

## 5. エネルギー供給設備

エネルギー供給設備の省エネ対策は製鉄所の省エネルギーを実施する上で欠かせないものであり、各工場での省エネルギーは、安定した品質のエネルギーが供給されるという前提にたって対策が検討される。従いエネルギー供給設備の機能が不十分であると、各工場での省エネルギー対策も不正確なものとなってしまう。

### ・省エネルギー設備

<u>Item No.</u>	<u>設備名</u>
011.	ガスホルダーの設置
012.	ガスマキシング装置の設置
013.	ブロー、タービンおよびボイラの更新

## Item No.011. ガスホルダーの設置

### 1) デザインコンセプト

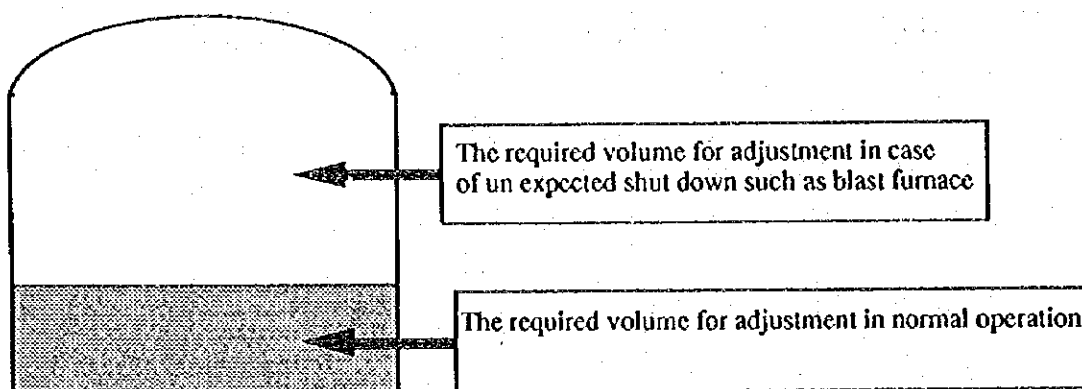
#### (1) ガスホルダー設置の目的

：ガス供給圧力が一定（ガスホルダーでのガス圧力の変動を20 mmH<sub>2</sub>O以下）に管理されることにより、各工場での低過剰空気燃焼が可能となり燃料の節減ができる。

：発生副生ガスの需給を調節することによりガス放散を最小限にとどめることができる。

#### (2) ガスホルダー容量

以下に示す、2つの調整範囲の加算がガスホルダーの容量となる。



#### (3) ガスホルダーの形式

長期間の運転においても操作性に優れている次ぎの形式を推奨する。

- ・ 構造 : 円筒型、球形屋根
- ・ シール構造 : 1 000 mm H<sub>2</sub>O にも耐える Static oil seal system
- ・ Sliding material : Reinforced rubber

## 2) 設計条件

### (1) 副生ガス条件

	Blast furnace	Coke oven
Products (1,000 t/y)	4,770	2,850
Gas production quantity (x 10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> /y)	6,850	870
Calorific value (kcal/Nm <sup>3</sup> )	700	4,250

### (2) ガスホルダーの容量

日本での経験よりSIDEXの容量を選定すると下記の通りとなる。

	ホルダー容量 SIDEX (m <sup>3</sup> )	ホルダー容量 日本 (m <sup>3</sup> )	備考
For BFG	100,000	80,000 - 110,000	
For COG	50,000	30,000 - 200,000	夜間にガスを蓄え昼間の 購入電力の高い時に発電 用に消費するよう計画さ れているのも含む

## 3) 主設備仕様および機器リスト

### (1) BFG ガスホルダー

: 1 set

- ・ Type : Dry-seal (Static oil seal system),  
Cylindrical shell, Spherical roof type
- ・ Gas holding capacity : 100,000 m<sup>3</sup>
- ・ BFG pressure : 635 mmH<sub>2</sub>O
- ・ Height : 77 m
- ・ Diameter of holder : 45 m
- ・ Piston stroke : 65 m
- ・ Capacity of gas bleeder : 60,000 Nm<sup>3</sup>/h (Max.)

(2) COG ガスホルダー	: 1 set
・ Type	: Dry-seal (Static oil seal system), Cylindrical shell, Spherical roof type
・ Gas holding capacity	: 50,000 m <sup>3</sup>
・ COG pressure	: 635 mmH <sub>2</sub> O
・ Height	: 63 m
・ Diameter of holder	: 35 m
・ Piston stroke	: 52 m
・ Capacity of gas bleeder	: 30.000 Nm <sup>3</sup> /h (Max.)

#### 4) 添付資料

- (1) Fig.IV.5-1. Flow sheet of BFG line with gas holder
- (2) Fig.IV.5-2. Flow sheet of COG line with gas holder
- (3) Fig.IV.5-3. Overall view of BFG gas holder



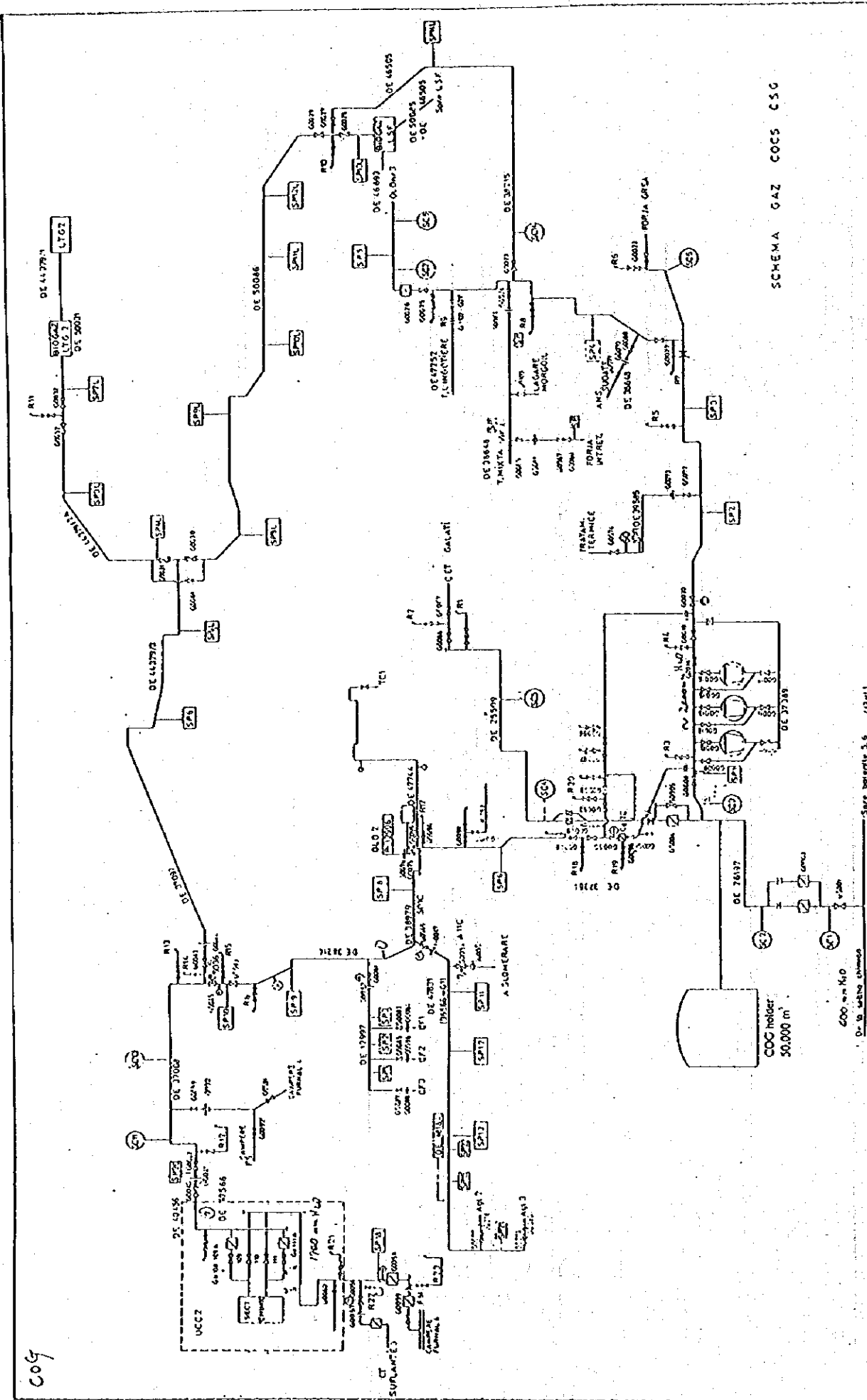


Fig. IV.5-2. Flow sheet of COG Line with gas holder

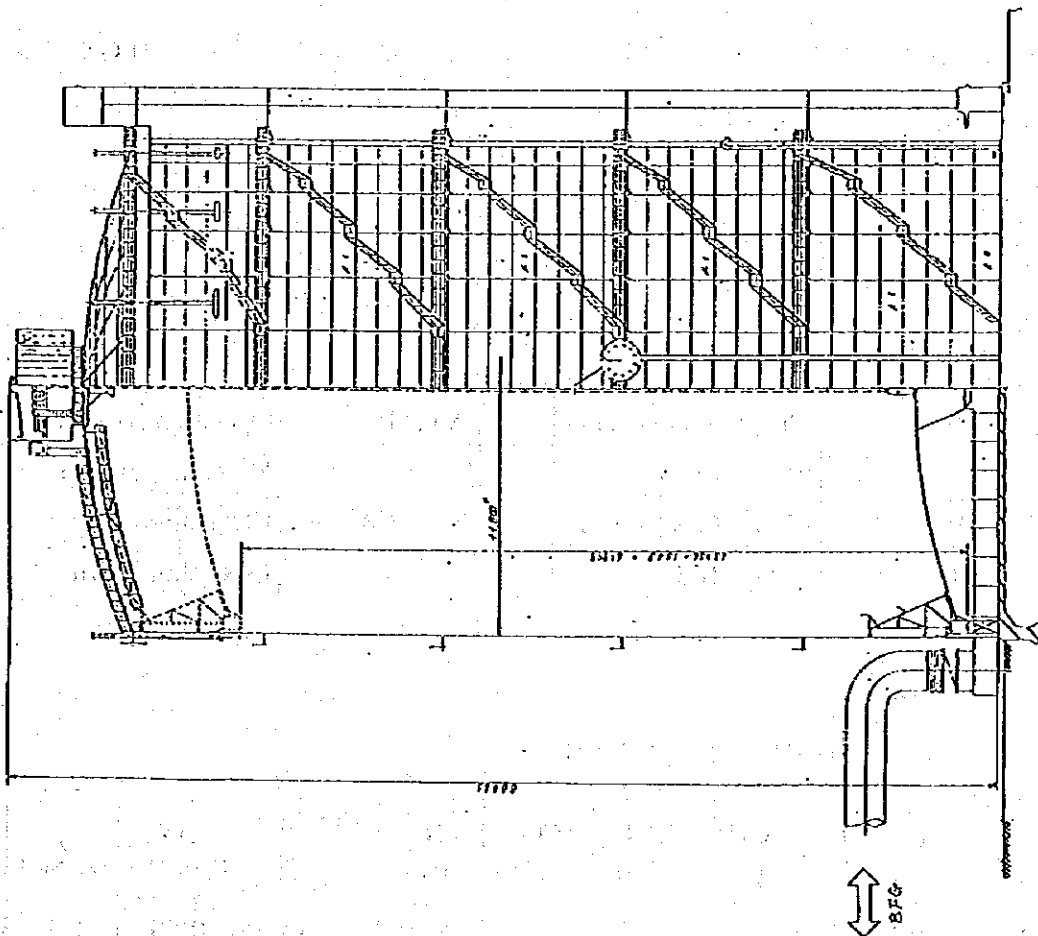


Fig.IV-5-3. Overall view of BFG gas holder

KOBE

KOBE STEEL, LTD.

ENGINEERING & MACHINE DIVISION

TITLE

SIDEX  
BFG Gas Holder

DWG. NO.

DB41-

Item No.012. ガスミキシング装置の設置

1) デザインコンセプト

(1) ミックスガスの原料

- ・BFGとCOGの副生ガスを最優先で使用する。
- ・天然ガスはCOGが不足するのを補う形で使用する。

(2) ガスミキシングの制御方法

- ・Ao Index (=  $A_0 / \sqrt{\gamma}$ ) ( $A_0$ :理論空気量、 $\gamma$ :ガス密度)を一定制御する方法がガスカロリー一定制御(Wobbe Index)に比し、ガス成分が変化した時の空気比の調整が不用なために日本では多く用いられている。
- ・混合ガスの圧力調整はBFG量で行う。
- ・予期せぬガス量の変動は発電プラントで吸収するか、またはBFGラインへ返すことで対応する。

2) 設計条件

(1) 運転モード

Mode	Mix gas component	Ao index	Operation condition
I	BFG + COG	2.7 - 3.0	Normal operation
II	BFG + COG + NG		COG shortage
III	BFG + NG		COG shut down

(2) ガス成分

ガス成分および性状を下表に示す。

	Co (%)	H <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (%)	CH <sub>m</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	N <sub>2</sub> (%)	Carolic value (kcal/Nm <sup>3</sup> )	A <sub>0</sub> (Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> )	$\gamma$ (kg/Nm <sup>3</sup> )
BFG	22.0	3.0	-	-	21.0	54.0	742	0.59	1.37
COG	6.5	57.0	28.0	3.6	2.2	2.7	4,598	4.78	0.46
NG	-	-	94.0	-	-	6.0	8,050	8.95	0.75



(3) ミックスガス使用工場

ミックスガスを使用する工場は以下の通り。

ミックスガスを使用する工場	所要熱量
Reheating furnace of Hot rolling mill Reheating furnace of Plate mill Reheating furnace of Slabbing mill Others	Total : $2,350 \times 10^9$ kcal/y Average consumption : $357 \times 10^6$ kcal/h Maximum consumption : $430 \times 10^6$ kcal/h

(4) 各モードにおけるガスバランス

Mode	Ao-Index	Carolific value of mixed gas (kcal/Nm <sup>3</sup> )	Component of mixed gas (%)			Supply quantity of mixed gas (x 10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> /h)
			BFG	COG	NG	
I	2.7	2,590	52.0	48.0	-	166
II	2.7	2,600-2,790	53.4 - 71.0	44.6 - 2.0	2.0 - 27.0	165 - 154
III	2.7	2,800	71.9	-	28.1	154

(5) 各ガスにおける最大供給可能量

	Maximum supply quantity (10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> /h)	Mode
BFG	109	I
COG	80	II
NG	43	III

(6) ミックスガスの供給圧力

: 1,250 mm H<sub>2</sub>O

3) 主仕様および機器リスト

- (1) Booster blower : 1 + 1 set
- ・ Capacity : 170,000 Nm<sup>3</sup>/h
  - ・ Pressure : 1,000 mmH<sub>2</sub>O
  - ・ Motor : 700 kW

- Temperature : Ambient
- (2) Gas mixing piping station : 1 set
  - Piping, control valves, sealing and purging piping.
- (3) Instruments : 1 set
  - Including Ao Index meter and controllers
- (4) Process computer for calculation of mixing ratio : 1set

4) 添付資料

Fig.IV.5-4. Schematic flow of gas mixing system

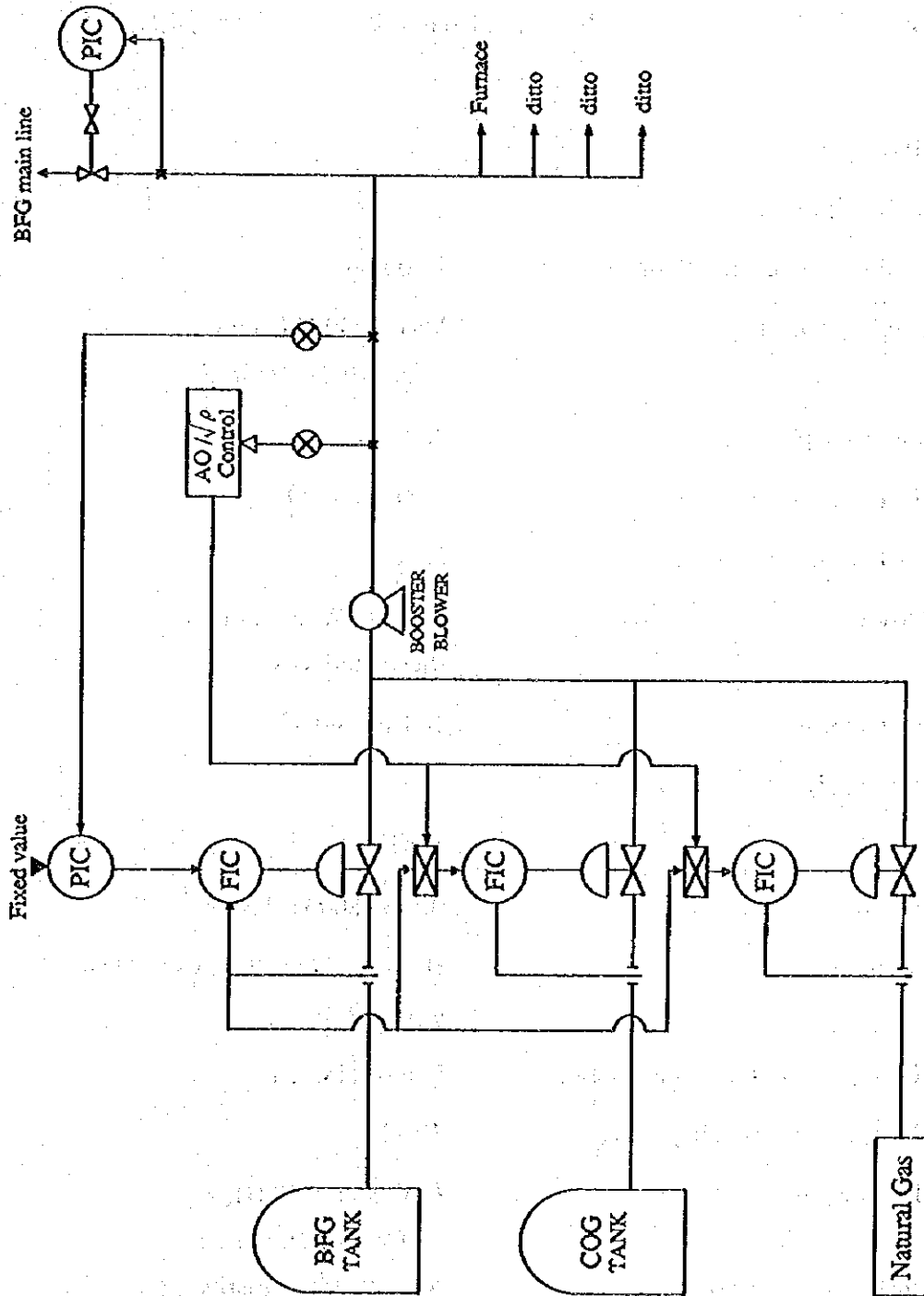


Fig.IV.5-4. Schematic flow of gas mixing system

## Item No.013. ブLOWER、タービンおよびボイラの更新

### 1) デザインコンセプト

ブLOWERはNo.6 高炉用に 1 台で送風することとするが、万一ブLOWERがトリップした時には、No.5 高炉用ブLOWER (旧 No.6 高炉用) から分割送風する。

### 2) 設計条件

#### (1) Main Specification

- ・ Productivity of Blast Furnace : 8,000 t-p/d
- ・ Discharge quantity : Max.7,250 Nm<sup>3</sup>/min.  
Ave.6,200Nm<sup>3</sup>/min.
- ・ Discharge pressure : 4.25 ata
- ・ Suction pressure : -300 mm H<sub>2</sub>O
- ・ Suction air temperature : 20 °C
- ・ Driver : 30,000 kW, 5,180 rpm,  
(Steam turbine)
- ・ Steam pressure: : 100 ata,540 °C

#### (2) Utility supply

- ・ Fuel : BFG
- ・ Pressure : 0.1ata, 800 kcal/Nm<sup>3</sup>
- ・ Analysis : H<sub>2</sub> : 4 %, N<sub>2</sub> : 52 %, CO : 22 %, CO<sub>2</sub> : 22 %
- ・ Cooling water for condencer etc, : Industrial water
- ・ Temperature of cooling water : 30 °C
- ・ Electric power : 6kV, 380 v, 50 Hz, 3 φ,  
100 V for instruments
- ・ Inert gas (nitrogen) : 6 ata, 99.97 % (purity)
- ・ Natural gas for pilot : 3.5 ata, 8,050 kcal/Nm<sup>3</sup>

### 3) 設備仕様および機器リスト

- (1) Turbine, Boiler, and Blower : 1 set
- ・ Blower : Variable stator blade control,  
Shaft power 29,500 kW, 11 stages
  - ・ Turbine : Impulse type, 30,000 kW,  
5,180 rpm, 98,000 kg/h
  - ・ Boiler : Water tube boiler, two drums  
natural circulation type, 140 t/h,  
100 kg/cm<sup>2</sup>G, 540 °C
- (2) Accessories : 1 set
- ・ Feed water line : Including demineralizer, deaerator,  
feed water pump
  - ・ Condensate line : Including condenser, condensate  
pump, feed water heater, etc
  - ・ Fuel line : Including shut down valve to burner  
equipment
  - ・ Waste gas line : Up to stack
  - ・ Combustion air line : Including blower, air heater, etc
  - ・ Electric power line : Including power distribution board,  
MCC, local Panel, etc.
- (3) Safe guard and protection equipment : 1 set
- (4) Electrical equipment/Instruments : 1 set  
(Standard control : ACC)
- (5) Piping system : 1 set  
(Joints, valves, control valve,  
flow meter, etc.)

4) 添付資料

- (1) Fig.IV.5-5. SIDEX Blower heat balance diagram
- (2) Fig.IV.5-6. SIDEX Blower drawing for No.6 Blast furnace
- (3) Fig.IV.5-7. SIDEX Steam turbine drawing
- (4) Fig.IV.5-8. SIDEX Boiler drawing

**BLOWER INPUT 27700 KW**

600G 101.03P x 540°C x 830.23H x 98000G

P : kg/cm<sup>2</sup> Abs.  
 H : kcal/kg  
 G : kg/h

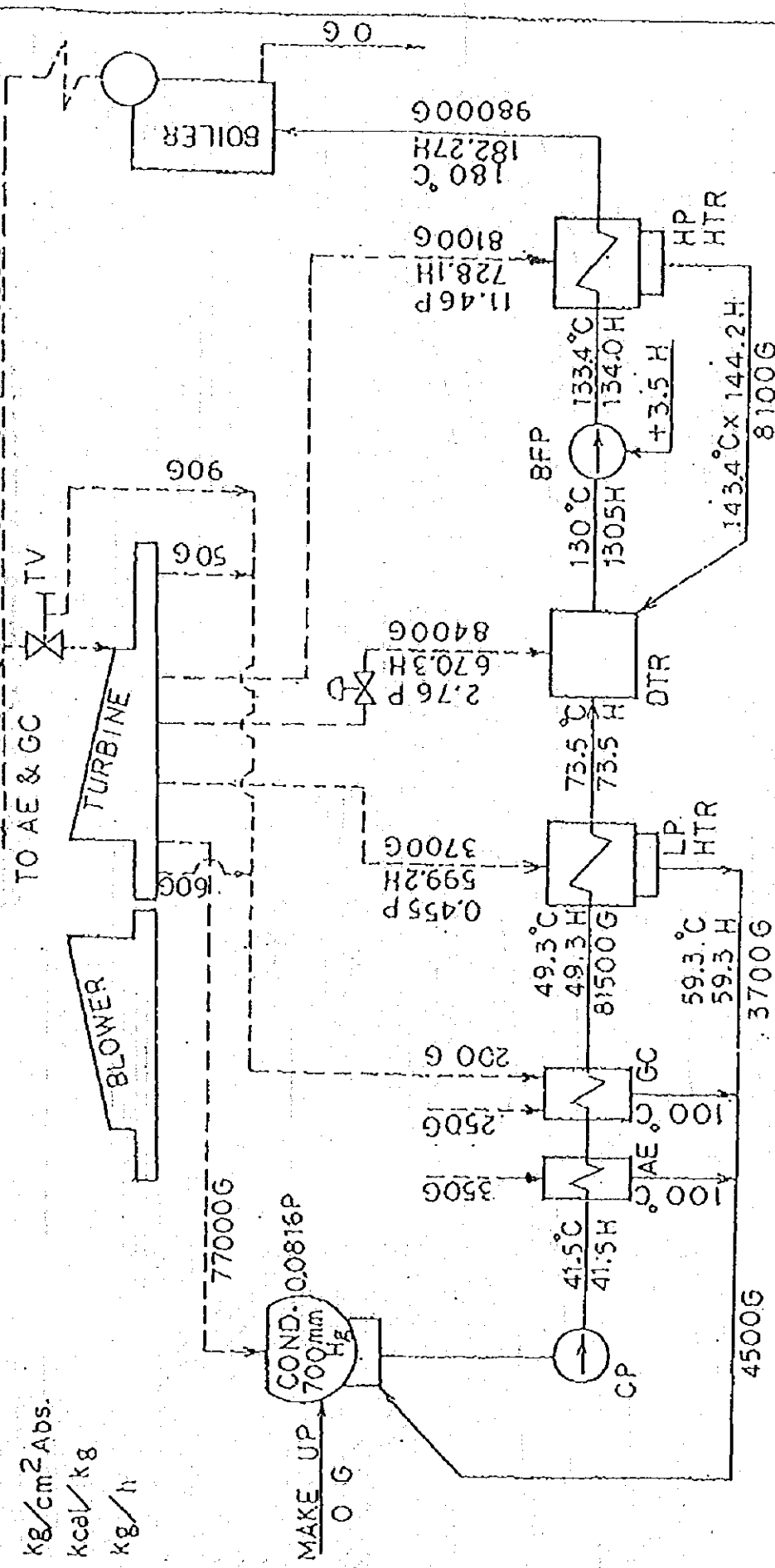


Fig.IV.5-5. SIDEX Blower heat balance diagram

PROJECT		MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. TAKASAGO MACHINERY WORKS	
SHEET		27700 KW STEAM TURBINE	
TH-2387		HEAT BALANCE DIAGRAM	
ORIGINAL ISSUE		R-D. IZM.	
9.10.1994		高炉送風機用タービン	
		神戸製鐵所/ルーマニア	

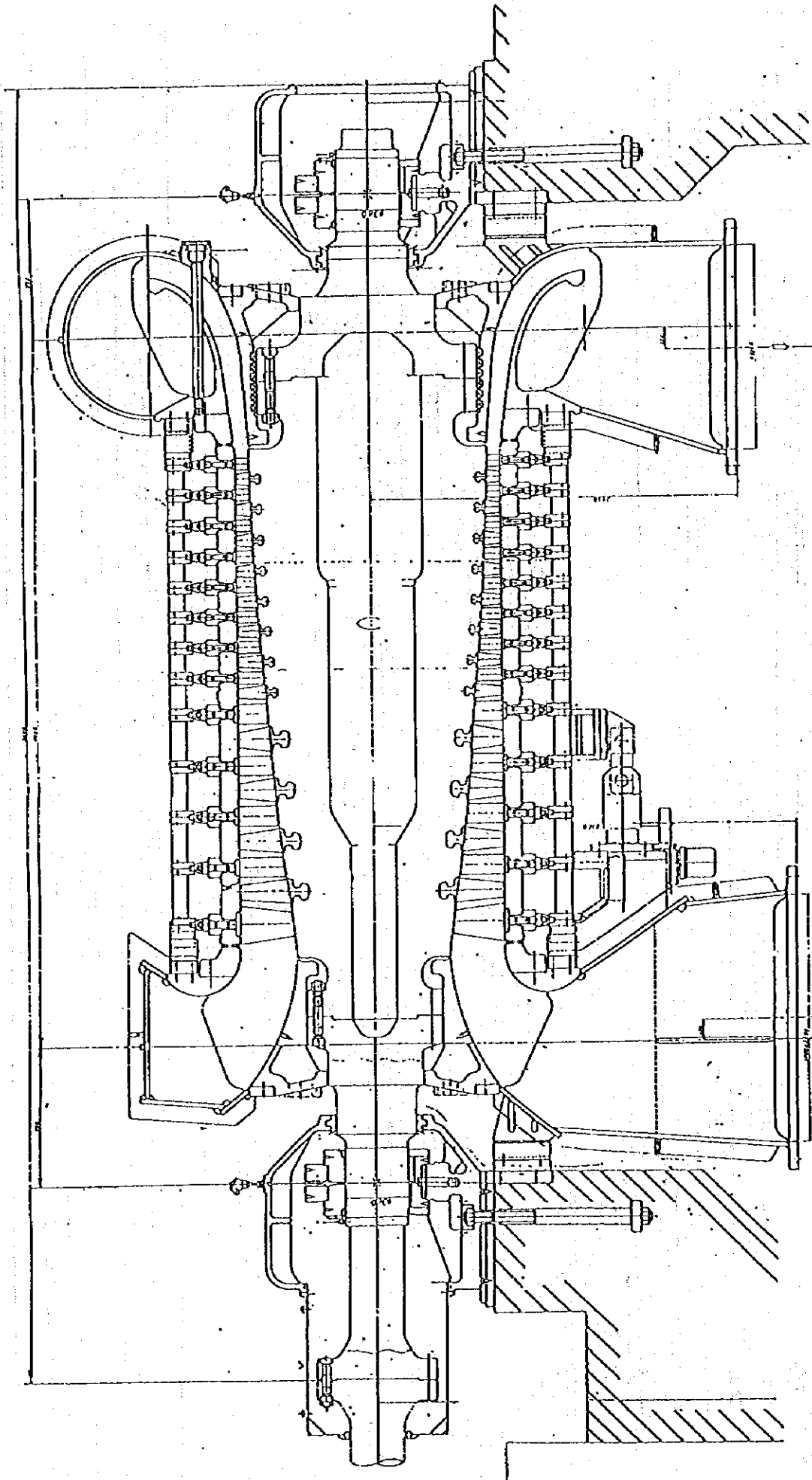


Fig. IV-S-6. SIDEX Blower drawing for No. 6 Blast furnace

FOR REFERENCE



FOR REFERENCE

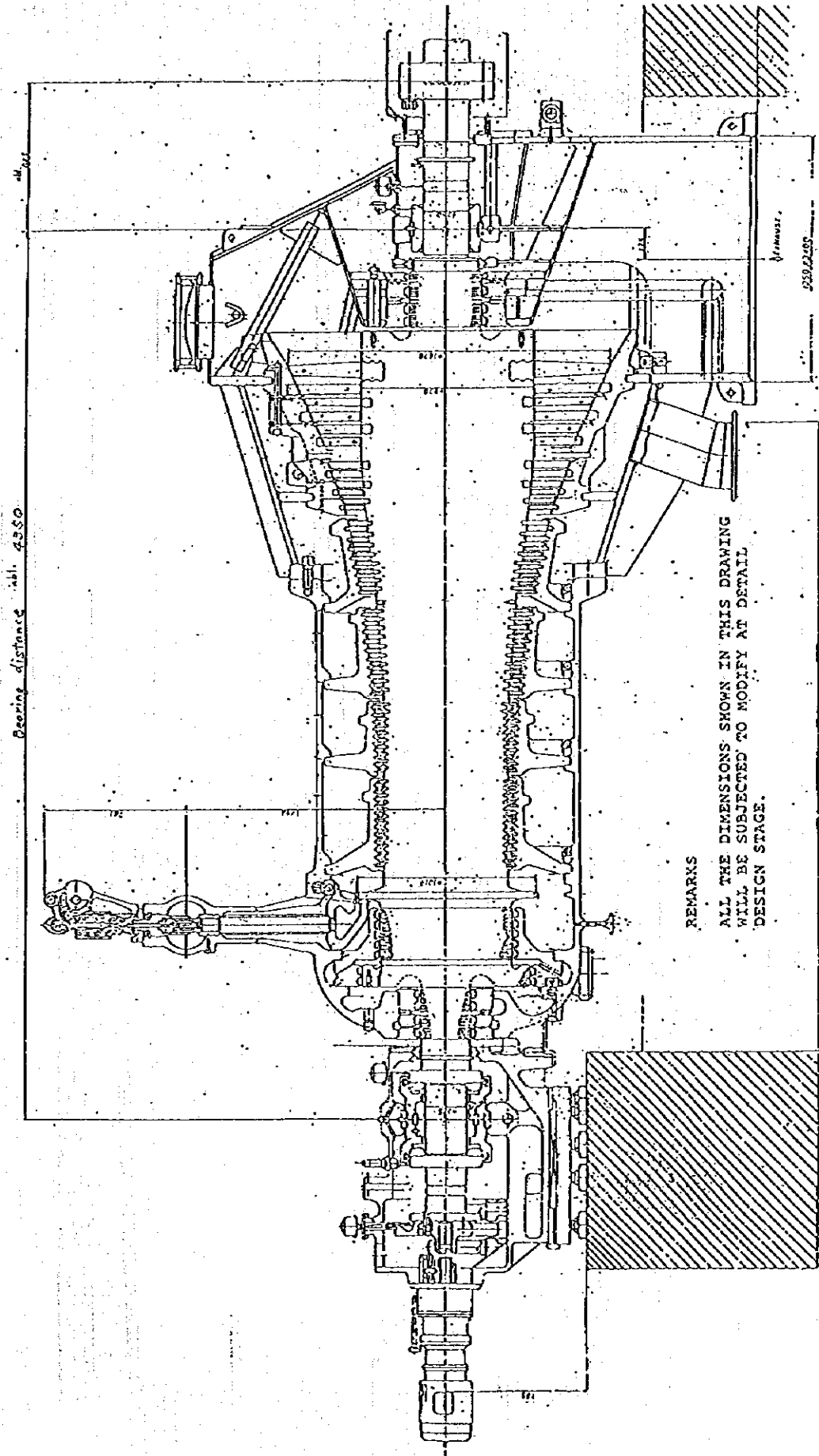
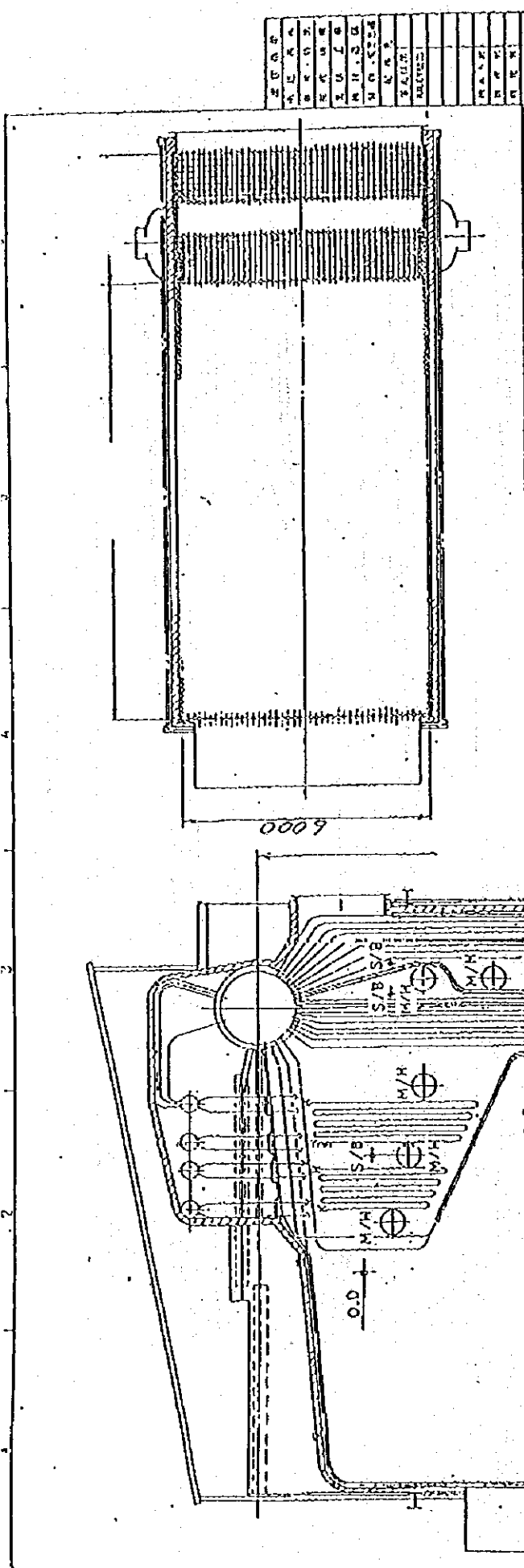


Fig. IV.5-7. SIDE Steam turbine drawing



PART NO.	N. A. M. E.	MATERIAL	REG. QTY	TOTAL QTY FOR S/D	PIECE WEIGHT	TOTAL WEIGHT	REMARKS
SET TO BE MANUFACTURED							
PROJECT							
TITLE							
MILWAUKEE STEEL WORKS DIVISION OF MILWAUKEE STEEL WORKS DEPARTMENT							
DRWING	H. S. E.	DATE 12/27					
CPWD							
APTD							
SCALE							
F.S. NO.	JOB NO.	CDMP CODE NO. (CLASS. NO.)		REV NO.			

Fig. IV.5-8. SIDEX Boiler drawing

REV.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHKD

FOR REFERENCE

## 6. 操業指導による改善策

第II章の省エネルギー対策の中で、大きな設備投資を伴わず、操業指導のみで省エネルギーが可能な項目を区分して記述している。この中で特に海外からの技術指導を受けるべき項目としてはTable VI.6-1. に示す項目が上げられる。

尚、ここに示す省エネルギー効果は、操業指導の受手が100%の技術移転を受けた場合を示している。また技術指導期間も、十分な知識と経験を積んだ、熱意のある受手が相手であるとの条件に基づく値である。

Table VI.6-1. Technical transfer items by Operation assistance from outside

工場名	技術指導項目	予想される省エネルギー効果	予想される技術指導期間
No.5 コークス	(1) 操業管理および燃焼管理の強化による燃料原単位の低減 (2) 窯出し・装入時の粉塵発生低減 (3) 炉体補修法改善による突発故障の低減	35 Mcal/t-coalの低減 $\Delta\text{COG} = 6.88 \times 10^6 \text{ Nm}^3/\text{y}$	6.2 Man-month
No.6 高炉	(1) 炉内装入物分布及び炉内ガス分布の最適化による高炉燃料比の低減	コークス比 41 kg/tの低減 $\Delta\text{Coke} = 110,987 \text{ t/y}$	5 Man-month

## 7. 関連工場へのモデルプラント対策適用の可能性調査

前述した、モデルプラントに対する対策が、モデル以外の各工場（コークス炉（CDQ含む）及び化成工場、焼結工場、高炉）に適用できるかどうか、もし適用できるとすると、どの程度の対策修正が必要で、またどの程度の効果が得られるのか、について概略の調査を行った。結果を以下に示す。

### 7.1 コークス炉（CDQ含む）および化成工場

2002年における稼働計画から、コークス工場におけるモデルプラント対策の適用調査対象は下記の通りとなる。

	モデル工場	適用可能性調査対象工場
コークス炉	No.5	No.6, No.7
CDQ	No.2	No.3
化成工場	No.1	No.2

Table.IV.7-1.にモデルプラント適用の可能性および適用した場合の省エネ効果等の調査結果を示す。モデルプラントと大きく異なるのは、No.2化成工場（No.7 コークス炉用）で脱硫設備や硫酸製造設備の更新が必要なことである。



Table IV.7-1. モデル・プラントでの検討結果の他プラントへの適用の可能性

Item No.	対象項目	省エネ対策	環境対策	他プラントでの対策内容			Estimated Effect
				対象プラント	対策内容	設備仕様	
111	粗軽油の回収量アップ	○	—	NO.2化成工場	NO.1化成工場と同形式のガスクロ設備の設置	ガスクロ設備及び付帯工事	(BTX) +2,467 t/Y
121	燃料ガスの変更	—	—		NO.7炉は複式炉でBFG 配管, ミサ-設置済		(COG) -7.7 x10 <sup>9</sup> kcal/Y
131	燃焼自動制御	○	○	NO.6及びNO.7コ-クス炉	NO.5炉と同様の制御設備の設置		(COG) -63.1 x10 <sup>9</sup> kcal/Y
141	CDQの全面更新	○	—	NO.3CDQ	NO.2CDQと同等の大型CDQ及びコークバケット電車を付加	100 t/h バケット台車及び電車	(STEAM) 255.4 x 10 <sup>3</sup> t/Y
151 ~ 152	151 高圧安水ポンプの増強 152 上昇管トップカバーの水封化	— —	○ ○	NO.6及びNO.7コ-クス炉 NO.6及びNO.7コ-クス炉	NO.5炉と同形式の高圧安水ポンプに変更 NO.5炉と同等 Mechanical seal→Water sealに変更	30 t/h, 吐出圧 40Kg/Cm <sup>2</sup> NO.6炉はNO.5炉と同仕様 NO.7炉は Singl main	
161	窯出集塵機の新設	—	○	NO.7コ-クス炉	NO.5炉と同等のガイド車及び集塵機の設置 (但しCDQ集塵併用する)	4,000m <sup>3</sup> /min バグフィルター ガイド車新設	(E) +3,822 Mwh/Y
171	活性汚泥設備の増強	—	○	NO.2化成工場	NO.1化成工場と同形式の設備変更をする	排水処理量 67m <sup>3</sup> /h	(E) +4,292 Mwh/Y
181	アンモニア・スチール前でのpH自動制御	—	○	NO.2化成工場	NO.1化成工場と同様の制御設備の設置	NO.1化成工場と同様	
191 192	COGの脱硫 脱硫液の処理 (硫酸製造)	—	○	NO.2化成工場	Fumaks-Rodacs 脱硫設備の設置 Compacs 硫酸製造設備の設置	COG 処理量 51,000 Nm <sup>3</sup> /h H <sub>2</sub> S 5→0.05 g/Nm <sup>3</sup>	(COG) +2,453x10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> /Y (E) +6,377 Mwh/Y
193	凝集沈澱設備	—	○	NO.2化成工場	NO.1化成工場と同形式の設備の設置	排水処理量 134m <sup>3</sup> /h	

## 7.2 焼結工場

2002 年における稼働計画から、焼結工場でのモデルプラント対策の適用調査対象は下記の通りとなる。

	モデル工場	適用可能性調査対象工場
焼結工場	No.7	No.5, No.6

Table.IV.7-2.、Table IV.7-2-1.およびTable IV.7-2-2. にモデルプラント適用の可能性および適用した場合の省エネ効果や主排気汚染物質の濃度予測等を示す。焼結工場においてはモデルプラントにて設置した下記の設備が共用可能である。

- (1) 冷間強度測定装置
- (2) 粗粒コークスの再破碎装置
- (3) 焼結鉄成品のヤード受け入れ、払出し設備

またクーラーの排熱回収については、効率が良いため全量蒸気にて回収できる。





Table IV.7-2. No. 5, 6 焼結機に対するモデルプラント適用範囲と効果

対策のランク	対策概要	適用可否状況	効果
I 操業改善	1. 焼成改善 (1)パレットサイド部ベット押え込み強化。 (2)粉コークス粉碎強化。  2. 漏風防止 (1)パレットサイドウォール保全。 グレートバー保全。  (2)EP周辺シール部保全。	全項目について適用可能。 モデルプラントと同程度の効果が得られる	歩留り0.2% (COKE 0.1 kg/t) (△E 0.1 kWh/t)  漏風 3% 減 (△E 0.6 kWh/t) 歩留り0.5% (COKE 0.2 kg/t) (△E 0.3 kWh/t) 漏風 2% 減 (△E 0.6 kWh/t)
II 設備の部分改造	1. 焼成改善 (1)パレットサイド部へ盲グレードバーの装着  2. 点火炉改善 (1)点火炉冷風侵入防止。 点火炉シール強化、炉下吸引風量制御改善  3. 漏風防止 (1)パレットシール機構の改造 シールバー、デッドプレート、パレット間シール構造  (2)注排気管、EPのダストバルブetc.の改造	全項目について適用可能。 モデルプラントと同程度の効果が得られる	歩留り0.5% (COKE 0.2 kg/t) (△E 0.3 kWh/t) 漏風 1% 減 (△E 0.2 kWh/t)  COG減 (COG 2.0 Nm³/t)  漏風 5% 減 (△E 1.0 kWh/t)  漏風 5% 減 (△E 1.0 kWh/t)
III 設備増強・更新	1. 操業管理システムの強化 (1)焼結錠成品の冷間強度の測定 (2)各秤量機の部分更新  2. 焼成改善 (1)漸型装入装置の設置  (2)粉コークス整粒強化 粗粒コークスの再破碎装置の設置  3. 点火炉 (1)小型点火炉に更新  4. クーラー廃熱回収 (1)原料予熱及び点火炉燃焼用空気予熱  (2)廢熱にて廢熱回収する設備の設置  5. 生産増 (1)焼結錠成品のヤード受け入れ、払い出し設備  (2)生石灰添加設備	モデルプラントの測定装置を共用し、適用可能。同程度の効果が得られる。 適用可能。同程度の効果が得られる  原料装入部分の大幅な改善を要するが、適用可能。同程度の効果が得られる  モデルプラントの装置を共用し、適用可能同程度の効果が得られる。  既に実施済。  適用可能だが、蒸気による回収の方を、優先し、不採用とする。  適用可能。  モデルプラントの装置を共用し、適用可能同程度の効果が得られる。 適用可能。 モデルプラントと同程度の効果が得られる	歩留り 2.0% (COKE 1.0 kg/t) (△E 1.2 kWh/t) 粉コークス (COKE 2.0 kg/t)  歩留り3.0% (COKE 1.5 kg/t) (△E 1.8 kWh/t) 粉コークス (COKE 3.5 kg/t)  蒸気回収 (蒸気 15 kg/t)  生産増 (△E 1.0 kWh/t) 歩留り1%増 (COKE 1.0 kg/t) 生産増 (△E 1.7 kWh/t)



Table IV.7-2-1. No.5,6 焼結機に対するモデルプラント適用（環境対策）

No.5,6焼結機に対するモデルプラントの環境対策適用については、モデルプラントと同じ対策が適用可能であり下記の通り。

対策のランク		対策概要
I	操業改善	1. 主排気煤塵対策 (1) EP 槌打機能の維持 (2) EP ダストの再使用中止（アルカリ 1/P 量 1/8 減）  2. SO <sub>x</sub> 対策 粉コークス使用量の減少  3. 一般集塵対策 (1) 集塵配管のダスト詰り除去 (2) 集塵フードのシール保全
II	設備の部分改造	一般集塵対策 焼結機の給鉱部及び排鉱部の集塵強化
III	設備増強・更新	1. 主排気煤塵対策 (1) 移動電極 EP の設置 (2) 脱硫装置の設置 (3) 煤塵濃度、NO <sub>x</sub> 、及び SO <sub>x</sub> 管理体制の確立  2. クーラー防塵対策 クーラー排ガス顕熱回収設備の設置 (省エネ対策と共通)

Table IV.7-2-2. 主排気汚染物質濃度予測

	煤塵 (mg/Nm <sup>3</sup> )	SO <sub>x</sub> (ppm)	NO <sub>x</sub> (ppm)
将来推定値 2002年 (O <sub>2</sub> 16.5%)	< 50	65 (脱硫率 75%)	170 (脱硝装置なし)
酸素濃度補正 (O <sub>2</sub> 15%)	-	85 (脱硫率 75%)	227 (脱硝装置なし)

### 7.3 高炉

2002 年における稼働計画から高炉でモデルプラント対策の適用調査対象は次ぎの通りとなる。

	モデル工場	適用可能性調査対象工場
高炉工場	No.6	No.5

Table.IV.7-3. にモデルプラント適用の可能性調査結果を示す。モデルとの相違は高炉のタイプが異なるためにコークス中心装入設備が必要なことである。尚、No.5 高炉の省エネ対策後の操業諸元を生産バランスから推定すると以下のようになる。

操業項目	No.5高炉
内容積 (m <sup>3</sup> )	3,128
出鉄量 (t/y)	2,063,000
出鉄量 (t/calender day) , (t/operation day)	5,652 6,000
PC比 (kg/t)	150
コークス比 (kg/t)	370
燃料比 (kg/t)	520
送风量原単位 (Nm <sup>3</sup> /t)	1,220
送风量 (Nm <sup>3</sup> /min)	4,910
炉頂圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	2.0
ブロー圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )	3.75

Table IV.7-3. No.5 高炉へのモアブルプラント対策適用の調査結果

Item No.	対策項目	5 高炉での対策内容	5 高炉設備仕様	効果予測	備考
311.	HS制御システムの導入	5 高炉も 6 高炉と同様の熱風炉制御システムのため、6 高炉と同じ仕様の制御設備を設置する	DDC	熱風炉効率 4 % up 25 Mcal/t	
321.	羽口寿命のアップ 羽口冷却能力の向上	5 高炉も 6 高炉と同様の羽口に変更 5 高炉も 6 高炉と同様のブラスターポンプを設置	羽口数32個 ブラスター ポンプ	△7.9 kg/t	
331.	PCIの設置	5 高炉では既に建設中。	—		
332.	コークス中心装入	5 高炉はベル・アーマー方式の装入設備のため、コークス中心装入設備を設置する	中心装入設 備	PCI 比 120 kg/t→150 kg/t	
341.	TRTの設置	炉頂圧 Max 2.0 kg/cm <sup>2</sup> の耐圧を有する構造であり、TRTを設置		△29 kWh/t	
013.	高炉送風機の更新 ボイラー・タービンの更新	高圧操業を行うためプロワアの更新を行う No.6 高炉と共用出来る予備機も併せて設置する。	30 MW/基	△送風電力原単位 0.05kWh/Nm <sup>3</sup>	
361.	HS燃料ガス予熱器の設置	5 高炉も 6 高炉と同様の設備を設置			
362.	HS燃料空気予熱器の設置	5 高炉も 6 高炉と同様の設備を設置		△25 Mcal/t	
371.	鑄床集塵機の設置	現在5 高炉には集塵機がないため、新設を行う	10,000 Nm <sup>3</sup> /min. x 2 鑄床		

注) 5 高炉の内容積は、3,128 m<sup>3</sup>。6 高炉は4,102 m<sup>3</sup>。



## V. 対策実施工程

第2次調査においてSIDEXの近代化プランとリンクした、無理のない省エネルギーおよび環境汚染防止対策のスケジュールを策定し、ルーマニア産業省およびSIDEXと合意に達した。TableV.1-1.にその実施工程を示す。

尚、省エネ・環境防止対策の実施は、SIDEXのみならずルーマニア国全体に多大な好影響を与えることが予想され、出来るだけ早い対策の実現が望まれる。

Table V.1-1. Implementation schedule

Purposes	Countermeasures	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
I. ENERGY SAVING									
I.1 Coke oven & Coke chemical plant									
To increase BTX recovery rate	111. Installation of gas chromatography								
To change fuel gas from COG to Mixed gas	121. Installation of BFG piping and gas mixer								
To decrease COG consumption by semi-automatic combustion control	131. Installation of control system								
To increase recovery of steam by overall revamping of CDO	141. Installation of a new CDQ								
I.2 Sintering plant									
Enhancement of the operational control system	211. Measurement of the cold strength of sinter product								
Improvement of burning coke breeze	213. Improvement of weighing accuracy of raw material and coke breeze								
	221. Installation of intensified sifting feeder								
Ignition furnace	224. Coke breeze recrushing system								
	231. Installation of compact furnace								
Recovery of cooler waste heat	241. Reusing system of cooler waste gas								
	242. Installation of waste heat boiler								
To increase productivity	271. Yard stock system for sinter product								
	272. Quick lime adding system								



Table V.1-1. Implementation schedule

Purposes	Countermeasures	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
		I.3 Blast furnace							
Decrease the fuel consumption of hot stove	311. Employment of control system for hot stove								
To increase the operational availability of blast furnace	321. Replacement of tuyeres								
To lower BF energy cost & to integrate COBs	331. Installation of PCI system								
	332. Center coke charging system								
To recover top gas pressure	341. Installation of top gas recovery turbine (TRT)								
To decrease the fuel consumption of hot stove	361. Installation of fuel preheater								
	362. Installation of combustion air preheater								
I.4 Reheating furnace									
To improve performance such as heat unit consumption by replacing with high performance reheating furnace	411. Installation of new reheating furnace								
	412. To install highly efficient air recuperator								
	413. To install fuel gas recuperator								
I.5 Energy supply equipment									
For stable supply of fuel gas	011. Installation of gas holders								
	012. Installation of gas mixing equipment								
Improvement of blast air supply	013. Replacement of blast blower, boiler & turbine								

Table V.1-1. Implementation schedule

Purposes		Countermeasures									
II. ENVIRONMENTAL POLLUTION CONTROL		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002		
II.1 Coke oven & Coke chemical plant											
To decrease dust from COB & CDQ											
	151. Replacement of pumps for injection of high pressure gas liquor										
	152. Improvement of sealing of ascension pipes										
	161. Installation of dust collector with ducts										
To decrease the pollutants in waste water											
	171. Improvement of activated sludge process										
	181. Employment of pH control for gas liquor										
	191. Installation of new precipitator										
II.2 Sintering plant											
Pollutants control in main waste gas											
	251. Improvement of dust collector										
	252. Installation of desulfurization system										
De-dusting of surrounding area											
	261. Enhancement of dust collection										
II.3 Blast furnace											
De-dusting of cast floor											
	371. Enhancement of dust collection for cast floor										

## VI. 設備費用の積算

### 1. 基本方針

今回の省エネ環境設備についてはできるだけルーマニア国内での機器調達、設計、工事能力等を活用するように考える。一方、ルーマニア国内で対応できない機器調達・設計については、全て、国際入札によって調達されることを原則とする。

また、第IV章「モデルプラントの概念設計とその応用」との関連から具体的概念設計を行ったモデルプラントに焦点をあて設備費用を積算したが、モデルプラント以外の各工場にモデルプラントと同様の省エネ・環境対策を適用した場合に関しても概念的な調査を実施したので、その概算設備費用も積算した。

### 2. 業務の分担

上記方針に基づき、先ずルーマニア国内の自製能力の評価を行った。（結果はAppendix-1に示される）そしてこの評価を踏まえ、第2次調査時において、今回の省エネ・環境設備の業務分担を具体的に検討し、ルーマニア側と合意した。結果はAppendix-3に示される。

### 3. 積算の条件

#### (1) 使用通貨及び為替レート

設備資金はUSドルで表示するものとし、海外調達およびルーマニア・レイによる国内調達は下記の通貨交換率により換算されるものとする。ルーマニア・レイのドルに対する為替レートは下記のように1994年第1四半期のものを用い、円のドルに対する為替レートは1994年6月末からの円高を考慮し、1994年9月直近のものを用いる。

Currency	Rate / 1 US\$
Romanian Lei	1,650.0
Japanese Yen	100.0

(2) 輸入関税

機器および資材の輸入に対する関税は、ルーマニア国税法に基づき免税されると前提する。

(3) 物価上昇

物価上昇（エスカレーション）に関しては、1994年9月より建設期間中の物価上昇をドル通貨評価で年率3%と前提し算定する。

注) OECD Economic Outlook, 1993年によればOECDメンバー諸国の1991-1993の物価上昇率は3.0%/年と予想されている。

(4) 設備建設期間

モデルプラントの設備建設期間は、1995年度より4年間とし、モデルプラントを関連工場に適用した場合の建設期間も同じく4年間とする。モデルプラントの詳細のスケジュールに関しては第V章「対策実施工程」を参照方。

Plant and Equipment Construction for Model Plants

Effective date of contract:	January 1, 1995
Completion of the commissioning:	December 31, 1998

(5) エンジニアリング費用

エンジニアリング費用には以下が含まれる。

- ・ Basin engineering fee
- ・ 一部のDetail engineering fee

・ 設備の設計から引渡しに至るまでの Project management fee

(6) 機器費用

ルーマニア国外で調達することになった機器、資材等の費用をFCA named terminal ベースにて算定した。また据付・試運転に関するスーパーバイザー費用も含んだ。

(7) 機器の輸送費用

これには機器の輸出港からルーマニア国内港までの輸送、保険費用及び通関業務費用が含まれる。

(8) 土建、据付工事費用

基礎工事、建屋・倉庫・道路工事、下水工事等の土建工事及び機器の据付、配管、配線工事等の据付工事がこれに該当する。

(9) その他の予備費

積算の精度を補充する目的で、機器費用およびエンジニアリング費用の合計に対して5%を予備費として計上する。

4. 設備費用の総括

前述迄の条件に基づきモデルプラントの設備費用及びモデルプラントの対策を関連工場に適用した場合の概算設備費用（モデルプラントの設備費用は含まない）の積算の結果を下記の通り示す。詳細は、Table VI.1-1. を参照方。尚、モデルプラントの対策を関連工場に適用した場合の設備費用は、モデルプラントのそれと比較した場合、積算基礎データの精度に若干の違いがある為、詳細な調査を実施する事が望まれる。また、物価上昇については、詳細な経済評価を行うモデルプラントの省エネルギー対策についてのみ考慮した。高炉送風機

の更新 (Item No.013) は、費用積算上は、Blast furnace に含めている。

< Capital Costs for Model Plants >

A ) Energy Saving		(Unit: K US\$/Year)
a) Modification of Equipment		6,345.-
b) <u>Renewal of Equipment</u>		<u>179,887.-</u>
Sub-Total		186,232.-
B ) Environmental Pollution Control		
a) Modification of Equipment		32,121.-
b) <u>Renewal of Equipment</u>		<u>45,979.-</u>
Sub-Total		78,100.-
A) + B) Grand Total		<u>264,332.-</u>

< Capital Costs for Other Related Plants >

A ) Energy Saving		(Unit: K US\$/Year)
a) Modification of Equipment		6,550.-
b) <u>Renewal of Equipment</u>		<u>120,689.-</u>
Sub-Total		127,239.-
B ) Environmental Pollution Control		
a) Modification of Equipment		28,362.-
b) <u>Renewal of Equipment</u>		<u>67,306.-</u>
Sub-Total		95,668.-
A) + B) Grand Total		<u>222,907.-</u>

Table VI. 1-1. Summary of Capital Cost for Model Plants and Other Related Plants (1/3)

1) Energy Saving for Model Plants

(Unit: K US\$)

	No. 5 Cokes Oven Battery		No. 7 Sintering Plant		No. 6 Blast Furnace Plant		No. 3 Reheating Furnace Plant		Energy Supply		Total for Energy Saving	
	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local
Engineering Fee	1,121	0	884	0	4,857	0	1,000	0	1,931	0	9,793	0
Equipment & Materials	5,150	9,982	6,304	3,380	59,507	8,068	8,320	5,180	25,161	888	104,462	25,498
Transportation	261	0	328	0	3,280	0	439	0	1,396	0	5,684	0
Civil & Erection	0	7,147	0	4,050	0	13,202	0	3,404	0	7,770	0	35,573
Contingency	257	0	314	0	2,976	0	416	0	1,259	0	5,222	0
Sub Total (1)	6,769	17,129	7,830	7,430	70,620	19,270	10,175	8,584	29,767	8,658	125,161	61,071

1-2) With Escalation

(Unit: K US\$)

	No. 5 Cokes Oven Battery		No. 7 Sintering Plant		No. 6 Blast Furnace Plant		No. 3 Reheating Furnace Plant		Energy Supply		Total for Energy Saving	
	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local
Engineering Fee	1,230	0	932	0	5,283	0	1,046	0	2,092	0	10,583	0
Equipment & Materials	5,653	10,946	6,644	3,587	64,730	6,546	8,698	5,415	27,281	962	113,006	27,436
Transportation	265	0	346	0	3,568	0	459	0	1,512	0	6,150	0
Civil & Erection	0	7,837	0	4,274	0	14,243	0	3,559	0	8,418	0	36,331
Contingency	282	0	331	0	3,237	0	495	0	1,364	0	5,649	0
Sub Total (1)	7,430	18,783	8,253	7,841	75,818	20,789	10,638	8,974	32,249	9,380	135,388	65,767

Table VI. 1-1. Summary of Capital Cost for Model Plants and Other Related Plants (2/3)

2) Environmental Pollution Control for Model Plants (without escalation)

(Unit: K US\$)

	No. 5 Cokes Oven Battery			No. 7 Sintering Plant			No. 6 Blast Furnace Plant			No. 3 Reheating Furnace Plant			Energy Supply			Total for Env. Pollution Cont.		
	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total
Engineering Fee	550	0	550	2,836	0	2,836	524	0	524	0	0	0	0	0	0	3,912	0	3,912
Equipment & Materials	5,571	1,852	7,423	37,628	680	38,308	3,524	3,552	7,076	0	0	0	0	0	0	46,723	6,084	52,807
Transportation	301	0	301	2,087	0	2,087	180	0	180	0	0	0	0	0	0	2,568	0	2,568
Civil & Erection	0	3,369	3,369	0	10,740	10,740	0	2,368	2,368	0	0	0	0	0	0	0	16,477	16,477
Contingency	279	0	279	1,881	0	1,881	176	0	176	0	0	0	0	0	0	2,336	0	2,336
Sub Total (2)	6,701	5,221	11,922	44,434	11,420	55,854	4,404	5,920	10,324	0	0	0	0	0	0	55,539	22,561	78,100

3) Total of Energy Saving and Environmental Pollution Control for Model Plants (without escalation)

(Unit: K US\$)

	No. 5 Cokes Oven Battery			No. 7 Sintering Plant			No. 6 Blast Furnace Plant			No. 3 Reheating Furnace Plant			Energy Supply			Grand Total		
	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total
Engineering Fee	1,671	0	1,671	3,722	0	3,722	5,381	0	5,381	1,000	0	1,000	1,931	0	1,931	13,705	0	13,705
Equipment & Materials	10,721	11,834	22,555	43,932	4,060	47,992	63,031	9,620	72,651	8,320	5,180	13,500	25,181	888	26,069	151,185	31,580	182,767
Transportation	542	0	542	2,415	0	2,415	3,480	0	3,480	439	0	439	1,396	0	1,396	8,252	0	8,252
Civil & Erection	0	10,516	10,516	0	14,790	14,790	0	15,570	15,570	0	3,404	3,404	0	7,770	7,770	0	52,050	52,050
Contingency	536	0	536	2,195	0	2,195	3,152	0	3,152	416	0	416	1,259	0	1,259	7,559	0	7,559
Grand Total	13,470	22,350	35,820	52,264	18,850	71,114	75,024	25,190	100,214	10,175	8,584	18,759	29,767	8,658	38,425	180,700	83,632	264,332



Table VI. 1-1. Summary of Capital Cost for Model Plants and Other Related Plants (3/3)

4) Energy Saving for Other Related Plants (without escalation)

	No. 6 & 7 Cokes Oven Battery		No. 5 & 6 Sintering Plant		No. 5 Blast Furnace Plant		Reheating Furnace Plant		Energy Supply		Total for Energy Saving	
	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local
Engineering Fee	1,419	0	1,419	816	0	5,202	0	0	0	0	7,437	0
Equipment & Materials	8,257	10,909	19,166	5,976	11,026	68,421	1,800	70,221	0	0	82,654	17,759
Transportation	410	0	410	314	0	3,793	0	3,793	0	0	4,517	0
Civil & Erection	0	879	879	0	2,810	0	7,060	0	0	0	10,740	10,740
Contingency	413	0	413	299	0	3,420	0	3,420	0	0	4,132	0
Sub Total (1)	10,499	11,779	22,278	7,405	7,860	80,836	8,860	89,696	0	0	98,740	28,499

5) Environmental Pollution Control for Other Related Plants (without escalation)

	No. 6 & 7 Cokes Oven Battery		No. 5 & 6 Sintering Plant		No. 5 Blast Furnace Plant		Reheating Furnace Plant		Energy Supply		Total for Env. Pollution Cont.	
	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local
Engineering Fee	1,518	0	1,518	3,133	0	320	0	320	0	0	4,971	0
Equipment & Materials	13,794	6,786	20,490	37,923	4,370	2,520	1,800	4,320	0	0	54,147	12,966
Transportation	731	0	731	2,087	0	132	0	132	0	0	2,950	0
Civil & Erection	0	7,207	7,207	0	9,530	0	1,200	1,200	0	0	17,937	17,937
Contingency	685	0	685	1,896	0	126	0	126	0	0	2,707	0
Sub Total (2)	16,638	13,993	30,631	45,039	13,900	3,098	3,000	6,098	0	0	64,775	30,893

6) Total of Energy Saving and Environmental Pollution Control for Other Related Plants (without escalation)

	No. 6 & 7 Cokes Oven Battery		No. 5 & 6 Sintering Plant		No. 5 Blast Furnace Plant		Reheating Furnace Plant		Energy Supply		Grand Total	
	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local
Engineering Fee	2,937	0	2,937	3,949	0	5,522	0	5,522	0	0	12,408	0
Equipment & Materials	21,961	17,696	39,656	43,899	9,420	70,941	3,600	74,541	0	0	136,801	90,715
Transportation	1,141	0	1,141	2,401	0	3,925	0	3,925	0	0	7,467	0
Civil & Erection	0	8,077	8,077	0	12,340	0	8,260	8,260	0	0	28,677	28,677
Contingency	1,098	0	1,098	2,195	0	3,546	0	3,546	0	0	6,839	0
Grand Total	27,137	25,772	52,909	52,444	21,760	83,934	11,860	95,794	0	0	163,515	59,392



## VII. 費用効果分析

### 1. 全般

#### 1.1. 費用効果分析の範囲

##### 1.1.1 省エネルギー投資の分析

省エネルギー投資については、各工場のモデルプラントについて省エネ設備を設置するという投資が、それによって生まれる省エネルギー効果（エネルギー購入費用の低減）に見合うかどうかを、施主側からみた財務費用便益分析（FIRR）及びルーマニア国側からみた経済費用便益分析（EIRR）の手法により評価を行う。また、モデルプラント以外の各工場に、モデルプラントと同様な省エネルギー対策が適用できるかどうかについても概略な調査を実施したので、これらの財務費用便益分析も参考として示す。

##### 1.1.2 環境投資の分析

環境投資の分析を、省エネ投資のような財務・経済費用便益分析の手法で実施しようとする、環境投資の便益の定量化が必要となるが、これは容易ではない。これは環境的被害と人間の健康、福祉の関係を明らかにする為の定量的データが十分で無いこと、持続的発展を可能とするために現在必要とされる費用の積算データが不十分なこと、美観の改善等の主観的内容に係わる便益の定量化ができないこと等による。このため現在、環境投資を経済的に評価するためのさまざまな手法が検討・考案されており、本件の環境評価に関しては、アジア開発銀行発行の "Economic Analysis of the Environmental Impacts of Development Projects" レポート中の「費用効果分析（Cost Effectiveness Analysis）」<sup>10</sup> 法を適用する。

この費用効果分析手法とは、第一段階としてまず目標を設定し、第2段階と

<sup>10</sup> "Economic Analysis of the Environmental Impacts of Development Projects," The Asian Development Bank, page 31-34.

してこの目標を達成するための最低費用案 (Least Cost) を求めるというものである。例えば、大気汚染レベル、水系感染病媒体への接触頻度の上限、工業施設の廃棄物基準などを目標として設定することが第1段階に相当し、第2段階においては、目標達成のための異なる複数のアプローチに対する費用の分析を試み、その中から費用が最小となる対策を求めて行く。

このように環境投資に伴う便益を金額に置き換えない手法は分析結果が単純な比較で表されないため、投資決定者の経験・知識に基づく判断が必要とされるが、今回のようなケースには、逆に適していると考えられる。尚、省エネ投資を行うことによって同時に環境改善にもつながる投資については、省エネ投資に含めている。

### 1.1.3 操業指導の分析

省エネ・環境投資のうち操業指導のみに依るものについては、設備投資と異なり、効果が相手先への技術移転の度合によって大きく異なり定量的分析は難しい。このため操業指導に係る費用と、予想される最大効果の分析のみを行う。

## 1.2 費用効果分析の前提条件

### (1) 使用通貨及び為替レート

第VI章第3項と同様である。

### (2) 物価上昇

第VI章第3項と同様である。

### (3) プロジェクト期間

モデルプラントに関する財務分析期間は、1995年度より設備建設据付期間4年間、商業運転期間15年間の計19年間とし、1月から12月までの暦年をもって1財務計算年度とする。概略プロジェクトスケジュールは以

下の通りであり、個別のスケジュールに関しては第V章を参照方。

Plant and equipment Construction for Model Plants

Effective date of contract:	January 1, 1995
Completion of the commissioning	December 31, 1998

Plant Operation for Model Plants

Commencement of the commercial operation:	January 1, 1999
---	-----------------

(4) 法人税

ルーマニア国投資法 (Law No. 12/1991) によると、「近代化に係る投資や環境汚染防止を目的とした投資に関しては、その投資金額に基づいた税金の 50 % が控除される」と規定されている。これに関して第2次現地調査時に産業省及びSIDEXにて確認した所、稼働初年度に支払った法人税の 50 % 相当の金額を翌年還付という形で享受できるという事であった。しかしながら、ルーマニアにおいてはこの種のインセンティブは初めての試みでありその具体的取り扱いが不透明である為、今回の分析において上記投資法は適用しない事とする。よって、本財務分析の法人税は、便宜上、ルーマニア国法人税法に従い課税所得に対し 45 % の課税がなされ次年度に納税されるものと前提する。

(5) 一般管理費

下記の間接部門部署に係わる労務費、事務所及び社有住宅減価償却等の一般管理費はゼロとする。

- a) Top management affairs
- b) Administration dept.
- c) Personnel dept.
- d) Finance dept. and SIDEX financial control dept.

e) Commercial dept.

f) Juridical dept.

g) Economic policy & programming dept.

## 2. 省エネルギー投資に関する財務及び経済費用便益分析

### 2.1 対象ケース

省エネルギー投資に係る財務分析は、まず下記のモデルプラント毎に行い最後に省エネトータルに関して行う。

- (1) No. 5 コークスプラント (No. 2 CDQ 含む)
- (2) No. 7 焼結プラント
- (3) No. 6 高炉プラント
- (4) No. 3 熱延加熱炉プラント
- (5) エネルギー供給設備
- (6) 省エネトータル (上記 (1) ~ (5) を総合的に考えたケース)

### 2.2 効果の算定

#### 2.2.1 省エネルギー効果算定条件

第 II 章で記述している様に、省エネ投資を行う目的は外貨にて購買している天然ガス等エネルギー購入量を削減する事である。そこでモデルプラントの省エネ投資に対する効果 (Saving Amounts) を下記の様に考え、エネルギー購入代金節約金額をリターンとして売上金額の如く設定する。<sup>12)</sup>

$$\text{Saving Amounts} = \langle \text{省エネ投資の無い既存設備下でのエネルギー購入金額} \rangle \\ - \langle \text{省エネ投資後のエネルギー購入金額} \rangle$$

各モデルプラントの Saving Amounts の積算開始時期については、資金調達を省エネトータルで 1 ケのパッケージとして考える前提上、各モデルプラント一律、1999 年から開始と考える。そして初年度は 75 %、次の年以降は 100 % の効果が得られるものとする。また、財務費用便益分析上は、物価上昇率を考

<sup>12)</sup> 「経済性工学の応用」千住鎮雄、伏見多美雄著、日本能率協会出版、p13に記述の手法を参考にした。

慮しないベースのみならず、物価上昇率を考慮したベースも考える。物価上昇率を考慮したベースでは、操業開始時点迄の物価上昇率を加味した値を使用し、操業開始後はそれをコンスタント Saving Amounts として使用する。尚、省エネ量の計算ベースとなる各モデルプラントの生産量については、これらの設備が SIDEX の中でもっとも効率の高いものであることから、優先的に活用されると予想され、結果として 1999 年の省エネ設備稼働後の生産量は 2002 年と同じと考える。

### 2.2.2 エネルギーコストの算定

エネルギーコストの算定は SIDEX より受領した 1994 年 9 月迄の直近 6 カ月間の平均エネルギー価格をもとに、下記のように再評価を加え省エネ効果の算定に使用する。詳細は Table VII.2-1. を参照方。

#### (1) コークス用原料炭及び PCI 用石炭

コークス用原料炭及び PCI 用石炭価格については、約 70 % は輸入で賄われており、直近 6 カ月間の平均輸入価格から、60 \$/t とする。

#### (2) コークス

SIDEX から提示されたコークス購入単価は、128 \$/t (塊コークス) および 84 \$/t (粉コークス) と、原料炭との差が大きく固定費を含んだ外販単価と考えられる。一方コークスは現状・将来とも SIDEX 内部の製造分が主体で、外部よりの購入は僅少と考えられる。よって、添付 Diagram VII.2-1. に基づき、固定費を除いた変動費ベースで算定した価格 83.7 \$/t (塊コークス) および 55.3 \$/t (粉コークス) をコークス単価として採用する。この単価に関しては、輸入に依存している原料石炭がコークス単価の中でかなり大きなポーション占める為、塊コークス並びに粉コークスとも輸入価格ベースとする。



### (3) 天然ガス、電力及び副生ガス

製鉄所外部より購入している天然ガスおよび電力は、輸入調達と国内調達の2種類に分かれており、天然ガスは国全体で約13%を輸入し、電力はSIDEX自体で約60%を輸入している。両者とも価格変動は大きいですが、基本的には輸入と国産は同一価格に収斂すると考えられる。今回、天然ガス価格については、省エネ対策後は輸入している天然ガスを削減出来る為、輸入価格を採用し、 $90\$/\text{KNm}^3$ とする。購入電力に関しては、国内電力会社(RENEL)から購入する価格が、SIDEXが直接海外の電力会社と契約している価格よりもUSドルベースでは高くなる為、省エネ対策後は国内電力会社からの購入分を減少させるとの前提で、ドルベースの国内価格を採用し、 $40.61\$/\text{MWh}$ とする。副生ガス価格については、基本的には国内価格とし、天然ガス価格ベースによるカロリー換算値を採用し、BFGは $14,760\text{ Lei}/\text{KNm}^3$ 、COGは $78,400\text{ Lei}/\text{KNm}^3$ とする。

### (4) 蒸気

蒸気については、既存設備下では自家発生しているものの、10%は外部(RENEL)購入に依存している。蒸気の入力価格(エネルギーコスト)は燃料や電力に比べて割高な数値となっており、新しいCDQを設置して回収蒸気を増加させれば外部支払い費用の減少に直接繋がるので、社外購入価格(国内価格ベース)を前提とし、高圧蒸気を $27,030\text{ Lei}/\text{Gcal}$ 、中圧蒸気を $17,700\text{ Lei}/\text{Gcal}$ とする。

### (5) 酸素および窒素

酸素および窒素について、SIDEXから提示された価格は、SIDEXの外販価格用であり製造変動費ベースよりも大幅に高く設定されており固定費を含んだ単価と考えられる。今回は、これらの製造が概ね電力によって行われていることから、必要エネルギー原単位に電力価格をかけた変動費(輸入

価格ベース)として算定した国内価格をベースとする。酸素 46,750 Lei / KNm<sup>3</sup>、窒素 27,341 Lei / KNm<sup>3</sup> となる。

### 2.2.3 省エネルギー効果の算定結果

前述の条件を基に計算したモデルプラントの Saving Amounts の総括結果を Table VII.2-2. に示す。尚、設備資金の積算と同様に、高炉送風機の更新 (Item No. 013) による省エネ効果はBlast furnaceに含めている。

## 2.3 所用資金

### 2.3.1 投資額

#### 1) 設備資金

モデルプラントの設備資金は US\$ 186,232,000.- である。詳細は第VI章に述べた通りであり、物価上昇を考慮しないケース及び考慮したケースの両ケースともTable VI.1-1. を参照方。

#### 2) 操業前費用

省エネ設備の操業開始時まで発生する操業前費用として、

a) 入札準備・評価に係るコンサルタント費用

b) 操業前トレーニング費用

を含めた。コンサルタント費用に関しては、各モデルプラント毎 (Energy Supplyは除く) に1名の外国人エンジニアを各モデルプラント契約発効前の4カ月間採用するという前提にて算定した。操業前トレーニング費用に関しては、コークス部門4名1カ月、焼結部門3名1カ月、高炉部門4名1カ月、加熱炉部門3名1カ月、エネルギー・環境統括2名1カ月をルーマニア国外 (日本と想定) にてOff-Site Trainingを行う前提にて算定した。この操業前費用は、繰延資産に計上後、省エネ投資の操業開始後5年間にわたって均等償却されるものとする。

### 3) 増加運転資金

現預金に関しては、現金が必要になった場合には年金利率 20 % の短期借入にて資金調達を行うと前提しゼロとした。また、今回は省エネ投資でありエネルギー購入代金節約金額をリターンとして設定している為、売掛金、購買前渡金、半製品在庫に関してはゼロとして算定した。買掛金に関しては、原料及び修繕用材料等の購入は入荷時までに決済されるものとしてゼロとした。各モデルプラントの実際の製品在庫に関しては、既存システム下での製品在庫を活用出来るという前提にて算定していない。また、今回は基本的に現金決済されるものとし、未払金は発生しないという前提にて考えている。

### 4) 建中期間中の支払金利

省エネ投資資金として調達された長期借入金の建設期間中における金利についても長期借入により賄う事とし、建設が終了する1998 年末に全ての建中金利を元本化する。この建中金利は、操業前費用と同様に繰延資産に計上後操業開始後5年間にわたって均等償却されるものとする。

### 5) 投資額の総括

上記条件により、算定されたモデルプラントの省エネ投資に要する投資額をTable VII.2-3-1. (Without Escalation)、Table VII.2-3-2.(With Escalation) に示す。投資額は内貨分と外貨分にかけてそれぞれ算定した。また年間の資金発生スケジュールをTable VII.2-4-1.(Without Escalation)、Table VII.2-4-2.(With Escalation)に示す。

## 2.3.2 操業中の費用

### 1) 変動費

今回、天然ガス、石炭、電気等の主要原料及び用役以外に必要な潤

滑油等の消耗品を変動費として、各モデルプラントの省エネ投資額の 0.1 % 相当の金額を算定する。

## 2) 労務費

給料、賃金、賞与、福利厚生等の労務費については、SIDEXの 1993 年の実績に基づくものとして、Table VII.2-5. に示す。尚、コークス部門、加熱炉部門、エネルギー供給部門の労務費に関しては、既存システム下での労働力を活用出来るという前提にてゼロと設定する。

## 3) 修繕費

各モデルプラントの修繕費は、修繕費材料・労務費等からなるが、各モデルプラントの省エネ投資額の 2 % をそれぞれの年間所要修繕費とする。

## 4) 減価償却費

対象を2つの種別に分ける。詳細を下表に示す。

---

(1) Rights on Know-how :	equal installments for five (5) years
Content:	Engineering Fee
Method :	Straight-line method
(2) Equipment & Materials:	equal installments for fifteen (15) years
Content:	Machinery and Equipment
Method :	Straight-line method

## 5) 繰延資産の償却

操業前費用及び建中金利は繰延資産として、5 年間定額で償却されるものとする。

## 6) 操業中の費用の総括

上記条件にて算定したモデルプラントの操業中の費用の結果をまとめて、Table VII.2-6-1. (Without Escalation)、Table VII.2-6-2. (With Escalation) に示す。

## 2.4 資金調達

### 2.4.1 資本金

現在、ルーマニア国では長期借入金が存在しない為、本調査では各モデルプラント及び省エネトータルの投資額中の内貨分は、SIDEX社の自己資金で賄われるものと前提した。

### 2.4.2 長期借入金

総投資額から資本金で賄われる部分を差し引いた残額は長期借入金で賄われるものとし、下記の3条件下での借入金を仮定した。

#### CASE A

Interest rate: 3 % per annum

Grace period: 7 年間

Repayment: 18 年間

Equal annual installments for eighteen years after Grace period.

#### CASE B

Interest rate: 5 % per annum

Grace period: 5 年間

Repayment: 10 年間

Equal annual installments for tent years after Grace period

#### CASE C

Interest rate: 15 % per annum

Grace period: 4 年間

Repayment: 8 年間

Equal annual installments for tent years after Grace period

### 2.4.3 資金調達の要約

ケース毎の省エネ投資総額に係る資金調達の概要はTable VII.2-7-1. (Without

Escalation)、Table VII.2-7-2. (With Escalation) に示す。

#### 2.4.4 長期借入金に係る為替変動回避策

長期借入金の借入通貨が未定の現段階において為替変動回避策を述べることは困難であるが、一般的に下記の回避策（ミニマイズ化）が考えられるので、プロジェクトの実現段階ではこれらを考慮する事を勧める。

- a) 国際金融市場における為替安定通貨へのスワッピング
- b) 国際外貨為替市場における為替予約
- c) 製品の輸出により得られた外貨による直接外貨決済（外貨間決済）

#### 2.5 内部財務収益率手法に基づく費用便益分析

##### 2.5.1. 内部財務収益率(FIRR)手法の定義

施主側からみた財務費用便益分析に関しては、投下資金に対する内部財務収益率（Financial Internal Rate of Return : FIRR）で評価する。内部財務収益率とは、投資の現在価値とそれによって得られるリターンの現在価値とを等しくさせる割引率であって、下式により求められたRが内部財務収益率である。

$$\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+R)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+R)^t}$$

$I_t$  : t年度における投資コスト

$S_t$  : t年度におけるリターン

又、これにより以下の通り、総投資額に対する内部財務投資率（FIRR）を計算する。

$$\text{FIRR} = \frac{\text{税引前利益} + \text{減価償却費} + \text{繰延資産償却費} + \text{支払利息} - \text{受取利息} + \text{プロジェクト最終年度における固定資産及び棚卸資産の帳簿価格} + \text{プロジェクト最終年度における運転資金}}{\text{総投資額}}$$

## 2.5.2. 内部財務収益率

各モデルプラント毎の内部収益率の計算結果を Table VII.2-8-1.(Without Escalation)、Table VII.2-8-2. (With Escalation) にまとめ、また特に重要な数値である省エネトータルの内部財務収益率を下記に要約した。製鉄のような基礎産業では一般的にFIRRは 8~15 %の範囲であり、また省エネプロジェクトは概して資本の回転率が早い為に投資の回収率が良いと云われている。最も注目すべき指標である、FIRRは、ローンの条件CASE A、B、Cの相違により異なるものの、省エネトータルのCASE Aでは19.5 % (Without Escalation), 21.0 % (With Escalation)、CASE Bで19.2 % (Without Escalation), 20.6 % (With Escalation)、CASE Cで 17.2 % (Without Escalation), 18.6 % (With Escalation)、であり、基本的に全CASEとも feasible といえる。1994年9月30日付けの6カ月LIBORが5.6%であるので、本プロジェクトではLIBORを12~15%上回り、種々のリスクを勘案する必要はあるものの、銀行に預金するよりもこのプロジェクトに投資する方が収益率が良いと云える。尚、代表例として、省エネトータル(Without Escalation)のCASE A, B, C毎のキャッシュフロー、損益計算書、貸借対照表を Appendix-2 に示す。

Financial Internal Rate of Return on Total Energy Saving (Model Plants)

	< Without Escalation >	< With Escalation >
CASE A	19.5 %	21.0%
CASE B	19.2 %	20.6%
CASE C	17.2 %	18.6%

## 2.6 感度分析

代表ケースとしてモデルプラントの省エネトータルのCASE毎のFIRRの Saving Amounts 並びに投資コストに対する感度分析を Fig VII.2-1-1.~ Fig VII.2-3-1. (Without Escalation)、Fig VII.2-1-2.~ Fig VII.2-3-2. (With Escalation) に示す。

これにより、Saving amount が 5%~20% 程度下落しても本プロジェクトの収益性は保てるものと判断出来る。また、投資コストが 5%~20% 上昇しても本プロジェクトの収益性は保てるものと判断出来る。

## 2.7 省エネルギー投資に関する経済評価

モデルプラントの省エネルギー・トータル投資に関し、プロジェクトが履行される国の立場からの費用と便益をEIRR (Economic Internal Rate of Return) をベースに経済分析を行うに際して、主な論点はリターンとしてのSaving Amountsの算出根拠となるエネルギーコストである。今回、資源の最適配分価格として、天然ガス、電力、Coking Pit Coal, Energetic Coalの国際価格をDiagram VII.2-2. の如く求め、それをベースとしてEIRRを求める。その結果を下記に示すが、Shadow Wageを用いた賃金の修正、Shadow Exchange Coefficientを用いた為替レート等の修正等は、ルーマニア国経済が資本主義体制へ移行している途上であるため、情報が十分整備されているとは言い難く、また省エネルギー投資前の既存システム下での費用を埋没コストと見做している関係上、経済価格転換率を乗ずる必要のある新規インプットのインパクトは極めて少ない為、今回はFIRRと同様の前提を使用する。

### Economic Internal Rate of Return on Total Energy Saving (Model Plants)

	< Without Escalation >	< With Escalation >
CASE A	21.3 %	22.8 %
CASE B	20.9 %	22.4 %
CASE C	18.9 %	20.4 %



## 2.8 関連プラントへの波及評価

### 2.8.1 全般

モデルプラントに対する対策がモデル以外の工場にも波及出来るかどうかについて、概略の調査を行った。対象は、コークス工場（含む CDQ 及び化成工場）、焼結工場及び高炉であり、その技術的評価は第 IV 章 7 項に示す通りである。これに関し、以下のように財務評価を行った。但し、本2.8項では、モデルプラントに関するデータ及び分析は含まない。

### 2.8.2 財務評価用資料

モデルプラントの対策を関連工場に適用した場合の設備費用はUS\$ 127,238,000.-、省エネルギー効果は年間 US\$ 21,095,600.- である。これらの詳細はTable VII.2-9. を参照方。モデルプラントの対策を関連工場に適用する場合の建設スケジュールは、モデルプラントの建設が完了した後とし、期間は4年と設定した。

### 2.8.3 モデルプラントの関連工場に対する波及効果に係る分析

各モデルプラントの対策をモデル以外の工場に波及させた場合の内部財務収益率を Table VII. 2-10-1. (Without Escalation)、VII.2-10-2. (With Escalation) に示す。また、省エネ全体でどの位の定量的波及効果があるのかをマクロ的に把握しやすくする為に、全関連工場を対象とした内部収益率の総計を下記に示す。

Financial Internal Rate of Return on Related Plants for Energy Saving to which the measurements of Model Plants are extended (Related Plants)

	< Without Escalation >	< With Escalation >
CASE A	8.9 %	10.0 %
CASE B	8.6 %	9.7 %
CASE C	7.1 %	8.1 %

モデルプラントのモデル以外の工場に対する波及効果に関しては、FIRRの数値が示す通り内部収益率の観点からは feasible とは云い難い数値である。これは、モデルプラントがもっとも生産性が高く重点的に稼働させられる設備であり、その分省エネ効果が上がり易いこと及びその他の工場には老朽化が激しいものがあり、省エネ対策の効果がモデルプラントほど期待できないこと等の理由による。ただ、モデルプラントに対する調査と異なり、他の工場への波及効果調査は、あくまでも概略のものであり、エネルギー価格が予想より上昇したような場合には、feasible になる可能性もあり、その際には詳細な調査を行うことが望まれる。

尚、コークス炉に関しては、FIRR -With Escal. がCASE A - Cとも 20% を超えており収益率が良く、No.5 コークス炉の No.6, 7 炉 (含むCDQ) への波及効果としては財務的に feasible と云える。

### 3. 環境投資に関する分析

#### 3.1 費用効果分析 (Cost Effectiveness Analysis)

##### 3.1.1 全般

現在の環境規制を含めた環境政策の戦略を国別に見た場合、Best Available Control Technology (BACT) を核とした米国、Best Practical Means (BPM) approach を核とした英国、BACTとPrecautionary approach を核としたEU等、地域によって考え方が様々である。一方、環境投資に係る効果の評価に関しても、これまで種々の手法<sup>85</sup>が学術的観点から考えられている。これは環境投資の直接的及び間接的な便益費用、特に外部経済効果 (Externalities) を含めた便益費用の経済分析評価が難しい状況にある為である。

本調査では、第VII章 1.1.2 項で述べた様に、費用効果分析手法を採用するものとし、最初の目標設定に関しては、当初はルーマニア国が規制等を有していないとの前提にて短・中・長期的観点からの環境汚染防止対策プログラムを策定する意向であったが、ルーマニア国が既にEU並の環境基準を所有していることより、それを遵守する事を目標として設定した。

次に、その目標を達成する為の対策に関しては、排ガスのSO<sub>x</sub> 対策以外は、技術的な選択肢は少なく、集塵装置、排水フェノール・シアン対策等は第三章で述べられている対応技術が一般的であり、これを用いて部分改造もしくは新規設備更新を実施するのか、しないのかという二者択一的な種類のものである。

コークス炉及び焼結炉のNO<sub>x</sub> に関しては、省エネルギー対策を実施することで7年後ベースの排ガス規制値をクリア出来るため、この対策が最小費用対策となることは明らかである。

焼結炉のSO<sub>x</sub> に関しては、乾式法の脱硫装置を本調査では推薦しているが、これに関する技術的な代案としては、湿式法の脱硫装置がある。これは脱硫率も高く、設備費用も同等であるが、乾式法では必要なかった排水処理が必要と

<sup>85</sup>

\*Economics of Natural Resources and the Environment,\* 1990 David W. Pearce and R. Kerry Turner, The Johns Hopkins University Press, U.S.A.によると Valuation methodology, Cost-benefit approaches, Willingness-to-pay versus willingness-to-accept approach, Least-cost methodology 等がある

なるため、経済的観点並びに2次の汚染を防止するという観点からは乾式法の方が優れている。このSO<sub>x</sub>対策については、第2次現地調査時に相手先のSIDEXと以上のような議論を十分に行い、彼らの意向を踏まえた上で最終的に乾式法を採用した。

上記のように、ルーマニアの環境基準を遵守する為の複数の技術手段の検討を行い、それぞれについて費用分析を行って、最終的に最低費用案としての所用資金（設備資金並びに操業中の費用）を下記の通り積算した。

### 3.1.2 設備資金

最低費用案としてのモデルプラントの設備資金とモデル以外の関連工場環境対策に係る設備資金に関して、省エネ投資と同じ前提にて積算しその結果を下記Table VII.3-1に示す。詳細は、Table VI.1-2.を参照方。但し、物価上昇は考慮していない。

Table VII. 3-1. : Sorted Capital Cost for Environmental Pollution Control

A) Model Plants		(Unit: K US\$/Year)
a) Modification of Equipment		32,121.-
b) Renewal of Equipment		45,979.-
Total		78,100.-
B) Other Related Plants		(Unit: K US\$/Year)
a) Modification of Equipment		28,362.-
b) Renewal of Equipment		67,306.-
Total		95,668.-

### 3.1.3 操業中の費用

モデルプラント及び、モデル以外の工場に環境投資を行う事で新たに操業中の変動費として 下記のTable VII.3-2. に示す電気代及び焼結脱硫装置用のActive Coke (モデルプラントでUS\$ 3,000,000.-/y、モデル以外の工場でUS\$ 2,300,000.-/y)が毎年必要となる。

Table VII. 3-2. : Variable Cost on Investment for Environmental Pollution Control for Model Plant and Other Related Plant

A) Model Plant		(Unit: US\$/Year)
No. 5 Cokes Oven Battery Plant		426,000.-
No.7 Sintering Plant		3,564,000.-
No.6 Blast Furnace		560,000.-
Total		4,550,000.-

B) Other Related Plant		(Unit: US\$/Year)
No. 5 Cokes Oven Battery Plant		589,000.-
No.7 Sintering Plant		2,730,000.-
No.6 Blast Furnace		374,000.-
Total		3,693,000.-

### 3.2 環境投資の評価

本調査では、上記の3.1項に述べた如く費用効果分析アプローチに基づいた評価をおこなったが、これは効果に関して貨幣価値を求める事はせず、定性的あるいは物理的に表し、その効果と費用を比較しようとするものである。よって、投資金額等の資金的観点 (Monetary viewpoint)、規制等の法律的観点 (Law viewpoint)、そして汚染物質の削減可能量等の技術的観点 (Science viewpoint) の3点を総合的に鑑みて、投資の実行者が、その実行の是非を判断することが求められている。

尚、参考迄に、モデルプラントの省エネ投資額に環境投資額を加え、効果としては省エネ対策に係る Saving Amounts のみをリターンとして設定した場合の内部財務収益率 (With Escalation) を試算したので、その要約をTable VII.3-3. に示す。下記数値は、本調査の対象である省エネ・環境対策の総投資額に対して、プロジェクトを履行する施主の立場から少なくともこの数値の収益率が確保出来るという意味合いを持つ。

Table VII.3-3. : Financial Internal Rate of Return on Total Project

	< Without Escalation >	< With Escalation >
CASE A	9.9 %	10.8 %
CASE B	9.4 %	10.3 %
CASE C	7.0 %	7.9 %

#### 4. 操業指導に関する分析

##### 4.1 所用資金

操業指導に係る資金の要約を Table VII.4-1. に示す。操業指導に係る資金に関しても、省エネ投資・環境投資同様 1994 年 9 月の時点での積算である。但し、物価上昇率は考慮していない。

Table VII.4-1. Cost on Operational Assistance

	(Unit: US\$)
No. 5 Cokes Oven Battery Plant	310,000.-
No.6 Blast Furnace Plant	250,000.-
Total	560,000.-

##### 4.2 操業指導に係る定量的効果

操業指導に係る定量的効果に関しては、技術移転がどの程度浸透し如何に適切な操業に貢献出来るかという分析を前提として評価すべきであるが、これを正確に示すことは不可能である。よって、100 % 技術移転が行われると前提した場合の効果を参考までに Table VII.4-2. に示す。

Table VII.4-2. Effect of Operational Assistance

	(Unit: US\$/Year)
No. 5 Cokes Oven Battery Plant	327,000.-
No.6 Blast Furnace Plant	9,283,000.-
Total	9,610,000.-

## 5. 経済効果

### 5.1 外貨節約効果

本調査では、省エネ財務分析に用いた物価上昇率を加味していないSaving Amounts 中の外貨分(85.03%)が直接の外貨節約効果となる。純外貨節約額については、このSaving Amounts 外貨分から、外貨借入金の返済と金利支払い及び潤滑油等変動費の外貨支払額を差し引いたものがそれにあたるとしてして算定する。計算結果に関しては、Table VII.5-1. に示す通りであり、CASE Aで総額 US\$ 556,714,000.-、年間平均 US\$ 37,114,000.-の外貨、CASE Bで総額 US\$ 546,320,000.-、年間平均 US\$ 36,421,000.-の外貨、CASE Cで総額 US\$ 438,119,000.-、年間平均 US\$ 29,208,000.-の外貨が節約出来る。

### 5.2 環境改善とその技術的・教育的波及効果

第 III 章で述べた様に、本調査に基づく環境対策を実施することで大気、水質、廃棄物に関するガラチ製鉄所からの公害排出を抑制することが可能となり、それが引いては周辺地域並びに職場の環境改善に貢献する。また、本プロジェクトは、ルーマニア国の製鉄業の環境改善の皮切りになるものであり、これらハード及びソフト技術は国内の他の製鉄所のみならず、近隣諸国の製鉄所にも影響を与えるであろう。さらに環境改善技術は製鉄業のみに適用されるものではないため、他産業へも適用され、それに伴う環境保全思想の普及と共に、ルーマニア国及び近隣諸国の環境改善に大きな役割を担うことになることと期待される。環境改善が、生態学的基盤を保全する義務を遵守する生産体系確立の基礎となり、ガラチ製鉄所周辺住民の、ひいてはルーマニア国民の環境に関する意識を向上を促すことを望む。

### 5.3 省エネルギー技術の向上と資源の有効利用

本調査に基づく省エネ対策の実施は、エネルギーの安定供給を生み出すこと

になり、ガラチ製鉄所のみならずルーマニア国全体の産業構造の改善に寄与するであろう。適切なエネルギーの使用を促し、既存資源の有効利用を可能にし、さらにエネルギー消費に伴う環境汚染物質発生量の減少にも繋がることから環境改善にも寄与する。

#### 5.4 省エネ環境投資による他産業への波及効果

本計画が実現した場合、付加的な経済及び社会的便益として省エネ技術・環境改善技術がルーマニア国全体に広がることが予想され、製鉄業だけでなく、それと深い関わりを持つ下記の産業への波及効果が期待される。

- a) 建設業
- b) 配管等を含む工事業
- c) 輸送業補修整備業
- d) 各種部品製造業



Table VII. 2-1. Energy price of SIDEX

Item	Energy Unit Price		Carollific Value	Unit price (\$/Gcal)
	\$	Lei		
COKING COAL	60.00		7,000 kcal/kg	8.57
ENERGETIC COAL	45.00		6,000 kcal/kg	7.50
COKE (BLAST FURNACE)	83.64	138,000	6,300 kcal/kg	13.28
COKE (SINTERING PLANT)	55.27	91,200	6,300 kcal/kg	8.77
TAR	40.61	67,000	8,500 kcal/kg	4.78
LIGHT OIL	116.97	193,000		
BTX	123.64	204,000		
NH3	30.30	50,000		
NATURAL GAS	90.00		8,050 kcal/Nm <sup>3</sup>	11.18
ELECTRIC POWER	40.61	67,000	2,450 kcal/kWh	16.57
HIGH PRESSURE STEAM	16.38	27,030	35-40 ata	16.38
MID. PRESSURE STEAM	10.73	17,700	8-13 ata	10.73
BFG	8.95	14,760	800 kcal/Nm <sup>3</sup>	11.18
COG	47.52	78,400	4,250 kcal/Nm <sup>3</sup>	11.18
O2	28.33	46,750	1,710 kcal/Nm <sup>3</sup>	16.57
N2	16.57	27,341	1,001 kcal/Nm <sup>3</sup>	16.55
AIR	16.57	27,340	1,000 kcal/Nm <sup>3</sup>	16.57

(Exchange Rate : 1 \$ = 1,650 Lei)

Diagram VII. 2-1. コークス価格の算定

平均コークス歩留り	;	75.0 %
COG発生原単位	;	305 Nm <sup>3</sup> /t
ナール歩留り	;	2.9 %
軽油歩留り	;	1.0 %
777歩留り	;	0.2 %

燃料原単位	;	669 x 10 <sup>3</sup> kcal/t
電力原単位	;	32 kWh/t
蒸気原単位	高圧 ;	378 kg/t
	中圧 ;	143 kg/t

石炭価格	;	60 \$/t
COG価格	;	11.18 \$/10 <sup>6</sup> kcal
ナール価格	;	67,000 ¥/t
軽油価格	;	193,000 ¥/t
777価格	;	50,000 ¥/t

燃料価格	;	11.18 \$/10 <sup>6</sup> kcal
電力価格	;	67.0 ¥/kWh
蒸気価格	高圧	27,030 ¥/t
	中圧	17,700 ¥/t

: 平均コークス単価 =  $\frac{\text{石炭価格} + \text{加工コスト} - (\text{COG, ナール, 777等副産物控除})}{\text{平均コークス歩留り}}$   
(変動費)

$$= 79.5 \text{ \$/t}$$

: 粉コークス価格 = 塊コークス価格 × 0.66 (現状の価格比)

塊コークスの割合を 85%、粉コークスの割合を 15% と前提し、平均コークス単価を配分すると各々の価格は下記の様になる。

塊コークス価格	=	83.8	\$/t
粉コークス価格	=	55.3	\$/t

と算定される。

Table VII. 2-2. Summary for Saving Amounts

(Unit: K US\$/Year)

Sect	Measurement for Energy Saving	Basic Saving Amounts	Escalated Saving Amounts
1)	No. 5 Coke Oven Battery Plant	6,583.55	7,632.14
2)	No.7 Sintering Plant	6,024.35	6,983.87
3)	No.6 Blast Furnace Plant	30,216.09	35,028.73
4)	No.3 Reheating Furnace Plant	11,313.00	13,114.87
5)	Energy Supply	4,950.00	5,738.41
<b>TOTAL FOR ENERGY SAVING</b>		<b>59,086.99</b>	<b>68,498.02</b>

The escalated saving amounts are calculated by multiplying the basic ones by an escalation factor, 1.03<sup>5</sup>.

Table VII.2-3-1. Summary for Escalated Capital Cost, Preoperation Cost, and IDC (Without Escalation)

(Unit: K US\$)

	Capital Investment			Pre-Operation cost			IDC			TTL		
	F. Portion	L. Portion	Sub-TTL	F. Portion	L. Portion	Sub-TTL	F. Portion	L. Portion	Sub-TTL	F. Portion	L. Portion	TTL
<b>No.5 Coke Oven Battery Plant</b>												
Case A	6,769	17,129	23,898	389	0	389	302	0	302	7,460	17,129	24,589
Case B	6,769	17,129	23,898	389	0	389	510	0	510	7,668	17,129	24,797
Case C	6,769	17,129	23,898	389	0	389	1,608	0	1,608	8,766	17,129	25,895
<b>No.7 Sintering Plant</b>												
Case A	7,830	7,430	15,260	339	0	339	686	0	686	8,855	7,430	16,285
Case B	7,830	7,430	15,260	339	0	339	1,166	0	1,166	9,335	7,430	16,765
Case C	7,830	7,430	15,260	339	0	339	3,846	0	3,846	12,015	7,430	19,445
<b>No. 6 Blast Furnace Plant</b>												
Case A	70,620	19,270	89,890	389	0	389	3,604	0	3,604	74,613	19,270	93,883
Case B	70,620	19,270	89,890	389	0	389	6,077	0	6,077	77,086	19,270	96,356
Case C	70,620	19,270	89,890	389	0	389	19,283	0	19,283	90,292	19,270	109,562
<b>No.3 Reheating Furnace</b>												
Case A	10,175	8,584	18,759	339	0	339	978	0	978	11,492	8,584	20,076
Case B	10,175	8,584	18,759	339	0	339	1,665	0	1,665	12,179	8,584	20,763
Case C	10,175	8,584	18,759	339	0	339	5,560	0	5,560	16,074	8,584	24,658
<b>Energy Supply</b>												
Case A	29,767	8,658	38,425	100	0	100	1,640	0	1,640	31,507	8,658	40,165
Case B	29,767	8,658	38,425	100	0	100	2,768	0	2,768	32,635	8,658	41,293
Case C	29,767	8,658	38,425	100	0	100	8,840	0	8,840	38,707	8,658	47,365
<b>Total for Energy Saving</b>												
Case A	125,161	61,071	186,232	1,556	0	1,556	7,210	0	7,210	133,927	61,071	194,998
Case B	125,161	61,071	186,232	1,556	0	1,556	12,186	0	12,186	138,903	61,071	199,974
Case C	125,161	61,071	186,232	1,556	0	1,556	39,137	0	39,137	165,854	61,071	226,925

Table VII.2-3-2. Summary for Escalated Capital Cost, Preoperation Cost, and IDC (With Escalation)

(Unit: K US\$)

	Capital Investment			Pre-Operation cost			IDC			TTL		
	F. Portion	L. Portion	Sub-TTL	F. Portion	L. Portion	Sub-TTL	F. Portion	L. Portion	Sub-TTL	F. Portion	L. Portion	TTL
<b>No.5 Coke Oven Battery Plant</b>												
Case A	7,430	18,783	26,213	420	0	420	327	0	327	8,177	18,783	26,960
Case B	7,430	18,783	26,213	420	0	420	551	0	551	8,401	18,783	27,184
Case C	7,430	18,783	26,213	420	0	420	1,738	0	1,738	9,588	18,783	28,371
<b>No.7 Sintering Plant</b>												
Case A	8,253	7,841	16,094	353	0	353	720	0	720	9,326	7,841	17,167
Case B	8,253	7,841	16,094	353	0	353	1,222	0	1,222	9,828	7,841	17,669
Case C	8,253	7,841	16,094	353	0	353	4,031	0	4,031	12,637	7,841	20,478
<b>No. 6 Blast Furnace Plant.</b>												
Case A	76,818	20,789	97,607	414	0	414	3,883	0	3,883	81,115	20,789	101,904
Case B	76,818	20,789	97,607	414	0	414	6,544	0	6,544	83,776	20,789	104,565
Case C	76,818	20,789	97,607	414	0	414	20,751	0	20,751	97,983	20,789	118,772
<b>No.3 Reheating Furnace</b>												
Case A	10,638	8,974	19,612	348	0	348	1,019	0	1,019	12,005	8,974	20,979
Case B	10,638	8,974	19,612	348	0	348	1,736	0	1,736	12,722	8,974	21,696
Case C	10,638	8,974	19,612	348	0	348	5,790	0	5,790	16,776	8,974	25,750
<b>Energy Supply</b>												
Case A	32,249	9,380	41,629	113	0	113	1,759	0	1,759	34,121	9,380	43,501
Case B	32,249	9,380	41,629	113	0	113	2,968	0	2,968	35,330	9,380	44,710
Case C	32,249	9,380	41,629	113	0	113	9,475	0	9,475	41,837	9,380	51,217
<b>Total for Energy Saving</b>												
Case A	135,388	65,767	201,155	1,648	0	1,648	7,708	0	7,708	144,744	65,767	210,511
Case B	135,388	65,767	201,155	1,648	0	1,648	13,021	0	13,021	150,057	65,767	215,824
Case C	135,388	65,767	201,155	1,648	0	1,648	41,785	0	41,785	178,821	65,767	244,588

Table VII. 2-4-1. Summary for Annual Project Costs (Without Escalation)

Rate of escalation = 0.00%

A) CAPITAL INVESTMENT (Escalated)

		1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL	
No. 5 Coke Oven Plant	Total of Foreign (W/Esc)	0	1,436	3,360	2,634		7,430	28.3%
	Total of Local (W/Esc)	0	3,634	9,160	5,989		18,783	71.7%
	Sub Total		5,070	12,520	8,623		26,213	
No. 7 Sintering Plant	Total of Foreign (W/Esc)	2,342	3,337	574			8,253	51.3%
	Total of Local (W/Esc)	2,187	4,843	811			7,841	48.7%
	Sub Total	4,529	10,180	1,385			16,094	
No. 6 Blast Furnace Plant	Total of Foreign (W/Esc)	1,056	23,788	37,299	14,675		76,818	76.7%
	Total of Local (W/Esc)	1,557	7,881	9,177	2,174		20,789	21.3%
	Sub Total	2,613	31,669	46,476	16,849		97,607	
No. 3 Reheating Furnace	Total of Foreign (W/Esc)	5,240	3,398				10,638	54.2%
	Total of Local (W/Esc)	4,421	4,533				8,954	45.8%
	Sub Total	9,661	9,931				19,592	
Energy Supply	Total of Foreign (W/Esc)	0	15,790	9,758	6,701		32,249	77.3%
	Total of Local (W/Esc)	0	4,593	2,838	1,949		9,380	22.5%
	Sub Total	0	20,383	12,596	8,650		41,629	
Energy Saving	Total of Foreign (W/Esc)	8,638	51,749	50,991	24,010		135,388	67.3%
	Total of Local (W/Esc)	8,165	25,504	21,986	10,112		65,767	32.7%
	TOTAL	16,803	77,253	72,977	34,122		201,155	

B) Pre-Operation (Escalated)

		1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL	
No. 5 Coke Oven Plant	Total of Foreign (W/Esc)	195	0	0	225		420	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0	0	0		0	0.0%
	Sub Total	195	0	0	225		420	
No. 7 Sintering Plant	Total of Foreign (W/Esc)	189	0	164			353	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0	0			0	0.0%
	Sub Total	189	0	164			353	
No. 6 Blast Furnace Plant	Total of Foreign (W/Esc)	189	0	0	225		414	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0	0	0		0	0.0%
	Sub Total	189	0	0	225		414	
No. 3 Reheating Furnace	Total of Foreign (W/Esc)	189	159				348	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0				0	0.0%
	Sub Total	189	159				348	
Energy Supply	Total of Foreign (W/Esc)	0	0	0	113		113	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0	0	0		0	0.0%
	Sub Total	0	0	0	113		113	
Pre-Operation Total	Total of Foreign (W/Esc)	762	159	164	563		1,648	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0	0	0		0	0.0%
	TOTAL	762	159	164	563		1,648	

C) IDC (= Interest During Construction)

		1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL	
No. 5 Coke Oven Plant	Case A (Interest: 3.0%)	3	27	100	197		327	
	Case B (Interest: 5.0%)	5	46	168	332		551	
	Case C (Interest: 15.0%)	15	139	520	1,064		1,738	
No. 7 Sintering Plant	Case A (Interest: 3.0%)	38	157	233	272		700	
	Case B (Interest: 5.0%)	63	263	428	468		1,222	
	Case C (Interest: 15.0%)	190	808	1,385	1,648		4,031	
No. 6 Blast Furnace Plant	Case A (Interest: 3.0%)	19	395	1,323	2,146		3,883	
	Case B (Interest: 5.0%)	31	659	2,219	3,633		6,522	
	Case C (Interest: 15.0%)	93	1,985	6,864	11,809		20,751	
No. 3 Reheating Furnace	Case A (Interest: 3.0%)	81	249	339	350		1,019	
	Case B (Interest: 5.0%)	136	417	577	606		1,736	
	Case C (Interest: 15.0%)	407	1,292	1,903	2,188		5,790	
Energy Supply	Case A (Interest: 3.0%)	0	217	627	893		1,737	
	Case B (Interest: 5.0%)	0	395	1,053	1,520		2,968	
	Case C (Interest: 15.0%)	0	1,184	3,278	5,013		9,475	
Sub Total								
	Case A (Interest: 3.0%)	142	1,065	2,642	3,859		7,708	7.08
	Case B (Interest: 5.0%)	235	1,780	4,445	6,561		13,021	13.021
	Case C (Interest: 15.0%)	705	5,408	13,950	21,722		41,785	41.785

GRAND TOTAL (A)+B)+C)

		1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL	
Total	Total of Foreign (W/Esc)							
	Case A (Interest: 3.0%)	9,542	52,975	53,297	28,432		144,244	144.244
	Case B (Interest: 5.0%)	9,633	33,688	35,600	31,134		150,055	150.057
	Case C (Interest: 15.0%)	10,103	37,316	65,103	46,293		178,821	178.821
	Total of Local (W/Esc)	8,165	25,504	21,986	10,112		65,767	65.767

Table VII. 2-4-2. Summary for Annual Project Costs (With Escalation)

Rate of escalation = 3.00%

A) CAPITAL INVESTMENT (Escalated)

		1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL	
No. 5 Coke Oven Plant	Total of Foreign (W/Esc)	0	1,436	3,360	2,634		7,430	28.3%
	Total of Local (W/Esc)	0	3,634	9,160	5,989		18,783	71.7%
	Sub Total		5,070	12,520	8,623		26,213	
No. 7 Sintering Plant	Total of Foreign (W/Esc)	2,342	5,337	574			8,253	51.3%
	Total of Local (W/Esc)	2,187	4,843	811			7,841	48.7%
	Sub Total	4,529	10,180	1,385			16,094	
No. 6 Blast Furnace Plant	Total of Foreign (W/Esc)	1,056	23,788	37,299	14,673		76,816	78.7%
	Total of Local (W/Esc)	1,557	7,881	9,177	2,174		20,789	21.3%
	Sub Total	2,613	31,669	46,476	16,847		97,607	
No. 3 Reheating Furnace	Total of Foreign (W/Esc)	5,240	5,398				10,638	54.2%
	Total of Local (W/Esc)	4,421	4,553				8,974	45.8%
	Sub Total	9,661	9,951				19,612	
Energy Supply	Total of Foreign (W/Esc)	0	15,790	9,758	6,701		32,249	77.5%
	Total of Local (W/Esc)	0	4,593	2,838	1,949		9,380	22.5%
	Sub Total	0	20,383	12,596	8,650		41,629	
Energy Saving	Total of Foreign (W/Esc)	8,638	31,749	30,991	24,010		135,388	67.3%
	Total of Local (W/Esc)	8,163	23,504	21,986	10,112		63,765	32.7%
	TOTAL	16,801	55,253	52,977	34,122		201,155	

B) Pre-Operation (Escalated)

		1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL	
No. 5 Coke Oven Plant	Total of Foreign (W/Esc)	193	0	0	225		420	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0	0	0		0	0.0%
	Sub Total	193	0	0	225		420	
No. 7 Sintering Plant	Total of Foreign (W/Esc)	189	0	164			353	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0	0			0	0.0%
	Sub Total	189	0	164			353	
No. 6 Blast Furnace Plant	Total of Foreign (W/Esc)	189	0	0	225		414	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0	0	0		0	0.0%
	Sub Total	189	0	0	225		414	
No. 3 Reheating Furnace	Total of Foreign (W/Esc)	189	159				348	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0				0	0.0%
	Sub Total	189	159				348	
Energy Supply	Total of Foreign (W/Esc)	0	0	0	113		113	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0	0	0		0	0.0%
	Sub Total	0	0	0	113		113	
Pre-Operation Total	Total of Foreign (W/Esc)	762	159	164	563		1,648	100.0%
	Total of Local (W/Esc)	0	0	0	0		0	0.0%
	TOTAL	762	159	164	563		1,648	

C) IDC (= Interest During Construction)

		1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL	
No. 5 Coke Oven Plant	Case A (Interest: 3.0%)	3	27	100	197		327	
	Case B (Interest: 5.0%)	5	46	168	332		551	
	Case C (Interest: 15.0%)	15	139	520	1,064		1,738	
No. 7 Sintering Plant	Case A (Interest: 3.0%)	38	157	253	272		720	
	Case B (Interest: 5.0%)	63	263	428	468		1,222	
	Case C (Interest: 15.0%)	190	808	1,385	1,648		4,031	
No. 6 Blast Furnace Plant	Case A (Interest: 3.0%)	19	395	1,323	2,146		3,883	
	Case B (Interest: 5.0%)	31	659	2,219	3,635		6,544	
	Case C (Interest: 15.0%)	93	1,985	6,864	11,809		20,751	
No. 3 Reheating Furnace	Case A (Interest: 3.0%)	81	249	339	350		1,019	
	Case B (Interest: 5.0%)	136	417	577	606		1,736	
	Case C (Interest: 15.0%)	407	1,292	1,903	2,188		5,790	
Energy Supply	Case A (Interest: 3.0%)	0	237	627	895		1,759	
	Case B (Interest: 5.0%)	0	395	1,053	1,520		2,968	
	Case C (Interest: 15.0%)	0	1,184	3,278	5,013		9,475	
Sub Total	Case A (Interest: 3.0%)	142	1,065	2,642	3,859		7,708	7.708
	Case B (Interest: 5.0%)	235	1,780	4,443	6,561		13,021	13.021
	Case C (Interest: 15.0%)	705	5,408	13,950	21,722		41,785	41.785

GRAND TOTAL (A)+(B)+(C)

		1995	1996	1997	1998	1999	TOTAL	
Total	Total of Foreign (W/Esc)							
	Case A (Interest: 3.0%)	9,542	32,973	53,297	28,432		144,244	144.244
	Case B (Interest: 5.0%)	9,633	33,688	53,500	31,154		150,075	150.075
	Case C (Interest: 15.0%)	10,103	57,316	65,103	46,253		178,821	178.821
Total of Local (W/Esc)		8,163	23,504	21,986	10,112		63,765	63.765

Table VII. 2-5. Salaries Levels for Operators in SIDEX

on June 30th, 1994

	Basic salary	Additional salaries for special working conditions	Tax	Pension
	lei (@)	= @ * %	= @ * %	= @ * %
coke-maker	184,000	60	30	3
analyst	184,000	60	30	3
blast-furnace worker	172,500	55	30	3
sintering worker	172,500	55	30	3
locksmith, mechanic, electrician for maintenance	166,750	55	30	3
reheating furnace operator	172,500	55	30	3
Hot Strip Rolling Mill	243,800	50	30	3
engineer (university)	254,150	45	30	3
unskilled worker	126,500	50	30	3



Table VII.2-6-1. Summary for Annual Operation Cost (Without Escalation)

(Unit: K US\$/Year)

	Variable Costs	Labor Cost	Maintenance	Depreciation			TTL
				Engineering	Equip. & Mats	Amortization	
<b>No.5 Coke Oven Battery Plant</b>							
Case A	24.0	0.0	563.3	233.0	1,022.3	138.2	1,980.8
Case B	24.0	0.0	563.3	233.0	1,022.3	179.8	2,022.4
Case C	24.0	0.0	563.3	233.0	1,022.3	399.4	2,242.0
<b>No.7 Sintering Plant</b>							
Case A	43.9	9.6	496.0	184.2	663.1	205.0	1,601.8
Case B	43.9	9.6	496.0	184.2	663.1	301.0	1,697.8
Case C	43.9	9.6	496.0	184.2	663.1	837.0	2,233.8
<b>No. 6 Blast Furnace Plant</b>							
Case A	90.0	23.9	1,798.0	1,014.2	4,546.2	798.6	8,270.9
Case B	90.0	23.9	1,798.0	1,014.2	4,546.2	1,293.2	8,755.5
Case C	90.0	23.9	1,798.0	1,014.2	4,546.2	3,934.4	11,406.7
<b>No.3 Reheating Furnace</b>							
Case A	19.0	0.0	375.0	208.6	923.6	263.4	1,789.6
Case B	19.0	0.0	375.0	208.6	923.6	400.8	1,927.0
Case C	19.0	0.0	375.0	208.6	923.6	1,179.8	2,708.0
<b>Energy Supply</b>							
Case A	38.0	0.0	769.0	403.2	1,812.1	348.0	3,370.3
Case B	38.0	0.0	769.0	403.2	1,812.1	573.6	3,595.9
Case C	38.0	0.0	769.0	403.2	1,812.1	1,788.0	4,810.3
<b>Total for Energy Saving</b>							
	215	34	4,001	2,043	8,967	1,753	17,013
	215	34	4,001	2,043	8,967	2,748	18,009
	215	34	4,001	2,043	8,967	8,139	23,399

(\*) The depreciation of engineering and the amortization are valid for 5 years from the start-up of operations base upon the straight-line method, and the depreciation of equipment and machinery, 15 years.

Table VII.2-6-2. Summary for Annual Operation Cost (With Escalation)

(Unit: K US\$/Year)

	Variable Costs	Labor Cost	Maintenance	Depreciation			TTL
				Engineering	Equip. & Met's	Amortization	
<b>No.5 Coke Oven Battery Plant</b>							
Case A	26.0	0.0	563.3	255.8	1,121.5	149.4	2,116.0
Case B	26.0	0.0	563.3	255.8	1,121.5	194.2	2,160.8
Case C	26.0	0.0	563.3	255.8	1,121.5	431.6	2,398.2
<b>No.7 Sintering Plant:</b>							
Case A	43.9	9.6	496.0	194.2	699.3	214.6	1,657.6
Case B	43.9	9.6	496.0	194.2	699.3	315.0	1,758.0
Case C	43.9	9.6	496.0	194.2	699.3	876.8	2,319.8
<b>No. 6 Blast Furnace Plant</b>							
Case A	98.0	23.9	1,952.0	1,103.2	4,941.5	859.4	8,978.0
Case B	98.0	23.9	1,952.0	1,103.2	4,941.5	1,391.6	9,510.2
Case C	98.0	23.9	1,952.0	1,103.2	4,941.5	4,233.0	12,351.6
<b>No.3 Reheating Furnace</b>							
Case A	20.0	0.0	392.0	218.0	965.6	273.4	1,969.0
Case B	20.0	0.0	392.0	218.0	965.6	416.8	2,012.4
Case C	20.0	0.0	392.0	218.0	965.6	1,227.6	2,823.2
<b>Energy Supply</b>							
Case A	42.0	0.0	833.0	436.8	1,963.2	374.4	3,649.4
Case B	42.0	0.0	833.0	436.8	1,963.2	616.2	3,891.2
Case C	42.0	0.0	833.0	436.8	1,963.2	1,917.6	5,192.6
<b>Total for Energy Saving</b>							
	230	34	4,236	2,210	9,691	1,871	18,272
	230	34	4,236	2,210	9,691	2,934	19,335
	230	34	4,236	2,210	9,691	8,667	25,087

(\*) The depreciation of engineering and the amortization are valid for 5 years, from the start-up of operations base upon the straight-line method, and the depreciation of equipment and machinery, 15 years.

**Table VII. 2-7 : Required Funds**

CASE A	With Escalation (Unit: K US\$/Year)			Without Escalation (Unit: K US\$/Year)		
	Loan	Equity	Total	Loan	Equity	Total
No.5 Cokes Oven Battery Plant	8,177	18,783	26,960	7,460	17,129	24,589
No.7 Sinter Plant	9,326	7,841	17,167	8,855	7,430	16,285
No.6 Blast Furnace Plant	81,115	20,789	101,904	74,613	19,270	93,883
No.3 Reheating Furnace Plant	12,005	8,974	20,979	11,492	8,584	20,076
Energy Supply	34,121	9,380	43,501	31,507	8,658	40,165
<b>Total for Energy Saving</b>	<b>144,744</b>	<b>65,767</b>	<b>210,511</b>	<b>133,927</b>	<b>61,071</b>	<b>194,998</b>
	68.76%	31.24%		68.68%	31.32%	

CASE B	With Escalation (Unit: K US\$/Year)			Without Escalation (Unit: K US\$/Year)		
	Loan	Equity	Total	Loan	Equity	Total
No.5 Cokes Oven Battery Plant	8,401	18,783	27,184	7,668	17,129	24,797
No.7 Sinter Plant	9,828	7,841	17,669	9,335	7,430	16,765
No.6 Blast Furnace Plant	83,776	20,789	104,565	77,086	19,270	96,356
No.3 Reheating Furnace Plant	12,722	8,974	21,696	12,179	8,584	20,763
Energy Supply	35,330	9,380	44,710	32,635	8,658	41,293
<b>Total for Energy Saving</b>	<b>150,057</b>	<b>65,767</b>	<b>215,824</b>	<b>138,903</b>	<b>61,071</b>	<b>199,974</b>
	69.53%	30.47%		69.46%	30.54%	

CASE C	With Escalation (Unit: K US\$/Year)			Without Escalation (Unit: K US\$/Year)		
	Loan	Equity	Total	Loan	Equity	Total
No.5 Cokes Oven Battery Plant	9,588	18,783	28,371	8,766	17,129	25,895
No.7 Sinter Plant	12,637	7,841	20,478	12,015	7,430	19,445
No.6 Blast Furnace Plant	97,983	20,789	118,772	90,292	19,270	109,562
No.3 Reheating Furnace Plant	16,776	8,974	25,750	16,074	8,584	24,658
Energy Supply	41,837	9,380	51,217	38,707	8,658	47,365
<b>Total for Energy Saving</b>	<b>178,821</b>	<b>65,767</b>	<b>244,588</b>	<b>165,854</b>	<b>61,071</b>	<b>226,925</b>
	73.11%	26.89%		73.09%	26.91%	

Table VII. 2-8-1. Summary of FIRR on Energy Saving of Model Plants (Without Escalation)

	CASE A	CASE B	CASE C
1) Cokes Oven Battery	19.1%	19.0%	18.2%
2) Sintering	20.2%	19.9%	17.9%
3) Blast Furnace	21.4%	21.0%	18.9%
4) Reheating Furnace	27.5%	27.0%	24.7%
5) Energy Supply	5.9%	5.6%	4.1%
6) Total (Energy)	19.5%	19.2%	17.2%

The word, FIRR means "Financial Rate of Return."

**Remarks**

**a) Equity Condition**

Since there are no long term loan available locally in Romania at present, this study is examined based upon premise that SIDEX could prepare an amount equivalent to the local portion of inflated project cost as equity and that the remained project costs could be supplemented by foreign loan(s) for each case.

**b) Loan Conditions**

	CASE A	CASE B	CASE C
Interest Rate	3% per annum	5% per annum	15% per annum
Repayment Period	25 years (inclining Grace Period)	15 years (incl. G/P)	12 years (incl. G/P)
Grace period	7 years	5 years	4 years (=Modernization Period)

Table VII. 2-8-2. Summary of FIRR on Energy Saving of Model Plants (With Escalation)

	CASE A	CASE B	CASE C
1) Cokes Oven Battery	20.4%	20.2%	19.5%
2) Sintering	22.1%	21.7%	19.7%
3) Blast Furnace	22.8%	22.4%	20.2%
4) Reheating Furnace	29.5%	29.0%	26.7%
5) Energy Supply	6.8%	6.5%	4.9%
6) Total(Energy)	21.0%	20.6%	18.6%

The word, FIRR means "Financial Internal Rate of Return."

**Remarks**

**a) Equity Condition**

Since there are no long term loan available locally in Romania at present, this study is examined based upon premise that SIDEX could prepare an amount equivalent to the local portion of inflated project cost as equity and that the remained project costs could be supplemented by foreign loan(s) for each case.

**b) Loan Conditions**

	CASE A	CASE B	CASE C
Interest Rate	3% per annum	5% per annum	15% per annum
Repayment Period	25 years (including Grace Period)	15 years (incl. G/P)	12 years (incl. G/P)
Grace period	7 years	5 years	4 years(=Modernization Period)

## CASE A (FIRR W/O Escal.)

FIRR ON INVESTMENT (Before Tax)

---

Analysis Item(s)	-20.00	-10.00	-5.00	Base Case	5.00	10.00	20.00
Investment	23.43	21.33	20.41	19.54	18.73	17.98	16.60
Sales Amount	15.57	17.52	18.60	19.54	20.45	21.36	23.09
Variable Cost	19.56	19.55	19.55	19.54	19.54	19.54	19.53
Production	15.59	17.63	18.60	19.54	20.46	21.35	23.08

---

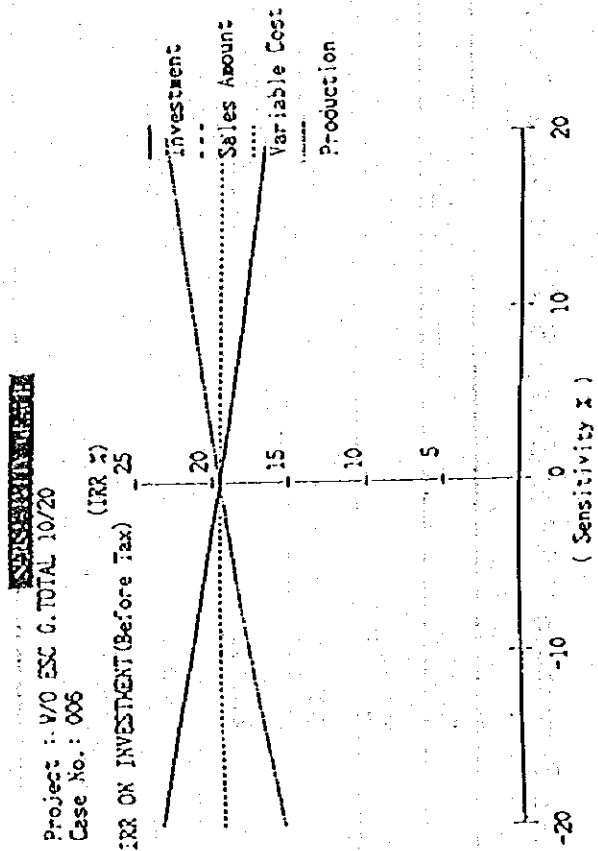


Fig. VII.2-1-1. Case A : Sensitivity analysis (without escalation)

## CASE B (FIRR W/O Escal.)

FIRR ON INVESTMENT (Before Tax)

---

Analysis Item(s)	-20.00	-10.00	-5.00	Base Case	5.00	10.00	20.00
Investment	22.89	20.88	19.99	19.16	18.37	17.63	16.29
Sales Amount	15.22	17.25	18.22	19.16	20.07	20.96	22.57
Variable Cost	19.17	19.16	19.16	19.16	19.15	19.15	19.14
Production	15.23	17.26	18.22	19.15	20.07	20.95	22.66

---

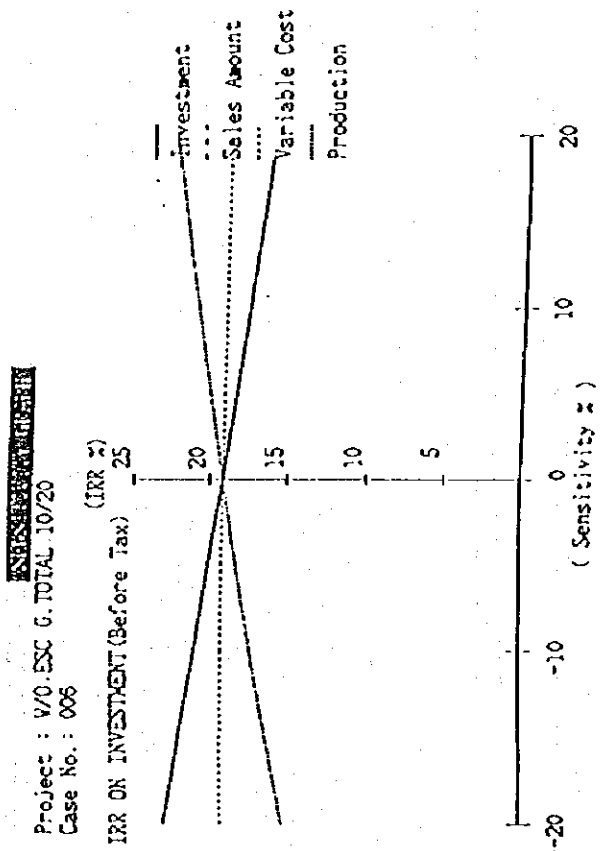


Fig. VII.2-2-1. Case B : Sensitivity analysis (without escalation)

## CASE C (FIRR W/O Escal.)

FIRR ON INVESTMENT (Before Tax)

---

Analysis Item(s)	-20.00	-10.00	-5.00	Base Case	5.00	10.00	20.00
Investment	20.30	18.67	17.93	17.24	16.55	15.90	14.72
Sales Amount	13.45	15.40	16.33	17.24	18.11	18.97	20.62
Variable Cost	17.25	17.24	17.24	17.24	17.23	17.23	17.22
Production	13.46	15.41	16.34	17.24	18.11	18.96	20.60

---

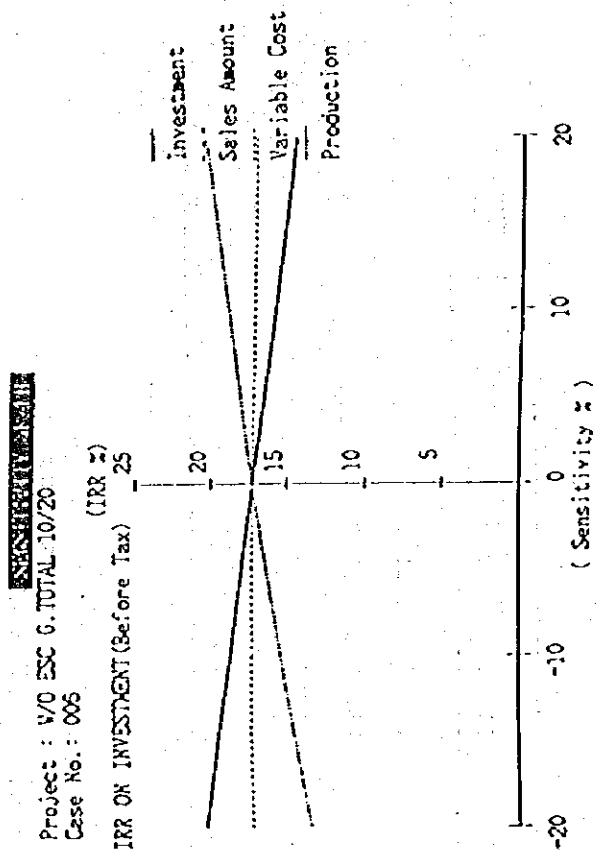


Fig. VII.2-3-1. Case C ; Sensitivity analysis (without escalation)



# CASE A (FIRR W/ Escal.)

**FIRR ON INVESTMENT(Before Tax)**

Analysis Item(s)	-20.00	-10.00	Sensitivity (%) -5.00 Base Case	5.00	10.00	20.00
Investment	25.05	22.86	21.89	20.99	20.15	19.36
Sales Amount	16.88	19.00	20.01	20.99	21.95	22.87
Variable Cost	21.00	21.00	20.99	20.99	20.99	20.98
Production	16.89	19.01	20.01	20.99	21.94	22.87

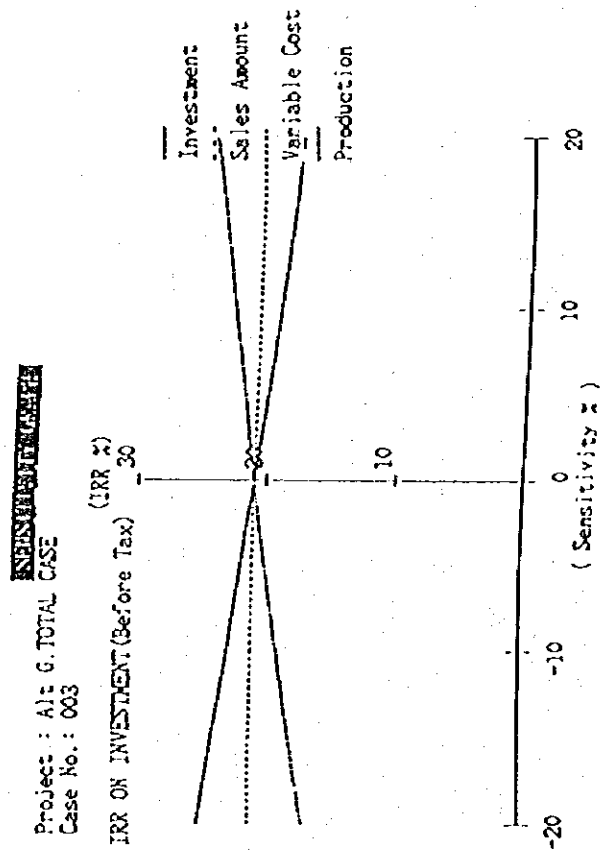


Fig. VII.2-1-2. Case A : Sensitivity analysis (with escalation)

## CASE B (FIRR W/ Escal.)

FIRR ON INVESTMENT (Before Tax)

---

Analysis Item (s)	-20.00	-10.00	-5.00 Base Case	5.00	10.00	20.00
Investment	24.50	22.40	21.46	20.59	19.77	17.60
Sales Amount	16.51	18.62	19.62	20.59	21.54	24.24
Variable Cost	20.61	20.60	20.60	20.59	20.59	20.58
Production	16.53	18.62	19.62	20.59	21.54	24.23

---

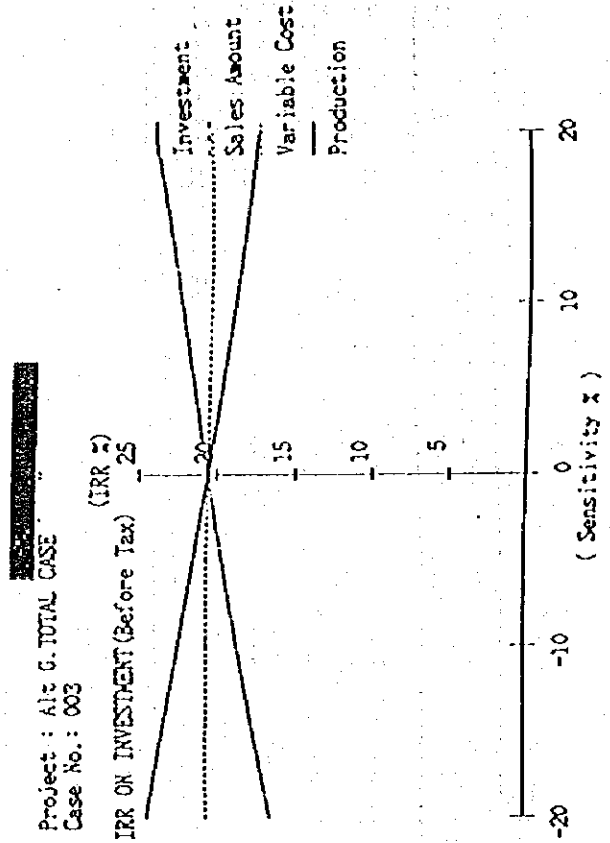


Fig. VII.2-2-2. Case B : Sensitivity analysis (with escalation)

# CASE C (FIRR W/ Escal.)

FIRR ON INVESTMENT (Before Tax)

Analysis Item (s)	Sensitivity (%)						
	-10.00	-5.00	Base Case	5.00	10.00	20.00	
Investment	21.84	20.13	19.35	18.63	17.91	17.24	16.00
Sales Amount	14.71	16.73	17.69	18.63	19.54	20.43	22.13
Variable Cost	18.64	18.63	18.63	18.63	18.62	18.62	18.62
Production	14.72	16.73	17.70	18.63	19.54	20.42	22.12

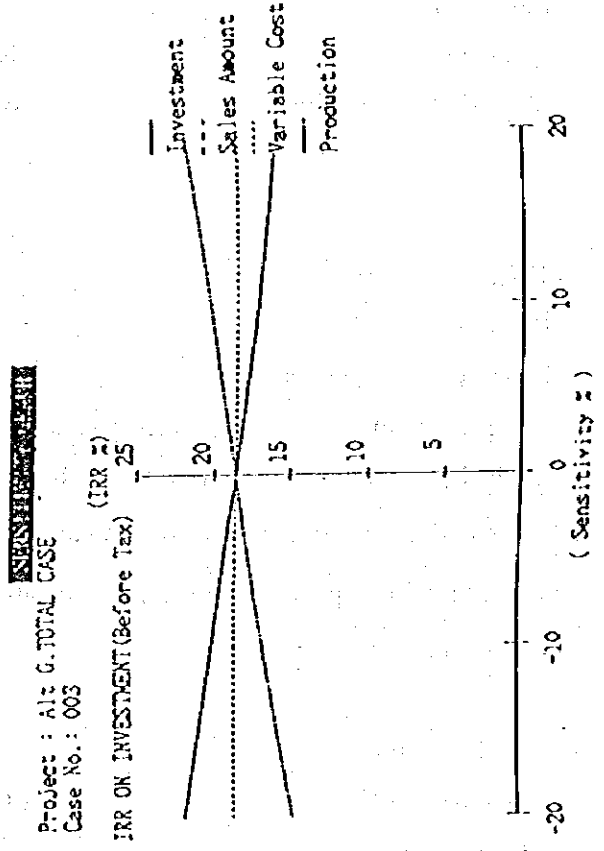


Fig. VII.2-3-2. Case C : Sensitivity analysis (with escalation)

## Diagram VII. 2-2. International Energy Price for EIRR

### 1) Natural Gas

- Reference: BP REVIEW OF WORLD GAS, Aug. 1993 (p.18)
- Method of Calculation: Average price of OECD Europe, USA(Wellhead), USA(Import) in 1992  
2.23US\$/MMBTU = 88.5US\$/KNm<sup>3</sup>

### 2) Electricity

- Reference: SRI PEP YEARBOOK 1991 (p.21)
- Method of Calculation: Average price of USA, WEST GERMANY, JAPAN  
 $(3.7+4.92+7.94) / 3 = 5.42 \text{ ¢ /kWh} = \underline{54.2 \text{ ¢ /mWh}}$

### 3) Coke

- Reference: Statistics of Japan Customs Institute, 1993
- Method of Calculation: Since cokes purchased from other countries are very little at present and in the future as long as the cokes are produced in SIDEX, those cokes have to be multiplied by economic conversion factor, because those are non-tradeable costs. However, basic data for setting up economic conversion factor is insufficient at the present, 83.8\$/t (lumps of coke) and 55.3\$/t (coke powders), used for calculating FIRR, are also adopted as the unit prices for coke in the economic evaluation.

### 4) Metallurgical Coal

- Reference: COAL MANUAL 1994 (p. 118)
- Method of Calculation: Average price of coaking coal based upon US\$ per MT internationally  
41.20US\$/t

### 5) Energetic Coal for PCI

- Reference: COAL MANUAL 1994 (p. 119)
- Method of Calculation: Average price of coaking coal based upon US\$ per MT internationally  
32.41US\$/t

Table VII. 2-9. Base of Calculation for Related Plants

1) Capital Cost for Related Plant (Energy Saving only) Without Escalation

(Unit: K US\$)

	Coke Oven Battery			Sintering Plant			Blast Furnace Plant			Reheating Furnace Plant			Energy Supply			Total for Energy Saving		
	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total
Engineering Fee	1,477	0	1,477	850	0	850	5,432	0	5,432	0	0	0	0	0	0	7,759	0	7,759
Equipment & Materials	8,595	10,909	19,504	6,228	5,050	11,278	71,443	1,800	73,243	0	0	0	0	0	0	86,265	17,759	104,024
Transportation	427	0	427	327	0	327	3,961	0	3,961	0	0	0	0	0	0	4,715	0	4,715
Civil & Erection	0	870	870	0	2,810	2,810	0	7,060	7,060	0	0	0	0	0	0	0	10,740	10,740
Contingency	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total (1)	10,499	11,779	22,278	7,405	7,860	15,265	80,836	8,860	89,696	0	0	0	0	0	0	98,739	28,499	127,238

2) Capital Cost for related Plant (Energy Saving only) With Escalation

(Unit: K US\$)

	Coke Oven Battery			Sintering Plant			Blast Furnace Plant			Reheating Furnace Plant			Energy Supply			Total for Energy Saving		
	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total	Foreign	Local	Sub-Total
Engineering Fee	1,623	0	1,623	897	0	897	5,944	0	5,944	0	0	0	0	0	0	8,464	0	8,464
Equipment & Materials	9,436	11,960	21,396	6,561	5,327	11,888	78,186	1,954	80,140	0	0	0	0	0	0	94,183	19,241	113,424
Transportation	468	0	468	340	0	340	4,334	0	4,334	0	0	0	0	0	0	5,142	0	5,142
Civil & Erection	0	954	954	0	2,964	2,964	0	7,665	7,665	0	0	0	0	0	0	0	11,583	11,583
Contingency	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total (1)	11,527	12,914	24,441	7,798	8,291	16,089	88,464	9,619	98,083	0	0	0	0	0	0	107,789	30,824	138,613

3) Energy Saving for Related Plant

(Unit: K US\$/Year)

	Basic Saving Amount	Escalated Saving Amount
No.5 Coke Oven Battery Plant	7215.20	8364.30
No.7 Sintering Plant	1524.00	1766.70
No.6 Blast Furnace	12356.40	14324.50
<b>TOTAL FOR ENERGY SAVING</b>	<b>21095.60</b>	<b>24455.50</b>

4) Others

- 1) Starting Date of Construction : January 1, 2001
- 2) Starting Date of Operation : This means the above IRRs are calculated based upon present value of 2001 year, 1st year.
- 3) Loan Condition : January 1, 2005
- 4) Other conditions : The loan conditions are the same as those used for IRR for Model plants.
- 5) Other conditions : The other conditions are the same as those used for IRR for Model plants

Table VII. 2-10-1. Summary of FIRR on Energy Saving of Related Plants (Without Escalation)

	CASE A	CASE B	CASE C
1) Cokes Oven Battery	22.0%	21.7%	20.5%
2) Sintering	0.6%	0.3%	-0.9%
3) Blast Furnace	6.5%	6.2%	4.6%
6) Total (Energy)	8.9%	8.6%	7.1%

Table VII. 2-10-2. Summary of FIRR on Energy Saving of Related Plants (With Escalation)

	CASE A	CASE B	CASE C
1) Cokes Oven Battery	23.4%	23.2%	21.9%
2) Sintering	2.0%	1.7%	4.0%
3) Blast Furnace	7.4%	7.1%	5.5%
6) Total (Energy)	10.0%	9.7%	8.1%

Table VII. 5-1 Balance of Saved Foreign currencies

(Unit: K US\$)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Saving Amounts without escalation	44,315	59,087	59,087	59,087	59,087	59,087	59,087	59,087	59,087	59,087	59,087	59,087	59,087	59,087	59,087	871,533
Saving Amounts in Foreign Currency	37,681	50,242	50,242	50,242	50,242	50,242	50,242	50,242	50,242	50,242	50,242	50,242	50,242	50,242	50,242	741,064
Consumables from outside Romania	174	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	3,422
Sub Total	37,507	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	737,642
Case A																
Repayment on Long-term Loan			8,041	8,041	8,041	8,041	8,041	8,041	8,041	8,041	8,041	8,041	8,041	8,041	8,041	144,742
Interest on Long-term Loan			4,342	4,342	4,101	3,860	3,619	3,377	3,136	2,995	2,654	2,412	2,171	1,930	1,689	36,186
Annual Foreign Currency Saving	37,507	50,010	50,010	37,627	37,868	38,109	38,350	38,592	38,833	39,074	39,315	39,557	39,798	40,039	-7,970	556,714
Case B																
Repayment on Long-term Loan		15,005	15,005	15,005	15,005	15,005	15,005	15,005	15,005	15,005	15,005	15,005	15,005	15,005	15,005	150,054
Interest on Long-term Loan		7,503	6,752	6,002	5,252	4,502	3,751	3,001	2,251	1,501	753					41,268
Annual Foreign Currency Saving	37,507	27,502	28,253	29,003	29,753	30,503	31,254	32,004	32,754	33,504	34,248	50,010	50,010	50,010	50,010	546,320
Case C																
Repayment on Long-term Loan	22,353	22,353	22,353	22,353	22,353	22,353	22,353	22,350								178,821
Interest on Long-term Loan	26,823	23,470	20,117	16,764	13,411	10,058	6,705	3,354								120,702
Annual Foreign Currency Saving	-11,669	4,187	7,540	10,893	14,246	17,599	20,952	24,306	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	50,010	438,119

(Remark)

Annual Foreign Currency to be saved is calculated as follows:

Sub-Total(Saving Amts in F.C.: Consumables)

▲ Repayment

▲ Interest

Annual Foreign Currency to be saved



## VIII. 結論

SIDEXの省エネ・環境改善に関し、1993年11月より現地調査を実施すると共に、資料・情報の分析を行った。

現在、SIDEXは2002年に向けてのルーマニア鉄鋼産業リストラクチャリング計画に基づく近代化計画の推進中であり、調査に当ってはこの計画を考慮し、またルーマニア国内での機器の製作能力並びにSIDEXの財務状況を勘案した上で、モデルプラントに関する省エネルギー・環境対策を策定し、これらの対策に対する技術的・財務的・経済的分析を行った。また、モデルプラントの対策を関連工場に適用した場合の概略的分析も行った。その結果、本レポートで提起する諸対策の実施は、環境保全及び省エネルギーの両面においてSIDEXに大きな改善効果をもたらすと予想され、さらにその効果がルーマニア国全体に波及していくことが期待される。一方、モデルプラントに対する省エネルギー対策は、投資効果という観点からも魅力的である。以上のことから、本レポートに示す省エネ・環境対策の早期実施が望まれる。

以下に主要項目の検討結果について述べる。

- (1) 調査結果において、ルーマニア側の近代化計画を踏まえた省エネ・環境対策面からのコークス炉、焼結設備及び高炉の積極的な設備集約を提案している。この案は2002年における生産計画量をベースに立案された。
- (2) モデルプラントを含む調査対象工場全体（製鉄部門、加熱炉、動力部門）のエネルギー消費はSIDEXの全エネルギー消費の約70%を占めており、省エネ対策を行うことにより粗鋼トンあたり1.5 Gcalのエネルギー消費が改善できる。このことによって、年間約7億Nm<sup>3</sup>の天然ガス消費が減少し高価な天然ガスの輸入量の低減ができる。同時に、年間約170 GWhの購入電力及び約70万トンの購入コークス等が低減出来るので大幅なエネルギーのコストダウンが見込める。またSIDEXの1次エネルギーに占める石炭系エネルギー比率は'92年の67.1%から2002年には78%まで改善できるので、季節的に供給の不安定な天然ガスへの依存が解消でき、エ

エネルギー不足による操業不安が解決できる。

- (3) モデルプラントに対する省エネの設備投資に関しては、ODAベース (Case A)、ソフトローンベース (Case B)、商業銀行ローンベース (Case C) の3つのケースが考えられるが、いずれのケースでも、FIRR before taxが17%~21%の範囲となる。このFIRR before taxの値は、エネルギー購入価格やモデルプラントの生産状況によって変動するが、投資対象としてもかなり高い水準といえる。よって、省エネ対策を実行する事でSIDEXの財務体質も改善される。
- (4) 2002年における法規制を遵守するためには第III章で述べた環境対策を実施する必要があり、実施した場合、SIDEXのガラチ市、ドナウ川に対する汚染寄与が大きく低減される。すなわち、SO<sub>2</sub>は排出量で66%低減できるので、市中心部におけるSIDEXの寄与は2 ppb以下となる。NO<sub>2</sub>でも同様にそれぞれ20%の低減、3-5 ppbの寄与となる。ばいじんや粉塵については、SIDEXの大排出源であるコークスおよび焼結の工場群からの排出が、対策実施によりOECD諸国並に改善されるので、市街地への影響の大きな改善が得られる。水質については、SIDEXから排出している有害物質のシアンが93%、有機汚染物質であるフェノールは99%、アンモニアは83%削減でき、SIDEXによるドナウ川への影響は大幅に改善される。
- また、これらの対策実施によって周辺地域だけでなく、SIDEX内部の作業環境の改善も図れるため、長期的にはSIDEXの操業成績向上に大きく寄与するものと考えられる。さらにその技術的・教育的影響はルーマニア全体に波及することが予想され、ひいては世界的な環境へのニーズにマッチしていけるものと考えられる。
- (5) 環境対策を実施するにあたっては、投資金額等の資金的観点 (Monetary viewpoint)、規制等の法律的観点 (Law viewpoint)、そして環境汚染物質の削減可能量等の技術的観点 (Science viewpoint) の3点を総合的に考える必要がある。法律的観点についていえば、ルーマニアでは現在、環境保全に

関する法律が整備された所である。内容的にはOECD諸国に比べても遜色のないものであり、SIDEXを始め、ルーマニア産業界全体がこれを継続的に守っていくことにより、OECD諸国並の環境状態が確保できるものと推察される。技術的観点についていえば、今回提言されている諸対策は、既に日本を含む各国でその効果が確認されているものであり上述の法律を守る上での性能には問題が無く、またSIDEXの状況を考慮した Least Cost が見積もられている。資金的観点について言えば、SIDEXを含むルーマニア産業界では、市場経済への過渡的過程に於ける体質弱体化に伴う資金力低下が生じており、これを勘案すると環境対策投資については公共政策のひとつとしての政府レベルでの資金支援が望まれる。

- (6) 先進的な省エネ・環境設備に関する投資効果をできる限り早く享受し、かつその効果を長期にわたって発揮させ続けるためには日常の操業・保全能力を充分レベルアップしておくことが重要である。このために不可欠なのがノウハウの移転を中心とした外部からの操業・保全技術の導入であり、設備投資と時期を同じくして、先進産業界から操業・保全指導をうけることを推奨する。
- (7) 実際の対策実施段階においては、投資コスト、工期等が予定内に収まるよう、優れたエンジニアリングを展開していく必要があり、このためにはプロジェクトチームあるいはタスクフォースを組織し、効率的な一元管理体制を整備していくことが重要である。
- (8) 省エネ・環境対策を実施することにより、まず関連した各 Institute を含めたルーマニア国内企業への技術移転が期待でき、次ぎに彼らを通じてルーマニア国内の他の製鉄所への波及効果が、更には他の産業への波及効果が期待できる。

