

# 次世代化学プラントの設計・運転・保全のための 知的支援システムの開発

## Intelligent Support System for Design, Operation, and Maintenance of Next Generation Chemical Plants

(研究プロジェクト番号：JSPS-RFTF 96R14301)

プロジェクトリーダー

橋本 伊織 京都大学大学院工学研究科・教授

コアメンバー

長谷部伸治 京都大学大学院工学研究科・助教授

大嶋 正裕 京都大学大学院工学研究科・教授

西谷 紘一 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科・教授

松山 久義 九州大学大学院工学研究科・教授

小野木克明 名古屋大学大学院工学研究科・教授

大野 弘 神戸大学大学院工学研究科・助教授

松本 繁 東北大学大学院工学研究科・教授



### 1. 研究目的

次世代化学プラントにおいては、省エネルギー化、省資源化を一段と押し進めると同時に、グローバルな地球環境との調和を図らねばならない。そのためには、次世代化学プラントをクリーン・プロダクション・システム化していくことが必須である。本研究では、様々な厳しい要求が課せられるクリーン・プロダクション・システムとしての次世代化学プラントを実際に設計・運転・保全していく業務に携わる研究者・技術者を支援する、多機能かつ知的な計算機援用支援システムを、化学工学、システム工学、知識工学の分野でこれまで蓄積された知識、手法をフルに活用し、さらに、プロセスシステム工学的技法の新しい発展を図りつつ開発することを最終の目的としている。

本研究プロジェクトは、7大学、5企業のメンバーから構成されており、研究結果を次世代の知的資産として残していけることを念頭において、具体的には、次の6つのテーマを設定し、研究を進めてきた。

- i) クリーン・プロダクション・システム化のためのライフサイクル・アセスメント・システム開発
- ii) 省エネルギー型バッチ蒸留システム開発
- iii) 自律分散型生産管理システム開発
- iv) 多機能性・高品質性を保証するためのインテリジェント制御システム開発
- v) プラント監視・異常診断システム開発
- vi) プラントオペレータのための教育・訓練用システムの開発

### 2. 研究成果概要

紙面の都合上、上記テーマの内 iv)、vi)に関連する成果の一端を紹介する。(全てのテーマに関連する研究成果の詳細については、<http://www-pse.cheme.kyoto-u.ac.jp/project/> に公開されているので、興味をお持ちの方は、そちらにアクセスしていただければ幸甚である。)

### 2.1 高分子反応・加工プロセスのための高度品質制御システムの開発

次世代の日本の製造業では、バルク材料から高機能・高付加価値の部材の生産が主体となろう。さまざま部材の生産手法の中から、高分子部材の製造プロセスを対象として、部材機能の制御システムの開発、次世代の生産に繋がるあらたな成形装置の開発を実施した。まず、近赤外分光法を応用して、溶融樹脂中の二酸化炭素をオンラインで測定する装置(図1)<sup>1)</sup>ならびにセンシング技術を開発した(特許出願)<sup>2)</sup>。図2には、ポリマー内に拡散していく二酸化炭素の濃度変化をオンラインで測定した一例(近赤外吸収スペクトル)を示している。この技術によりプラスチック発泡成形プロセスで、発泡剤として使われる二酸化炭素の濃度をインラインで制御することが可能となり、超臨界CO<sub>2</sub>を利用した発泡成形プロセスの開発に大きく貢献することができた<sup>3)</sup>。また、研究では、超臨界CO<sub>2</sub>を利用した発泡成形過程を可視化し、そのメカニズムを探り、より微細な多孔構造(ウルトラマイクロセルラー)の創製技術の開発を行った。

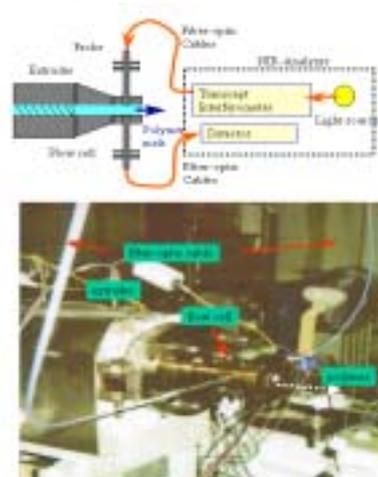


図1 近赤外プローブを装備した押出機

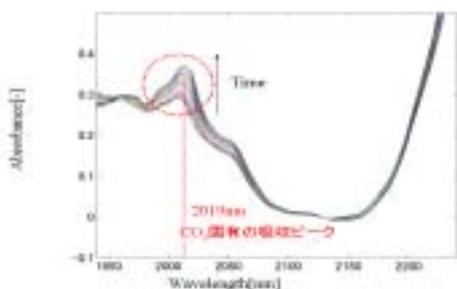


図2 近赤外分光スペクトル



初期状態 (直径 5mm のポリプロピレン) 1秒後 (μスケールの泡の誕生) 150秒後 (CO<sub>2</sub>の可塑化効果による泡の合一)  
 図3 超臨界 CO<sub>2</sub> (3.0 MPa, 140 °C) による発泡過程 (可視化)

## 2.2 プラントオペレータのための教育・訓練用システムの開発

化学プロセス産業におけるプラントのオペレーションは、CRT オペレーションが主流になっている。この運転形態の特徴は、数値制御機能と論理制御機能を融合させて高度化された自動制御システムと、監視操作を受け持つオペレータから構成されるシステムを運転する点にあり、人間監視操作 (Human Supervisory Control) ととも呼ばれる (図4)<sup>4)</sup>。

経験や勘などに基づく、人間の高度な認識や判断に委ねられるタスクとして、プラントのスタートアップやシャットダウン時の操作、異常兆候の検知、異常時における対応操作や異常原因の究明などがある。自動化や省人化が高度に進められたプラントでは、オペレータに対して、ますます複雑かつ広範囲に渡る業務が求められるようになってきている。

このような状況に対応するためには、大きく分けて2つの方法が考えられる。一つは、オペレータに要求される業務を明確にした上で、教育・訓練の充実を図るなどの人間側に対するアプローチである。他方は、オペレータがより使い易いシステムを開発するというアプローチである。いずれのアプローチにおいても、人間とシステム (機械) の関わりを詳細に解析することが必須になる (図5)<sup>5)</sup>。本研究では、計算機上に構築したバーチャルプラントを実オペレータに運転させ、異常に対するオペレータの対応や挙動を解析し、得られた情報からオペレータの挙動を再現出来るモデルを作成し、そのモデルを利用して既存のマンマシンインターフェイスの問題点を抽出する事によって、より高度で機能的なインターフェイスを開発している<sup>6)</sup>。また、オペレータの挙動解析をさらに進めることによって、オペレータに欠けている知識を指摘し、その知識を獲得するための訓

練法や手順を提示できる、より高度な CAI (計算機援用教育) システムを開発している。



図4 オペレータコンソール



図5 感性スペクトル解析装置

## 3. 結論

設定したテーマについての研究をとおして、最終目的にしている知的支援システムに必要な様々な基盤技術の開発に成功し、多くの研究成果をあげることができた。今後、これらの研究成果を有機的に統合し、実用に供せる設計・運転・保全のための知的支援システムを開発していくことが重要になろう。

## 参考文献

- 1) Takefumi Nagata, Masataka Tanigaki and Masahiro Ohshima: "On-line NIR Sensing of CO<sub>2</sub> Concentration for Polymer Extrusion Foaming Processes," Journal of Polymer Science and Engineering, vol. 40, No. 8, pp.1843-1849 (2000)
- 2) 押出成形樹脂材料中に溶解する発泡剤低分子ガス濃度の制御方法 (特願 11-337842)
- 3) Takefumi Nagata, Masataka Tanigaki and Masahiro Ohshima: "In-line NIR Sensing of CO<sub>2</sub> Concentration in Polymeric Foaming Extrusion Process", accepted at Journal of Cellular Plastics, (2001)
- 4) Hirokazu Nishitani: "Human-Computer Interaction in the New Process Technology," J. Process Control, Vol.6, No.2/3, pp.111-117 (1996)
- 5) Hirokazu Nishitani: "Human-Machine Interaction in Process Control," AIChE Symposium Series, Vol.92, No.312, "Intelligent Systems in Process Engineering," Edited by J.F. Davis, G. Stephanopoulos, and V. Venkatasubramanian, CACHE/AIChE, New York, pp.209-218 (1996)
- 6) Hirokazu Nishitani, Taketoshi Kurooka, Teiji Kitajima, Chie Satoh: "Experimental Method for Usability Test of Industrial Plant Operation System," In "Advances in Human Factors/Ergonomics, 21B; Design of Computing Systems: Social and Ergonomic Considerations," Edited by M. J. Smith, G Salvendy, and R. J. Koubek, Elsevier, New York, pp.625-628 (1997)