

## 第4章 考 察

アンモニア・メタノールプロジェクト



## 第 4 章 考 察

### 4.1 総 括

石炭ガス化を共通のベースとした、アンモニアとメタノールを併産するプロジェクトは考え方としては可能であり検討に値する。

また、おのおのの製造技術も年来実証済みであり問題はない。ジンバブエ国の計画と方針に沿い、軽油の 20Vol% をメタノールが代替し、SABATHES (ディーゼル) エンジン車の燃料として使用される様になれば、第 1 部ですでに検討した肥料用アンモニアも含めて考えると、1995年の需要を充足するための設備規模は

アンモニア            600T/D

メタノール            600T/D

となる。

しかし本編第 2 章に詳述した様に、メタノールを軽油に代えて自動車燃料に使用するには、メタノールによる代替率が 20% 程度であっても、その供給、燃焼、エンジンの改造等の諸技術が未だ世界的にみて確立されておらず、従って実用化の目途が立っていない。時代の趨勢として世界諸国で実用化の研究が進められているので、何れ実証された技術が固まってくるであろう。それが 90 年代の何時頃になるであろうかは容易に予測できないが、少なくとも技術と経済性が実証される迄は、このプロジェクトのメタノール部分について、実施の具体的検討を行うことは時期尚早である。今後この分野の情報を注意深く見守るべきであろう。

アンモニアとメタノールの製造設備を、同一立地に組み合わせて建設することの便益は、大ざっぱに言って石炭ガス化炉がほぼ同様な設計となることであろう。しかし両プラントはおのおの独立な設備であるため両プラントの同時着工は必ずしも必要条件ではない。

以上の観点から、アンモニア、メタノールプロジェクトでは、プロジェクト全体の展開に留意した上で、メタノールプラントの建設決定は先送りすべきである。

#### 4.2 考 察

アンモニアに関しては第1部で充分検討を行っているので、以下にはメタノールに限定して考察結果をとりまとめる。

- (1) メタノールは1988年世界の需給17百万T。ホルマリン、酢酸溶剤等工業用が約80%、自動車燃料用が20%で、燃料としてはガソリンに3~5 Vol %混入されオクタンプースターとして諸国で広く使用されている。しかし、その着火性が悪いこと、軽油と溶け合わぬ等のため軽油に代る自動車燃料としては未だ実用化されていない。一方メタノールは排気ガスが清浄であるため、将来第3の自動車燃料となり得ると考えられ、実用化技術の研究が進んでいる。

当国の輸入燃料節減策として、ガソリンの代替をエタノールで、軽油の代替をメタノールで行うという施策は現実に即した賢明な選択であるといえる。より長期の視点で論ずるならば、将来の内燃機関燃料は石油製品に代って石炭を原料とするメタノールとなるであろうし、そのことは車に設備された On Board Reforming 方式が更に進んで燃料電池方式で実現されるであろうという見方もある。本プロジェクトのメタノール部分については急がずに充分技術の進展を見定めるべきである。

- (2) メタノールの国際価格は1987年以来ヨーロッパスポット FOB価格で180-200US\$/T の高値をつけている。この価格傾向は1990年代半ば迄続くであろうといわれている。石炭ガス化によるメタノール製造コストは石炭が15US\$/Tで使用出来るとした場合、170US\$/Tと推定される。これに対し軽油と単位エネルギー当り等価として算出した燃料用メタノールの国内 FOB価格は200US\$/Tと推定される(1987年価値のUS\$建て1995年価格)。

このことはメタノールが軽油を代替する技術に青信号が将来出たにしても、メタノールプロジェクトの採算性は極めてきびしいものがあるであろうことを物語っている。要は原料石炭の単価であり、またメタノールの石油との相対価格であって、燃料メタノールの価格設定に特に配慮することが必要であろう。

- (3) 600T/Dのメタノール製造には、アンモニア製造の原料と同品質の7,090Kcal/kgの石炭約750T/Dを使用する。アンモニアと組み合わせて同一立地でメタノール生産を行う場合には、石炭ガス化はアンモニアのそれと同一仕様の設備とすることが設計上、操業上、保守上便益をもたらすであろう。その前提に立てば

600T/Dのメタノールプラントに対応する石炭ガス化炉は2基となり、ガス発生以降のメタノール合成系は全て一系となる。アンモニアとメタノールプラントのおおの2基のプロパーな石炭ガス化炉をもつに対し、何れのプラントでも使用出来る共通予備炉を1基設備する考えが経済的とみなされる。

現在世界的にメタノールプラントは、安い天然ガスの産地に立地して少なくとも1,000T/D、大きいものでは2,000T/Dを越すものも運転されている。このプロジェクトで予測した600T/Dの能力はむしろ小さい方であり、また石炭ガス化の設備投資も含めて、製品にかかる固定費負担はかなり大きいものとならざるを得ない。

従ってメタノール需要が当国で具体的にになった時点で改めてその時勢に沿ったF/Sを実施すべきであろう。メタノールの設定能力がもっと大型と推定される場合、アンモニアとは別個にプラント建設を想定する場合にはプロセスの概念設計も含めてメタノール計画を見直す必要がある。

- (4) 先にも触れた様にMUTAREの精油所計画は、軽油代替の本メタノール計画と不即不離の関連性をもつ。精油所計画が実現するようになる場合、メタノールが軽油を代替する目標値20%が依然妥当であり得るのか、メタノールの価格はどう設定したらよいのか等、自動車燃料政策として全体的に整合性のある計画の見直しにも留意の必要がある。

最後にメタノールの主たる用途である工業用であるが、当国には現在殆ど大口の消費先がない。将来あり得るとしてホルマリンおよび溶剤用であろうが、自動車用燃料としての単一用途のみでなく、工業用も含めた用途多様化に目を配ることが本プロジェクトの安定基盤として望ましい。



## 第2編 アンモニア・コールタールプロジェクト





# 第1章 石炭化学製品の市場 コールタール

アンモニア・コールタールプロジェクト



## 第 1 章 石炭化学製品の市場 コールタール

### 1.1 はじめに

本調査では、これまで石炭ガス化をベースとしたアンモニアおよび関連石炭化学製品について述べて来た。しかし本章（第 2 部第 2 編 1 章）では、石炭乾留によるいわゆる COG (Coke Oven Gas) を使ってアンモニア合成の原料ガスを製造する方式を検討する。

COG を製造する際副生するコールタールの市場調査を行い、あわせて大量に併産するコークスについても概観する。アンモニアプラントの設備能力は、すでに第一部で詳論されている通り、600T/D とし、これに見合う原料ガスを供給する石炭乾留設備からの副製品の量を、考察の対象とする。

石炭の乾留は、コークスの製造を目的として、すでに国内で ZISCO 社および WANKIE 社の 2 社によって実施されている。おのおの詳細については 1.3 節でふれるが、設備規模の大きい ZISCO 社の設備にしても、600T/D アンモニアプラントの所要原料ガスの 1/2 を与えるに過ぎず、また両社とも石炭乾留ガスは、すでに燃料として系内または社内で利用している。従って、両社いずれかの既存設備からのガス利用を考えることは实际的でなく、本プロジェクト用の石炭乾留設備の新設を検討の対象とする必要がある。

なお、副生するコークスを使って水性ガス反応により、アンモニア合成原料ガスを、COG からのものと併行して供給する図式もあり得る。しかしこれは第 1 部で論じて来た石炭の直接ガス化というルートに較べ、石炭の乾留とコークスのガス化の 2 段階をふむルートであり、経済的にも論理的にも意味をなさないと判断し、考察の対象としなかった。

## 1.2 コールタールの用途

コールタールの生成量は、原料石炭の品質にもよるが、本プロジェクトでは600T/Dのアンモニアに対応して約130T/D、約43KT/Yとなる。ちなみに併産するコークスは約990KT/Yである。

コールタールの主たる用途としては、化学工業原料、道路舗装材料、電極・炭素製品成型用等である。コールタールは石炭に特有な各種の2員環（代表的にはナフタリン）、3員環（例えばアントラセン）化合物を含み、これ等は蒸留油として分離精製され、医薬、染料、農薬等の原料となる。Table II-1-1 にコールタール蒸留で沸点により分離される各種留分、およびその留分中の代表成分を示す。

Table II-1-1 Fractions of Coal Tar Distillation

95% Fractionating Temperature	Yields (%)*	Typical Elements of Fraction
Tar light oil (176°C)	0.9	Benzene, Toluene, Xylene, Ethylbenzene, Trimethylbenzene, Indene, Naphthalene
Tar middle oil (198°C)	2.9	Xylene, Ethylebenzene, Trimethylbenzene, Indene, Naphthalene, Phenol, Cresol, Pyridine
Naphthalene oil (245°C)	13.7	Trimethylbenzene, Naphthalene, Methyl-naphthalene, Dimethyl-naphthalene, Acenaphthene, Cresol, Xylenol, Quinoline
Detergent oil (292°C)	4.6	Naphthalene, Methyl-naphthalene, Dimethyl-naphthalene, Acenaphthene, Diphenylene oxide, Fluorene, Anthracene
Anthracene oil (~400°C, 82.7%)	21.7	Acenaphthene, Diphenylene oxide, Fluorene, Anthracene, Phenanthrene, Methylphenanthrene, Fluoranthene, Carbazole
Pitch	56.2	
Total	100.0	

Note: \* Yields to dehydrated tar

また、舗装用タールはコールタールから軽留分を規格に合致するように除去し、調整される。品質の一例を以下に示す。

EVT (°C)	8-16
比重 (25/25°C)	1.10-1.25
水分 (%)	1以下
トルエン不溶分 (%)	20以下
ナフタリン分 (%)	4以下
酸性油分 (mℓ/100g)	3以下
蒸留試験 (%)	
220 °Cまでの留出量	2-20
270 °C       "	5-25
300 °C       "	10-35
300 °C蒸留残留物の軟化点 (°C)	35-60
引火点 (°C)	40以上

蒸留残渣のピッチは、ピッチコークス、電極成型用、冶金用コークス配合、舗装用などに使われる。

なお石炭乾留ガスの冷却洗浄に当ってクレオソート油と粗ベンゾールが、コールタールと併行して副産する。

### 1.3 ジンバブエ国内の現況

#### 1.3.1 国内生産と消費

国内でコークス生産を行っている ZISCO社とWANKIE社の現在の概要は、Table II-1-2 に示す通りである。ZISCO社は製鉄原料用として、WANKIE社は ZIMBABWE ALLOY社向けと輸出用とに、実需にあわせたコークス生産を行っている。両社ともコールタールの一部を舗装用タールとして出荷し、残りを燃料用として外部に販売または自家消費しているが、全体としてストックが増加している。WANKIE社では、極く少量であるが、石炭採掘用に硝安とあわせて爆薬として使用している。粗ベンゾールは現状ではNOCZIM社に出荷され、エタノールの変性用に使用されているのが唯一の用途でありこれも過剰である。

Table II-1-2 Domestic Production Status

	ZISCO			WANKIE			TOTAL BALANCE
	Production	Disappearance	Balance	Production	Disappearance	Balance	
Coke (KT/y)	540 (45 KT/M)	Captive 100%	0	168 (14 KT/M)	Export 60% Domestic 40%	0	Production to the demand
COG (Nm <sup>3</sup> /y)	(26,400)*1	Captive 100% (as fuel)	0	8,200	Captive 70% (as fuel)	Waste 30%	Wasting
Coal Tar (KT/y)	22	Paving 1.8 Local Fuel 7.2 Captive Fuel 13.0	0	11	Paving 150% Local fuel	Stock 50%	Inexcess
Crude Benzene (kl/y)	1,800	NOCZIM 100%	0*2	2,900	NOCZIM 77% Blending 23% with Tar	Surplus 23%	Production to *2 the demand

Note: \*1 Assumed figure, this was not checked with ZISCO directly.

\*2 Crude benzene rectifier capacity in ZISCO is 10700 kl/y. The capacity utilization of this plant in 1988 has been less than 1/3, and operated to the quantity acceptable by NOCZIM.

価格に関しては、FORで

コールタール	舗装用	TP-7 グレード	140Z\$/T
	燃料用	TP-12 "	100 "
コークス	冶金用		130Z\$/T
	輸出用		140 "
粗ベンゾール	NOCZIM		38Z¢/ℓ

となっている。

### 1.3.2 輸出入

CSOの統計によれば、コールタール、クレオソート油、ベンゾールは少量ながら輸入されており、その状況は Table II-1-3 の通りである。

Table II-1-3 Import of Coproducts

			1983	1984	1985	1986	1987
Coal Tar	Quantity	T	207	265	401	297	194
	Amount	1000	44	91	120	144	88
	Unit Price	Z\$/T	213	343	299	485	454
Creosote Oil	Quantity	kl	625.9	157.5	118.4	339.6	181.7
	Amount	1000	144	81	58	171	114
	Unit Price	Z\$/kl	230	514	490	504	627
Benzene	Quantity	kl	36,106	33,928	419	494	260
	Amount	1000	1,542	1,449	166	166	89
	Unit Price	Z\$/kl	42.7	42.7	39.6	336	342

Note: In 1987, Jan ~ Nov. only.

Source: CSO

ベンゾールは1983、1984年にはかなり大量に輸入されていたが、1985年以降1/100に激減し、単価が10倍に上昇しているが、理由は明らかでない。いずれにせよこれ等の品目の輸入量は、本プロジェクトの需要の対象として考えるには少なすぎる。

コークスの輸出入状況はTable II-1-4の通りである。

Table II-1-4 Imports and Exports of Coke

			1983	1984	1985	1986	1987
I M P O R T	Quantity	T	39,408	52,950	87,633	175,170	96,140
	Amount	1000 Z\$	2,860	4,066	6,343	14,697	10,049
	Unit Price	Z\$/T	72.6	76.8	72.4	83.9	104.5
E X P O R T	Quantity	T	135,272	101,871	89,612	113,133	24,537
	Amount	1000 Z\$	12,853	11,200	10,849	15,229	3,307
	Unit Price	Z\$/T	95.0	109.9	121.1	134.6	134.8
Export—Import		T	95,864	48,921	1,979	-62,037	-71,603

Note: In 1987, Jan. ~ Nov. only.

Source: CSO

ZISCO 社、WANKIE社ともに生産余力をもちながら1986年以降輸入超過となっているのは、価格が高い故か、貨車の不足か、コークスの硫黄分が高く劣質のためか、コークスの外販はWANKIE社の手を通じなければならぬ制度上の問題か、不明だが多分それらの総合された結果であろう。輸出先はザイール、南アフリカ等である。

### 1.3.3 コールタールの国内消費

燃料として使われる以外、国内のコールタール消費は道路舗装用に限られている。

当国の道路舗装は、強い紫外線のため、コールタール舗装では寿命が3~4年と短いので、15年の寿命を期待出来る石油系のビチュメンを使ってタール/ビチュメン舗装を採用している。ビチュメンは全量輸入でTable I-1-5の通りである。



Table II-1-5 Import of Bitumen

		1983	1984	1985	1986	1987
Quantity	T	15,476	13,757	11,610	16,366	15,433
Amount	1000 Z\$	2,737	2,668	3,382	4,313	3,806
Unit Price	Z\$/T	177	194	291	264	247

Note: In 1987, Jan. ~ Nov. only.

Source: CSO

また、この国の道路の総延長と舗装率の1986年時の概略は次の通りである。

所轄官庁	総延長 (km)	舗装率 (%)
MOT	18,500	35
Rural Council	23,700	2
District Council	37,500	2
Municipalities	5,300	50-60
Total	85,000	

舗装方法の概略は次の通りである。

Prime coat	地盤沈下後舗装用タール 0.8 ℓ / m <sup>2</sup> 散布防水化
Stone layer	その上に19mm厚で石とビチューメン層
Chip layer	更にその上に6mm厚でチップとビチューメン層

MOTの道路建設保守の方針（新規道路建設 150km/Y、再舗装50km/Y）に従って舗装用タールの年間消費を概算すると、

$$6 \text{ m巾} \times 200 \text{ km} \times 0.8 \text{ ℓ} / \text{m}^2 \times 1.2 \text{ kg} / \text{ℓ} \times 10^{-3} = 1,152 \text{ T}$$

これに加えて地方道も年1%の割合で舗装を進めると仮定するなら、このための舗装用タールの需要は年間

$$4 \text{ m巾} \times 650 \text{ km} \times 0.8 \ell / \text{m}^2 \times 1.2 \text{ kg} / \ell \times 10^{-3} = 2,496 \text{ T}$$

と計算され、両者を合計しても3,650T/Yにすぎない。この量は現在の ZISCO社と WANKIE社の両社の供給量で十分にまかなえるバランスである。

#### 1.4 結 論

石炭乾留のルートによってアンモニアを製造するケースを支持する理由は、石炭化学品の市場調査結果からは見出し得ない。

600T/Dアンモニアに必要とされる原料ガスを発生させるために副生する

コールタール      43,000T/Y

コークス            990,000T/Y

は、現在国内2社の供給でやや過剰か、充足されている国内市場に対して、あまりにも過大であり全く消費のめどが立たない。一方大量のコークスを輸送する手段の確保にも問題がある。

また調査時のヒアリングでは、ZISCO社はコールタールを原料とする石炭化学品への製品展開に関心をもっており、そのための開発やリハビリテーションの計画も検討しているとのことであった。ZISCO社がすでにもっている石炭乾留製品に関する技術、設備、用途の融通性等を充分にいかして、コールタールおよびその関連製品に関しての将来計画は、ZISCO社に任せるのが賢明と考える。

同時に潜在するBTXへの需要、クレオソート油の需要の伸び、ピッチ系より耐候性のよいといわれるピッチ系の舗装の研究などにも目を配っておく必要がある。

しかしながら以上にのべた通り本市場調査は、石炭乾留によるアンモニア製造は適切でない結論する。



## 第2章 プロジェクトの基本的な考え方

アンモニア・コールタールプロジェクト



## 第2章 プロジェクトの基本的な考え方

### 2.1 プロジェクト成立のための要因

石炭乾留に基づくアンモニア製造とコールタール生産を目的とする本プロジェクトがもし成立するとしてもそのためには、少くとも次の2条件が必要である。

- (a) 安価なコークス炉ガスがアンモニア合成に必要なだけ安定供給されること。
- (b) 石炭乾留ガスは比較的不純物が多いので、アンモニア合成ガスまでの精製コストが高くないプロセスを選べること。

また、このケースを検討する基本条件は以下の通りである。

- (1) アンモニアプラントの能力 600T/D
- (2) 原料炭の品質

粘結炭は次に例示するような分析値 (Dry basis) を有するものとする。

灰分	9.7%
揮発分	26.6%
固定炭素	63.7%
発熱量	31.7MJ

- (3) 石炭乾留ガスの組成

次に例示するような分析値 (Vol %) を有するものとする。

成分	%
CO <sub>2</sub>	2.5
O <sub>2</sub>	0.1~0.4
CO	6-8
H <sub>2</sub>	55-58
CH <sub>4</sub>	26-28
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.8
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2.3
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.1

$C_3 H_6$	0.1	
$C_6 H_6$	0.2	
$N_2$	1.8	
$O_2$	0.1	
総発熱量	4300~5200	Kcal/Nm <sup>3</sup>

(4) 工程図と物質収支の概略をFig. II-2-1にまとめる。

(5) プラントサイト

第1部第1編6章に詳細が論じられているが、それに加えて、このケースでは原料炭と副生コークスの量が石炭ガス化に比べ著しく多量得られるため、その取扱いの敷地とロジスチックに配慮が必要である。

更に廃水処理についても、BOD、COD対策に、より周到な注意が必要とされる。

次節以降に上記(a)および(b)の2つの事項について検討結果を述べる。



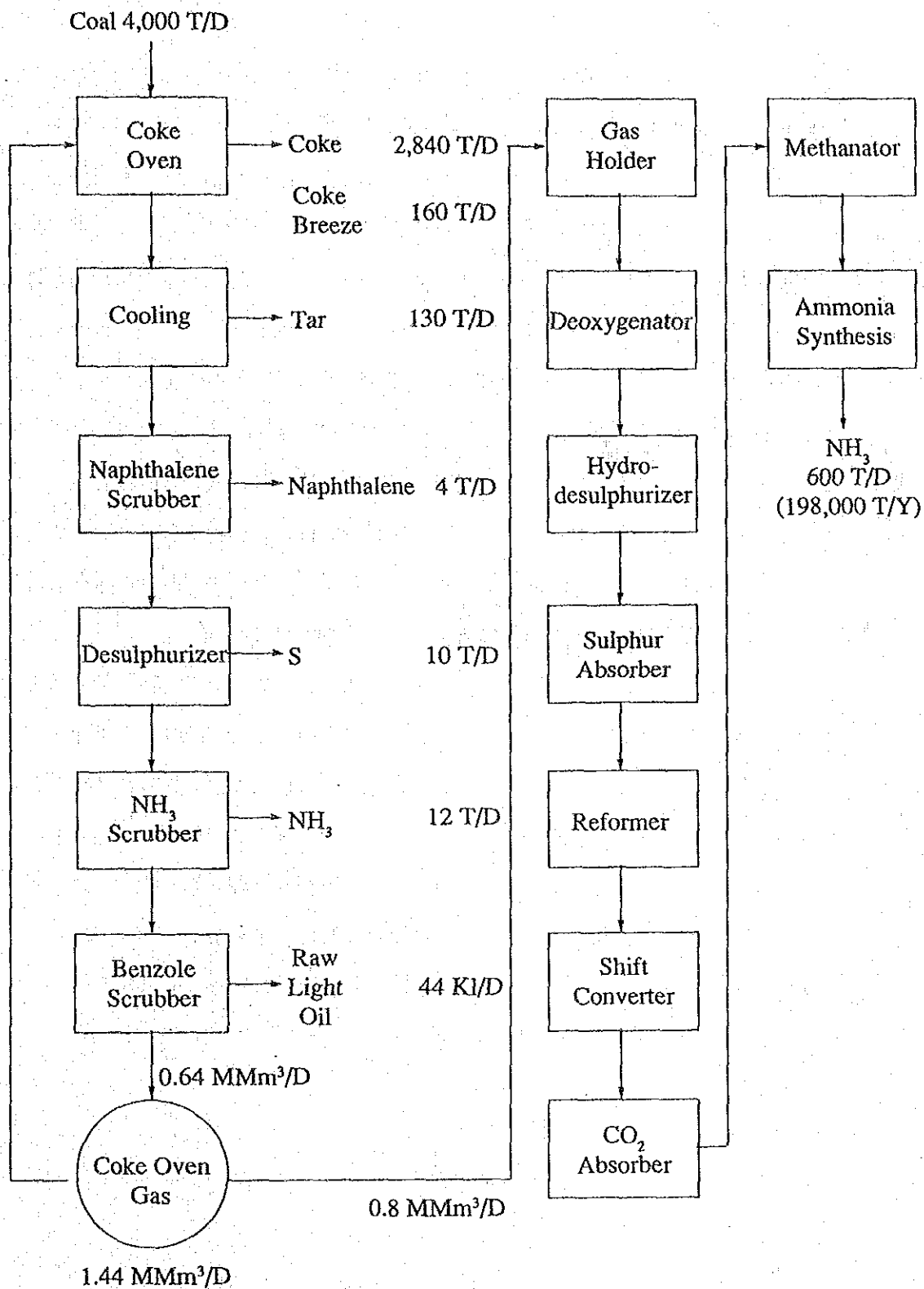


Fig. II-2-1 Ammonia and Tar by Coke Oven Process

## 2.2 COGの安定供給

600T/D規模のアンモニア合成プラントに原料ガスを供給するためには、粘結炭（良質の配合用低灰分炭を配合してもよい）が年間130万トン必要である。この場合には生産される高炉および一般冶金用コークスは約100万トンになる。このうち、安定して輸出されるコークス量を10万T/Y、一般冶金用を7万T/Yとして残りを高炉用にあてるものとする83万T/Yになり、コークス比500kg/T銑鉄とすると銑鉄生産量は166万T/Yとなる。これは現在ZISCO社の稼働率80%、銑鉄80万T/Y生産の約2倍に相当する。ここに1990年前半にそれに見合う需要と設備増強があり得るか否かを予測することは、本調査の範囲外でもあって、従って非常に難しい。またコークスの輸出は他の国との競争およびコークスを使用しない製鉄技術の発展等により安定しているとはいえ、さらに現在世界的に盛んに研究開発が行われ、成果が出つつある溶融還元製鉄（一般炭の粉炭と粉鉄鉱石を使用する）の将来における出現を考慮に入れると、コークス消費量は減少する傾向にあるとみなければならない。

一方、発生した余剰コークスをコークスのガス化によってアンモニア合成ガスとするという考えもあるが、これは石炭からタール、軽質油を分離し残りをガス化する形になり、石炭ガス化に比し、高価なコークス炉の建設と粘結炭消費という不利がある。

ジンバブエ国の現状では前章にも述べたように石炭タールも余剰になっている。

このような経済的、技術的条件、それらの将来見通しを考慮するならば、アンモニアはタール、コークスと独立に生産する方式が望ましいと云える。

すなわち、プロジェクト成立条件の(a)は成立しない。

### 2.3 ガス精製

石炭乾留ガスは硫化水素、有機硫黄化合物（チオフェン、メルカプタン、硫化カルボニル等）、不飽和炭化水素、酸化窒素等のガム形成物質、炭素を析出し易い炭化水素物質等を含むので、石炭の高温ガス化粗ガスに比し、汚れたガスである。また、コークス炉は各炉室が回分式に操業されているのでガス組成の変動もある。

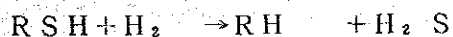
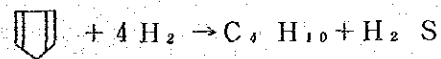
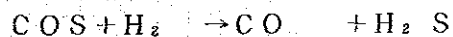
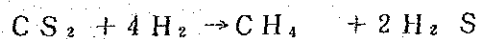
コークス炉ガスを精製し、アンモニア合成ガスとする技術はプロセスおよび触媒の進歩によって選択の幅が広がっている。

このケースが成立するとした場合のガス精製のプロセスはこれらを考慮に入れて構成する必要があり、次の構成単位からなるものとする。

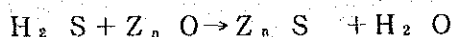
- ① 通常行われているコークス炉ガスの精製
- ② ガス組成の平均化のためのガスホルダー
- ③ 触媒による脱酸素
- ④ 有機硫黄の選択的水素化脱硫触媒（CO<sub>2</sub>、CO含有ガス用）による水添脱硫装置
- ⑤ 乾式脱硫装置
- ⑥ 改質装置
- ⑦ シフトコンバーター
- ⑧ アミン系炭酸ガス吸収装置
- ⑨ メタネーター

この構成単位の概要は下記のとおりである。

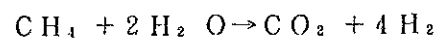
- ④ 有機硫黄の水添脱硫にニッケルモリブデン系触媒を使用する。



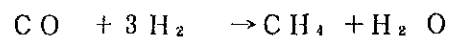
- ⑤ 吸着脱硫反応



⑥ 改質反応



⑨ メタネーション



## 第3章 生産プロセスと生産設備

アンモニア・コールタールプロジェクト



## 第3章 生産プロセスと生産設備

第1章、第2章で述べたように、このケースはジンバブエ国の現在の需給環境下では実施の妥当性はない。しかしここでは若し実施するとの想定でプロセスの概略を述べることにする。

石炭乾留設備は原料調整設備、コークス炉上の石炭供給設備、コークス炉、タール回収設備、ガス冷却、精製設備、排水処理設備からなる。最近、コークスの顕熱回収設備 (Coke dry quencher) を備え、熱回収を行うと同時に環境保全を行うようになった。

プロセスと設備の大手供給者は、世界的にみて KRUPP KOPPERS と OTTO SIMONS の2社である。

### 3.1 コークスの製造

良質のコークスを製造するには、石炭の品質が重要であるが、同時に原料、水分、粒度分布を調整することが必要である。多くの場合、原料は強粘結炭、弱粘結炭を配合するが、必要に応じ無煙炭、コークブリーズ (Coke breeze) を配合し、その原料は5～10種類に及ぶこともある。粒度は例えば80～95%が3 mm以下になるように調整する場合が多い。

コークス炉は偏平柱状の堅型炉が数十基互に隣接して1列に配置される構造となっている。全ての炉は回分操作で順次運転され全体として1つのサイクルを形成する。原料加熱にはコークス炉から発生したガスの一部が循環して使われることが多い。

乾留は14～20時間で完了するが、最近深夜作業を避けるために炉室幅を拡げ24時間にする試みもなされている。

乾留が終了し、ガスがほとんど発生しなくなった所でガス上昇管の弁をしめてガス集合管 (Collecting main) との縁を絶ち、押出機によって案内車 (Coke guide) を経て、消火車 (Quenching car) に灼熱コークスを押し出す。消火車は炉ダンの端にある消火塔へこれを運搬し、散水によって消火するか熱回収装置 (Coke dry quencher) に入れる。

通常行われているコークスの製造では、コークス炉幅は、400～480mm、長さ12～16m、高さ3.7～6.5 mの程度の炉室のものが使用され、フリーガス (flue gas) 温度は1,150～1,250℃である。

コークス炉では高温に加熱された炉室に常温の石炭が装入され、加熱壁に接した部分からゆっくり加熱昇温され、それに従ってガス発生とコークス化が進行する。加熱初期1時間はガス発生量が多く、メタン含量が多いがこの段階を終り炉室内の温度が平均化して高温になるに従いガス発生量が減じ、その水素含量が増加する。

乾留所要熱量は装入する石炭1kg当り 540~660Kcal/kgが普通である。



### 3.2 コークス炉ガスの精製

コークス炉から出てくるガスは 600℃～700℃の温度を有し、その中に多量のタール蒸気のほか、前に述べたように硫化水素、硫化カルボニル、有機硫黄化合物、シアン化物、ガム状物を生成する物質、およびアンモニア等多種類の化合物を含んでいる。これら不純物含量の多いことが合成ガス原料として天然ガス、ナフサ等の石油系原料と異なるところである。

第1部にのべた石炭ガス化炉からの粗ガスが、同じく石炭を原料としているのに、メタン含量が少く、硫黄化合物としては無機硫黄化合物である硫化水素と少量の硫化カルボニルを含んでいるのに対し、コークス炉ガスは硫化水素 1～2.5% (15～40g/m<sup>3</sup>) の他、チオフェン、硫化カルボニルその他の有機硫黄化合物 0.2～0.7g/m<sup>3</sup>を含む。

以下の工程説明にはFig. II-2-1に示した工程図を参照されたい。

コークス炉を出た高温のコークス炉ガスに循環安水を含む水を噴霧して急冷し、95℃以下としタールとガス液を分離し、さらに冷却器で冷却し25～40℃とし、残りのタールの大部分を除く。次いでガスを送風機によって昇圧し、タールはタール排除器、ミストコットレルで除去し、0.05g/m<sup>3</sup>以下とする。次に、ナフタリン洗浄器でクレオソート油洗浄によりナフタリンを除去し、アンモニア洗浄器でリン酸アンモン溶液で洗浄し、アンモニア除去の後、TAKAHAX脱硫装置により硫化水素を除く。

TAKAHAX 脱硫装置は一基または二基の直列洗浄塔からなり、1-4ナフトキノン 2-スルフォン酸ソーダを酸化触媒とする炭酸ソーダまたは炭酸カリ溶液で、脱硫を行う。脱硫効率99.9%以上である。この吸収液に空気を吹込んで酸化することによって硫黄を析出させ、濾過によって微粉末硫黄を分離した後、濾液を洗浄液として再循環させる。

次いでベンゾール洗浄塔で、クレオソート油の循環下に軽油分を除き原料コークス炉ガスが得られる。

得られたコークス炉ガスは組成平均化のためガスホルダーに一旦集める。このガス中の含有酸素をガス中の水素と触媒反応させて除き、次いで水添脱硫装置で有機硫黄、硫化カルボニルを水添分解して硫化水素とし、これを酸化鉄または酸化亜鉛を用いる乾式脱硫装置で吸着除去する。

その次にガス中のメタンを利用するため水蒸気を添加して接触分解して水素、一酸

化炭素混合ガスとし、次にシフトコンバーターにかけて一酸化炭素を水素と炭酸ガスに変換する。

こうして生成した炭酸ガスは、炭酸ガス吸収塔にかけ炭酸ガスを除去する。炭酸ガス吸収塔にはアミン系洗浄液（例えばMEA法あるいはその改良法）を使用することが、熱経済の点から有利である。

最後に残留する0.25～0.3%の一酸化炭素をメタネーターでメタンにして、精製アンモニア合成ガスとする。

### 3.3 コールタールの利用

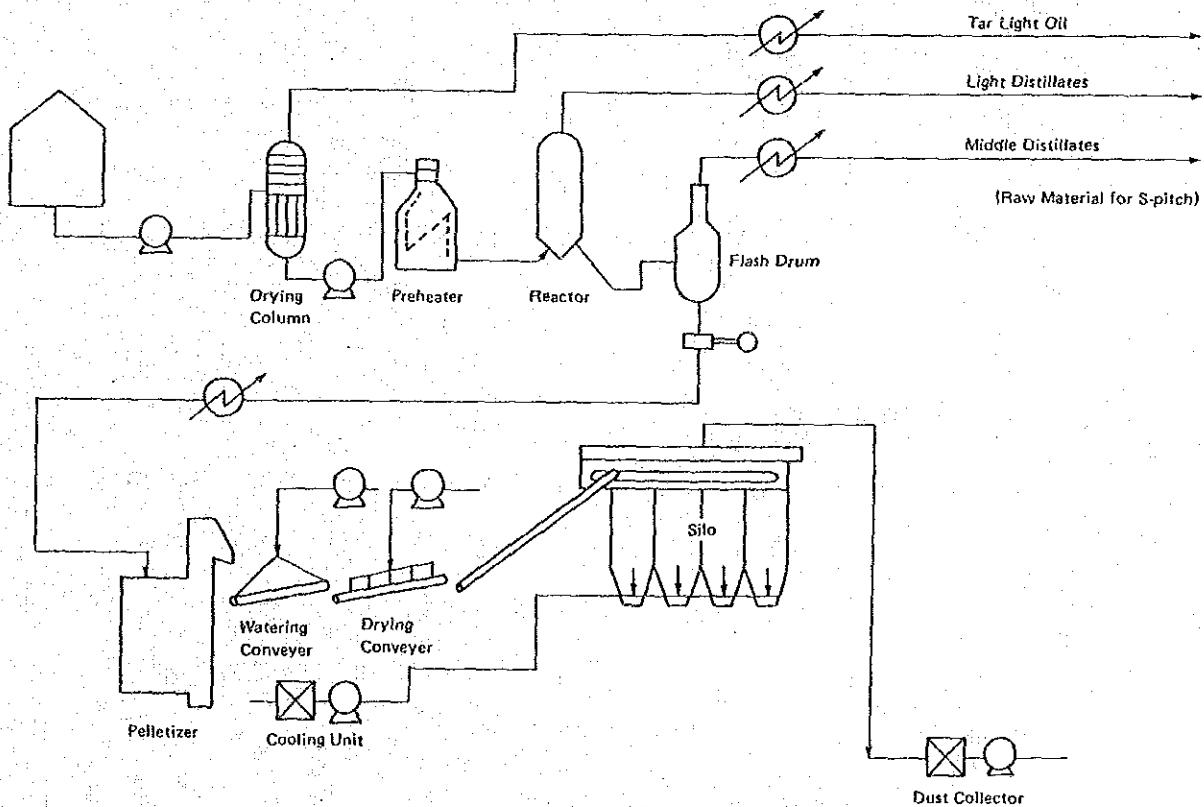
タールは有機合成化学の原料として有用な物質、例えばピリジン類、フェノール、クレゾール、ナフタリン、アントラセン等を含みその供給源である。クレオソート油は木材の防腐剤に使用され、残留ピッチは電極用粘結材、煉炭粘結材、ピッチコークス製造原料になる。

また脱水粗製タール (dehydrated crude tar)、加工タール (prepared tar) として道路舗装材に使用される。

タールから電極材料を製造する新しいプロセスが実用され、タール分離工程も簡略化されている。このチェリー-TプロセスのフローをFig. II-2-2に添付する。

タールは脱水後加熱して反応器に装入される。

ここで、高温高圧下熱重合反応が起り、ピッチが改質 (reform) される。揮発分はフラッシュして除去され、バインダーピッチが得られる。



Source: The Society of Chemical Engineers, Japan 48 530 (1984)  
41 312 (1977)

Fig. II-2-2 Process Flow of Cherry-T

### 3.4 コールタール製造の代案

前記のようなプロセスにより石炭からアンモニア、コールタールを併産することには需給バランス上無理が起ることは明らかである。従ってアンモニア製造と切り離して、かつコークスの過剰に制約を受けないコールタールの製造方式について、参考までに簡単な考察を以下に試みる。

将来の石炭の山元および輸送手段の変化による粉炭の増加と粉状鉄鉱石の増加に対応する手段として直接熔融還元製鉄が研究開発されつつある。この技術はコークスを使わないで、その代りに一般炭から製造された粉状のchar（炭化物）の使用が考えられている。

char生産には流動乾留またはフラッシュ乾留が使用されるものと考えられており、これはまたコークス炉からの軽油、タールの代替物の生産手段にもなるので、研究開発が活発に行われている。将来の乾留技術の発展の方向は、空気または酸素を使用する部分燃焼型(partial combustion)の流動乾留、外熱を併用する流動乾留、同様な熱供給方式で流動乾留に代るフラッシュ乾留である。

フラッシュ乾留の場合乾留温度は比較的低温 400～600℃、乾留時間は短時間で約0.1秒である。流動乾留では乾留時間が比較的長く、数分であり、滞留するcharによる接触分解反応がおこる。そのため、流動乾留の場合は生成物が2次分解を受け易く軽質油タール収率が少い。

雰囲気ガスとして加圧水素を使用するとタール収率が高くなると言われており、触媒を使用するとBTX収率が20%を越えたとする報告もある。

タール改質については分離した後に改質する方法と分離せずに乾留と同時に行う方法があり、現在の所、得失は明らかでない。しかしタールや軽質油を石炭から取得する手段は、石炭の直接または間接水素添加も加え、多様化していくものとみられる。

なお粉炭の乾留によって発生したcharは熔融還元製鉄の他、発電所の微粉炭燃焼、流動燃焼ボイラー、微粉炭ガス化にも使用できる。

## 第4章 考 察

アンモニア・コールタールプロジェクト



## 第 4 章 考 察

### 4.1 総 括

以上概観して来たように、ジンバブエ国では石炭が豊富な資源であるにせよ、石炭乾留のルートによってアンモニアとコールタールを製造するプロジェクトは無理があり、このルートはとるべきでない。

その理由は以下の3つに要約される。

- (1) コールタール、および、不可避免的に多量に併産するコークスを消化する市場がない。
- (2) アンモニア、コールタール、および、コークスの3製品が、おのおの独立に生産量を調節できない生産図式で構成されているプロジェクトは、実施しない方がよい。
- (3) 二重投資等、無駄な投資は避けるべきである。

### 4.2 考 察

(1) コールタールを有姿で大量に消費する用途は、道路舗装用である。ジンバブエ国では舗装道路の耐候性の観点から、耐久性の大きいビチューメンを輸入して舗装材としているため、この用途は望めない。コールタールの他の大きな用途は、これを蒸留して、その際留出油分に移行するクレゾール、ピリジン、ナフタリン、アントラセン等石炭に固有の多員環化合物の利用と、留出残としてのピッチの利用である。しかし現在は勿論1995年までの間、当国でこれ等石炭化学品を使用しての化学工業、あるいは電極製造の成立する見通しはない。

コークスについては、その製鉄用、冶金用の国内需要は現状で既に充足されており、その近隣国への輸出も年来行われているが、種々制約もあり大幅な伸びは期待できない。従ってここに新たな100万 T/Yの需要開発は望むべくもない。

従って市場面からみて、600T/Dのアンモニアをコークス炉ガスを原料として製造する図式は現実的でない。

(2) 1995/1996年のアンモニア需要600T/Dに対応して副産されるコールタールは約4万 T/Y、コークスは約100万 T/Yである。このおのおのの生成量は、原料

石炭の質、プラント操業パラメーターの変更可能限界の中で、多少調節できるにせよ、おのおのの生成比率の調整幅は僅かにすぎない。この3製品の生成比率は不可避免的に設計当初から決っている。アンモニアの需要は、旺盛だがその反面コークスは過剰在庫であるから、前者を増産して後者を減産するという訳にはいかない。このことは副産品をもつ製品の基本的弱味であり、回避出来るならそれに超したことはない。

もし市場の大きさが、このプロジェクトの副産品の副生量よりはるかに大きければ、上に述べた問題はそう重大に考える必要はないかもしれない。しかし事実はそうではない。

目的とするアンモニアの生産が、例えば大量に副生するコークスの在庫過剰のため、需要があるにもかかわらず減産せねばならぬという生産図式は採用すべきでない。

- (3) 既に国内で製鉄と直結して ZISCO社が、また冶金用外販および輸出に向けて WANKIE社が、コークス生産を行っている。本プロジェクトが実行されれば、そのコークス生産規模は既存2社をはるかに上まわり、販売面でも、価格面でも両社を圧迫しかねない。また ZISCO社は石炭化学品の製造を行って、コールタールの多角的利用を図りたいと考えているようである。こうして見ると、このプロジェクトはコールタールとコークスに関しては、明らかに二重投資と見ざるを得ない。

アンモニア製造についても、コークス炉ガスを原料とする場合はコークス炉はじめ、ガス精製、コールタール関連製品の製品化に多額の設備投資を必要とし、第1部で検討した石炭ガス化の場合よりはるかに大きいものとなる。

何れの見方に立っても、石炭乾留のルートは無駄な投資であり、行うべきではないと考察する。





JICA