

二国間クレジット制度(JCM)案件組成調査 最終報告書

目 次

1. 調査の背景	II-2
(1)ホスト国の JCM に対する考え方	II-2
(2)企画立案の経緯・背景	II-4
2. 調査対象プロジェクト	II-5
(1)プロジェクトの概要	II-5
(2)ホスト国における状況	II-10
(3)プロジェクトの普及	II-16
3. 調査の方法	II-18
(1)調査実施体制	II-18
(2)調査課題	II-19
(3)調査内容	II-21
4. プロジェクト実現に向けた調査	II-23
(1)プロジェクト計画	II-23
(2)プロジェクト許認可取得	II-39
(3)日本技術の優位性	II-39
(4)MRV 体制	II-44
(5)ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与	II-47
(6)今後の予定及び課題	II-48
5. JCM 方法論作成に関する調査	II-50
(1)方法論の概要	II-50
(2)適格性要件	II-51
(3)リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定	II-52
(4)プロジェクト実施前の設定値	II-54
(5)排出削減見込量の計算	II-54

1. 調査の背景

(1) ホスト国の JCM に対する考え方

本調査の対象国であるバングラデシュ国政府と日本政府は、2013 年 3 月 19 日にダッカにおいて佐渡島志郎駐バングラデシュ日本国特命全権大使と Md. ショフィクル・ラーマン・パトワリ(Mr. Md. Shafiqur Rahmand Patwari)バングラデシュ人民共和国環境森林省次官との間で、二国間オフセット・クレジット制度(BOCM: Bilateral Offset Carbon Credit Mechanism)に関する二国間文書に署名した。

この文書では、両国間の低炭素成長パートナーシップの推進のため、両国が BOCM 制度を創設し、当該制度を運輸するため、共同委員会(JC: Joint Committee)を設置することと、両国は当該制度の下での排出削減及び吸収量を、国際的に表明したそれぞれの温室効果ガス緩和努力の一部として使用できることを相互に認めること、当該制度の透明性及び環境十全を確保し、これを他の国際的な緩和メカニズムには使用しないことなどが盛り込まれている。

その詳細は以下のとおりである¹。

1. 日本側及びバングラデシュ側(以下「双方」という。)は、国連気候変動枠組条約(以下「条約」という。)第 2 条に言及される条約の究極的な目的及び持続可能な開発の達成を追求し、また 2013 年以降も協力して、引き続き気候変動に取り組むため、次のとおり低炭素成長パートナーシップを推進する。
2. 双方は、低炭素成長に向けた国連の下並びに地域的及び二国間枠組みでの協力のため、様々なレベルで緊密に政策協議を行う。
3. 双方は、バングラデシュ側における低炭素成長を実現するための投資並びに低炭素技術、製品、システム、サービス及びインフラの普及を促進するため、二国間オフセット・クレジット制度(以下「BOCM」という。)を創設し、それぞれの関連する有効な国内法令に従って実施する。
4. 双方は BOCM を運営するため、合同委員会(Joint Committee)を設置する。
 - (1) 合同委員会は、双方の代表者から構成される。
 - (2) 合同委員会の委員の構成を含む合同委員会運営規則は、双方の協議を通じて定められる。
 - (3) 合同委員会は、BOCM に関する規則及びガイドライン類、排出削減又は吸収量の定量化のための方法論、第三者機関の認定に関する要件及び必要に応じてその他の BOCM の実施及び管理

¹ 出典:環境省報道発表資料「二国間オフセット・クレジット制度に係る日・バングラデシュ二国間文章の署名式について(お知らせ)」より。

に関する事項を策定する。

- (4) 合同委員会は、定期的に会合を招集し、BOCM の実施状況を評価する。
5. 双方は、BOCM の下での緩和事業における認証された排出削減又は吸収量を、国際的に表明したそれぞれの温室効果ガス緩和努力の一部として使用できることを相互に認める。
6. 双方は世界的な温室効果ガスの排出削減又は吸収に向けた具体的行動を促進するために、BOCMの堅固な方法論、透明性及び環境十全性を確保するとともに、BOCMを簡易で実用的なものとする。
7. 温室効果ガスの排出削減又は吸収量のダブルカウントを回避するため、いずれの側も、BOCMの下で登録された緩和事業を、他の国際的な緩和メカニズムには使用しない。
8. 双方は、BOCM を実施していく上で必要な資金、技術及びキャパシティビルディング支援の円滑化のため、緊密に協力する。
9. BOCMは取引を行わないクレジット制度としてその運用を開始する。双方は、BOCMの実施状況を踏まえつつ、取引可能なクレジット制度への移行のための協議を継続し、可能な限り早い段階で結論を得る。
10. 双方は、BOCM が取引可能なクレジット制度に移行された後、BOCM をとおじ途上国による適応努力を支援すべく、具体的な貢献を目指す。
11. 本パートナーシップは、この文書が署名された日から、条約の下での新たな国際的な枠組みが効力を生じ得る時点までの期間を対象とする。双方は、とりわけ、国連の下での気候変動に関する交渉の進展を踏まえつつ、あり得る本パートナーシップの延長につき検討し、本パートナーシップの期限までに結論を得る。
12. 本パートナーシップの各内容は、双方間の相互の書面による同意によってのみ修正される。

その後、2013年7月29日には、第一回の日・バ国共同委員会(JC)が開催され、共同委員会運営規則、BOCM 実施規則、BOCM 事務局の成立、BOCM プロジェクトサイクル手続き、提案方法論ガイドラインなどが採択された。2014年1月14日には、第2回の共同委員会が開催され、第三機関(Third Party Entity)の指定ガイドライン、審査及び検証ガイドライン、用語集などが採択された。

これまでは、まだ一件の方法論あるいはプロジェクトも登録されていないが、バングラデシュ側の関係者は、本案件のようなバングラデシュの中心産業である繊維加工分野における省エネプロジェク

トに対して高い関心と期待感を示した。

(2) 企画立案の経緯・背景

株式会社PEARカーボンオフセット・イニシアティブ(以下PEAR)は、平成24年度CDM実現可能性調査において、バングラデシュの繊維加工工場における染色加工工程の省エネ促進プログラムを推進し、PoAとして登録することに成功した。この際、バングラデシュの繊維工場において、節水、省エネのコンサルテーションを行っているW.S.T.と協力したことがあった。平成26年3月にW.S.T.から、バングラデシュの繊維加工工場の染色工程における廃熱回収・利用技術を推進するために、JCMを活用する可能性についてPEARに打診があった。

日本には、このようなプロジェクトに適用可能な優れた技術(熱交換器)が存在すること、またこのプロジェクトは既存のPoAがカバーしてない部分に対応していることから、このプロジェクトをJCMとして推進するための可能性調査を行うことを決めた。また、W.S.T.と協力し、一つの繊維工場(N.A.Z. Bangladesh Ltd.)を対象に調査を行うために、日本の熱交換器メーカーである株式会社クロセ(以下クロセ)と共同でJCM事業可能性調査に応募し、採択を受けて調査実施に至った。

また、採択に至るまでの提案書の審査段階で、GECから対象工場の数を増加させる要求があり、対象工場は当初の1社(N.A.Z Bangladesh Limited)から2社(Giant Textile Limited, Landmark Textile)が追加され、計3社を対象とすることになった。

しかしながら、調査実施中、平成26年8月の第1回現地調査の後、現地パートナーの W.S.T.が突然調査への協力を停止することになり、現地パートナーの再選定とそれに合わせて対象工場の調整を行った。

結果として、Tex Master Solution が現地パートナーに、Giant Textile Ltd.(GTL)、Hams Garments Ltd.(Hams)及び Delta Composite Ind. Ltd. (Delta) の3つの繊維加工工場が新たな調査対象になった。

2. 調査対象プロジェクト

(1) プロジェクトの概要

最貧国バングラデシュの最重要産業である繊維加工工場において、最もエネルギー多消費である染色工程を主な対象として、染色後の廃水からの廃熱回収・利用施設を導入し、廃熱を用いて染色用供給水(冷水)を加温する仕組みや、蒸気/蒸気供給設備への省エネ技術を導入することで、省エネ(天然ガス削減)および CO₂ 削減を行う。現地コンサル企業である Tex Master Buying Solution と共同し、Giant Textile Ltd.、Hams Garments Ltd.及び Delta Composite Ind. Ltd.の3つの繊維加工工場を対象に調査を行った。

対象の3つの工場は、バングラデシュのダッカ管区ガジプル県に位置している。具体的には、Giant は Mauna に、Hams は Sreepur に、Delta は Kashimpur に位置している。各工場の位置を図2-1-1に示す。

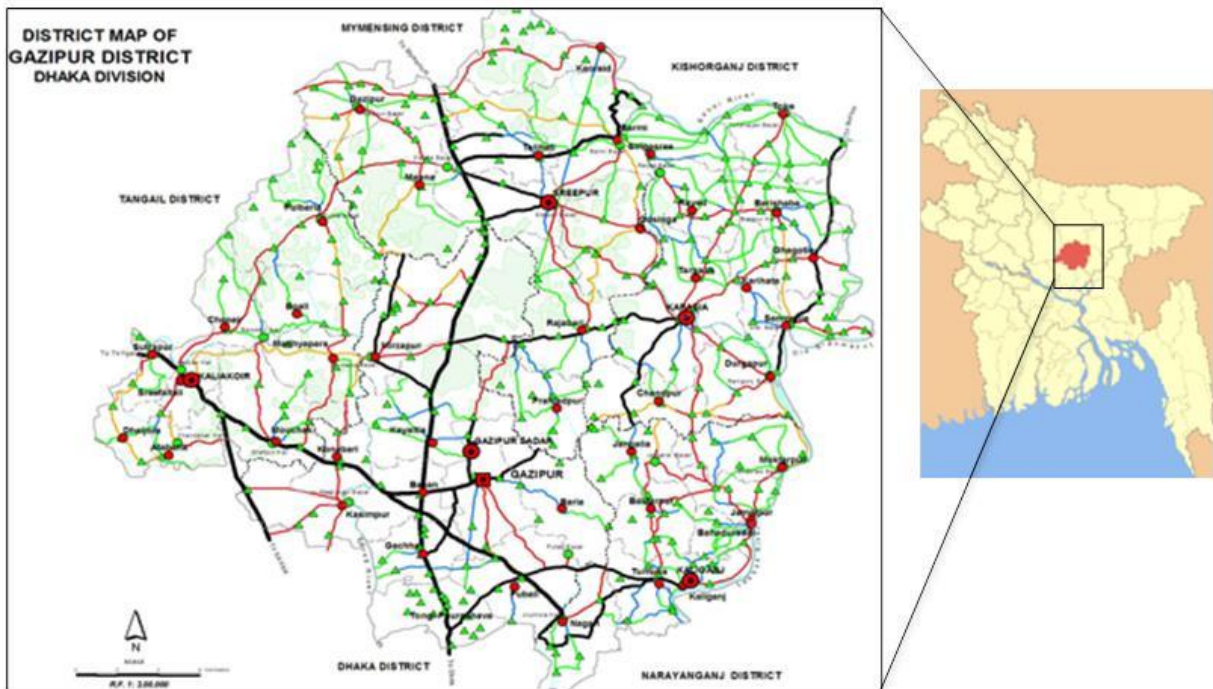


図 2-1-1 プロジェクトサイトの位置

プロジェクトの実施によって回収する廃熱は、ボイラー供給水または染色用水の温度を上げるために利用され、染色工程で必要とする蒸気生成までの水の昇温のエネルギー量が減ることで、結果として蒸気供給用のボイラーの化石燃料の消費量が減り、GHG の排出量が削減できる。既存状況及びプロジェクトのイメージを図 2-1-2、2-1-3 に示す。

現状では、図 2-1-2 に示すように、染色機から排出される廃水は、全て廃水処理場に送られて処理された後に河川に放流されている。染色機の染色工程で温水が必要な場合には、給水タンクから供給される冷水を蒸気により加温して使用している。

プロジェクト実施後は、図 2-1-3 に示すように、染色工程から排出される温廃水を一旦廃水貯水

タンク(ピット)に貯め、熱交換器により給水タンクから供給される冷水を加温する。加温された染色用水は温水貯水タンクに貯められる。熱交換後の冷却された廃水は、従来通り廃水処理施設に送られ、処理後河川に放流される。

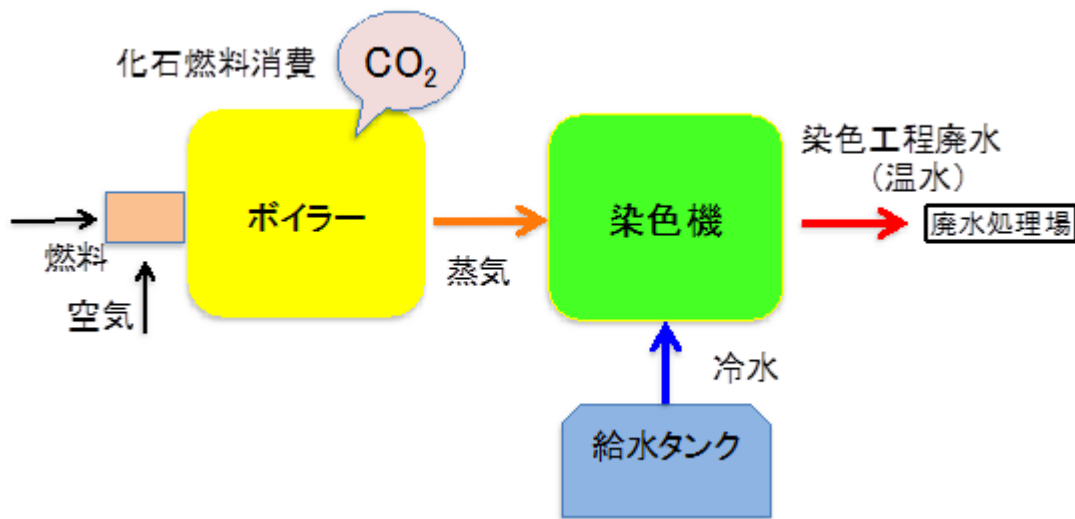


図 2-1-2 染色工程における既存状況のイメージ

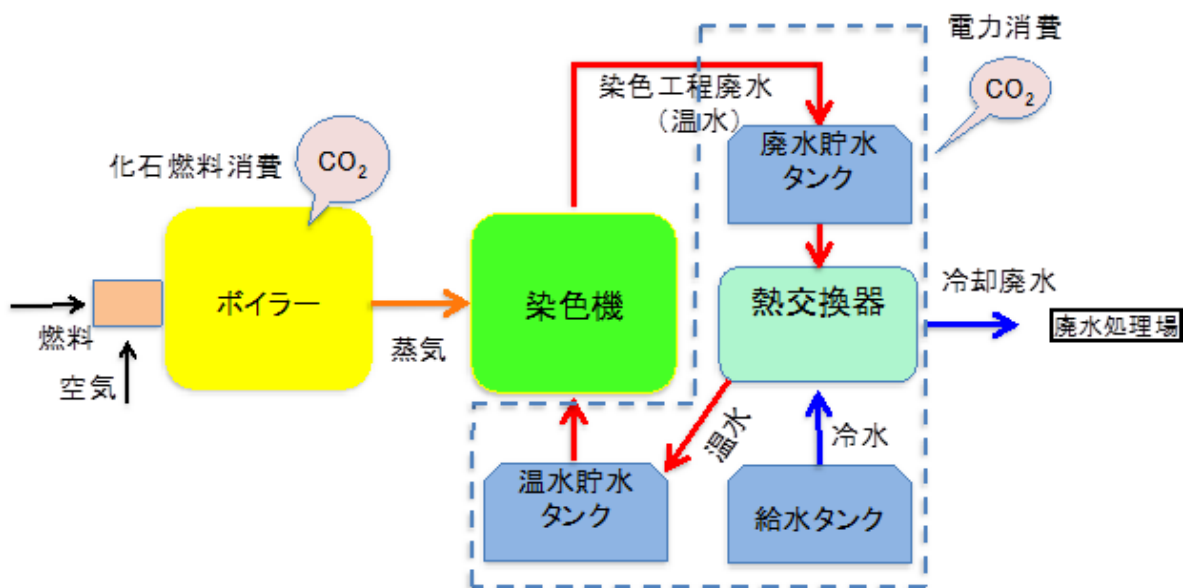


図 2-1-3 染色工程における熱交換器導入のイメージ

調査対象とした3つの工場の概要は以下のとおりである。

Giant Textile Ltd.:

この工場は、2010年に設立された比較的に新しい工場、最新の設備などが導入されていた。Giantは主に木綿を中心に編物の生産を行っており、1日の生産容量は14トン程度である。約600人の労働者が1日3交代で年間300日生産を行っている。染色用に9台の染色機が設置されてお

り、6台はドイツ製の THIES 機で、残りの染色機は中国製の Fong's 機である。Giant は未だ天然ガスネットワークにアクセスの許可が得られていないために、CNG を利用して生産を行っている。2台の Shellmax ガス炊きボイラー(インド製)を使用し、染色セクションに蒸気を供給している。1日平均 9,500 m³ の CNG を消費している。工場には、ディーゼル発電機が3台あり、停電時に自家発電を行っている。図 2-1-4 に工場の建物及び CNG 貯蔵用ボンベの外観を、図 2-1-5 にディーゼル発電機とガス炊きボイラーの設置状況を示す。また、図 2-1-5 には工場の染色セクションの平面図を示す。



図 2-1-4 Giant 工場の建物(左)及び CNG 貯蔵用ボンベ(右)



図 2-1-5 Giant 工場のディーゼル発電機(左)とガス炊きボイラー(右)

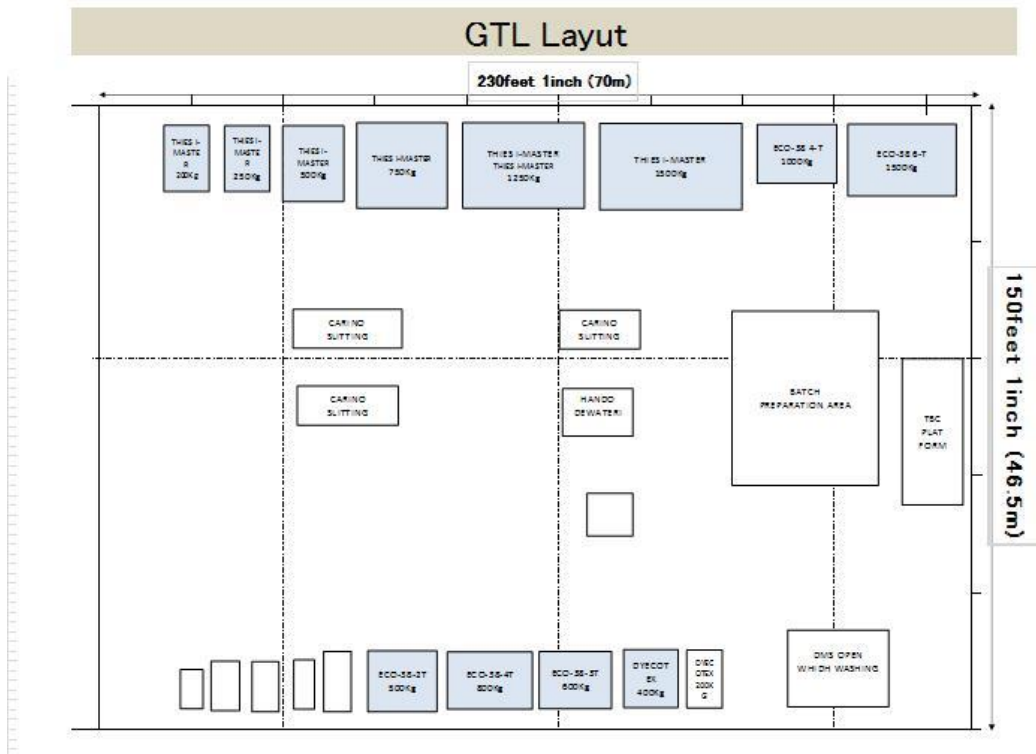


図 2-1-6 Giant 工場の染色セクションの平面図

Hams Garments Ltd.:

Hams は 2008 年に設立された総合繊維工場で編物、染色、仕上げから縫製品の生産まで行っている。

Hams の製品の中、木綿素材が 60 %、CVC は 30 %である。1 日の生産容量は 20 トン程度である。約 700 人の労働者が 1 日 3 交代で年間 350 日生産を行っている。染色用に 15 台の染色機が設置されており、天然ガスボイラーによる蒸気製造と、ガスは電気による自家発で電気を供給している。1 日の天然ガス消費量は、7,000 m₃までと制限されているため、1 日平均 4 時間程度の自家発電を行っている。図 2-1-7 に工場の外部と内部の状況を、図 2-1-8 に工場の染色、仕上げセクション平面図を示す。



図 2-1-7 Hams 工場の外部と内部

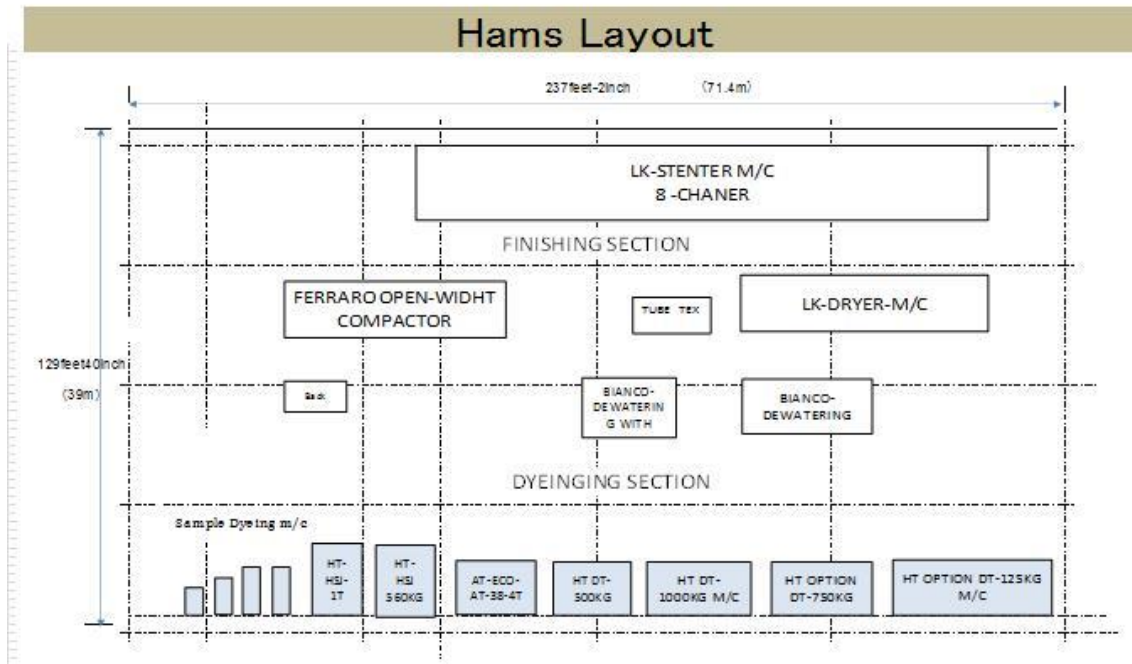


図 2-1-8 Hams 工場の染色、仕上げセクション平面図

Delta Composite Knitting Ind. Ltd.:

本工場は 1999年に設立された総合繊維加工工場で、織物、染色、仕上げから衣類の生産まで行っている。製品の中、木綿の素材が 75 %、CVC は 20%である。1 日の生産容量は 25 トン程度である。編み立てと染色には約 700 人、縫製作業には 3,800 人の労働者が 1 日 3 交代で年間 300 日生産を行っている。染色用に 17 台の染色機が設置されており、天然ガスで、蒸気及び電気を供給している。1 日の天然ガス消費量は、14,000 m³ に制限されている。工場には、3 台のディーゼル発電機もスタンバイされており、停電時には自家発電を行っている。図 2-1-9 に工場内部の状況を、図 2-1-10 に工場の染色、仕上げセクション平面図を示す。



図 2-1-9 Delta 工場内部と染色機

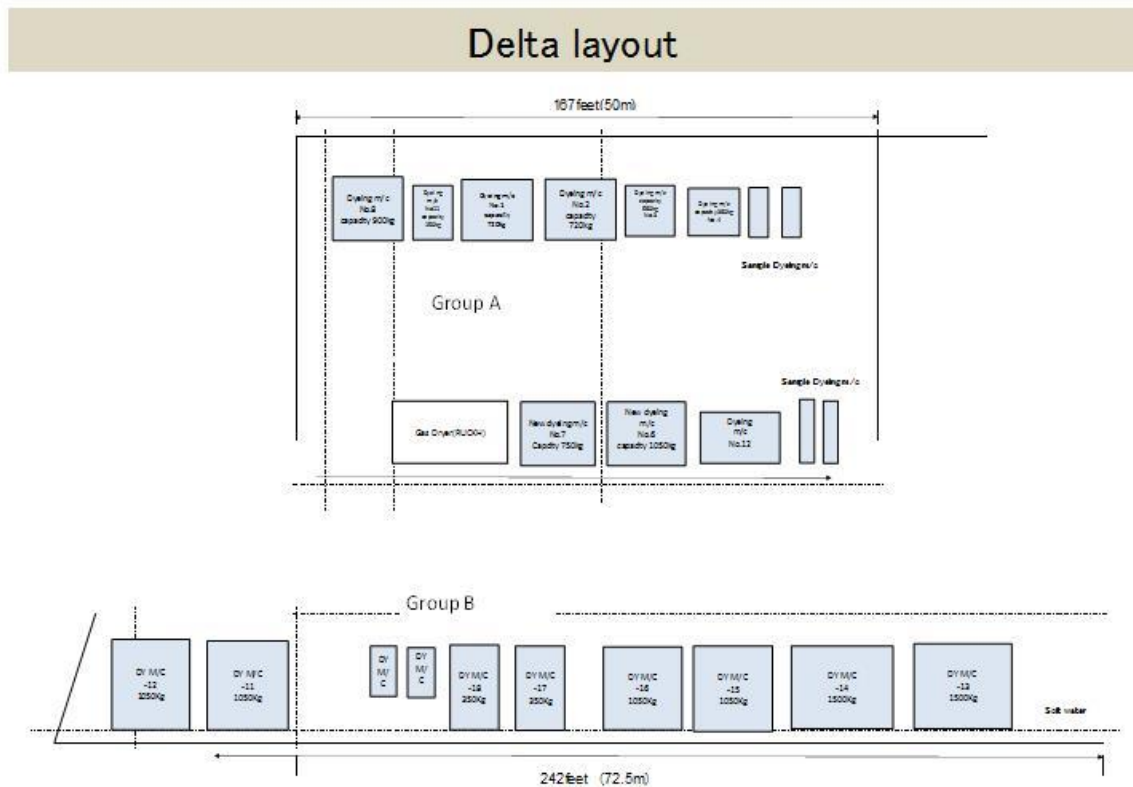


図 2-1-10 Delta 工場の染色、仕上げセクション平面図

プロジェクトにおける廃熱回収・利用技術は、(株)クロセの熱交換器を中心とするシステムで、各染色加工の実態に合わせて設計されるものである。従って、適正な廃熱回収・利用システムの設計のため、各工場における染色加工工程からの熱回収可能な廃水の量と温度などの基礎情報が必要となるため、このことが本調査の重要な内容でもあった。さらに、全ての装置が各企業の実態にあわせた配管工事となることや、貯留槽を現地での調達することになるため、現地工事業者の協力が重要な要素となる。

(2) ホスト国における状況

(一般事情)

バングラデシュは図 2-2-1 の地図に示すように、陸地のほとんど(西側、北側、東側)がインドとの国境で、東側のごく一部だけがミャンマーと接している、ガンジス川のデルタ地帯を中心とするベンガル湾に面した国である。同国の基本的な情報を表 2-2-1 に示す。



図 2-2-1 バングラデシュの地図

表 2-2-1 バングラデシュの基本的情報²

面積	14 万 4 千平方キロメートル(日本の約 4 割)	
人口	1 億 5,250 万人(2013 年 3 月、バングラデシュ統計局) 年平均人口増加率:1.37%(2011 年 3 月、バングラデシュ統計局)	
首都	ダッカ	
民族	ベンガル人が大部分を占める。ミャンマーとの国境沿いのチッタゴン丘陵地帯には、チャクマ族等を中心とした仏教徒系少数民族が居住	
言語	ベンガル語(国語) 成人(15 歳以上)識字率:56.8%(Human Development Report 2011 年)	
宗教	イスラム教徒 89.7%、ヒンズー教徒 9.2%、仏教徒 0.7%、キリスト教徒 0.3%(2001 年国勢調査)	
略史	年月	略史
	1947 年 8 月 14 日	パキスタンの一部(東パキスタン)として独立
	1971 年 12 月 16 日	バングラデシュとして独立
主要産業	衣料品・縫製品産業、農業	
GDP	1,156 億ドル(2013 年、バングラデシュ中央銀行)	
一人当たり GDP	960 ドル(2013 年度、バングラデシュ統計局)	

² 外務省 <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/bangladesh/data.html>

経済成長率	6.18% (2013 年度、バングラデシュ統計局)
労働人口 市場	5,370 万人 農業 (48.1%)、サービス業 (37.4%)、鉱工業 (14.6%) (2010 年度、バングラデシュ財務省)
GDP 内訳	サービス業 (49.5%)、工業・建設業 (31.3%)、農林水産業 (19.3%) (2012 年度暫定値、バングラデシュ中央銀行)
総貿易額	(1) 輸出 266 億ドル (2) 輸入 336 億ドル (2013 年度、バングラデシュ中央銀行)
主要貿易 品目	(1) 輸出: 既製品 (ニットを除く) (39.5%)、ニットウェア (39.1%)、冷凍魚介類 (3.7%)、ジュート製品 (2.9%)、革製品 (2.4%)、ホーム・テキスタイル (1.5%) (2) 輸入: 石油製品 (12.3%)、繊維 (9.5%)、化学薬品 (6.5%)、機械機器 (6.3%)、食用油 (5.1%)、プラスチック・ゴム (4.3%)、鉄鋼製品 (3.8%)、綿花 (3.8%)、紡績糸 (3.1%)、穀物類 (2.8%) (2012 年度、バングラデシュ中央銀行)
通貨	タカ (Tk)
為替レート	1US\$ = 77.85Tk、1円 = 0.65Tk (February 20, 2015)
経済概況	<p>(1) 2012 年度 (2011 年 7 月 - 2012 年 6 月) のバングラデシュ経済は、欧州経済危機等の影響を受けながらも、6.3% の経済成長率を達成した。背景として縫製品輸出や海外労働者送金の安定的伸長、比較的バランスの取れた産業構造、農業セクターの安定した成長といった要因があげられる。他方、縫製品輸出や海外労働者の海外送金に依存するところが大きく構造的に脆弱であるため、産業の多角化と電力・道路等の基礎インフラの整備が課題である。</p> <p>(2) バングラデシュの財政は慢性的な赤字となっており (2010 年度の財政赤字の対 GDP 比は 3.6%、2011 年度 4.4%、2012 年度 5% と推移している。)、これを外国援助と国内銀行借入等で補填する構造となっている。これは、主に政府の徴税能力及び歳入基盤の脆弱性、また非効率な国有企业に対する財政による赤字補填に起因している。</p> <p>(3) 予算は主に一般予算 (Revenue Budget) と開発予算 (Annual Development Plan) により構成され、2013 年度 (2012 年 7 月 - 2013 年 6 月) 予算案ではそれぞれ 9,950 億 Tk、5,500 億 Tk となり、全体として 1 兆 3,967 億 Tk の対前年補正比 21.6% 増の拡張型予算となっている。2013 年度予算案では全体の 24.2% が社会開発、27.8% がインフラ構築事業に当てられ、社会開発分野においては、主に人間開発 (20.5%) に、また、インフラ構築分野においては、農業・農村開発 (14.9%)、運輸 (7.0%)、電力・エネ</p>

	ルギー(5%)に優先的に配分。
日本の 援助実績 (2012 年度) 単位: 億円	(1) 有償資金協力 1,663.76(累計総額 9,456.49(E/N ベース)) (2) 無償資金協力 22.08(累計総額 4,722.17(E/N ベース)) (3) 技術協力 28.39(累計総額 642.88(JICA 経費ベース))
対日貿易 (2012 年度) 単位: 百万ドル	(1) 輸出 601 輸入 1,455(2012 年度) (2) 主要品目 輸出 既製服、ニット製品、皮革・同製品、冷凍エビ、ジュート及び同製品等 輸入 自動車及び部品類、船舶及び同関連品、鉄鋼・同製品等 (3) 直接投資 54.9(JETRO 資料、投資庁登録ベース)

(バングラデシュの繊維産業の状況)³

1971 年の独立以降、バングラデシュの繊維産業は大型国営企業を中心に成長が試みられることとなった。国営の BTMC (Bangladesh Textile Mills Corporation) は当時、世界最大の綿花購入企業として知られた。しかしながら、官僚中心の運営はうまくいかず、市場の動向をつかみきれず発展をみなかった。

1970 年後半になり輸出志向の民営既製服メーカーが台頭し、急速に既製服輸出が拡大した。政府も 1982 年、これまでの国営中心の繊維政策から民間支援に政策を転換し、衣料輸出を中心にバングラデシュの繊維産業は拡大を遂げることとなる。

繊維産業は現在、GDP の 10.5%、輸出の 78% を占め、同国経済で重要な位置を占めている。工業付加価値額の約 4 割を占め、約 500 万人(うち 7 割が女性)に雇用を提供している。

(課題と繊維政策)⁴

労働コストの安さは魅力だが、不安定な政情や洪水等の天然災害など、バングラデシュは依然リスクの大きい、不安定なサプライヤーとみられており、政治や経済全般の安定が望まれている。また政府はバングラデシュ繊維産業の問題・課題として以下をあげている。

- 高い財務コスト(利率は 15~16%)
- インフラ整備(天然ガススペースの電力供給の充実、工場が多く存在する Dhaka と輸出港のある Chittagong 間の物流体制の整備など)

³ 日本化学繊維協会 <http://www.jcfa.gr.jp/news/industry/2009/04/20/3346>

⁴ 日本化学繊維協会 <http://www.jcfa.gr.jp/news/industry/2009/04/20/3346>

- 他国と異なり設備投資等への政府支援スキームが存在しない
- 染料や化学品に対する高関税、国内の繊維製品に対する付加価値税
- 人材育成体制の未整備
- 低い生産性、安定性に欠ける品質
- 技術ノウハウの不足、織布・染色加工での設備老朽化

政府は現在、(a) 綿花などの原料輸入に対するゼロ関税、(b) 粗原料、中間原料、最終製品に対する関税の段階的調整、(c) 機械・部品輸入に対するゼロ関税、(d) 輸出向け既製服産業への素材提供者に対する金銭的インセンティブ、(e) 一部の染料、化学品、サイジング材に対する税率低減などを実施している。また、中長期金利の引き下げ、税還付にかわる金銭的インセンティブ、人材育成対策、所得税の合理化、タックスホリデーなどを検討中である。

上記の課題に加え、衣料素材の自給率の低さが長年の課題となっている。衣料輸出の拡大にともない、その原料素材を供給する紡織段階の拡充も進められているものの、急速な輸出拡大について行けず、国内紡織の拡充による自給化の進展が、同国繊維産業の課題とされている。

紡績系の原料となる綿花・合繊はほぼすべて輸入によっている。2007 年度の紡績原料需要は 90 万トンで、うち約 60 万トンが綿花であった。国内の綿花生産は 6,700 トンに過ぎず、ほぼ全量を輸入に依存している。2008 年度でみると、輸入先はウズベキスタンが 6 割を占め、次いでトルクメニスタンが 10%、米国が 9%、インドが 8%となっている。

バングラデシュの合繊生産は 2007 年で 1.5 万トン。すべてフィラメントで、紡績原料となるステープルは全て輸入対応である。合繊需要の拡大を受け、Malek Spinning Mills は約 8,000 万ドルを投じて、ポリエステルチップ工場を建設する計画を発表した。2011～12 年に当初 300トン/日の工場を建設する。

図 2-2-2 にはバングラデシュにおける繊維加工工場の数の変化を示す。同図で明らかなように、同国の繊維加工工場の数は毎年増加する一途であり、2012-13 年度には総数およそ 5,500 となっている。しかしながら、衣料素材の自給率は全体で 62%であり、輸出向けニット衣料は 85%と自給率が高いが、同布帛衣料は 26%と輸入素材への依存が高い。国内市場向け衣料の素材自給率は 55%である。政府は 2014 年度の目標として国内素材自給率を 84%にまで高める目標設定をしている。この目標を達成するには、表 2-2-2 に示すテキスタイル設備の新設が必要とされている。

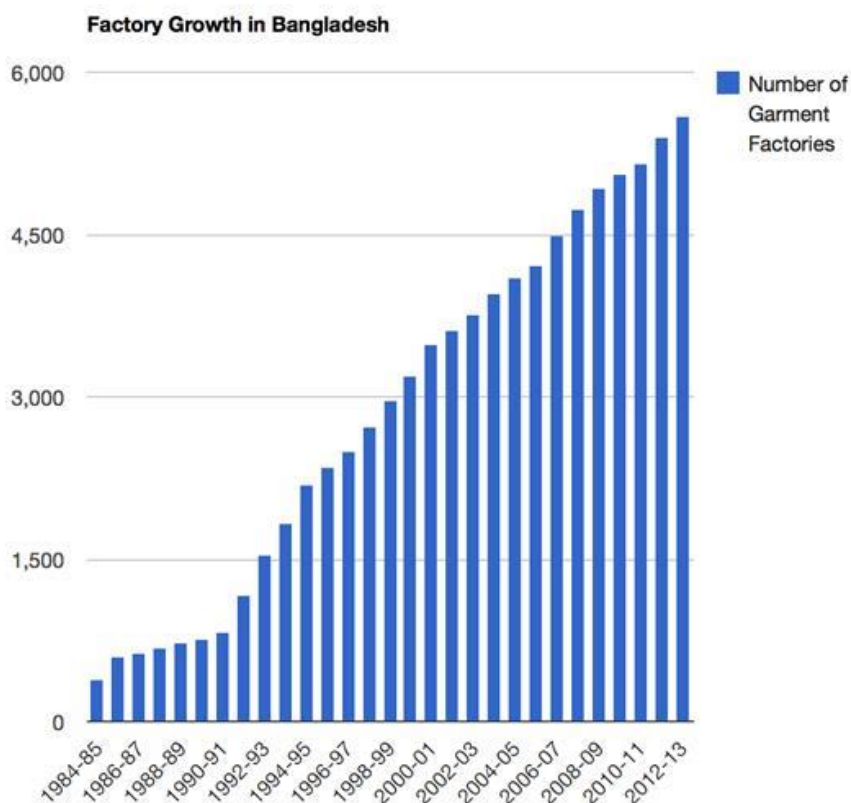


図 2-2-2 バングラデシュの繊維加工工場の数⁵

表 2-2-2 自給率目標達成のために必要なテキスタイル設備⁶

製品	総生産量	工場当たり生産能力	必要工場数
紡績工場 (2.5 万錘/工場)	107.5 万トン	4,600 トン	233
織布工場 (無ひ織機 120 台/工場)	29.24 億 m	1,300 万 m	224
ニット・同染色加工	52.3 万トン(31.38 億 m)	1,725 トン	303
織布染色・加工	29.24 億 m	2,000 万 m	146

(バングラデシュの繊維産業における環境・エネルギー状況)

広義の繊維産業は、天然繊維や人工繊維から糸を生産する紡績、糸を織って布を生産する織布、糸を編みニットを生産する編立、糸や布に染色や表面加工を施す染色、布に刺繍を施す刺繍、

⁵ Bangladesh Garment Manufacturers and Exporters Association

http://www.bgmea.com.bd/chart_test/factory_growth_in_bangladesh

⁶ 日本化学繊維協会 <http://www.jcfa.gr.jp/news/industry/2009/04/20/3346>

布(または糸)から衣類を生産する縫製といった工程を含む。本事業で対象とする繊維加工工場は、繊維産業の工程の中でも大量の水と熱エネルギー(化石燃料による)を大量に消費し、また廃熱の多い染色工程を有する工場である。

繊維産業の急成長に伴い、バングラデシュでは省エネルギー・環境対応が必要とされている。一般に繊維産業では大量の水が必要となり、各工場で地下水をくみ上げて利用しているが、繊維産業が集中しているダッカ周辺では、地下水の過剰利用により地下水位が低下し、家庭用水が使えなくなることや、地盤沈下を引き起こすなどの問題も生じている。

さらに、バングラデシュでは電力不足が深刻である。発電エネルギーの 90%近くを占める天然ガスは近隣諸国(インド、パキスタン、タイ、マレーシア)と比較して最も安いと見られ、需要が拡大して天然ガスの供給不足が不足するという需給ギャップが慢性化している。多くの繊維加工工場では、慢性的な電力不足に対応するために、自家発電装置による電力供給を併用しているのが現実である。しかしながら、天然ガスの供給不足やガスパイプラインの整備の遅れなどにより、新規の工場への天然ガス供給に支障が出たり、あるいは既存の工場でも天然ガスの利用に制限が課せられたり、追加供給が難しいことにより、増産体制が組めないなどの問題も生じている。

政府も電力と天然ガスの供給確保を輸出の柱産業のために最善を尽くしている一方、近々天然ガスの料金を 2 倍程度値上げする⁷などの対策を打ち出している(調査実施時点での自家発電用の天然ガスの料金は約 5Tk/m³、ボイラー用は約 7Tk/m³)。

したがって、繊維加工産業において廃熱回収・利用による省エネ技術を推進し、化石燃料の使用を削減することは、GHG 排出量を削減して地球環境問題の改善に寄与するのみならず、天然ガス需給の安定化にも貢献することとなり、バングラデシュの持続可能な経済発展に大きな意義を持つことになると考えられる。

(3)プロジェクトの普及

今回の調査は上記の 3 つの工場を対象に展開し、最終的にこの 3 つの工場プロジェクトを実施する予定である。

熱交換器を用いた染色加工工程からの廃熱回収・利用技術は、バングラデシュの繊維加工工場ないし途上国での繊維加工においてまだ導入されていない技術であり、本調査の結果及びその後のプロジェクト実施は、当該技術がバングラデシュまた途上国の繊維加工工場への水平展開において大きな意義があると言える。

繊維と衣類はバングラデシュの産業発展の主要な産業であり、バングラデシュは世界の縫製工場とも言われている。繊維加工工場の数は年々増えており(図 2-2-2 参照)、300 万人以上が繊維関連産業に従事している。一方、最近、バングラデシュでは天然ガスの供給が不足し、新しい繊維工場に対しての天然ガス使用許可の入手は極めて難しい状況である。また既存工場に対しても天然ガス使用の制限をかけ、生産拡張のためのガス取得も困難な状況である。さらに、バングラデシュ政府は今年から産業用天然ガスを従来の 2 倍程度値上げすることを決めた。このような状況で繊維加工工場のエネルギー管理認識も高まりを見せており、省エネ技術導入への認識と意欲も高まる傾

⁷ Prof. Ijaz Hossain, Member of Joint Committee との面談による

向にあり、当該プロジェクトの実施を通してより多くの工場での水平展開が期待できる。

また、昨年、バングラデシュの近隣国であるインド、パキスタン、スリランカの繊維産業が安い燃料代を求めてバングラデシュに転出する現象があったが、現時点のガス不足の状況の中で、これも難しくなり、彼らは限られたエネルギーを有効に利用することの大切さを体験しているとも言える。

従って、当該プロジェクトのバングラデシュにおいての実施と普及は、結果として近隣国にも反響を及ぼし、当該プロジェクトの他国へ展開も期待できる。

3. 調査の方法

(1) 調査実施体制

本調査の実施体制と役割分担を図 3-1-1 に示す。

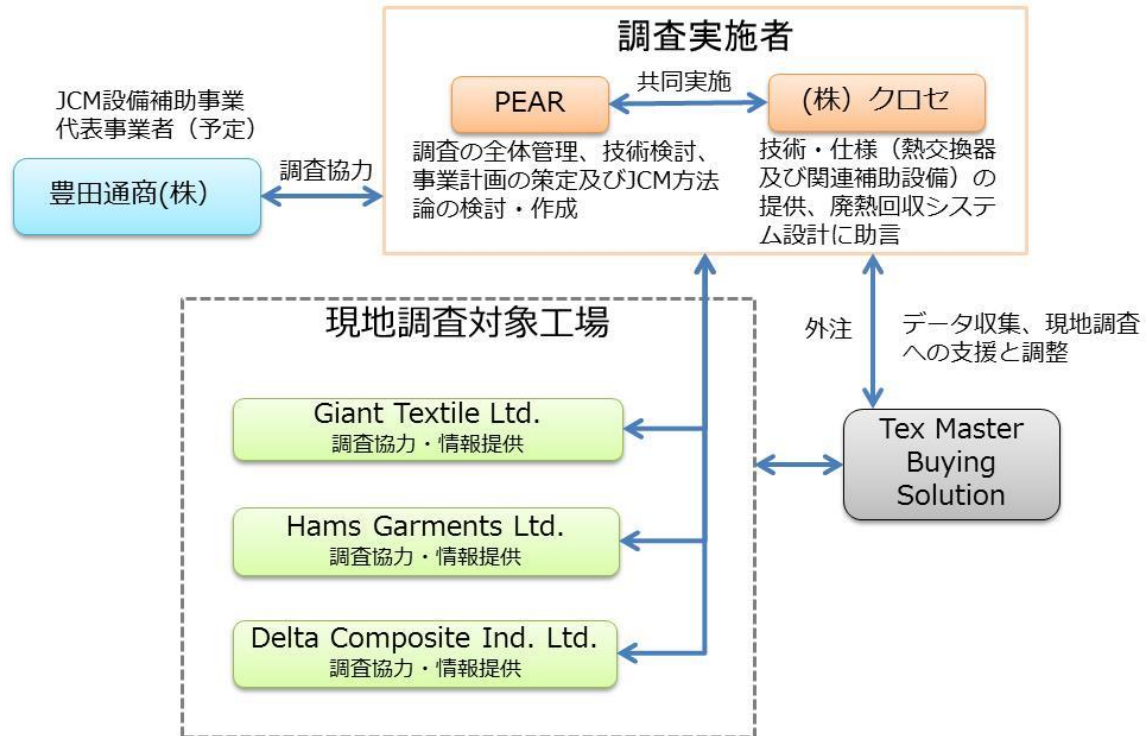


図 3-1-1 調査実施体制

(株)PEAR カーボンオフセットイニシアティブ(PEAR)：

2007年に設立された、国内でのカーボンオフセット商品の販売と海外でのGHG削減プロジェクトの実施や、CDM/JCM方法論の開発に関するコンサルティングを行うソーシャル・ベンチャー企業である。特に、地球温暖化問題全般、CDMなどのプロジェクト、国内の省エネ活動などに関して、非常に専門性が高く、経験豊富な人材を有している。例えば、PEARは平成24年度のCDM実現可能性調査において、バングラデシュの染色加工工程の総合的省エネ促進プログラムを推進し、プログラム型CDM（PoA: Program of Activities）として登録を成功させている。また、PEARの技術顧問である森本らは、NEDO平成22年度公募事業「国際エネルギー消費効率化等技術普及協力事業 協力基礎事業インドネシア共和国中央ジャワ地区における繊維産業の省エネ・節水診断」を実施した繊維産業技術の専門家である。

本調査においては、PEARは調査実施主体として調査の全体管理、技術検討、事業計画の策定及びJCM方法論の検討・作成等を行う。さらに、本プロジェクトの実施段階では、MRV実施を支援する。

(株)クロセ:

1925年に創立され、100年近い歴史を持つ日本の圧力容器メーカーである。クロセの強みと主力商品としてスパイラル式熱交換器が挙げられる。その用途は、一般化学用(加熱、冷却、凝縮、蒸発)、環境用(下水浄化槽の加熱・冷却の温度管理)、食品用(インスタントラーメンの油槽蒸気加熱用)と多彩で、大きさ、形状も様々であるが、これまでの経験値を活かし、適用対象毎に最適仕様を提案している。

クロセのスパイラル式熱交換器は、国内ではほぼ100%のシェアを誇る熱交換器であるが、海外でも高く評価されている。例えばアメリカでは、ASME(アメリカ機械学会)U-スタンプを取得している。また中国では、中華人民共和国特殊設備製造許可工場、韓国でも韓国高压ガス特定設備製造許可工場として認定されている。当社の技術は世界約20カ国で導入されており、省スペース・省エネルギーで熱交換率の高いクロセのスパイラル式熱交換器は、熱エネルギーの有効活用を通じて地球温暖化防止にも貢献している。

本調査においてクロセは共同提案者であり、熱交換技術仕様の提供、調査における熱回収・利用システムの設計支援を行う。さらに、本プロジェクトの実施段階では、技術(熱交換器)の提供、設置・運用支援などを行う。

Giant Textile Ltd., Hams Garments Ltd., Delta Composite Ind. Ltd.:

いずれもバングラデシュの繊維関連企業であり、今回の調査対象工場を運営している。調査段階では、廃熱回収・利用システムの導入・設計に必要な、様々な関連データの提供などを行う。プロジェクトの実施段階では、国際コンソーシアムに参加し、事業への出資者、プロジェクト運営者、さらにはモニタリング実施者となる。

Tex Master Buying Solution:

バングラデシュにおける Garment Buying House の一つである。主にバイヤーと繊維工場の間での仲介役として製品の品質管理、バイヤーの立場から工場の環境基準、労働基準などのコンプライアンスの確認と改善のアドバイスを行っている。会社代表の Anwar 氏は PEAR が以前行っていた CDM 可能性調査(「CDM 実現可能性調査」染色加工工程の総合的省エネ促進プログラム)に関わったことがあり、省エネ、エネルギー管理に関して繊維工場にアドバイスなども行っている。

今回の調査においては、工場側との調整役としてデータ収集の支援を行う。プロジェクトの実施段階では、現地との調整役が必要と認められた場合は関与する可能性がある。

(2) 調査課題

本調査実施前及び調査過程で判明した調査課題は以下のとおりである。

1) JCM 方法論の作成に関する調査

① 適格性要件の選定

プロジェクト及び導入技術の特徴を反映できる適格性要件を検討する。

② リファレンス排出量とプロジェクト排出量の算定

リファレンス排出量は、ベースとなる「過去実績」を基準に決定するが、どの程度「保守的」とすべきかに関しては、上記のデフォルト値の「信頼性度合い」を調査で評価して、(おそらくディスカウントファクターという形で)決定する。

一般に、染色におけるエネルギー消費量は、機械、繊維の素材及び繊維の色によって異なる。染色機の染色技術変更という CDM プロジェクトでは、「色(薄, 中, 濃) × 素材(綿, 混紡, ポリエステル)」という組み合わせを分類として定め、「バッチ単位」, 「染色機ごと」, に、個々の組み合わせのエネルギー消費量を把握することを行った。ただ、本プロジェクトでは、熱回収というタイプであるため、そこまで細かな分類を行う必要はないと想定される。

③ 事前に設定すべきパラメータの確定

生産ラインごとに、熱回収・利用に伴う省エネ効果を原単位の改善効果(比率)として表現する。

CO₂ 排出係数(蒸気を提供するために発生する CO₂ 排出量)(tCO₂/t 蒸気): ボイラーの指標などから算定する。

2) プロジェクトの事業性に関する調査

当該プロジェクトの実現に向け、資金計画、工事計画、プロジェクト実施体制及び MRV 体制について、検討が必要となる。

① 資金計画の確定

現地調査を踏まえてのメーカーや工場との協議の上、工場、染色機などのそれぞれの事情に合わせて、最適なシステム設計を行い、必要な資金計画を明確にする。この際、既存の染色工程に関するデータ収集の度合いが重要な要素になる。

② プロジェクト実施体制と MRV 実施体制の確定

プロジェクトの実施体制は資金計画などを明らかにした上で最終的に判断する。

③ 工事計画(プロジェクト実施スケジュール)の策定

プロジェクトの実施体制や MRV 体制を確定した上で工場側との十分な検討に基づき決定する。

④ 環境十全性の確保

当該プロジェクトは、既に環境基準を満たしている、Environmental Clearance Certificate を取得済みの繊維工場において行われるために、新たに環境影響評価を実施する必要性はないと思われるが、プロジェクト実施にあたって、ホスト国の関連手続きなどに留意する。

⑤ ホスト国の持続可能な開発への貢献

バングラデシュの元も重要な産業である繊維加工工場における廃熱回収・利用システムを導入することで、エネルギー資源に乏しいバングラデシュのエネルギー需給バランスの改善が図られることから、持続可能な発展に貢献することが可能である。同国政府からも大き

な期待の声を受けている。

本調査では、本事業の実施によりバングラデシュ全体への影響を把握することで、貢献度合いを定量的に示す。

(3) 調査内容

1) JCM 方法論の作成に関する課題。

① 適格性要件選定

現地及び国内での調査などによって、また導入技術の特徴を十分理解した上で、客観性また排他性がある適格性要件を選定した。

② リファレンス排出量とプロジェクト排出量の算定

現地及び国内調査の結果、リファレンス排出量・プロジェクト排出量の算定において、当初の原単位を用いる手法(「バッチ単位」、「染色機ごと」の燃料消費量)からエンタルピーの変化(熱交換器による供給冷水の温度変化と供給量に基づく)に着目する手法に変更し、方法論を確定した。

③ 事前に設定すべきパラメータ(デフォルト値)の確定

事前に設定すべきパラメータに関して、方法論の算定手法が変化したことで、原単位及びそれに相当する CO₂ 排出係数を確定する必要性がなくなった。

2) プロジェクトの事業性に関する調査

① 資金計画の確定

現地調査を通して、対象工場における廃水温度や給水温度の測定、エネルギー消費量(ガス、蒸気)の確認、染色機やボイラーの状況の確認、給水、廃水及び蒸気供給ラインとシステム設置に要する場所などの確認ができた。これによって、各工場に対するシステム設計要求が明確になり、関連見積書の入手やその再確認を得て、資金計画とプロジェクトの経済性を示した。

② プロジェクト実施体制と MRV 実施体制の確定

資金計画を踏まえて、プロジェクトの実施体制と MRV 実施体制を確定した。

③ 工事計画(プロジェクト実施スケジュール)

プロジェクトの実施は、最終的に対象繊維工場の保有企業の投資判断に左右される。調査開始当初から工場側の投資意欲はあるものの、今回の調査結果を踏まえて、実際の投資に関する議論を行う場合、即時に回答がでないことや、工場によっては最終意思決定のタイミングも異なることがと予想される。従って、3つの工業へのシステム導入を一つの JCM プロジェクトとすることを前提としてはいるものの、プロジェクト計画や実施スケジュールの決定においては、工場側の最終判断に合わせて決定する。

④ 環境十全性の確保

現地調査の結果、当該プロジェクトの場合、環境影響評価の必要性はないことが確定でき

たが、プロジェクト実施にあたっては事前に環境庁に報告することとする。

⑤ ホスト国の持続可能な開発への貢献

調査の結果を基に、本事業の実施によりバングラデシュ全体への影響を定量的に示した。

4.プロジェクト実現に向けた調査

(1)プロジェクト計画

プロジェクトの詳細計画を作成するに当たり、廃熱回収・利用システムの導入を検討している工場の染色工程を調査し、排出される温廃水の量、温度、サイクル、使用する染色用水(冷水)の温度、量などを調査し、それらのデータに基づき、熱交換器のスペックや、必要な機材・資材(ポンプ類、センサ類、制御盤、バルブ類、貯水タンク(温廃水と染色用温水)、配管類など)の設計を検討した。また、工場全体のエネルギー消費状況を評価するために、ボイラー、自家発電機、蒸気配管などの調査も実施した。

染色機から排出される温廃水の温度や量は、染色機の種類、染色する素材の種類や色によって異なるので、各工場での聞き取り調査と染色素材と色に応じた染色工程のプログラムチャート⁸の分析を重点的に実施し、並行して各染色機の排水管に熱電対を取り付けて、実際の排出温度の計測も実施した。図4-1-1はDelta社の染色工程のプログラムチャート図の一例である。このチャートは、綿素材の中間から暗色の染色に適用されるもので、図中の赤い矢印は温廃水が排水されるタイミングを表している。この例では、1回の排水は数分間であるが、およそ11時間の間に8回温廃水が排水されることを示している。

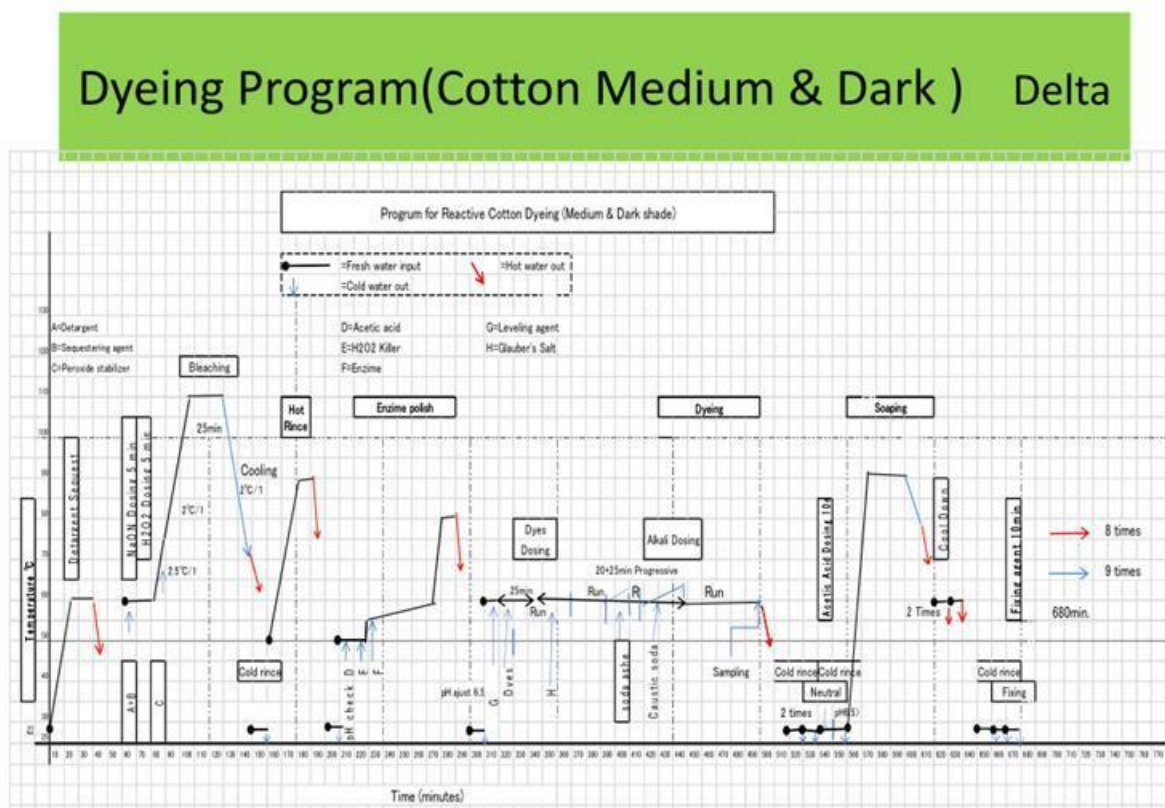


図 4-1-1 染色工程のプログラムチャートの例

⁸ 調査した全ての染色機は、プログラムチャートに従い全自動で染色、洗浄、染色液の投入、染色水の温度管理、排水などを行うよう設計されている。

表 4-1-1 は、上述のプログラムチャートを基に、聞き取り調査を行い、1 日単位の染色機の稼働状況を調査した結果から求めた、素材別・色別の染色工程の排水サイクル数を温度別に表している (Delta 社の例)。この例では、平均して 1 日当たり 80℃以上の廃水が 1.5 回、60～80℃が 4 回、40～60℃が 2 回、40℃以下の廃水が 9 回行われることを示している。この結果と、1 回当たりの排水量から、1 日当たりの温度別の排水量が計算できる。表 4-1-2 には、このようにして求めた 3 工場についての染色工程の調査結果一覧 (染色量、染色バッチ数、温廃水排出サイクル数、温度別廃水量、平均放出時間、最大排出量を加味した温廃水ピットサイズ、熱交換器流量など) を示す。図 4-1-2 に実際に熱電対を設置して計測した温廃水温度の変化の一例 (Delta 社) を示すが、高温の温廃水が短時間に放出されている様子が見て取れる。従って、平均的に温廃水が排出されるのではなく、短時間に大量の温廃水が排出されることを考慮して、温廃水を一時的に貯水して熱交換器に一定流量の温廃水を供給するピットが必要になる。

より温度の高い温廃水をピットに貯留するためには、温廃水だけを回収してある温度以下の廃水は従来通りの廃水経路に流す工夫が必要になるが、通常、染色機には図 4-1-3 に示すように、電磁バルブが取り付けられた 2 本の排水系統が備わっていることが多く、染色工程のプログラムに従ってバルブを開閉して温廃水と冷廃水を異なる配管から排出する機構が備わっている。また、図 4-1-4 は、工場外部の廃水路に放流するための配管で、1 台の染色機に通常 2 系統備わっている。しかしながら、調査を行った 3 工場のいずれも温廃水と冷廃水の区別を行うことなく、1 本の排水管から廃水設備へと繋がる水路に放流していた。機構的には温廃水のみを染色機から取り出すことは、何れの工場でも追加機器を導入することなく可能である。

表 4-1-1 Delta 社の素材・色別染色工程からの温度別廃水のサイクル数

Program Item	80℃ more	60℃ to 80℃<	40℃ to 60℃<	40℃<	Process Mints
Reactive Light & Sensitive	1	3	2	9	680
Reactive Dark Shade	1	5	2	9	680
Reactive Black only	1	5	0	8	490
Reactive Turquoise	4	1	1	10	760
Disperse & Reactive for CVC	2	5	2	9	1000
Average in balance	1.5	4	2	9	700
Total treatment	1.5+4+2+9=16.5cycles				11.5hr

表 4-1-2 3 工場の染色工程に関する調査結果総括表

Factory	Unit	Hamu	Delta	Giant	
Production /day	tons	18.8	22.0	13.4	
Working days/year	days	350	300	300	
Dyeing batch/day	lot	27	36	18	
Dyeing cycle/day	times	454	594	315	
Hot w/w outlet cycle/day	times	188	270	135	排出量には差がある
Volume hot w/w 40°C to 59°C	tons	101	161	141	温度差3種の内容
Volume hot w/w 60°C to 79°C	tons	225	428	141	
Volume hot w/w 80°C more	tons	113	214	71	
Total Volume hot w/w	tons	439	803	353	上記の合計
Total heat energy in hot w/w	Mcal	19,682	34,270	14,150	排水の持つ顕熱
Average Flashing Period of w/w	Mints.	7.66	5.34	10.7	排出量に差がある
Max flow & 2 nd Max flow (Capacity of 1 st Pit size)	Total tons	5.6+4.5 =10.1	6.75+6.7 5=13.5	6.75+6.7 5=13.5	3~5分以内の流入量
Average Flow rate for Exchanger	L/min	305	558	245	余裕みていない

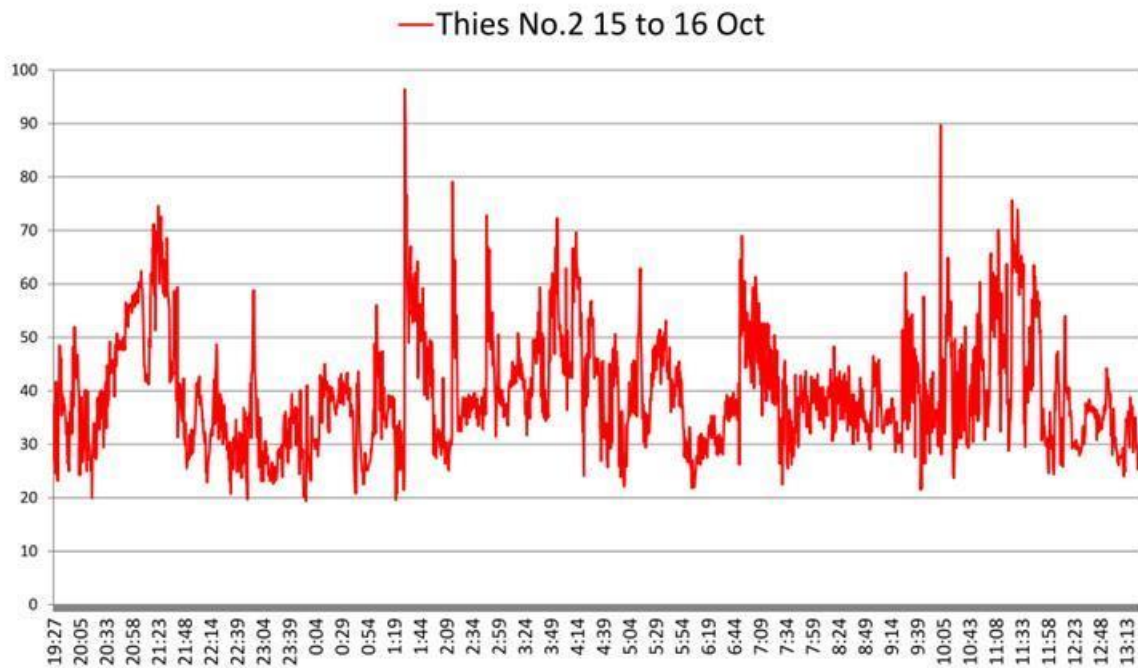


図 4-1-2 Delta 社の廃水温度実測例



図 4-1-3 染色機の排水管(電磁バルブが取り付けられている)



図 4-1-4 染色機からの排水管(通常 2 系統の排水管が備わっている)

当該プロジェクトにおける設備費は、調査の過程で入手した見積に基づき、3つの工場合計で約 9,200 万円(関税など含まない場合)と想定しており、その内訳は、熱交換器 2,500 万円、制御装置 1,440 万円、水中ポンプ 2,050 万円、現地工事の温水タンク(廃水貯水と温水貯水)及び配管設置費など 1,450 万円、その他の周辺設備(測定器も含む)コスト 2,710 万円である。維持管理費用は約 180 万円/年としている。関税(バングラデシュの対日関税は、一般税率と品目により補足税、付加価値税などがある。バングラデシュ歳入庁の 2012~2013 の関税リストから、当該プロジェクトが導入する設備の類似品目において、上記の関税は、それぞれ、3~5%、15%、5%となっている)などを含んだ(現地渡し価格)初期投資額は、およそ 10,600 万円であり、この中、GTLにおける投資

額は、2,850 万円、Hams の場合は、2,980 万円、Delta の分は、4,790 万円である。投資額の詳細は、以下の表-4.1 に示す。なお、日本の事業主体のプロジェクトからの収益の構造や大きさに関しては現時点で詰められておらず、下記の数字は最終的なものではない。

上記の設備投資金額は、各工場の状況にあわせたシステム設計を基準に取得した見積をベースに算定されたものである。以下、表 4-1-3 に見積金額の詳細を、表 4-1-4 に導入予定の熱交換器の伝熱面積や材質(いずれの工場も 1 台の熱交換器を設置)を、表 4-1-5 には各工場におけるポンプの台数と定格容量を示す。また、図 4-1-5~図 4-1-8 には、それぞれの対象工場についての廃熱回収・利用システムの機器構成と配管系統図を示す。

表 4-1-3 初期投資額詳細

		Heat exchanger	Wiring and piping work	Submersive water pump	Ancillary equipment	Control board	Auto valve	Flow meter	Export packing freight	Other (instruction, test operation)	Total
Hams	TK		2,586,850								-
	JPY	8,510,000	3,939,773	4,247,483	2,064,236	4,094,400	294,750	1,147,000	4,071,574	1,400,000	29,769,215
	US\$	70,917	32,831	35,396	17,202	34,120	2,456	9,558	33,930	11,667	248,077
Delta	TK		4,436,400								-
	JPY	8,920,000	6,756,637	12,007,035	3,597,634	6,188,200	699,880	1,482,000	6,578,950	1,700,000	47,930,336
	US\$	74,333	56,305	100,059	29,980	51,568	5,832	12,350	54,825	14,167	399,419
GTL	TK		2,506,850								-
	JPY	7,600,000	3,817,933	4,247,483	2,328,236	4,094,800	0	1,147,000	3,883,504	1,400,000	28,518,955
	US\$	63,333	31,816	35,396	19,402	34,123	0	9,558	32,363	11,667	237,658
Total (3 factories)	TK		9,530,100								-
	JPY	25,030,000	14,514,342	20,502,000	7,990,106	14,377,400	994,630	3,776,000	14,534,027	4,500,000	106,218,506
	US\$	208,583	120,953	170,850	66,584	119,812	8,289	31,467	121,117	37,500	885,154

表 4-1-4 各工場における熱交換器の伝熱面積

向け先	型式	伝熱面積	材質
HAMS GARMENTS	KSH-1HK	43 m ²	SUS316
THE DELTA COMPOSITE KNITTING	KSH-1HK	47 m ²	SUS316
GIANT TEXTILE	KSH-1HK	26 m ²	SUS316

表 4-1-5 各工場におけるポンプの台数と定格容量他

	Hams				Delta				GTL			
	稼働率	負荷率	Kwh	MWh/year	稼働率	負荷率	Kwh	MWh/year	稼働率	負荷率	Kwh	MWh/year
1 温排水ポンプ(B) waste water pump (レベルによる台数制御)	揚程	Lifting height	m	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	流量	Flow rate	m3/min	0.6	0.6	1.2	1.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	口径	Bore	inch	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)
	出力	Power	Kw	5.5	5.5	7.5	7.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	台数	sets		2	2	2	2	2	2	2	2	2
	計	Total	Kw	11	11	15	15	11	11	0.5	0.7	3.9
2 温排水ポンプ(送水ポンプ) hot water supply pump (2台の約1台は連続、他の1台はレベルにて発停)	揚程	Lifting height	m	26	26	20	20	26	26	26	26	26
	流量	Flow rate	m3/min	1.0	1.0	2.5	2.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	口径	Bore	inch	3(80)	3(80)	6(150)	6(150)	3(80)	3(80)	3(80)	3(80)	3(80)
	モータ	Motor	Kw	11	11	15	15	11	11	11	11	11
	台数	sets		2	2	2	2	2	2	2	2	2
	計	Total	Kw	22	22	30	30	22	22	0.7	0.7	10.8
3 清排水ポンプ water pump (レベルによる台数制御)	揚程	Lifting height	m	18	18	15	15	18	18	18	18	18
	流量	Flow rate	m3/min	0.6	0.6	1.2	1.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	口径	Bore	inch	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)	4(100)
	モータ	Motor	Kw	5.5	5.5	7.5	7.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	台数	sets		2	2	2	2	2	2	2	2	2
	計	Total	Kw	11	11	15	15	11	11	0.5	0.7	3.9
4 排水ポンプ(A) waste water pump (レベルによる台数制御)	揚程	Lifting height	m	-	-	24	24	-	-	-	-	-
	流量	Flow rate	m3/min	-	-	1.5	1.5	-	-	-	-	-
	口径	Bore	inch	-	-	6(150)	6(150)	-	-	-	-	-
	モータ	Motor	Kw	-	-	15	15	-	-	-	-	-
	台数	sets		-	-	4	4	-	-	-	-	-
	計	Total	Kw	-	-	30	30	-	-	0.2	0.8	4.8
5 計(電力)		Mwh/year	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.2
		Mwh/year	-	-	-	-	-	-	-	-	-	181
		Mwh/year	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106
		Mwh/year	-	-	-	-	-	-	-	-	-	133
		Mwh/year	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.2
		Mwh/year	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124

注:年間稼働日数:300日とする。

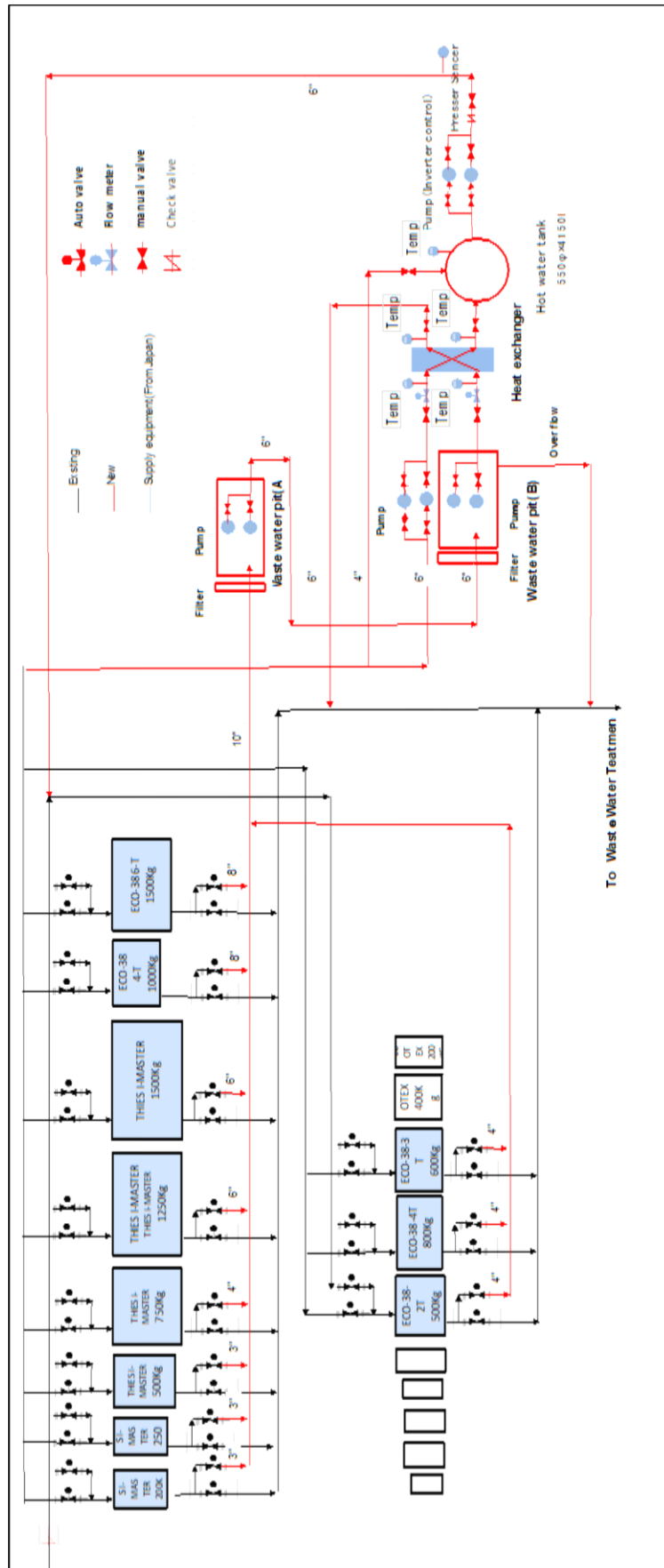


図 4-1-5 Giant 工場における配管系統図

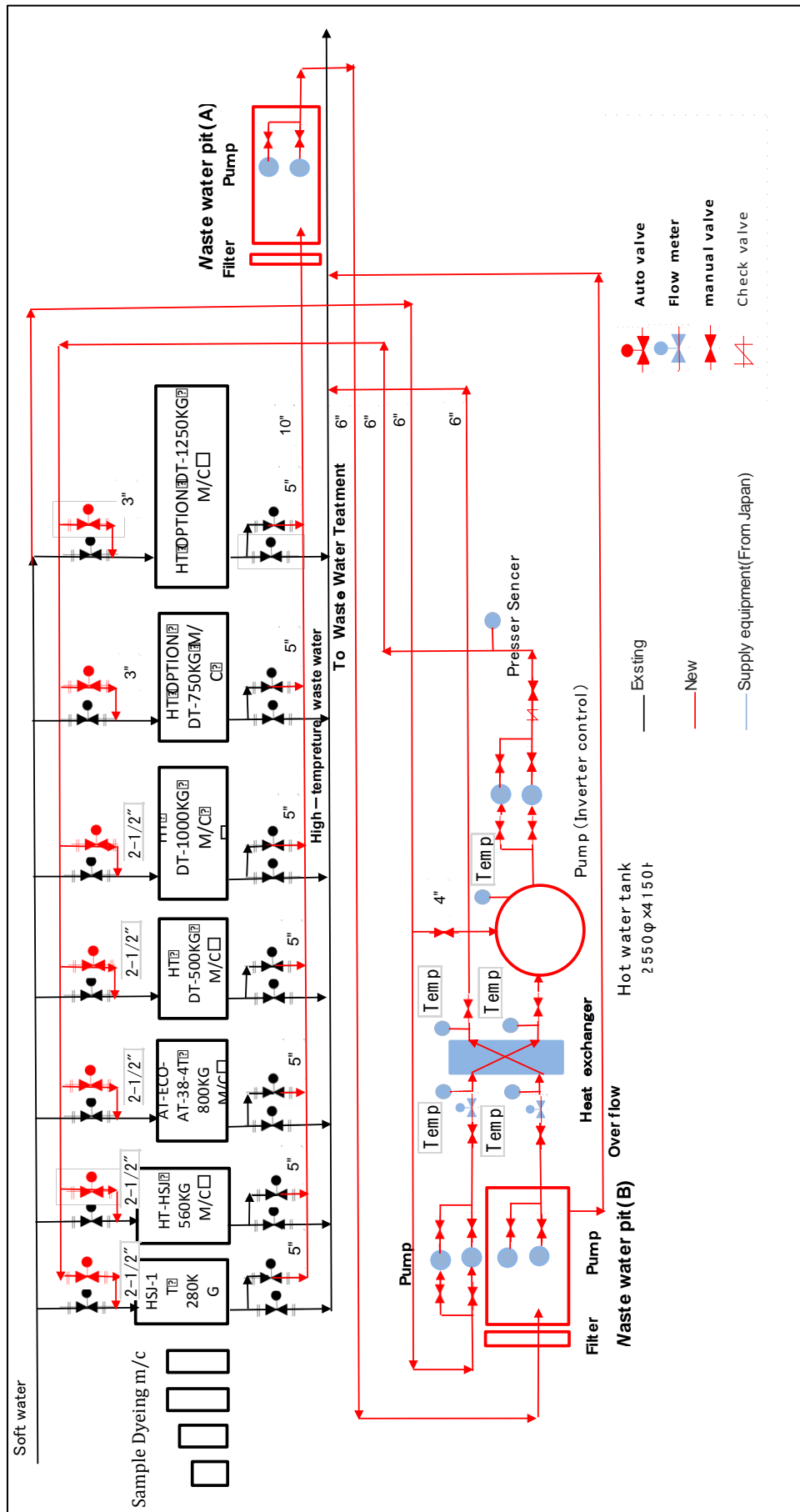


図 4-1-6 Hams 工場における配管系統図

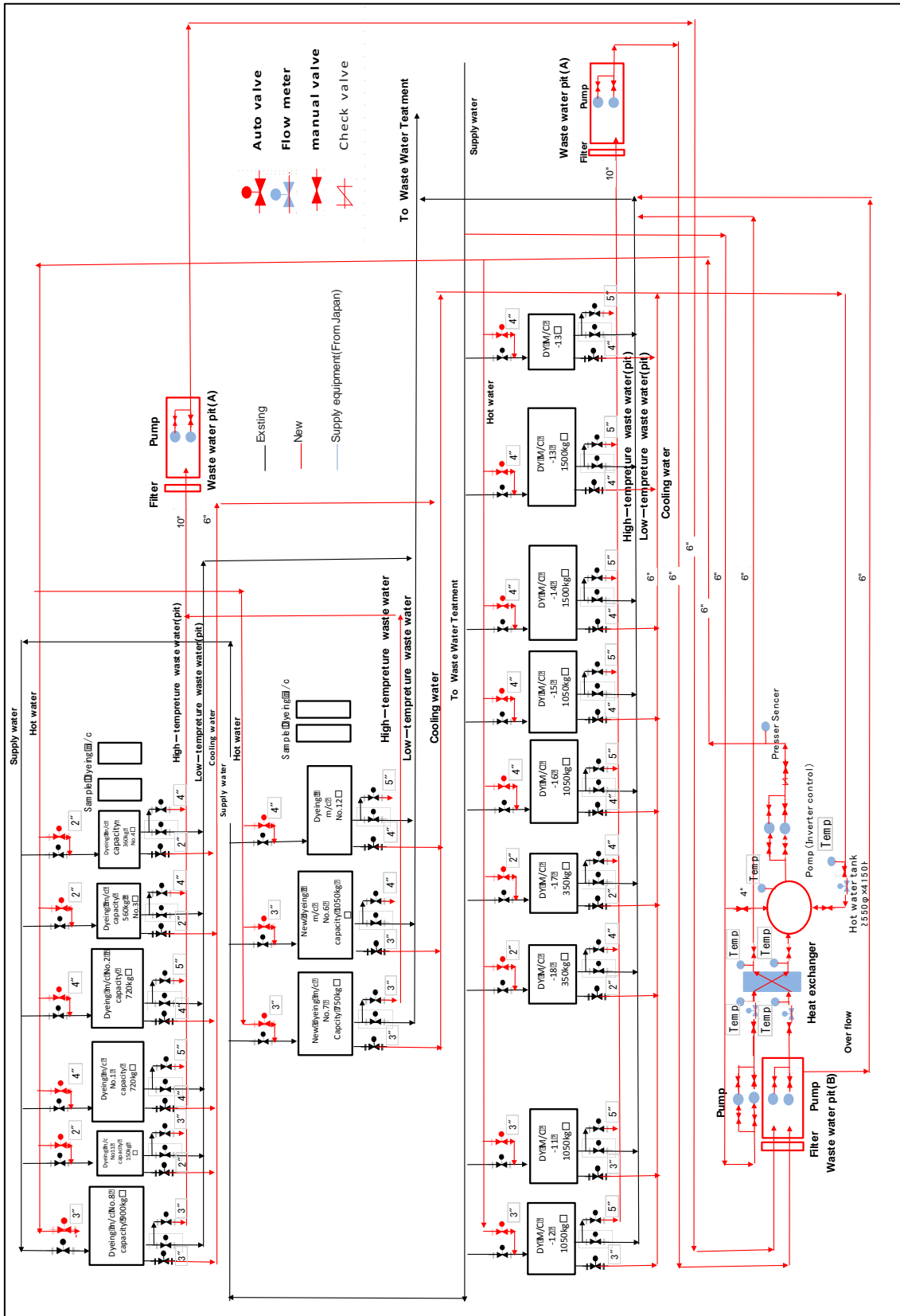


図 4-1-7 Delta 工場における配管系統図

プロジェクト実施体制を図 4-1-8 に示すが、PEAR と豊田通商(株)、及び廃熱回収・利用システムを工場に導入する現地企業が国際コンソーシアムを形成し、JCM プロジェクト設備補助事業の申請を行い、プロジェクト及び MRV を実施する。

コンソーシアムの中で、豊田通商(株)が代表事業者として、資金調達・管理、設備の購入・設置、試運転などを担当する。現地の各工場は、共同事業者として廃熱回収・利用システムの運営・維持管理、モニタリングなどを担当する。PEAR は、共同事業者として JCM プロジェクトの方法論や PDD の作成、モニタリング計画の作成、MRV の管理などを担当する。

一方、(株)クロセは国際コンソーシアムには加わらないが、コンソーシアムからの発注によりシステムの核となる技術であるスパイラル方式の熱交換器を納入し、各工場への設置指導にあたる。ポンプや制御盤の製造・設置は、日本の製造業者にコンソーシアムから発注する予定であるが、事業の実施時には、バングラデシュ国内での製造を視野に入れ、更なるコスト削減を検討する。機器設置、配管、タンク設置などの工事は、現地の建設業者にコンソーシアムから発注する。

プロジェクトの必要資金は、初期投資として必要な設備費、工事費、事務費などの合計の50%を環境省の JCM プロジェクト設備補助事業により調達し、残りの50%はそれぞれの対象工場が導入する設備規模に応じて案分した割合で負担する計画である。

プロジェクトの着工開始時期は、第三回の現地調査を通して、工場側との議論など踏まえて 2015 年 9 月、稼働時期は、2016 年 2 月を予定しているが、今後詳細な工事計画、運営計画を調整していく必要がある。

当該プロジェクトの実施によって工場におけるエネルギー(天然ガス)消費量が節約でき、結果として、工場の燃料節約料代が事業からの経済便益となる。プロジェクトによって GTL, Hams, Delta において節約できる燃料(天然ガス)の量は、それぞれ、340 万 m³/年、470 万 m³/年、780 万 m³/年となる。尚、事業収益性の評価に当たっては、天然ガスの価格が近い将来 10Tk/m³(約 15 円/m³)程度にまで上昇する見込みであることを織り込んでいる。

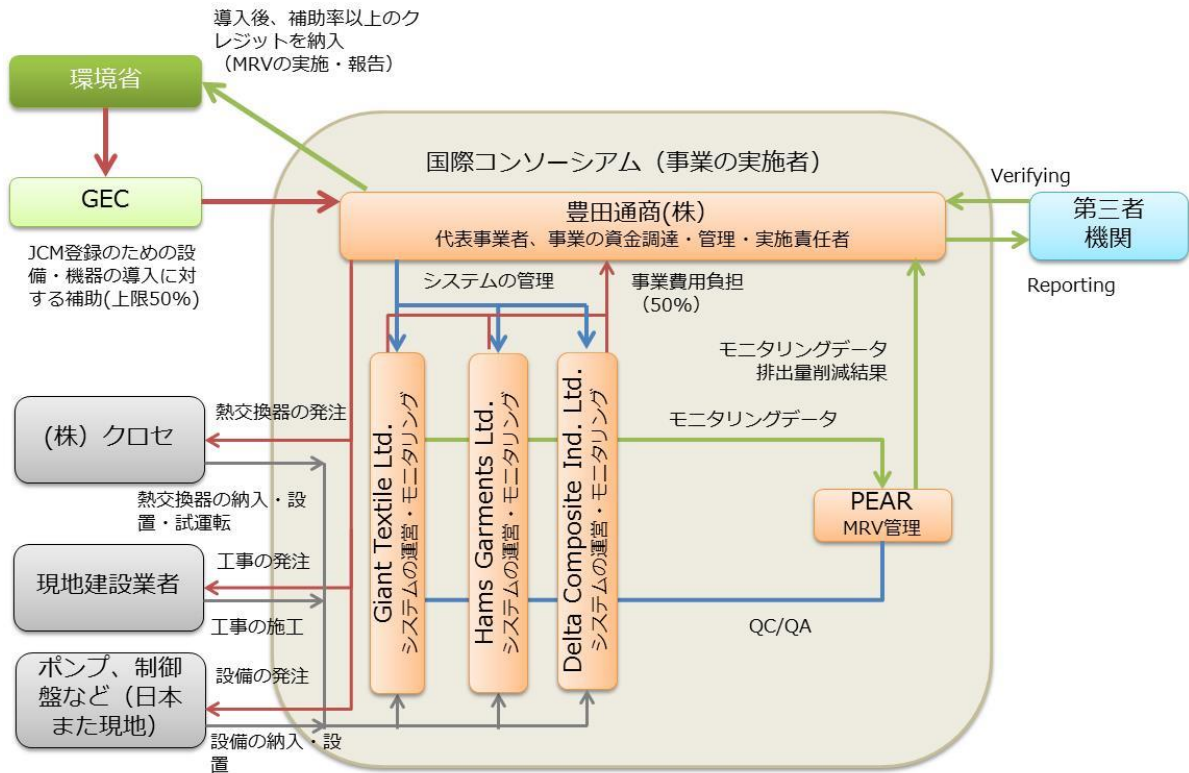


図 4-1-8 プロジェクト実施体制

表 4-1-6 に、各工場の基本状況 (昨年の純利益を含む) をまとめた。また、表 4-1-7 に、各工場での温廃水の温度、流量、染色用水の温度などから、プロジェクトにより回収可能な熱量を評価し、削減できる天然ガス使用量を求めた結果を示す。天然ガス使用量の削減量に天然ガス価格を掛け合わせた金額が各工場の経済的便益として計上できる。この数字と初期投資額に基づき、それぞれの工場毎にプロジェクトの経済性検討した結果 (異なる天然ガス価格に対する各工場におけるプロジェクトキャッシュ・フロー計算) を表 4-1-8～表 4-1-14 に示す。

表 4-1-6 工場の基本情報

	Hams	Delta	GTL
染色容量(トン/日)	18	22	14
稼働時間(日/年)	350.0	300	300
ガス消費量*(m ³ /日)	7,000	14,000	9,500 (CNG)
昨年の純利益**(Tk/年)	803,710,962	242,858,917	3,282,423

表 4-1-7 プロジェクトによる天然ガス使用量の削減見込み

パラメーター/工場	Hams	Delta	GTL	計
事後の給水温度(°C)	50	50	50	
事前の給水温度(°C)	26	26	26	
給水量(t/y)	153,720	241,200	105,840	
水の比熱(kJ/kg °C)	4.1855	4.1855	4.1855	
ボイラーの効率	0.90	0.85	0.87	
ボイラー燃料(天然ガス)の排出係数(t CO ₂ /TJ)	54.3	54.3	54.3	
システム電力消費量(MWh/y)	133	181	124	
電力排出係数(t CO ₂ /MWh)	0.67	0.67	0.67	
排出削減量(t CO ₂ /y)*	737	1,179	481	2,397
天然ガスの熱量(MJ/m ³)	36.4	36.4	36.4	
省エネルギー効果(m ³ /y)	471,352	783,097	335,728	1,590,177

* 排出削減量の計算には、ボイラー効率:1.0及び電力排出係数:0.8を用いている

** <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=3&pid=52&aid=10>表 4-1-8 GTL におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (10 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow	50,359,200	-	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920
1.1	燃料代節約	50,359,200	-	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920	5,035,920
2	Cash outflow	26,786,268	14,259,478	1,252,679	1,252,679	1,252,679	1,252,679	1,252,679	1,252,679	1,252,679	1,252,679	1,252,679	1,252,679	
2.1	初期投資	14,259,478	14,259,478	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2.2	システム運営コスト	7,526,790	-	752,679	752,679	752,679	752,679	752,679	752,679	752,679	752,679	752,679	752,679	
2.3	維持管理、モニタリング費	5,000,000	-	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	
3	純キャッシュ・フロー	23,572,933	-14,259,478	3,783,241	3,783,241	3,783,241	3,783,241	3,783,241	3,783,241	3,783,241	3,783,241	3,783,241	3,783,241	
	内部収益率(IRR)	23%												
	投資回収期間(年)	3.8												
	純利益(万円)	2,357												

表 4-1-9 Hams におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (10 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Cash inflow	70,702,750	-	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275
1.1	燃料代節約	70,702,750	-	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275	7,070,275
2	Cash outflow	24,812,978	14,884,608	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837
2.1	初期投資	14,884,608	14,884,608	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	システム運営コスト	4,728,370	-	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837
2.3	維持管理、モニタリング費	5,000,000	-	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
3	純キャッシュ・フロー	46,089,773	-14,884,608	6,097,438	6,097,438	6,097,438	6,097,438	6,097,438	6,097,438	6,097,438	6,097,438	6,097,438	6,097,438
	内部収益率(IRR)	39%											
	投資回収期間(年)	2.4											
	純利益(万円)	4,609											

表 4-1-10 Hams におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (8 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow	51,848,890	-	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869
1.1	燃料代節約	51,848,890	-	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869
2	Cash outflow	24,612,978	14,884,608	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837
2.1	初期投資	14,884,608	14,884,608	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	システム運営コスト	4,728,370	-	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837
2.3	維持管理、モニタリング費	5,000,000	-	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
3	純キャッシュ・フロー	27,235,713	-14,884,608	4,212,032	4,212,032	4,212,032	4,212,032	4,212,032	4,212,032	4,212,032	4,212,032	4,212,032	4,212,032	4,212,032
内部収益率 (IRR)		25%												
投資回収期間 (年)		3.5												
純利益 (万円)		2,724												

表 4-1-11 Hams におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (5 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow	37,708,140	-	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814
1.1	燃料代節約	37,708,140	-	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814
2	Cash outflow	24,612,978	14,884,608	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837	972,837
2.1	初期投資	14,884,608	14,884,608	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	システム運営コスト	4,728,370	-	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837
2.3	維持管理、モニタリング費	5,000,000	-	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
3	純キャッシュ・フロー	13,095,163	-14,884,608	2,797,977	2,797,977	2,797,977	2,797,977	2,797,977	2,797,977	2,797,977	2,797,977	2,797,977	2,797,977	2,797,977
内部収益率 (IRR)		13%												
投資回収期間 (年)		5.3												
純利益 (万円)		1,310												

表 4-1-12 Delta におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (10 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow	117,484,580	-	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456
1.1	燃料代節約	117,484,580	-	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456	11,748,456
2	Cash outflow	38,544,528	23,965,168	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936
2.1	初期投資	23,965,168	23,965,168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	システム運営コスト	6,579,360	-	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936
2.3	維持管理、モニタリング費	8,000,000	-	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000
3	純キャッシュ・フロー	78,920,032	-23,965,168	10,288,520	10,288,520	10,288,520	10,288,520	10,288,520	10,288,520	10,288,520	10,288,520	10,288,520	10,288,520	10,288,520
内部収益率 (IRR)		42%												
投資回収期間 (年)		2.3												
純利益 (万円)		7,892												

表 4-1-13 Delta におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (8 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow	86,140,870	-	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067
1.1	燃料代節約	86,140,870	-	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067
2	Cash outflow	38,544,528	23,965,168	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936
2.1	初期投資	23,965,168	23,965,168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	システム運営コスト	6,579,360	-	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936
2.3	維持管理、モニタリング費	8,000,000	-	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000
3	純キャッシュ・フロー	47,596,142	-23,965,168	7,156,131	7,156,131	7,156,131	7,156,131	7,156,131	7,156,131	7,156,131	7,156,131	7,156,131	7,156,131	7,156,131
内部収益率 (IRR)		27%												
投資回収期間 (年)		3.3												
純利益 (万円)		4,760												

表 4-1-14 Delta におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (5 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow	62,647,780	-	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776
1.1	燃料代節約	62,647,780	-	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776
2	Cash outflow	38,544,528	23,965,168	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936	1,457,936
2.1	初期投資	23,965,168	23,965,168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	システム運営コスト	6,579,360	-	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936
2.3	維持管理、モニタリング費	8,000,000	-	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000
3	純キャッシュ・フロー	24,103,232	-23,965,168	4,806,840	4,806,840	4,806,840	4,806,840	4,806,840	4,806,840	4,806,840	4,806,840	4,806,840	4,806,840	4,806,840
	内部収益率 (IRR)	15%												
	投資回収期間 (年)	5.0												
	純利益 (万円)	2,410												

上記のようにプロジェクト実施による工場側のイクイティ IRR は、ガス価格が、10Tk/m³の場合、それぞれ 23% (投資回収期間 3.8 年)、39% (投資回収期間 2.4 年)、42% (投資回収期間 2.3 年)となる。日本側の収益を加算しない状況では、事業による各対象工場への経済便益はかなりのもので、プロジェクトを実施するメリットは十分あると思われる。しかしながら、投資判断は最終的には各工場の所有企業が判断することである。

また、工場側が自己資金のみで資金調達が困難な場合、現地政府金融機関である IDCOL (Infrastructure Development Company Limited)の再生可能エネルギー・省エネプロジェクト支援ローンから融資を受ける可能性も考えられる。この場合、融資の限度は60%が上限となっており、金利は少なくとも9%である。融資を受けるケースでは、プロジェクトの経済性がその影響を受ける。

また、IDCOL の融資条件についても十分把握し、関連対策などについて検討する必要性がある。IDCOL の省エネプロジェクトに対する条件は、以下のようである。

適格分野:

以下のようなプロジェクトを含むがこれに限定されるものではない。

- 1) 省エネカマド
- 2) 煉瓦工場省エネ
- 3) 省エネボイラーまた産業用機械の導入
- 4) 省エネ部品・製品の製造

貸出条件:

- 1) 融資額:プロジェクト投資額の 60%。
- 2) 期間と猶予期間:10 年まで(2年の猶予期間)。
- 3) 金利: 6~10%

手数料及びその他の費用:

- 1) 申請費:25,000 Taka
- 2) 精査費:融資額の 0.1%

- 3) 前払い金:融資額の 50%まで
- 4) 前払い費用:前払い額の 1.0%まで
- 5) モニタリング費:100,000 Taka まで

ここで、工場が IDCOL から融資を受ける場合の異なるガス価格に対するプロジェクトの経済性分析結果を表 4-1-15～表 4-1-21 に示す。これらのケースでは、上限の投資額(工場の負担額)の 60%の融資を受け、年 10%の金利で、返済期間を 10 年として計算している。

表 4-1-15 GTL におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (10 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow		8,744,159	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084
1.1	燃料代節約		-	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084	4,986,084
2	Cash outflow		14,573,598	1,374,416	2,248,832	2,248,832	2,248,832	2,248,832	2,248,832	2,248,832	2,248,832	2,248,832	2,248,832	2,248,832
2.1	前払い金		14,573,598	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	融資返済額		-	874415.9	1748831.8	1748831.8	1748831.8	1748831.8	1748831.8	1748831.8	1748831.8	1748831.8	1748831.8	1748831.8
2.3	維持管理、モニタリング費		-	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
3	純キャッシュ・フロー		-5,829,439	3,611,668	2,737,252	2,737,252	2,737,252	2,737,252	2,737,252	2,737,252	2,737,252	2,737,252	2,737,252	2,737,252
内部収益率														
IRR			51%											
投資回収期間(年)			4.0											
純利益(万円)			2,242											

表 4-1-16 Hams におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (10 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow		9,113,915	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130
1.1	燃料代節約		-	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130	5,994,130
2	Cash outflow		15,189,858	1,411,391	2,322,783	2,322,783	2,322,783	2,322,783	2,322,783	2,322,783	2,322,783	2,322,783	2,322,783	2,322,783
2.1	初期投資		15,189,858	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	融資返済額		-	911391.5	1822782.9	1822782.9	1822782.9	1822782.9	1822782.9	1822782.9	1822782.9	1822782.9	1822782.9	1822782.9
2.3	維持管理、モニタリング費		-	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
3	純キャッシュ・フロー		-6,075,943	4,582,739	3,671,347	3,671,347	3,671,347	3,671,347	3,671,347	3,671,347	3,671,347	3,671,347	3,671,347	3,671,347
内部収益率														
IRR			66%											
投資回収期間(年)			3.3											
純利益(万円)			3,155											

表 4-1-17 Hams におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (8 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow		60,779,455	8,930,765	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869
1.1	燃料代節約		51,848,690	-	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869	5,184,869
2	Cash outflow		41,581,431	14,884,608	1,865,913	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990
2.1	初期投資		14,884,608	14,884,608	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	融資返済金		16,968,453	-	893,076	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153
2.3	システム運営コスト		4,728,370	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837
2.4	維持管理、モニタリング費		5,000,000	-	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
3	純キャッシュ・フロー		18,198,024	-5,953,843	3,318,956	2,425,879	2,425,879	2,425,879	2,425,879	2,425,879	2,425,879	2,425,879	2,425,879	2,425,879
内部収益率 (IRR)			893076.48											
投資回収期間(年)			4.5											
純利益(万円)			1,920											

表 4-1-18 Hams におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (5 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow	46,838,905	8,930,785	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814
1.1	燃料代節約	37,708,140	-	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814	3,770,814
2	Cash outflow	41,581,431	14,884,608	1,865,913	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990	2,758,990
2.1	初期投資	14,884,608	14,884,608	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	融資返済金	16,968,453	-	893,076	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153	1,786,153
2.3	システム運営コスト	4,728,370	-	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837	472,837
2.4	維持管理、モニタリング費	5,000,000	-	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
3	純キャッシュ・フロー	5,057,474	-5,953,843	1,904,901	1,011,824	1,011,824	1,011,824	1,011,824	1,011,824	1,011,824	1,011,824	1,011,824	1,011,824	1,011,824
	内部収益率 (IRR)	15%	893076.48											
	投資回収期間 (年)	7.8												
	純利益 (万円)	506												

表 4-1-19 Delta におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (10 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow	15,102,632	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159
1.1	燃料代節約	-	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159	11,609,159
2	Cash outflow	25,171,054	2,310,263	3,820,526	3,820,526	3,820,526	3,820,526	3,820,526	3,820,526	3,820,526	3,820,526	3,820,526	3,820,526	3,820,526
2.1	初期投資	25,171,054	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	融資返済額	-	1510263.2	3020526.4	3020526.4	3020526.4	3020526.4	3020526.4	3020526.4	3020526.4	3020526.4	3020526.4	3020526.4	3020526.4
2.3	維持管理、モニタリング費	-	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000
3	純キャッシュ・フロー	-10,068,421	9,298,896	7,788,633	7,788,633	7,788,633	7,788,633	7,788,633	7,788,633	7,788,633	7,788,633	7,788,633	7,788,633	7,788,633
	内部収益率 (IRR)	84%												
	投資回収期間 (年)	2.7												
	純利益 (万円)	6,933												

表 4-1-20 Delta におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (8 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow	100,519,771	14,379,101	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067
1.1	燃料代節約	86,140,670	-	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067	8,614,067
2	Cash outflow	65,964,820	23,965,168	2,895,846	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756
2.1	初期投資	23,965,168	23,965,168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	融資返済金	27,320,292	-	1,437,910	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820
2.3	システム運営コスト	6,579,360	-	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936
2.4	維持管理、モニタリング費	8,000,000	-	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000
3	純キャッシュ・フロー	34,654,951	-9,586,067	5,718,221	4,280,311	4,280,311	4,280,311	4,280,311	4,280,311	4,280,311	4,280,311	4,280,311	4,280,311	4,280,311
	内部収益率 (IRR)	49%	1437910.08											
	投資回収期間 (年)	4.2												
	純利益 (万円)	3,465												

表 4-1-21 Delta におけるプロジェクトキャッシュ・フロー (5 Tk/m³)

単位: 日本円

No.	項目	合計	建設期間											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Cash inflow	77,026,861	14,379,101	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776
1.1	燃料代節約	62,647,760	-	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776	6,264,776
2	Cash outflow	65,964,820	23,965,168	2,895,846	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756	4,333,756
2.1	初期投資	23,965,168	23,965,168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.2	融資返済金	27,320,292	-	1,437,910	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820	2,875,820
2.3	システム運営コスト	6,579,360	-	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936	657,936
2.4	維持管理、モニタリング費	8,000,000	-	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000
3	純キャッシュ・フロー	11,162,041	-9,586,067	3,368,930	1,931,020	1,931,020	1,931,020	1,931,020	1,931,020	1,931,020	1,931,020	1,931,020	1,931,020	1,931,020
	内部収益率 (IRR)	19%												
	投資回収期間 (年)	7.1												
	純利益 (万円)	1,116												

融資を受ける場合、自己資金投資の場合と比べると、IRRは良くなる一方で、投資回収期間が長くなる結果となった。

(2) プロジェクト許認可取得

1997年のThe Environmental Conservation Rules, 1977によれば、プロジェクトはその内容によって以下の4つのカテゴリーに分けられる:

- a) Green: 全ての既存工業施設やプロジェクト、新規のグリーンカテゴリに属するプロジェクトに対して、Environmental Clearance Certificateが発給される。
- b) Orange-A: 該当する工業施設やプロジェクトは、まずLocation Clearance Certificateを取得し、その後Environmental Clearance Certificateが発給される。
- c) Orange-B: Initial Environmental Examination (IEE)が必要。
- d) Red: Environmental Impact Assessment (EIA)が必要。

The Environmental Conservation Rules, 1977のSchedule-1によれば、繊維染色及び化学処理工業はレッドカテゴリに分類されており、新規に工場を建設する場合にはEIAが必要となる。しかしながら当該プロジェクトは、既に環境基準を満たしている、Environmental Clearance Certificateを取得済みの既存の繊維加工工場において実施するものであり、プロジェクトの実施により新たな環境汚染を生み出す事はないため、新たに環境影響評価を実施する必要性はない。

また、廃熱回収・利用システム及び関連機器は全てクローズ系で行われるため、廃棄物等が系外に流出あるいは溶出する危惧は無い。また使用するスパイラル式熱交換器も0.05MPa以下の低いポンプ圧で稼働させるため、万一断管等の事故が発生した場合においても作業者等に危害を及ぼす恐れはない。現地工場のエンジニアリングマネージャーからの聞き取り調査によれば、バングラデシュでは通常の低圧ボイラー(1.0MPa)の場合でも、国の安全基準や、労働安全上の規定は無いとのことである。

しかしながら、関連工事の開始にあたっては事前に環境庁に報告を行い、プロジェクトの順調な実施を図ることとする。

(3) 日本技術の優位性

当該プロジェクトによって導入される技術の中心は、共同提案者の株式会社クロセが開発したスパイラル式熱交換器である。以下には当該プロジェクトで導入するスパイラル式熱交換器(ディスタンスピースなし)の優位性について述べる。

熱交換器には多管式熱交換器、プレート式熱交換器、スパイラル式熱交換器(ディスタンスピースあり)、及びスパイラル式熱交換器(ディスタンスピースなし)等、様々な種類が存在する。図4-3-1～図4-3-4にそれぞれの熱交換器の構造例を示す。また、表4-3-1に粒状固形物あるいは繊維状固形物を含む流体を取り扱う各種熱交換器の比較表を示す。

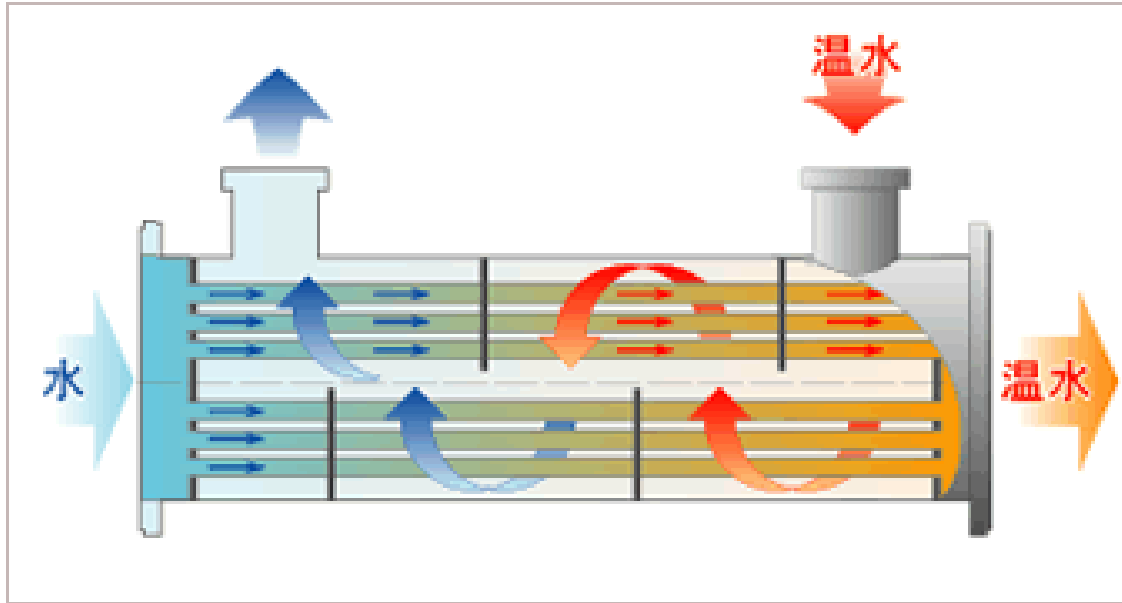


図 4-3-1 多管式熱交換器の構造例⁹

プレート式熱交換器 (BHE) 構造図

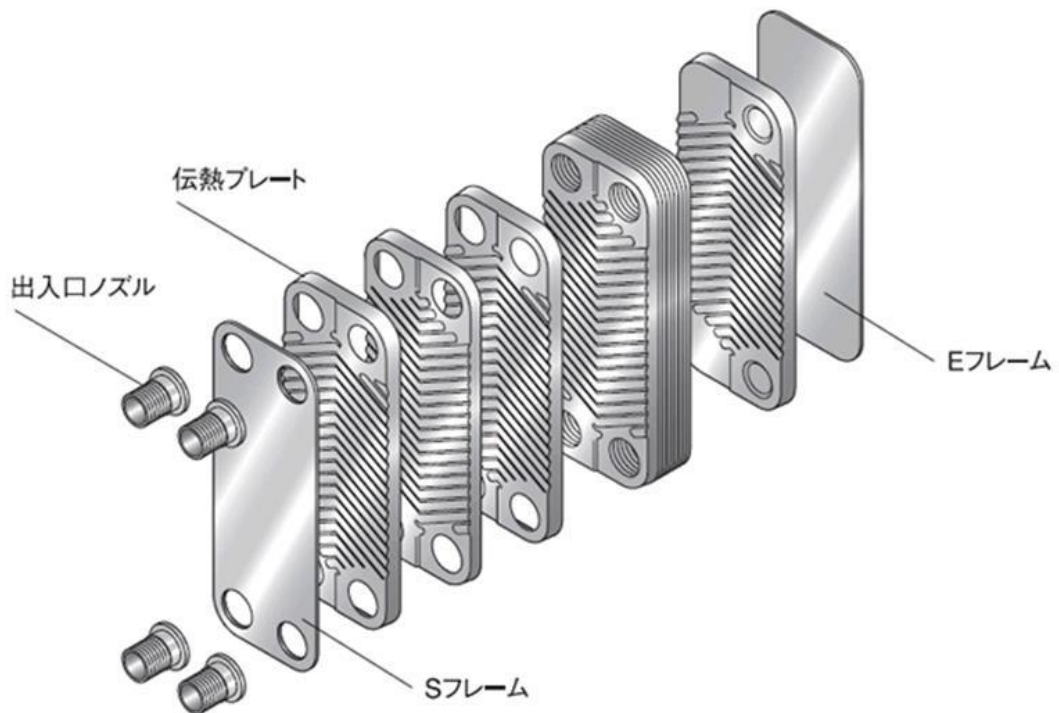


図 4-3-2 プレート式熱交換器の構造例¹⁰

⁹ 東洋システム株式会社 http://www.toyo-sys.jp/whats_heat_exchanger/

¹⁰ HISAKA 熱交換器事業本部 http://www.hisaka.co.jp/phe/product/bhe_structure.html

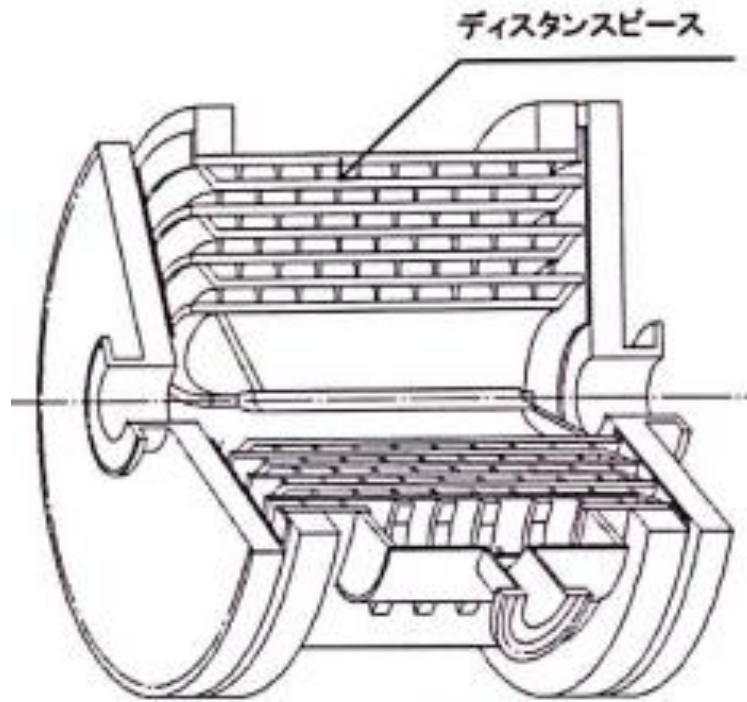


図 4-3-3 スパイラル式熱交換器(ディスタンスピースあり)の構造例¹¹

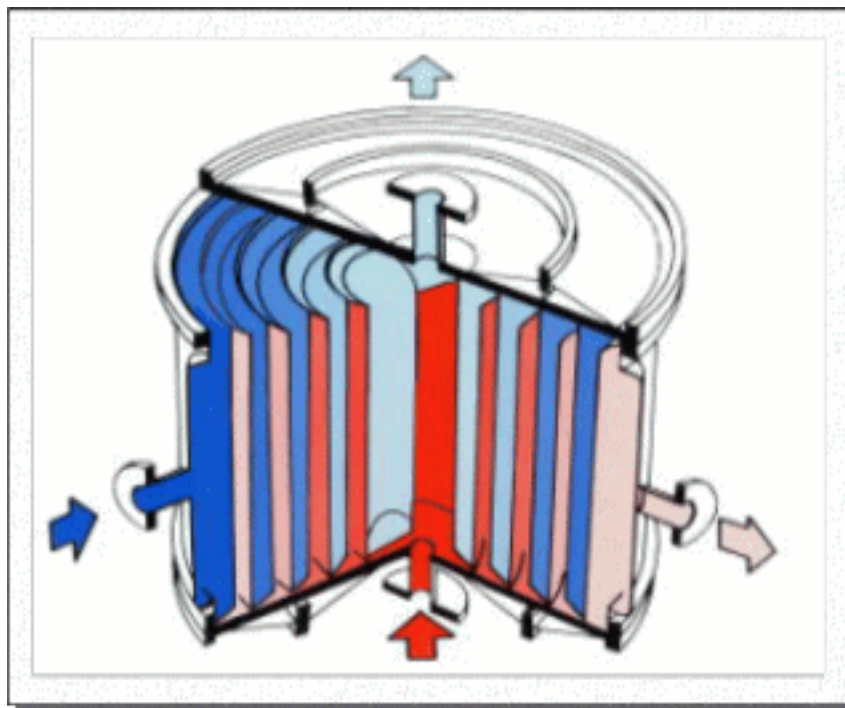


図 4-3-4 スパイラル式熱交換器(ディスタンスピースなし)の構造例¹²

¹¹ 株式会社クロセ 技術資料 No T00005

¹² 株式会社クロセ http://www.kurose.co.jp/sh_merit.htm

表 4-3-1 粒状固形物あるいは繊維状固形物を含む流体を取り扱う各種熱交換器の比較表

熱交換器の種類	長所	短所	概略価格比	粒状固形物を含む流体への適応性	繊維状固形物を含む流体への適応性
多管式	<ul style="list-style-type: none"> ・歴史が古い ・製作に特別な措置・技術を要しない ・高温・高圧に強い 	<ul style="list-style-type: none"> ・伝熱性能が悪い ・設置スペースが大きい ・詰まりやすい(複数流路であるため部分閉塞が起きやすい) ・結果として、固形物・繊維質を含む流体には採用できない 	0.8～1.2	△	×
プレート式	<ul style="list-style-type: none"> ・伝熱性能が高い ・初期コストが低い ・設置スペースが小さい ・時間、労力、コストを要するが、完全な分解洗浄が可能 ・伝熱板(伝熱面積)の増減が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・固形物や繊維質を含む流体では著しい性能低下や閉塞が起こる ・分解清掃ができるが、パッキングが高価でメンテナンスに手間と費用が嵩む ・結果として、固形物・繊維質を含む流体には採用できない 	0.3～0.5	×	×
スパイラル式 ディスタンス ピースあり	<ul style="list-style-type: none"> ・詰まりにくく、汚れにくい ・伝熱性能が高い ・設置スペースが小さい ・メンテナンスが容易 ・消耗品が少ない ・結果として粒状固形物を含む流体に採用 	<ul style="list-style-type: none"> ・繊維質を含む流体の場合、繊維がディスタンスピースに絡み閉塞する可能性がある ・内部で腐食や割れなどが生じた場合、補修できない場合がある ・設計・製造に特別な設備と高度な技術を必要とする 	0.8	○	×
スパイラル式 ディスタンス ピースなし	<ul style="list-style-type: none"> ・詰まりにくく、汚れにくい ・繊維質を含む流体の場合でも閉塞しにくい ・伝熱性能が高い ・設置スペースが小さい ・メンテナンスが容易 ・消耗品が少ない ・結果として粒状・繊維状固形物を含む流体に採用 	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスタンスピースがないため、耐圧は 0.3MPa 程度で、高圧には適さない ・内部で腐食や割れなどが生じた場合、補修できない場合がある ・設計・製造に特別な設備と高度な技術を必要とする 	1.0	○	×

固形又はゲル状不純物を含む温廃水からエネルギーを回収できる方式は、スパイラル式とパイプ式である。パイプ式は染色業界でもそれなりの歴史はあるが、効率の悪さと(スパイラルの半分)、据付面積が大きいことなどで現在は殆ど採用されていない。プレート式は過去に中国などでかなり設置されたが繊維屑や糊剤等がプレート間につまり(図 4-3-5 参照)、清浄のために分解・組み立ての繰り返しになり、熱交換率は高くても、稼働効率が極めて悪く、保守経費である人件費、部品

代(主にパッキング)がかさむことになり、今では多くの企業において休眠状態で、人件費の安い中国の工場でも放置されている状況である。

スパイラル式熱交換器は、2枚の金属板をスパイラル状に巻き付け、2つの流路を形成する。基本構造は、図 4-3-3 に示すように流路にディスタンスピース(流間保持材)を設けている。各々の流路は、単一流路で、閉塞しにくい構造だが、長い繊維を含む流体の場合、ディスタンスピースに繊維が絡みつき閉塞する。スパイラル式は製造技術が難しく、高度な溶接技術と板金加工の集合体で、簡単に真似が出来ないものである。

一方、クロセが開発したスパイラル式熱交換器は、図 4-3-4 に示すように流路にディスタンスピースがないもので、繊維屑や糊剤等を含む染色廃水に対しても閉塞しにくく、洗浄しやすいという特徴を備えている(図 4-3-6 参照)。多管式(パイプ式)に比べると次のような特徴を持つ。

- 熱の有効利用(放熱がすくなく熱の有効利用が可能)
- 優れた熱伝達特性
- 容易な保守・点検
- 少ない設置面積

一方で、プレスでステンレス板を打ち抜くプレート式に比較してコストが数倍高いという欠点はあるが、固体・粉体・ゲルの混ざり合った液体への適応性が高く、現時点では日本各地の下水処理場では多数採用されている。最近のエネルギー源の高騰から、化学工場・製紙工場等での廃熱回収用としての採用も増加している。また、国内の繊維染色企業数社にも導入され、その効果は高く評価されている。特にスパイラル式熱交換器では、クロセは日本国内の市場占有率がほぼ100%であり、海外でも高く評価されている。例えばアメリカでは、ASME(アメリカ機械学会)U-スタンプを取得している。また中国では、中華人民共和国特殊設備製造許可工場、韓国でも韓国高圧ガス特定設備製造許可工場として認定されている。



図 4-3-5 閉塞し分解したプレート式熱交換器の状況¹³

¹³ 株式会社クロセ提供



図 4-3-6 5 年間使用後のカバーを開放したスパイラル式熱交換器(ディスタンススペースなし)の内部の状況(汚れ・つまりがほとんどない)¹⁴

今回の調査では、バングラデシュの繊維加工工場においては、パイプ式(円筒形型)やプレート式熱交換器が工程中(染色用水の蒸気加熱など)に使用されている事例は認められたが、これまで染色機の温廃水からの廃熱回収は行われた例はないことが示された。

今回のプロジェクトにおいては、上記の様々な特徴、特殊性を判断してクロセのディスタンススペースがないスパイラル式熱交換器を導入するが、温廃水からの熱回収を始めとしてバングラデシュにおける繊維加工工場へのこの種の熱交換器の導入は当該プロジェクトが最初の事例となる。

尚、熱交換器本体、モニタリング機器(温度や流量の計測機器)、ポンプ類、制御装置などは道さの信頼性や耐用年数を考慮して日本製を国内から輸出するが、廃熱回収・利用システムの初期導入コストを抑えるために、配管・バルブ類、配管・配線工事などは極力地元の業者への発注を予定している。

このプロジェクトの実施によって、当該技術の省エネ効果が明らかになり、多くの繊維工場での普及へと繋がることで、バングラデシュの繊維加工分野の持続可能な発展への貢献が期待される。

(4)MRV 体制

CDM 方法論等の厳格な方法論に比べて簡素化を図ることで、工場側の負担(多くのセンサ取付等による経済的負担を含む)を極力低減することを考慮し、一方では、保守性の確保、国際社会における明確な説明が可能な透明性の確保にも留意しつつ、モニタリングパラメータを検討した。その結果、事業外死後にモニタリングが必要なパラメータは、以下の 4 項目である:

¹⁴ 株式会社クロセ提供

- No.1: 熱回収後の給水温度(°C)
 No.2: 熱回収を行わない場合の給水温度(°C)
 No.3: 熱回収後の温水供給量(t/y)
 No.4: 廃熱回収・利用システムの電力消費量(MWh/y)

表 4-4-1 にこれらのモニタリングパラメータに関するモニタリング方法と手順、頻度を示す。また、図 4-4-1 にこれらのモニタリング項目のモニタリング箇所を示す。

No.1 と No.2 の温度計測には、周波数変換によるデータ伝送装置を備えた温度計測装置を用い、計測したデータは連続的に監視・制御盤に送られ、表示・記録される。No.3 の流量計測は同じく周波数変換によるデータ伝送装置を備えた流量計測装置を用い、連続的に計測されたデータは監視・制御盤にて表示・記録される。自動的に記録されたデータは、各工場の担当者が週一回記録データを回収し、事前に用意したシートに記録する。

No.4 の電力消費量計測は、廃熱回収・利用システム専用の配電盤に取り付ける積算電力計を用いる。電力系の表示値を作業シフト毎に担当者が読み取ることでデータを記録する。これらのデータは各工場の担当者が週一回回収し、事前に用意したシートに記録する。

全てのセンサ類等のモニタリング機器は、メーカー仕様に基づいて定期的に点検・保守・校正を実施することで、モニタリングの精度を確保する。

温度計、流量計、積算電力計などは、現地調査を実施した繊維加工工場では一般的に作業工程の管理のために取り付けられているものであり、工場側に追加的な負担を求めるとは考えられない。

表 4-4-1 モニタリングパラメータとモニタリング方法など

No.	パラメータ	モニタリング方法と手順	モニタリング頻度
1	$T_{af,ta}$ 熱回収後の給水温度(°C)	配管内に設置する温度計のデータは、連続的にデータ伝送装置により監視・制御盤に送り、表示・記録する。担当者が週一回記録データを回収、事前に用意したシートに記録する。	連続記録/ 週 1 回データ整理
2	$T_{be,ta}$ 熱回収を行わない場合の給水温度(°C)	配管内に設置する温度計のデータは、連続的にデータ伝送装置により監視・制御盤に送り、表示・記録する。担当者が週一回記録データを回収、事前に用意したシートに記録する。	連続記録/ 週 1 回データ整理

3	$F_{w,ta}$	熱回収後の温水供給量(t/y)	配管内に設置する流量計のデータは、連続的にデータ伝送装置により監視・制御盤に送り、表示・記録する。担当者が週一回記録データを回収、事前に用意したシートに記録する。	連続記録/ 週 1 回データ整理
4	$EC_{PJ,y}$	廃熱回収・利用システムの電力消費量(MWh/y)	廃熱回収・利用システム専用の配電盤に取り付ける積算電力計により連続的に計測し表示する。積算電力量のデータは担当者が表示値を作業シフト毎に読み取り記録する。記録データは担当者が週一回回収し、事前に用意したシートに記録する。	作業シフト毎記録/週 1 回データ整理

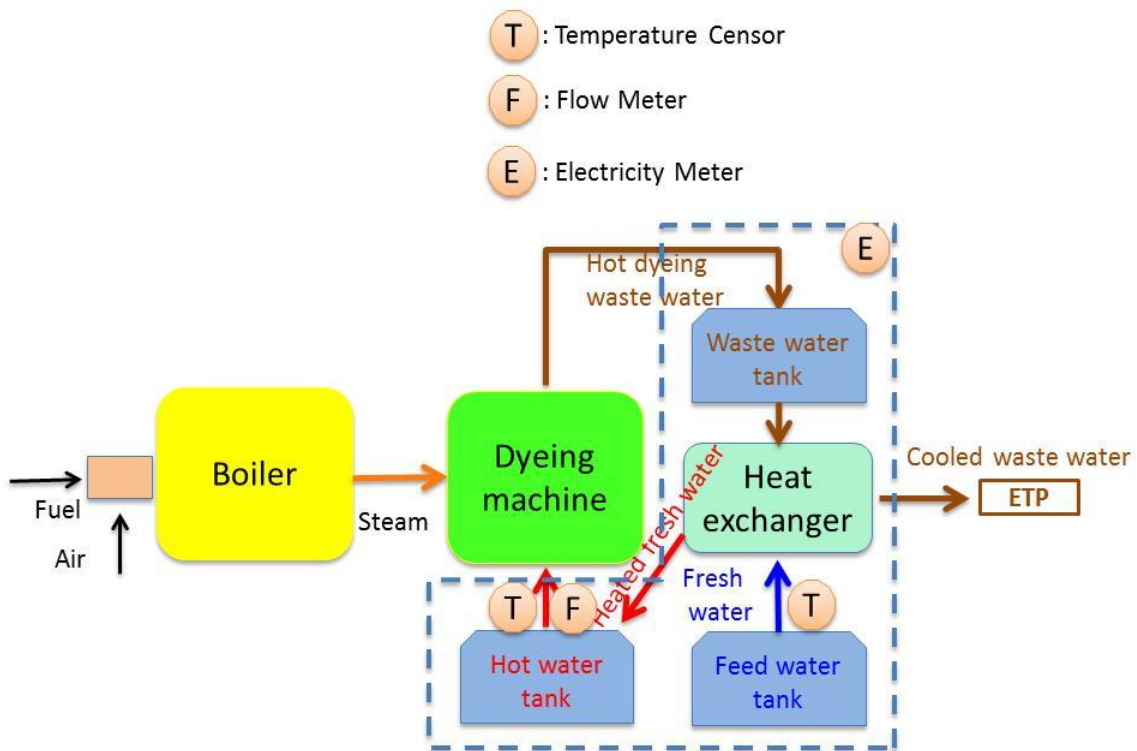


図 4-4-1 プロジェクトのモニタリング項目とモニタリング箇所概念図

モニタリングの信頼性を確保するためのモニタリング体制あるいは QA/QC 手法の構築は、JCM の MRV においても不可欠な要素である。しかしながら、システムを導入する工場によって操業形態や操業管理形態が異なるために、一義的に詳細なモニタリング体制や QA/QC 手法をモニタリング計画として定義することは難しい。具体的な工場毎の詳細なモニタリング計画は、PEAR が今後実態を踏まえた形で作成することになるが、本調査では一般的なモニタリング体制・MRV 体制の例を

図 4-4-2 に示し、それぞれの役割を明確にする。

モニタリングの実施は、指名された工場の担当作業員が各作業方に 1 回行う。温度と流量は自動的に制御・監視盤にて連続記録されるが、バックアップデータとして担当作業員が作業方毎に 1 回表示値を記録する。日常的に集められたモニタリングデータは、担当責任者が週 1 回収集・整理し、事前に用意したシートに記録して工場管理部署に提出する。管理部署ではデータチェックを行うとともに月毎、年毎の集計データとして整理する。これらの集計データは管理部門の責任者がチェックした後、最終モニタリング結果として事業者の JCM 担当者に提出する。

PEAR は、計測方法及びモニタリング記録の保存方法を反映したモニタリング計画を作成するとともに、信頼性のあるモニタリングが実施されるようプロジェクトが実施される以前に各工場の関係者に対して計測方法、計測機器の保守・管理、データの記録・整理・管理等に関するキャパシティ・ビルディングを実施する。また、プロジェクト開始後も定期的にモニタリングデータの提供を受け、モニタリングに関する適切な助言を行い、MRV の実施を支援する。

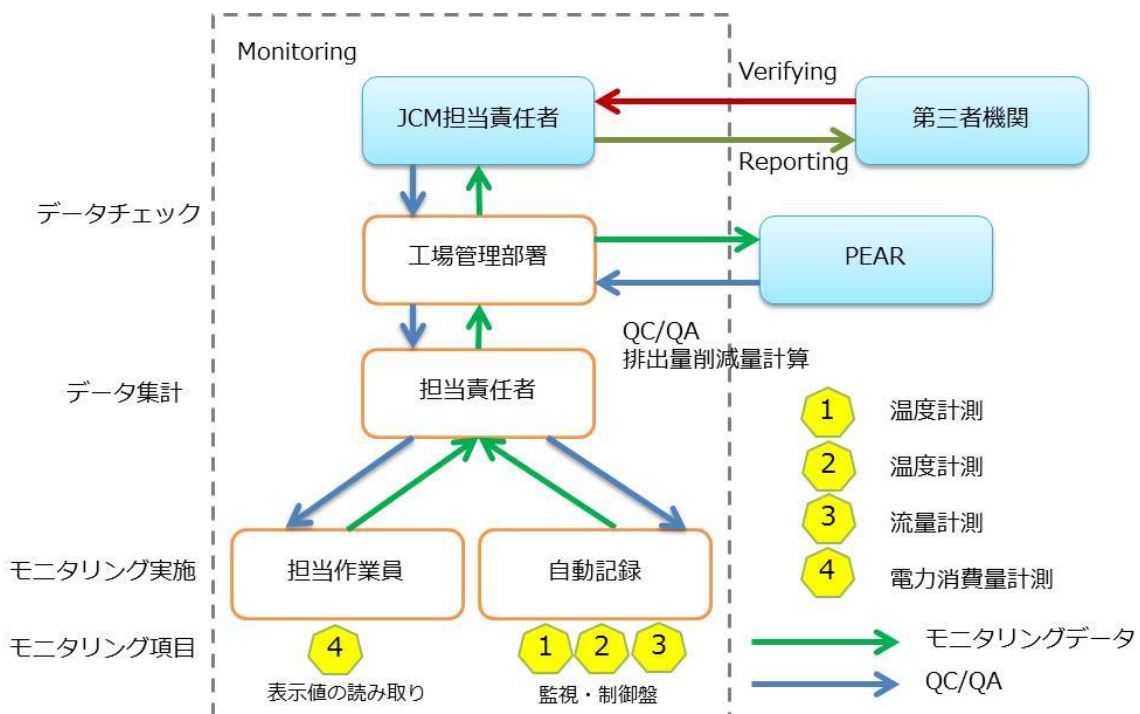


図 4-4-2 モニタリング体制・MRV 体制とモニタリングデータの流れ

(5) ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与

先述のように、繊維染色及び化学処理工業はレッドカテゴリーに分類されており、新規に工場を建設する場合には EIA が必要となる。しかしながら当該プロジェクトは、既に環境基準を満たしている、Environmental Clearance Certificate を取得済みの既存の繊維加工工場において実施するものであり、プロジェクトの実施により新たな環境汚染を生み出す懸念はないと考えられる。

また、廃熱回収・利用システム及び関連機器は全てクローズ系で行われるため、廃棄物等が系外に流出あるいは溶出する危惧は無い。また使用するスパイラル式熱交換器も 0.05MPa 以下の低

いポンプ圧で稼働させるため、万一断管等の事故が発生した場合においても作業員等に危害を及ぼす恐れはない。しかしながら、関連工事の開始にあたっては事前に環境庁に報告を行い、環境十全性に十分配慮しながらプロジェクトの順調な実施を図ることとする。

また、当該プロジェクトは、バングラデシュのもっとも重要な産業の一つである繊維加工工場における廃熱回収・再利用を行うことで、ボイラー燃料として利用されている天然ガスの使用量を減らすことができ、エネルギー資源に乏しいバングラデシュのエネルギー需給の改善に寄与すると考えられる。このことにより、同国の持続可能な開発に貢献することが可能であり、ひいてはエネルギー安全保障に寄与できる可能性がある。

現在バングラデシュでは、天然ガスの供給が不足しており、新規に建設される繊維加工工場へのガス供給や既存の工場の拡張に対応する追加供給が極めて困難な状況である。今回のプロジェクトの対象となっている3つの工場を通して、合計年間約120万 m³の天然ガスが節約できる。将来的に更に多くの繊維加工工場での普及が実現すれば、さらなるエネルギー節約効果が期待できる。

(6) 今後の予定及び課題

今後の本事業の実現化に向けて想定されるスケジュールは以下のとおりである：

2015年2月	JCM 実現可能性調査終了
2015年3月	現地訪問
2015年4月	バングラデシュ工場サイドの投資最終判断
2015年5月	JCM 補助事業実施体制の確定 コンソーシアム設立 プロジェクト設計書、MRV 方法論、モニタリング計画最終版作成
2015年6月	JCM 補助事業申請
2015年9月	JCM 補助事業開始 廃熱回収・利用システム建設開始
2015年10月	MRV 方法論適用可能性等の審査
2015年12月	Joint Committee への JCM プロジェクト申請
2015年1月	廃熱回収・利用システム試運転 システム運用(システムの日常運転、保守・管理など)に関する技術 移転の実施 MRV 実施に関するキャパシティ・ビルディング実施
2016年2月	廃熱回収・利用システム運転開始 モニタリング開始
2016年3月	JCM 補助事業報告書作成

これらの当該事業の実現化に向けた想定スケジュールの達成に対しては幾つかの課題が考えられる。第一に、資金調達の課題。現時点での計画では、当該事業が JCM 補助事業として実施されることを前提に、事業の初期投資費用の 50%を廃熱回収・利用システムを導入する各工場が負

担する計画となっており、値上がりを盛り込んだ 10Tk/m³ の天然ガス料金であれば十分工場側の投資意欲を引き出すだけの天然ガス使用量削減による収益(数年で初期投資が回収可能)が得られる計算である。しかしながら、天然ガス料金の値上げが調査情報通りに実施されない場合、あるいは天然ガス料金の値上げによる工場の通常操業そのものの日常経費負担が増えることによる投資意欲の減退など、幾つかのケースを想定して工場側と交渉する必要がある。工場側の自己資金のみで実施が困難な場合も想定し、現地政府金融機関である IDCOL (Infrastructure Development Company Limited)の再生可能エネルギー・省エネプロジェクト支援ローンからの融資の可能性等についても検討し、工場サイドの最終的な投資判断を早期に固めることが必要である。また、工場によって最終意思決定のタイミングも異なることがと予想される。従って、ひとつの JCM プロジェクトとすることを想定しているが、プロジェクト計画や実施スケジュールの決定においては、先に準備が整った工場から順番にプロジェクトを実施する手法も考えられる。また、工場によっては最終意思決定のタイミングが大幅に遅れることも予想されるので、このような場合には、段階的に準備が整った工場からシステムの導入をすすめていくプロジェクト計画や実施スケジュールを検討しておく必要もある。

第二の課題は技術的なもので、現地工事(基礎、タンク、配管、配線など)が希望する技術レベルで納期道理に完了するかという点である。調査事業終了の段階では大まかな仕様に基づく見積ベースで発注業者の選定を実施しているが、JCM 補助事業の開始前までには、詳細な工事仕様、工期、費用などを最終的に詰めておく必要がある。また、現地コンサルタントとも協力して、工事の進捗管理、品質管理体制を確立しておくことが求められる。

また、廃熱回収・利用システムの運用は原則工場サイドが行うことになるため、定期的な保守・管理の方法を含めてシステムの運用を開始する前に十分な技術移転を行っておく必要がある。併せて、MRV に関するキャパシティ・ビルディングでは、精度の良いデータを収集するためにもモニタリングに使用するセンサ類の保守・管理、校正などについても工場の担当者が理解することが重要である。

当該事業の実施に向けては、上記の課題以外には特に大きな障害となるようなリスクは存在しないと考えられる。今後、より詳細で具体的な案に基づき、関係者間で十分な意思統一を図っていくことで、JCM 補助事業の実現を目指す。

5. JCM 方法論作成に関する調査

(1) 方法論の概要

この方法論は、特定の染色加工工場に廃水タンク、温水タンク、熱交換器、各種自動制御バルブなどで構成される廃熱エネルギー回収・利用システムを新規に設置し、その染色加工工程から排出される温廃水（染料や繊維屑を含む）の熱エネルギーを回収・利用し、染色機に供給される染色用水（冷水）を事前に加温することにより、染色工程の給水を加温する蒸気の使用量を減らすことで、一般的な蒸気ボイラーの燃料である天然ガス使用量を削減する事業に適用する。プロジェクト実施前の CO₂ 排出状況を図 5-1-1 に、実施後の CO₂ 排出状況を図 5-1-2 に示す。また、表 5-1-1 に用語の定義を、表 5-1-2 に方法論の概要を示す。

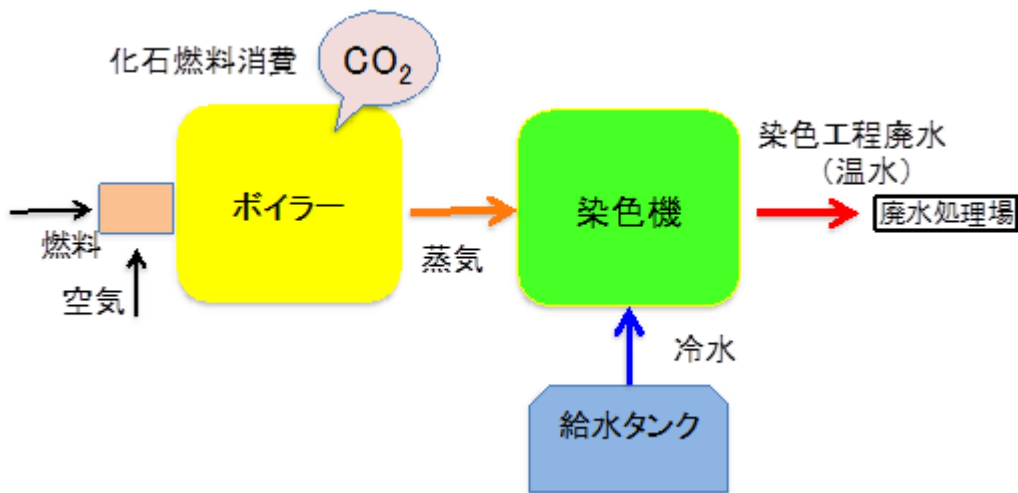


図 5-1-1 プロジェクト実施前の GHG 排出状況

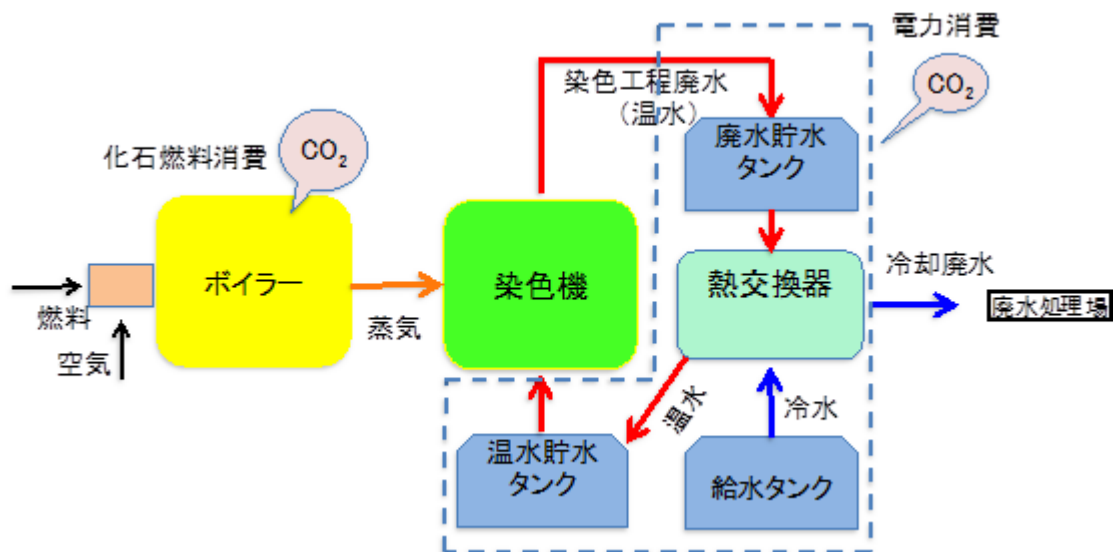


図 5-1-2 プロジェクト実施後の GHG 排出状況

表 5-1-1 用語の定義

用語	定義
染色加工工程	織物の準備工程から仕上げ工程までの一般的なプロセスのこと。主な処理として、準備、染色、仕上げ(洗浄、乾燥など)を含む熱やスチームを用いる化学的あるいは物理的な処理工程を含む。
廃熱	染色加工工程におけるボイラーの燃焼排気ガスや染色廃水を通じて廃棄される未回収熱エネルギーのこと。

表 5-1-2 方法論の概要

項目	概要
GHG 排出量削減の手法	温廃水の熱エネルギーを熱交換器により回収し、染色用水を事前に加温することにより、通常加温用に用いる蒸気の使用量を削減する。その結果として、蒸気供給用のボイラーの化石燃料消費量が減ること、GHG の排出量が削減できる。
リファレンス排出量の算定	リファレンス排出量は、熱交換器により回収・利用する熱量を既存の方法で得るために使用する化石燃料による GHG 排出量として算定する。 $[(\text{熱回収後の給水温度}) - (\text{熱回収を行わない場合の給水温度})] \times (\text{熱回収後染色機やボイラーへの給水量}) \times (\text{水の比熱}) / (\text{ボイラーの熱効率}) \times (\text{熱供給のためのボイラー燃料の CO}_2 \text{ 排出係数})$ ボイラー効率や燃料の CO ₂ 排出係数については、より保守的な値を採用することで、リファレンス排出量が BaU を下回るよう配慮する。
プロジェクト排出量の算定	プロジェクト排出量は、導入する廃熱回収・利用システムを稼働させるために必要な電力消費量に電力の排出係数を掛けて算定する。
モニタリングパラメータ	熱交換器に入る前の染色用水(冷水)の温度(°C)と、熱交換器を通過した後の染色機に供給される染色用水(温水)の温度(°C)と供給量(t)、及び廃熱回収・利用システムの消費量をモニタする。

(2) 適格性要件

現地調査ならびに国内での文献調査に基づき、方法論が適用可能となる適格性要件を表 5-2-1 に示す二つの要件とした。要件1はプロジェクトの定義に関する要件であり、要件2はプロジェクトに導入する技術に、要件3は工場の規模に関する要件である。本方法論は、以下のこれらの要件を全て満たすプロジェクトに適用することができる。

表 5-2-1 方法論の適格性要件

要件1	繊維加工工場において、新たに染色加工工程における廃水からの廃熱を回収・利用すること[プロジェクトの定義]。既存および新設のラインの双方を対象とする。
要件2	ディスタンスピースのないスパイラル式の熱交換器及び関連設備を導入すること[技術の定義]。
要件3	繊維加工工場の染色容量は1日10トン以上である[対象工場規模の定義]

要件1を満たすことで、プロジェクトが実施されない場合には廃水処理施設にて処理後に河川に放流されている染色加工工程の温廃水の廃熱を回収・利用して染色用水を事前に加温することで、染色用水の加温に使用する蒸気の使用量を減らすことで、蒸気発生に使用する化石燃料の燃焼量を削減する結果となり、GHG 排出量削減を保証する。またこの方法論は、既設あるいは新設のいずれのラインにも適用可能である。

要件2は、プロジェクトで導入を予定しているクロセの熱交換器を念頭に置いた要件である。クロセが開発したスパイラル式熱交換器は、4-(3)日本技術の優位性に示すように、流路にディスタンスピースがないもので、一般的なディスタンスピースがあるスパイラル式熱交換器や、パイプ式あるいはパネル式の熱交換器に比べて閉塞しにくく、洗浄しやすいという特徴を有しているため、日常の保守管理の面で工場の負担を軽減することができる。また熱伝導率の面でも優れた特性を有している。

要件3は、廃熱回収・利用システムを導入する工場の規模に関する要件である。今回導入対象としている3工場のうち、最も規模が小さい(14トン/日)GTLの場合、天然ガス料金を10TK/m³として試算した場合のIRRは22%となり、他の規模の大きな工場に比べて経済性が劣る。さらに小規模な工場のケースでは、回収できる熱量が少なくなる一方で、廃熱回収・利用システムの導入に要する費用は回収熱量の減少割合に応じては安くはならない。従って、更に導入に対する経済メリットが減少することが考えられる。また、より小規模な工場では、追加投資の資金確保にも課題があると考えられる。

(3)リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定

リファレンス排出量は、プロジェクトにより代替される蒸気の使用に基づいて計算される。すなわち、リファレンス排出量は、プロジェクトで廃熱から回収され、染色用水の加温に利用される熱量を既存の手法(蒸気ボイラ)で得るために発生するGHG排出量として、以下のように算定する。

$$\text{リファレンス排出量} = [(\text{熱回収後の給水温度}) - (\text{熱回収を行わない場合の給水温度})] \times (\text{熱回収後染色機やボイラーへの給水量}) \times (\text{水の比熱}) / (\text{ボイラーの熱効率}) \times (\text{熱供給のためのボイラー燃料のCO}_2\text{排出係数})$$

保守性の対応に関しては、それぞれのパラメータにおけるデフォルト幅の幅を想定し、より保守的な排出量となる数字を用いるものとする。

ボイラー効率に関しては、保守性に配慮してボイラー効率の最大値である1.0を採用する。ボイラー燃料のCO₂排出係数に関してはIPCCのデフォルト値を採用するが、先に述べたようにデフォルト値の下限の値を用いる。熱回収前後の給水温度及び熱回収後の給水量は、モニタリングにより確定する。

リファレンス排出量の算定式は、以下のようである：

$$RE_y = (T_P - T_{Re}) \times W_{th} \times F_w \times \frac{1}{E_f} \times EF_{CO_2, fuel} \times 10^{-6} \quad (1)$$

RE_y :	リファレンス排出量 [tCO ₂ /y]
T_P :	熱回収後の給水温度 [°C]
T_{Re} :	熱回収を行わない場合の給水温度 [°C]
W_{th} :	水の比熱 [kJ/kg・°C]
F_w :	温水供給量[t/y]
E_f :	ボイラーの熱効率[比率]
$EF_{CO_2, fuel}$:	熱供給のためのボイラー燃料の CO ₂ 排出係数[tCO ₂ /TJ]

一方、プロジェクト排出量は、新たに設置する廃熱回収・利用システムにおける電力消費に伴う排出量の合計となる。主な電気設備は、温廃水ポンプ、温水送水ポンプ、染色用水給水ポンプ、及び計装設備等である。

バングラデシュの繊維加工工場の場合、自家発電としてディーゼルやガス発電機を稼働することが多い。排出量の計算にあたっては、グリッド電力と自家発電機から電力の割合が確実に把握できる場合には、それぞれの排出係数を使って排出量を計算することができる。しかしながら一般的にはその割合を把握することは難しいので、本方法論では、保守性に配慮して電力の CO₂ 排出係数として、GHG 排出量がより多くなるディーゼル発電機の排出係数を用いることとする。今回調査対象とした 3 工場では、2 工場が常時天然ガスとディーゼル発電を実施しているが、1 工場は停電時にディーゼル発電によるバックアップを行っている。

具体的には、プロジェクト排出量は以下の式により算定する：

$$PE_y = EC_{PJ, y} \times EF_{elec} \quad (2)$$

PE_y :	プロジェクト排出量[tCO ₂ /y]
$EC_{PJ, y}$:	廃熱回収・利用システムの電力消費量 [MWh/y]
EF_{elec} :	電力の CO ₂ 排出係数 [tCO ₂ /MWh]

また、排出削減量は、以下の式で算定する：

$$ER_y = RE_y - PE_y \quad (3)$$

ER_y :	排出削減量[tCO ₂ /y]
RE_y :	リファレンス排出量[tCO ₂ /y]
PE_y :	プロジェクト排出量[tCO ₂ /y]

(4) プロジェクト実施前の設定値

事前に確定した各パラメータの説明及び出典を表 5-4-1 に示す。

表 5-4-1 事前に確定したパラメータと説明

パラメータ	データの説明	出典 他
Ef	ボイラーの熱効率: 1.0	各繊維加工工場では、ボイラー効率を計算するために必要な燃料使用量、蒸気発生量などのモニタリングが行われていない。従って、保守性に配慮してボイラー効率の最大値 1.0 を採用する。
EF _{CO₂,fuel}	使用燃料の CO ₂ 排出係数 天然ガス: 54.3 tCO ₂ /TJ	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Table 1.4, Chapter 1, Volume 2. (Table 1.4) 天然ガスの場合、排出係数は 54.3~58.3 tCO ₂ /TJ であるが、排出量が最も少なくなる下限値を採用する。
EF _{elec}	電力の CO ₂ 排出係数: 0.8 t CO ₂ /MWh (ディーゼル自家発電の排出係数)	保守性に配慮して、自家発電(ディーゼル、天然ガス)及びグリッドの中で最も排出係数の高いディーゼル自家発電の排出係数を採用する。(Table I.F.1, Small Scale CDM Methodology: AMS I.F. ver.2) (グリッド排出係数: 0.67 tCO ₂ /MWh, バングラデシュ政府公表値)

(5) 排出削減見込量の計算

現地での聞き取り調査に基づき、JCM プロジェクトとしてクロセのスパイラル式熱交換器をベースとする染色機温廃水の廃熱回収・利用システムを導入する可能性のある三つの工場(Hams、Delta 及び GTL)について、方法論に合わせて作成したスプレッドシートを用いて排出削減見込量を試算した。表 5-5-1 にそれぞれの工場についての算定条件を示す。

また、これらの計算の結果得られたそれぞれの工場に関するリファレンス排出量、プロジェクト排出量、及び排出削減見込量の一覧を表 5-5-2 に示す。

表 5-5-1 排出削減見込量の計算に用いた算定条件

項目	Hams	Delta	Giant
年間稼働時間 d/y	350	300	300
熱回収前の給水温度 °C	26		
熱回収後の給水温度 °C	50		
水の比熱 kJ/kg.°C	4.21		
温水供給量 t/y	131,700	240,900	105,900
ボイラーの熱効率	1.0		
ボイラー燃料の排出係数 tCO ₂ /TJ	54.3		
廃熱回収・利用システムのポンプ等設備容量 kW	18.5	30.0	17.2
ポンプの稼働率	0.5(給水は 0.7)		
ポンプの負荷率	0.7		

表 5-5-2 提案プロジェクトによる工場別排出削減見込量

排出量	Hams	Delta	GTL	合計
リファレンス排出量 tCO ₂ /y	843	1,323	581	2,626
プロジェクト排出量 tCO ₂ /y	106	145	99	293
排出削減見込量 tCO ₂ /y	737	1,179	481	2,397