

インド国
国営製鉄公社（SAIL）
国営火力発電公社（NTPC）

インド国
国営製鉄所及び石炭火力発電所に
おいて耐熱カメラを使った炉内
見える化で省エネ普及・実証事業
業務完了報告書

2015年9月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社セキュリティージャパン
オガワ精機株式会社

国内
JR
15-077

目次

巻頭写真	i
略語表	iii
地図	iv
図表番号	v
案件概要	viii
要約	ix
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	1
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	3
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	7
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	10
2. 普及・実証事業の概要	21
(1) 事業の目的	21
(2) 期待される成果	21
(3) 事業の実施方法・作業工程	22
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	27
(5) 事業実施体制	30
(6) 相手国政府関係機関の概要	32
3. 普及・実証事業の実績	34
(1) 活動項目毎の結果	34
① 実証活動（SAIL での見える化）	34
② 実証活動（NTPC での見える化）	44
③ 実証活動（NTPC での省エネ方法論）	54
④ 普及活動	64
(2) 事業目的の達成状況	72
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	74
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	75
(5) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	75
(6) 今後の課題と対応策	76
4. 本事業実施後のビジネス展開計画	81

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	81
① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）	81
② ビジネス展開の仕組み	84
③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール	85
④ ビジネス展開可能性の評価	89
(2) 想定されるリスクと対応	91
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果	94
(4) 本事業から得られた教訓と提言	95
謝辞	96
参考文献	97
添付資料	98

巻頭写真

国営製鉄公社 (SAIL)



SAIL 本社ビル



ビライ製鉄所入館ゲート



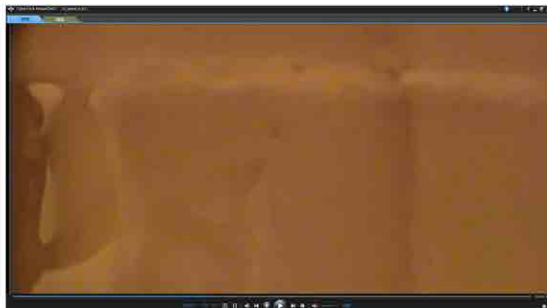
対象コークス炉 (Battery No.4)



コークス炉屋上に設置した耐熱カメラ



耐熱カメラ挿入模様



撮影されたコークス炉内壁の映像

国営火力発電公社 (NTPC)



NTPC 本社ビル (エンジニアリング事業本部)



カハルガオン石炭火力発電所入館ゲート



カハルガオン石炭火力発電所



設置対象ボイラー (Stage-1、Unit1)



耐熱カメラ挿入 (Stage-1,Unit1,2F)



撮影された炎の映像 (監視室)

略語表

略語	英語表記	日本語表記
BFG	Blast Furnace Gas	転炉ガス
BHEL	Bharat Heavy Electricals Ltd.	バーラト重電機 (国営重電メーカー)
BSP	Bhilai Steel Plant	ビライ製鉄所 (耐熱カメラ実証サイト)
CO	Carbon Oxide	一酸化炭素
CO ₂	Carbon Dioxide	二酸化炭素
EX	EX Research Institute Ltd.	株式会社エックス都市研究所 (外部人材)
FS	Furnace Scope	炉内挿入型耐熱カメラ
GJ	Giga Joule	ギガジュール (10 ⁹ J : 本報告書では電力量や石炭の発熱量を表す単位として用いた)
IETF2015	21 st International Engineering & Technology Fair	第 21 回インド国際産業&技術フェア
JASE-W	Japanese Business Alliance for Smart Energy Worldwide	世界省エネルギー等ビジネス推進協議会
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JV	Joint Venture of SJ and OSK	(株)セキュリティージャパン・オガワ精機(株) 共同企業体
KhSTPP	Khalgaon Super Thermal Power Station	カハルガオン石炭火力発電所 (耐熱カメラ実証サイト)
MW	Mega Watt	メガワット (=10 ⁶ W : 本報告書では発電所の発電出力の単位として用いた)
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
NTPC	NTPC Limited (formerly National Thermal Power Corporation Limited)	国営火力発電公社 (カウンターパート)
OSK	Ogawa Seiki CO., LTD.	オガワ精機株式会社 (事業実施主体)
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
SAIL	Steel Authority of India Limited	国営製鉄公社 (カウンターパート)
SJ	Security japan CO., LTD.	株式会社セキュリティージャパン (事業実施主体)

図表番号

図 1-1	インド製鉄会社のエネルギー原単位	2
図 1-2	世界主要各国の発電効率	3
図 1-3	APP 鉄鋼タスクフォースにおいて実施されたインド製鉄所の省エネ診断	6
図 1-4	世界省エネルギー等ビジネス推進協議会が展開する省エネ等技術	9
図 1-5	耐熱カメラ	11
図 1-6	SAIL 向け耐熱カメラシステム概要図	13
図 1-7	クレーン台車の動作イメージ	14
図 1-8	制御盤（モニターラックシステム搭載）	14
図 1-9	SAIL 用電源（交流系統）	15
図 1-10	SAIL 用電源（直流系統）	15
図 1-11	NTPC 向け耐熱カメラシステム概要図	18
図 1-12	モニターラックシステム（監視室設置用）	19
図 1-13	NTPC 用電源（交流系統）	19
図 1-14	NTPC 用電源（直流系統）	20
図 1-15	NTPC バッチ式カメラシステム（手動操作用機材一式）	20
図 2-1	SAIL での実証事業実施体制図	30
図 2-2	NTPC での実証事業実施体制図	31
図 3-1	耐熱カメラ保管スペース	34
図 3-2	コークス炉屋上の装炭車と架空電線	36
図 3-3	設置工事前の確認作業 輸出機材（上左右）、配管等工事（左下）、チラー・ エアーコンプレッサー（右下）	37
図 3-4	クレーン台車の吊り上げ作業	38
図 3-5	試験運用中のカメラの損傷（挿入前（左）、挿入後（右））	38
図 3-6	コークス炉の内部映像（積み重なったレンガの境目が見える）	39
図 3-7	カメラ挿入試験（7分間）	40
図 3-8	チラー冷却水タンク容量を擬似的に増量する方法	41
図 3-9	実際にチラー冷却水タンク容量を擬似的に増加させている模様	41
図 3-10	上段の配管にエアークーラーが設置されている	42
図 3-11	耐熱カメラ挿入試験結果（45分以上を達成）	42
図 3-12	耐熱カメラシステムの操作訓練（技術指導・動作確認）	43
図 3-13	精密機器類は別保管（維持管理方法説明）	43
図 3-14	耐熱カメラの設置場所（左：NTPC 本社の要望、右：現実的な設置場所）	44
図 3-15	耐熱カメラ設置場所（Stage-1, Unit-1, 3F の監視窓）	45
図 3-16	設置工事前の確認作業（写真は日本からの供給機材）	46

図 3-17	各機器・部品の組み立て	47
図 3-18	試験運用（左上はカメラ挿入模様、左下はエアーコンプレッサーとタンク、 右はモニターに映し出された炉内の映像）	47
図 3-19	工事完了を祝う儀式（上は竣工式、下は椰子の実割り）	48
図 3-20	説明会（上）と最後の記念撮影（下）	49
図 3-21	増設して2台並行運転となったコンプレッサー	50
図 3-22	監視室に設置されているカメラ画像	50
図 3-23	カメラ挿入孔の清掃（左：清掃前、右：清掃後）	51
図 3-24	11月訪問時に故障していたコンプレッサー（内部のベルトが切れていた）	51
図 3-25	コンプレッサーの操作パネル（エラーが表示されている）	52
図 3-26	バッチ式（手動操作式）カメラを操作する場合の操作説明.....	52
図 3-27	ボイラー運転員の横にカメラの監視モニターが設置されている.....	53
図 3-28	日々の輝度変化（2014年11/7、8、9、15、21、22、30及び全グラフ合成 （折れ線グラフ、棒グラフ））	56
図 3-29	石炭投入量と発電電力	57
図 3-30	石炭発熱量の日変化（発電所での日平均値）	57
図 3-31	発電効率	58
図 3-32	輝度と発電効率（上は関係図、下は2次相関）	58
図 3-33	酸素濃度の測定箇所と測定記録	60
図 3-34	空気比と発電効率の関係（上は関係図、下は2次相関）	61
図 3-35	空気比と発電効率の関係（概念図）	62
図 3-36	カメラの設置方法と最適な省エネ方法（左：空気費管理による省エネ、中央： バーナーの微調整による省エネ、右：煤やクリンカ除去による省エネ） ..	63
図 3-37	コークス炉BFG制御パネル（左：モニター、右：コントローラー）	63
図 3-38	IETF2015のジャパン・パビリオン側入口（左）と出展ブース（右）	70
図 3-39	展示会出展模様	71
図 4-1	事業実施体制	84

表 1-1	インド省エネルギー達成認証制度（PAT）の概要	4
表 1-2	関連分野における ODA（有償資金協力）プロジェクト	7
表 1-3	関連分野における NEDO プロジェクト	8
表 1-4	SAIL 向け耐熱カメラシステムの仕様	12
表 1-5	NTPC カハルガオン石炭火力発電所ボイラー用耐熱カメラシステム	16
表 1-6	NTPC 向け耐熱カメラシステムの仕様	17
表 2-1	作業工程表	26
表 2-2	本実証事業に従事している要員	27
表 2-3	要員計画表	28
表 2-4	供与資機材リスト	29
表 2-5	カウンターパート側投入機材	29
表 2-6	本実証事業のカウンターパート（SAIL）	30
表 2-7	本実証事業のカウンターパート（NTPC）	31
表 3-1	現場調査に用いたチェックシート（抜粋）	35
表 3-2	ボイラーに関する基準空気比	55
表 3-3	市場調査ヒヤリング	66
表 3-4	資金スキームの検討状況	69
表 3-5	展示会概要	70
表 3-6	Unit1 ボイラーの事故停止による損失額（1h 停止の場合の試算）	79
表 3-7	Unit1 ボイラーの年間省エネ効果（35.5%⇒36.0%への効率改善効果）	80
表 4-1	事業性評価表（上）と資金計画（下）	87

案件概要

インド国 国営製鉄所及び石炭火力発電所において耐熱カメラを使った炉内見える化で省エネ普及・実証事業

企業・サイト概要

- 提案企業: 株式会社セキュリティージャパン・オガワ精機株式会社共同企業体
- 提案企業所在地: 東京都
- サイト: インド国ビハール州、チャッティースガル州
- 相手国実施機関: 国営製鉄所 (Steel Authority of India Limited)、国営電力会社 (NTPC Limited Government of India Enterprise)
- 実施期間: 2013年11月8日から2015年9月30日

●●● インド国の開発課題 ●●●

➢ 電力の安定供給

現在まで急激な経済成長を遂げてきたが、同時に慢性的な電力供給能力不足に陥っており、停電が頻発している。

➢ 気候変動等環境汚染の解消

基幹産業である電力産業及び鉄鋼産業は、エネルギー多消費産業であることに加え、大規模な温室効果ガス排出事業者である。インドの温室効果ガス排出量は、世界順位で4位とされ、その内の10%が電力産業、8%が鉄鋼産業によるとされる。

⇒ 両産業の発電効率・エネルギー効率を上げ、電力の安定供給と温室効果ガスの低減を目指す必要がある。

合致

●●● 提案企業の技術・製品 ●●●

➢ 耐熱カメラ

工業炉・ボイラー内雰囲気温度1500℃まで対応可能なカメラであり、世界唯一の技術である。ボイラー及び炉内の状況を精密に把握することが可能となり、技術者の感覚ベースではなく、可視化に伴い適切なメンテナンスが可能となる。日本での販売実績としては、国内の鉄鋼メーカーを中心として400セット以上の導入実績がある。

➢ 耐熱カメラの運用方法にかかる知見

耐熱カメラを活用して得られた工業炉・ボイラー内情報の管理方法、分析方法、及び分析データに基づくメンテナンスの実施方法に係る知見。
⇒ 工業炉・ボイラーの適切なメンテナンスを可能とし、発電効率・エネルギー効率を上げる技術。

提案企業の準備状況

- 平成24年度以降、在日インド大使館やインドでの展示会において耐熱カメラを紹介。
- 相手国実施機関である、国営製鉄所及び国営電力会社への製品及び事業化の打診。

民間提案型普及・実証事業の内容 (JICA事業)

➢ 実証事業

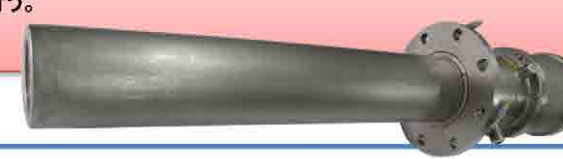
- ・ カウンターパート機関が保有するコークス炉及びボイラーに適した耐熱カメラの設計・製造を行い、導入工事を行う。
- ・ 耐熱カメラの運用方法の技術指導を相手国実施機関に行うと共に、エネルギー効率効果の検証を行う。

➢ 普及のための調査

市場調査、リスク分析、資金スキーム調査、事業性評価を行い、普及のための戦略・計画立案を行う。

ビジネス展開

- 国営及び民間の製鉄所及び電力会社を含めた、BtoG及びBtoBの市場拡販を目指す。



要約

I. 提案事業の概要	
案件名	インド国 国営製鉄所及び石炭火力発電所において耐熱カメラを使った炉内見える化で省エネ普及・実証事業
事業実施地	インド国チャッティスガール州（SAIL ビライ製鉄所）、ビハール州（NTPC カハルガオン石炭火力発電所）
相手国	国営製鉄公社（SAIL: Steel Authority of India Limited）
政府関係機関	国営火力発電公社（NTPC: NTPC Limited）
事業実施期間	2013年11月～2015年9月
契約金額	102,845,160円（税込）
事業の目的	本事業では、製鉄所コークス炉及び石炭火力発電所ボイラーに耐熱カメラを導入することにより（i）炉内の見える化を実現し、（ii）適切なメンテナンスが実施されればエネルギー効率が改善されることを実証する。この結果、（ア）安定した電力の供給に貢献すると共に、（イ）GHG排出量の低減に貢献する。またインドへの普及・展開をめざしたビジネスの戦略・計画を立案する。
事業の実施方針	SAIL/NTPCと十分協議の上、SAIL ビライ製鉄所のコークス炉及びNTPC カハルガオン石炭火力発電所ボイラーに耐熱カメラを設置して炉内の見える化を実現する。なお、NTPCにおいては、エネルギー効率の改善（ボイラー）方法を提案する。また、耐熱カメラの普及展開のための戦略・計画を立案するため、現地での市場調査、事業実施体制の検討、リスク分析、国内での資金スキーム（ODA活用を含む）調査、事業性評価を行う。
実績	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1) 機材設置状況</p> <p>SAIL：耐熱カメラをコークス炉へ設置し、炉内の見える化に成功した。カメラは必要時にコークス炉へ挿入できる状態にある。</p> <p>NTPC：耐熱カメラをボイラーへ設置し、炉内の見える化に成功し、現在も常時、監視ルームから炉内を監視できている。また、エネルギー効率改善策として、ボイラーの空気比管理の方法にカメラ映像を利用する省エネ方法を構築・提案した。</p> <p>(2) 相手国政府関係機関との協議状況</p>

	<p>SAIL：機材の設置完了、トレーニングの終了を相互に確認した。ビライ製鉄所長からは感謝の言葉を頂き、コークス炉責任者からは機材設置完了と引渡に関する Handing Over Certificate を受領した。</p> <p>NTPC：機材の設置完了、トレーニングの終了、機材設置から一年間カメラが正常に稼動することを相互に確認した。カハルガオン発電所長からは感謝の言葉を頂き、ボイラー責任者からは機材設置完了と引渡に関する Handing Over Certificate を受領した。</p> <p>(3) 市場調査 インド企業（鉄鋼、電力等）やインドへ進出している、あるいは進出を検討している日本企業へヒヤリングして、耐熱カメラのニーズや提携の可能性を調査した結果、インドの鉄鋼や電力分野が有力であることがわかった。</p> <p>(4) 実施体制 インドでのビジネス展開には、SJ 社と OSK 社の連携に加えて、現地販売代理店と、現地調達する機材について信頼できるメーカーや製造企業との連携が不可欠であることがわかった。現地販売代理店の候補企業は目途がついたため、当面は SJ/OSK 社と現地販売代理店で協力して耐熱カメラを販売するが、現地販売代理店が自立すればワンストップで営業、現地調査、機材設置、故障・修理対応等ができるようにしたい。</p> <p>(5) リスク分析 各機関へのヒヤリングや本事業をとおして、リスク評価とその対応策を検討した。インドでは耐熱カメラの模倣品や特許侵害等は大きなリスクではないことが判明したが、一方で、機材調達の遅延、代金の分割前払い、調達機材の不具合等のリスクが大きいことが判明した。</p> <p>(6) 資金検討・事業性評価 活用可能な資金スキームについて検討した結果、事業規模、スケジュール等に鑑み、B to B ビジネスが最も有望であると判断した。但し、耐熱カメラが省エネ商品であることを示せば省エネの有償資金協カスキームの活用は十分あり得ると考える。事業性は、現地調査などの渡航費を削減するために現地販売代理店を育成できれば、3年での事業立ち上げが期待できる。</p> <p>(7) 地域経済</p>
--	--

	<p>耐熱カメラシステムの海外展開が及ぼす影響を調査した結果、耐熱カメラの製造工場への雇用増加や SJ 社の拠点である江東区の中小企業への波及効果が見込めることがわかった。</p> <p>(8) IETF2015 への出展</p> <p>2015 年 2 月 26 日～28 日にて開催された第 21 回国際産業&技術フェア (The 21STIETF (International Engineering & Technology Fair) 2015) に出展して、耐熱カメラシステムの営業と現地提携候補先企業とのビジネスマッチングを行った。耐熱カメラに関心を示した 37 社と名刺交換し、資料提供や情報交換ができた。</p> <p>2. ビジネス展開計画 (ビジネス戦略)</p> <p>想定顧客として鉄鋼、電力分野に絞り込むことができた。今後も鉄鋼や民間電力を顧客候補としていく。事業実施体制は、当面 OSK 社と現地販売代理店で営業するが、現地販売代理店が自立すれば現地販売代理店がワンストップで営業する。カメラが受注できた時点で現地販売代理店担当者を日本に招聘して OJT を実施する。コア技術である耐熱カメラは国内で製造するが、それ以外の機器は原則現地調達とする。現場調査、設置、アフターフォローに係るコストはカメラコストとは別途請求とする。B to B ビジネスとして 3 ヶ年での事業確立をめざしたい。</p>
課題	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>SAIL : カメラシステムが大掛かりになったことで操作に多くの労働力を必要とした。今後はカメラの上げ下げ等を電動化した省力化構造に改良する予定。カメラシステムにレンガ修復装置をパッケージ化できれば、更に販路を拡大できる可能性がある。ビライ製鉄所が資機材を調達する場合、現場、研究開発センター、調達担当が協力するので、営業では現場だけではなく関連部署へも営業する必要がある。コークス炉向けカメラ以外にも実績のある加熱炉用炉外設置型カメラにも注力をしていく予定。</p> <p>NTPC : インドでは電気、冷却水、冷却用エアーの供給が不安定なため、カメラを保護するための緊急退避装置の必要性を強く実感した。緊急退避装置を安価に製造する現地提携先を早急に検討したい。発電所のカメラニーズとしてボイラー上部 4 方向からカメラを挿入して FireBall を監視したい、というものが多かった。炉内挿入型カメラはリレーレンズ型カメラに比</p>

	<p>べて視野角が狭く、これに対応しきれないため、今後は視野角の拡張を検討予定。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>カメラシステムのコストを低減するため、信頼できる現地製造委託・調達先を選定する必要がある。また、標準的な耐熱カメラセットに周辺機器をパッケージ化した新たなモデル商品を構築していきたい。営業のための情報として、耐熱カメラがどのように活用されているか、導入後どのようなメリットがあるか、といった情報を収集していきたい。日本国内では炉内の加熱状態等をカメラで目視して製品の品質管理に利用するニーズがある。インドにおいてもこのようなニーズを潜在的にもつ顧客を探し出す必要がある。現地販売代理店については育成が最大の課題である。</p>
事業後の展開	<p>民間の発電所、鉄鋼会社を中心に営業をしていく。耐熱カメラシステムが大掛かりとなるコークス炉よりも豊富な実績がある加熱炉に導入していく可能性を探りたい。</p>
II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社セキュリティージャパン
企業所在地	東京都江東区東陽 5-13-12
設立年月日	1983 年 9 月 15 日
業種	製造業
主要事業・製品	耐熱カメラ 耐冷熱カメラの開発・設計・製造・販売
資本金	2,500 万円 (2015 年 4 月時点)
売上高	1 億 1000 万円 (2014 年 4 月時点)
従業員数	10 名
企業名	オガワ精機株式会社
企業所在地	東京都新宿区大久保 2 丁目 2 番 9 号 22 山京ビル
設立年月日	1968 年 9 月 6 日
業種	卸売業 (輸出入)
主要事業・製品	理化学機器、精密機器、医療機器の輸出入
資本金	3,000 万円 (2015 年 4 月時点)
売上高	57 億円 (2014 年 8 月時点)
従業員数	48 名

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

インドは独立以来、輸入代替工業化政策を進めてきたが、1991年の外貨危機を契機に経済危機を克服するとともに高い実質成長を達成した（2003年から2012年までの平均経済成長率は7.76%）。これにより、インド国内では、（1）電力の不安定供給と（2）気候変動等環境汚染の問題が拡大しつつある。特に基幹産業である電力産業及び鉄鋼産業は、エネルギー多消費産業であることに加え、大規模な温室効果ガス（GHG）排出事業者であるため、両産業の発電効率・エネルギー効率を上げる事により、安定した電力の供給に貢献すると共に、GHG排出量の低減に貢献することが求められている。

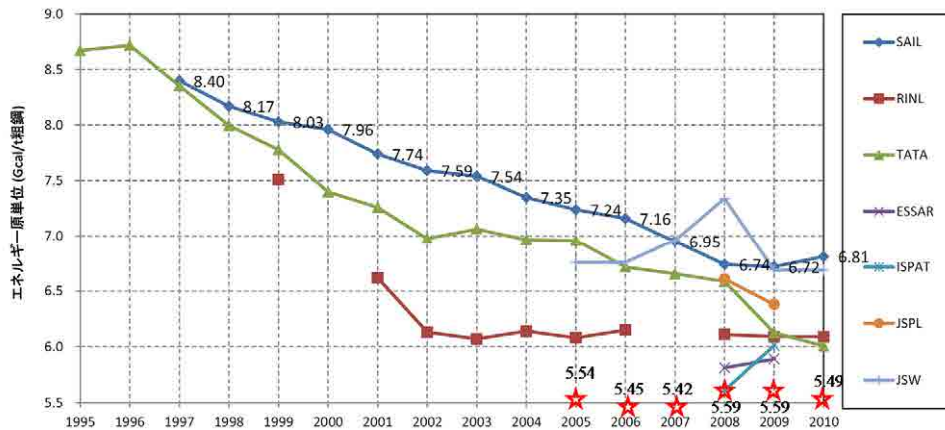
また、2014年5月に首相に就任したナレンドラ・モディ首相は、就任後の8月31日～9月3日の4日間、東京や京都を公式訪問した。また、9月1日には日インド特別戦略的グローバル・パートナーシップのための東京宣言（共同宣言）が発出された。この共同宣言には、日本からの次世代インフラ事業（メガソーラー事業やスマートコミュニティ事業支援）、投資（第21回インド国際産業・技術フェア（IETF2015）のパートナーカントリーに日本が選ばれたことによる貿易・投資の拡大）、エネルギー・天然資源（日印エネルギー対話を通じた協力体制の強化）等の分野における日印協力の更なる強化が表明されていた。

② 対象分野における開発課題

<インド鉄鋼業界の近況と課題>

インドの鉄鋼産業は、近年粗鋼生産量の世界シェアが急上昇している状況にある。2008年は、5,780万トン/年で世界シェアが9位（3.2%）だったのが2009年で6,280万トン/年で3位（5.1%）へ上昇し、2010年は6,680万トン/年で一旦5位に後退したが、2011年から2014年は4位（各々7,347万トン/年、7,726万トン/年、8,130万トン/年、8,653万トン/年）と、ここ数年は世界第4位で安定している。

この急速な粗鋼生産を支えているインド製鉄所は、老朽設備から新鋭設備までが混在しており、これら施設の多くにおいてエネルギー効率が不十分な状態となっている。下図はインド鉄鋼会社の粗鋼生産量当たりのエネルギー消費量を示している。インド企業のエネルギー原単位は年々低下してきているが、日本企業の平均に比べるとまだまだ低減させる余地がある。



★ 日本企業5社平均(日新製鋼、神戸製鋼、住金、JFE、新日鉄)
 出典：公益財団法人地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ(平成 24 年 9 月 25 日)

図 1-1 インド製鉄会社のエネルギー原単位

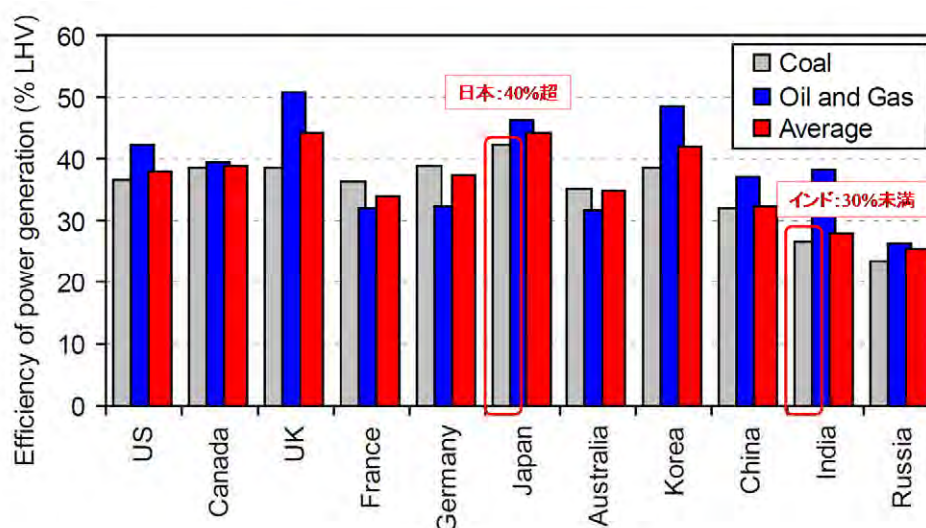
コークス炉は、製鉄の原料であるコークスを製造する炉であり、製鉄過程では欠かせない設備である。炉内温度は、1,200 度以上になるが、炉は稼働したら撤去するまで燃焼を止めないため、コークス炉のメンテナンスは、1,200 度の中で実施される。日本ではコークス炉のメンテナンスとしてセラミック溶射やレンガの挿入という手法が一般的であり、多くの製鉄所では耐熱カメラを利用して、内部の映像により損傷した炉壁の深さと位置（角度）を正確に把握しておこなわれるが、インドではこのようなメンテナンスは実現しておらず技術者の経験と勘に頼った古くからの手法でメンテナンスされている。また、コークス炉の更新に要するコストは 1 基あたり 600 億円以上とされるため、頻繁な更新は困難である。その結果、20 年から 30 年といわれる寿命を超えて炉を使い続けていることが少なくない。更に、電力産業と同様、鉄鋼産業の GHG 排出貢献度は全体の 8%に達しており、同産業における排出量低減の必要性も訴えられている。

<インド電力業界の近況と課題>

インドの電力産業は、慢性的な電力供給能力不足に陥っており、停電が頻発している状況にある。2005 年に 62 万 GWh（ギガワットアワー）であった電力需要は、2010 年には 85 万 GWh を超え、年平均 6.6%で伸び続けている。一方で、資金や燃料調達などの問題から需要の伸びに電源開発が追い付かず、2010 年の需要 120GWh に対し、供給は 100GWh に留まっている。国家計画委員会は、2030 年までに 2006 年の 5~7 倍の電力需要増を見込んでおり、これに対して 2017 年までに 1 億 kW の電源を増設する計画である。現在、インドの電源は 70%が石炭火力であり、2030 年時点でも引き続き石炭火力を主力とする計画である。

電源の増設と共に、石炭火力発電のエネルギー効率改善は喫緊の課題であり、既

存施設のメンテナンス強化の必要性が訴えられている。また、インドの GHG 排出量は、世界順位で 4 位に位置し、2007 年度総排出量 1,398 百万トンの内、10%が電力産業による排出とされる。このため、同産業における GHG 排出量低減の必要性も訴えられている。下図は世界主要各国の発電効率を示しているが、インドでは石炭火力発電の効率は 30%未滿に留まっている。



出典：公益財団法人地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ(平成 20 年 1 月 11 日)

図 1-2 世界主要各国の発電効率

したがって、両産業の発電効率・エネルギー効率を上げるためには、石炭ボイラー及びコークス炉の適切なメンテナンスが実施される必要がある。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

<PAT (Perform, Achieve and Trade : インド省エネルギー達成認証制度) >

PAT は、下表に示すように、インド国内で 2001 年度に制定された Energy Conservation Act に基づく制度で、大規模エネルギー消費施設に対してエネルギー消費原単位を 2012 年度～2015 年度の 3 年間で平均 4.8%削減させることを目標とする。なお、本事業のカウンターパート機関である SAIL (Steel Authority of India Limited: 国営製鉄公社) 及び NTPC (NTPC Limited: 国営火力発電公社) も本制度の対象となっている。

表 1-1 インド省エネルギー達成認証制度 (PAT) の概要

根拠法	Energy Conservation Act (2001)
主管	Ministry of Power
対象者	火力発電、鉄鋼、セメント、アルミニウム、塩素アルカリ、繊維、肥料、紙パルプの 8 部門に属する 478 施設 (DCs : designated Consumers)
目的	持続可能な経済発展と気候変動抑制を実現するために大規模エネルギー消費者に対してエネルギー効率改善を促す
目標	施設毎に定めたエネルギー原単位 (SEC : Specific Energy Consumption、特定の製品を単量生産するのに消費したエネルギー量 (toe/t-product)) を 478 施設全体の平均で 4.8% 削減 (施設毎の目標は不明)
基準年度	2007 年度～2009 年度 <ul style="list-style-type: none"> 過去 3 年度の平均エネルギー消費原単位を事業者別に規定 過去 3 年度から算定した生産量 (活動量) をベースライン生産量として事業者別に規定
対象期間 (第 1 期間)	2012 年 4 月 1 日～2015 年 3 月 31 日 (第 2 期間以降もあり)
期待されるエネルギー削減量	ベースライン原単位及び同生産量に基づいた政府想定で総削減量は 669 万 toe (toe=原油換算トン、原油 1t=42GJ に相当するエネルギー量)、3,000 億 INR に及ぶ
不遵守時の対応と罰則規定	原単位目標の未達成分についてはエネルギーコストを支払うか ESCerts(Energy Savings Certificates)を購入するかを選択することができる。 <ul style="list-style-type: none"> 不遵守量の算定式 $\text{不遵守量 (toe/year)} = \text{原単位目標の未達分 (toe/t-product)} \times \text{ベースライン生産量 (t-product/year)}$ ※ 未達分は PAT サイクルの最後である 2015 年 3 月 31 日に検証報告書によって決定される。 不遵守による罰金総額の算定式 $\text{罰金総額} = \text{エネルギーコスト (INR/toe)} \times \text{不遵守量}$ ※ エネルギーコストは省エネ法の算定式に基づく ※ 2011 年～2012 年ではエネルギーコストは 10,154INR/toe ※ 罰金は州の電力規制委員会が最終的に裁定する。 ※ 省エネ法違反の罰則は 100,000INR が規定
ESCerts クレジット	<ul style="list-style-type: none"> クレジットの単位は ESCerts で、1ESCerts=1toe ESCerts クレジット(Energy Savings Certificates)算定式 $\text{クレジット (ESCerts=toe)} = \text{効率目標の達成分 (toe/t-product)} \times \text{ベースライン生産量 (t-product/year)} \times 80\%$
ESCerts の取引	2012 年度検証後～2016 年 3 月の期間に Indian Energy Exchange (IEX) 及び Power Exchange India (PXIL) で取引される

＜日印エネルギー対話＞

2007年4月23日、日本国経済産業省甘利明大臣（当時）とインド計画委員会モンテク・シン・アルワリヤ副委員長（当時）は、日印間の定期的な閣僚級エネルギー政策対話である「日印エネルギー対話」を新たに立ち上げた。この「日印エネルギー対話」は、2006年12月のマンモハン・シン・インド首相（当時）の訪日時に安倍総理大臣（当時）とシン首相による、「日印戦略的グローバル・パートナーシップ」に向けた共同声明において、両国において必要とされるエネルギーを充足させることが極めて重要であるとの認識にたち、エネルギー分野における協力を包括的な形で促進することを目的とする。第1回「日印エネルギー対話」では、以下の点につき、共通の認識を得た。

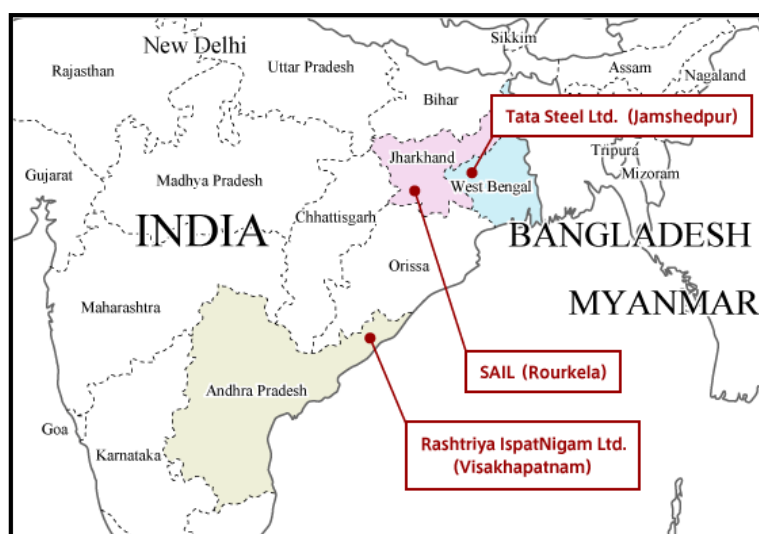
- (1) 日印のエネルギー分野における協力は両国関係の発展に重要な役割を果たしており、本分野における両国当局間及び企業レベルの更なる包括的な協力は互恵的性格を有する。
- (2) エネルギー安全保障、経済発展、環境保全の好循環を作り出すことが重要であり、その最も効果的かつ効率的な対策は、エネルギーインフラの整備に加え、省エネルギー対策の推進である。
- (3) クリーン・エネルギー、省エネルギー等のエネルギー分野で、専門家の交換派遣や人材育成、インド電力部門への日本企業の参画を通じた具体的協力プロジェクトを推進することは、双方にとって重要である。双方は、こうした分野において協力を促進すべく、積極的に取り組む。
- (4) 「東アジア首脳会議（EAS）」、「クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ（APP）」、2006年12月に北京で第1回会合が開催された「5ヶ国エネルギー大臣会合」等の多国間の枠組みにおいて、エネルギーの安全保障を確保し、エネルギー効率化を向上させるため、連携を強化することが重要である。とりわけ、第2回東アジア首脳会議における「東アジアのエネルギー安全保障に関するセブ宣言」に基づき、双方は共同して、国別省エネルギー目標・行動計画の策定、省エネ推進のための共同プロジェクトの実施に向けた協力を強化する。
- (5) 日本国経済産業省は、省エネルギー、石油備蓄などの分野において、国際エネルギー機関（IEA）とインドが協力していくことを積極的に支持する。

更に、「日印エネルギー対話」の下に、5つのワーキング・グループ（電力・発電、省エネルギー、石油・天然ガス、石炭、再生可能エネルギー）及びそれらを取りまとめる運営委員会（ステアリング・コミッティ）を置くことになった。運営委員会に関し、甘利大臣は日本側委員長に平工奉文資源エネルギー庁次長（当時）、アルワリヤ副委員長はインド側委員長にビジェイ・ゴクハル外務省東アジア担当局長（当時）をそれぞれ指名した。この対話は現在までに7回の会合が開催されている。

なお、2013年9月にノイダで開催された日印エネルギーフォーラムは日印エネルギー対話の一環で開催されており、サイドイベントの7th Renewable Energy India Expo2013のジャパンパビリオンにはオガワ精機㈱が出展している。

<クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ(APP)>

アジア太平洋地域において、増大するエネルギー需要、エネルギー安全保障、気候変動問題に対処することを目的としている。具体的には、クリーンで効率的な技術の開発、普及及び移転のための地域協力を推進する。この取り組みでは、8つのセクター別のタスクフォース¹が設けられ、少数の主要排出国で官民を交えたパートナーシップを築き、具体的な技術協力のプロジェクトを実施していくものである。なお、8つのタスクフォースを束ねる会合として政策実施委員会が設けられている。これまでの活動経緯は2005年に共同声明が出されてから3回の閣僚級会合が開催されている。鉄鋼タスクフォースでは、2007年～2009年にかけて、インド3製鉄所等において専門家の省エネ診断が実施され、SAILからはRourkela製鉄所が選定されている。



出典：一般社団法人日本鉄鋼連盟ホームページ

<http://www.jisf.or.jp/business/ondanka/eco/solution.html> より

図 1-3 APP 鉄鋼タスクフォースにおいて実施されたインド製鉄所の省エネ診断

発電及び送電タスクフォースでは、既存の石炭火力発電所の熱効率維持・向上を目指した「ピアレビュー活動」が実施され、2007年4月の電源開発(株)高砂火力発電所での第1回を皮切りに、これまで計5回のピアレビュー活動が実施されている。その中で、第2回(2008年2月6日～12日)はインドで開催された。主催はイ

¹ 8つのタスクフォースとは、「よりクリーンな化石エネルギー」、「再生可能エネルギー」、「発電及び送電」、「鉄鋼」(日本が議長国)、「アルミニウム」、「セメント」(日本が議長国)、「石炭鉱業」及び「建物及び電気機器」である。

インド電力省と NTPC で、インドからは 75 名が参加した。ピアレビューでは日本が作成・提案した「グリーンハンドブック、実施要領書、チェックリスト及び評価シート」が公式ツールとして採用されている。

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

<ODA 事業>

インド国における石炭火力発電所建設、省エネ、再エネ等のエネルギー分野での ODA 事業としては、1990 年度以降にいずれも有償資金協力として次の 13 件が実施されている。しかしながら、鉄鋼分野のプロジェクトはない。

表 1-2 関連分野における ODA (有償資金協力) プロジェクト

	電力・ガス	鉄鋼	省エネ	再エネ
1990 年～ 1999 年	ファリダバード火力発電所建設事業 ガンダール火力発電事業 (I、II、III) シマドリ石炭火力発電所建設計画 (I)	-	-	-
2000 年～ 2004 年	シマドリ石炭火力発電所建設計画 (II)～(IV)	-	-	-
2005 年～ 2009 年	-	-	中小零細企業・省エネ支援計画 (フェーズ 1)	-
2010 年以降	-	-	中小零細企業・省エネ支援計画 (フェーズ 2、フェーズ 3)	新・再生可能エネルギー支援計画、 新・再生可能エネルギー支援事業 (フェーズ 2)

出典：JICA ヒヤリング及び外務省ホームページ

http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/data/gaiyou/odaproject/asia/india/index_02.html

<NEDO>

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は欧州、米国、アジア、中東等の諸外国に対し、日本の先進的なエネルギー技術を、相手国政府と協力して、現地に導入し、その有効性等を実証する「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業」を展開している。インドでは製鉄所での省エネ等7件のプロジェクトが完了又は実施中である。しかしながら、電力分野のプロジェクトはない。

表 1-3 関連分野における NEDO プロジェクト

年度※	電力・ガス	鉄鋼	省エネ（鉄鋼分野以外）	再エネ
1999年以前	-	-	-	-
2000年～2004年	-	高炉熱風炉排ガス顕熱有効利用設備モデル事業（Tata Iron and Steel Co., Ltd.）	セメント焼成設備廃熱回収モデル事業（The India Cements Limited）	-
2005年～2009年	-	コークス乾式消火設備モデル事業〈CDM〉（Tata Steel, Ltd.） 焼結クーラー排熱回収設備モデル事業（RINL VIZAG Steel Works）	ディーゼル発電設備燃料転換モデル事業（Tata Motors, Ltd.）	-
2010年以降	-	インド高性能工業炉実証事業実証前調査	都市ビルへの高効率ヒートポンプ技術適用技術実証事業（Samrat Hotel）	大規模太陽光発電システム等を利用した技術実証事業（Neemrana Industrial Park）

※年度は各プロジェクトの開始年度としている。

出典：NEDO ホームページ http://www.nedo.go.jp/activities/AT1_00175.html より

インドでは今後、省エネルギー達成認証制度（PAT）がインド企業に対して温室効果ガス削減や省エネの推進力として機能するものと思われるが、各企業では資金

力や技術力を理由に、現状把握すら難しい状態にあるため、温暖化対策や省エネ対策を進めるにあたっては、日本をはじめとする海外政府の支援を必要とするものと思われる。

日本はこれまで、JICA や NEDO が電力・鉄鋼分野に対して、発電所建設や省エネ技術支援をしてきたが、今後は日印エネルギー対話を軸としたオールジャパンとしての支援を行うことになると考えられる。

耐熱カメラはそれら大きな枠組みの中では小さなアイテムであるが、プラントメーカーや制御機器メーカーと連携して、インドへ売り込みをすることが望ましいと考える。

そういう観点から、現在は世界省エネルギー等ビジネス推進協議会への参加も検討している。この協議会は日本企業が省エネ、太陽光・太陽熱発電、地熱発電、廃棄物発電、官民連携をテーマとして世界に省エネ等技術を展開する活動である。経済産業省をはじめ、JICA、JETRO、NEDO、日本エネルギー経済研究所がこの活動を支援しており、事務局は一般社団法人省エネルギーセンターが担っている。



図 1-4 世界省エネルギー等ビジネス推進協議会が展開する省エネ等技術

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	SAIL ビライ製鉄所コークス炉用耐熱カメラシステム
スペック (仕様)	<ul style="list-style-type: none"> • 1200℃のコークス炉内にカメラを挿入できる冷却機能を有するカメラジャケット • 40万画素の CCD カメラ • カメラをコークス炉上で水平移動できるクレーン台車 • 各種異常を知らせる警報パトライト • カメラ画像を表示するモニター、画像を記録する記憶媒体及びブルーレイ・レコーダー • カメラとモニターを接続する同軸ケーブル • 冷却用エアーを 30ℓ/min で供給するエアーコンプレッサー (エアードライヤー付き) • 冷却用エアーを 0.3MPa 以上に圧縮して貯蔵できるエアータンク (400ℓ) • 冷却用水とエアーの供給配管を開閉できるバルブスタンド • エアークーラー • 操作説明書一式 (図 1-5、表 1-4、図 1-6～10 参照)
特徴	1200℃の熱に耐え得るカメラで、コークス炉内に挿入できるだけの冷却機能を備えている。カメラはコークス炉内を移動できるようクレーン台車に据え付けられ、クレーン台車ごと移動する。冷却用水、エアー又は電源の異常があると警報を発する警報機を備えている。また、カメラの画像は 40 万画素の高画質で、同軸ケーブルにより 150m 離れた監視ルームからボイラー内部の画像を監視できる。
競合他社製品と比べた比較優位性	1200℃の高温に耐えうる冷却機能と最長 8m のカメラジャケットを有している。
国内外の販売実績	<ul style="list-style-type: none"> • 国内 JFE スチール、新日鐵住金、他、計 11 社 • 海外 中国鋼鉄 (台湾)、中龍鉄鋼 (台湾)、計 2 社
サイズ	カメラジャケット : 5.5m×φ60.5
設置場所	ビライ製鉄所のコークス炉バッテリーNo.4 の屋上 (3 階) 及び 2 階
今回提案する機材の数量	1 システム

提案する耐熱カメラは、工業炉内に直接 CCD カメラを挿入し、炉内の可視化を実現する世界的にも類例のないものである。特に、コークス炉内部を可視化することができるのは本耐熱カメラだけである。耐熱カメラの主な用途は 2 種類ある。1 つは、炉内を映像として映し出すものである。CCD カメラは 40 万画素の画像を提供する。もう 1 つは、炉内を輝度でとらえて炎の温度分布を色別に可視化する。これには赤外線 CCD カメラを用いる。どちらも炉内の雰囲気温度 1500℃まで対応可能であり、一定の基準を満たした水、空気を使用すれば 24 時間運転で 5 年以上は使える (公称)。

耐熱カメラは、CCD カメラを冷却ジャケットの先端に格納し、水冷・空冷で冷却し、カメラの先端部で 2 系統の冷媒流を合流させ輻射熱対策及び粉塵パージ効果を発揮させる構造を有す。これについては既に特許取得済みである。

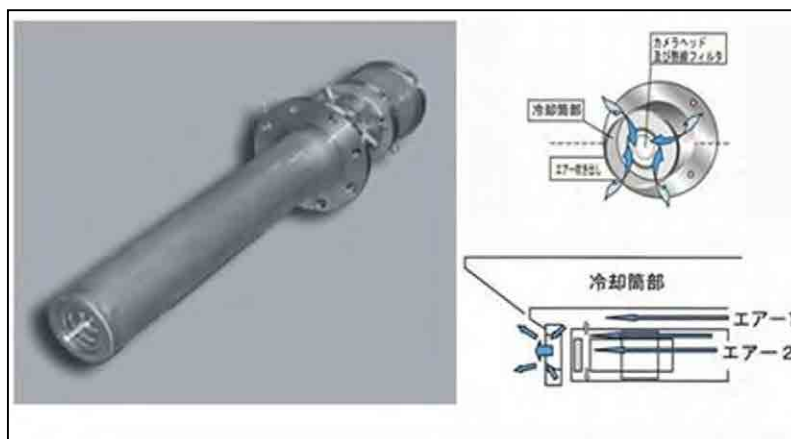


図 1-5 耐熱カメラ

表 1-4 SAIL 向け耐熱カメラシステムの仕様

SAIL 機器仕様		数量	単位
1	FS-12-56-07SNC	-	-
	A-820、f=15mm、丸窓	1	1
2	特性ラックシステム一式	-	-
	①中継電源 BOX 機能付き	1	1
	②専用ケーブル	25m	1
	③BNC ケーブル	1	1
	④設定用 PC (日本版)	1	1
	⑤15 インチ モニター	1	1
	⑥Blu-ray レコーダー	1	1
	⑦パトライト付き	1	1
	⑧音声システム (受信アンテナ及び無線マイクピン付き)	1	1
	⑨電源処理関係	1	1
3	ユーティリティーシステム	-	-
	①コンプレッサー (ドライヤー付き)	1	1
	②エアータンク	1	1
	③チラー (純水手配)	1	1
	④分電盤	1	1
	⑤バルブ、配管各 2 セット (給・排水/エアー)	1	1
	⑥覆いカバー (①及び③用)	1	1
	ユーティリティーケーブル	1	1
	FS 側	1	1
	①カメラ側エアーゴムホース	20m	2
	②カメラ側水ゴムホース	20m	2
	バルブスタンド側	1	1
	①冷却エアー用ゴムホース	15m	1
	②冷却水用ゴムホース	15m	1
③接続パイプ関係	1	1	
④電源ケーブル 15m	1	1	
4	バルブスタンド一式	-	-
	台車 (ラック+バルブスタンド搭載) 車輪ゴム エアークーラー付き	1	1
5	特性クレーン台車一式	1	1
6	説明書関係 (英語版)	-	-
	①FS 関係	1	3
	②格納ラック関係 (中継電源 BOX、PC モニタ含む)	1	3
	③バルブスタンド関係	1	3
	④クレーン台車関係	1	3

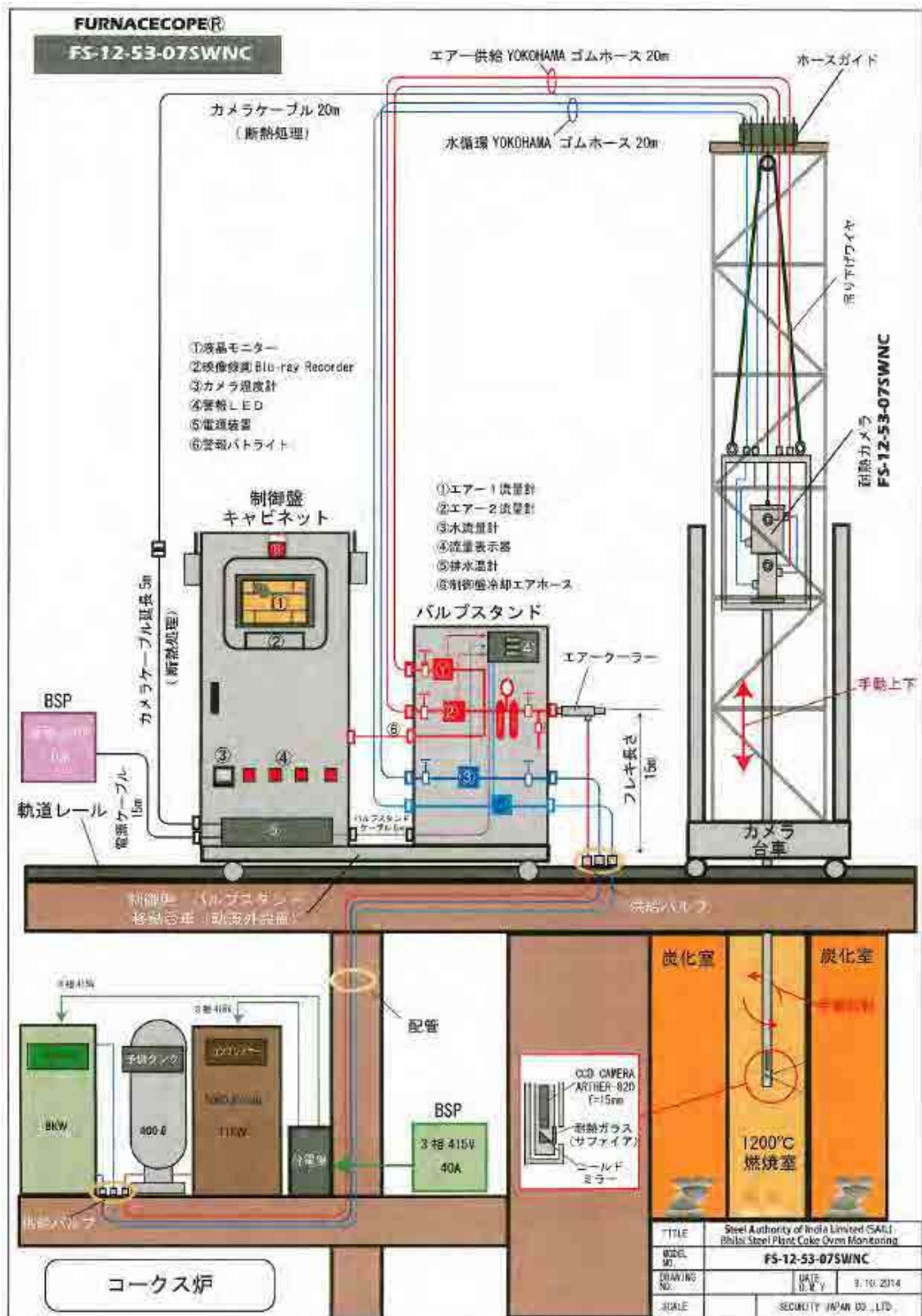


図 1-6 SAIL 向け耐熱カメラシステム概要図

表 1-5 NTPC カハルガオン石炭火力発電所ボイラー用耐熱カメラシステム

名称	NTPC カハルガオン石炭火力発電所ボイラー用耐熱カメラシステム
スペック (仕様)	<ul style="list-style-type: none"> • 1200℃のボイラー内に 24 時間 365 日連続でカメラを挿入できる冷却機能を有するカメラジャケット • 40 万画素の CCD カメラ • 冷却用水、冷却用エア及び入力電力が規定値を下回った場合にカメラをボイラーから引き抜く機能を有する緊急退避装置 • 各種異常を知らせる警報パトライト • カメラ画像を表示するモニターと画像を記録する記憶媒体 • カメラとモニターを接続する同軸ケーブル • 冷却用エアを 30ℓ/min で供給するエアコンプレッサー (エアドライヤー付き) • 冷却用エアを 0.3MPa 以上に圧縮して貯蔵できるエアータンク (400ℓ) • 冷却用水とエアの供給配管を開閉できるバルブスタンド • 可搬利用キット (水中ポンプ、バケツ) • 停電時にカメラ操作用電源としての無停電電源装置 • エアークーラー • 操作説明書一式 <p>(図 1-5、表 1-6、図 1-11～15 を参照)</p>
特徴	1200℃の熱に耐えるカメラで、ボイラー内に連続挿入しておくだけの冷却機能を備えている。冷却用水、エア又は電源の異常があると、自動でカメラをボイラー内から引き抜く緊急退避装置を備えている。また、カメラの画像は 40 万画素の高画質で、同軸ケーブルにより 150m 離れた監視ルームからボイラー内部の画像を監視できる。
競合他社製品と比べた比較優位性	1200℃の高温に耐えうる冷却機能を有している。
国内外の販売実績	<p>発電所関係に限定すると、以下の顧客へ販売した。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 国内 関西電力、中国電力、東北電力、他、計 5 社 • 海外 なし
サイズ	カメラジャケット：長さ 1m×φ60.5
設置場所	NTPC カハルガオン石炭火力発電所 Stage1-Unit 1 ボイラーの中 2 階 (バーナー直上) にある監視窓
今回提案する機材の数量	1 システム

耐熱カメラは SAIL ビライ製鉄所コークス炉用耐熱カメラシステムと同様である (図 1-6 参照)。

表 1-6 NTPC 向け耐熱カメラシステムの仕様

NTPC 機器仕様		数量	単位
1	FS12-10-06DN	1	1
	A820 f=7.5mm	1	1
	自動シャッター付きガイドアタッチメント	1	1
	FS/緊急退避装置取り付け台	1	1
2	専用ラック	1	1
	①中継電源 BOX 機能付き	1	1
	②専用ケーブル (5m、保護チューブ付き)	1	1
	③UPS 格納	1	1
	④警報ケーブル	150m	1
	管理室用特性ラックシステム	1	1
	①設定用 PC (日本語版、win7、32bit、ビデオキャプチャ付き)	1	1
	②内蔵 19 インチモニター	1	1
	③内蔵 DVD レコーダー	1	1
	④内蔵 OA タップ等	1	1
	⑤パトライト付き	1	1
3	ユーティリティーキット一式	1	1
	①コンプレッサー		1
	②エアータンク	1	1
	ユーティリティーケーブル関係	1	1
	①カメラ側フレキエアホース	5m	2
	②カメラ側フレキ水ホース	5m	2
	③カメラ側緊急退避装置駆動エアホース	5m	2
	④エアタンク側ホース	1	1
	⑤給水側水ホース	1	1
	⑥排水側水ホース	1	1
	可搬利用キット	1	1
	①水中ポンプ	1	1
	②バケツ	1	1
4	バルブスタンド一式	1	1
	緊急退避装置用エア口対応/キャスト付き エアークーラー付き	1	1
5	緊急退避装置一式	1	1
6	監視室向け映像ケーブル	1	1
	同軸ケーブル 5c2w	200m	1
7	現地作業	1	1
8	説明書関係 (英語版)	1	各 3
	①FS 関係	1	3
	②格納ラック関係 (中継電源 BOX、PC モニタ含む)	1	3
	③バルブスタンド関係	1	3
	④緊急退避装置関係	1	3

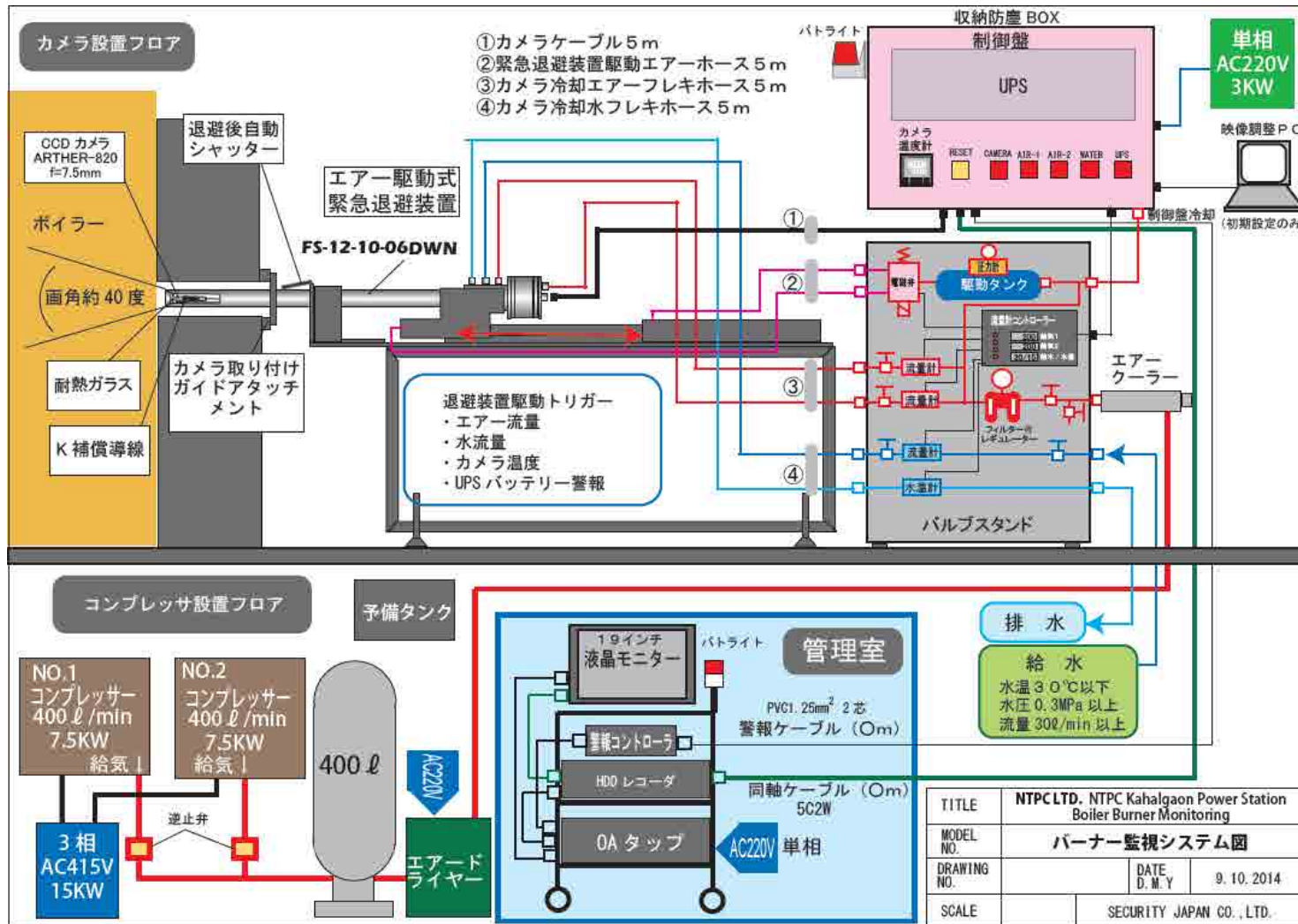


図 1-11 NTPC 向け耐熱カメラシステム概要図

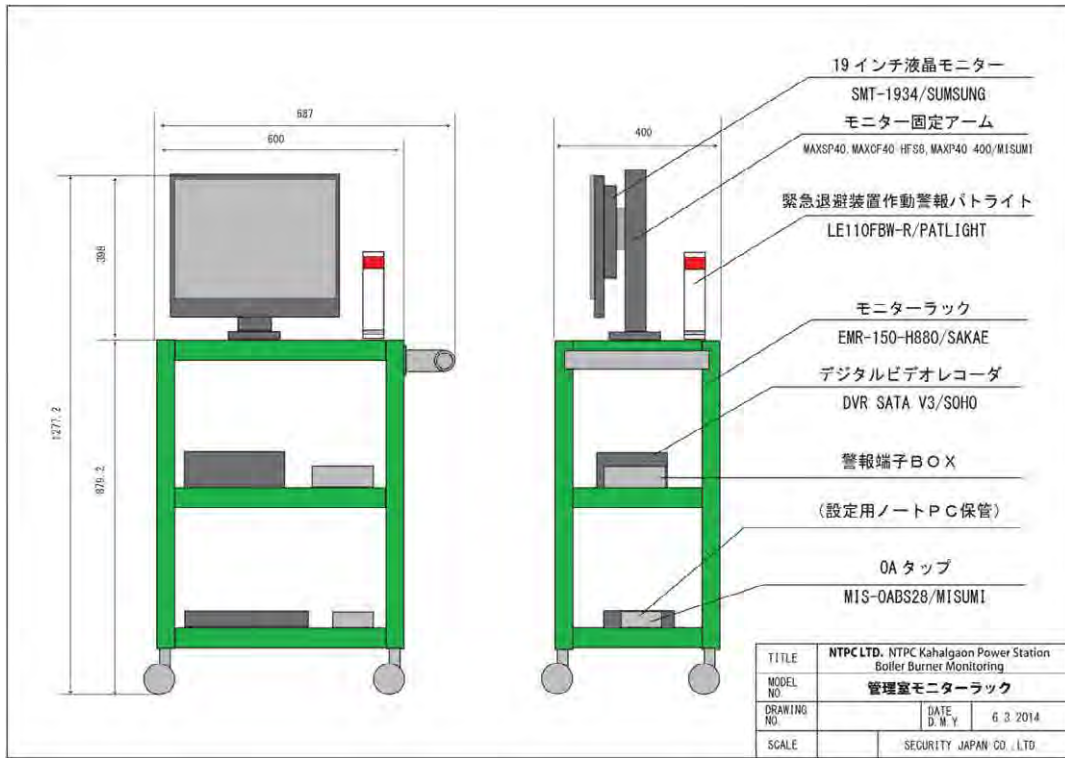


図 1-12 モニターラックシステム (監視室設置用)

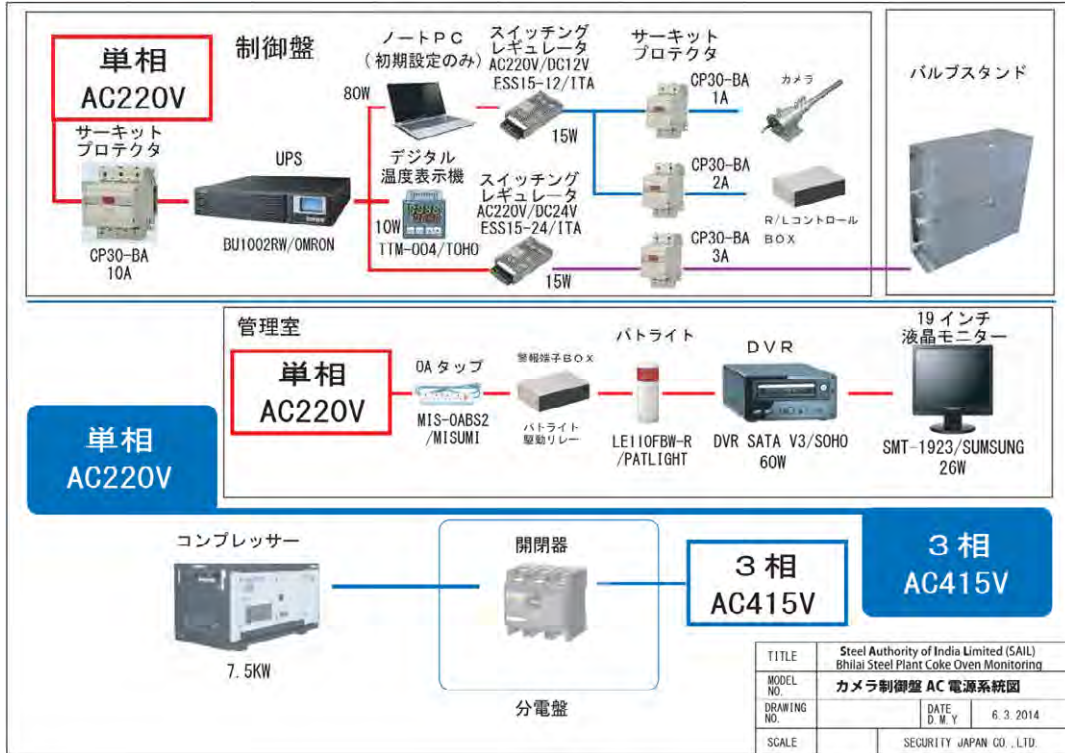


図 1-13 NTPC 用電源 (交流系統)

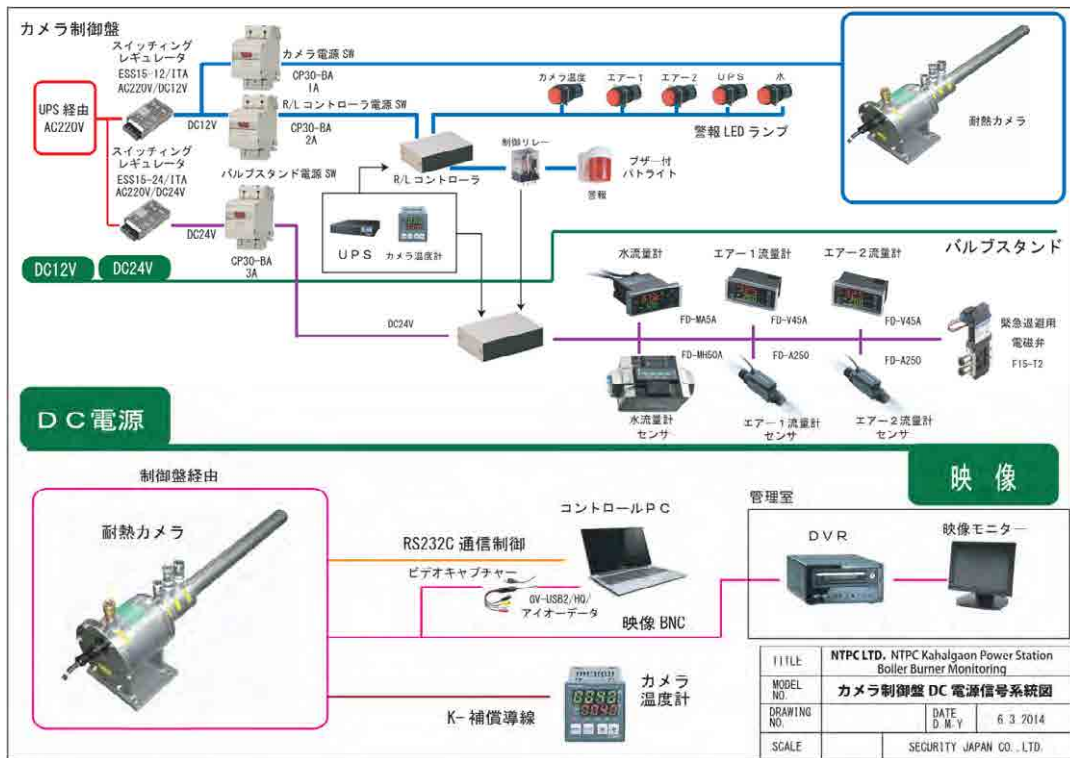


図 1-14 NTPC 用電源（直流系統）

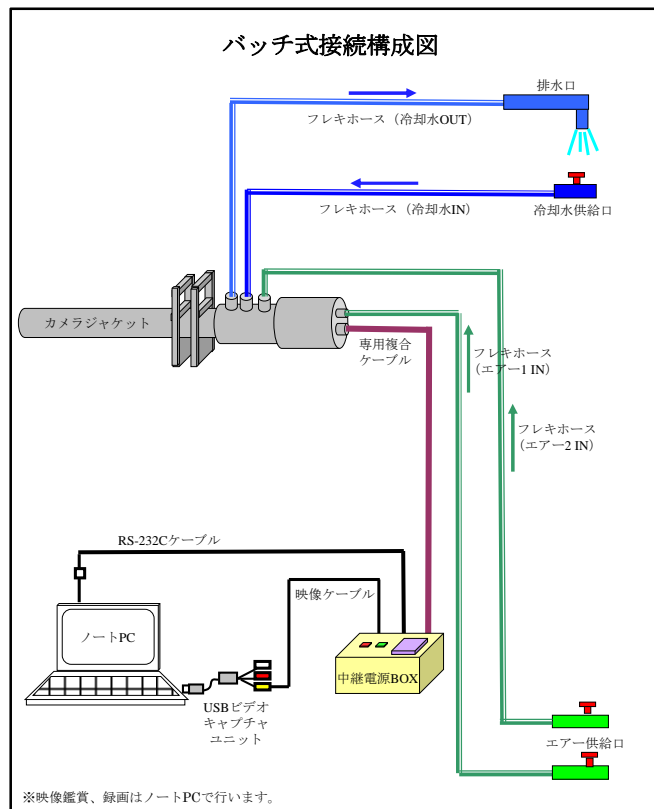


図 1-15 NTPC バッチ式カメラシステム（手動操作作用機材一式）

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

本事業では、インドの製鉄所コークス炉及び石炭火力発電所ボイラーにこの耐熱カメラを導入することにより (i) 炉内の見える化を実現し、(ii) 適切なメンテナンスを実施することにより発電効率・エネルギー効率を改善することを実証する。この結果、(ア) 安定した電力の供給に貢献すると共に、(イ) GHG 排出量の低減に貢献する。また、他施設への普及・展開を盛り込んだビジネスとしての事業性も検討する。

(2) 期待される成果

インドは 2014 年時点で粗鋼生産量第 4 位の国である。コークスの生産性は粗鋼の生産性においても重要となる。また、SAIL は PAT 制度を受けてエネルギー効率改善等による GHG 削減に取り組んでいるが、本耐熱カメラによりコークス炉の内部を見える化できれば、コークス炉の生産性向上と新たな GHG 削減対策が期待できる。すなわち、コークス炉内部に本耐熱カメラを挿入して、目視でレンガの損傷箇所を探し出し、損傷箇所を補修する、というもので、これにより炉内の燃焼効率を向上させることができる。日本では、コークス炉内部の映像から損傷箇所を特定し、そこへセラミックを溶射したり、レンガを接いだりして補修し、炉内の燃焼効率を改善している。これにより炉のエネルギー効率が改善され、その結果として生産性向上や GHG 削減につながっている。更には損傷箇所を補修するので、炉の延命化にもなっている。インドにおいてもこのような方法が開発され、新たな GHG 削減対策が開発されることが期待できる。なお、SJ 社はカメラメーカーであり、日本国内でのコークス炉補修²はメンテナンス会社が行っているため、本実証事業ではコークス炉内を見える化して、損傷箇所を特定するまでとするが、BSP 内のメンテナンス担当者もコークス炉内のレンガ補修技術は有しているため、カメラの利用に慣れれば、カメラ映像を利用したレンガ補修方法も近い将来開発されると期待する。

NTPC ではエネルギー効率改善は経営に直結する課題であるとともに、GHG 削減という観点からは PAT 制度を遵守することにも繋がる。一方、石炭火力発電所の現場ではバーナーの失火やクリンカ落下による事故に見舞われ、その度にボイラーを一定期間停止して発電できない状態を経験してきた。このため、石炭ボイラーには事故防止目的でカメラが導入されてきたが、それらの多くが空冷タイプのためか、灼熱の環境下ではカメラが持続的に稼働できていないようである。本耐熱カメラは

² コークス炉の補修技術は、コークス炉のメーカーや設計毎に異なる。日本ではセラミック溶射や耐火煉瓦を挿入する方法が一般的である。SJ 社はカメラメーカーであり、これら補修技術のノウハウは有しておらず、また補修技術について見聞した内容についても守秘義務により開示できない。

日本国内で長時間の運転実績があるため、インドの灼熱の環境下でも停止せずにカメラ映像を提供できる。また、その結果として事故の未然防止にも繋がると期待する。このようなカメラの利用はボイラーの安定運転、すなわち電力の安定供給に繋がり、結果としてエネルギー効率の改善につながる。更に、本耐熱カメラの映像から空気比管理の方法により省エネ対策方法論の構築も期待できる。

以上により、SAIL、NTPC ともに見える化とその結果としての安定運転並びにエネルギー効率改善に貢献でき、GHG 削減にも貢献できる、と期待している。

(3) 事業の実施方法・作業工程

[1] 実証事業

① 現地作業 (2013 年 11 月上旬)

<現地調査>

現地調査では、耐熱カメラの詳細設計を行うにあたり必要となる現地コークス炉やボイラーのカメラ挿入口の形状、カメラ及び周辺機器の設置場所、カメラで撮影したい場所、ユーティリティ（電力、水、空気）の状態等を把握する。また併せて、機材や工事の費用について、日本側負担範囲と現地側負担範囲の合意を得る。現地調査に要する期間は製鉄所が 3 日、石炭火力発電所が 5 日を予定している。実施者は(株)セキュリティージャパン、オガワ精機(株)、(株)エックス都市研究所である。

② 国内作業 (2013 年 11 月下旬～2014 年 4 月末)

<設計・製造>

耐熱カメラ及び周辺機器の設計と製造を行う。期間はコークス炉用及びボイラー用併せて 6 ヶ月間を予定している。実施者は(株)セキュリティージャパンである。

<輸送>

製造した耐熱カメラを日本からインドの製鉄所及び石炭火力発電所へ海運輸送する。輸送に要する期間は約 3 週間を予定している。実施者はオガワ精機(株)である。

③ 現地作業 (2014 年 5 月、6 月)

<製鉄所への耐熱カメラ設置工事 (2014 年 6 月) >

日本側の費用負担工事は、機材の組み立て、ユーティリティ（電気、水、空気）配管の二次側、試験運用を予定し、製鉄所側の費用負担工事はユーティリティ（電気、水、空気）配管の一次側、コークス炉への機材の上げ下ろしを予定している。

工事は日本側、現地側ともに現地の業者へ委託する。工期は 4 日間を予定している。実施者は(株)セキュリティージャパン、オガワ精機(株)である。

<石炭火力発電所への耐熱カメラ設置工事 (2014 年 5 月) >

日本側が費用を負担する工事は、機材の組み立て、温度分布表示ソフトのインストール、ユーティリティ (電気、水、空気) 配管の二次側、試験運用を予定し、石炭火力発電所側が費用を負担する工事はユーティリティ (電気、水、空気) 配管の一次側、ボイラーへの機材の抜き差しを予定している。工事は日本側、現地側ともに現地の業者へ委託する。工期は 4 日間を予定している。実施者は(株)セキュリティージャパン、オガワ精機(株)である。

④ 現地作業 (2014 年 9 月、11 月、2015 年 1 月及び 5 月)

<技術指導・動作確認 (2014 年 9 月、11 月、2015 年 1 月 (SAIL のみ) 及び 5 月 (NTPC のみ)) >

耐熱カメラが適切に運用されているかどうかの動作確認のために、製鉄所及び石炭火力発電所を各々 3 回に渡って訪問確認する。作業期間は 2 箇所 (コークス炉とボイラー) × 2 日/回 × 3 回 = 12 日間を予定している。実施者は(株)セキュリティージャパン、オガワ精機(株)、(株)エックス都市研究所である。

<データ収集及び効果の検証 (2014 年 11 月) >

耐熱カメラの導入効果を検証するために各種データ (エネルギー効率改善のための石炭消費量、発電電力量 (ボイラー)、石炭発熱量、酸素濃度、カメラ画像) を収集する。データ収集は計 2 日間を予定している。実施者は(株)セキュリティージャパン、(株)エックス都市研究所である。

<維持管理方法説明会 (2015 年 1 月 (SAIL のみ)、2015 年 5 月 (NTPC のみ)) >

耐熱カメラのユーティリティは現地で調整できるよう提案し、部品交換、故障、その他問い合わせは、現地作業委託先が一次対応し、オガワ精機(株)を仲介して(株)セキュリティージャパンと連絡がとれるようにする。更に、カメラを長期間使用してもらうために 1 年又は 2 年に 1 回の定期点検サービス (有料) を提案する。これらはコークス炉及びボイラー各 2 日、計 4 日を予定している。実施者は(株)セキュリティージャパン、オガワ精機(株)、(株)エックス都市研究所である。

[2] 普及展開のための調査

① 国内作業 (2014 年 1 月)

<資金スキーム (ODA 活用を含む) >

インド国営企業に対しては無償資金の活用の可能性を検討するが、民間企業向

けにはツーステップローンの活用の可能性を検討する。実施者はオガワ精機㈱である。

<事業性評価>

市場評価から推測される売上高を推測し、事業実施体制の維持コスト、各種リスクヘッジのためのコスト、ODA 活用に必要なコストを元に事業性を評価する。実施者はオガワ精機㈱である。

<普及展開のための戦略・計画立案>

普及・展開のための戦略・計画を立案する。実施者はオガワ精機㈱である。

<地域経済への貢献>

本事業を普及展開することで地域経済への程度波及効果があるかを調査する。実施者は㈱セキュリティージャパンである。

② 現地調査 (2014 年 1 月中旬)

<市場調査>

市場調査対象は、耐熱カメラの導入可能性がある製鉄所、石炭火力発電所、その他工業炉（一般廃棄物焼却炉、非鉄金属、窯業）である。市場調査対象の選定にあたっては下記条件を考慮する。実施時期は 2014 年 1 月中旬を予定している。実施者はオガワ精機㈱及び㈱エックス都市研究所である。

- 製鉄所の主な選定条件：コークス炉又は加熱炉を有する大手製鉄会社、デリー等アクセスの容易な場所に本社を置く会社
- 石炭火力発電所の主な条件：火力発電を有する電力会社、デリー等アクセスの容易な場所に本社を置く会社
- 上記以外の工業炉（セメント業界、ガラス業界、一般廃棄物処理業界等から選定）の主な条件：デリー等アクセスの容易な場所に本社を置く会社

<事業実施体制の検討>

事業実施体制の検討にあたり業務提携先を訪問して耐熱カメラの普及・展開に向けた体制を調査する。実施者はオガワ精機㈱及び㈱エックス都市研究所である。

<リスク分析>

普及・展開にあたり考えられるリスクを抽出し、各リスクを評価する。リスク抽出にあたり考慮するリスクとしては、知的財産権侵害リスク、模倣品による市場侵害リスク、機材損傷リスク、瑕疵リスク、代金回収リスク、その他慣行リスクである。実施者はオガワ精機㈱及び㈱エックス都市研究所である。

③ 国内作業（2014年11月-12月）

<資金スキーム（ODA活用を含む）>

2014年1月の調査及び実証活動の結果を踏まえ、補足的な調査をした上で最終的な取りまとめを行う。実施者はオガワ精機㈱である。

<事業性評価>

2014年1月の調査及び実証活動の結果を踏まえ、補足的な調査をした上で最終的な取りまとめを行う。実施者はオガワ精機㈱である。

<普及展開のための戦略・計画立案>

2014年1月の調査及び実証活動の結果を踏まえ、補足的な調査をした上で最終的な取りまとめを行う。実施者はオガワ精機㈱である。

<地域経済への貢献>

2014年1月の調査及び実証活動の結果を踏まえ、補足的な調査をした上で最終的な取りまとめを行う。実施者は㈱セキュリティージャパンである。

④ 現地作業（2015年2月）

<展示会出展>

耐熱カメラシステムの実証成果を活かした広報宣伝をするために、現地の展示会へ出展する。想定している展示会は第21回国際産業&技術フェア（IETF2015: The 21th International Engineering and Technology Fair）で、2年に1度開催されている。2013年実績では来場者数が23,000人、出展社数が350社であった。2015年度は日本がパートナー国に選ばれたため日本企業の出展も多いと予想される。出展形態はJETROのジャパン・パビリオン枠内での出展となる。実施時期は2015年2月26日~28日を予定している。実施者は㈱セキュリティージャパン、オガワ精機㈱である。

表 2-1 作業工程表

作業項目	期間	2013年度											2014年度											2015年度					
		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
1. 事業説明・ワークショップ																													
(1) 現地カウンターパート等への事業説明	予定																												
	実績																												
(2) ワークショップ	予定																												
	実績																												
2. 製鉄所及び石炭火力発電所への耐熱カメラ設置による効果の実証																													
(1) 耐熱カメラ設置工事のための現地調査 (ボイラー、コークス炉)	予定																												
	実績																												
(2) 耐熱カメラ設置工事のための設計製造 (ボイラー、コークス炉)	予定																												
	実績																												
(3) 耐熱カメラ輸送 (ボイラー)	予定																												
	実績																												
(4) 耐熱カメラ設置工事 (ボイラー)	予定																												
	実績																												
(5) 現地技術者への技術指導及びカメラの動作確認 (ボイラー)	予定																												
	実績																												
(6) 耐熱カメラの効果検証のためのモニタリング (ボイラー)	予定																												
	実績																												
(7) 耐熱カメラ輸送 (コークス炉)	予定																												
	実績																												
(8) 耐熱カメラ設置工事 (コークス炉)	予定																												
	実績																												
(9) 現地技術者への技術指導及びカメラの動作確認 (コークス炉)	予定																												
	実績																												
(10) 耐熱カメラの効果検証のためのモニタリング (コークス炉)	予定																												
	実績																												
(11) 耐熱カメラの効果検証 (データ収集・整理・分析を含む)	予定																												
	実績																												
(12) 実証事業後の耐熱カメラの維持管理方法指導	予定																												
	実績																												
3. 事業実施後の普及展開のための調査																													
(1) 耐熱カメラ普及展開のための市場調査	予定																												
	実績																												
(2) 耐熱カメラ普及展開のための実施体制調査	予定																												
	実績																												
(3) 普及展開のためのリスク分析調査	予定																												
	実績																												
(4) 普及展開のための資金スキーム検討 (ODA活用を含む)	予定																												
	実績																												
(5) 普及展開の事業性評価	予定																												
	実績																												
(6) 普及展開のための戦略・計画の検討	予定																												
	実績																												
(7) 地元経済・地域活性化への貢献度調査	予定																												
	実績																												

凡例： 現地作業 (予定) 国内作業 (予定) カウンターパート作業 (予定)
 ———— 現地作業 (実績) ———— 国内作業 (実績) ———— カウンターパート作業 (実績)

(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

<要員>

本実証事業に投入している要員は下表のとおりである。3社15名が従事している。

表 2-2 本実証事業に従事している要員

氏名	所属	担当分野	主な担当業務内容
下川 幹男	SJ	事業全般	業務主任者／全体統括／SJ担当分の統括
岩見 守和	SJ	事業全般	業務主任者補佐
深谷 梓	SJ	実証活動	耐熱カメラ全般担当（設計・製造・施工）
南 武晴	SJ	実証活動	耐熱カメラ全般担当（設計・製造・施工）
川邊 捷朗	SJ	実証活動	ユーティリティキット担当（設計・製造・施工）
大胡 昭	SJ	実証活動	製鉄所担当（設計・製造）
大木 達史	SJ	実証活動	耐熱カメラ全般担当（設計・製造）
富永 桂樹	OSK	事業全般	OSK担当分の統括
松本 隆	OSK	実証活動	輸送、実証実験支援
高柳 恒如	OSK	普及活動	輸送、国内調査（資金スキーム、事業性評価、戦略・計画立案、地元経済への波及効果調査）
鈴木 智之	OSK	普及活動	輸送、国内調査（資金スキーム、事業性評価、戦略・計画立案、地元経済への波及効果調査）
安藤 涼子	OSK	事業全般	現地調査（市場調査、実施体制の検討、リスク分析調査）
アレキサンダー・ボロビコフ	OSK	普及活動	輸送、国内調査（資金スキーム、事業性評価、戦略・計画立案、地元経済への波及効果調査）
鈴木 進一	EX	事業全般	外部人材活用／事業統括支援
仁井田 恵	EX	事業全般	外部人材活用・チーフアドバイザー／事業統括

SJ：株式会社セキュリティージャパン

OSK：オガワ精機株式会社

EX：株式会社エックス都市研究所

表 2-3 要員計画表

主な担当業務	氏名	所属先	計画 実績	2013年度					2014年度									2015年度					人・月														
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	現地	国内									
業務主任者／実証事業全体統括、SJ担当分の統括	下川 幹夫	㈱セキュリティージャパン	計画	310															10	40				0.33	17.50												
			実績	6	0	8	20	20	21	15	21	22	19	20	22	18	19	15	20	22	21	18	1	2	1	0	0.00	16.55									
業務主任者補佐	岩見 守和	㈱セキュリティージャパン	計画	360																				0.00	18.00												
			実績	6	19	11	20	20	21	15	21	22	18	20	22	18	19	15	20	22	21	18	7	3	1	0	0.00	18.75									
耐熱カメラ全般担当（設計・製造・施工）	深谷 梓	㈱セキュリティージャパン	計画	14	120				21	55			15	35		12	25		10	20			10	20		2.73	13.75										
			実績	6	14	19	19	20	20	21	15	8	13	11	22	18	11	15	22	10	12	19	15	20	22	21	18	0	1	0	0	2.07	16.25				
耐熱カメラ全般担当（設計・製造・施工）	南 武晴	㈱セキュリティージャパン	計画	14	120				21	55			15	35		12	25		10	50						2.40	14.25										
			実績	6	14	19	19	20	20	21	15	8	13	11	22	19	11	15	22	10	12	19	15	20	22	21	18	0	0	0	0	2.07	16.50				
ユーティリティキット担当（設計・製造・施工）	川邊 捷朗	㈱セキュリティージャパン	計画	110															21	55			15	35		12	85			1.60	14.25						
			実績	6	19	10	20	20	21	15	8	13	11	22	19	11	15	22	10	12	19	15	20	22	21	18	0	0	0	0	1.60	16.05					
製鉄所担当（設計・製造）	大胡 昭	㈱セキュリティージャパン	計画	14	30		6		80			21		200										1.37	15.50												
			実績	6	14	19	15	6	20	20	21	15	8	13	11	22	19	20	22	18	19	15	20	22	21	18	0	0	0	0	1.37	17.15					
耐熱カメラ全般担当（設計・製造）	大木 達史	㈱セキュリティージャパン	計画	120															21	55			15	35		16	25		10	20			10	20		2.40	13.75
			実績	6	19	19	20	20	21	15	8	13	11	22	19	13	12	22	8	14	19	15	20	22	21	11	10	1	1	0	0	1.93	16.20				
OSK担当分の統括	富永 桂樹	オガワ精機㈱	計画	250																									0.00	12.50							
			実績	5	5	0	5	5	9	15	21	22	21	20	22	18	19	15	19	22	21	18	0	0	0	0	0.00	14.10									
輸送、実証実験支援	松本 陸	オガワ精機㈱	計画	14	120				21	90			16		100										1.70	15.50											
			実績	5	14	0	0	10	20	21	15	8	13	11	22	6	20	22	8	14	19	1	0	0	0	21	18	22	8	0	0	1.63	12.45				
輸送、国内調査**	高柳 恒如	オガワ精機㈱	計画	250																									0.00	12.50							
			実績	14	5	5	8	20	21	15	21	22	16	20	22	18	19	15	19	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	14.10				
輸送、国内調査**	鈴木 智之	オガワ精機㈱	計画	56																									0.00	2.80							
			実績	5	5	5	5	21	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	2.80				
現地調査*	安藤 涼子	オガワ精機㈱	計画	14	25		16		80			14	55			14	50		10	20		10	22			10	20		2.93	13.60							
			実績	6	14	19	7	16	20	20	21	15	7	7	16	18	18	11	14	22	18	19	15	15	5	18	21	11	10	22	22	16	4	2.60	18.45		
輸送、国内調査**	アレキサンダー・ポロビコフ	オガワ精機㈱	計画	152																									0.00	7.60							
			実績	4	2	0	5	21	15	21	22	21	20	0	22	18	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	9.50				
外部人材活用／事業全般支援	鈴木 進一	㈱エックス都市研究所	計画	60																									0.43	3.00							
			実績	13	1	0	0	2	0	0	1	5	6	7	4	0	2	3	4	7	7	6	4	15	0	0	0.43	3.70									
外部人材活用／チーフ・アドバイザー／事業全般支援	仁井田 恵	㈱エックス都市研究所	計画	14	25		16		105			15		180										1.50	15.50												
			実績	6	14	12	5	16	12	16	10	9	8	13	13	6	15	15	7	15	11	14	3	5	11	9	11	12	13	4	2.00	11.25					
*・・・現地調査とは普及・展開のための市場調査、実施体制の検討、リスク分析調査を示す																										受注企業 人・月計(予定)		15.5	171.5								
**・・・国内調査とは普及・展開のための資金スキーム、事業性評価、戦略・計画立案、地元経済への波及効果の調査を示す																										受注企業 人・月計(実績)		13.3	188.9								
																										外部人材 人・月計(予定)		1.9	18.5								
																										外部人材 人・月計(実績)		2.4	15.0								
																										人・月計(予定)		17.4	190.0								
																										人・月計(実績)		15.7	203.8								

凡例 現地作業
 国内作業

・ 供与資機材リスト

表 2-4 供与資機材リスト

No.	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	耐熱カメラシステム (NTPC カハルガオン石炭火力発電所ボイラー用)	—	1 式	2014 年 5 月 30 日	NTPC カハルガオン石炭火力発電所 Stage- I Unit 1 ボイラー2 階
2	耐熱カメラシステム (SAIL ビライ製鉄所コークス炉用)	—	1 式	2014 年 9 月 19 日	SAIL ビライ製鉄所コークス炉バッテリーNo.4

・ 相手国政府関係機関側の投入

本実証事業ではカウンターパート側投入機材は以下のとおりである。

表 2-5 カウンターパート側投入機材

カウンターパート	対象プラント	投入機材
SAIL	ビライ製鉄所 (BSP)	電源一次側配線 (220V、415V) ブレーカー迄
		冷却水配管 (2 階～3 階)
		冷却エアー配管 (2 階～3 階)
NTPC	カハルガオン石炭火力発電所 (KhSTPP)	電源一次側配線 (220V、415V) ブレーカー迄
		冷却水一次側配管
		冷却水
		冷却エアー一次側配管

(5) 事業実施体制

SAIL

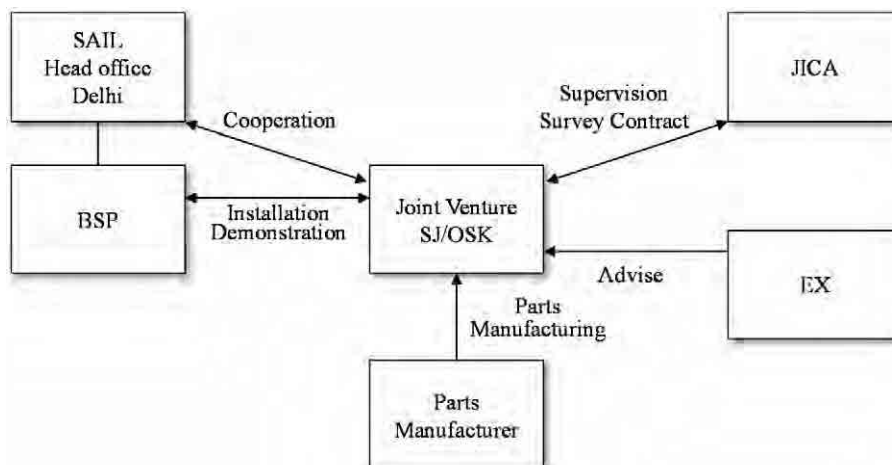


図 2-1 SAIL での実証事業実施体制図

表 2-6 本実証事業のカウンターパート (SAIL)

氏名	所属	役職	主な担当業務内容
Sanjeev Taneja	SAIL/Head office	GM	Operations
Pushpender Bansal	SAIL/ Head office	AGM	Operations
P.R.Deshmukh ★	SAIL/BSP	GM	I/c (CO&CCD)
J.Arjuna Prasad	SAIL/BSP	DGM	I (CO&CCD)
S.K.Das	SAIL/BSP	DGM	M&S
Tarun Karnar	SAIL/BSP	DGM	H&R
H.K.Chauhan	SAIL/BSP	DGM	Mech-CO&CCD
P.V.V.S.Murthy	SAIL/BSP	AGM	Elec.
J.Rath	SAIL/BSP	AGM	Battery
Atul Goswami	SAIL/BSP	AGM	(CO&CCD)
Ingle	SAIL/BSP	Senior Operator	(CO&CCD)
S.K.Sao	SAIL/BSP	Senior Operator	(CO&CCD)
Praveen Kr.Jha	SAIL/BSP	AM	RDCIS
Pramod Kuhar Singh	SAIL/BSP	Junior Manager	RDCIS
L.D.Zade	SAIL/BSP	Operator	(CO&CCD)

★ 意思決定者

NTPC

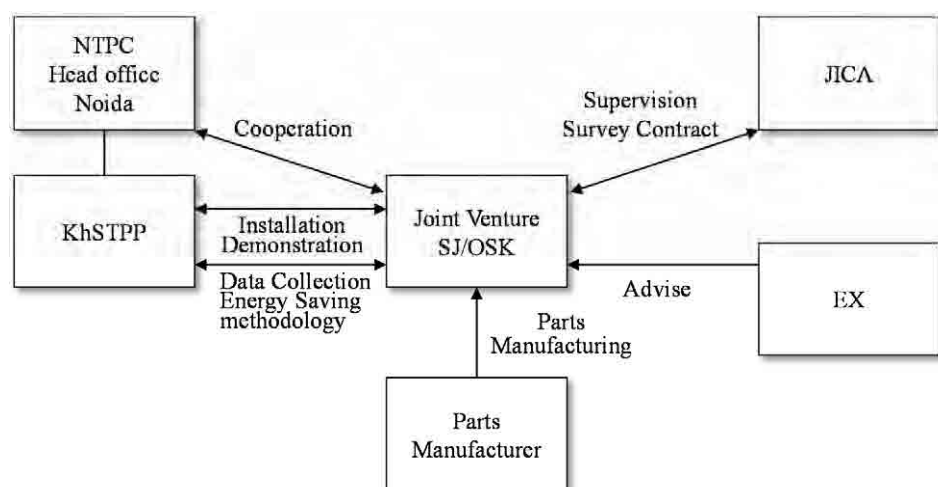


図 2-2 NTPC での実証事業実施体制図

表 2-7 本実証事業のカウンターパート (NTPC)

氏名	所属	役職	主な担当業務内容
Vinod Choudary ★ (2015年1月まで)	NTPC/Head office	GM	Corporate Operation Services-Boiler
Dileep Kumar ★ (2015年1月から)	NTPC/Head office	GM	Corporate Operation Services-Boiler
D. Venkatapathi Rao	NTPC/Head office	AGM	Corporate Operation Services-Boiler
Prasant Kumar Mohapatra (2015年1月まで)	NTPC/KhSTPP	GGM	KhSTPP
N. M. Mishra (2015年1月から)	NTPC/KhSTPP	GGM	KhSTPP
N.K Sinha	NTPC/KhSTPP	GM	O&M
T. Gopal Krishna	NTPC/KhSTPP	GM	O&M
Somnath Chakraborty	NTPC/KhSTPP	AGM-I/C	O&M/C&I
Sukhmoy Roy	NTPC/KhSTPP	AGM	C&I
P.K.Saha	NTPC/KhSTPP	DGM	C&I
A.K.Raza	NTPC/KhSTPP	AGM	BMD
Prasant Mishra	NTPC/KhSTPP	SUPDT	O&M./C&I

★ 意思決定者

(6) 相手国政府関係機関の概要



SAIL (出典 : http://en.wikipedia.org/wiki/Steel_Authority_of_India)

本社所在地	インドニューデリー
設立	1954年1月19日 Hindustan Steel Limited (HSL) として設立され、1973年1月24日に SAIL へ統合された。
事業内容	Steel, flat steel products, long steel products, wire products, plates
売上高	約 51.866 億ルピー (FY2012-13)
営業利益	約 354 億ルピー (FY2012-13)
従業員数	約 101,878 人 (2013)
主要株主	インド政府
ホームページ	www.sail.co.in
概要	<p>Steel Authority of India Limited (SAIL) はニューデリーに本社を置き、国営の製鉄企業としてはインド国内最大手の一つであり、世界有数の製鉄企業でもある。5,186 億ルピーの売上高はインド国内でもトップ 5 に入る。国営企業でありながら市中での取引をおこなう SAIL は、インド政府の元で大規模に統括運営されている。1973年1月24日に SAIL が設立されて、2010年～2011年期にはじめて従業員数が 10 万人を超えた。2013年3月31日時点では 10 万 1,878 人である。現在の最高責任者は C.S Verma である。SAIL は年間 13.5 百万トンもの生産規模を有し、世界で 24 番目に位置する。</p> <p>SAIL によって運営されている主要製鉄所のサイトとしては、Bhilai, Bokaro, Durgapur, Rourkela, Burnpur (Asansol 近辺) 及び Salem がある。SAIL は西ベンガル地方に 2,100 億ルピーもの投資をして、ワゴン工場の設立を目指している。SAIL はインド政府により統括運営されている国営企業である。最近の調査によれば、SAIL はインドで最も急速に成長した国営の組織の一つである。さらには、SAIL はジャールカンド州ランチ (州都) に、製鉄のための R&D センター、エンジニアリング&技術 (CET)、管理者育成協会 (MTI) 及び SAIL 安全組織 (SSO) を有する。</p>



NTPC (出典 : <http://ja.wikipedia.org/wiki/NTPC>)

本社所在地	インドニューデリー
設立	1975 年
事業内容	電気事業
売上高	約 2299 億ルピー (2005)
営業利益	約 749 億ルピー (2005)
従業員数	約 23,000 人 (2005)
主要株主	インド政府 89.5%
ホームページ	https://www.ntpc.co.in/
概要	<p>インド国内最大の火力発電会社であり、発電シェアは約 27%、企業単体の発電容量は 237,000MW、国内総容量の 19.79%を占めている。主要事業は火力発電に関する建設、運営、コンサルティングほか、水力発電の開発、発電取引・販売なども行っている。株式の上場は 2004 年からであったが、株式の 89.5%は政府が保有したままとなっている。会社全体の発電施設は、石炭発電所 15 箇所や天然ガス発電所 7 箇所を含む約 30.644MW で、国内各地に存在している。ほかに合弁事業の下で 3 つの石炭およびナフサ/LNG 発電所がある。将来目標として 2012 年に 50,000MW、2017 年に 75,000MW 規模の発電能力への到達を目標とし、人員増や新規プロジェクトの開始、新規発電所の検討を実施している。2005 年 9 月 23 日の株主年次総会での特別決議により 1956 年会社法第 21 条が改正され「National Thermal Power Corporation Limited」から「NTPC Limited」に社名変更された。これは採炭部門の統合と原子力および水力発電事業への着手を目的としたためである。</p>

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

① 実証活動（SAIL での見える化）

<設計のための現地調査>

2013年11月11日～13日にかけて設計のための現地調査を行った。ビライ製鉄所では、実証事業の概要説明を行い、表3-1にあるチェックシートを用いて、カメラの挿入長さ、カメラ設置場所の確認、ユーティリティの供給及び引き取り点の確認、カメラ組み立て・試験場所の確保、といった作業を行い、更に議事録を作成・署名をすることでカウンターパートとの意識合わせを行った。更に、デリー本社を訪問して、ビライ製鉄所から出された耐熱カメラへの要望を報告した。



図 3-1 耐熱カメラ保管スペース

表 3-1 現場調査に用いたチェックシート（抜粋）

SAIL製鉄所コークス炉

設置工場： Bhilai Steel Plant
 対象炉： コークス炉バッテリーNo.4
 現場調査日時： 年 月 日
 調査実施者：

ここに全てOKになれば確認終了

調査項目	測定機器	確認する内容	確認者	確認手段	確認結果	確認根拠
① SAIL担当者						
コークス炉オペレーション担当者	視察の同行及びカメラ設置のすり合わせ	コークス炉オペレーション担当者は誰か、名刺は貰ったか(名刺がない場合は氏名、メールアドレス、電話番号を控える)	OSK	名刺		
コークス炉工事担当者	視察の同行及びカメラ設置のすり合わせ	コークス炉工事担当者は誰か、名刺は貰ったか(名刺がない場合は氏名、メールアドレス、電話番号を控える)	OSK	名刺		
現場責任者(署名者)	視察の同行及びカメラ設置のすり合わせ	現場責任者は誰か、名刺は貰ったか(名刺がない場合は氏名、メールアドレス、電話番号を控える)	OSK	名刺		
本社責任者	視察の同行及びカメラ設置のすり合わせ	本社責任者は誰か、名刺は貰ったか(名刺がない場合は氏名、メールアドレス、電話番号を控える)	OSK	名刺		
② 耐熱カメラシステム設置場所						
設置スペース(装炭車退避スペース内)		利用可能なスペース(●●m×●●m×●●m)をBSPから教えてもらったか(配置図参照)	SJ	ヒヤリング	11/5 S/J サイズ関係等は未確定段階	
		総重量概算3tをBSPへ伝えたか(配置図参照)	SJ	ヒヤリング		
		セーフティエリアの上部、左右を確認し、耐熱カメラ設置に障害となるものはない	SJ	現場確認		
		セーフティエリアに設置することは可能か、また、設置についてBSPから合意を得たか	SJ	現場確認		
③ FS						
カメラ	側視タイプ	カメラの用途(見たい部分)は何か	SJ	ヒヤリング 署名	9/9 現地視察時には燃焼室と炭化室(内壁部)を見たい旨のコメントを受けたが、再確認必要	
		実証対象となる燃焼室の範囲を確認し、それをBSPへ伝え、合意を得たか	SJ	現場確認 ヒヤリング 署名		
		カメラ挿入が困難な燃焼室の位置を確認し、BSPへ伝え、合意を得たか	SJ	現場確認 ヒヤリング 署名		
挿入長	5m	5mでコークス炉底部に届くか	SJ	図面	9/9 現地視察時にコークス炉の見取り図をSAIL担当者に手書きで記載してもらったが、手書きの見取り図が正しいかどうか確認するため再確認必要	
カメラ径	φ60.5mm	点検窓からカメラが挿入できるかをダミー(φ76.3mm×600mm)で確認したか	SJ	現場確認	9/9 現地視察時にコークス炉の見取り図をSAIL担当者に手書きで記載してもらったが、手書きの見取り図が正しいかどうか確認するため再確認必要	
本体			SJ			
支え			SJ			
ケーブル関係			SJ			
積置きスタンド			SJ			
編芯テスト			SJ	国内作業		
耐圧テスト			SJ	国内作業		
耐熱テスト			SJ	国内作業		
④ モニター等ラックシステム						
PC			SJ			
カラーモニター	4:3の15インチ		SJ			
DVRシステム	NTSC仕様		SJ			
バックライト			SJ			
格納ラック			SJ			
電源ケーブル(SJ分電盤～中継電源BOX)	10m(これが基本)20m?	何m必要か(FS挿入可能なコークス炉燃焼室の場所を特定する)	SJ	現場確認		
		ケーブルの耐熱温度は200℃でよい	SJ	ヒヤリング	OK	9/9 現地視察議事録
中継電源BOX	入力電源	電源の責任分界点はSJ分電盤ブレーカーの1次側でよい(別図参照)	SJ	ヒヤリング		
		ブレーカー容量と接続可能なケーブル径をBSPへ伝え、合意を得たか(別図参照)	SJ	ヒヤリング 署名		
		受け取り電圧は三相415V(+10/-5)でよい	SJ	現場確認(計測) 図面	9/9 3相220VはBSPからリジェクトされ、3相415V(+10/-5)は利用可能とのコメントがあった。	9/9 現地視察議事録
		電圧変動は許容範囲か	SJ	現場確認(計測) 図面		
専用ケーブル(中継電源BOX～FS)	20m	20mで問題ないか	SJ	国内作業		

<設計・製造>

2013年11月10日～23日の現地調査の結果を元に、現地で確認した要求事項を考慮しながら耐熱カメラ及び周辺機器の設計と製造を行った。

現地担当者から5mのカメラを導入したいという意向があったが、その一方でコークス炉の屋上には装炭車の電源用架空線が高さ6m程度のところに敷設されていた。このため、クレーン台車が、5mのカメラ重量に耐えるために大型化するとともに、架空電線を避けるような可動構造となり、複雑化した。クレーン台車のコストについては当初の計画金額を大幅に上回る結果となった。



図 3-2 コークス炉屋上の装炭車と架空電線

ユーティリティーは、チラー/コンプレッサーを設置することになったが、現場で供給可能な電源は415Vと240Vであったため、日本製品に変圧器を装備させるかインド製品を調達するかの検討を行った。その結果、入力電源電圧の変換、メンテナンス（部品交換、故障対応）、調達コスト（物品費）を総合的に勘案してインド調達とすることにした。また、メーカーはELGI社（コンプレッサー）、Superchiller社（チラー）を選定した。メーカー選定は製鉄所に入入りできる業者である必要があるため、これら2社しか選択肢がなかった。これによりコストは当初計画よりも大幅に低減させることができた。

耐熱カメラシステムの製造後、2014年3月31日に出荷前検査を行い、機材の品質に問題がないことを確認して横浜の梱包会社へ出荷した。出荷前検査は㈱セキュリティージャパンから組み立て等を請け負っている城南工業株式会社に場所を提供してもらい、㈱セキュリティージャパンが実施した。

<輸送>

耐熱カメラは梱包会社にて梱包し、2014年4月9日に梱包会社から横浜港へ向けて出荷した。クレーン台車やカメラジャケット等の容積が大きかったため、海運輸送とした。コルカタ到着は4月29日となり、通関手続をして、5月13日輸出許可となった。手続き後は陸上輸送により6日間でビライ製鉄所に到着した。関税は機材費の30%になり、想定どおりの税率だった。

<設置>

2014年6月2日～11日にかけて現地で機材の設置工事を実施した。この時期、インドは最も暑くなる時期で、6月7日はデリーで観測史上最高の47.8℃を記録した。これに加えて、コークス炉屋上は更に高温環境下にあるため、灼熱の中での設置工事となった。

設置工事では、まず、日本から輸出した機材の確認、現地で調達したチラー、エアコンプレッサー等機材の確認、ビライ製鉄所に依頼したユーティリティー（水、エア、電気）の配管・配線一次側までの工事の確認を行った。輸送した機材、エアコンプレッサー、ユーティリティーの配管・配線一次側工事は問題なかったが、チラーの到着が一週間遅れとなった。これにより工事の予定が大幅に遅れた。



図 3-3 設置工事前の確認作業 輸出機材（上左右）、配管等工事（左下）、チラー・エアコンプレッサー（右下）

また、設計段階で大型化してしまったクレーン台車をコークス炉上へ吊り上げる作業は現地のクレーン技師により問題なく成功した。



図 3-4 クレーン台車の吊り上げ作業

各機器・部品を細かく点検した後、組み立て作業を行い、カメラジャケットをクレーン台車に固定した後、カメラジャケット、コントロールボックス（制御・画像録画機器内蔵）、バルブスタンド（冷却水・エアーの調整バルブ内蔵）、チラー、エアーコンプレッサー等の全ての機器を接続して試験運用を行った。

試験運用として耐熱カメラをコークス炉へ挿入中に、冷却水ホースがカメラジャケットから外れ、カメラを炉から引き抜く前に熱で損傷した。これにより、CCDカメラ、カメラジャケット、冷却水ホースの取り付け口（カプラ）が使用不能となった。原因はカメラの上下等操作時に冷却水ホース（フレキホース）によじれが発生し、よじれを解消しないまま操作し続けたためにホース取り付け口に強い引っ張り力がかかったためである。



図 3-5 試験運用中のカメラの損傷（挿入前（左）、挿入後（右））

また、設置機材を粉塵や腐食ガスから防護する防護カバーが盗難にあった。このため、カメラ運用時以外は盗難にあいそうな機器・部品類は事務所の鍵付きロッカーへ保管することになった。

<再設置工事>

2014年9月12日～19日にかけて現地で機材の再設置工事を実施した。まずは前回設置工事において損傷した CCD カメラとカメラジャケットを交換した。また、損傷の原因となったフレキホースからゴムホースへ取り替え、全ての機器を再接続した。なお、ゴムホースの動きを滑らかにするため、ホースガイドを取り付けた。全ての機器を接続してカメラをコークス炉に挿入した結果、懸念していたホースも外れず、カメラの耐熱性も問題なく、無事挿入試験は完了した。

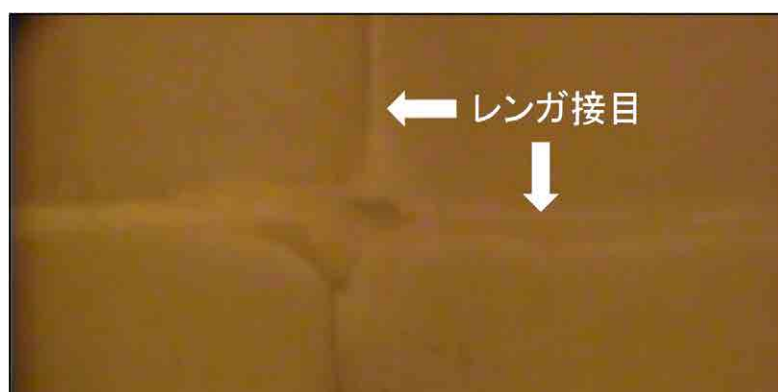


図 3-6 コークス炉の内部映像（積み重なったレンガの境目が見える）

ただし、カメラ挿入長さが 3～4m を超えたあたりでカメラ温度が急激に上昇し、カメラ温度が 50℃になった時点で引き上げたところ、挿入時間が約7分程度であった。BSP からはもう少し長い時間挿入できるように、との要望が出たため、冷却能力を強化する対策をすることとなった。



図 3-7 カメラ挿入試験 (7 分間)

<改良工事（冷却能力強化対策）>

2014 年 11 月 16 日～23 日に、コークス炉への挿入時間を延長できるように冷却能力強化対策を行った。冷却能力対策は、チラーの冷却水タンク容量を増加させて耐熱カメラから戻ってくる高温水でチラータンク内の冷却水温度を上げないようにするのと冷却エアーの温度を下げるエアークーラー設置である。どちらも耐熱カメラの冷却能力を向上させて、炉内への挿入時間を延長する対策である。

チラー冷却水タンク容量を実際に増加させるには時間と費用を要することが明らかであったため、11 月の訪問時には擬似的にタンク容量を増量させて実証することとした。すなわち、耐熱カメラから戻る冷却水を直接チラータンクには戻さず、一旦、別のタンクで受け、別に用意した水を追加して冷ましてからチラーの冷却水タンクへ戻す、という方法をとった（下図参照）。

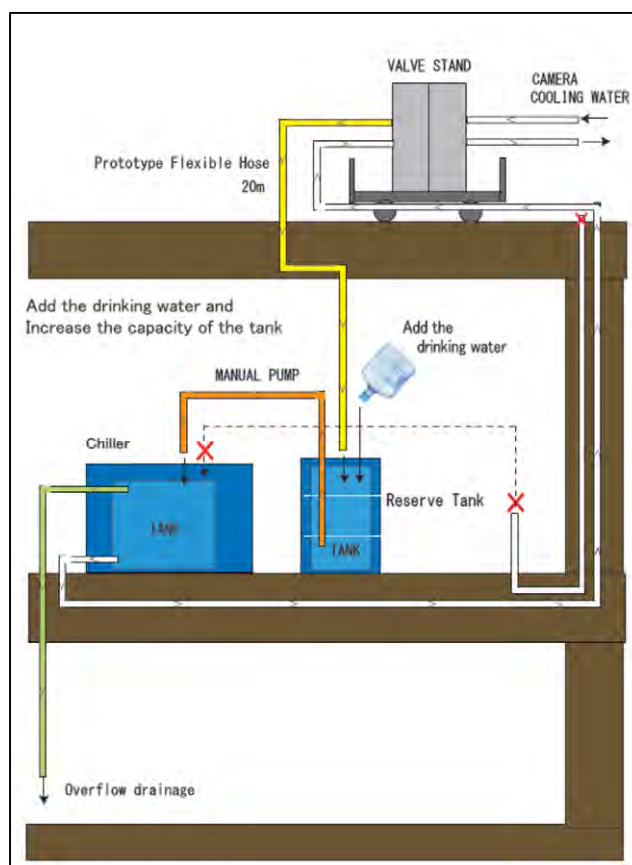


図 3-8 チラー冷却水タンク容量を擬似的に増量する方法



図 3-9 実際にチラー冷却水タンク容量を擬似的に増加させている模様



図 3-10 上段の配管にエアークーラーが設置されている

この結果、耐熱カメラの挿入時間が 10 分程度だったのを 45 分以上へ延長させることができ、冷却機能強化対策が完了した。

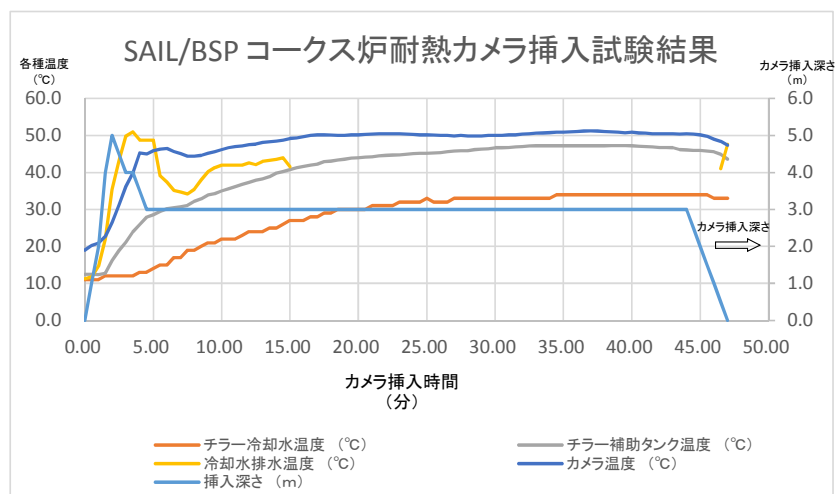


図 3-11 耐熱カメラ挿入試験結果 (45 分以上を達成)

<技術指導・動作確認及び維持管理方法説明>

2014 年 11 月 16 日～23 日と 2015 年 5 月 14 日～16 日にかけて、カメラシステムの技術指導・動作確認と維持管理方法の説明を行った。

まずはカメラシステムの操作方法を説明し、次に BSP 所員がカメラ操作できるよう、BSP の人員だけでカメラ挿入訓練（技術指導）を実施した。その中でカメラの正常動作を確認した。



図 3-12 耐熱カメラシステムの操作訓練（技術指導・動作確認）

また、これと併行して、カメラシステムの維持管理方法を説明した。耐熱カメラシステムはコークス炉の炉頂で保管するが、PC等の精密機器類は空調の効いた部屋で別途保管するよう説明した。



図 3-13 精密機器類は別保管（維持管理方法説明）

最後に、本事業後の機材保証や故障対応について説明して、SAILへの機材引渡の手続きを完了し、SAILへの見える化を完了した。

<SAILからの主なコメント>

コークス炉内を可視化でき、その上カメラの画像も鮮明で嬉しい。しかし、カメラを直立させるのに人力で10分以上ハンドルを廻し続けなければならず、耐熱ゴムホースさばきにも2人の作業員を必要とする点は改良の余地がある。また冷却水の温度上昇を防ぐためのタンク増設の設計もしてほしい。

② 実証活動（NTPC での見える化）

＜設計のための現地調査＞

2013年11月14日～20日にかけて設計のための現地調査を行った。NTPC カハルガオン石炭火力発電所では、実証事業の概要説明を行い、表 3-1 のチェックシートを用いて、カメラの挿入長さ決定、カメラ設置場所の確認、ユーティリティの供給及び引き取り点の確認、カメラ組み立て・試験場所の確保、といった作業を行い、更に議事録を作成・署名をすることでカウンターパートとの意識合わせを行った。

更に、デリー本社を訪問して、カハルガオン石炭火力発電所での調査結果を報告した。NTPC 本社からは現地調査前から、ファイヤーボールの監視、緊急退避装置の設置及び監視ルームへのモニター設置の3点の要求があったが、ファイヤーボールについては、同発電所の Stage-1、Unit-1 ボイラーには適切な監視窓がなく、実証事業の予算や時間の都合上、他のボイラーや他の発電所で検討する余裕がなかったため、現実的な解として同ボイラーの 3F へ設置することで合意が得られた。

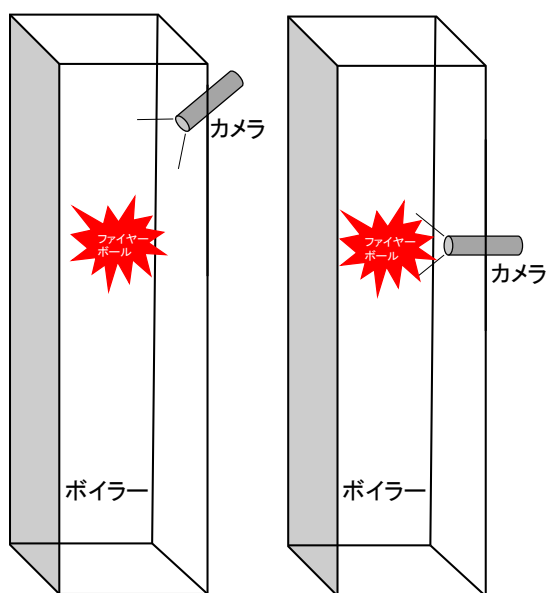


図 3-14 耐熱カメラの設置場所（左：NTPC 本社の要望、右：現実的な設置場所）



図 3-15 耐熱カメラ設置場所 (Stage-1, Unit-1, 3F の監視窓)

残りの 2 点の要求については技術的に問題ないことから、設計・製造に進むことになった。

<設計・製造>

現地調査の結果を元に耐熱カメラ及び周辺機器の設計と製造を行った。

NTPC 本社からはファイヤーボールの監視、緊急退避装置の設置及び監視ルームへのモニター設置の 3 点の要求があった。ファイヤーボールについては、現地調査直後の本社訪問時に合意が得られていたため、特に問題はなかった。また、緊急退避装置及び監視ルーム用モニターについても特に問題なく設計・製造が完了した。

ユーティリティーは、コンプレッサーを設置することになったが、現場で供給可能な電源は 415V と 240V であったため、日本製品に変圧器を装備させるかインド製品を調達するかを検討を行った。その結果、入力電源電圧の変換、メンテナンス（部品交換、故障対応）、調達コスト（物品費）を総合的に勘案してインド調達とすることにした。また、メーカーは ELGI 社（コンプレッサー）を選定した。メーカー選定は発電所に入入りできる業者である必要があるため、1 社しか選択肢がなかった。それ以外の機材については現地調査前に想定したものから大幅な変更はない。

耐熱カメラシステムの製造後、2014 年 3 月 31 日に出荷前検査を行い、機材の品質に問題がないことを確認して横浜の梱包会社へ出荷した。出荷前検査は㈱セキュリティージャパンから組み立て等を請け負っている城南工業株式会社に場所を提供してもらい、㈱セキュリティージャパンが実施した。

<輸送>

耐熱カメラは梱包会社にて梱包し、2014年4月18日に梱包会社から成田空港へ向けて出荷した。カメラジャケット等の機材の容積が小さかったため、海運よりも空輸の方が安いことが判明したため空輸とした。デリー到着は4月21日となったが、NTPCから通関に必要な書類を受け取ったのが5月8日となり、17日間デリー空港に保管されていたことになる。その後通関手続きをし、5月14日に輸出許可を得た。5月16日デリーを出発し、陸上輸送により5日間でカハルガオンに到着した。関税は機材費の30%、と想定どおりの税率だったが、通関手続きに要した期間の保管費用が嵩んだ。

<設置工事>

2014年5月26日～31日にかけて現地で機材の設置工事を実施した。この時期、インドは最も暑くなる時期で、ボイラー周辺は更に高温環境下にあるため、蒸し暑い中での設置工事となった。

設置工事では、まず事前に、日本から輸出した機材の確認、現地で調達したエアーコンプレッサー等機材の確認、カハルガオン石炭火力発電所に依頼したユーティリティー（水、エアー、電気）の配管・配線一次側までの工事の確認を行った。輸送した機材、エアーコンプレッサーは問題なかったが、ユーティリティーの配管・配線一次側工事が完了しておらず、同時進行で工事をする事となった。



図 3-16 設置工事前の確認作業（写真は日本からの供給機材）

各機器・部品を細かく点検して、組み立て作業を行い、カメラジャケットを緊急

退避装置に設置した後、コントロールボックス（制御・画像録画機器内蔵）、バルブスタンド（冷却水・エアの調整バルブ内蔵）、エアコンプレッサー等の全ての機器を接続して試験運用を行った。



図 3-17 各機器・部品の組み立て



図 3-18 試験運用（左上はカメラ挿入模様、左下はエアコンプレッサーとタンク、右はモニターに映し出された炉内の映像）

試験運用の結果、カメラの動作は良好で、画像も予想どおり鮮明に映し出された。ただし、設置直後はカメラ温度が高く、エアコンプレッサーの動作もオンロード

状態が続いていたため、次回訪問時迄にコンプレッサーとカメラ温度対策を検討することとなった。



図 3-19 工事完了を祝う儀式（上は竣工式、下は椰子の実割り）

また、その後、カハルガオン石炭火力発電所の関係者に対し、カメラの操作方法と維持管理方法を説明し、設置工事完了となった。



図 3-20 説明会（上）と最後の記念撮影（下）

なお、2014年5月の設置完了時に、カメラ温度が高く、エアーコンプレッサーの動作もオンロード状態が続いていたため、帰国後検討し、エアーコンプレッサーの増設（容量を2倍にする）とエアークーラー挿入による冷却温度低減対策をとることとした。

その後、7月上旬に、コンプレッサーがオーバーロードにより稼働停止してしまったためカメラは緊急退避装置により退避した。このためカメラの運用を一旦停止し、コンプレッサーの修理にとりかかったが、修理が保証対象かどうかを確認し、スペアパーツを取り寄せ、修理エンジニアの手配をした結果、修理完了は8月中旬となった。

また、その直後、現地調達した増設用エアーコンプレッサーが届き、新しいエアーコンプレッサーも設置され、コンプレッサーが2台運転となった。ただし、運転方式としては1台運転、1台予備の常用・予備運転方式がとられた。

<技術指導・動作確認（1回目）>

2014年9月8日～10日にかけて現地で機材の技術指導、動作確認を実施した。

まず、エアーコンプレッサーの動作確認を行った。修理されたコンプレッサーは正常に動作していることが確認でき、増設したコンプレッサーも正常動作が確認できた。これでエアーコンプレッサーが2台となったが、常用・予備運転方式ではコ

ンプレッサーの容量不足が心配だったため、常に2台を運転する2台並行運転方式へと変更した。更に、カメラが運用中に高温で緊急退避したことがあったという情報を得たため、念の為に CCD カメラが損傷していないかを点検し、問題ないことが確認できた。



図 3-21 増設して2台並行運転となったコンプレッサー

監視室に設置した画像記録装置についてもカメラ運用中は正常に記録されていることを確認した。



図 3-22 監視室に設置されているカメラ画像

<技術指導・動作確認（2回目）>

2014年11月14日に現地で2回目の技術指導・動作確認を実施した。耐熱カメラは順調に撮影を続けていたが、カメラ挿入孔周りにクリンカが付着していたため視野範囲が狭くなっていた。このため、クリンカを除去した。



図 3-23 カメラ挿入孔の清掃（左：清掃前、右：清掃後）

また、コンプレッサー1号機が稼動しておらず、内部を見るとファンベルトが切れていたため、メーカー販売代理店へ追加ベルトを発注した。このときコンプレッサー2号機は稼動していたため耐熱カメラシステム自体は稼動していた。

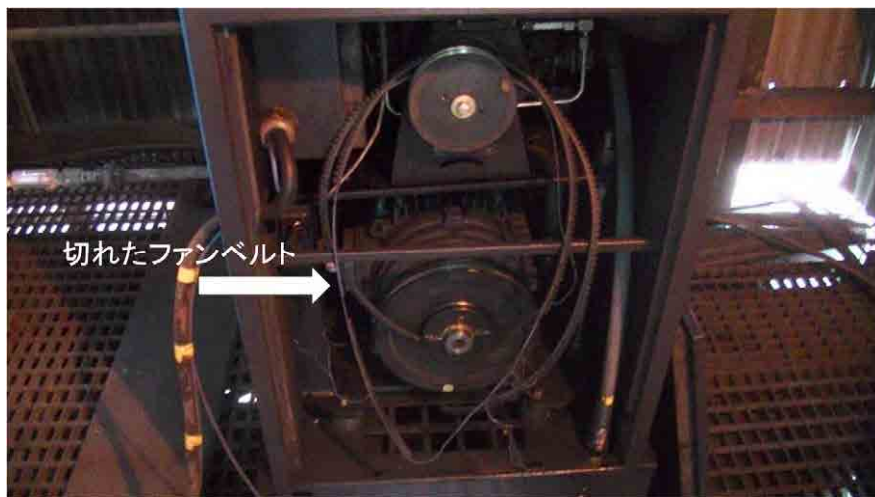


図 3-24 11月訪問時に故障していたコンプレッサー（内部のベルトが切れていた）

なお、帰国後の11月26日に2号機のオイル漏れが発覚し、12月1日には2号機も稼動停止して、耐熱カメラが退避状態になった。このためメーカー販売代理店へ両機の調査と修理を依頼した。その後、2015年1月に1号機の修理が完了し、耐熱カメラの運転が再開された。また、2月には2号機の修理も完了して稼動した。しかし、3月に入ってから、再び1号機が定格流量を確保できないという理由で稼動停止した。

<技術指導・維持管理説明（3回目）>

2015年5月に現地で機材の正常動作確認、技術指導を実施した。耐熱カメラは順調に撮影を続けていたが、コンプレッサーは不安定な稼動を続けていた。このため、NTPCに対してコンプレッサー販売代理店との間でメンテナンス契約を締結するようアドバイスした。



図 3-25 コンプレッサーの操作パネル（エラーが表示されている）

また、バッチ式（手動操作式）カメラの操作方法を説明した。



図 3-26 バッチ式（手動操作式）カメラを操作する場合の操作説明

耐熱カメラのモニターは監視ルームの中の運転員の席から見える位置に設置されており、本事業終了後も引き続き、ボイラーの炉内監視用として利用されることを確信した。



図 3-27 ボイラー運転員の横にカメラの監視モニターが設置されている

最後に、本事業後の機材保証や故障対応について説明して、NTPC への機材引渡の手続きを完了し、NTPC への見える化を完了した。

<NTPC からの主なコメント>

NTPC では、以下のような感謝のコメントを頂くとともに、本耐熱カメラが他社のカメラよりも冷却性に優れ、その結果 1 年間稼動し続けられたことを実証できたことが最大の成果であったように感じられた。

NTPC カハルガオン石炭火力発電所の所長：今までモンスーンの時期にはボイラー内部の失火があるかどうかを 10 分ごとに人を派遣して確認していたのが、このカメラによって、失火の有無が管理室にいながらにして常時確認でき、大変感謝している。

NTPC 本社の GM：NTPC は新しいボイラーにはカメラは標準的に装備されることになっている。日本のカメラが、猛暑やモンスーンがあるインドで稼動し続けることを実証するのは大変意義のあることであった。

NTPC 本社の AGM：このカメラは高画質で、耐熱性にも優れている。キーとなる技術は冷却にあると思う。現在、NTPC にある「使われなくなっているカメラ」も冷却機能を維持しつづければ稼動できるかもしれない。

③ 実証活動（NTPC での省エネ方法論）

耐熱カメラを使った省エネとして、ボイラー内部の画像（輝度）をみながら空気比を調整して発電効率を最適化するという方法を調査した。

<方法論概要>

まずカメラ画像と発電効率の関係であるが、一般に燃焼温度と発電効率は比例するから、耐熱カメラの画像から算出された炎の輝度（明るさ）がボイラー内部の燃焼温度に比例すると仮定すると、結局、輝度と発電効率も比例すると推測できる。すなわち、耐熱カメラの輝度を見ると発電効率が推測できる、と考える。

また、輝度を見て発電効率を制御する方法であるが、これには空気比と発電効率の関係を用いる。ここで、空気比とは、燃料である石炭を完全燃焼するのに必要十分な空気量を 1 として測った空気の量である。空気は石炭を燃焼させる酸素の原料としてボイラーへ供給される。

もし、空気比が 1 より大きければ、ボイラー内部で燃焼されずに余った空気がボイラー内部の熱を吸収して外部へ排出してしまうので熱の無駄になる。一方、空気比が 1 より小さい場合は、石炭の不完全燃焼が起こり、CO ガスが急増して CO 中毒や爆発の発生の恐れがある。このため、実際の運用では空気比を 1 よりやや大きめにして石炭を完全に燃焼しつつ、ボイラー内部の熱の無駄を最小限に抑えるようにするのが一般的である。

日本国内では、空気比で発電効率を制御する方法は比較的普及しており、これを「空気比管理」という。NTPC のボイラーにおける空気比は制御室内にある酸素濃度をコントロールするつまみでコントロールできる（但し、運転管理上は一定範囲に設定するよう定められているため、自由に変動させることはできない）。

但し、この空気比管理の方法は空気比と発電効率の関係が既知である必要がある。日本では、省エネ法の管理標準として最適な空気比が下表のように定められており、発電用石炭ボイラーでは 1.15～1.3 程度とされている。

表 3-2 ボイラーに関する基準空気比

区分	負荷率 (%)	基準空気比					
		固体燃料		液体燃料	気体燃料	高炉ガス、その他の副生ガス	
		固定床*1	流動床				
電気事業用*2	75-100	<u>1.15</u> ~ <u>1.3</u>		1.05 ~ 1.2	1.05 ~ 1.1	1.2	
その他	30t/h ≤ 蒸発量	50-100	1.3 ~ 1.45	1.2 ~ 1.45	1.1 ~ 1.25	1.1~1.2	1.2~1.3
	10t/h ≤ 蒸発量 < 30t/h	50-100	1.3-1.45	1.2 ~ 1.45	1.15 ~ 1.3	1.15 ~ 1.3	—
	5t/h ≤ 蒸発量 < 10t/h	50-100	—	—	1.2~1.3	1.2~1.3	—
	蒸発量 < 5t/h	50-100	—	—	1.2~1.3	1.2~1.3	—

*1・・・「電気事業用」とは、電気事業者(電気事業法第2条第1項8号に規定する電気事業者をいう。以下同じ。)が、発電のために設置するものをいう。

*2・・・固体燃料の固定床ボイラーのうち微粉炭焚きのものに係る基準空気比の値は、電気事業用にあつては1.15~1.3、その他(蒸発量が毎時30トン以上のもの及び10トン以上30トン未満のものに限る。)にあつては1.2~1.3とする。

出典：別表第1(A) 基準空気比(11(1)2)関係)

<輝度と発電効率の関係>

そこでまずは輝度と発電効率の関係を求める。ボイラー内部の輝度はカメラの画像を1時間毎に1つ抽出し、その画像の輝度を算出して24個(=1日分)のデータを平均した(日平均データ)。なお、輝度の数値は絶対的なものではなく相対的な値である。下図は2014年11月7、8、9、15、21、22、30日における1時間毎の抽出画像の輝度である。また、全グラフを合成した折れ線グラフと日平均データの棒グラフを示してある。輝度データはおよそ100から140の間で推移している。

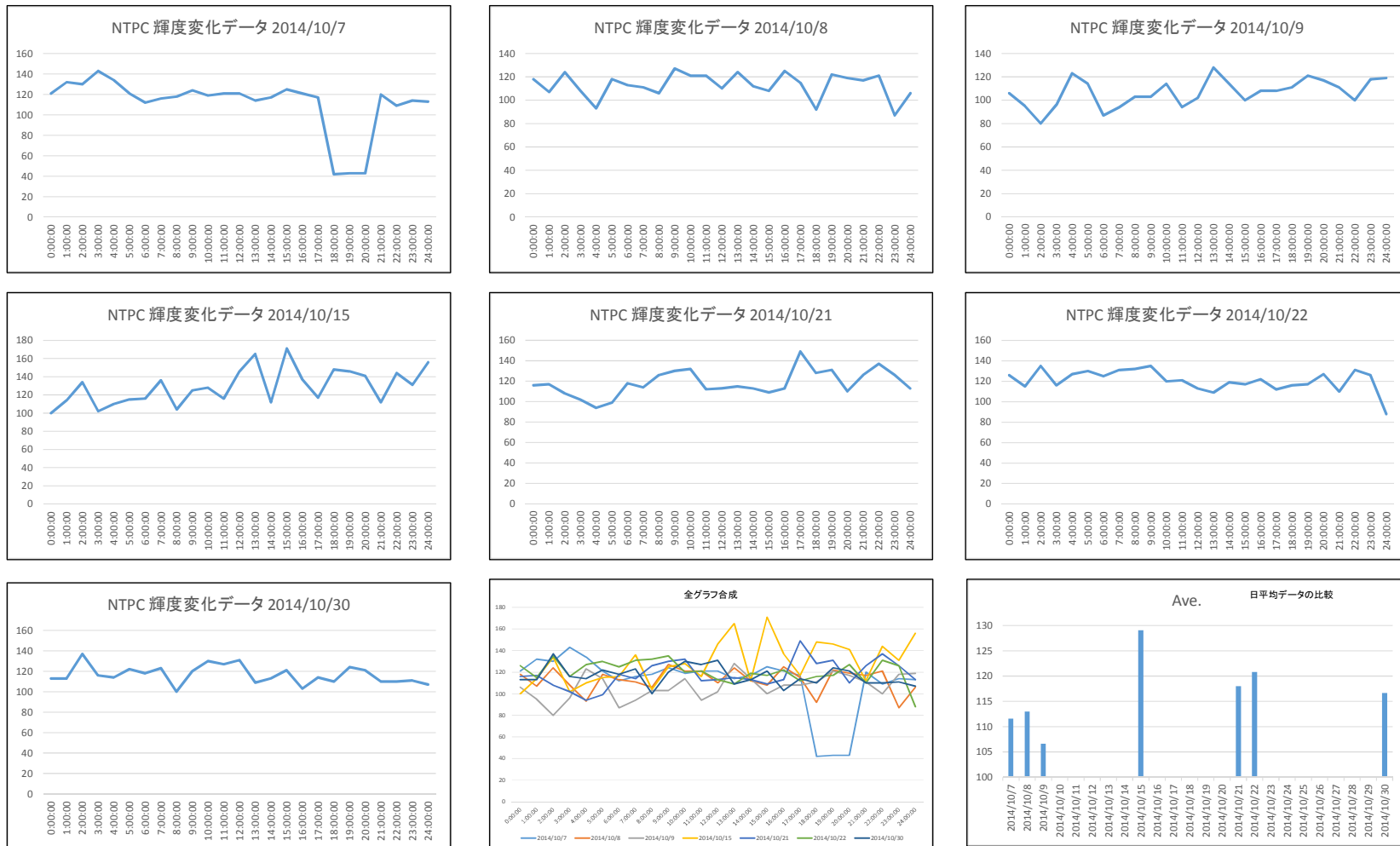


図 3-28 日々の輝度変化 (2014年11/7、8、9、15、21、22、30及び全グラフ合成(折れ線グラフ、棒グラフ))

次に、発電効率であるが、これは石炭投入量、石炭発熱量及び発電電力量から算出した。

まず、2014年9月28日～10月30日における石炭投入量と発電電力量は下図のとおりである。両者は比較的相関をもちながら変動している。

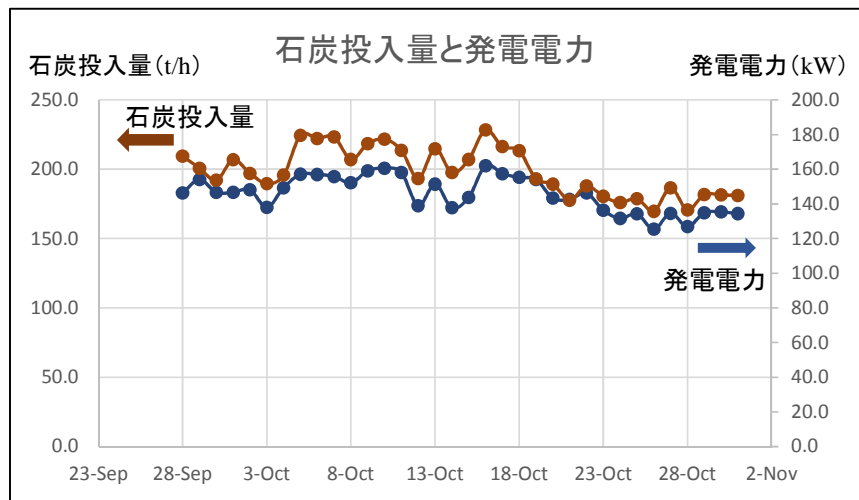


図 3-29 石炭投入量と発電電力

一方、石炭発熱量は発電所の Stage1 と Stage2 の2つの発電所で使用する石炭ストックヤードからサンプリングして計測したものを日平均してある。データは2014年9月28日から10月30日のもので、発熱量が2,600kcal/kg (=10.92MJ/kg) から3,000kcal/kg (=12.6MJ/kg) の幅で変動している。この値は褐炭の発熱量よりもやや低くなっている。

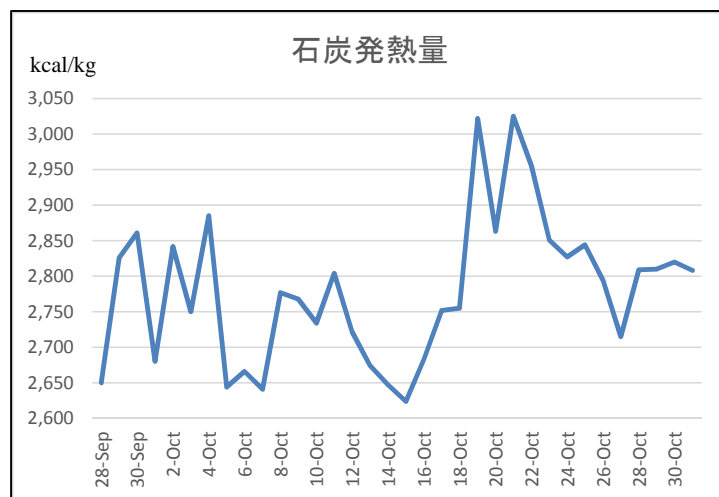


図 3-30 石炭発熱量の日変化 (発電所での日平均値)

これらのデータから発電効率を算出した (下図参照)。発電効率は1点を除き、

おおよそ 35.5%前後で推移している。発電効率は変動する石炭発熱量（サンプリングデータの日平均値）とはほぼ無関係に発電効率がほぼ一定している。

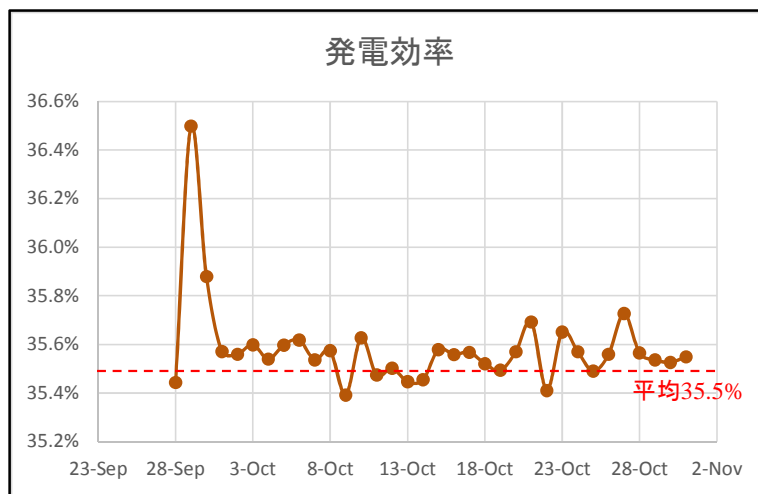


図 3-31 発電効率

以上から輝度と発電効率の関係は次のようになる。

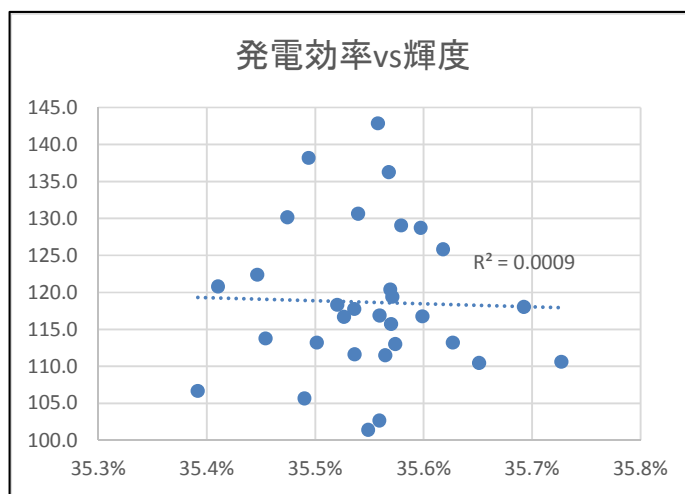
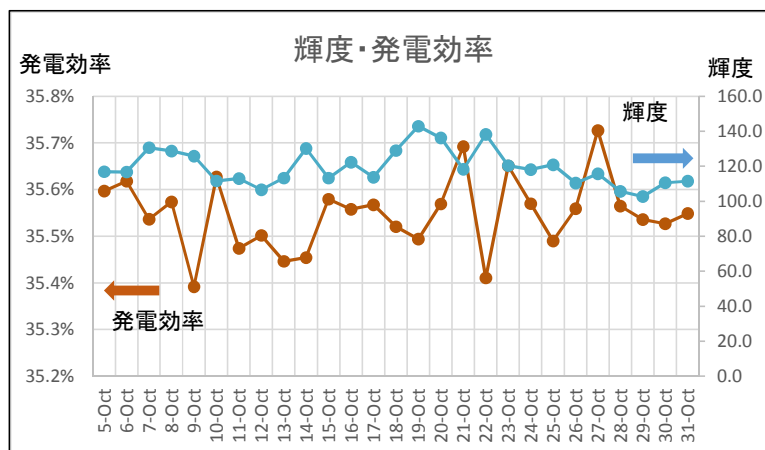


図 3-32 輝度と発電効率 (上は関係図、下は2次相関)

予想では、輝度が大きくなれば発電効率も大きくなる、としていたが、輝度と発電効率の関係図では、概ね、輝度が上昇しているときに発電効率が下降し、輝度が下降しているときに発電効率が上昇しているように見える。また、両者の線形近似による相関係数も低い。従って、本データからは輝度と発電効率の明確な関係は導き出せなかったが、輝度が高くなると発電効率が下がる可能性がある。

<空気比と発電効率の関係>

次に、NTPC のボイラーにおける空気比と発電効率の関係を調べる。日本での最適空気比も参考にする。

空気比は酸素濃度から算出した。酸素濃度は下図のようにボイラー排ガス出口（5階）にセンサーが設置されており、そのデータが監視ルームのモニターに表示されている。これを1日三交代制の勤務者が、交代後すぐに記録するという手順で管理されている。1日の記録点数は3点であり、本事業では、これを平均した値を用いた。

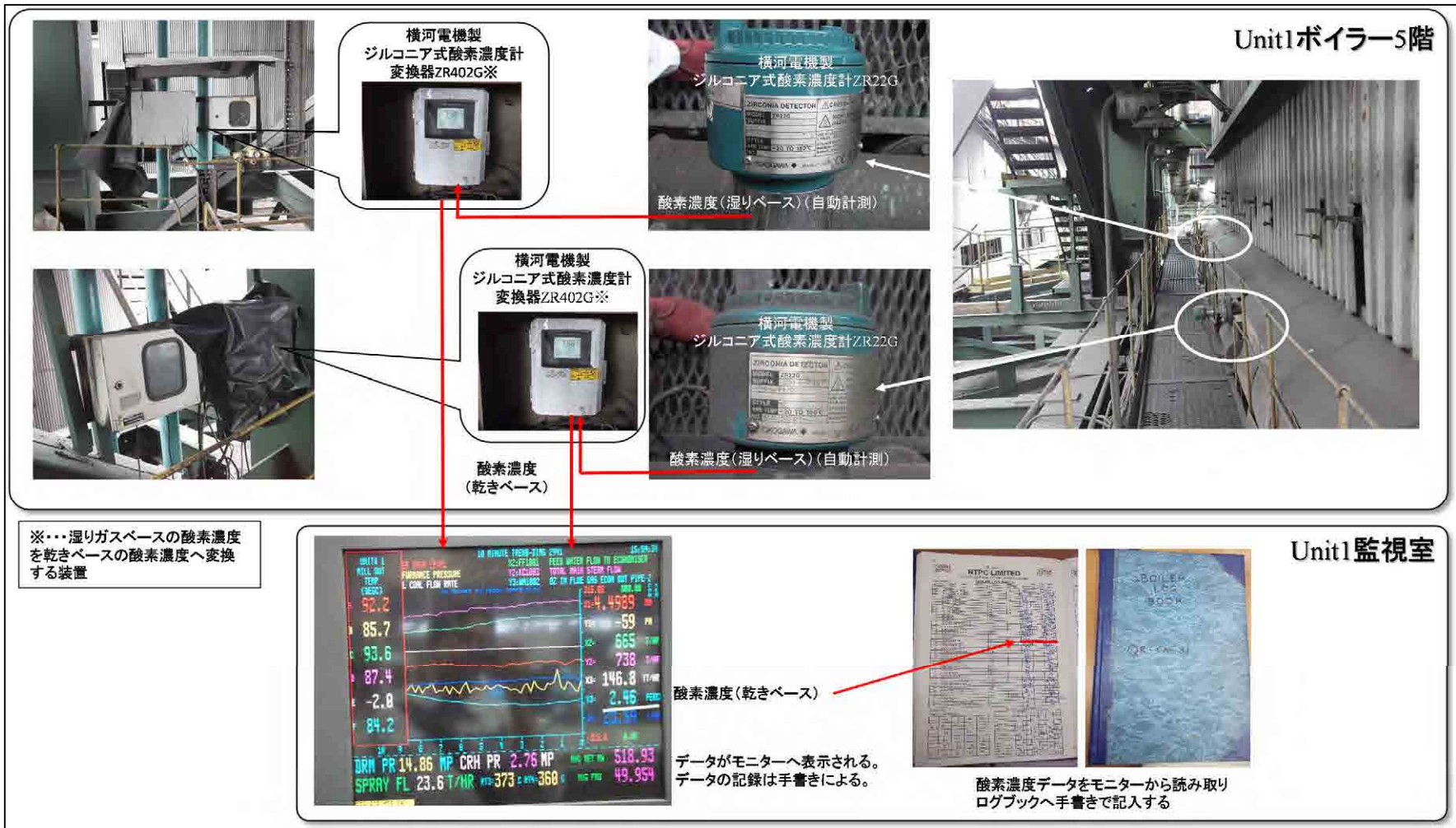


図 3-33 酸素濃度の測定箇所と測定記録

空気比と発電効率を図示すると次のとおりとなる。

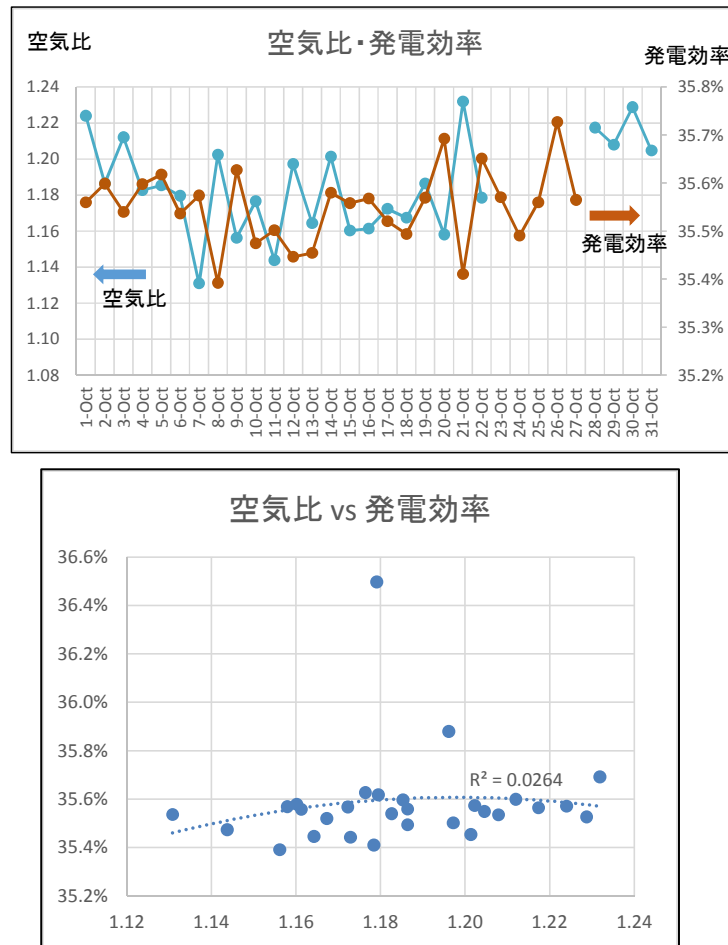


図 3-34 空気比と発電効率の関係（上は関係図、下は2次相関）

空気比と発電効率の関係図は空気比が上がると発電効率が下がり、空気比が上がると発電効率が下がるように見える。また、相関は低いですが、発電効率は空気比 1.19 の近傍で頂点をもつ二次関数のようにも見える。

空気比と発電効率の関係を日本の場合と比べてみると次の図のようになる。

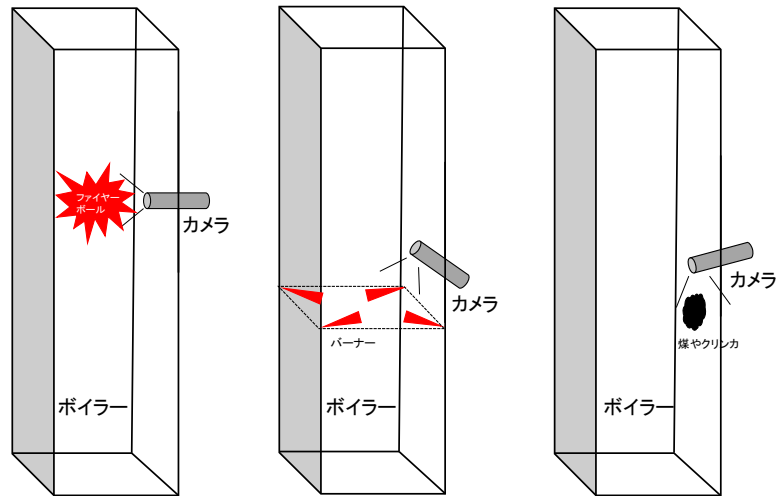


図 3-36 カメラの設置方法と最適な省エネ方法（左：空気費管理による省エネ、中央：バーナーの微調整による省エネ、右：煤やクリンカ除去による省エネ）

<補足（SAIL での省エネ）>

2013年11月11日～13日、SAILを訪問し、省エネ調査の現地調査を行った。調査では、表3-1のチェックシートを用いてコークス炉の燃料種別、燃料の管理方法、その他エネルギー効率算出の為の指標についての情報収集を行った。その結果、コークス炉の燃料には高炉ガス（BFG：COが主成分のガス）を用いているが消費量は管理しておらず、時間あたりの流量をコントロールすることで、最適な運転をしている、とのことであった。因みに、BFGの発熱量は800kcal/m³、最適な流量は43,300m³/hとのことであった。また、コークス炉の生産量も管理しておらず、投入した石炭の重量から理論計算式で算出しているだけ、とのことだったため、SAILでの省エネ方法論確立は断念した。



図 3-37 コークス炉 BFG 制御パネル（左：モニター、右：コントローラー）

④ 普及活動

<市場調査>

インド市場を把握するために日本で実績のある業種の内、電力、鉄鋼、セメント等分野の企業を訪問してカメラニーズを探った。また、インドや日本のメーカーなどとの連携の可能性についてもヒヤリング調査した。更に、日印政府間の協定を背景としたビジネス展開(日印エネルギー対話、省エネルギー等ビジネス推進協議会)についても調査した。次表はその結果である。

<見積書提示等を通じた営業活動>

市場調査として企業をヒヤリングした時に、まず、どの企業からも出たのが、「カメラで撮影した動画を見せて欲しい」、「カメラをどのような目的で入れたのか?」、「カメラを使って何が出来るのかを提示して欲しい」、「カメラを導入することによってどのような効果が得られるのかデータで示してほしい」、という要望や質問であった。SJ社は日本国内では積極的な営業活動は行っておらず、カメラの動画サンプルやカメラを使ったソリューションはなく、残念ながらこの時点でこれら企業へ提示できるものはなかった。この点については今後の営業ツール開発の課題となる。

しかしながら、ヒヤリング時にいくつかの企業から見積もり依頼があった。まず、JINDALでは、ヒヤリング訪問時に製鉄所内も視察し、その内、焼結炉と加熱炉から見積書の依頼があった。焼結炉では、見積書提出後に反応はなかったが、安価なカメラが設置されていたことから、本耐熱カメラは「高価」に受け取られてミスマッチだったのではないかと推測している。加熱炉は、イタリア製ボイラーに付設されていたイタリア製カメラが壊れていたのを、取り替えたい、との要望を受けた。価格に関してはJINDALの調達部が検討するためか特に指摘等はなかったが、水とエアーの供給能力が不安定なため、冷却能力が不足した時にカメラを熱から守るための仕組み(簡易的なシャッター等)を取り付けてほしいという要望があった。熱からカメラを1~2分程度保護することができれば、後は操作員が現場へ駆けつけてカメラを退避させることができる。検討の結果、カメラはSJ社から提供するが、炉側のシャッターはJINDAL側で対処してほしい、と回答した。しかし結局、これも受注には結びつかなかった。

ESSARは、加熱炉に設置されていたドイツ製の耐熱カメラ(退避装置とセットで付設されていた)が熱で損傷してしまったので、退避装置を活かしたまま、カメラだけを取り替えたい、という要望だった。要望どおりカメラの見積書を提出し、緊急退避装置に装着できるかどうかはESSARで判断してほしいと伝えた。しかし、その後の反応はなかった。

MONET ISPAT 社及び TATA POWER は参考までに見積がほしい、という要望を受けたため、見積書を提出した。MONET ISPAT 社からは、SJ 社と OSK 社が実際に現場を訪問して、現場がカメラの要望を出すならば、購入を検討すると言われた。実証事業期間内に訪問することができなかったが、引き続き機会を狙っていきたいと思う。

また、OSK 社は本実証事業と併行して海外向けに耐熱カメラ紹介サイトを開設している。このサイトを見たポーランド、マレーシア、フィリピンの火力発電所から問い合わせがあった。その内容は NTPC と同様、ボイラーの上層部からカメラを複数台設置し、ボイラー内部に形成されている巨大なファイヤーボールを監視したいというものだった。必要なチラー、コンプレッサーは、発電所で用意すると言われたが、緊急退避装置とカメラをセットで提供して欲しいと強く依頼された。しかし、SJ 社は、傾斜させたカメラの緊急退避装置が製作困難とし、カメラのみで見積を提示した。その後、これら発電所からの反応はない。

また、これとは別に、アメリカの製鉄所から加熱炉の出入り口を監視したいという要望を受けた。提案したのは炉内挿入型のカメラであるが、留意点として、2m の高さにカメラを設置する場合は数十キロもあるカメラを手動で廻さなければいけないことを伝えた。本件もその後の反応はない。

全体を通じて、見積書提示後に反応が乏しかったことが多かった。カメラを販売する場合、顧客からの要望に応じることは当然のことながら、ある程度、炉側の事情に配慮したソリューションを提案することに欠いていたのではないかと感じた。必要な機材を全て日本で調達するかどうかは別として、簡易的なシャッターや傾斜角付きの緊急退避装置が SJ 社から提供できない場合は、別の企業へ委託するとか、あるいは代替方法を提示することが求められると理解した。

SJ 社はこれまで、顧客からの要望に応じて耐熱カメラ、コントロール BOX 及びカメラケーブルの 3 点セットだけを提供することが多かった。周辺機器は顧客が必要に応じて、クレーン、退避装置、水、エア、無停電電源等を準備していた。しかし、市場調査により判明したのは、海外の競合会社は緊急退避装置を標準装備する等、周辺機器とのパッケージ製品を販売していたことである。今後はある程度の周辺装置とのセット販売もできるようにならないと競争力を失いかねない。また、日本国内にもアメリカの大手耐熱カメラメーカーが進出してきていることがわかり、危機感を抱いている。CCD カメラをボイラー内部に直接挿入する技術が SJ 社だけの技術ではないことも判明し、今後は日本国内での国際競争が激化すると考えられ、本事業で海外展開を検討した結果、日本国内の競争力強化の必要性を強く感じた。

表 3-3 市場調査ヒヤリング

	ヒヤリング企業 (分野)	目的	ヒヤリング内容	顧客 可能性
イ ン ド	JINDAL Steel & Power (鉄鋼)	カメラニーズ	① 7 th Renewable Energy India Expo 2013 の JETRO ビジネスマッチングでコンタクトし、2013 年 11 月に製鉄所を訪問して各プロセスを視察しながら、現場の改善要求を受けたが、ソリューションを提示できなかった。	高
	Essar Steel Hazira (鉄鋼)	カメラニーズ	② 熱風炉をメインに耐熱カメラの紹介をしたが、熱風炉だけでなく、高炉やコークス炉においてもカメラに興味を持たれた。但し、高炉は内部の粉塵、圧力、腐食ガスのため、カメラの設置が難しい旨を説明した。 ③ 炉内を監視できることに関して高い関心が示され、鉄鋼会社には潜在的なニーズがあるように思われる。 ④ 製鉄所が A と B との 2 つに分かれており、今回は B のみの訪問となった。B のエリアには、CSP (加熱炉)、厚板ミル (スラブ加熱炉)、Corex 炉があり、CSP (加熱炉) では炉を購入した時に付設されていたドイツ PIPER 社のカメラが、腐食ガス又は熱のために壊れて使用できなくなっており、その代替品を探しているといわれ、提案したが、受注には至らなかった。その他にも現場からいくつかの要望を受け、JV で検討したがソリューションを提示できなかった。	高
	MESCO STEEL (鉄鋼)	カメラニーズ	上記②～④と同じだが、規模が小さく、今後の発展を見ながら対応していく。	高
	Bhusah STEEL and Power (鉄鋼)	カメラニーズ	上記②～④と同じだが、規模が小さく、今後の発展を見ながら対応していく。	高
	UPRVPN (電力)	カメラニーズ	⑤ ボイラー内部にはスキャナーしか設置しておらず、カメラは設置していなかった。 ⑥ 慢性的な電力不足を解消するためか、発電所の新增設計画をもっていた。 ⑦ PAT 制度 (省エネルギー達成認証制度) が施行されているため、電力各社に省エネへの動機付けがなされている。 ⑧ 従って、耐熱カメラの営業のタイミングとしては良いと考えられる。 ⑨ 自治体が運営する発電所のため、カメラの調達は入札によるものと考えられる。入札の場合我々のカメラの優位性が示せず、市場としては期待が小さい。	低

	Indraprastha Power (電力)	カメラニーズ	上記⑤～⑨と同じ 発電所が都市部に近いため、石炭火力発電所から天然ガス・ガスタービン発電へ切り替わるため、カメラのニーズはない。	低
	Tata Power (電力)	カメラニーズ	上記⑤～⑧と同じ Tata Power から、携帯型カメラを使ってボイラーを調査できるカメラについて見積依頼があり、見積を提示したが、受注には至らなかった。	高
	Haryana Power (電力)	カメラニーズ	上記⑤～⑧と同じ	低
	BHEL (重電)	サプライヤー登録	⑨ カメラを販売するにはサプライヤー登録が必要である、とのことであった。 ⑩ このメーカーで採用している炉内監視カメラは空冷方式がスタンダードで、我々の空冷&水冷方式に対しては、冷却水温度を心配する質問が多く寄せられた。日本ではボイラーのどの場所へも水を供給可能であるが、インドではボイラー上部へ水を供給できないことがある、ということが判明した。なお、インドの地下水温度は 30℃を超えることがあるということだが、これに対してはチラー設置でクリアできる。 ⑪ このメーカーがカメラを調達するときは必ず入札を行う。仕様を満たしていれば、あとは価格だけの競争になる。たとえ高品質な製品であっても、コスト高で失注する。 ⑫ サプライヤー登録申請したが、要求される書類を準備できず、やむなく断念した。	低
	CCi (セメント)	カメラニーズ	⑬ ヒヤリング時は炉内部を撮影したいというニーズは現場から挙がっていなかった様子である。	低
日本	エネ庁省エネ新エネ部国際室／住友商事／JASE-W	枠組み利用	⑭ 日印エネルギー対話において日本が注力する電力や鉄鋼分野における省エネ技術の中に耐熱カメラのビジネスチャンスがあるかどうかをヒヤリングしたが、国際室では、日印エネルギー対話の事務局は担っているが個別企業の支援は行っていないとのことだった。 ⑮ しかし、民間企業の集まりである JASE-W (世界省エネルギー等ビジネス推進協議会) の活動の中であればビジネスチャンスの可能性あるかも、ということで、JASE-W を紹介してもらった。 ⑯ JASE-W は日本企業の省エネ技術等を世界に販売するのを支援する団体で、テーマ毎にワーキンググループ (WG) を設置して活動している。WG の一つに官民連携 WG があり、対象国毎に技術と資金スキーム等の仕組みをセットで営業している。	低

		⑰ JASE-W の官民連携 WG ではインドへの進出を検討されている企業が多く集まっていたが、いずれも大手プラントメーカー、機械メーカー、商社、造船メーカー、制御機器メーカーであった。耐熱カメラはこれら企業の製品からすると、部分的な機材になるため、この枠組みでのビジネスは難しい。	
電力会社	連携	インド進出を目指して現地事務所を設立したが、事業が思ったとおりに進まないため、最近事務所を閉鎖した。従ってインドでの連携は今のところ考えられない。	低
鉄鋼会社	連携	他の企業と共同で、コークス炉に対して耐熱カメラと溶射装置（コークス炉を補修する装置）とを一体にした装置を開発・販売している、とのことであった。装置はプッシャーカーに付設するタイプである。また、この装置はコークス炉新設時に導入するものであるため、ビジネス領域は全く異なることがわかった。	低
重電メーカー／ボイラーメーカー	連携	インド企業と合弁会社を設立して、インドの電力会社への提案や受注を始めている。これら日本のメーカーと提携できれば格段に営業経費を減らせるため、提携可能性をヒヤリングしたところ、我々の耐熱カメラに対して高い評価はいただけたが、現状は、海外の安いカメラで十分である、とのことだったため、提携は実現しなかった。	低
計装メーカー	連携	耐熱カメラとボイラーの制御とで連携できる可能性が判明した。また、NTPC に対しても今後は連携した提案ができる可能性があることが判明し、今後より具体的な連携策を検討することとなった。	高

<資金スキーム>

活用可能な資金スキームとして ODA 活用、JICS、ビジネスベース (B to B)、JCM (Joint Crediting Mechanism)、NEDO といったスキームについて検討・整理した (下表参照)。

表 3-4 資金スキームの検討状況

スキーム		対象顧客	評価
ODA 活用	無償	国営、州公社	時間と労力がかかるため、 難しい
	有償	州公社、民間企業	〃
	技術協力	国営、州公社、民間 企業	〃
B to B	工業炉ユーザー	工業炉ユーザー	鉄鋼や民間の電力会社で可 能性高い
	工業炉メーカー	工業炉メーカー	サプライヤー登録をしなけ ればならないと可能性低い
JCM	二国間メカニズム	GHG 削減主体 (日本 企業)	温室効果ガス削減効果を明 確に示せない可能性低い
NEDO	開発	日本企業	省エネ効果を明確に示せな いと可能性低い

耐熱カメラは、省エネ効果を明確に示せることを前提として有償資金協力の中小企業向け省エネビジネス資金協力やノン・プロジェクト無償としての可能性はあるものの、基本的にはインフラ整備がメインの ODA 事業にはなじまないと考えられる。更に、ODA 事業は、中小企業の経営体力から考えて、時間と労力のかかる事業であることから厳しい。更に、省エネ効果や温室効果ガス削減効果を明確に示せない限りは JCM や NEDO スキームも利用が難しい。このような理由により、やはり B to B が最も可能性のある資金スキームであると判断される。

<IETF2015 展示会への出展>

2015年2月26日～28日にて開催された第21回国際産業&技術フェア（The 21ST IETF（International Engineering & Technology Fair）2015）に出展して、耐熱カメラシステムの営業と現地提携候補先企業とのビジネスマッチングを行った。



図 3-38 IETF2015 のジャパン・パビリオン側入口（左）と出展ブース（右）

展示会はデリーのプラガティ・マイダン（Pragati Maidan：展示スペース 20,000m²）にて開催され、展示会主催者はインド産業連盟（CII：Confederation of Indian Industry）で、展示会参加者は基幹産業、環境、輸送・物流・包装、機械・工業技術といった分野の企業である。日本企業はJETROの日本企業ブースからの出展となった（日本企業の現地法人は除く）。今年は日本がパートナー国として選ばれたため、日本企業の出展も多かった。

表 3-5 展示会概要

展示会	第21回国際産業&技術フェア The 21ST IETF2015 International Engineering & Technology Fair
開催期間	2015年2月26日（水）～28日（金）
会場	プラガティ・マイダン Pragati Maidan 展示スペース 20,000m ²
主催者	CII（Confederation of Indian Industry）
出展企業数	350社（2013年実績）
訪問者数	23,000人（2013年実績）



図 3-39 展示会出展模様

展示会では1日20~30社の訪問を受け、その内、37社と名刺交換をした。その中で、Monnet Ispat & Energy Limited. (製鉄会社)とアポをとり、本社を訪問してきた。Monnet Ispat & Energy Limitedは高炉上部に設置するカメラを要望していたが、上部への設置実績はない、と回答した。

バッチ式のソリューションには興味を示していたため、後日見積を提出し、フォローの連絡を入れると、現場でのカメラの要望をヒアリングして欲しいとの依頼があった。その主旨は、現場とすり合わせてカメラの購入を検討したいという内容だった。

その他、耐熱カメラについて関心を示した企業は以下のとおりである。

- ・ Pyro Green Energy
- ・ Toshnwal Industries Pvt. Ltd.
- ・ Vertex Automation System Pvt. Ltd.
- ・ Kadimi Tool Manufacturing Company Pvt. Ltd.
- ・ V.M.Corporate Services Pvt. Ltd..

IETF2015開催最終日がインド政府の予算案発表日と重なったためか、政府系企業や大手民間企業も幹部クラスの社員の訪問が少なかった。また、このような事情からか、事前に依頼していたビジネスマッチングの相手企業からの訪問も少なかった。

(2) 事業目的の達成状況

<ビライ製鉄所コークス炉での実証活動（見える化）>

カメラシステムをコークス炉へ設置し、炉内の見える化に成功した。これまで肉眼では見えなかった 5.5m 下の燃焼炉の耐火煉瓦の様子を、今はリアルタイムで鮮明に見ることができる。なお、実証事業期間中に多くの炉内を見たがレンガの損傷箇所は検出されなかった。現在、カメラシステムはいつでも利用できる状態にある。

本事業では、カメラシステムの設計は異例づくめとなった。日本国内では、カメラ、中継電源 BOX、カメラケーブルの 3 点セットを基本パッケージとしており、その他の周辺機器は顧客側が用意することが多い。しかし実証事業では、製鉄所でも停電がおき、冷却水の水質、水圧、流量が安定的には確保できない、といったインフラ事情に加え、5 月の夏場には現場が灼熱の環境になるため、冷却エアーの確保は困難を極めた。このため、コンプレッサー、チラー、エアークーラー、バルブスタンド等周辺機器をセットにしたシステム構成を提案せざるを得なかった。また、クレーン台車も日本であれば、顧客企業自身ないしはメンテナンス会社が自社で設計・製造して用意することが多いが、インドでは、これも提案に含めざるを得なかった。このような事情に加えて更にコストの制約もあり、カメラシステムには操作性をやや犠牲にした面もあったが、それよりも停電や冷却機能不足等の事態にも対処でき、なおかつ現地でメンテナンスや改造ができるようシンプルな設計を優先した。

カメラの映像を用いたメンテナンスについては、今後 SAIL 自身の手で観察する炉の数が増えれば、炉内の様子をパターンの的に把握するノウハウが蓄積され、それらノウハウがカメラの運用管理へフィードバックされて、炉のメンテナンスとカメラの運用方法とが相乗的に効果を発揮して効率的なメンテナンス方法が確立されると思われる。また、レンガの補修技術もこれに伴って、現状の炭化室脇からブラインドで補修をする方法から、燃焼炉内部を見ながら補修する方法に次第に切り替わっていくものと期待している。

SAIL とは、機材の設置完了とトレーニング終了とを相互に確認した。ビライ製鉄所長からは感謝の言葉を頂き、コークス炉責任者からは機材設置完了と引渡に関する Handing Over Certificate を受領した。また、SJ 社からは機材の無償保証に関する説明書を提出した。

現地からは、新設中のコークス炉での作業が落ち着けば、このカメラでコークス炉内をどんどん見ていきたい、とのことであった。

<カハルガオン石炭火力発電所ボイラーでの実証活動（見える化と省エネ）>

耐熱カメラをボイラーへ設置し、炉内の見える化に成功し、実証期間中に 24 時間 365 日連続して炉内の炎の燃焼の様子を監視室から観察できるようになった。現在も常時、監視ルームから炉内を監視できている。

発電所においてもカメラシステムの設計は異例づくめとなった。日本では、中継電源 BOX、カメラケーブルの 3 点セットを基本パッケージとしており、その他の周辺機器は顧客側が用意することが多い。しかし実証事業では、石炭火力発電所でも停電がおき、冷却水の水質、水圧、流量が安定的には確保できない、といったインフラ事情に加え、5 月の夏場には現場が灼熱の環境になるため、冷却エアーの確保は困難であった。このため、緊急退避装置、コンプレッサー、エアークーラー、バルブスタンド等周辺機器をセットにしたシステム構成を提案せざるを得なかった。

また、ファイヤーボールを監視したい、との要望から結局、直視型カメラを提案したが、日本ではむしろ側視型カメラの方が多く、監視窓から炉内の上下左右の様子を見て、複数のバーナーの着火状況、あるいは炉壁の煤やクリンカの付着状況を把握している。

更に、現状の直視カメラを可搬利用する補助ツールも提供した。NTPC がその気になれば他の監視窓からも炉内を見ることができる。

1 年間の運用期間を通じ、カメラの操作性には特に問題はなかったが、付設したコンプレッサーの不具合が目立った。このコンプレッサーは現地調達したもので、安全を見て必要容量のコンプレッサーを 2 台設置し、1 台分は予備的にしたが、常時 1 台が不具合を出している。このため、コンプレッサーの販売代理店とメンテナンス契約をすることを推奨してある。

また、ボイラーの空気比管理の方法にカメラ映像を利用する省エネ方法を構築して説明した。酸素濃度はある範囲内で制御するようボイラー運転マニュアルに定められているため、安易に酸素濃度を変更することはできないが、カメラ画像を見ながらボイラーの発電効率を制御できることに大いに関心を示していた。

NTPC とは、機材の設置完了、トレーニングの終了、機材設置から一年間カメラが正常に稼動することを相互に確認した。カハルガオン発電所長からは感謝の言葉を頂き、ボイラー責任者からは機材設置完了と引渡に関する Handing Over Certificate を頂いた。また、SJ 社からは機材の無償保証に関する説明書を提出した。

NTPC 本社からもカメラ設置に関して感謝の言葉を頂いた。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

<ビライ製鉄所コークス炉での実証活動>

インドの粗鋼生産量は2012年に世界第4位の位置にあるが、粗鋼生産量1tあたりのエネルギー消費量はまだまだ改善の余地がある(図1-1)。コークス炉においても、BFガスを燃料にしてコークスを製造しており、より少ないBFガスでより多くのコークスを生産できるようになれば、インド全体でのエネルギー効率改善につながる。そして、それは温室効果ガス削減にも寄与する。

本実証事業では、10箇所程度のコークス炉燃焼室にカメラを挿入し、レンガの損傷箇所は見当たらなかったが、ビライ製鉄所には10数基のコークス炉があり、コークス炉1基あたり数百の燃焼室があるため、本実証事業で把握できた燃焼室はごく一部に限られる。従って、インドの鉄鋼分野におけるエネルギー効率向上のためには、今後多くの燃焼室がカメラで目視できるようになる必要があり、そのためには製鉄所に対して継続的にカメラの提案をしていくことが必要となる。

また、今後は損傷した炉壁を補修する技術開発が望まれるが、適切な補修が実現すれば、コークス炉のエネルギー効率改善や炉の延命化が進んで、製鉄所のエネルギー効率改善に貢献できると考える。コークス炉の運用費が製鉄所の製品の4割を占めるといわれるほど、コークスを製造するには膨大なエネルギーが必要となる。コークスを均一的に蒸し上げることは品質の向上に直接影響を与える。コークス炉の運営は製鉄所にとっても非常に重要な要素である。

<カハルガオン石炭火力発電所ボイラーでの実証活動>

インドの石炭火力発電所は効率が30%未満というレベルにある(図1-2参照)。一方、石炭火力発電所のボイラーにおける省エネには、燃焼熱と水との熱交換、燃焼用空気比、炎の燃焼状態監視等があるが、耐熱カメラを利用することで、燃焼熱と水との熱交換を妨げる煤やクリンカの除去、炎の状態から排ガス中の空気比を管理すること、炎の着火状態を監視すること、が可能と考える。これらにより、エネルギー効率は大きく改善できると考えている。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

インドは粗鋼生産量が世界第4位である。製鉄所にはコークス炉、加熱炉、圧延機、転炉、電気炉、等多くの炉を有しているため、相当量のカメラ市場が見込める。

インドでのビジネス展開が進み、SJ社がこれらのカメラを受注できれば大規模な雇用確保につながると考える。また、耐熱カメラの部品製造は大田区の城南工業㈱(中小企業)に委託しているため、大田区への波及効果も見込める。

また、SJ社は、耐冷熱カメラ(耐熱カメラとは別の製品)の開発に当たり、2010年～2011年に、所在する江東区の産学連携支援サービスを利用したことがある。このとき、成果発表会で開発成果を発表し、他の中小企業を勇気づけることができたため、上記のような大規模な受注ができれば、そのときも他の中小企業を勇気づけることができると考える。

(5) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

<SAIL ビライ製鉄所>

2014年11月16日～23日と2015年5月14日～16日にかけて、カメラシステムの操作方法に関する技術指導と維持管理方法を説明した。操作方法については、まずは操作説明書をひとつおとり説明し、次に現場でSJ社、OSK社及び製鉄所員が共同で、カメラシステムの配管接続、チラー/コンプレッサーの立ち上げ、クレーン台車やホースの操作、カメラ挿入、映像録画等、ひとつおりの作業をおこなった。その後、製鉄所の所員だけで一連の操作をしてもらい、自立してカメラシステムを操作できることを確認した。また同時に、カメラシステムの維持管理方法も説明した。耐熱カメラシステムを使い終わったら、クレーン台車、コントロールBOX、チラー及びコンプレッサーは梱包・カバー掛けをしてコークス炉の炉頂又は2階に保管するが、PC等の精密機器類は空調の効いた部屋で別途保管するよう説明した。この結果、機材の準備、操作、後片付けまで全ての作業を製鉄所の所員だけでできることを確信した。

今後発生するかもしれない故障や不具合対応に関しては、日本から送った機材はOSK社、現地調達したチラー、コンプレッサー及びエアータンクは各々現地販売代理店、へ問い合わせるよう説明し、問い合わせ先を記した用紙を機材等に貼り付けておいた。そして機材の保証についての説明書を説明して手渡した。

<NTPC カハルガオン石炭火力発電所>

2014年5月30日、カハルガオン石炭火力発電所の関係者に対し、カメラの操作方法と維持管理方法を説明した。カメラは24時間炉内に挿入されているため、機材

の不具合がなければ炉内の映像を監視し続けられる状態にある。

しかし、5月30日の設置完了以降、コンプレッサーの不具合が続いたため、コンプレッサーを1台追加して2台構成にしてみたが、その後も不具合が続き、結局最後まで不具合が続いた。このため、NTPCへは、本事業終了後にコンプレッサーメーカーと直接メンテナンス契約を締結するよう提言した。

事業期間中にコンプレッサーの不具合はあったものの、緊急退避装置や発電所の運転員の努力により耐熱カメラは退避され、無事故障なしで1年間稼動し続けた。耐熱カメラのモニターは監視ルームの中の運転員の席から見える位置に設置されており、本事業終了後も引き続き、ボイラーの炉内監視用として利用されることを確信した。

また、今後発生するかもしれない故障や不具合対応に関しては、日本から送った機材はOSK社、現地調達したコンプレッサー及びエアータンクは現地販売代理店、へ問い合わせるよう説明し、問い合わせ先を記した用紙を機材等に貼り付けておいた。そして機材の保証についての説明書を説明して手渡した。

(6) 今後の課題と対応策

<SAIL>

(クレーン台車の省力化)

製鉄所コークス炉では耐熱カメラのニーズはあるが、装置が大掛かりになったことで多くの労働力を必要とした。今後は、カメラの上げ下げ、ブームの立ち上げ等を電動化した省力化した構造にする余地がある。

(カメラと補修装置のパッケージ化)

レンガの劣化具合を把握するだけでなく、レンガを修復する機能を有すれば、販売の可能性が広がるのではないかと、検討していきたい。

(販売ルート)

ビライ製鉄所が資機材を調達する場合、コークス炉担当者等の現場担当者が、欲しい製品の購入を検討すると同時に、研究開発センターに製品の評価を依頼する。これにより調達する資機材の価格や性能が適正に評価される。調達担当者は、現場及び研究開発センターの評価と予算を照らし合わせながら製品を購入する。高額な資機材になれば入札形式をとることが多い。実際にカメラを販売する際には、現場だけではなく研究開発センターへも営業する必要がある。

(加熱炉での品質管理用カメラの販売)

SJ社の耐熱カメラの特徴の1つである挿入長の長さを活かしたソリューションがコークス炉の監視カメラだった。しかしながらコークス炉のカメラ一式は大掛かりな装置となるため、海外で販売していくにはかなり困難なシステムとなる。手離れのいい炉外設置型のカメラで豊富な経験がある加熱炉向けの品質管理を目的としたカメラの販売にまずは力を入れて行きたい。

<NTPC>

(緊急退避装置の開発)

日本ではカメラの冷却に必要なユーティリティ（電気、冷却水、冷却用エア）の供給が安定しているため要望がなかったが、ユーティリティの供給が不安定な国では熱からカメラを保護するため緊急退避装置が必要だということがよくわかった。早急にインド国内にて緊急退避装置を安価に製造することを検討したい。

(カメラ視野角の拡大)

発電所でのカメラの要望は、ボイラー上部4方向からカメラを挿入し、ボイラー内部に形成されるFireBallを監視することが多かった。リレーレンズカメラに比べて視野角が狭いことが判明し、発電所に向けては視野角の拡張の開発をしていかなければならない。

<ビジネス展開>

(現地調達によるコスト低減)

耐熱カメラシステムの価格は日本価格のままでは、現地市場で大量に販売することは難しいことが感じられた。そこで、できるだけ現地製造委託できる体制を確立してコストの低減を進める必要を感じている。そのための基本的な設計情報を提供すれば十分な品質で製造委託可能で且つメンテナンスに迅速にしてもらえる信頼できる現地提携先の確保が課題と感じている。

(現地製造委託先・調達先の選定)

低価格化には機材の現地調達が必要だが、信頼できる現地製造委託先、購入先を見極めることも課題である。耐熱カメラ以外の機器は原則現地で製造委託するか既製品を購入することにしたいが、バルブスタンドやコントロールBOX等の製造委託品は、耐熱カメラの信用性に関わる重要な機器であるため、インド国内に信頼できる製造業者を選定する必要がある。

(モデル化)

今回は現地の事情を考慮して、標準的な耐熱カメラの販売セット（カメラジャケッット・専用ケーブル・コントロールBOX）に加えて、映像記録装置、コークス炉向けクレーン台、ユーティリティ（コンプレッサー、チラー、エアータンク）、緊

急退避装置等の周辺機器をパッケージ化して提供した。これらの構成は日本での一般的な販売モデルからすれば重装備であり、販売提案モデルとしては負担が大変大きい。従って今後は現地向けのスリムなシステム構成をモデル化していく必要性を感じている。

(営業のための情報)

SJ社は顧客の守秘義務のため、耐熱カメラを設置した後、どのように活用されているのか、どのようなメリットがあるのか、といった営業のための情報を所有していないことを再認識した。SJ社の営業は、ホームページからの問い合わせや口コミに頼っているため、営業のための情報を必要としないためでもある。鉄鋼や電力会社を訪問した時に、必ずと言ってよいほど、「どのようなメリットがあるのか」、「具体的なデータを示して欲しい」との要望を受けている。また耐熱カメラの強みである高品質な画像を見せることも現状では難しいので、今後は時間をかけて顧客からそのような情報を入手するように努めなければならない。

(カメラ導入メリット試算)

因みに、カハルガオン発電所の Stage 1、Unit1 を想定して、事故停止時における損失と省エネ効果を試算した。まず「事故停止における損失」であるが、ボイラーが失火等の事故により 1h 稼働を停止した場合の損失額として試算する。Unit1 の発電機の定格出力は 220MW なので、これが 1h 停止することを想定するが、このときの発電機の負荷率³は 75%、すなわち 165MW 分の発電出力が 1h 停止することを想定する。この場合、発電できなかったことによる逸失利益は、売電単価を 0.05\$/kWh とすれば、 $165\text{MWh} \times 0.05\$/\text{kWh} = 8,250\$$ である。また、1h 分の O&M 費については、その単価を 0.001\$/kWh とすると、165\$である。従って、これらを合計すると 8,415\$となり、約 85 万円程度となる。このような事故が 3 時間、4 時間と続けば損失も 3 倍、4 倍となり、カメラ 1 台分購入できる程度の損失が発生する。

³ 負荷率とは、発電機の定格出力を 100 とした場合の実際の出力の割合を示す。Unit1 の発電機の定格出力は 220MW なので、負荷率 75%というのは 165MW に相当する。

表 3-6 Unit1 ボイラーの事故停止による損失額（1h 停止の場合の試算）

No.	項目	摘要	計算結果
1	停電時間		1 h
2	定格出力		220 MW
3	負荷率		0.75 -
4	発電出力	= (2) * (3)	165 MW
5	発電電力量	= (1) * (4)	165 MWh
6	売電単価		0.05 \$/kWh
7	逸失利益(売電)	= (5) * (6) * 1,000	8,250 \$
8	O&M単価		0.001 \$/kWh
9	O&M費	= (5) * (8) * 1,000	165 \$
10	トータル損失	= (7) + (9)	8,415 \$

次に、「省エネ効果」の試算をする。前提となる発電機は「事故停止における損失」と同様、Unit1 の発電機 220MW とする。この発電機の発電効率は、本調査によれば、約 35.5% 程度であった。これをカメラ映像を利用して 36.0% へ改善させることができる場合を想定する。この場合、効率向上により石炭消費量が節約できるので、これが省エネ効果（コスト効果）になる。

まず、発電効率が 35.5% のときの石炭消費量は、発電機の負荷率を 75%、設備利用率⁴を 80% とすると、発電機の年間発電電力量は、

$$220\text{MW} \times 0.75 \times 24\text{h} \times 365\text{day} \times 0.8 = 1,156,320\text{kWh/year}$$

となる。また、発電効率が 35.5% なので、投入したエネルギーは、

$$1,156,320\text{kWh/year} \div 0.355 = 3,257,239\text{kWh/year}$$

である。これを石炭の重量に換算すると、1MWh=3.6GJ と石炭の単位発熱量あたりの重量が 12t/GJ であること⁵を用いて、

$$3,257,239\text{kWh/year} \times 3.6\text{GJ/MWh} \times 12\text{t/GJ} = 977,172\text{t}$$

となる。同様にして、効率 36.0% のときの石炭消費量を計算すると、

$$\{(220\text{MW} \times 0.75 \times 24\text{h} \times 365\text{day} \times 0.8) \div 0.360\} \times 3.6\text{GJ/MWh} \times 12\text{t/GJ} = 963,600\text{t}$$

となる。従って、節約された石炭の量はこれらの差である。

$$977,172\text{t} - 963,600\text{t} = 13,572\text{t}$$

石炭の節約コストは、購入単価⁶が 80\$/t と設定すると、

$$13,572\text{t} \times 80\$/\text{t} = 1,085,746\$$$

⁴ 設備利用率とは、発電設備の年間運転時間を 8,760h/year (=24h/day*365day/year) で除した量を示す。80%は 7,008h/year に相当する。発電設備は定期点検やオーバーホール等で 1 年間フルに運転することができないため、通常、設備利用率は 100% を下回る。

⁵ 12t/GJ は褐炭相当

⁶ 石炭の購入単価は、カハルガオン発電所がインドネシアや南アフリカから石炭を輸入しているという事実から、インドでの輸入炭価格相当を想定した（出典：平成 26 年度 JOGMEC 石炭開発部調査事業成果報告会海外炭開発高度化等調査）。

となり、年間で約1億円程度の省エネメリットが出る。カハルガオンには Stage1 として4つの同型ボイラーがあるため、4台で効率を0.05%向上できれば、約4億円の省エネメリットが出ることになる。

表 3-7 Unit1 ボイラーの年間省エネ効果 (35.5%⇒36.0%への効率改善効果)

No.	項目	摘要	計算結果
1	年間時間		8,760 h
2	設備利用率		0.8 -
3	発電時間		7,008 h
4	定格出力		220 MW
5	負荷率		0.75 -
6	発電出力		165 MW
7	発電電力量		1,156,320 MWh
8	発電効率		0.355 -
9	燃料消費量		3,257,239 MWh
10	単位変換		3.6 GJ/MWh
11	燃料消費量		11,726,062 GJ
12	石炭発熱量	褐炭の上限值相当	12 GJ/t
13	石炭消費量		977,172 t
14	石炭単価		80 \$/t
15	石炭購入額		78,173,746 \$
16	改善後の発電効率		0.36 -
17	改善後の燃料消費量		3,212,000 MWh
18	改善後の石炭消費量		963,600 t
19	節約した石炭量		13,572 t
20	節約した石炭購入額		1,085,746 \$

(品質管理用カメラ)

現在、日本国内では、鉄鋼、硝子等の製造プロセスにおいて炉内の加熱状態等をカメラで目視して製品の品質管理に利用するニーズがある。インドにおいてもこのようなニーズを潜在的にもつ顧客を探し出す必要がある。

(現地販売代理店の人材育成)

現地販売代理店や現地製造委託先等の体制構築も課題となる。現地販売代理店については育成が最大の課題である。耐熱カメラシステムの営業にはある程度の実務経験が必要となるが、実務経験を積むことは一般財団法人海外産業人材育成協会 (HIDA) の受け入れ研修を活用する等で対応できるが、研修費用の負担や相当の期間を要すことから育成には相当の覚悟が要る。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

インド市場を把握するために日本で実績のある業種の内、電力、鉄鋼、セメント等分野の企業を訪問してカメラニーズを探った。また、インドや日本のメーカーなどとの連携の可能性についてもヒヤリング調査した。更に、日印政府間の協定を背景としたビジネス展開（日印エネルギー対話、省エネルギー等ビジネス推進協議会）についても調査した。その内容は表 3-3 のとおりである。また、競合他社製品の調査も行った。これらを元にして次のよう整理した。

【基本方針】

- インド市場ではコスト低減は必須であるため徹底的に価格を下げる必要がある。
- しかしながら、必要以上の価格競争は避けて差別化を図りたい。
- 差別化のためには耐熱カメラの性能に見合った炉を重点的に狙う。

【インドでの想定顧客】

(対象分野)

- インドでの対象分野は当初、日本国内と同様の電力、鉄鋼、セメント、ガラス、自動車、産業廃棄物等を想定していたが、セメントはヒヤリングによりニーズが小さいことが判明したため、当面は対象外とした。将来的にはニーズが出てくる可能性はある。また、自動車と産業廃棄物は、日本特有の高い品質管理レベルや安全管理レベルに由来するニーズであることがわかり、インド国内には当面、同様のニーズはない、と判断し、これも対象外とした。ガラスは海外工場においても日本と同様、高い品質管理が求められているが、カメラを使った品質管理ができる技術者が前提となっていることが判明した。インドにおいてもこのような技術者がいるガラスメーカーがあるかもしれないが、営業効率を考えて、当面は対象外とした。従って、電力と鉄鋼の2業種を対象とすることにした。

(電力分野)

- 耐熱カメラは石炭火力発電用ボイラーに対してはややオーバースペック気味のため、入札になるとリレーレンズ方式カメラに対して価格優位性を示せないこと、また冷却水を必ずしも確保できるか分からない。従って、ボイラー向けには炉外設置型で対応する。
- 一方、Tata Power 等の民間企業に対しては随意契約の可能性もあるため、耐熱

カメラの優位性（高画質、高冷却能力）を示すことができる可能性はある。

- 本実証事業でのボイラーは亜臨界圧ボイラーであったが、現在、標準技術として世界的に普及している超臨界圧ボイラーや、日本が世界に先駆けて開発を進めている石炭ガス化ボイラーへの適用には、高い圧力に耐えうる材料や組み手手方法の開発が必要となる。本耐熱カメラは現状、負圧あるいは大気圧程度の圧力に対して利用可能なためである。
- 発電用ボイラー全体の市場規模は、2017年までに1億kW程度の電源開発計画があるため、これを200MW級の発電設備⁷が500基新設されるとすると、発電設備1基あたり4台のカメラが設置されるとして、合計2,000台のカメラ需要が生まれる。カメラ1台の販売価格を400万円とすると、80億円規模の市場になる。なお、発電設備数は不明だが、既設の発電設備についてもカメラの交換需要が見込める。

（鉄鋼分野）

- BHELのような製鉄プラントメーカーは見つかっていないが、インド国内には鉄鋼企業の業界団体があり、そこで各社の情報が共有されるため、この場を利用したロコミ営業が期待できる。このため、鉄鋼分野は個別企業を顧客として実績を積み上げ、業界内のロコミを期待する、という戦略をとる。当面は、以前訪問したJindal Steel & Power、Essar Haziraに再度コンタクトをして早期受注をめざす。
- また、SJ社の耐熱カメラは他社のものに比べると高画質であり、加熱炉や圧延機への導入実績も多いため、営業において差別化を図る。
- 製鉄所での市場規模は、コークス炉で試算すると、SAIL⁸の製鉄所にはコークス炉が32.5基あり、インドには他にTata Steel⁹、JSW Steel¹⁰といった鉄鋼大手があるため、インド全体で大小様々なコークス炉が100基程度あるとする。コークス炉1基につきカメラ1台を設置できるとすると、インド全体で100台のカメラ需要がある。カメラ1台の販売価格を400万円とすると、4億円の市場規模になる。なお、製鉄所には耐熱カメラの設置場所として、加熱炉がある。インド全体での加熱炉数は不明であるが、加熱炉1つで6つのカメラが設置されるため、更に市場規模は広がる。

⁷ 本実証事業ではカハルガオン石炭火力発電所の Stage1, Unit1 の発電設備が 220MW であったため、市場規模の試算では 200MW 級の発電設備が 500 基新設されることを想定した。

⁸ 2014 年粗鋼生産量 13.56Mt（世界第 29 位、出展：World Steel Association 2015）

⁹ 2014 年粗鋼生産量 26.20Mt（世界第 11 位、出展：World Steel Association 2015）

¹⁰ 2014 年粗鋼生産量 12.72Mt（世界第 31 位、出展：World Steel Association 2015）

【競合他社製品との比較】

(炉内挿入型)

- SJ 社製以外に炉内挿入型カメラは市販されていないと思っていたが本事業を始めてから次のようなメーカーが炉内挿入型カメラを製造販売していることを認識した。製鉄所コークス炉向けでは、価格が桁違いに高いが、住友重機等の炉内挿入カメラがある。このカメラは補修機器がセットになっており、プッシャーカーレールを利用する等して移動できる構造になっているが、全体として重厚壮大な機器になっている。このカメラの目的は炭化室の内壁を監視して、必要に応じて補修するものである。炭化室への挿入時間は、コークスを押し出した後、次の石炭投入までの数分間と短い。また、製鉄所加熱炉向けにはドイツの PIEPER 社製カメラがある。コンパクトなカメラジャケット内に CCD カメラが内蔵されており、カメラごと炉内へ挿入される。ジャケットの大きさは SJ 社よりも一回り小さいが、その他は良く似た構造をしている。構造としては炉内挿入型をしているが、カメラジャケットの先端部分が炉壁厚さを超えない程度のため、炉外設置型に近い。更にピンホールレンズを使用しているため画質はそれほど高くはないと思われる。以上から、SJ 社の耐熱カメラは、燃焼炉内へ奥深く・長時間挿入でき、かつ高画質の映像を得られる、という特徴があることが判明した。

(炉外設置型：リレーレンズ型)

- 発電用石炭ボイラーや製鉄所加熱炉にはリレーレンズ型カメラとして日本の株式会社日立国際、ドイツの PIEPER、イギリスの LYNX、アメリカの Lumasense、Lenox、中国製多数、他、といった多くの国のカメラがある。炉外設置型はポピュラーな工業炉用カメラである。リレーレンズ型カメラは炉内挿入型ほど冷却能力を求められないため、エアーだけで冷却されているケースが多い。

(SJ 社製炉内挿入型とリレーレンズ型との比較)

- SJ 社製炉内挿入型カメラと一般的なリレーレンズ型カメラとを比較すると、画像の鮮明度は SJ 社の方が優れている。したがって、映像の画質が求められない場合は、簡易な冷却で済むリレーレンズ型カメラの方が価格優位になるケースが多い。一方、炉内挿入型カメラは画像の画質・鮮明度・高画素化が求められる場面で高いニーズがある。

(緊急退避装置とのセット販売)

- 発電所向けの耐熱カメラには緊急退避装置とセットで販売されているケースが多いことが判明した。特に、アメリカの Lumasense 社製カメラは簡易的にボイラー内部を監視する目的で先端部分が上下に自動で動くタイプがあった。

② ビジネス展開の仕組み

SJ 社は日本国内において耐熱カメラのユーザーを主な顧客とし、営業はホームページを見て問い合わせしてきた顧客へ対応する、というものであった。しかし、インドにおいて同じ手法は期待できない。このため、インドでのビジネス展開には、ユーザー1社1社に対して営業を展開する必要があるが、これには渡航費や宿泊費等の多大なコストがかかる。現地販売代理店を設置して渡航費等を節約するにしても、販売代理店員が十分な営業スキルや現場調査スキルを持つようになるまでには時間とコストがかかる。どちらも中小企業である SJ 社、OSK 社には非常に厳しい。

そこで、このような状況から、インドへのビジネス展開では次のような体制を構築して営業展開することとした。

(販売体制と役割)

- インドでの販売活動は、当面の間、OSK 社のホームページで耐熱カメラの情報を発信するとともに、これまでコンタクトしてきたインド企業 (NTPC、SAIL、BHEL、Jindal、Essar) とコンタクトし続ける。また、現地販売代理店と OSK 社が営業し、SJ 社が日本国内で2社をサポートする (下図参照)。
- インド国内で積極的に営業をするには、耐熱カメラの導入メリットを PR する必要があるため、SJ 社が国内顧客から耐熱カメラの導入メリット・効果に関する情報を提供する。
- 現地販売代理店が自立した時点で、現地販売代理店がワンストップで営業、見積作成のための現地調査、機材設置、故障・修理対応、部品取替え、メンテナンス、問い合わせ対応等を行い、日本で OSK 社と SJ 社がバックアップする。
- 現地販売代理店の候補は RCG Instruments (India) Pvt. Ltd. とする。

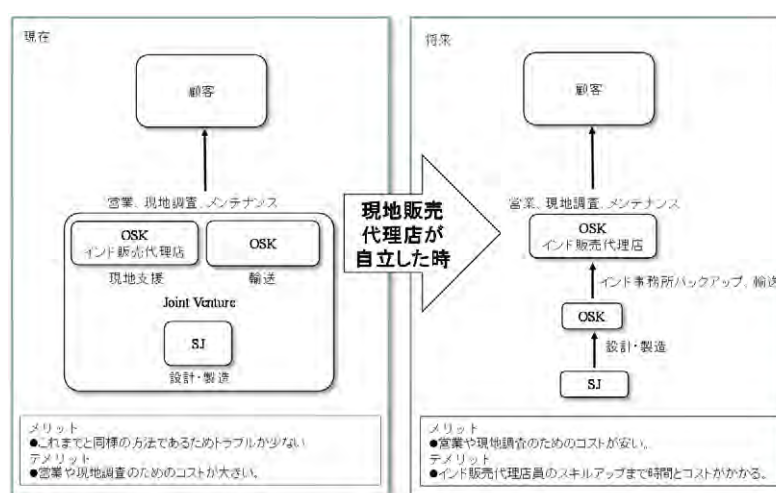


図 4-1 事業実施体制

(故障・修理体制と役割)

- 故障・修理対応、部品取替え等は現地販売代理店と OSK 社が一次対応をし、SJ 社はこれらを日本国内でバックアップする体制とする。現地販売代理店が自立すればワンストップで対応する。
- 現地調査及び機材設置の経費は、耐熱カメラ販売価格に含めず、別途明示する。

(メンテナンス・問い合わせ)

- メンテナンス・問い合わせには、現地販売代理店が 1 次対応し、OSK 社がそのバックアップをする。SJ 社は日本国内で現地販売代理店や OSK 社の依頼に基づいてアドバイスや部品交換・提供をする。現地販売代理店が自立すればワンストップで対応する。
- 耐熱カメラ (CCD カメラ+カメラジャケット) の故障修理対応はセンドバック方式 (壊れた部品を日本へ送ってもらい、それを修理して送り返す) を原則とし、その旨を顧客へ明確に伝え、トラブル回避につとめなければならない。
- 現地調達機材は現地製造業者又は現地販売業者の対応とするため、OSK 社と現地販売代理店は現地製造業者及び現地販売業者との間で、別途、アフターフォローや保障期間に関する取り決めを交わす必要がある。

【人材育成】

- 現地販売代理店担当者の OJT はカメラの受注が見込めたらすぐに行う (事業計画では 2016 年度内)。
- OJT には HIDA の受け入れ研修を活用する。
- 現時点の受講者候補は RCG 社の担当者とする。
- 受け入れに伴う費用は SJ 社と OSK 社で折半とする。

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

・ 原材料・資機材の調達計画(含、許認可の必要性の有無)

【機器の製造・調達コストに対する基本的な考え方】

- コア技術である耐熱カメラ (CCD カメラ+カメラジャケット) は国際特許を取得していないため、日本国内で製造・販売することが望ましい。
- それ以外の機器は原則、現地調達とする。
- 当面の間、現地調達する機材の内、既製品 (チラー、エアーコンプレッサー、エアータンク、エアークーラー等) に関しては、SJ 社が機材の仕様を決め、OSK 社がこれにもとづいて現地販売業者を選定する。OSK 社が現地販売業者を選定する際、必要に応じて SJ 社は OSK 社を支援する。
- 現地販売代理店が自立すればワンストップで対応する。
- 本事業では、チラーは Super Chiller 社、エアーコンプレッサー/エアータンク

は ELGI 社から調達しており、Super Chiller 社、ELGI 社ともに製品品質は要求レベルを満たしていると考えられるが、ELGI 社のパトナ地域の販売代理店は故障対応が不十分であった。販売代理店は州毎に設置されているが、代理店によって顧客対応にばらつきが大きいので要注意である。

- 現地調達する機材の内、現地製造品（コントロール BOX、バルブスタンド、緊急退避装置、クレーン台車等）は現地製造業者の選定が必要となる。OSK 社は、SJ 社の協力の下、技術力、成果品質、アフターフォロー、価格等の観点から現地製造業者候補を選定し、SJ 社が最終的に判断することとする。
- 現地製造委託業者の候補者探しについては、SJ 社が必要な情報を現地販売代理店へ提供し、現地販売代理店が候補企業を選定する。

【顧客毎の対応】

- エンジニアリング機能を有する企業を顧客とする場合、SJ 社が機器の仕様を顧客に提示し、顧客で機材を調達・製造してもらうことを期待する（個別に交渉）。
- エンジニアリング機能をもたない顧客の場合は、現地製造委託業者に周辺機器の製造・調達を委託する。

【現場調査、設置、アフターフォローに係るコスト】

- SJ 社の技術者が現場調査、設置、故障対応に駆け付ける場合、原則 1 名とし、現地販売代理店がこれを支援する。
 - 耐熱カメラシステムの販売価格に加えて、アフターフォロー（故障・修理対応、部品交換、問い合わせ等）や保障期間の特約価格を設定する。
 - 現地調査及び機材設置の経費は、耐熱カメラ販売価格とは別途請求する。
- ・ 生産・流通・販売計画(含、許認可の必要性、現地生産計画の有無)
「生産計画」については上記『原材料・資機材の調達計画(含、許認可の必要性の有無)』と同様、「流通・販売計画」は下記『収支分析・資金調達計画』と同様とする。
- ・ 収支分析・資金調達計画
- 今後の 5 ヶ年における事業性を評価した。評価においては、B to B のビジネスを想定して、カメラ 1 台（カメラ、中継電源 BOX 及びカメラケーブルのパッケージ）あたり 400 万円の販売価格を設定する。
 - しかし、このままでは年間 100 万円の損失となるため、現地販売代理店を育成して、ワンストップで営業・現地調査等ができるようにして日本からの渡航費を削減する。

- 現地販売代理店の育成は、担当者（インド人）を1年目に日本で半年間 OJT で育成する。育成費は年間 60 万円の負担がかかるとする（OJT は半年間で 120 万円の費用がかかるとするが、その内 50%は国の補助金、残り 50%を SJ 社と OSK 社の 2 社で負担するとして 60 万円の負担としている）。
- そうすると、3 年目以降は渡航費 200 万円を減らすことができ、損益計算上はカメラ 1 台毎に 100 万円の利益を見込める。
- また、カメラの販売台数を 2 年目に 2 台、3 年目以降 3 台ずつ売り上げることができれば 3 年目で借入金を完済でき、4 年目以降は毎年 300 万円の税引前利益を得ることができる。
- 以上から、現地販売代理店の育成に成功するかどうかは事業性の分岐点となる。
- 資金計画は 1 年目に 170 万円の借入れをし、3 年目で完済する。

表 4-1 事業性評価表（上）と資金計画（下）

単位：千円

年度	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	備考
売上	4,000	8,000	12,000	12,000	12,000	-
カメラ収益	4,000	8,000	12,000	12,000	12,000	400万円/台（1年目：1台、2年目：2台、3年目以降：3台）
費用	5,684	7,084	9,061	9,000	9,000	-
労務費	1,000	2,000	3,000	3,000	3,000	100万円/台
機材費	1,500	3,000	4,500	4,500	4,500	150万円/台
輸送費	500	1,000	1,500	1,500	1,500	50万円/台
渡航費	2,000	1,000	0	0	0	3年目以降は現地へ完全移譲
育成費	600	0	0	0	0	OJT半年間
借入金利	84	84	61	0	0	借入金利5%
損益	▲ 1,684	916	2,939	3,000	3,000	

年度	2016	2017	2018	2019	2020	備考
借入（年始）	1,684	0	0	0	0	-
返済（年度末）	0	458	1,226	0	0	3年で完済

（カメラの販売可能性）

- インドでカメラを販売していくには販売価格を 400 万円（カメラ、中継電源 BOX、カメラケーブルのセット）に抑えて、コストを更に圧縮していく必要がある。コスト低減策としては、部材の現地調達、組み立て等の現地委託、周辺装置のシンプル化（バルブスタンドは簡易な設計のものを写真と図面を提供して顧客で自作してもらったり、コントロール BOX も本実証事業のような重厚な設計ではなく、最小機能に絞ったモデルとする）、といったものがある。

- しかし、400万という価格設定はやはり高額なため、その点は品質の優位性をアピールしていくことで単純な価格競争に巻き込まれることを回避したい。すなわち、本耐熱カメラは冷却ジャケットの先端に装着されているため、カメラジャケットを任意の長さに設計でき、かつ鮮明な映像を提供できる点は大きなアピールポイントになる。また、NTPC カハルガオン石炭火力発電所での1年間の稼働実績は冷却機能の優位性を示したことになる。
- 販売ルートという観点からみると、NTPC やその他の電力会社の場合、発電用ボイラーの設計段階からカメラを組み込む販売ルートは、営業経費を低く抑え、かつある程度将来の販売台数を一定量見込めるため、最有力候補と考えてきたが、BHEL のサプライヤー登録断念により、一步後退した。現在は別のボイラーメーカーを模索している。
- SAIL やその他の製鉄会社においては、これまでどおり、製鉄所の現場ニーズを吸い上げて一つ一つ提案していくことを基本とするが、鉄鋼業者の業界でのロコミにも期待している。
- 日本では、炉に付設されている他社製耐熱カメラに不満が生じたり故障した場合に SJ 社へ問い合わせが来て、その内の何割かが受注に結びついている。本実証事業でも JINDAL でイタリア製カメラ、ESSAR ではドイツ製カメラが故障で稼働を停止していたのでカメラの取替えを依頼された。しかし、いずれもカメラとその周辺装置（JINDAL では簡易シャッター、ESSAR では緊急退避装置）との mismatch により受注には結びつかなかった。カメラの取替え依頼があった場合、日本では顧客企業がカメラと周辺装置の mismatch を解消するので受注に結びついてしたが、インドでは、日本と違い、SJ 社・OSK 社がカメラと周辺装置とのマッチングができなければ受注には結びつかない。つまり、カメラだけを提供して、あとは顧客に任せる、というスタンスでは販売の可能性は低い。このようなことから、カメラのトータルソリューションを提案する必要があることを痛感した。特に電力分野へは、緊急退避装置を標準装備することも検討したい。
- インドで調達する機材はメンテナンスに支障が生じないよう事前に顧客とメンテナンスに関する条件を丁寧に説明する必要がある。
- また営業ツールの開発も必要である。現時点では営業ツールがほとんどないため、カメラで撮影した動画サンプルや用例集などを確立していきたい。このためには、顧客へのアフターフォローも検討する必要がある。カメラ設置後一定期間が経った後に顧客からフィードバックを受ける。どのような用途でどのような成果、変化があったのかをヒアリングできれば、動画サンプル

やカメラの用例を収集するチャンスとなる。このような努力をしていけば、耐熱カメラの優位性を理解してもらえ、営業ツールを開発できると考える。

④ ビジネス展開可能性の評価

(インドでの想定顧客)

インド市場の顧客候補を鉄鋼、電力分野の企業に絞り込むことができたことはよかったが、見積やソリューション提案の依頼から受注に繋げるまでの道のりは長いと考える。また、BHEL のサプライヤー登録はやむなく断念した。その理由は、OSK 社と SJ 社に対して経営情報書類の提出が求められたが、SJ 社にはこれら書類は会社の体力や英語処理手続の煩雑さから困難を極めた。そこで、OSK 社単独の登録も試みたが、カメラ販売の実績が示せないため単独登録も途絶えた。このため、今後は民間電力会社や鉄鋼企業に切り替えて営業していく。

(事業実施体制)

現地販売代理店候補が見つかったことで現地での起点づくりはひとまず成功した。次は、カメラが受注したら速やかに OJT に入り、受注から 3 年目には自立を目指したい。それまでの間は、OSK 社のホームページで耐熱カメラの情報を発信するとともに、これまでコンタクトしてきたインド企業 (NTPC、SAIL、BHEL、Jindal、Essar) とコンタクトし続ける。

(人材育成)

SJ 社と OSK 社で受け入れ研修費用を折半することで合意が得られたことは評価できる。

(機器の製造・調達コスト)

コア技術である耐熱カメラを国内製造とし、それ以外の機器は原則、現地調達とすることで整理できてよかった。インドでのビジネスに大きな影響を与えるのが、現地既製品 (チラー、エアーコンプレッサー、エアータンク、エアークーラー等) の現地販売業者選定と、現地製造品 (コントロール BOX、バルブスタンド、緊急退避装置、クレーン台車等) の現地製造業者の選定である。業者選定は慎重に進めていくべきである。

(現場調査、設置、アフターフォローに係るコスト)

カメラシステムの販売価格に大きな影響を与えるもう 1 つの要因が現場調査、設置、アフターフォローに係るコストである。現地販売代理店の育成を成功させればこれらコストも大幅に低減できる。

(資金スキーム、事業計画、資金調達計画)

耐熱カメラの導入に関しては B to B のビジネスが有望と考える。但し、本製品が

省エネ商品であることを示せれば省エネの有償資金協力スキームの活用は十分あり得ると考える。

また、事業採算性の最大のカギは現地販売代理店の育成だと考える。現地における見積作成、故障・問い合わせ対応、部品交換等を現地で対応することができるようになれば、その分の日本からの渡航に係るコストを削減することができ、採算性をより一層高めることができる。現地販売代理店の育成による現地体制の早期構築が重要課題と考えている。

(2) 想定されるリスクと対応

今後のビジネス展開において想定されるリスクは下記のとおりである。

(知的財産権侵害)

- 国際特許を取得していないのはリスクかもしれないが、特許を取得すると特許部分を、全部であれ、一部であれ、公開することになる。そうすると、公開することがリスクになることもある。従って、国際特許は取得しないこととした。

(模倣品による市場侵害)

- インドでは模倣品はあまり出回らない。販売代理店や顧客に対して機密保持を守らせるための契約書の雛型は JETRO 本部にあるので、参考にする。

(機材損傷)

- 日系の損保会社は三井住友、東京海上、損保ジャパンが対応可能である。

(瑕疵担保)

- 日本の機械メーカーの例だと、BHEL へ納品した機械がマニュアルどおりに操作して壊れた場合と、マニュアルどおりではない操作をして壊れた場合とで、保証内容が異なる。また、この機械メーカーが BHEL に対して無料保証しているのは3年間である。BHEL を相手にするなら、無料保証期間は BHEL が指定してくる可能性がある。

(代金回収)

- インドでは一般的に支払いは遅れがちなので(意図的に遅らせている場合もある)、前払い請求や LC 決済を使うことが考えられる。日本の某メーカーが BHEL に対して前払いのタイミングとしているのは、図面作成時、船積み時、納品時、稼働時である。但し、前払い総額は請求金額の 20%程度である。
- LC 決済を使う場合は、大手銀行の取り消し不能の LC を at sight で開き、納期も LC 開設時を起算点とする等を契約書(注文書)に明記する事を徹底する。
- また、契約金額によってはインドのカントリーリスク(戦争・ストライキ・経済制裁)や契約相手の倒産等のリスクを回避する NEXI の貿易保険に加入する等、様々な状況を想定して慎重に進める必要がある。
- 為替リスクについては、「円建て」契約をする事が肝要だが、米ドル建て契約になった場合は金額によって為替予約も視野に入れておく。

(商習慣・慣行)

- カースト制度を理解すること(不可触民への接し方に気を付けること)、組織の上下関係は絶対で、部下から上司への進言等は期待できない。
- 契約書、議事録等の記録はまめにとること。

- 祝祭日が国で統一されておらず直前に決まることもあるため、業務が遅れてしまう。パブリックホリデー以外にも、会社、地域、宗教といったコミュニティでの祝祭日を毎回確認する必要がある。

(遅延)

- 機材設置時に、現地調達したチラーのメーカーエンジニアの到着が 1 週間遅れた。実際のビジネスにおいてもメーカーエンジニアが遅れる又は来ないリスクがある。施工等では施工期間に予備日を入れ、各種遅延に備えるとともに、契約時に遅延損害金も設定する。
- 今回の普及・実証事業では現地調達したコンプレッサーの納品が遅れた。実際のビジネスにおいても納品遅延リスクがある。施工等では施工期間に予備日を入れ、各種遅延に備えるとともに、契約時に遅延損害金を設定する。
- 日本からインドへ機材を輸出した際に、インドの通関手続きに必要な顧客の受け取り署名に時間がかかったことで、その期間倉庫に保管する費用が嵩んだ。実際のビジネスにおいては、余裕をもった輸送期間を設定し、倉庫保管費用は余裕を見込むか又は別途請求する必要がある。
- 日本なら 2 ヶ月で完工する工事がインドでは 3 年かかったことがある。施工等では施工期間に予備日を入れ、各種遅延に備えるとともに、契約時に遅延損害金を設定する。

(機材調達)

- 現地調達したコンプレッサーの故障が頻発した。メーカーの対応も悪く、一度修理したコンプレッサーが再度故障停止するなど、機材の品質とメーカー対応のレベルが期待していたより低かった。実際のビジネスでは現地調達先メーカーを見極めるとともに、故障・修理対応や機材の交換等の条件を購入前に交渉する必要がある。また、故障対応費用についてもメーカーが負担する範囲を確認する必要がある。

(ユーティリティ)

- インドでは耐熱カメラに必要な電気、水、エアといったユーティリティが安定確保できない。特に水は、水質、温度、流量を適切に確保することはとても難しいと感じた。耐熱カメラにはこれらユーティリティは欠かせないが必要なユーティリティが確保できない場合は、チラー／コンプレッサー／UPS／緊急退避装置等の周辺機器もセットで販売する必要がある。

(ロジスティック)

- ロジスティック面では、製鉄所、発電所の現場は環境を考慮して郊外に設置されていることが多く、現場への移動が予想以上に重労働であったことである。

航空機だけは比較的時間どおりだったが、車や列車はいずれも時間どおりにいかないことが多かった。また、航空機は常に満席であるため、搭乗日直前になると満席で予約がとれないことも容易に想像がつく。

- 車移動においては、車道の整備が遅れていること、ダンプカーの大量走行による慢性的な渋滞、VIPの通行や塩騒動による交通規制といった障害多発し、時間どおりに移動出来ない。車両による移動には余裕を持った移動計画をもつ必要がある。
- 夜の車1台の移動は危険（山賊あり、デリーのグルガオンはカージャックで有名だった、ハリヤナも危険）な為、避ける。

（コミュニケーション）

- インドの共通言語は英語であるが、地域の言葉もあり、都市部以外でのコミュニケーションに困難が伴った。インド人と交渉する際にはかなりレベルの高い語学力が求められるだけではなく、役職を考慮して対応しなければならない。英語が上手く話せないと、トップレベルのオフィサーたちは打ち合わせを実施してくれないことが多いため、英語の能力のある人材の育成や確保、または日本語のできる現地人の活用等の対応策が必要である。
- コミュニケーションにおいては役職に考慮しながら、誰が意思決定者なのかを明確に日本人側が理解していることをさりげなく伝えながら交渉する必要がある。インドではこの文化を重視しているため、日本人も合わせる必要がある。交渉のみならず、メールの書き方も相手への敬意を織り込みながら文章を作成する必要がある。交渉相手から失礼な人だと反感を買ってしまうと、なかなか協力は得られない。

（物価上昇）

- インド国内の物価が上がり、渡航費（航空運賃、宿泊費、食費等）が予想以上に高かった。これらのリスクはインドでのビジネスに直接影響を及ぼすため、十分な対策が必要と考える。

（気候）

- 日本と大きく異なる気候は、5月～6月の夏の時期である。ボイラー自体も古いため、カメラ周辺温度が60度近くとなり、日本では考えられない高温となってしまった。その高温が直接電子機器に作用し、エラー表示など正常に稼動することがかなわなかった。周辺機器の高温対策も考慮していく。

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

<製鉄所での開発効果>

コークス炉の運用費は製鉄所の最終製品のコストの4割を占めるといわれるほど膨大なエネルギーが投入されている。耐熱カメラのコークス炉への導入が進めば、炉内部の損傷部分を目視で補修することができる。もちろん、補修技術の開発を待たなければならないが、もし適切な補修が実現すれば、コークス炉のエネルギー効率改善や炉の延命化が進んで、製鉄所のエネルギー効率が改善されて粗鋼生産量1tあたりのエネルギー消費量は改善できると考える。そして、それはまた温室効果ガス削減にも寄与する。

<石炭火力発電所ボイラーでの開発効果>

石炭火力発電所のボイラーにおける省エネには、燃焼熱と水との熱交換、燃焼用空気比、炎の燃焼状態監視等があるが、耐熱カメラを利用すれば、燃焼熱と水との熱交換を妨げるスラッジやスケールの除去、炎の輝度を見ながら空気比を適正化すること、炎の状態監視等、定量化は難しいが確実に省エネになる。

本耐熱カメラによる省エネ効果は、あくまで試算レベルであるが、カハルガオン発電所の Stage1, Unit1 ボイラークラスの燃焼効率を年間で約0.5%向上させれば、13.5千tの石炭を節約することができる。これはCO₂削減量に換算すると約1.65万t-CO₂に相当する¹¹。耐熱カメラの販売が今後5年間で見込みどおりに販売できたとすると、18台のカメラが販売されることになる。ボイラー1基あたりのカメラの設置台数は通常1~4台だが、仮に18台のカメラが18基のボイラーに設置され、上記のような省エネ効果を出したとすれば、5年後は年間約29.7万t-CO₂の削減効果が見込める。

また、これまでのカメラは、ボイラーの設計どおりに炎が形成されているかを確認する目的でボイラー上層階から内部全体を監視するよう設置されていたが、これらはいずれも耐熱性が不十分なためカメラとしての機能が発揮できないでいた(退避したまま稼働せずに放置されていた)。しかし、SJ社の耐熱カメラは初めて長期間の連続運転に耐えることができた。また、カメラの画像から黒煙が見えれば不完全燃焼を目視確認でき、CO発生による中毒事故や爆発事故を回避できる。したがって、耐熱カメラは省エネだけでなく防災設備としても期待できる。本事業の中でも、現場の責任者から「失火による爆発事故を防ぐ目的でカメラの画像から炎の有無がわかり、役にたっている」と聞いている。爆発事故はボイラーの運転を止める要因となり、失火は燃焼効率を下げる要因となるため、これらの対策は運転効率(設備利用率)の向上につながり、結果として省エネと温室効果ガス排出削減にも繋がっている。

¹¹ 石炭のCO₂排出係数は101t-CO₂/TJ(褐炭)により試算(出典:IPCCガイドライン2006)。

(4) 本事業から得られた教訓と提言

インド市場は日本市場よりも更にコスト低減が求められることを実感した。またインドは関税が高い国なので、価格を抑えなければ競争力を有した価格とはなりえない。

カメラの設置を海外で初めて自社で実施したが、インドの気候の特徴である高温の影響を受け、電子製品が正常に作動しないことがあった。海外に販売していく際には、設置場所の気候を事前によくヒヤリングしておかなければならない。

日本ではカメラの冷却に必要なユーティリティ（電気、冷却水、冷却用エア）の供給が安定しているため、要望がなかったが、インドではユーティリティ（電気、冷却水、冷却用エア）の供給が安定していないことを実感した。このため熱の損傷からカメラを保護するため、UPS、チラー、エアーコンプレッサー／エアータンクといった周辺設備までも必要となった。

撤廃されたカースト制度は未だにインドに色濃く残っている。そのため、自分が相手企業のトップと交渉したい場合は、むやみやたらに階層の低い人たちと談笑してはいけないとインド人から助言をもらった。日本にはない風習だが、いいビジネスを展開するためには必要な対策だと思える。

インドでは忙しい人とそうでない人との差が極端であるようにに見受けられた。忙しい人のところには仕事が集中し、メールを読む時間がとれないようだった。そのため、連絡をする際にはメール送信後に電話連絡する必要がある。3.5時間の時差もあり、電話連絡できる時間帯が限られていた為、時間的な余裕をもって対応することが求められた。

製鉄所、発電所ともに現場と本社両方に密接に連絡をとっていたため、案件がスムーズに実施できた。海外で仕事をする際には関係者全員が共通の認識を持つことの大切さを学んだ。

本実証事は、大きく分けると①機材の設計・製造、②機材設置・カウンターパートとの調整・現地移動調整等、③契約・報告書作成、その他事務処理、の3つの大きな作業があった。SJ社にとっては、①は本業のため問題ないが、②に関するノウハウ、すなわち、海外の現場で機材を設置したり、カウンターパートの選定・交渉・調整、現地宿泊・移動手段の手配等はなく、また語学に堪能な社員もいない。しかし、商社であるOSK社が②を得意としていたため、2社の連携は大変有意義であった。お互いに得意分野を活かすことで本実証事業を特に困難なく遂行することができたと思う。

謝辞

ビライ製鉄所では、SAIL 本社、ビライ製鉄所の関係者から多大な協力を頂きました。特に混乱を極めた設置工事では、巨大なクレーン車を手配し、電源・水・エアーの配線・配管工事を行い、溶接技師を派遣して、辛抱強く私達の設置工事に協力下さいました。

また、カハルガオン石炭火力発電所では、NTPC ノイダ本社の GM には本事業を理解し、常にその進捗に気を配り、現場調整のために部下を何度もカハルガオンへ派遣して下さいました。また、カハルガオンでは所長以下、オフィサーたちが常に私達日本人の安全に気を配ってくださり、必要な情報も提供頂きました。

そもそも本事業に応募できたのは JETRO デリーの支援によって SAIL/NTPC といった国営企業から信用を得て応募に賛同頂けたからと思います。中小企業の私達だけでは本事業に応募することは難しかったと思います。

また、ビジネス展開のためにインドや日本の多くの方にヒヤリングや打ち合わせに応じていただきました。

そして最後に、JICA には、中小企業にこのような機会を設けて頂き、また本部とインド事務所の両方から約 2 年間本事業を支えていただきました。

これら関係者の皆様にこの場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 外務省 ODA 国別地域別政策・情報/南アジア地域 インド
http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/region/s_asia/india/index.html
- [2] SAIL ホームページ <http://www.sail.co.in/>
- [3] NTPC ホームページ <http://www.ntpc.co.in/>
- [4] 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ(平成 24 年 9 月 25 日)
『インド製鉄会社のエネルギー原単位』
- [5] 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ(平成 20 年 1 月 11 日)
『世界主要各国の発電効率』
- [6] 一般社団法人日本鉄鋼連盟 輸出市場調査委員会『インド鉄鋼需給の現状と見通し（要約版）（2004 年 11 月 19 日）』
- [7] CDKN(Climate & Development Knowledge Network) & WRI(World Resources Institute)
『INSIDE STORIES on climate compatible development (January 2013) 』
- [8] (財) 日本エネルギー経済研究所 『インド省エネルギー達成認証制度 PAT (Perform, Achieve and Trade) と省エネバリア低減への貢献』
- [9] 経済産業省『第 7 回日印エネルギー対話に係る日本国経済産業省とインド計画委員会との間の共同声明（仮訳）』
- [10] 一般社団法人日本鉄鋼連盟『APP 鉄鋼タスクフォースにおいて実施されたインド製鉄所の省エネ診断』 <http://www.jisf.or.jp/business/ondanka/eco/solution.html>
- [11] 電気事業連合会『インドでのピアレビュー開催地』
http://www.fepc.or.jp/environment/warming/co2_taisaku/international/partnership/
- [12] 電気事業連合会『クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ/発電及び送電タスクフォース/インドにおける経年石炭火力発電所の熱効率維持・向上に向けたピアレビューの開催結果について（2008 年 2 月 18 日）』
- [13] NEDO インドにおける国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業実績
http://www.nedo.go.jp/activities/AT1_00175.html
- [14] 世界省エネルギー等ビジネス推進協議会 <http://www.jase-w.org/japanese/>
- [15] JSW <http://www.jsw.in/Group/index.php#jswgroupcompanies>
- [16] Essar Steel <http://www.essar.com/>
- [17] Tata Power <http://www.tatapower.com/default.aspx>
- [18] Hayana Power Generation <http://hpgcl.gov.in/>
- [19] Uttar Pradesh Rajy Vidyut Utpadan Nigam Limited <http://www.uprvunl.org/>
- [20] BHEL <http://www.bhel.com/home.php>
- [21] 東京都江東区 江東ブランド推進事業
<https://www.city.koto.lg.jp/seikatsu/sangyo/83360/83370.html>

添付資料

1. Collaborative Agreement (SAIL)
2. Cooperation Agreement (NTPC)
3. Handing Over Certificate (SAIL)
4. Handing Over Certificate (NTPC)
5. SAIL 無償保証説明
6. NTPC 無償保証説明

Collaborative Agreement

In the matter of contract No. for proposed installation of Heat Resistant Camera by M/s Ogawa Seiki Co. Ltd. (OSK), Japan in one of the Coke Oven battery of Bhilai Steel Plant, a unit of Steel Authority of India Ltd, New Delhi.

This collaborative Agreement is made on the DAY OF OCTOBER, TWO THOUSAND AND THIRTEEN between **Steel Authority of India Limited**, a Govt. Company registered under the Companies Act, 1956 and having its registered office at Ispat Bhavan, Lodhi Road, New Delhi – 110 003 and having a unit named Bhilai Steel Plant, Bhilai 490 001, Chhattisgarh (hereinafter referred to as the “SAIL, BSP”) which term or expression unless excluded by or repugnant to the context shall include its successors and permitted assigns **ON THE ONE PART,**

AND

The Joint Venture of Security Japan Co. Ltd. located at 15-13-12 Toyochō, Kotu-ku, Tokyo, Japan and M/s Ogawa Seiki Co. Ltd. (hereinafter referred to as “OSK”), located at 2-9 Okubo 2-Chome, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan”, which term or expression, unless excluded or by repugnant to the context, shall include its successors and assigns **ON THE OTHER PART.**

Both the Parties have agreed for the following:

1. That, SAIL, BSP and OSK have agreed to work together to conduct and perform the demonstration of Heat Resistant Camera System for Industrial Furnace provided by the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and OSK at the Coke Oven in Bhilai Steel Plant. This agreement describes their understandings and commitments to this collaborative effort.
2. Bhilai Steel Plant and the joint venture of Security Japan Co. Ltd and OSK will work together to complete the demonstration aiming to prolong the life of the Coke Oven and improve energy efficiency by appropriate maintenance of the Coke Oven by Bhilai Steel Plant. This agreement will guide the collaboration for the period beginning October 2013 and ending January 2015. The scope and duration of the collaboration may be amended and/or extended through amendments to the agreement of the joint agreement of Bhilai Steel Plant and the joint venture of Security Japan Co. and OSK.
3. Both parties shall cooperate to design the Heat Resistant Camera System according to the conditions of the coke oven and shall provide each other necessary information. The demonstration shall be operated by the Bhilai Steel Plant at regular intervals at the time of absence of the joint venture of Security Japan Co. Ltd. and OSK. Data which indicates improvement in some aspects by the demonstration shall be shared by both parties.

4. After the completion of the demonstration, this agreement shall result in termination of this agreement. This agreement was adopted by Authorized representative of Bhilai Steel Plant and the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and OSK on Oct 31, 2013 (date) with signature of Authorized representatives of each participating organization. Below, represents the full commitment of their organization. Below, represents the full commitment of their organisation to participate actively in the collaboration and implement fully all elements in this agreement. After completion of the Survey, ownership of the Product will be handed over to the Bhilai Steel Plant, SAIL, Bhilai.

5. Legal Jurisdiction:-

- a) The contract will be governed in accordance with the laws of India and will be subject to the exclusive jurisdiction of the courts at Durg (CG).
- b) Only the competent courts of India will have jurisdiction over any dispute arising out of and in relation to this contract.

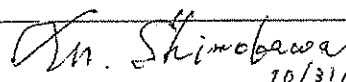
6. Arbitration:-

All dispute/differences of questions arising out of and in relation to this contract shall be referred for decision to a Sole Arbitrator to be appointed by the Chief Executive Officer, SAIL, Bhilai Steel Plant. The arbitrator so appointed shall adjudicate upon the disputes between the parties. The decision of the Sole Arbitrator shall be final and binding on both the parties. The venue of Arbitration shall be the administrative Office in Ispat Bhawan / Sanyantra Bhawan / Expansion Office / Township Building, Bhilai Steel Plant. The provisions of the Arbitration and Conciliation Act, 1996, shall apply.


31/10/2013

Authorized Representative (Bhilai Steel Plant) **P.R. DESHMUKH**
General Manager I/c(CO & CCD)
Bhilai Steel Plant

Mr. Mikio Simokawa
President, Security Japan Co., Ltd.


10/31/2013

(the Representative of the joint venture of Security Japan Co. Ltd. and Ogawa Seiki Co.,Ltd.)

Cooperation Agreement

1. Purpose of the Agreement

Security Japan Co., Ltd. located at 5-13-12 Toyochō, Koto-ku, Tokyo, Japan and Ogawa Seiki Co., Ltd. located at 2-9 Okubo 2-Chōme, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan have approached NTPC Ltd, a Govt of India Enterprise located at Engineering Office Complex A-8A, Sector-24, NOIDA 201 30 for a Pilot Survey "Disseminating SME's Technologies in Utilizing Heat Resistance Camera for Improving Maintenance for Iron Foundry and Coal Fired Steam Plant" funded by JICA. This pilot survey is designed to conduct and perform the demonstration of Heat Resistant Camera System provided by the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co., Ltd. for Industrial Furnace.

For the abovementioned Pilot Survey, they have proposed to install Heat Resistant Camera System, free of cost, in one of the boilers operated by NTPC Limited.

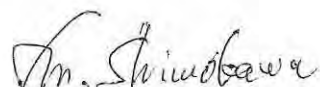
NTPC Limited agreed to the proposal and invited the joint venture of Security Japan Co. Ltd and Ogawa Seiki Co. Ltd to take up the demonstration project of Heat Resistant Camera System in one of the Stage-I boilers at Kahalgaon (Bihar State), which is owned by NTPC Limited.

This agreement describes understandings and commitments of Security Japan Co. Ltd / Ogawa Seiki Co., Ltd and NTPC Limited in the proposed Pilot Survey.

2. Scope and Duration:

The joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co., Ltd will complete the demonstration project of Heat Resistant Camera System aiming to improve energy efficiency and NTPC Ltd will provide support to them for the said project.

The demonstration project will commence in October 2013 and shall be completed by January 2015.



3. Role of the parties involved in the demonstration / Pilot Survey:

Security Japan Co., Ltd. shall design the Heat Resistant Camera System according to the conditions of the boiler.

Ogawa Seiki Co Ltd shall deliver the Heat Resistant Camera System to the site of installation (Kahalgaon).

NTPC Ltd shall assist in the installation of the Heat Resistant Camera System in one of Stage-I boilers at Kahalgaon as per the instructions of the engineers from Security Japan Co., Ltd. Incidental costs, during the installation of Heat Resistant Camera system, if any, shall be borne by the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co.,Ltd.

Facilities to supply uninterrupted Dry air and cooling water of required quantity, temperature and pressure shall be created by the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co.,Ltd.

Security Japan Co., Ltd shall ensure provision of auto-retraction facility for the proposed Camera upon loss of cooling due to any unforeseen reason.

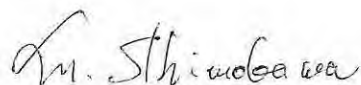
Upon completion of the above facilities by the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co.,Ltd, NTPC Ltd shall provide electric power and water free of cost.

Any other facility, as deemed necessary for the safe operation of the Heat Resistant Camera System shall be created by the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co. Ltd.

The joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co.,Ltd shall train at least ten engineers from NTPC Ltd for Operation and Maintenance of the Camera System.

NTPC Ltd shall use the Camera to monitor fire ball inside the boiler and the Operation engineers shall make all possible corrections in the operating regime, to the best of their ability.





NTPC Ltd shall provide access to the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co.,Ltd., all the relevant boiler operating data, as requested by them, before the installation of the Camera System and throughout the demonstration period after the installation. Operating feedback on the Camera System shall also be shared by NTPC ltd from time to time as desired.

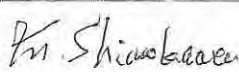
Analysis of the boiler operating data / operating feedback provided by NTPC shall be done by the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co., while assessing the performance of the Camera System.

4. Termination of this agreement

After the completion of the demonstration, this shall result in termination of this agreement. After the completion of the project scheduled on January 2015, ownership of the Furnace camera System shall be transferred from JICA to Thermal Power Station at Kahalgaon of NTPC Limited and NTPC Limited will ensure proper maintenance of the furnace camera system after the project completion.

This agreement is adopted by NTPC Limited and the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co., Ltd on 10.10.2013. The signatures of representatives of each participating organization below, represents the full commitment of their organization to participate actively in the above project and implement fully all elements in this agreement.

Signatory  Date : 10.10.2013
NTPC Limited

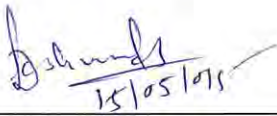
Mr. Mikio Shimokawa  Date : 10.10.2013
President
Security Japan Co., Ltd.
(the Representative of the joint venture of Security Japan Co., Ltd. and Ogawa Seiki Co.,Ltd.)

Date : 15/05/2015

HANDING OVER CERTIFICATE

We hereby certify that we received the equipment listed below from JICA (Japan International Cooperation Agency) to Bhilai Steel Plant according to article 4 in Collaborative Agreement of the Pilot Survey for Disseminating Small and Medium Enterprises Technologies for Heat Resistant Camera System for Industrial Furnace, between Bhilai Steel Plant and Joint Venture of Ogawa Seiki and Security Japan Co., Ltd. signed on 31st October, 2013.

STEEL AUTHORITY OF INDIA LIMITED.
BHILAI STEEL PLANT



Mr. P. R. Deshmukh
General Manager (CO & CCD)
Steel Authority of India Limited
Bhilai Steel Plant

Attachment: List of Equipment

List of Equipment

No.	Name of Equipment	Description/Specifications	Quantity
1	Heat Resistant Camera Sytem for Industrial Funace	Consist of: *4.5M FS Camera (FS-12-20-07SWN) *Pulley Block *Valve Stand *Control Box *Chiller *Air Compressor	1

Date : 11 / 05 / 2015

HANDING OVER CERTIFICATE


RE: PILOT SURVEY "DISSEMINATING SME'S
TECHNOLOGIES IN UTILIZING HEAT RESISTANT CAMERA FOR IMPROVING
MAINTENANCE FOR IRON FOUNDRY AND COAL FIRED STEAM PLANT"

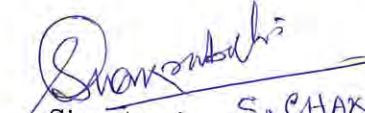
Original Contract Cooperation Agreement
Contract date : October 10, 2013

With reference to the captioned Pilot Survey, we hereby certify that we received below mentioned equipment and that the joint venture of Ogawa Seiki Co., Ltd. and Security Japan Co., Ltd. fulfilled the commission on 10th September 2014.

Name of Equipment	Manufacturer	Q'ty
Heat Resistant Camera System	Security Japan Co., Ltd.	1
Consisting of :		
Heat Resistant Camera (FS-12-10-06DN), Auto-Retraction Device, Valve Stand, Air Cooler, Control Box, Monitoring TV, Recorder, 2 ELCI Encapsulated Screw Air Compressors, ELGI Make Refrigeration Air Drier, ELGI Pre & Fine Filters, Auto Drainage System, Air Receiver Tank		

We also confirm that the ownership and responsibility of storing and protecting the equipment have been shifted from JICA (Japan International Cooperation Agency) to NTPC Kahalgaon.


(P. Singh)
(Assistant President)


Signatory: S. CHAKRABORTI
AGM (C&I)
11/05/15

NTPC Limited:

SECURITY JAPAN CO., LTD.

5-13-12, Toyo-cho, Koto-ku, Tokyo 135-0016, Japan

Tel 81-3-3647-4545, Fax 81-3-3647-4585, HP <http://www.security-japan.com>

Messrs. STEEL AUTHORITY OF INDIA LIMITED

無償保証期間 Guarantee

①無償保証期間は納品後 1 年間である。

Guarantee period is one (1) year from delivery.

②無償修理は製品に原因がある場合に限る。

Repairing of products free of charge is only in case the defect is due to supplier's design or workmanship.

③無償保証期間でも利用方法等に起因する製品外の原因での故障は有償となる。送り返されたカメラを点検して、原因が製品にないと判明した場合、修理費用を提示して 修理発注書をもってから修理に着手する。

Even within one (1) year guarantee period repairing of products have to be paid for in case the defect is due to reason of operation methods etc.

Supplier will submit quotation of repairing if found the camera trouble is caused by the reason of operation methods after checking the products sent back from customer to supplier's shop. And supplier will start repairing work upon receipt of order sheet for the repairing from customer.

④無償保証期間経過後は、すべて有償修理となる。

After one (1) year from delivery all repairing shall be paid for.

⑤無償保証の内容は「送付バック方式」である。

送料は国外の場合無償修理含め、インド→日本。日本→インドともにユーザー負担となる。

All repairing shall be on the basis of "send-back to Japan/India by customer".

Transportation charge of repaired products from Japan to India shall be also borne by customer even in case the repairing work was done free of charge.

⑥無償保証期間内でも下記場合は免責となります。

1) 炉内、炉外雰囲気ガスに腐食性ガスが含まれる。

2) カメラ温度55℃以下になるよう適切にマニュアルに規定の冷却ユーティリティーを供給出来なかった場合(ユーティリティー供給用の電源供給停止も含む)。

SECURITY JAPAN CO., LTD.

5-13-12, Toyo-cho, Koto-ku, Tokyo 135-0016, Japan

Tel 81-3-3647-4545, Fax 81-3-3647-4585, HP <http://www.security-japan.com>

Following cases shall be out of responsibility of supplier.

- 1) Gases inside furnace and/or outside furnace include corrosive gases for stainless steel.
- 2) In case cooling utilities specified in operation manual to keep camera temperature less than 55 deg-C were not supplied to camera jacket (including the case of power supply stop for utility supply).

May 8, 2015

Security Japan Co., Ltd

President

M. Shimokawa



SECURITY JAPAN CO., LTD.

5-13-12, Toyo-cho, Koto-ku, Tokyo 135-0016, Japan

Tel 81-3-3647-4545, Fax 81-3-3647-4585, HP <http://www.security-japan.com>

Messrs. NTPC Limited

無償保証期間 Guarantee

①無償保証期間は納品後 1 年間である。

Guarantee period is one (1) year from delivery.

②無償修理は製品に原因がある場合に限る。

Repairing of products free of charge is only in case the defect is due to supplier's design or workmanship.

③無償保証期間でも利用方法等に起因する製品外の原因での故障は有償となる。送り返されたカメラを点検して、原因が製品にないと判明した場合、修理費用を提示して 修理発注書をもってから修理に着手する。

Even within one (1) year guarantee period repairing of products have to be paid for in case the defect is due to reason of operation methods etc.

Supplier will submit quotation of repairing if found the camera trouble is caused by the reason of operation methods after checking the products sent back from customer to supplier's shop. And supplier will start repairing work upon receipt of order sheet for the repairing from customer.

④無償保証期間経過後は、すべて有償修理となる。

After one (1) year from delivery all repairing shall be paid for.

⑤無償保証の内容は「送付バック方式」である。

送料は国外の場合無償修理含め、インド→日本。日本→インドともにユーザー負担となる。

All repairing shall be on the basis of "send-back to Japan/India by customer".

Transportation charge of repaired products from Japan to India shall be also borne by customer even in case the repairing work was done free of charge.

⑥無償保証期間内でも下記場合は免責となります。

1) 炉内、炉外雰囲気ガスに腐食性ガスが含まれる。

2) カメラ温度55℃以下になるよう適切にマニュアルに規定の冷却ユーティリティーを供給出来なかった場合(ユーティリティー供給用の電源供給停止も含む)。

SECURITY JAPAN CO., LTD.

5-13-12, Toyo-cho, Koto-ku, Tokyo 135-0016, Japan

Tel 81-3-3647-4545, Fax 81-3-3647-4585, HP <http://www.security-japan.com>

Following cases shall be out of responsibility of supplier.

- 1) Gases inside furnace and/or outside furnace include corrosive gases for stainless steel.
- 2) In case cooling utilities specified in operation manual to keep camera temperature less than 55 deg-C were not supplied to camera jacket (including the case of power supply stop for utility supply).

May 8, 2015

Security Japan Co., Ltd

President

M. Shimokawa

