

## ゴラサール肥料工場改修事業（２）

現地調査：2003 年 7 月

### 1．事業の概要と円借款による協力



ゴラサール肥料工場所在地



ゴラサール肥料工場

#### 1.1. 背景

バングラデシュにおける農業は、就業人口の約 60%（1996 年）、GDP の約 30%（96 年）を占める同国最大の産業であったものの、同国は人口密度が高く雨期には毎年国土の約 3 分の 1 が 1 メートル以上の冠水に見舞われていたため、耕作地拡大の余地がほとんどなく、灌漑、肥料、高収量種、を用いた高い農業生産性の確保による食糧増産を行うことがきわめて重要とされていた。そのため、化学肥料を用いた農業生産性の向上は、バングラデシュにおいては必要不可欠とされ、なかでも窒素化合物である尿素肥料は、同国で比較的豊富に採取される天然ガス資源を肥料生産における燃料源および原材料として有効に活用できることから、重要な役割を負っていた。

ゴラサール肥料工場は 72 年の操業開始以来、世界銀行（IDA）および当行の支援により幾度かの改修事業を行っていたものの、すでに操業開始から 25 年以上が経過し未改修設備が老朽化していたため、生産面はもとより環境面にまで影響を及ぼしていた。99 年の審査当時、同工場の生産量はエネルギー効率の低下や不安定な電力供給を要因として設備容量（47 万トン/年）の約 75%（35 万トン/年）にまで落ち込んでおり、設備の老朽化から尿素製造の中間財となるアンモニアが漏洩（漏洩濃度 35～165ppm、漏洩量約 19 トン/日<sup>\*1</sup>）している状況であった。この漏洩濃度は規制基準値<sup>\*2</sup>の 7 倍～33 倍の水準にあたり、工場労働者および付近住民の健康への悪影響が懸念されていた。さらに、既存自家発電機 3 基のうち 2 基が使用不可能となっており、電力事情の悪いバングラデシュにおいて同工場は安定した電力供給が得られず、たびたび操業停止の事

<sup>1</sup> 1998 年度、工場プラント全体

<sup>2</sup> 日本の悪臭防止法に基づく規制基準値(5ppm 以下)

態を招いていた。

## 1.2. 目的

首都ダッカ近郊にあるゴラサール肥料工場の老朽化した設備を改修等することにより、エネルギー効率の改善、およびアンモニアの漏洩防止を図り、もって肥料の安定供給および環境改善に寄与する。

## 1.3. アウトプット

本事業のアウトプットは、工場プラント内のエネルギー効率を改善し、アンモニア漏洩濃度を日本の悪臭防止法に基づく規制基準値の 5ppm 以下に抑えるため、過去未改修であった工場設備の改修およびアンモニア漏洩防止施設を設置し、操業の安定化および天然ガスのエネルギー効率改善のための最新の発電設備を導入することである。

- (1) アンモニアプラントの改修
- (2) 尿素プラントの改修
- (3) 16MW ガスタービン発電機の設置
- (4) 関連付帯設備の改修（冷却水系の配管の改修、冷却塔の新設等）
- (5) 上記事業実施に関するエンジニアリング・サービス

円借款は総事業費(64 億 6,100 万円)のうち、外貨所要額の全額(54 億 4,300 万円)が対象であった。

## 1.4. 借入人 / 実施機関

バングラデシュ人民共和国大統領 / バングラデシュ化学工業公社 ( Bangladesh Chemical Industries Corporation: BCIC )

## 1.5. 借款契約概要

円借款承諾額 / 実行額	54 億 4,300 万円 / 54 億 4,300 万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1999 年 6 月 / 1999 年 7 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年） 一般アンタイド
貸付完了	2001 年 11 月

## 2. 評価結果

### 2.1. 妥当性

審査当時、バングラデシュではバングラデシュ国家開発 5 カ年計画 (1997-2002) において国内尿素肥料の需要の伸びが予測されており、それに対応するため国内肥料生産能力の増強が目標の一つとして掲げられていた (表 1 参照)。本事業における老朽化設備の改修によるエネルギー効率の改善と、それによる操業の安定および生産能力の改善は当時の開発政策にそったものであり、審査当時の計画の妥当性は認められる。

次に、現在における計画の妥当性について検討する。

まず、尿素肥料の実需 (表 2 販売量) は 5 カ年計画予測 (表 1 国内需要) を大きく下回る結果となっている。実施機関によれば、5 カ年計画では過去数年の尿素肥料の消費実績に基づいて年 9.0% 前後の安定的な需要拡大を見込んでいたものの、リン酸肥料の普及や、都市化、河川侵食等による耕作面積の減少等により、尿素肥料の消費が伸びなかったためとのことである。

他方、国内生産量 (表 2) が 5 カ年計画予測を下回り、かつ、年度ごとに増減はあるものの減少傾向にあるのは、不安定な国内電力供給、原料となる天然ガスの供給不足や設備の老朽化等で、国内生産を十分に行うことができないためである。

5 カ年計画においても国内需要と国内生産量の差額 (生産量不足) を輸入する計画であったが、実績でも生産量不足を主に KAFCO<sup>\*3</sup> からの輸出価格 (表 3 参照) での購入により補完している<sup>\*4</sup>。

なお、BCIC の尿素肥料 1 トンあたり生産コストは 02/03 年で 5,487 タカ/トンであり、国内販売価格である 4,800 タカ/トンを 687 タカ上回っているものの、国際価格は 8,567 タカ/トンであり、現状では国内で生産する方が輸入 (含む KAFCO からの購入) よりも経済性があるといえる (国内生産した場合のコスト 5,487 タカ/トン < 輸入によるコスト 8,567 タカ/トン)。

以上より、審査当時における「増加する尿素肥料需要に対応する」という観点からすれば、需要が計画通りに伸びていない現状では、本事業の必要性は審査時と比較して低下しているといわざるを得ないものの、いまだに肥料を輸入 (含む KAFCO からの購入) していることや、国内生産コストが国際価格より低いことからすれば、今後も安定的に国内で生産が継続されることが望ましく、現在においてもその計画の妥当性は認められる。

<sup>3</sup> KAFCO (Karnaphuli Fertilizer Company) とはチッタゴンにある輸出指向型外資合弁企業であり、BCIC が 43.51%、JBIC・丸紅・千代田化工建設が出資して設立した KAFCO ジャパンが 31.29% の持分を有している BCIC の関連会社である。

<sup>4</sup> KAFCO は融資条件として全量輸出が義務付けられているため、バングラデシュ国内で肥料販売を行う場合にも輸出価格にて販売しなければならない。

表 1：5 カ年計画における尿素肥料の需給予測

(単位: 1,000 トン)

項目	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02
国内需要	2,450	2,670	2,920	3,190	3,490
国内生産量	2,100	2,100	2,100	2,490	2,550
輸出	0	0	0	0	0
輸入	350	570	820	700	940

(出所) バングラデシュ国家開発 5 カ年計画 (1997-2002)

(注) KAFCO からの製品の出荷は輸出には含まれていない。

表 2：尿素肥料の国内供給実績

(単位: 1,000 トン)

項目	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02
設備容量	2,321	2,321	2,321	2,321	2,321
国内生産量	1,872	1,610	1,704	1,827	1,546
輸出	0	0	0	0	0
輸入(KAFCO 含む)	338	226	513	302	520
国内供給量	2,210	1,836	2,217	2,129	2,066
販売量	1,872	1,900	2,142	2,111	2,252

(出所) BCIC

(注) KAFCO からの製品の出荷は輸出には含まれていない。

表 3：尿素肥料の国内・国際価格の比較

項目	単位	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03
国内販売価格 <sup>(注1)</sup>	タ/トン	4,800	4,800	4,800	4,800
KAFCO 輸出価格 <sup>(注2)</sup>	ドル/トン	96.00	143.00	155.00	125.00
	タ/トン	4,712	7,456	8,650	7,236
国際価格 <sup>(注3)</sup>	ドル/トン	118.00	152.00	155.00	148.00
	タ/トン	5,792	7,926	8,650	8,567
ドル/タカ交換レート <sup>(注4)</sup>	タ	49.085	52.142	55.807	57.888

(出所) BCIC

(注1) ゴラサール肥料工場の卸売り価格。

(注2) KAFCO からの工場引渡価格。

(注3) インドネシア、中国、サウジアラビアからの輸入価格。

(注4) IMF: International Finance Statistics のデータを使用。

## 2.2. 効率性

### 2.2.1. アウトプット

アウトプットについては、一部変更箇所を除けばおおむね計画通りであった。変更箇所は、以下のとおりである。

表 4：アウトプットの変更部分

項目	変更部分
アンモニアプラント改修	<ul style="list-style-type: none"><li>・ リフォーミングセクションにおける予備ボイラーの修理およびクリーニングの中止</li><li>・ 空気圧縮セクションにおける空気取入塔の置換えの中止</li><li>・ 合成セクションにおけるプロセス圧縮装置の設置の中止</li></ul>
尿素プラント改修	尿素造粒セクションにおける Wooden Chamber の置換えの中止
ガスタービン発電機の設置	発電能力を 16MW から 18MW へ拡張
関連付帯施設の改修	肥料貯蔵倉庫内のベルトコンベヤー設置の中止

上記の変更は詳細設計の段階で、実施機関とコントラクターとの合意の下に、既存施設の状態を見ながら設計計画の調整が行われたものであり、本事業の成果に大きな影響を与えるものではなかった。

### 2.2.2. 期間

期間は当初計画では 1999 年 7 月より 2001 年 5 月（借款契約調印より試運転終了まで）の 23 カ月に対して、実績は 99 年 7 月より 01 年 9 月（同上）の 27 カ月であった。完成時期は 4 カ月遅れたものの、ほぼ計画通りであった。

### 2.2.3. 事業費

事業費は当初計画 64 億 6,100 万円（うち円借款分 54 億 4,300 万円）に対して、実績は 64 億 4,300 万円（円借款分 54 億 4,300 万円）である。

## 2.3. 有効性

### 2.3.1. エネルギー効率の改善

天然ガス  $1\text{Nm}^3$  あたりの発電量については事業実施前の 2000/01 年には  $1.73\text{kWh/天然ガス } 1\text{Nm}^3$  であったものが、完成 2 年目の 02/03 年には  $2.62\text{kWh/天然ガス } 1\text{Nm}^3$  と約 51%改善し、当初計画値（ $2.39\text{kWh/天然ガス } 1\text{Nm}^3$ ）を達成している。また、発電端熱効率も 00/01 年の 17.0%から 02/03 年には 25.7%と改善している（表 5 参照）。これは本事業により導入された 18MW ガスタービン発電機により、安定した電力供給源が得られたことによる効果大きい。加えて、ゴラサール肥料工場では故障のため長期間停止していたガスタービン発電機 2 号機（1968 年製）の修理を行い、03 年 4 月より稼働を開始している。これまで不安定な電力供給に悩まされていたゴラサール肥料

工場の電力供給体制は、完成前と比較すると格段に向上している。

一方、製造過程におけるエネルギー効率についてであるが、尿素生産 1 トンあたりの天然ガス消費量 (N m<sup>3</sup>) および冷却水消費量(トン)は完成前後で若干の改善がみられるものの大きな変化はなく、計画値に対する達成度は 02/03 年でそれぞれ 83.4%および 74.6%にとどまっている(表 5 参照)。実施機関 (BCIC) によれば、この理由としては、完成後本事業対象以外の施設部分に不具合が生じたことなどが挙げられるとのことであった。

表 5：エネルギー効率

項目		(1999/00)	(2000/01)	完成年 (2001/02)	2 年目 (2002/03)
1. 発電量 (kWh/天然ガス 1 Nm <sup>3</sup> )	計画値	-	-	2.39	2.39
	実績値	1.73	1.73	2.67 (111.7%)	2.62 (109.6%)
2. 発電端熱効率 (%)	計画値	-	-	(設定なし)	(設定なし)
	実績値	17.0	17.0	26.1	25.7
3. 尿素生産 1 トンあたりの天然ガス消費量 (Nm <sup>3</sup> )	計画値	-	-	868	868
	実績値	1,083	1,108	1,116 (77.8%)	1,041 (83.4%)
4. 尿素生産 1 トンあたりの冷却水消費量 (トン)	計画値	-	-	9.70	9.70
	実績値	13.40	13.94	14.40 (67.4%)	13.01 (74.6%)

(出所) BCIC

(注1) 実績値の下にあるカッコ内の数字は、計画値に対する実績値の達成度。

(注2) 発電端熱効率=(年間発電端発電量×860)/(年間燃料消費量×燃料発熱量)×100

(注3) 尿素生産 1 トンあたりの冷却水消費量の計画値については、BCIC の設定した計画値による。

### 2.3.2. 尿素肥料生産力の改善

グラサール肥料工場の生産設備容量は、1,422 トン/日、尿素生産量は 2002/03 年の実績値は 1,168 トン/日であり、計画生産量を設備容量と同じとしたため、稼働率および計画達成率はともに 82.1%となっている(表 6 参照)。稼働率が 100%に達していないのは、すでに述べたように過去に未改修であったアンモニアプラントおよび尿素プラントにおける施設の一部の改修を本事業にて行ったものの、本事業対象以外の生産過程において不具合が生じたため、全体として稼働率が期待されたほど伸びなかったためであると考えられる。この不具合の原因として、02～03 年に当行が実施した調査では、「不十分な保全のため期待通りの性能を発揮できていない機器が存在する」ことを挙げている。

ただ、年間稼働日数については、本事業のガスタービン発電機 (18MW) の導入により安定的な電力供給が得られたことにより、02/03 年には計画値 330 日に対して実績値 322.82 日と計画をほぼ達成している。そのため、年間生産量については 99/00 年の 321,888 トンから 02/03 年には 377,053 トンへと約 17%増加している。

グラサール肥料工場は 72 年の操業開始以来、本事業を含めこれまで 3 回の改修事業を行い、古くなった施設の改修を続けてきたが、すでに操業を始めてから 30 年以上

の歳月が経過している。不十分な保全が原因と考えられる一部機器の不具合に加えて、すでに通常のライフサイクルを過ぎたプラントを延命させながら生産を続けている現状を考えると、いくつかの指標における不十分な計画達成については、これらの状況にある程度斟酌する必要がある。なお、実施機関では現在確認されている不具合について 2003 年 10 月に修理を予定しており、修理後は稼働率を 90% まで改善させたいとの意向である。

表 6：生産量および販売量

項目		(1999/00)	(2000/01)	完成年 (2001/02)	2 年目 (2002/03)
1. 尿素生産量 (トン/日)	計画値	-	-	1,422	1,422
	実績値	1,146	1,107	1,132 (79.6%)	1,168 (82.1%)
2. 稼働率 (%)	計画値	-	-	100	100
	実績値	80.59	77.85	79.61 (79.6%)	82.14 (82.1%)
3. 年間稼働日数 (稼働日/年)	計画値	-	-	330	330
	実績値	280.88	276.70	286.91 (86.9%)	322.82 (97.8%)
4. 年間生産量 (千トン)	計画値	-	-	470	470
	実績値	321	306	324 (68.9%)	377 (80.2%)

(出所) BCIC

(注) 実績値の下にあるカッコ内の数字は、計画値に対する実績値の達成度。

生産量/設備容量 × 100

### 2.3.3. 営業収入および営業コスト

尿素肥料販売量は国内需要に近年大きな変化がなく、ゴラサール肥料工場における尿素生産量もほぼ一定となっていることから、事業実施前後で大きな変化はなく、2002/03 年では 350,809 トンと計画値の 78.7%にとどまっている(表 7 参照)。また、販売収入についても国内農業・農民保護のため、政策的に販売価格が 4,800 タカ/トンに統制されていることに加え、既述のように販売量がそれほど伸びておらず、事業実施前後で大きな変化はなく、02/03 年実績は 1,683,885 タカと計画値の 78.7%にとどまっている。

一方、生産コストについては原料である天然ガス、梱包材、人件費、スペアパーツなどの価格上昇の影響を受け増加しており、これに伴って営業費用(運営費)も 99/00 年以降 01/02 年までは、販売収入が減少傾向にもかかわらず増加し、利益率が悪化している。02/03 年には利益率の改善はみられるものの、単位あたり生産コスト(5,487 タカ/トン)および営業費用(5,897 タカ/トン)は依然として統制価格 4,800 タカ/トンを上回っており、構造的に赤字が計上される状況となっている。

表 7：営業収入および営業コスト

項目		(1999/00)	(2000/01)	完成年 (2001/02)	2 年目 (2002/03)
1. 尿素肥料販売量 (トン/年)	計画値	-	-	445,500	445,500
	実績値	324,634	328,678	303,334 (68.1%)	350,809 (78.7%)
2. 尿素価格 (卸価格) (タカ/トン)	計画値	-	-	4,800	4,800
	実績値	4,815.96	4,803.54	4,800.84	4,800.00
3. 販売収入 (1,000 タカ/年)	計画値	-	-	2,138,400	2,138,400
	実績値	1,562,941	1,578,819	1,456,256 (68.1%)	1,683,885 (78.7%)
4. 営業費用 (1,000 タカ/年)	計画値	-	-	1,905,559	1,913,979
	実績値	1,943,940	2,023,062	2,087,363 (91.3%)	2,068,773 (92.5%)
5. 営業利益 (1,000 タカ/年)	計画値	-	-	232,841	224,421
	実績値	380,999	444,243	631,107	384,888

(出所) BCIC

(注) 実績値の下にあるカッコ内の数字は、計画値に対する実績値の達成度。

#### 2.3.4. 環境の改善 (アンモニア漏洩のコントロール)

環境改善にかかわる審査時の計画値は、日本の規制基準<sup>\*5</sup>を参照し、水中アンモニア濃度は 5ppm 以下、大気中アンモニア濃度は 45ppm 以下と設定されていた。完成後の環境モニタリングデータをみると、ゴラサール肥料工場からの工場排水が最終的に排出される Sitalakhya 川での水中アンモニア濃度の観測値は、2002/03 年で 0.15 ~ 5.0ppm と計画値内に収まっていた。他方、大気中アンモニア濃度については 02/03 年では 5.0 ~ 60.0ppm であったものの、この観測値は年間の最低および最高値の幅を示したものであり、実施機関によればほとんどの場合は計画値の 45ppm 以下に収まっているとのことであった<sup>\*6</sup>。したがって、環境改善にかかわる計画はほぼ達せられているといえる。また、バングラデシュ環境局 (DOE) の基準では、水中アンモニア濃度は 5ppm 以下、大気中アンモニア濃度は 50ppm 以下と定められおり、完成後のモニタリング結果は DOE 環境基準もほぼ満たしていると認められる。

<sup>5</sup>日本の悪臭防止法に基づく規制基準値(5ppm 以下)

<sup>6</sup>ヒアリングに基づくもので、定量的データに基づくものではない。



表 8：環境モニタリングデータ

(単位：ppm)

項目	DOE 基準対象外	DOE 基準対象	
	水中アンモニア濃度 (観測点：工場から人工ラグーンへの排出口)	水中アンモニア濃度 (観測点：人工ラグーンから川への排出口より下流 50m)	空气中アンモニア濃度 (観測点：尿素プラント)
1999/00	100-400	n.a.	n.a.
2000/01	80-300	n.a.	n.a.
2001/02	50-275	0.25 - 5.0	10.0 - 80.0
2002/03	50-250	0.15 - 5.0	5.0 - 60.0

(注 1) ゴラサール肥料工場から排出される工場排水の経路は、工場に隣接する人工ラグーン(貯水池)へ一旦貯められ、川の水量が増す雨期に、ラグーンから Sitalakhya 川へ排水している。環境モニタリングの観測点は以下の 4 地点である。

工場からの人工ラグーン(貯水池)への排水地点(毎日 2 回)

人工ラグーンの東・北岸から 2~3 フィートの水面(毎週)

人工ラグーンから Sitalakhya 川への排水地点(雨期のみ)

Sitalakhya 川への排水地点から 50m 下流(毎日)

(注 2) 表中のモニタリングデータは、各年における測定値の最低および最高値の範囲を示している。

他方、工場排水は工場隣接の人工ラグーン(貯水池)にいったん貯められ、川の水量が増す雨期にラグーンから川へと排水されているが、人工ラグーン的环境コントロールについては DOE 環境基準対象外であり、実施機関側も処理過程の一部であると認識しているため、人工ラグーンのアンモニア濃度(表 8 参照)を 5ppm 以下に保つ措置は現在のところとられていない。工場排水の処理過程で、一定期間排水を貯水池などに貯めておく処理方法は他国でもみられるものであり、このこと自体は特段珍しいものではないが、この人工ラグーンの場合には、水量が減る乾期には水中のアンモニア濃度が高くなり、蒸発などによりアンモニア臭を放出する可能性も否定できない。また、雨期にはラグーンが増水し周辺へ流出するケースも過去に発生している。この点、他国の場合には対策として有蓋の貯水槽にしたり、また必要に応じて調整液(中和剤)や水を加えたりして、水中アンモニア濃度や pH 濃度を一定値以下に抑えるような方法を採用しており、ゴラサール肥料工場の人工ラグーンの管理については、今後改善の余地がある。なお、この問題に関しては、前述の当行調査でも、人工ラグーン周辺にグリーンベルト地帯を設け、居住地区と隔離し、周辺住民への影響を緩和するといった環境対策の実施が提言されている。これを受けて実施機関でも、提言内容にそった計画策定、予算準備を進めるなど前向きに対応している。

### 2.3.5. 財務的内部収益率(FIRR)および経済的内部収益率(EIRR)の再計算

審査時における本事業の FIRR は 16.0%、EIRR は 18.0%であったが、本調査にて IRR の再計算を行ったところ、FIRR はマイナス、EIRR が 4%となった。審査時に比べて FIRR が下がった要因としては、事業費(タカベース)が審査時から増加していること、生産コスト等の運営費が増加していること、生産量および販売量が予想通り伸びていないこと、等が挙げられる。また、EIRR が下がった要因は、上記 3 要因に加え、国際価格と統制価格との間にそれほど差がなくなっていること、などが挙げ

られる。なお、審査時における FIRR 算定の前提条件は以下のとおりである。

(前提条件)

- ・ プロジェクトライフ： 17 年
- ・ 便益： 肥料販売収益
- ・ 費用： 事業費、運営費、法人税
- ・ 尿素販売価格： 4,800 タカ/トン（統制価格）

(注 1) EIRR の算定では法人税を上記より控除し、尿素販売価格を輸入代替価格に修正している。

(注 2) 上記計算では本事業が行われなかった場合(without)の生産量を毎年横ばいと想定しているが、本事業が実施されず、設備の老朽化により生産量が毎年 10% 減少するケースを without とした場合に、FIRR は 2%、EIRR は 10% となる。

## 2.4. インパクト

### 2.4.1. 尿素肥料の安定供給に対するインパクト

ゴラサール肥料工場は生産設備容量 470 千トン/年で、2001/02 年にはバングラデシュにおける尿素肥料の国内生産量 1,546 千トンの 21%、国内供給量 2,066 千トンの 16% にあたる 324.772 トンを生産しており、同国の労働力の約 62% を占める約 3,600 万人の農民に対する尿素肥料の安定供給に一定の役割を果たしている（表 9 参照）。

表 9：尿素肥料の国内供給およびゴラサール肥料工場生産実績

(単位: 千トン)

項目	(1998/99)	(1999/00)	(2000/01)	完成年 (2001/02)	2 年目 (2002/03)
国内生産量	1,610	1,704	1,827	1,546	n.a.
国内供給量	1,836	2,217	2,129	2,066	n.a.
ゴラサール肥料工場	287	321	306	324	377

(出所) BCIC

(注) 国内供給量は国内生産量に輸入分を加えたもの。

### 2.4.2. 肥料販売業者に対する受益者調査

実施機関である BCIC 傘下には 6 つの肥料工場があり、肥料工場ごとにコマンドエリア（流通販売地域）が指定され、ゴラサール肥料工場が担当するコマンドエリアは 12 の地域から構成されている。基本的にはそのうちの 7 地域で同工場製造の尿素肥料が販売され、余剰がある場合は、残りの 5 地域（この 5 地域はほかの肥料工場のコマンドエリアと重複している）でも販売されるしくみとなっている。ゴラサール肥料工場のコマンドエリアには約 400 社の流通販売業者（卸売業者）が登録されているが、本調査ではバングラデシュ肥料協会からの助言に基づいて上記約 400 社のなかから 5 社を選び、あらかじめ用意した質問票に基づいた面談形式による聞き取り調査を行った（表 10 参照）。対象 5 社にインタビューした範囲では、国内マーケットにおけるゴラサール肥料工場製の尿素肥料の需要は高く、その品質についても評価が高かった。

表 10：肥料販売業者 5 社に対するインタビュー結果

質問項目	回 答			
1. UFFL 尿素肥料はマーケット需要に合致しているか。	非常に合致：5	ある程度：0	合致せず：0	
2. 事業完成後、UFFL 尿素肥料販売は増えたか。	非常に増加：0	ある程度：5	増加せず：0	
3. 事業完成後、雇用者数は増えたか。	非常に増加：0	ある程度：0	増加せず：5	
4. バングラデシュにおける肥料の将来的動向をどう思うか。	有望：5	懐疑的：0	悲観的：0	
5. 海外における肥料の将来的動向をどう思うか。	有望：1	懐疑的：0	悲観的：0	不明：4
6. 事業完成後、UFFL 尿素肥料の品質に変化があるか。	改善：0	変化なし：5	-	
7. UFFL 尿素肥料の品質をどう思うか。	良好：5	普通：0	悪い：0	
8. 事業完成後、UFFL 尿素肥料価格に変化があるか。	増加：0	変化なし：5	下落：0	
9. UFFL 尿素肥料価格水準についてどう思うか。	高い：0	妥当：5	安い：0	
10. 肥料の投入は農業生産の増加に効果があると思うか。	高い効果：3	多少：2	効果なし：0	

(注) UFFL：ゴラサール肥料工場

#### 2.4.3. 社会・生活環境に関する受益者調査

本調査では本事業がもたらした周辺住民の社会・生活環境へのインパクトを把握するため、受益者調査を行った。調査対象地域は工場より約 2～3km 圏内の工場周辺地域であり、調査対象者は対象地域（推定人口約 22,500 人）のなかから 100 人の住民を無作為抽出法にて選定した。調査はあらかじめ準備した質問票に基づいて対面形式での聞き取りにより行われ、調査対象者の職業は、ビジネスマン、農業、サービス業、主婦、学生等であった。調査対象地域および対象者の内訳は、以下の表 11 のとおりである。

表 11：調査対象

対象地域	特 徴	対象人数
ゴラサール肥料工場の北側	推定人口 3,000 人 一年を通じて南から北への風向きのため、工場からのアンモニア排出の直接的影響を最も受けやすいと思われる地域。人工ラグーン（貯水池）に最も近い。	35
北東側	推定人口 7,000 人	35
南側	推定人口 10,000 人 ゴラサール肥料工場、および隣接するゴラサール発電所、ポラッシュ肥料工場、ジュート工場（2カ所）の職員住宅が集中する地域。	20
西側	推定人口 2,500 人 ゴラサール肥料工場とは Skitalakhya 川を挟んだ対岸にある地域。	10
合計	推定人口 22,500 人	100

表 12：受益者調査結果

A. 環境へのインパクト				
質問項目	完成前	%	完成後	%
1. 環境汚染の程度 ・完成前の環境汚染はどの程度であったか。 ・本事業による環境への効果はどうか。	深刻/大いに	62	非常に改善	39
	多少/やや	34	多少改善	59
	なし	4	多少悪化	0
			変化なし	2
2. 家畜（動物・魚）の被害（複数回答可） ・完成前に動物への被害があったか。ある場合はどのような動物が被害を受けたか。 ・完成後も引き続き動物への被害があるか。ある場合、どのような動物が被害を受けているか。  （ 複数回答可のため回答合計は 100% ではない）	ウシ	20	ウシ	3
	イヌ	0	イヌ	0
	ウマ	0	ウマ	0
	ネコ	0	ネコ	0
	ニワトリ/カモ/アヒル	66	ニワトリ/カモ/アヒル	22
	魚（養殖魚を含む池および水路に生息する魚）	95	魚（養殖魚を含む池および水路に生息する魚）	20
3. Skitalakhya 川および付近の魚の被害 ・完成前、Skitalakhya 川および付近の魚に被害があったか。 ・完成後も引き続き魚への被害があるか。	深刻/大いに	65	深刻/大いに	9
	多少/やや	19	多少/やや	39
	なし	16	なし	52
4. Skitalakhya 川および付近の水質の汚染 ・完成前、Skitalakhya 川および付近の水質の汚染があったか。 ・完成後も引き続き水質の汚染があるか。	深刻/おおいに	69	深刻/おおいに	45
	多少/やや	11	多少/やや	47
	なし	20	なし	8
5. 植物の被害 ・完成前、植物への被害があったか。 ・完成後、植物の環境への改善があるか。	深刻/大いに	70	非常に改善	42
	多少/やや	17	多少改善	39
	なし	13	なし	19
B. 人体へのインパクト				
質問項目	完成前	%	完成後	%
1. アンモニア臭の程度 ・完成前、アンモニア臭気はどの程度だったか。 ・完成後も引き続きアンモニア臭気があるか。	深刻/おおいに	57	深刻/おおいに	3
	多少/やや	41	多少/やや	67
	なし	2	なし	30
2. アンモニア臭が健康に害を与えたか ・完成前、アンモニア臭気は健康に悪影響があったか。 ・完成後も引き続きアンモニア臭気は健康に悪影響を与えているか。	深刻/おおいに	35	深刻/おおいに	4
	多少/やや	65	多少/やや	43
	なし	0	ほとんどなし	51
			なし	2

## 受益者調査結果のまとめ

### （１）環境へのインパクト

アンモニアによる工場周辺の環境汚染の程度については、事業完成前は 62% が「深刻/おおいに」、34% が「多少/やや」と回答しているが、完成後は環境汚染の程度が改善したとの回答が 98%（うち「非常に改善」が 39%、「多少改善」が 59%）となっている。また、家畜（動物・魚）への影響についても、おおむね改善傾向にあり、Skitalakhya 川および付近に生息する魚への影響についても、完成前後で「深刻/おおいに」が 65% から 9% へと大きく減少している。さらに、植物への影響についても、完成後に 81% が改善（うち「非常に改善」が 42%、「多少改善」が 39%）と回答している。ただ、水質汚染については大きな改善があったものと認められる回答はなかった。

### （２）人体へのインパクト

アンモニア臭の程度については、事業完成前では 57% が「深刻/おおいに」、41% が「多少/やや」との回答が、完成後は 3% が「深刻/おおいに」、67% が「多少/やや」と回答しており全体的に改善している。また、アンモニアによる健康面への影響につい

ても、完成前では35%が「深刻/大いに」、65%が「多少/やや」であったが、完成後は4%が「深刻/おおいに」、43%が「多少/やや」と状況は改善している。

### (3) 受益者調査総括

受益者調査の結果、本事業の完成前後ではアンモニアによる環境および人体へのマイナスの影響はおおむね緩和されており、深刻な影響については、かなり改善されたと評価することができる。しかしながら、周辺住民が感じているマイナスの影響が完全になくなったわけではなく、依然として多くの周辺住民は完成後も多少のアンモニア臭を感じたり、健康への影響を懸念したりしており、動植物にもある程度の被害があると認識しているようである。特にこの認識は、工場および人工ラグーンに隣接する北側および北東側の住民のなかで高く示されている。

本調査では時間的および予算的制約から、より詳細な追加調査および科学的手法に基づく検証調査を実施することができなかったため、明確には言及できないものの、上記問題点の要因としては、すでに述べた人工ラグーン的环境コントロールの問題や、ゴラサール肥料工場に隣接する産業(ポラッシュ肥料工場、ゴラサール火力発電所、2カ所のジュート工場)の存在等が考えられる。

## 2.5. 持続性

### 2.5.1. 実施機関

#### (1) 技術

施設の保守については、日常メンテナンス、計画停止時のメンテナンス、18カ月ごとの定期オーバーホールがあり、ゴラサール肥料工場の職員により実施されるが、同工場の職員のみでは対応できない問題が生じた場合や、オーバーホールなどを行う場合には、必要に応じてBCIC本部の専門家の指導、メーカーからの技術者の派遣、BCIC傘下の他の肥料工場からの応援等を受けて対応する体制となっている。トレーニングについては、主としてTICI(Training Institute of Chemical Industries)で実施され、アジア生産性機構(APO)や国際協力事業団(JICA)などの海外トレーニングプログラム等も積極的に活用している。

しかしながら前述当行調査報告書では、同工場の保全状況に関して以下の問題点が指摘されている。

- ・ 保全計画： 計画生産量の達成が、設備の信頼性向上やコスト低減等より優先されているため、トラブルの際に一貫した保全作業によらない緊急措置によるトラブル解決が図られる傾向にあり、トラブルの根本的原因究明と恒久的対策がとられていない。また、検査機器の不備、十分な技術的知識の不足、メーカー専門家の緊急手配の難しさ、並びに予算不足と承認手続の煩雑さ等も上記の問題の要因となっている。さらに、長期的視点に立った保全方針と保全に関する指標もない。

- ・ 予防保全： 予防保全の必要性は認識されているものの、その遂行に必要な人材やデータ管理と分析、どの機器にどのような保全を行うかを示した標準的な手順の確立等が不十分であるため、予防保全を十分に行える体制が確立されていない。
- ・ 品質管理： 品質管理の重要性が十分認識されていない。各年度の計画生産量の達成に重点が置かれ、コスト管理に対する意識が低い。また、品質保証に関する指標もない。
- ・ スペアパーツ： スペアパーツの調達手続きに関しては、BCIC の内部手続きに時間を要し、必要な時に必要なスペアパーツが入手できない場合が多い。
- ・ 情報管理： 書類等が体系的に管理されていないため、機器や設備等の保全履歴を明確に示すしくみが整っておらず、長期的な視点に基づき保全計画が立てづらい。
- ・ トレーニング： 幹部職レベルの教育プログラムが少ない。予防保全コースは特定分野のみしか行われていない。

当行調査報告書では上記の問題認識に基づき実施機関に対して、工場運営目的の見直し、保全方針の文書化、保全業務のマニュアル化、保全記録管理の体系化、予防保全と品質管理のトレーニング、コンピューター化/ネットワーク化、国際会議への参加・国内外他工場との交流、業務の流れの簡素化・迅速化（特に予算承認プロセスの見直し）の 8 つの提言を行っている。

この当行調査提言を受けて、BCIC およびゴラサール肥料工場では提言の具体化を漸進的に進めつつある。ゴラサール肥料工場では、KAFCO へ同工場のチーフエンジニアを派遣し、KAFCO の協力を仰ぎながら上記 ～ に関して彼らの進んだやり方を手本として学び、組織に取り入れようと努めている。

現在までの成果としては、予防的メンテナンス小委員会の立ち上げを行い、故障記録管理のためのコンピューターの導入と各部門をつなぐ LAN の構築を行った。また、スペアパーツの購入については、従来は商社を通じて各メーカーから調達していたが、取引コスト削減のため商社経由の調達方法を見直し、メーカーとの直接取引を進める方向で検討を行っている。今後の取組みと進捗については、引き続きフォローする必要がある。

## (2) 体制

本事業施設の運営・管理を担当しているのは、ゴラサール肥料工場（UFFL）である。ゴラサール肥料工場では現在、職員のリストラを含む組織改正に取り組んでおり、事業完成後 2 年間で警備員やケータリング係等の人員を中心に 491 人（約 38%）の職員削減を行い、現在はこれらの業務を主に外部委託している。

また、UFFL では本事業の目的の一つであるアンモニア漏洩の防止を図るため、本事業完成後、UFFL 内の旧検査・品質管理課を品質管理・環境汚染制御課(技術部の下部組織、表 13 参照)へと組織改正し、環境モニタリングスキームの強化を図っている。品質管理・環境汚染制御課は、修士または修士同等以上の学歴で 10～30 年の実務経験を有

する職員によって構成され、責任者である Additional Chief Chemist の監督および指導の下環境モニタリング活動等を行っている。

表 13：ゴラサール肥料工場における職員数の推移

項目	職員数(人)	
	2001 年 5 月	2003 年 7 月
オペレーション部	289	232
メンテナンス部	352	222
営業部	109	37
財務・会計部	75	34
技術部	84	83
事務管理部	319	167
改修事業実施プロジェクトチーム	9	0（技術部と統合）
建設部	29	0（技術部と統合）
合計	1,266	775

（出所）BCIC

### (3) 財務

実施機関であるバングラデシュ化学工業公社（BCIC）は 1976 年に設立された公社であり、ゴラサール肥料工場を含む肥料工場 7 社、製紙工場 4 社を含め 21 の企業を傘下にもつ。BCIC 傘下企業は、肥料、紙・パルプ、バッテリー、マッチ、タイル、レーヨン、板ガラス等多様な製品を生産しているが、主力は肥料製品であり売上の 7 割近くを占めている。

実施機関である BCIC の過去 2 年間の損益計算書をみると、いずれも営業利益段階からすでに赤字を計上している（表 14 参照）。BCIC では売上の約 7 割を肥料事業に頼っているが、既述したように肥料の販売価格は統制価格で固定されている反面、営業費用は販売価格を上回る状況が継続しており、恒常的に赤字が計上される構造となっている。また、2000/01 年では、傘下企業 21 社のうち 5 社が合計 503 百万タカの利益を計上しているものの、残り 16 社の合計損失は 2,192 百万タカとなっており、グループ全体での収益力も非常に弱い。

BCIC と同様にゴラサール肥料工場も、肥料価格が政府統制価格により生産コストを反映しない低い価格に抑えられているため、構造的に赤字が計上されるしくみになっていることに加え、不安定な天然ガスや電力の供給、製造プロセスにおける機械の不具合等により、生産能力が十分に発揮できないため、期待された生産量が達成できていないことや、燃料価格の上昇等により生産コストが上昇したこと等を要因として、売上総利益の段階から継続的に赤字を計上している。

次に、貸借対照表についてであるが、継続的に赤字を計上していることから BCIC およびゴラサール肥料工場ともに欠損金が発生しており、自己資本が脆弱となっている。特にゴラサール肥料工場は 01/02 年度より債務超過となっている（表 15 参照）。

BCIC およびゴラサール肥料工場は、いずれもいっそうの組織の効率化と生産パフォーマンスの向上を進めることが求められるが、一方で、経済性を反映した尿素肥料

価格体系の見直しを行わない限り、赤字構造からの脱却は非常に難しいのが現実である。公社という性質上、政府の今後の農業政策や支援方針が非常に重要な意味をもつが、財務諸表をみる限りでは、BCIC およびゴラサル肥料工場の財務的持続性は低いといわざるをえない。

表 14： 損益計算書

(単位：百万タカ)

項目	バングラデシュ化学工業公社 (BCIC)			ゴラサル肥料工場 (UFFL)		
	1999/00	2000/01	2001/02	1999/00	2000/01	2001/02
1. 売上高	13,799	13,898	-	1,590	1,647	1,529
2. 売上原価	13,420	13,731	-	1,692	1,874	1,731
3. 売上総利益	379	167	-	102	227	202
4. 販売費及び一般管理費	1,453	1,462	-	116	113	119
5. 営業利益	1,074	1,295	-	218	340	321
6. 営業外収入 (雑収入等)	999	1,007	-	109	99	127
7. 営業外費用 (支払利息等)	1,461	1,401	-	149	132	146
8. 経常・税引前利益	1,536	1,689	-	258	373	340
9. 法人税等	103	30	-	-	-	-
10. 当期純利益	1,639	1,719	-	258	373	340
11. 前期繰越利益	7,382	8,622	-	7	251	624
12. 前期損益修正項目	423	0	-	-	-	-
13. 当期末処分利益	8,598	10,341	-	-	624	964
14. 諸準備金繰入額	24	33	-	-	-	-
15. 次期繰越利益	8,622	10,374	-	251	624	964

(注) BCIC の 2001/02 損益計算書については BCIC にて作業中につき、入手不能であったためデータ不明。

表 15： 貸借対照表

(単位：百万タカ)

項目	バングラデシュ化学工業公社 (BCIC)			ゴラサル肥料工場 (UFFL)		
	1999/00	2000/01	2001/02	1999/00	2000/01	2001/02
<b>I. 資産の部</b>						
1. 流動資産	23,564	26,004	-	3,563	3,736	2,986
2. 固定資産	41,997	40,280	-	7,673	6,988	6,773
3. その他長期資産	4,287	3,294	-	0	10	380
資産合計	69,848	69,578	-	11,236	10,734	10,139
<b>II. 負債の部</b>						
1. 流動負債	26,988	16,586	-	976	1,098	455
2. 固定負債	31,039	42,923	-	9,716	9,465	9,853
負債合計	58,027	59,509	-	10,692	10,563	10,308
<b>III. 資本の部</b>						
1. 資本金	17,314	17,314	-	669	669	669
2. 剰余金	5,493	7,245	-	125	498	838
資本合計	11,821	10,069	-	544	171	169
負債・資本合計	69,848	69,578	-	11,236	10,734	10,139

(注) BCIC の 2001/02 貸借対照表については BCIC にて作業中につき、入手不能であったためデータ不明。



### 3. フィードバック事項

#### 3.1 教訓

なし。

#### 3.2 提言

##### **(1) 実施機関は当行調査提言を具体的、継続的に実行し、運営・管理体制の充実に図るべきである**

当行調査報告書の指摘にあるように、ゴラサル肥料工場の保守管理体制には問題があることがわかっている（「2.5.2 技術面」参照）。特に本事業のように 30 年以上経過した旧式のプラントの場合は、部分的リハビリを行ったとしても、最新式のプラントに比べてトラブルが発生する可能性は高く、保守点検については十分な実施体制の下に行われる必要がある。現在、コンピューター化等の当行調査提言の一部については具体化されているが、未実施のものについては今後、実施機関である BCIC およびゴラサル肥料工場において具体的、継続的に実施し、運営・管理体制の改善に積極的に取り組むことが望まれる。

また、「2.3.4 環境の改善」で記述した、人工ラグーンの環境改善についても当行調査提言を踏まえ、計画策定や、予備調査を行うだけにとどまらず、具体的にすることが望まれる。

##### **(2) 借入人および実施機関は尿素肥料価格体系の見直し等を検討すべきである。**

本事業の対象となったゴラサル肥料工場は 2001/02 年現在で債務超過となっており、財務的持続性が低い状況となっているが、その主な要因は肥料の生産コストが統制価格たる肥料価格を超過していることにある。そのため、実施機関の財務的持続性を向上させ、本事業の効果を今後も継続させていくために、借入人および実施機関は肥料工場におけるコスト分析やバングラデシュにおける肥料価格体系の見直し等を検討すべきである。なお、価格体系の見直しにあたっては、合理化による生産コスト削減を前提としたうえ、少なくとも採算性を有し、かつ国際価格を上限とする範囲で価格を設定することが望ましい。

##### **(3) JBIC はバングラデシュ肥料セクターの動向を把握し、整理しておく必要がある。**

JBIC サイドでは、バングラデシュの肥料セクターやエネルギーセクターの改革について関係者(世界銀行や IMF 等を含む)の間でどのような議論が行われているかを把握し、バングラデシュ政府の政策や肥料工場への影響、JBIC がとりうる対応などを整理しておく必要がある。

主要計画 / 実績比較

項 目	計 画	実 績
<b>アウトプット</b> (1) アンモニアプラントの改修	同左	(変更点のみ) リフォーミングセクションにおける予備ボイラーの修理およびクリーニングの中止 空気圧縮セクションにおける空気取入塔の置換えの中止 合成セクションにおけるプロセス圧縮装置の設置の中止
(2) 尿素プラントの改修	同左	尿素造粒セクションにおける Wooden Chamber の置換えの中止
(3) 16MW ガスタービン発電機の設置	同左	発電能力を 18MW へ拡張
(4) 関連付帯設備の改修	同左	肥料貯蔵倉庫内のベルトコンベヤー設置の中止
<b>期間</b> (1) 基礎設計 (2) 詳細設計 (3) ガスタービン設置 (4) 冷却装置設置 (5) その他工事 (6) 応急工事 (7) 既存ガスタービンの撤去 (8) 新規設備の設置 (9) パイプ等の工事 (10) プラントの一時停止 (11) 試験運転	1999 年 7 月 1999 年 8 月～10 月 1999 年 9 月～2001 年 4 月 1999 年 9 月～2001 年 3 月 1999 年 9 月～2001 年 2 月 2000 年 3 月～7 月 2000 年 8 月～10 月 2000 年 10 月～12 月 2000 年 12 月～2001 年 2 月 2001 年 2 月～3 月 2001 年 4 月～5 月	1999 年 11 月～12 月 1999 年 12 月～2000 年 2 月 2000 年 1 月～2001 年 8 月 2000 年 1 月～2001 年 7 月 2000 年 1 月～2001 年 6 月 2000 年 6 月～9 月 - 2000 年 11 月～2001 年 2 月 2001 年 3 月～6 月 2001 年 5 月～7 月 2001 年 7 月～9 月
<b>事業費</b> 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	54 億 4,300 万円 10 億 1,800 万円 ( 3 億 9,300 万タカ ) 64 億 6,100 万円 54 億 4,300 万円 1 タカ = 2.59 円 ( 1998 年 12 月 )	54 億 4,300 万円 10 億円 ( 4 億 9,700 万タカ ) 64 億 4,300 万円 54 億 4,300 万円 1 タカ = 2.01 円 ( 2000 年 )

## **Third Party Evaluator's Opinion on Energy Saving and Improvement of Ghorasal Fertilizer Factory**

Dr.A.N.M.Sayeedul Haque Khan  
Professor  
University of Dhaka

### **Relevance**

Improvement of agricultural productivity through chemical fertilizers, among others, is essential for Bangladesh. Ghorasal Fertilizer Factory (GFF) was established in 1972 and over the period of time—equipments and technology became obsolete having adverse effect on production and environment.

Though present and forecasted demand vis a vis supply scenario of urea fertilizer in Bangladesh offer a mixed picture but by simplification, it can be stressed that 1)the present level of production need to be sustained and 2)more efficient way of production need to be adopted. Exactly those were the reasons, why “Energy saving, Environmental Protection and Improvement of on-steam factor of the Ghorasal Urea fertilizer Factory Project (ii)” was conceived and implemented.

As the project resulted into 1) improved energy efficiency 2) improved production capacity and 3) improved environment—all these evidenced from data and information from different sources—the project is relevant for the economy of Bangladesh.

### **Sustainability**

Sustainability can be considered three pronged issue: 1) Financial 2) Management and 3) Institutional.

For variety of socio-political reasons—financial sustainability of the factory is a far-cry. But, financial sustainability will have to be there and to start with, people within the organisation need to be made aware about it. It is *their* factory and *their* country. In final analysis—it is *their* job to make the factory financially viable either by increasing return or by decreasing costs.

It seems that neither BCIC nor GFF has been able to institutionalise a proper management system. It is not very difficult for me to understand as to why 32 years after inception (GFF) or 28 years of inception (BCIC)—failed to institutionalise a management system. Lack of commitment and ad-hocism are two reasons—to name a few.

Institutional sustainability, in this case, is more a matter of stakeholders. As agriculture is the largest industry in Bangladesh and as fertilizer is one of the very important inputs—factories producing fertilizers are essential. Therefore, sustenance of these factories is not only the job of the factory-people but larger community also. Whether larger community take and retain sufficient interest or there are mechanism to arouse and channelise interest of the community—appear very vital. These are cultural issues warrant cultural interventions. It is my opinion that these factories are yet to be a part of the larger community as a result most of the people of larger community think it as ‘one of theirs’ as opposed to ‘one of ours’. Therefore, stakeholders of different categories need to be identified, apprised and encouraged. There is a special need for those who used to be known as “donors” and lately known as “development partners”. If one is to be a partner one must know the hopes, expectations, history, culture, capacity, world-view i.e. idiosyncracies of another partner. These things are very important for effective partnership.