U.D.C. 665.642.041.5:665.74/.75.092.1

シーラス反応炉について

Selas Pyrolysis and Reforming Furnace

有	崎	虔	治*	王	井	憲	義*
	Kenji	Arisaki		1	Noriyosh	i Tamai	

旨

要

最近の石油化学業界における化学プラント諸設備の大形化および反応解析の進歩・改良に伴うエチレン・アンモニア設備の分解炉および改良炉に関し、シーラス反応炉とその燃焼設備の問題点をとりあげここに述べるのである。

1. 緒 言

30万t/yを越すエチレン,1,000~1,500t/dのアンモニア,25~ 35万t/yの塩ビモノマープラントの新設,稼働など,最近のわが国 化学工業界の最大の話題は,プラントの大容量化と,それに伴った 業界の提携,再編の問題である。

典型的な装置産業である石油化学工業では,設備の大容量化が製 品価格の低減,競争力の維持に第一義的に有効であり,反応解析の 進歩,装置材料の改善,単位装置の大容量化,反応器サイズの縮小 に有効な触媒類の発見と改良,熱利用を中心とした補機類の進歩と ユーテリティの改善,収率維持と連続運転を保証する計装,コント

表1 わが国石油化学工業用ナフサの需要予想

			no man-			
年 次	エチレン 生産能力	エチレン 用ナフサ	(石油化学+) (都市ガス) ナフサ計 ⁽¹⁾	ガソリン 需要量	国産ナフサ: 輸入ナフサ	備考
1967 (実績) (昭-42)	144 万 t /y	958 万 k <i>l</i> /y	1,247 万 k <i>l</i> /y	1,436 万 k <i>l</i> /y	1,118 万 k <i>l</i> + 165 万 k <i>l</i>	輸入ナフサ 購入に苦慮
1972 (昭-47)	445 万 t /y	2,800 万 k <i>l</i> /y	3,448 万 k <i>l</i> /y	2,345 万 k <i>l</i> /y	2,306 万 k <i>l</i> + 1,142 万k <i>l</i>	ガソリンに匹 敵する国産ナ フサ。大量の 輸入ナフサ
1980 (昭-55)	1,019 万t/y ⁽²⁾	5,800 万 k <i>l</i> /y	7,500 万 k <i>l</i> /y ₍₃₎		3,690 万 k <i>l</i> + 3,810 万k <i>l</i>	石油総消費 量 ⁽⁴⁾ 3.69億 k <i>l</i>

注(1)(芳香族,そのほかの石油化学,アンモニア+都市ガス用)ナフサ計

(2) 原 陽一郎氏一石油化学の将来 (昭-44)

(3)(4) 大永勇作氏一日本のエネルギー事情とエネルギー政策 (昭-44)

ロールの進歩などがその大形化をささえているといえよう。

本文は, エチレンやアンモニア設備などの大容量化に対し, その 基幹部ともいうべき分解炉と改質炉を対象に, 日立製作所における シーラス形反応炉とその燃焼設備につき現状と問題点を取りまとめ たものである。

2. わが国における原料事情の予測

わが国ではエチレン,アンモニア,水素,オキソガスなどの原料 炭化水素は,ほとんど精油所からのナフサ供給によっている。いま 30万t/yのエチレンプラントを例にとると,そのフィードナフサは 170万kl/yに達し,精油所の原油処理量は33万バーレル/dを要す ることとなる。現状の精油所能力の最大が20~30万バーレル/dで あることや,ナフサ得率とその価格体系などを考えた場合,近い将 来にナフサ中心のコンビナート運営は行き詰まらざるを得ないと指 摘される。また石油化学工業全体で考えてみると表1のような予測 がたてられており、10年後の1980年にエチレン1,000万t/yは実現 性のあるものと考えられるが、原料をナフサのみに求めることは不 可能と考えてよい。

では、石油化学はその原料を何に見いだすのか、結局は原油そのも のの利用へ行かざるを得ないであろう。これの最も注目すべき一つ がペトロケミカル・リファイナリーの提案⁽¹⁾⁽²⁾と考えられ、図1の ように分解反応をフルに採用して、原油から総合的に化学用合成原 料を製造しようとするものである。この方式によればエチレンはも ちろん、アンモニア、水素なども、従来多くの実績を蓄積してきた管 式反応炉によって製造できることが明らかで、さらに灯軽油の熱分 解技術の確立は、現在直ちにナフサ不足の緩和にもつながって誠に 興味あるものといえよう。もちろん原油の各種直接分解機や炎分解 によるエチレン、アセチレン併産方式などの研究開発、実用化が進め







----- 69 -----

(B) 原油を原料とした化学分解装置の例
 (エチレン30万屯/年←ミナス原油131万屯/年)

図1 ペトロケミカルリファイナリーの実例と提案

* バブコック日立株式会社呉工場

られているが、大容量化を指向し熱回収利用を極度に要求するこの 種プラントに対して、今後とも主流を占めるものとは考えられない。

3. エチレン分解炉

3.1 エチレン分解炉の技術的問題点

欧米におけるエチレンプラント大容量化の実状を昭和42年末に 調査された「石油化学工業調査団報告書」によれば,分解炉の技術 的開発の目標は次のように述べられている。

- (1) 規模拡大に適する設計
- (2) 原料の性状に対応する融通性
- (3) 収率パターンの融通性
- (4) 熱回収系統の効率向上
- (5) デューキング間隔の長期化
- (6) コイル, サポートの耐熱安定性
- (7) コイル加熱の均一性の向上
- (8) ハイ・シビアリティ分解
- (9) ガス燃料と液体燃料混焼率の融通性
- (10) コイル取り換えの容易なこと

これを分解炉の設計製作に当たる者として整理してみると次のように考えられる。((1)に対応するものを(1)'のように表わした。)

- (1)'分解炉の設計可能な最大容量は幾らか。
- (2)'管式分解炉で取り扱いうる原料油の性状はどこまでか、その収率パターンはどうか。



- (3) ある原料油に対して収率パターンはどのように変えられる か。
- (4)'-(a) 炉の熱効率は(加熱燃焼ガスの出口温度は何度まで下 げうるか。)
- (4)'-(b) 分解ガスの急冷とその熱回収装置の構造, 効率は。
- (5) カーボンあるいはコークの生成,付着機構とその対策は。
- (6) 850~1,050℃の高温に達する分解コイルの強度維持や変形 防止と、またより高温になるサポート構造の強度維持は。
- (7)'(6)',(5)'に関連するが、コイル材のき裂発生や、コーク生 成を防止するための円周方向温度分布の均一性をいかに向 上するか。
- *(8)'エチレン収率の向上,コーク生成の減少のため,急速加熱 と高温,短滞留時間の熱分解反応を行なえる炉であるか。
 - (9)' コンビナートから発生する各種燃料ガスを利用しうるバー ナがあるか,さらに余剰液状燃料まで使用できるか。
 - (10)' ベンドを含む分解コイルが,安全に長期の運転に耐え,カ ーブリゼーションその他による劣下も少なく,万一の場合 にも容易に補修や交換ができ,停止期間を短くする構造で あるか。

これらをさらに,炭化水素の熱分解反応という面と,炉の構造設 計のハード面に分別すると,

- (A) 炭化水素の熱分解反応解析に関するものとして:
 (2)', (3)', (4)'-(b), (5)', (8)'
- (B) 炉の構造設計に関するものとして:
 (4)'-(a), (6)', (7)', (10)'
- (C) 燃焼機器の構造やその運転方法とコントロールに関するものとして:

図3 実験炉による比重 0.676 クウエートナフサの分解収率

減少,運転時間の短縮を招来するし,液状燃料を使用すれば,(シー ラスバーナのある種のものを除いて)ゾーンコントロールが不じゅ うぶんでハイ・シビアリテイの分解は達成できず,コイルの均一加 熱も不可能で高いエチレン収率や収率パターンの融通性が得られな い,など相互複雑に関連した問題で,すべてを満足することは不可 能と言ってよく,分解炉容量の設定は,供与の仕様,条件に対して 新しい解析と過去の実績の上に立って行なわれるべきものである。

3.2 管式分解炉による分解反応解析の状況

日立製作所およびシーラス社の実験研究をもとに、この問題を述 べてみよう。

(1) 原料の性状と収率パターン

図2は, エチレン収率と原料ナフサの End Boiling Point との 関係を示し, ハイ・シビアリティ分解炉における 900℃ 分解時の 収率を付記している。

図3は、われわれの実験炉によるナフサ(比重0.668)分解デー タの一例を示し、実用炉に比較してエチレン収率はかなり高く、 反応管構造改変と反応温度、滞留時間、加熱方法、急冷方法のコ ントロールで、実用炉のエチレン収率も、なおいくぶんか改善で きる余地のあることを示している。

図4は、日立製作所の製作したナフサ分解炉のエチレン収率を反応温度をパラメータとして、反応容積率(反応管容積 V m³/マスベロシテ F kg/s)によって整理したもので、メデイアム分解から ハイシビア分解への発展効果が明らかであるが、図3の実験値に 比べ収率はかなり低い。

図5は, End Boiling Point-345℃, API 比重-35.40°のガスオ イルの使用を目的に,シーラス社の実験炉でプロセス温度880℃

(2)', (3)', (8)' に対するゾーンコントロール方式, (7)' に 対するバーナ構造, (9)'
のようになり、この(A), (B), (C) を総合して(1)', すなわち分解 炉の目的, 仕様に沿った最大容量が決定されるものである。
たとえば、ナフサの代わりに灯軽油を原料に用いれば、エチレン、 プロピレンの収率変化や、コーク生成の増大は明らかで、炉の容量の まで,滞留時間 0.1~2 sec の条件の下で行なった種々な原料に対 するエチレン収率の結果を示し,図6はプロピレンやC4 プロダ クトの収率が,C3以下の収率を45~50%とした場合最高になる ことを示している⁽³⁾。 図7,図8はわれわれの実験炉で E.B.P-316.5℃ 比重-0.838

の軽油を分解した結果を示し,軽油の場合,エチレン収率25%を

— 70 —

応 炉 反 ラ ス K 5 し、 T シ



171

であり,反応コイル内と急冷熱交の伝熱管内とに分別して考えら れねばならない。直接加熱される反応コイルでは, 壁温の上昇コ イル材内面のカーブリゼーション,デコーキングによる運転休止, このときの加熱一冷却サイクルによる高温材の劣化、不手ぎわな デコーキングによるコイル材内面の脱炭, 強度低下など実用炉の 運転として最大の問題となり,急冷熱交でいえば伝熱阻害,発生蒸 気量の減少, さらに急速なガス通路の閉そく, 圧力降下の増大, 分解圧の上昇による収率低下とつながり,結局分解炉の運転休止, デコーキング間隔の短縮をもたらして,全プラント効率の低下と 反応コイルの劣下を促進する。

図9は、われわれの実験炉で得たナフサ分解時の物質収支を示 し,未回収油としたものがカーボンやコークの生成,付着量を表 わすと考えてよく,滞留時間の影響をよく示している。

図10は、図7,8に収率を示した軽油の分解実験において、分 解油コンデンサに付着したタール状物質とカーボンの状況を示し たもので、同じく滞留時間の影響をみることができる。

図9 ナフサ分解実験における物質収支



シーラス社の実験でも、図5に示した種々な原料油に対するエ チレン収率の線図で、それぞれのターミナルポイントが、オーバ

クラッキングとそれによるコーキングトラブルを防止しうる限界 としている。

3.3 炉の構造設計の状況

わが国における昭和32年(1957)以来のナフサ分解炉の動向は,

図10 軽油分解実験におけるコーク、タールの発生状況

ほぼ図11によって知ることができる。シーラス社のグラジェーショ ン炉とその改変形が主流をなしたが、1966年ごろからたて形コイル が注目され、1968年よりS&W形ルーマス形が本邦でも建設され ている。サイドファイアリング、ラジアント形小容量バーナの多数 配置とゾーンコントロールなど,基本的問題はシーラス社の考え方

172

昭和45年2月

日 立 評

論

第52巻第2号



図11 わが国におけるエチレン分解炉の動向

がそのまま踏襲されていると考え てよい。

表2は、シーラス社が1967年コ ロンビアカーボン社と共同で設置 研究した実用形試験炉以降, 1969 年8月までに受注し,建設中また は設計中のたて形炉を示したもの である。最大容量は2セル1基8 万 t/y に達しているが,オイルた きの併用, ナフサとガス油や軽油 の兼用分解などそのプラントの目 的, 性格に応じた炉を設定してお り,単に炉容量の増大のみが考え られていないことを示している。



納 入 先	国名	Cell数	容量 (MT/Y)	備考
COLUMBIAN CARBON	アメリカ	1		1967/6 運転 (試験炉 Proto Type Heater
MONTE SUD	イタリー	6	150,000	65% オイルたき
ERDOL CHEMIE	西ドイツ	18	360, 000	30% オイルたき
S. I. R.	イタリー	4	170,000	30% オイルたき
A. N. I. C.	イタリー	2	80,000	60% オイルたき 門 形 1 基
U.R.B.K.	西ドイツ	1		(試験炉) Proto Type Heater
COLUMBIAN CARBON	アメリカ	7	230, 000	
1 QA-SHELL. TARRAGONA	スペイン	1	24,000	30% オイルたき



表2 シーラス社たて形分解炉実績表 (1969/8)

図12は、オイルたき60%で設 計された2セル1基5万t/yのシ ーラスたて形炉の概略を示したも のである。エチレン収率26~28%

でメデイアムシビアリティの上限をねらった兼用分解炉であるが, 要所はじゅうぶんなゾーンコントロールが行なえるようしている。 図13はたて形コイルに対するデュラジアントバーナ用燃料ガス配 管を示し,従来多用されてきた横形コイルに対するものと同様の考 え方で、列ごとのコントロールをシンプルに行なっている。

たて形炉は後出,図15に示すような横形炉と異なり、コイルサポ ートは著しく減少,単純化されるが,構造上1個所の欠損でもコイル に重大な損傷を与えるので,シーラス社は横形炉の経験を生かして, 図14のように炉外へコイルの上部ベンドを配置して支持する構造 を採用している(4)。

図15は、わが国最大の2セル1基50kt/yのハイシビアリティ横 形分解炉の構造図を示したものである。分解温度は850~900℃,比 重0.7のナフサをフィードしてエチレン収率28~30%を得る。クラ ッキングコイルには6パス,25Cr/20Niと25Cr/35Niの遠鋳管を 使用し、コイルサポートとしては、出口側6本1群がアンダーサポ ート,上部はすべてハンガ揺動式サポートで材質はタングステン含 有のスーパーアロイを採用した。ハンガ揺動式サポートはチューブ の伸縮にしたがって揺動し、高温時にコイルに掛かる曲げ応力を防 止する, コイル重量を支持する上部ピン部は炉外へ引き出され極力 断熱している。本炉と全く同容量,同構造の炉が西ドイツR.O. W. の No.5 とその増設, Shell, オランダおよびフランス向けで使

図12 50 kt/y たて形分解炉 (60% オイルたき)

— 72 —



図13 シーラスデュラジアントバーナ用 燃料ガス配管(たて形炉)



図 15 50 kt/y シーラス HS 横形分解炉



16はプロセス出口温度900℃として,チューブ数6本の1コイルにつ きその設計温度を推定して示したものである。右図はその場合,等長 の各チューブの熱膨張量を比較したもので、ベンド部の温度差と組 み合わされて当然各チューブに軸方向力と曲げモーメントを発生す る。実炉においては、収率主体で運転されるので、図17にみられる ようなプロセス温度プロフィルの変更もしばしば行なわれ、またゾ ーンコントロールも,フィードの変化や収率変化に応じて意識的に 行なわれるので、コイルの強度設計は単に最高メタル温度で内圧ク リープに耐えるといったものでなく、そうした運転操作による各チ ューブ間の温度差から発生する熱応力をじゅうぶんに考慮したもの でなければならない。シーラス社の実験炉で, ゾーンコントロールと 管温プロフィルの関係を実測した一例を示したのが図18である。

図16 1コイル各チューブの設計スキン温度と 熱膨張量の計定例



プロセス温度プロフイル



図18 シーラス実験炉によるガスオイル分解時の

デコーキング時の管壁の温度変化はより複雑である。管内面に付 着しているコークに空気を吹き込み酸化自燃せしめて除去するわけ であるから、コーク付着管あるいは付着部位で表面燃焼の形となり 局部的な熱応力やチューブ別に著しい温度差を発生し、さらに急冷 をうける形となって、チューブの劣化、損傷に最悪の影響を及ぼす ものと考えてよく,実用炉における測定例では同一コイル内で500℃ におよぶ温度差を生じている例がある。

設計メタル温度が,図16や図18に示したように900~1,100℃に 達する分解コイルのチューブ材には, I.C.I.を中心としたスチーム リホーミング用反応管の研究と実績(5)から、その高温特性と経済性 をベースに高 Cr/Ni 系の遠心鋳造管が賞用されているが、コーキン グとそのデコーキング操作の存在や長尺の吸熱コイルとして使用さ れる分解管としては、なお、研究進歩の過程にあるものと考えるべ きで、リホーミング用反応管やその出口集合管に対してすら、1969 年9月より3年間の期間をかけて, BMI (Battelle Memorial Institute, U.S.A.) が基礎的,応用加工面および設計的の研究を実施する ことが,使用者側,製造者側の実状と,問題の困難さを示すものと 考えてよい。

表3は、分解炉に実用される耐熱材の化学成分を示し、表3-1は 欧米での使用材を1967年現在でシーラス社の調査したもの,表3-2 、調査したものを示している。 成分中そ

温度プロフィル	は日立製作所が実用あるいは調査したものを示している。成分中そ
	の他の部に示されたもののほか、溶解鋳造法、特殊成分、ガス成分
用されていて,シーラス社の H.S. 大容量分解炉の標準形となって	など、特許やノーハウに関するものは知るよしもなく、実用材とし
いる。	ての高温特性は表示の内容より、むしろそれらに含まれることに留
構造設計の面からいうと最大の難点は、たて形コイルにせよ横形	意を要する。
コイルにせよ 500~550℃ (入口)→800~900℃ (出口) のプロセス流	図 19, 20, 21 はクリープ破断強度を主として,高温特性を示した

体温度で急速な吸熱反応を行なう分解コイルの強度設計にある。図 ものである。図20では、従来標準的に比較のベースに用いられた

174 昭和45年2月

5

n

日 立 評 論

第52巻第2号

			and the second second				Persona	A Standard A	0.8380.00050.000	<i>x</i> .
合金名	× - + ×		化	学	ž	組	成	%		
	· // 1	Cr	Ni	C	Mn	Si	そ	の	他	実用
HK-40	標 準 遠 鋳 管	25	20	0.40		<2.0				0
パイロサームG	POSE-MARRE	26	21	0.26	0.94	0.86				0
インコロイ 800	HUNTING TON ALLOYS	20	32	0.04	0.75	0.35	Ti,	A1,	Cu	0
インコロイ 802	HUNTING TON ALLOYS	20	32	0.35						
インコロイ 807	HENRY WRGGRIR	20	40	< 0.1	<1.0	< 0.75	1.00	Cb, 5 0, 0.	5.0W	
サーモロイ 47	ABEX CORP	26	20	0.40	<2.0	3.0	0.31	10, (). 5AI	
Mo-Re #1	NATIONAL ALLOY	23	33	0.40	<1.5	<1.5	1.5	W		0
NA22H	NATIONAL ALLOY	26	46	0.44	1.4	1.0	5.3	W		0
12AC40	SCHMIDT & CLEMENS	25	20	0.40						\otimes
12ANC40	SCHMIDT & CLEMENS	25	20	0.40			Cb			0
VG508	SCHMIDT & CLEMENS	25	35			1.5				0
V G 807	SCHMIDT & CLEMENS	30					50C	ò		\odot
V G 838	SCHMIDT & CLEMENS	30	30	0.50			Cei	Zr	-	00

表3-1 エチレン分解炉の分解コイルおよびサポート材 (シーラス社調査) (1967)

(注) ◎ 主としてコイル材 ⊗ サポート材に実用されている。

	,		-4	4		化	学	組	成	%	
		_	71	石	Cr	Ni	С	Mn	Si	その他	実用
G X 40-25/35		D. E.	W	(遠鋳)	24.62	36.10	0.44	1.16	2.50	0.35Co	0
GX40-25/20		D. E.	W	(遠鋳)	(25)	(20)	(0.4)	(<2.0)	(<1.5)		
25/20	(日本)	K. U.		(遠鋳)	24.4	21.4	0.45	0.71	1.37	0.23V	0
G X 50-36/26		D. E.	W	(遠鋳)	(26)	(36)	(0.5)	(<1.0)	(<1.5)	Co(15) W (5)	
25/35-Co-W	(日本)	K. U.		(遠鋳)	24.20	34.10	0.52	0.40	1.73	Co 14.7	0
25/48-W		P. M.		(普鋳)	27.3	48.3	0.33	1.23	1.21	W 5.5 W 7.5	\otimes
Hi-Ka		日	立	(遠鋳)	(25)	(20)	(0.4)			(特許)	0

表 3-2 分 解 用 実 炉 用 材 (1968~1969 調査)





(by, D.E.W.) 図19 耐熱遠鋳管の クリープラプチュ

28



— 74 —

(クリーブラプチュアーと破断伸び%)

図21 実用耐熱鋳鋼の高温特性

ICI バンド (あるいは Estrush Band) に対して新材料の位置づけを 付記した。図21は、表3-2の材料を主としたわれわれの調査結果 であるが、破断伸びのばらつきに注目されたい。応力、温度によっ て数十時間で破断伸びのほとんどゼロとなる試片もあり、長時間破 断時に破断面近くの組織が無数のき裂を有するザクザク状を呈する ものもある。さらに実用炉の経年材を調査したものでは, 渗炭(しん たん)の著しいもの,逆に脱炭しているものが見いだされ,実験室 的データからのみでは鋳造材とインコロイ 800 系の鍛造引抜材を問 わず,明確な設計基準を立て得ず,ステップバイステップで,設計 と材料が互いに進展しつつある段階にあり、さらに溶接継手の研究 が両者を刺激促進している状況といってよい。 注目すべき実際的研究にチューブ内外面のクロームやアルミある いは耐熱化合物によるコーティングがあるが、実用炉での使用によ って効果を確認しつつ基礎的問題にフィードバックせしめるという

種類の問題で, 炉使用者, 炉製造者, 材料製作者の協同を要するも のである。

3.4 反応炉用バーナ

分解炉に限らず, 改質炉においても, 側壁からのふく射を中心と した伝熱機構は反応のコントロールに有効で、シーラス社のデュラ ジアントカップ形バーナは、グラジェーション炉の基本要素として 広く使用されてきた。

図22は、シーラス反応炉における管円周方向の温度分布実測例 を示したものである。われわれのバーナ実験炉による実測例の(a) 図をみればカップ状バーナブロックによる撹拌(かくはん)対流伝熱 効果も明かで、両側にバーナを配置する、いわゆるサイドファイア リングで(b)~(d)図のような温度パターンが得られるのは、単に 両側からのふく射を重ねたものではないことがわかる。 表2や図12にみられるように、最近の燃料はガス単味でなく、ナ

炉 反 応 K T ス 5 1, ラ ~

フサやプラントの未利用液体燃料、さらに灯 軽油, といったオイル混焼の要求が多い。わ れわれもすでに60%分解残油を混焼運転中 の分解炉を有するが,シーラス社の実績とし て西ドイツ(100 kt/y),南アフリカ(100 kt/y, 150 kt/y) の3プラントを 60~70% オイル 混焼で問題なく運転しており、さらに表2に 示すような受注が行なわれている。これは燃 料費低減に対する使用側からの要求と,反応 解析の進歩とゾーンコントロールの有効な利 用という炉製作者側からの応答がマッチして 可能となったものである。

図23は、シーラス社のナフサバーナとして 知られたもので,加熱空気を使用してディフ ュザが内で噴霧ナフサを気化し、じゅうぶん な可燃混合気として先端チップよりカップブ ロック内へ噴出燃焼して,従来のガス式デュラジアントバーナと全 く同様な特性を示している。

図24は、未利用液状燃料の実用テストを日立製作所の実験炉で 行なった一例で、E.B.P.130℃のナフサと、241℃、292℃(C5~C15 含有), H.C. 油の燃焼状況を比較したものである。

図12にコンベンショナルオイルバーナと示したものは、市販バ ーナにも利用できるものがあるが、日立製作所では図25に示したパ ラレルフローYジェット式オイルバーナを使用している。空気また は蒸気を噴霧媒体として 30° くらいの狭い 噴油角度を有し、パラレ ルフロー形の二次空気導入で安定した長炎パターンを形成できる。 サイドファイアリング方式をとり要所のみシーラス, デュラジアン トバーナを用いる反応炉は最適の性状を有し、高アロマーオイルを 処理した例もあり、4. で述べる改質炉でマイルドなリホーミングを



図22 反応営断面方向の温度分布実測例



ガス入口

噴霧媒体入口

オイル入口

175

図23 シーラス社 ナフサ系バーナ



図24 シーラスナフサ系バーナによるC5~C15含有オイルの燃焼状況

第52巻第2号

行なうものに用いられる。

ゾーンコントロールの効果や実例は、図13,17 および図18 で触れたが、図26は、われわれが電子計算機を用いて計算実験を行なった結果である。これはかなりその効果を定量的に示し、バーナ容量の選定、運転方法の予測などに有効である。

4. 改 質 炉

前章で、反応炉として技術的問題の多い分解炉につき詳説したの で、改質炉についてはシーラス社の大容量炉の概要を述べるにとど める。シーラス社はメタンリホーミング炉は自社技術、ナフサリホ ーミングは I. C. I. プロセスを技術導入しているが、改質炉の構造な どのハード面は全く独自のもので、サイドファイアリング要部にデ ュラジアントバーナを配置したゾーンコントロールの採用など分解 炉と考え方の基本は同様である。

図 27 は、アンモニア 1,300 t/d 相当の大容量炉の構造概要を示し



符号	シールド ショック部	1st ゾーン	2nd 1/->	3rd 1/->	熱効率
×		55	30	15	49.2%
Δ		33	33	34	50.2
		15	30	55	51.2
0		プロセス	則要求值		

図26 各ゾーンの燃焼量変化と ヒートフラック変化







シーラス反応炉につい

	18	W (4)	ケ	-	ス	例
仕	禄	単 位	I	п	ш	IV
容 (プロセス	量 (ガス)	(Hz+Co) MMSCF/D	2.7	7.0	19.0	36.0
反応管出	口圧力	(atg) PSiG	(10.5) 150	(27) 385	(19) 270	$(7.4) \\ 105$
反応管出	口温度	(°C) °F	(860) 1,590	(830) 1,530	(850) 1,560	(905) 1,662
残 メ (ドライ:	ターン ガス)	Vol %	<0.2	<3.7	<2.1	<1.0
反応管	内 径	in	4	4	4	4.5
反応管	長さ	ft	28	40	38	40
反応管	本 数	本	28	40	112	180
運 転	開 始		1965	1967	1966	1965

表4 シーラス社のハイシビアリテイ改質炉



T



177



図 30 ガスオイル混焼の大容量改質炉

たものである。反応管にチドリ配列を採用して炉全体長さを押え, しかも反応管円周方向温度分布が図21にみられるようにじゅうぶ ん均等に保持できることは、デュラジアントバーナの使用効果にほ かならない。図28はこの大形炉圧力部の構造解析例で、熱膨張伸 びの合理的な吸収と発生応力の減少を図り、長い反応管を固定せず その傾きを有効に利用している。

リホーミング反応に対しても、メタノールやオキソ合成向のよう に残メタンを小さく,適当なスチーム/カーボン比で反応管出口温度 を800℃以上とする場合をシーラス社は、ハイシビアリティーリホ ーミングと称している。表4は、シーラス社のハイシビアリティ改 質炉の仕様例を示したもので、反応管出口温度は900℃に達してい る。改質炉のフィードもわが国では、ナフサからエチレンオフガス、 LPG, C₃-C₄ 留分と多方面に広がっている。図 29 は、ブタンのスチ ームリホーミングにおける残メタン-S/Ccl-反応出口温度の関係を 示したものである。図中にハイシビアリティ域と示した部分も実際 的には伝熱律速範囲にあり,有効な改質反応を達成促進するために は反応管触媒充てん後半部の伝熱コントロールが必要なことを表わ している。図 30 に示した大形改質炉は、そうした反応上の要求と、 オイル混焼率の増加による燃料費低減の要求をマッチせしめた構造 で、図25に示したYジェット式オイルバーナが効果的に実用できる。 反応管や出口集合管の材料材質については前章で述べたが、触媒 の変質劣化、カーボン析出と触媒の粉化などによる伝熱阻害、ロー カルホットの発生などが改質炉特有のものであろう。 改質炉に密着した重要な装置に,熱回収高圧蒸気発生装置がある。 これに対しては別に取りまとめ発表(6)したので,前述の触媒に関す るものとともに本論文では触れない。 改質炉は、マルチパス-単管の反応管からなり、その本数すなわち

パス数を増加して,大容量化を達成することができる。これは反応コ イル形式をとる現状の分解炉に比べて合理的な設計といってよく, 管式分解炉の将来構造を予測せしめるものと筆者らは考えている。

5. 結

言

エチレン分解炉と蒸気改質炉を主として,管式反応炉に対するシ ーラス社および日立製作所の現況を述べた。問題の所在やその現状 がフィードの多様化,大容量化,原単位の低下を指向する石油化学 工業界に多少とも役だてば幸いである。

日立製作所においては、2種のプロセス向けに受注製作中の記録 的な EDC 分解炉、すでに1年を越す連続運転を達成したベンゼン 分解炉、ハイ・シビアリティ改質炉としてのオキソ用炉数基の実績 など、紹介すべき事項も多いが、これらについては稿を改めて報告 したい。

本文中にも触れた耐熱鋳鋼材の Hi-Ka (日立材)は,遠鋳管,普 通鋳鋼ともすでに2種の開発を終わり実用にはいっているが,クリ ープラプチュア伸びの優秀な性状は注目に値するものである。

参考文献

- (1) 林: 石油化学コンビナートの一貫化 化学工業, Vol. 19, No. 7 (1968)
- (2) 林: 石油化学工業の今日と明日 化学工業, Vol. 20, No.

10 (1969) M R Kitzen et al

(1969)

(3) M. R. Kitzen et al: Gas Oil Pyrolysis in Tubular Reactors. C. E. P. Vol. 65, No. 7 (1969)
(4) アメリカ特許: U. S. Patent No. 3385271, 1967/1登録
(5) C. Edeleanu: Materials Technology in Steam Reforming Process. (1966)
(6) 田村,石川: 改質プラントの熱回収装置 化学工学(投稿中)