

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	プラントライフサイクルを通じたプロセス基本設計の技術管理の研究
Title(English)	
著者(和文)	山田明
Author(English)	Akira Yamada
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10591号, 授与年月日:2017年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:淵野 哲郎,伊東 章,関口 秀俊,久保内 昌敏,吉川 史郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10591号, Conferred date:2017/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学工学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	山田 明		指導教員 (主)： Academic Advisor(main) 瀧野哲郎
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

#### 本研究の背景

日本国内の化学企業においては、化学製品事業の成熟化、より安価な海外製品流入による市場の飽和など、外部環境の変化によって厳しい企業間競争に直面している。そのため、国内における新規プラント建設のケースが徐々に減少する一方、国際競争力を維持し生き残りを図るために製造コスト削減を図っている。その方策として、リバンプと呼ばれるプロセス、装置・設備の改造などによる生産効率化が要求されている。「プラントライフサイクル」においては、プロセス設計、プラントの設計、建設、運転、保全の各段階があり、プロセス設計はさらに、プロセス概念設計、プロセス基本設計、プロセス詳細設計に分類される。リバンプの際には効率化の要求に応じて、主に「プロセス基本設計」を始点にこのサイクルが繰り返し実施されている。この過程でプロセス性能要求を満たすクリティカルプロセス条件が複雑化する結果、プロセス、プラント設計も複雑になり、運転可能領域が狭くなっている。そのため、プラント定常運転におけるクリティカルプロセス条件からの僅かな逸脱が、運転の不安定化に繋がっているが、多くのケースでその原因は特定されず、不安定運転を余儀なくされ安全トラブルに至るケースもある。「プロセス基本設計」では、スタートアップ・シャットダウン、異常状態、緊急状態も設計対象となるが、今回、製品品質、製造コスト、オペレーション業務負荷など生産活動の大半に関連する「定常運転」に焦点を当てた。定常運転業務は、さらに装置設計、レーティング、制御系設計業務が階層的に展開され、階層間、階層内で PDCA を規範とした設計業務が行われている。この各業務機能単位におけるプロセス設計変数が、対応するクリティカルプロセス条件から逸脱すると定常運転の不安定化に至る。この不安定化の問題を回避する「技術管理」として、1) プロセス性能を満足するクリティカルプロセス条件の特定と条件内のプロセス設計変数を生成する、2) 1) の変数と条件を抽出して因果関係を解析し、技術を体系化する、3) 1) と 2) の業務機能を互いに評価できる独立した業務プロセスとする、4) 階層的な業務機能に対応して、クリティカルプロセス条件とプロセス設計変数が管理できる、5) 技術体系化などに関してプラントライフサイクル内で情報が共有化できる、6) 不安定化したプロセスの動的挙動が複雑な場合に技術体系化を支援する、などの機能のフレームワークが必要とされた。特に 3) について、既往の業務プロセスモデルでは、業務プロセスモデルと技術体系化モデルとが明確に区別されておらずそのまま適用できなかった経緯があった。

#### あるべきプロセス基本設計業務とプロセス基本設計技術の業務プロセスモデル開発

これらの機能を持つフレームワークとして、プロセス基本設計業務の階層性と PDCA 業務構造に対応した、IDEFO をベースとした既往のアクティビティテンプレートを用いて、2 種類の業務プロセスモデルを開発した。1 つは「あるべき(To-Be)プロセス基本設計業務プロセスモデル」で、もう一方は「プロセス基本設計技術体系化のための業務プロセスモデル」であり前者の業務プロセスモデルを参照モデルとしている。前者は、上記 1) 3) および 4)、後者は 2) 3) 5) および 6) の機能を担っている。また、開発した業務プロセスモデルが必要な機能を満足しているかの機能要件を確認するため、「リバンプ後に定常運転が不安定化した蒸留塔プロセス」の事例によって、これらの業務プロセスモデルをトレースした。事例は、「最初は定常運転不安定化の原因が分からず不安定状態が続いた。あるべき業務プロセスによる原因の特定、解決策の考案、評価と実施を通じて不安定化が解決」であり、このトレースによって業務プロセスモデルの機能を確認することができた。

#### プラントライフサイクルを通じて技術体系化を支援する動的シミュレーションモデルの開発

プロセスの複雑な動的挙動を伴う運転不安定化の場合、モデル化による再現が困難なため、推定した原因に基づき考案した対応策を実施しようとしても、そのリスクの定量的評価が困難なため実施できないことが多い。そこで、このような評価機能を動的シミュレーションにより効率的に行うための「動的シミュレーションのモデル化手法」を考案し、この有用性について上記の蒸留塔プロセスの事例で示した。本構築法は、商用のリアルタイム動的シミュレーションシステムである「ミラープラント」を構成する「ミラーモデル」を改訂し、蒸留塔の性能パラメータである段効率を、温度の関数とした時変数としてサブモデル化することでプロセス動的挙動の再現を行い、リスクの低い改善案の選定・定量的評価を可能にしたものである。

#### まとめ

競争力維持のための再設計に対して、安定な定常運転を確保するために必要な、プラントライフサイクルを通じたプロセス基本設計業務の技術管理のフレームワークを提案した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	化学工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	山田 明		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	渕野 哲郎	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

A plant lifecycle (LCE) is composed of process and plant design, construction, operation and maintenance. The process and plant design stages are performed repeatedly to cope with any environmental changes surrounding the plant during a LCE. The process and plant design after the original one is called revamp design. As a process design, especially preliminary process design (PPD), is repeated, the operational flexibility is decreased. Therefore, slight deviations of the operating conditions from the designed critical process conditions lead to an operational trouble. However, in many cases, causes of the trouble are not identified and the trouble may lead the safety issues. To settle the unstable operations, it is necessary to identify which deviated operating condition violates the corresponding critical process condition from the observed data. However, the PPD business process is implicit, so that how much the flexibility was taken into account for the designed operating conditions in the previous PPD is not clarified. Thus, the operating conditions violating the critical ones are not recognized and the causes of the trouble cannot be found. To overcome this problem, a framework to acquire the information on the critical process conditions generated in the PPD stage, and to systematize the information into the technology of PPD by associating the information with design variables is developed, and the framework is modeled by using IDEF0 business process model having a hierarchical nature and ability to describe with PDCA engineering cycle. To confirm that the developed framework has necessary structure to systematize the technology of the PPD through the LCE, tracing a practical trouble example of a distillation column on the framework is performed. Furthermore, when the information to systematize is acquired from the process with complicated dynamic behavior, the methodology of dynamic modeling is useful to reproduce the behavior and estimate the effect of changing operating conditions in advance. And the tray efficiency which is performance parameter for the column is estimated as a function of time-varying temperatures on the column to reproduce the behavior.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).