

オゾン層を守る代替フロン製造設備

Completion of a Commercial Plant of HFC-134a

永水 仁* *Megumu Nagamizu*

斉藤真弓* *Mayumi Saitō*

丹羽 淳* *Jun Niwa*

安達勝茂* *Katsushige Adachi*



昭和電気株式会社川崎工場納め代替フロン製造設備の全容 この装置は昭和電気株式会社が開発した気相法を用い、HFC-134a製造用の商業プラントである。年間5,000 tの能力を持つ。

オゾン層の保護を目的に特定フロンの2000年全廃が決定されている。昭和電気株式会社はこの世界的要求に答えるために特定フロンCFC(Chlorofluorocarbon)-12の有力代替品であるHFC(Hydrofluorocarbon)-134a製造用商業プラントの早期完成の必要に迫られていた。

開発から商業プラントへの移行には、技術的問題点の解明などから、通常十分な設計、製作、施工期間が必要となり早期完成は極めて難しい。

日立製作所はこれらを解決するために、21世紀のエンジニアリングと言われているコンカレントエンジニアリング(Concurrent Engineering)手法をもって、この開発プロジェクトに参画し、1992年1月、昭和電気株式会社川崎工場内に代替フロン製造設備を納入した。計画から1年弱の超短期間で完成させ、コンカレントエンジニアリングの優秀性を実証するとともに、地球環境を守る社会的使命に貢献した。

* 日立製作所 機電事業部

1 はじめに

従来、まったく問題視されなかったフロン(CFC)は、あまりにも安定な物質であるがため、大気に放出されると分解されずに成層圏まで到達し、オゾン層を破壊する有害物質としてモントリオール議定書により生産が規制されている。

このため、オゾン層を破壊しない代替フロンの製造が地球環境保護のための焦眉の急となり、世界の化学会社がそのプロセス開発と商業プラントの建設に取り組んでいる。

昭和電工株式会社はいち早く代替フロンの開発に着手し、特定フロンCFC-12の有力代替品であるHFC(Hydrofluorocarbon)-134aのパイロットプラントを1989年9月に完成させ実証運転により独自の気相法プロセスを確立したが、商業プラントの早期建設と生産の必要に迫られていた。

商業プラントには、高い完成度と早期建設が要求される一方、プロセス開発に伴う改良変更が予想され、相反する課題の解決を求められていた。

日立製作所はこの要求にこたえるために、

- (1) コンカレントエンジニアリングの採用
- (2) コマercial化のためのエンジニアリングノウハウ
- (3) 特殊材のハードウェア技術と実績
- (4) 高品質施工管理と短納期建設ノウハウ

をもって、昭和電工株式会社納めHFC-134a製造設備のプロジェクトに参画した。特に短納期建設を前提に、化学プラントとしては初めて全面的なコンカレントエンジニアリングを採用するとともに、ユーザーとメーカーで一体となったプロジェクト運営により、まったくの開発プロジェクトでありながらも1年弱という短納期完成に成功した。

ここでは、昭和電工株式会社納め代替フロン製造設備の概要と、日立製作所のコンカレントエンジニアリングを主体に、プロジェクトの課題と対策について述べる。

2 代替フロン製造設備の概要

オゾン層保護のために採択されたモントリオール議定書で規制対象となった特定フロンはCFC-11, 12, 113, 114, 115で、2000年全廃を規制されている。表1はこれら特定フロンの規制スケジュールを示す。

特定フロンはいずれも塩素、フッ素および炭素から成る化合物であるが、代替フロンは、次の2種類に大別さ

れる。

- (1) オゾン層を破壊する原因と考えられている塩素原子を含まないフロン(HFC)
- (2) 成層圏に達する前に大気圏内で分解するように分子設計された、水素原子を含ませたフロン(HCFC: Hydrochlorofluorocarbon)

今回商業生産を開始したHFC-134aは特定フロンCFC-12の代替品で、前者に該当する。HFC-134aのオゾン破壊係数は0(CFC-11を1.0とした相対比較値)で、オゾン層への影響がまったくなく、カーエアコン等の冷媒として使用される。

昭和電工株式会社が開発した気相法HFC-134a製造プロセスの製造工程を図1に示す。

原料にはフッ化水素とトリクレンを使用し、新たに開発した気相反応触媒層を持つ第一反応器により、



の反応を行わせ、副生した塩化水素を反応ガスより分離除去後、第二反応器によりさらに、



の反応を行わせることで初めてHFC-134a(CF₃CH₂F)が製造される。生成された粗HFC-134aは再び副生塩化水素を分離後、酸分離および中和工程を経て、高度な精製技術を用いた精製工程により微量不純物の除去が行われる。微量不純物の除去後、最終脱水処理を経て高純度HFC-134aとして出荷される。

3 コンカレントエンジニアリング

- (1) コンカレントエンジニアリングの採用経緯

日立製作所では、長年の化学プラント取りまとめの中で、開発とソフト、ハードが一体となったプロジェクト経験も数多く持っていた。しかし、このようなプロジェ

表1 特定フロンの規制スケジュール(モントリオール議定書第2条) 最新の特定フロンの段階的消費, 年産規制を示す。

単位 (%)

規制物質 (基準年)	小分類	年	年間消費量 年間生産量
特定フロン CFC (1986)	11, 12, 113, 114, 115	1989年*	100以下
		1995年	50以下
		1997年	15以下
		2000年	0

注: *だけ1989年7月1日以降, その他は1月1日以降過渡的物質(HCFC)生産量, 輸出入量についてモニタリングを行うことが決められた。

略語説明 CFC(Chlorofluorocarbon),
HCFC(Hydrochlorofluorocarbon)

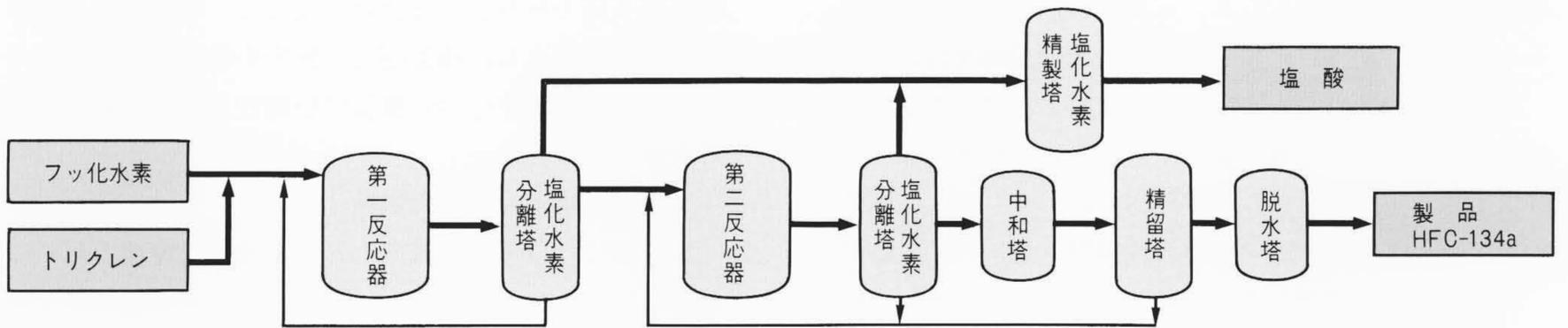


図1 HFC-134a製造工程 フッ化水素とトリクレンを原料に、2段の気相反応でHFC-134aを製造する昭和電工株式会社独自のプロセスを示す。

クトには、従来から使用されているエンジニアリング手法では、不都合が多いことが指摘されていた。すなわち従来のエンジニアリング手法がシーケンシャルなエンジニアリングネットワークで構成されているために、ベーシックな開発データやソフトの変更が発生すると、設計パスに繰り返しの現象を起し、ハードの設計、製作に進めない問題であった。この問題は、工程延長やコスト増と、品質、安全の低下を招きやすい突貫工程につながる。そこでこれらの解決のために、新しいエンジニアリング思考が求められた。これがコンカレントエンジニア

リングである。

(2) コンカレントエンジニアリングの概念

コンカレントエンジニアリングの概念を図2に示す。

これは同時並列に進む多数の作業が相互かつ複雑に連携しあうネットワークで構成される。すなわち、エンジニアリング着手の初期には暫定仕様のまま、EFD、機器、配置、その他主要なエンジニアリングパスを同時並列に走らせ、プロジェクト側の修正情報と、並走中の各部門のソフト、ハード、およびおのの持つ問題点の情報フィードバックを時々刻々調整し、機器製作や現地工事のネックに至る前に、完成された設計に集約するものである。

コンカレントエンジニアリングの実施効果は、エンジニアリング部門内の範囲では、たいして期待できない。プロセスのベーシックと、プラントを構成するハード部門の設計から製作現場までのすべてを連携させたときに、初めて最大の効果が得られる。このため、プロセスオーナーを含めたユーザー側と、ハード部門の末端までの協力が得られることと、相互にプロジェクトの進行状況が把握できることが必要不可欠である。

4 プロジェクトの課題と対策

この代替フロンプロジェクトは、基本プロセスが完成したとはいえ、昭和電工株式会社の初の商業プラントであった。当然のことながら高い信頼性が求められ、開発改良による仕様変更が予想された。さらに一刻も早いプラントの完成が望まれている状況であった。日立製作所はこれらの要求に沿うために、前章で述べたコンカレントエンジニアリングを採用した。採用範囲もこの手法による最大の効果を期待し、顧客開発部門と日立グループのハード製作部門末端までを統括したフォーメーションとした。この結果、開発に伴う最新情報の投入

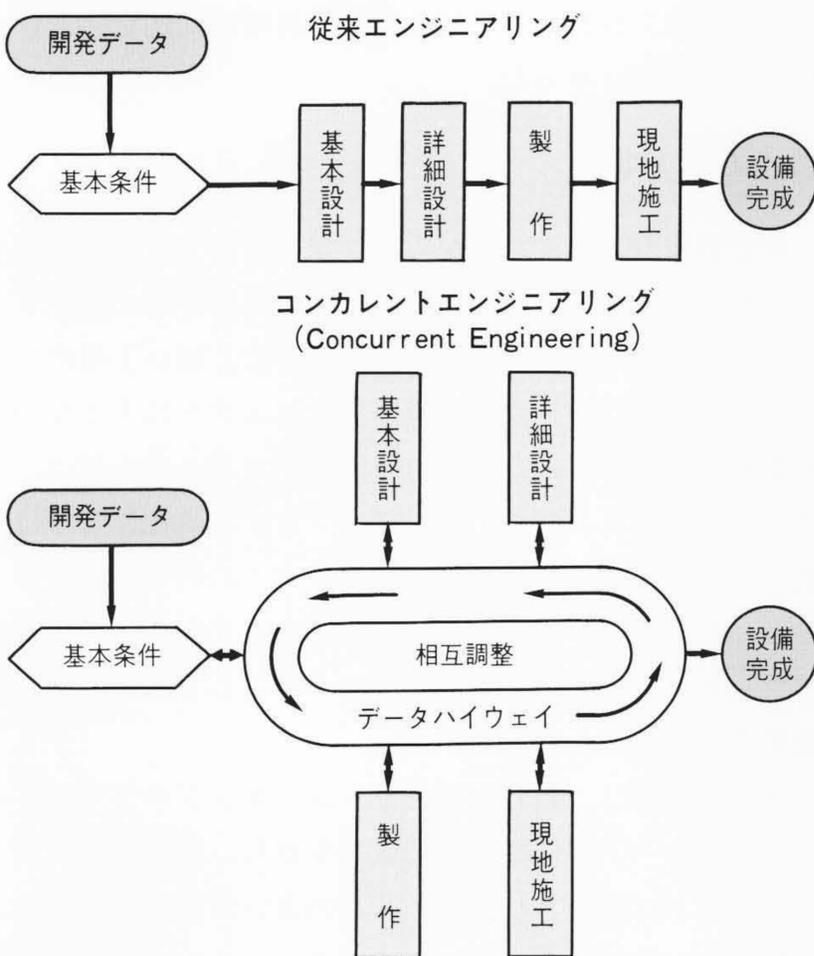


図2 コカレントエンジニアリング概念図 従来のシリーズに作業が進むエンジニアリングに対し、各作業が同時並列に連携しあいながら進むコカレントエンジニアリングの概念を示す。

が建設完了の直前まで行え、完成度の高い設備が得られるとともに、期待以上に全体工程の大幅短縮が図れた。

以下にこのプロジェクトの課題に対し、コンカレントエンジニアリングと日立製作所の総合的な技術によって解決できた主な項目について述べる。

(1) プロセス開発データの整合性検討

コマーシャルプラントの設計にあたり、パイロットプラントから得られた各種データの整合性検討は最も重要であった。すなわち、HFC-134aという新物質を製造する過程で存在する諸物質の物性値の確定、気層反応触媒の最適操作条件と、プロセス中での各種物質の挙動把握を確認する必要があった。この基本データの確認は、昭和電工株式会社のデータ解析を基に討議を重ね、実設計に使用できる確証が得られるまで、既設の100 t/年のパイロットプラントによって繰り返し確認が継続された。これらの確認作業にあたっては、昭和電工株式会社の蓄積されたプロセス開発技術と、日立製作所のパイロットからコマーシャルプラント建設まで一貫した建設経験で得られた、スケールアップ技術やノウハウが活かされた。

(2) ハード製作中の開発に伴う変更

開発プロジェクトの特殊性から、機器、部品などのハード製作中にも、改善データや運転制御面などから変更の発生が予想された。これらの対応には、ハード工場と一体のプロジェクト体制を持つ日立製作所の特徴が有効に活かされた。発生した変更や最新情報の投入は、製作部門と直結の連携をリアルタイムで行うコンカレントエンジニアリングの採用により、製作中の機器の工程ネック直前まで行うことができた。これにより設備の完成度が高まるとともに、これらの変更にもかかわらずハード製作納期は目標どおり守ることができた。

(3) 高品質機器の製作

この設備は高圧ガス特定設備に該当し、個々の機器は激しい腐食環境で耐えられるよう、材料選定と構造に高い信頼性が要求された。これらにもコンカレントエンジニアリングが駆使され、フッ酸、塩酸などの腐食性の激しい流体の温度や圧力、相変化など、その使用目的を考慮した検討が製作工程のぎりぎりまで入念に行われた。日立製作所では長年にわたり同種の物質を扱う化学プラント、例えば、従来フロンプラント、塩酸プラント、四塩化チンプラント、塩化ビニルプラントなどの実績を多く持ち、その他の強酸を扱うプラントの経験と実績を基に、最適な材料選定と構造設計を行った。

ハイアロイ材特有の応力腐食割れ対策には、有限要素

法による応力解析設計を行い対処した。製作面でも局部応力の発生防止と、残留応力の除去や低減を目的とした加工方法の検討を行い、機器の信頼性を高め、設備全体の安全に寄与した。

(4) 現地工事管理と工程短縮

施工面では設備の品質向上と、現地工程短縮のために配管の100%のプレハブ化を採用した。開発要因に伴う変更を、そのつど配管製作図に折り込むことは、プレハブ図全体の遅れを招きかねない。コンカレントエンジニアリングでは、部品点数がきわめて多い配管にも最適な変更のタイミングを図ることができ、設計の混乱を回避することができた。プレハブ化率100%は現地の工数低減と工程短縮に有効な方法であるが、このために、配管をはじめとする工事設計精度の向上、納入機器、部品の寸法精度と据付け心出し精度の向上など、きわめて厳しい管理が要求される。これらは長年、段階的にプレハブ率を引き上げ、100%の実績を持つ管理技術によって十分に対応できた。さらに、現地での禁油・禁水処置対策と、制約された建設敷地環境の問題を考慮して、入念な工事計画を行い無事故・無災害で建設を完了した。現地工事中も、開発に伴う多くの技術的課題と拘束条件を抱えていたが、日立グループの豊富な建設実績とノウハウや、プロジェクト部門とハード製作工場、研究所の連携で徹底したデザインレビューを行うことで各種の問題を迅速に解決し、完成に至った。

5 おわりに

日立製作所では、21世紀のエンジニアリングとして紹介されているコンカレントエンジニアリングを、化学プラントに初めて全面的に採用し成功した。短い工程のプロジェクトや、開発要素の多いプロジェクトに大きな効果があることが実証された。今回のプロジェクトでは、コンカレントエンジニアリングのプログラム化にまでは至っていなかったため、高度な取りまとめ調整技術が必要としたが、いずれプログラム化し、日立製作所の化学プラントエンジニアリング手法の一つとして、一般的に使用されるであろう。

日立製作所は、新しいコンカレントエンジニアリングと高品質ハード製作技術の特徴を生かし、代替フロンプラントに代表される開発要素の多いニューケミカル分野にも、積極的に取り組んでいく。

日立評論に発表の機会を与えていただいた昭和電工株式会社殿のご協力に対し、厚くお礼を申し上げます。