

原料の多様化に対応するエチレンプラント用 熱分解・急冷設備

Having Feedstock Flexibility Cracking Furnaces and Quench Units for Ethylene Plant

天野俊基* *Toshiki Amano*

丸田民雄** *Tamio Maruta*



高効率多種原料熱分解設備 中華人民共和国納め(上海石化総廠)30,000 t/年ナフサおよび軽油熱分解設備の全容を示す。

世界的にエチレンプラントの建設が相次ぐ中で、ますますエチレン誘導製品の競争が激化する勢いにある。

わが国でも、製品の競争力強化と原料の安定確保のため、従来のナフサー辺倒への原料依存から脱皮し、本格的な原料多様化を余儀なくされてきている。

すなわち、どのようにしてエチレン原単位を下げ、

かつ多種原料に効率よく対応できる設備を持つかが、プラント必須(す)の技術課題となっている。

日立グループは、エチレンプラントの中で最も重要な熱分解・急冷設備の技術開発を行ってきた。多種原料用Uコンバインド反応管とクエンチシステムの実用化がその一例である。

* 日立製作所 機電事業部 ** バブコック日立株式会社 呉工場

1 はじめに

最近の海外での相次ぐ大形エチレンプラントの建設に伴い、わが国のエチレンプラントでも、ますますその誘導製品の競争力強化が必要となってきた。また、わが国ではエチレン原料を中近東産のナフサに依存してきたが、先の湾岸危機による供給不安などからも、原料多様化対応がよりいっそう切迫した課題となってきた。エチレンプラントの中で製品の原単位を左右するのは、熱分解・急冷工程であり、熱分解炉設備に対して、多様化対応とともに、極限的な高収率化、徹底した省エネルギー化へと技術的ニーズが集中してきている。ここでは、最近の熱分解・急冷設備の高性能化への動向と、原料多様化対応について述べる。

2 エチレン原料の多様化対応

わが国のエチレンプラントは、ここ10年間にスクラップアンドビルドとデ・ボトルネックによる設備集約および合理化を進め、製品の競争力強化に努めてきた。その間に、原料多様化に対応できるように、設備の部分的改造を折り込んできたものもある。しかし、今後の新設プラントはもとより、増設・改造でも本格的な原料多様化が、避けて通ることができない切迫した問題となって

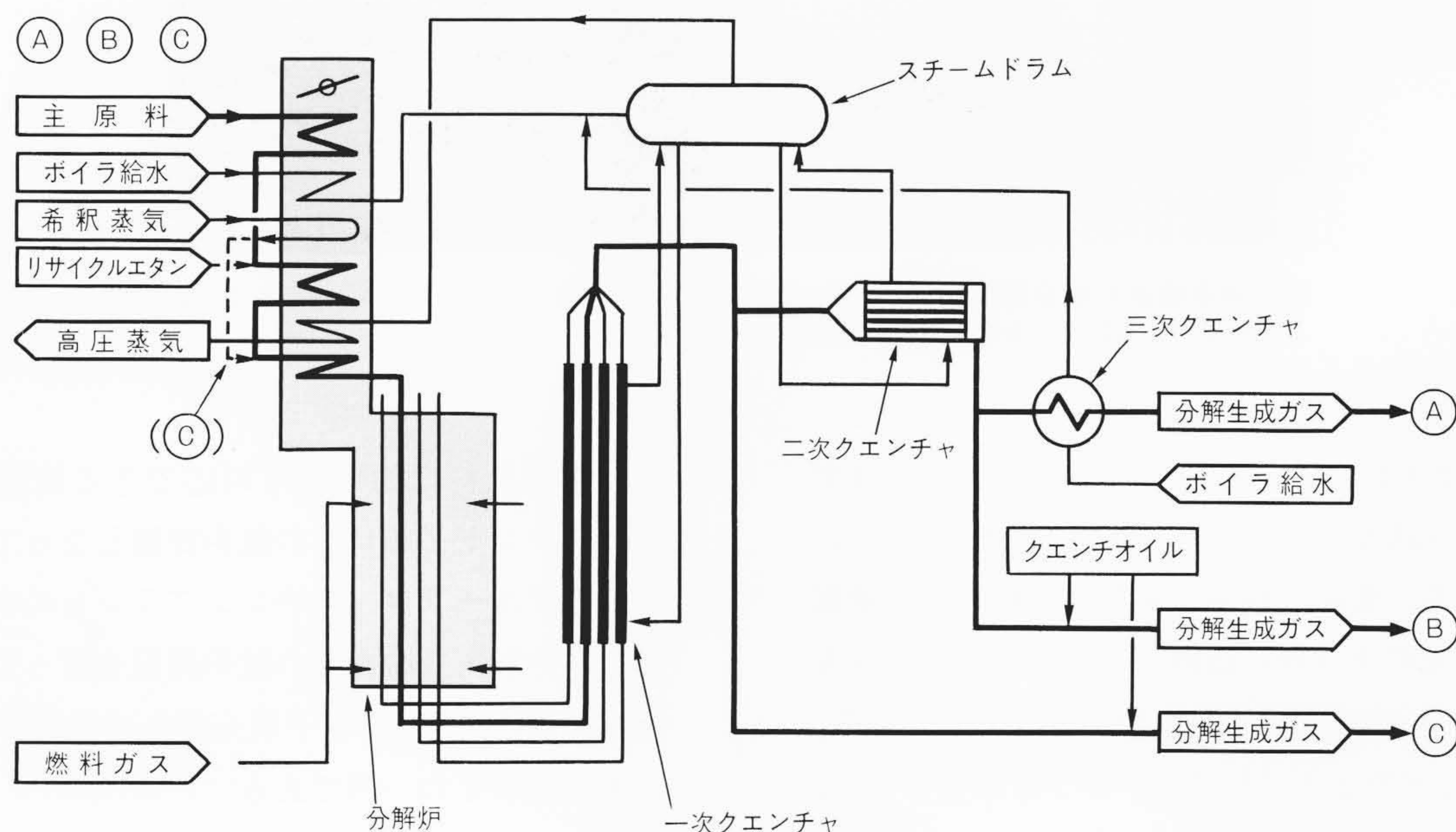
きた。ナフサに代わる代替原料としては、LPG(液化石油ガス)に加え、中近東への依存度の少ない重質NGL(天然ガソリン)が特に注目されている。代替原料としては、価格と供給の安定はもとより、誘導製品構成を考慮し、オレフィン以外の副製品のバランスにも十分配慮することが必要である。また、原料変動の影響を最も強く受ける分解・急冷設備に対しても、種々の設計上の配慮が必要である。原料フレキシビリティの高いUコンバインド反応管と、日立2段式クエンチシステムに代表される急冷設備を備えた多種原料炉の構成を図1に示す。

また、多種原料炉の主製品生産量の一例を図2に示した。おのおのの原料に対して、安定連続かつ高オレフィン収率の運転ができる設備構成である。設備コストを含めて、分解・急冷設備の最適化を追求するためには、採用可能な原料の見極め、おのおののプラント事情に適した製品バランス、およびそのための原料組み合わせに関し、十分な検討が必要である。

3 多種原料用熱分解炉

3.1 反応コイルの性能向上

多種原料を同一の分解・急冷設備で、かつ高性能で処理するには、扱う原料種類に応じて、特に、コーキングとファウリングの点で、設計上種々の検討と配慮が必要



注：原料ケース (A)原料: C₃-LPG(液化石油ガス), C₄-LPG, (B)原料: ナフサ, (C)原料: NGL(天然ガソリン), 軽油

図1 多種原料分解・急冷設備の構成 多種原料を、同一設備で分解・急冷する場合の機器構成を示すもので、原料に応じて希釈蒸気の導入位置の切り替えおよびクエンチャの切り替えによって使い分ける。

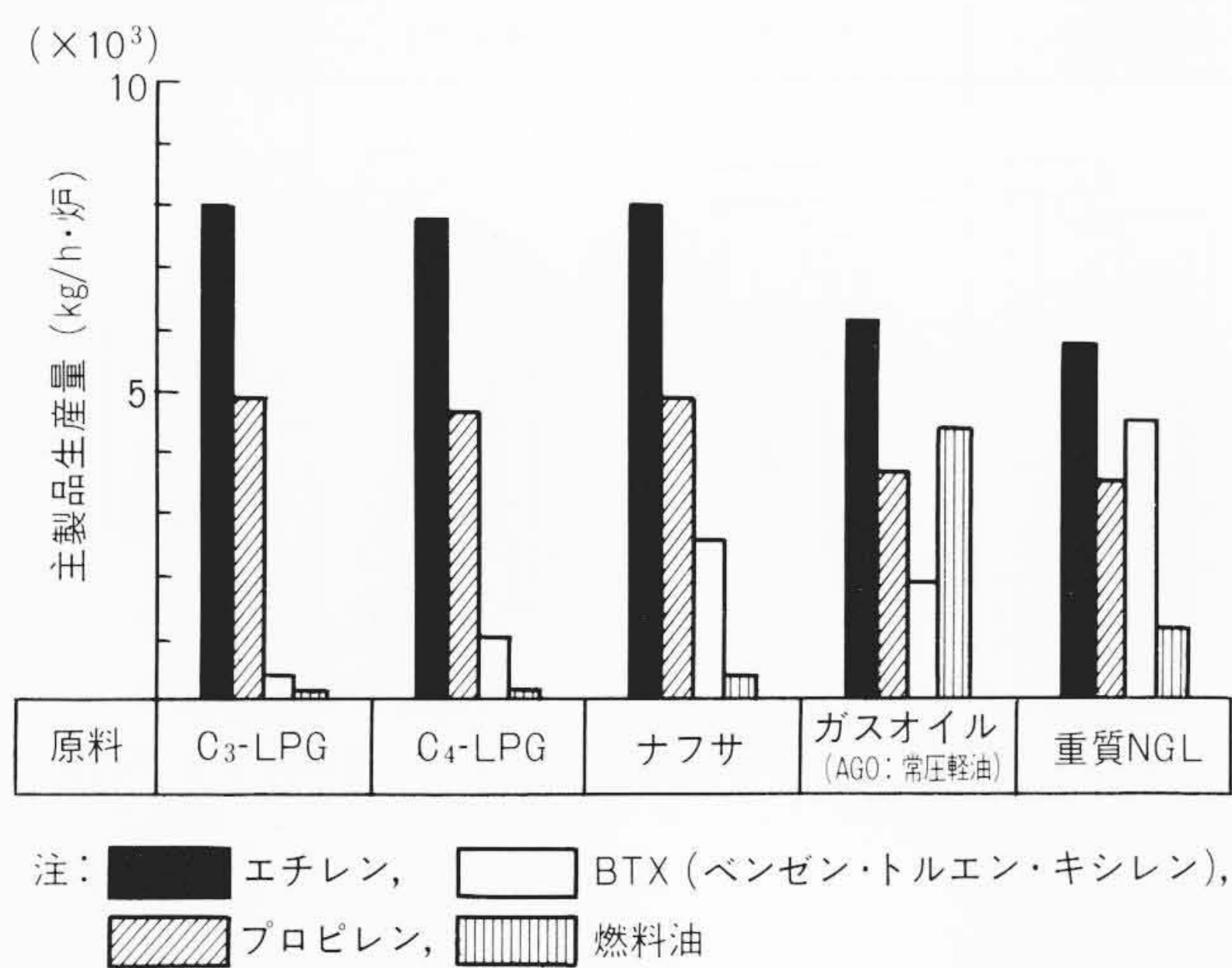


図2 多種原料炉の主製品生産量(プロピレン対エチレン比=6対10) 多種原料炉をプロピレン対エチレン比=6対10にする運転を行った場合の各原料に対する主製品の生産量を示す。

となる。

日立グループでは、早くから原料多様化に着目し、独自の反応コイルであるUコンバインドコイルの開発とその実用化および改良を行ってきた。この反応管は、軽質ガス原料からナフサはもちろん重質原料までに対して、高オレフィン収率と長いデコーキングインターバルが確保できる、原料フレキシビリティの高い反応管である。入口側のパス数を増し、急速な温度上昇を可能とする構造で、転化率を維持しながら従来の反応管よりもいっそう滞留時間を短く、かつ炭化水素分圧を下げることで

表1 反応コイルの短滞留時間および実用化経緯 反応管長を短くし、滞留時間の短縮と圧力損失の低減により、分解収率を改善したコイルを実用化した経緯を示す。

年度 項目	1971	1981	1984	1986	1986	1987～ 1990
主原料	ナフサ	ナフサ	ナフサ	ガス オイル	ナフサ	プロパン ～ナフサ
コイル 形状						
滞留時間 (s)	0.60	0.50	0.40	0.30	0.24	0.20
圧力損失 (kPa)	150	100	80	130	65	50

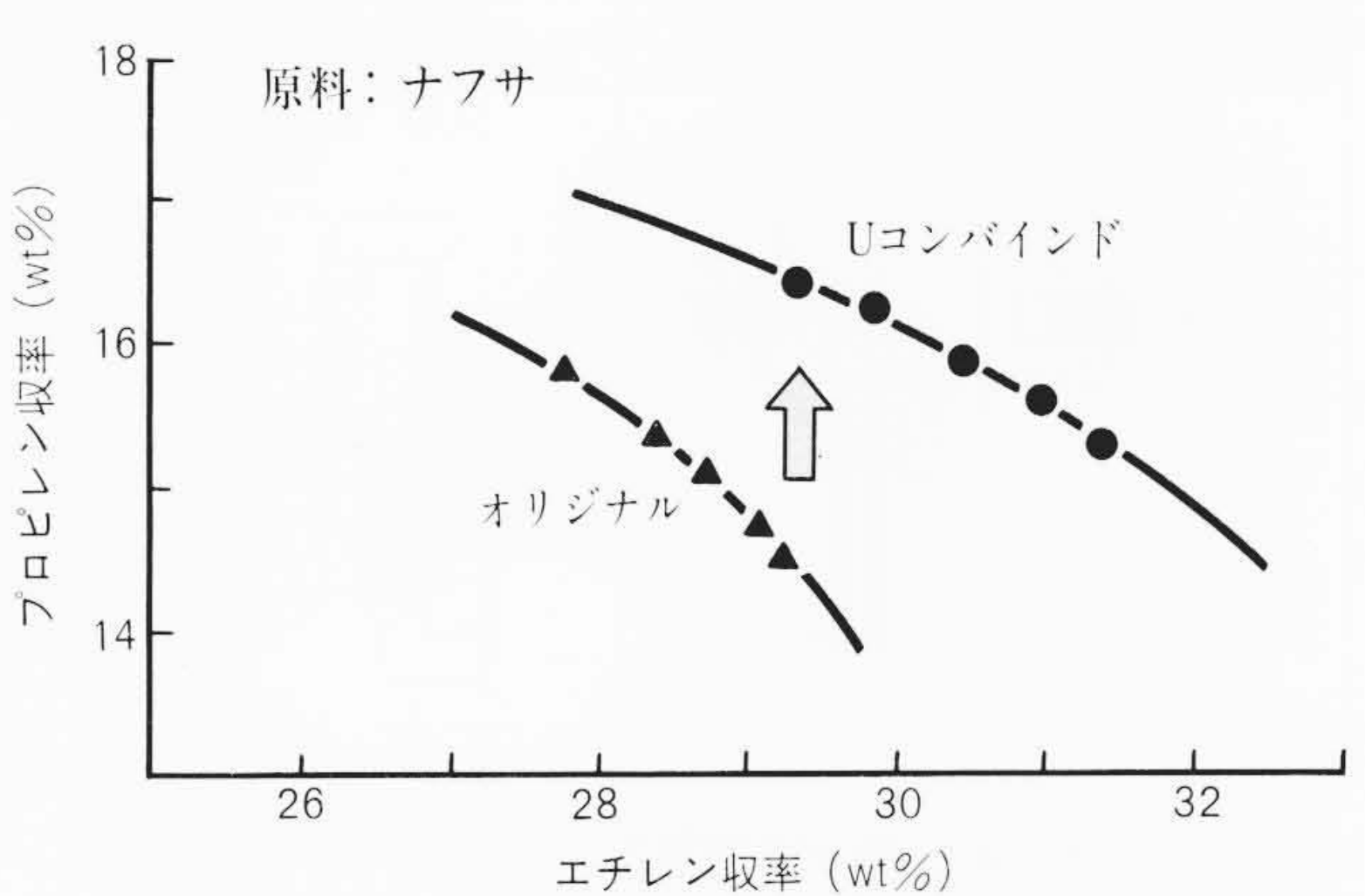


図3 エチレン収率とプロピレン収率の関係(改善実績例) Uコンバインドコイルへの改造実績例を示し、オリジナルに比べて同一エチレン収率に対し、プロピレンが2%増に改善された。

きる。表1は、日立グループの主な反応コイルの実用化経緯を示したものである。同表からUコンバインドコイルの高性能が認められ、軽質原料から重質原料まで、幅広く採用されてきたことがわかる。ナフサ原料のハイシビアリティ分解(高エチレン収率分解)でのプロピレン収率向上の実績例を図3に示す。同図から、Uコンバインドコイルが従来のコイルに比べて著しく収率性能を高めたことがわかる。

3.2 熱効率の向上

熱分解炉での省エネルギー対策としては、燃焼排ガスと分解生成ガスからの廃熱回収強化に尽きる。初期のものは、高圧給水予熱器と蒸気過熱器のインテグレート程度であったが、原料多様化に対応して原料・希釈蒸気予熱器の強化、ヒートパイプ式などの空気予熱器による燃料低減を促進してきた。さらに、低空燃比や希釈蒸気量の最小化などの運転改善を含め、熱分解炉の熱効率という点では、ほぼ上限である95%以上に達している。また、分解ガスからの廃熱回収では、先の図1に示したクエンチシステムにより、あらゆる原料に適した最大の高圧蒸気回収が可能である。一例では、ナフサ分解で分解ガスを340℃まで冷却でき、従来よりも約25%増の高圧蒸気回収が可能である。

一方、エチレン原単位は、従来ナフサ分解で、約29 MJ/kg {7,000 kcal/kg} であったが、多種原料炉では、前述のエチレン高収率化と合わせて、21 MJ/kg {5,000 kcal/kg} 以下に低減できる。

さらにいっそうの原単位低減を目的とし、エチレンプ

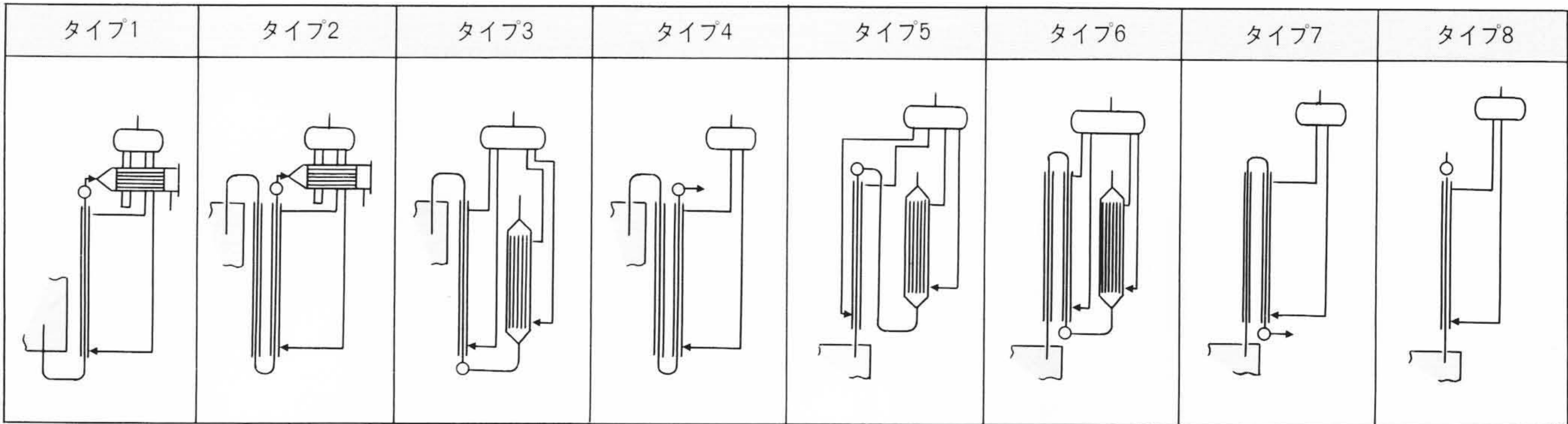


図4 日立式クエンチャの適用例 二重管のクエンチャとシェル アンド チューブ形のクエンチャを組み合わせ、種々のタイプの炉に適用した例を示す。

ラントでも、ガスタービン排気ガス併用システムが増えている。ガスタービン排ガスは約15%の酸素を含み、500℃の温度を持つことに着目し、分解炉の熱源または燃焼用空気として利用するものである。併用システムとしては種々あるが、この併用システムにより、原単位をさらに10～15%低減することができる。

3.3 省メンテナンス

従来の1年から2年または3年定期修理へと、省定期修理傾向が進む中で、多種原料分解炉に対しても、ますますメンテナンスフリーの要求が高まってきている。多種原料炉では、従来にも増して下記事項が課題となる。

- (1) 反応管の閉塞(そく)・劣化・変形防止と管壁温度管理
- (2) クエンチャなどの閉塞防止、エロージョン対策
- (3) バーナ・燃焼性の点検と管理

これらに対し、多種原料炉では、ベンチュリやストレーナによる反応管の偏流・閉塞防止、従来の流体接触形から管表面接触形温度計を用いた制御による温度計エロージョン対策、多数の輻(ふく)射バーナから少数の炉床バーナへの転換によるバーナ点検の省力化など、きめ細かな対策と改善を折り込んでいく。一方、デコーキング運転やクリーニング操作に対しても、反応コイルとクエンチャとのオンラインデコーキングはもとより、長期クリーニング不要のクエンチャを実用化してきた。図4に日立式クエンチャの適用例を示したが、分解炉の形式にかかわらずあらゆる炉に対し、クエンチャ単独としても適用でき輸出実績もある。

また、図5はその運転性能例を示すもので、シェル アンド チューブ形に比べて管汚れによる分解ガス温度の上昇がきわめて小さく、オンラインデコでの水抜きや開放クリーニングは不要であり、年間を通じて安定的に高

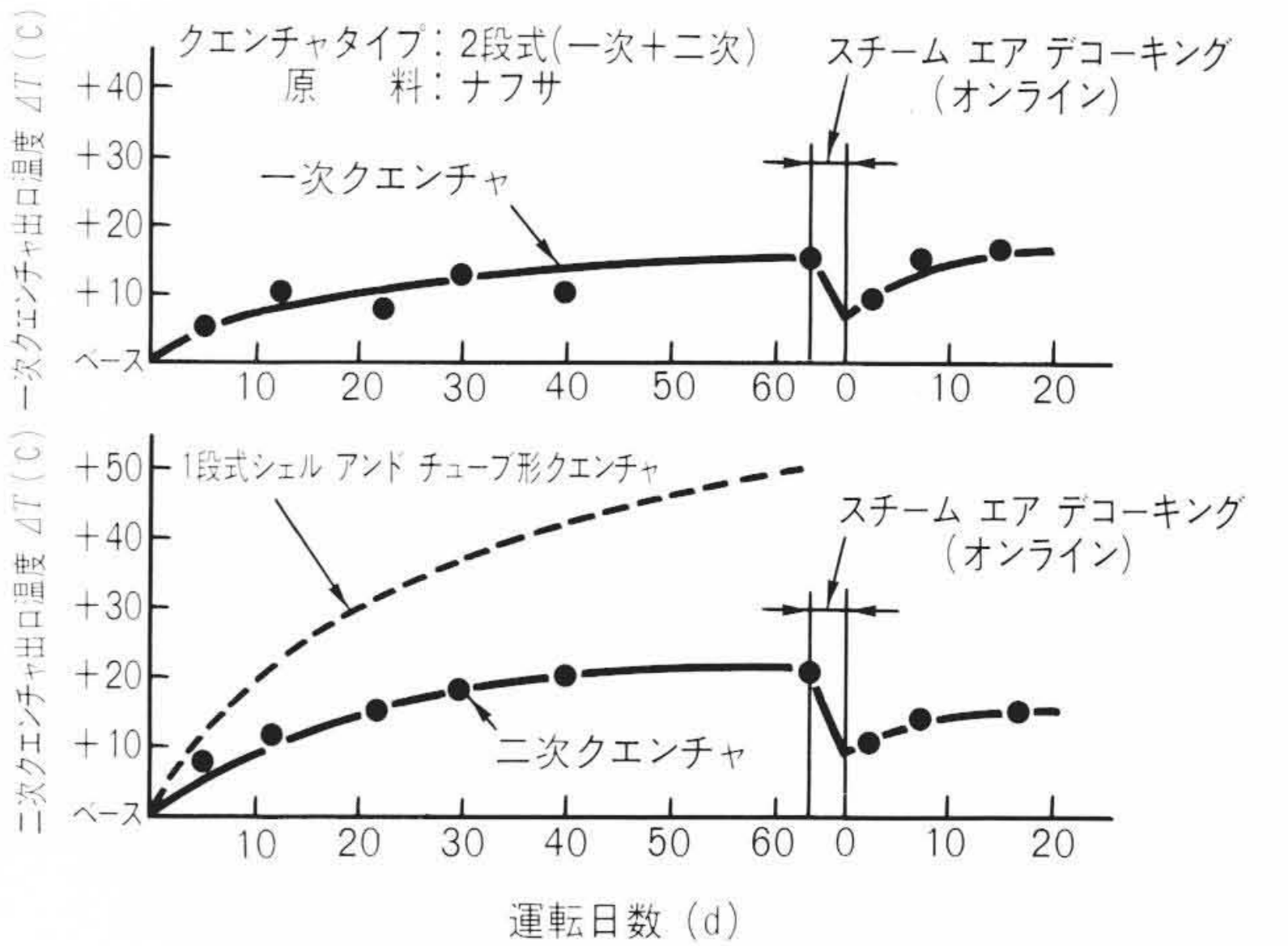


図5 クエンチャ出口分解ガス温度経緯(実績例) クエンチャ出口の分解ガス温度の経緯を示すもので、一次、二次クエンチャとも、出口温度の上昇は20℃以下と小さいことを示す。

圧蒸気を回収できる、正しく2年、3年定期修理に適した設備と言える。

4 おわりに

管式の熱分解炉としては、要素技術は成熟し、性能的にはほぼ限界に達している。そうした中で、今後の熱分解炉での課題は、多様化する原料事情を見極め、高オレフィン収率はもとより、より付加価値の高い副製品の選択的収率向上と低原単位へのあくなき挑戦である。また、ますます厳しくなる環境規制対策と、プラント定期修理スキップ、自動化・省人化が進む中で、よりいっそうの設備信頼性の向上である。分解・急冷装置をはじめとして環境装置に至るまで、すべて自社製品で対応できる日立グループにとっては、収率予測に代表されるソフト技術と、信頼性向上のハード技術の両面から、ユーザーニーズに応じられる体制にある。