

## 国際シリーズ「世界への扉」

## インドネシアでの尿素プロセス開発と中国での実証

Development of a Urea Process in Indonesia and Its Demonstration in China

尿素は、世界で最も多く生産・消費（約2億トン／年）されている窒素肥料である。筆者は、東洋エンジニアリング（株）の自社技術である尿素製造プロセスにおいて、プロセス考案からインドネシアでのパイロットプラント試験を経て中国での実証プロジェクトまで責任者として一貫して携わった。この3カ国にまたがったプロジェクトについて紹介する。

Urea is a nitrogen fertilizer most produced and consumed (about 200 million tons a year) in the world. The author was engaged as a responsible person in process invention, development with a pilot plant in Indonesia and commercial demonstration in China for a proprietary urea process of Toyo Engineering Corporation, Japan. This paper briefs a history of the project executed in the three countries.

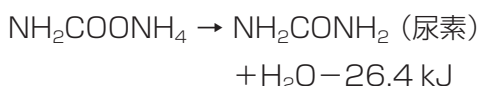
キーワード：尿素，プロセス開発，窒素肥料，食糧生産

## 1 はじめに

尿素は、ハーバー・ボッシュの空中窒素固定によるアンモニアから製造され、世界で最も多く生産されている窒素肥料であり、食糧生産に不可欠な物質である。東洋エンジニアリング（株）（以下「TOYO」）は、1961年の創立以来、29カ国、100件を超える尿素製造技術供与、プラント建設実績を重ね、TOYO法尿素プロセスは世界の尿素生産の1/4を占めるに至っている。この間精力的にプロセス改良が続けられたが、1996年、「更なる省エネルギーとプラント建設費削減を図る」目的で「新尿素プロセス開発プロジェクト」がスタートした。

## 2 尿素プロセス概要と新プロセスの特徴

尿素は、アンモニアと二酸化炭素から、次のような二段階の反応で合成される。



これらの反応は、170–200℃、14–25 MPaの高温・高圧下、無触媒で行われる。尿素プロセスは合成工程の他、未反応物分離・回収、濃縮、造粒の工程からなる。中間生成物であるカルバミン酸アンモニウムは強い腐食性を持つので、装置

材料選定と腐食抑制も鍵となる。現在まで主流のプロセスは、尿素合成から未転化カルバミン酸アンモニウムの加熱分解・分離（ストリッピング）・凝縮・熱回収、合成塔への再循環まで同圧力で行う「CO<sub>2</sub>ストリッピング法」であるが、液・ガス循環に比重差を利用した自然循環を利用するため大型重量機器である合成塔（標準的プラントで運転重量約700トン）を高さ25mの架構上に設置せねばならず、合成工程は70mもの高さになった。

次に、筆者が考案した新尿素合成ループのフロースキームを図1に示す。

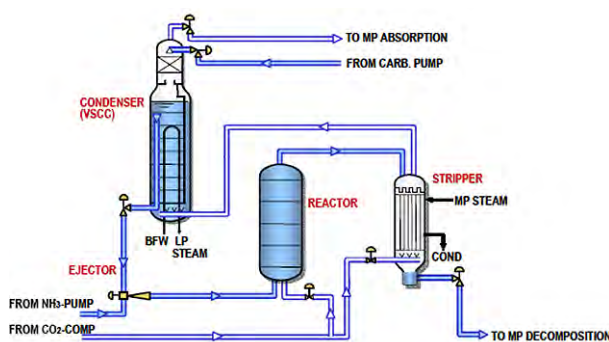


図1 新尿素合成ループ

新プロセスでは、原料の高圧アンモニアを利用したエジェクタで合成ループを強制循環させる（ポンプなど回転機械は、高温・高圧・高腐食性の尿素環境には使えない）ことで合成塔地上置きと合成工程低層配置（最高約30m）を可能にし、さらに凝縮器のシェル側でカルバミン酸アンモ

ウムの反応熱回収と脱水反応（尿素合成）を同時に行う新機能を付加し合成塔容積 40 %削減、気液平衡と反応平衡から合成条件を最適化することで合成圧力を従来の 17 MPa から 15 MPa へ低下できると考えた。これらの新発想と創意工夫により、建設費とエネルギー消費の大幅削減の両立が可能となったのである。

### 3 共同開発プロジェクト

シミュレーションでプロセス性能はほぼ予想できたが、主要機器の性能解析・設計と腐食制御・装置材料選定に必要なデータを広範に収集するパイロットプラント(10 t/d, 写真 1)のパートナーとしてインドネシア肥料会社の草分けであり TOYO の 30 年来の顧客であったスリウィジャヤ肥料公社 (PUSRI) を選んだ。1997 年、日本で設計が始まり、インドネシアに場所を移し建設・14 カ月に亘る試験を経て、反応・伝熱・気液平衡・物質移動・腐食に関わるデータ収集・解析、プロセスシミュレータ・設計ツール開発・スケールアップ検討・模擬プラント試設計を終え、2000 年に開発プロジェクトは完了した。新プロセスは 21 世紀に因み、ACES21™ (Advanced Process for Cost & Energy Saving for 21<sup>st</sup> Century) と命名された。



写真 1 10 t/d パイロットプラント

### 4 実証プロジェクト

開発プロジェクト完了後、直ちに営業活動を開始、2002 年春、中国四川省成都市にある川化集

団有限責任会社の 1 620 t/d 尿素プラント (1976 年に TOYO が建設) を 2 460 t/d に増産 (+52 %) かつ 30 %の省エネルギーを図る尿素工場近代化に ACES21™ の採用が決まった。このプロジェクトは 10 t/d パイロットプラントを一気に 250 倍にスケールアップする「ACES21™ 実証プロジェクト」となった。設計には化学工学に加え最新の計算流体解析を駆使した。2004 年プラントが完成 (写真 2)、PUSRI から技術者を招聘、共同で運転指導を行った。その後の性能保証運転で全ての保証値を満足しプラントは川化集団に引き渡された。解析の結果プロセス変数と主要機器の性能は設計通りであり、パイロット試験とスケールアップの正しさが実証された。



写真 2 2 460 t/d ACES21™ プラント

### 5 おわりに

現在まで ACES21™ は世界最大の 4 000 t/d プラント (ナイジェリア) を含む 9 カ国 14 プラントに採用されている。自ら考案し苦勞して開発した技術が世界の食糧生産に貢献していることは、まさに技術士冥利に尽きる望外の喜びである。

#### <参考文献>

- 1) US Patent 5,936,122

小嶋 保彦 (こじま やすひこ)  
技術士 (化学部門)

東洋エンジニアリング (株)  
事業開発本部 イノベーション推進部  
担当部長  
e-mail : yasuhiko.kojima@toyo-eng.com

