waste heat recovery for the blast furnace	30 000	31.2	262	56.4
Converter gas recovery	410 000	8.7	208	13.5
Improvement of power plant equipment	185 000	7.2	420	31.0

各 1 基)

製鋼：平炉 5 基 (900 t × 2 基, 650 t × 3 基)

転炉 3 基 (160 t/ch × 2/3 基操業)

鑄造：造塊法および連続鑄造法

圧延：分塊圧延、熱間圧延、厚鋼板

同製鉄所もソビエト連邦の鉄鋼業近代化の波が及ぶ以前にウクライナが独立した影響で、いまだ平炉を残しているなど設備は古い。このため本調査では製鉄、製鋼、圧延、エネルギーの各分野で省エネルギーの可能性を総合的に調査し、以下の 3 プロジェクトを主対象に調査・検討を実施した。

- (1) 高炉熱風炉廃熱回収プロジェクト
- (2) 既存平炉の転炉・連続鑄造化および転炉ガス回収プロジェクト
- (3) ガスタービンコージェネレーションプロジェクト

以上の全プロジェクトを実施した場合のプロジェクト効果を Table 2 に、同じく投資効果を Table 3 示す。GHG 削減量は年間約 136 万トン CO₂ 換算になると予測される。また、収益性を Table 3 に示すが、省エネルギー効果算定のもととなるエネルギー評価単価が安いことが影響して、全プロジェクト合計の投資回収年数はやや長い。しかしながら、この値は、将来のエネルギー価格の上昇を考慮すると改善されることが期待できる。本プロジェクトは、1998 年のザポロージェ製鉄所と同じく、同国の外貨事情を考慮して低利の円借款の導入を条件とすれば JI 事業として実現可能との見通しを得た⁶⁾。

3.4 マレーシア

マレーシア鉄鋼業は電気炉法が中心である。しかし、現状の操業の実績を日本の電気炉ミニミルの実績と比べると電力原単位、燃料原単位がそれぞれ 1.5~3 倍となっており、省エネルギーの余地が十分残されている。川崎製鉄ではマレーシアの鉄鋼業を代表する電気炉方式の製鋼所を対象に地球温暖化防止のための共同事業

(CDM) による省エネルギープロジェクトの可能性について調査を実施した。

3.4.1 マレーシア・サザンスチール省エネルギー調査

川崎製鉄は1999年にマレーシア・サザンスチールを対象に省エネルギー調査を実施した。調査対象のサザンスチールはペナン空港から車で1時間のPrair工業団地内に位置する鉄鋼生産量98万トン規模の製鉄所であり、マレーシアでは国営のペルワジャ社に次ぐ第2位の鉄鋼生産量を誇っている。主要生産設備は以下の通りである。

製鋼：電気炉2基（DC炉、各85t/ヒート）

鋳造：連続鋳造

圧延：線材、棒鋼

本調査では製鋼および圧延の各分野での省エネルギーの可能性を総合的に検討し、以下の3プロジェクトを将来のCDMの有望案件として発掘した。

- (1) スクラップ予熱装置
- (2) 熱片直送圧延設備
- (3) リ・ジェネレティブ・バーナー

以上の全プロジェクトを実施した場合のGHG削減量は年間約11万トンCO₂換算になると予測された。このGHG削減効果の絶対量は比較的少ないが、マレーシアの製鉄業の規模を考慮すれば、円借款をはじめとする低利の資金調達を条件に、CDMプロジェクトとして十分成立するものと判断された⁷⁾。

3.4.2 マレーシア・ペルワジャ社ケママン製鋼工場生産性向上に関するF/S

調査対象のマレーシア・ペルワジャ社は、1989年に設立された国営の電気炉法を主体とする同国最大の製鉄会社であり、製鋼工場および圧延工場はそれぞれマレー半島の東海岸と西海岸に分かれて立地している。直近の生産量は年間60万トンであり、ケママン製鋼工場の主要設備は以下の通りである。

鉄源：直接還元鉄（天然ガスを利用）

製鋼：電気炉5基（交流式3基、直流式2基）

鋳造：連続鋳造（ピレット3基、ブルーム・ビームブランク1基）

本調査では製鋼分野での生産性向上による省エネルギーの可能性を総合的に調査し、以下の3プロジェクトを発掘した。

- (1) 電気炉集約による生産性向上および省エネルギープロジェクト
- (2) 連続鋳造集約による生産性向上および省エネルギープロジェクト
- (3) 電気炉へのスクラップ予熱プロジェクト

3つのプロジェクトを実施した場合のGHG削減量は年間約4万トンCO₂換算になると予測される。マレーシア側も本プロジェクトの効果を理解しており、資金、技術両面でマレーシア側の日本に対する期待は大きい⁸⁾。

3.5 タイ

タイでは日本貿易振興会（JETRO）の委託により、電気炉製鋼から発生するダストによる環境汚染防止対策の調査を実施した。

3.5.1 タイ国マブタブット工業団地における環境・リサイクルF/S調査

本調査は、対象国の電気炉製鋼から発生する電気炉ダスト処理に川崎製鉄が開発したダスト処理設備（Z-STAR炉）の技術を適用することを目的として実施された。すなわち、Z-STAR炉の適用により、ダスト中の金属分および、燃料として利用可能なガスを回収し、より経済的に産業廃棄物の発生を防止し、環境保全に資することを

目的とした調査である。タイの粗鋼生産は電気炉による製鋼プロセスにより行われており、電気炉ダストは同国工業省により有害産業廃棄物と規定されている。電気炉ダストの処理は、埋め立てまたはセメント原料としての利用が多く、ダスト中に含まれる有益な2次資源の有効利用および近年関心が高まっているが、ダスト中のダイオキシン類の2次発生防止という点は考慮されていない。したがって専用のダスト処理設備（Z-STAR炉）の必要性は高まると考えられる。本F/Sの結果、対象の電気炉メーカーにZ-STAR炉を設置した場合は外部に委託するダスト処理費用の節減効果により投資案件としてもフィジブルになりうる見通しを得た。本プロジェクト実現のためには低利の建設資金調達が必要となるが、今後環境対策の必要性がさらに増大することを考慮すれば実現の可能性は十分にあるとの調査結果を得た⁹⁾。

4 結 言

川崎製鉄は、日本政府が実施するGAP事業の一環として、中国攀枝花鋼鉄（集団）公司高炉炉頂圧発電モデル事業（1995～1998）を実施したのをはじめ、GAP事業その他以下のごとく各種地球環境・省エネルギー海外協力事業に参画して実施している。

- (1) 中国・GH事業（モデル事業の普及活動：1998、1999年）
- (2) 中国・大気汚染防止基盤調査事業参画（1996～1999年）
- (3) インド・エネルギー・環境技術普及協力事業参画（1996～1998年）
- (4) インド鉄鋼公団省エネルギー・環境保全調査・指導（1999年）
- (5) ウクライナ・ザポロージェ製鉄所省エネルギー調査（1998年）
- (6) ウクライナ・イリイチ製鉄所省エネルギー調査（1999年）
- (7) 中国・攀枝花鋼鉄（集団）公司TRTプロジェクト（1999年）
- (8) マレーシア・サザンスチール省エネルギー調査（1999年）
- (9) マレーシア・ペルワジャ社生産性向上、省エネルギーF/S（1999年）
- (10) タイ・マブタブット工業団地における環境・リサイクルF/S（1999年）

これら各海外協力事業はいずれも川崎製鉄の水島・千葉両製鉄所の省エネルギー・環境保全技術をもとにしたものであり、1997年のCOP3以前には環境保全および省エネルギーの普及により相手国を支援することを主目的としていた。COP3以降は、COP3でうたわれた日本のGHG削減目標達成のための各種共同事業のテーマ発掘および実施という、日本にとってより切実な目的の比重が高まってきている。COP3「京都議定書」の2008年からの温室効果ガス排出削減目標達成のためには、いまだ多くの省エネルギー対策の余地を残す発展途上国および旧ソビエト連邦圏の各製鉄所との各種共同事業は我が国にとってきわめて有効な手段になると考えられる。川崎製鉄は中国攀枝花鋼鉄（集団）公司で実施したTRTモデル事業の実績をもとに、日本のGHG削減目標達成の一助となるべく、引き続き海外での各種省エネルギー・環境プロジェクトを発掘・実現するよう努めていく。

モデル事業および各種調査事業を実施するにあたりご指導、ご支援いただいた新エネルギー産業技術総合開発機構、日本貿易振興会および中国国家発展計画委員会、冶金工業局の関係各位およびモデル事業の実施とともに尽力いただいた攀枝花鋼鉄（集団）公司の関係各位に深く謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) NEDO 国際協力センター編：NEDO International Cooperation Center
- 2) 新エネルギー産業技術総合開発機構：「グリーンヘルメット事業（中国・製鉄業）高炉炉頂圧」，平成 10 年度調査報告書，委託先 川崎製鉄(株)
- 3) 新エネルギー産業技術総合開発機構：「グリーンヘルメット事業（中国・製鉄業）高炉炉頂圧発電設備」，平成 11 年度調査報告書，委託先 川崎製鉄(株)
- 4) 新エネルギー産業技術総合開発機構：「共同実施等推進基礎調査 中国攀枝花鋼鉄（集団）公司高炉炉頂圧発電設備 (TRI) プロジェクト」，平成 11 年度調査報告書，委託先 川崎製鉄(株)
- 5) 新エネルギー産業技術総合開発機構：「ザボロージェ製鉄所省エネルギー調査」，平成 10 年度調査報告書，委託先 川崎製鉄(株)
- 6) 新エネルギー産業技術総合開発機構：「共同実施等推進基礎調査 ウクライナ イリイチ製鉄所省エネルギー調査」，平成 11 年度調査報告書，委託先 川崎製鉄(株)
- 7) 新エネルギー産業技術総合開発機構：「共同実施等推進基礎調査 マレーシア Southern Steel 省エネ設備改造調査」，平成 11 年度調査報告書，委託先 川崎製鉄(株)
- 8) 日本貿易振興会：「マレーシア国 Perwaja 社 Kemaman 製鋼工場向け生産性向上計画に関わるF/S調査」報告書，平成 11 年度 地球環境・プラント活性化事業等調査，委託先 伊藤忠(株)，川崎製鉄(株)
- 9) 日本貿易振興会：「タイ国マブタプット工業団地における環境・リサイクル F/S 調査」報告書，平成 11 年度 地球環境・プラント活性化事業等調査，委託先 川崎製鉄(株)