

エグチ ハジメ

氏 名 江口 元

学位の種類 博士（工学）

学位記番号 博第1072号

学位授与の日付 平成29年3月23日

学位授与の条件 学位規則第4条第1項該当 課程博士

学位論文題目 化学工業の生産工程における弾力性に関する研究
(Study of Production Process Resilience in the Chemical Industry)

論文審査委員 主査 教授 越島 一郎
教授 橋本 芳宏
教授 荒川 雅裕

論文内容の要旨

化学工業では、装置の内部で原料が製品に転化する過程を直接目視できないために、センサーを介して状態データを収集し、状況の適否を判断するシステムが導入されている（生産支援システム、以下PSSと称す）。PSSの導入には設備投資が必要で、企業は省資源、省エネルギー、省力化の効果に着目し、投資効果を事前に見積もって導入の可否を判断している。特に、生産設備が大型化し、かつ複雑化してくるとPSSは不可欠の存在である。しかし、投資に対して省資源や省エネルギーで利益を得ることは難しく、企業は省力化による労務費の削減に頼ることが多くなり、人員削減のため技能の低下が起き、事故・トラブルの発生が懸念されるようになった。そのような状況で、製造業では生産工程の弾力性が、様々な攪乱信号を抑制する能力として近年注目されている。そこで、化学工業における生産工程の弾力性の評価を研究テーマとした。事故・トラブルの抑制に有効な生産工程の弾力性は、生産スタッフ、PSS、生産装置から生まれ、特に生産スタッフの技能・知識水準は、弾力性と強い関わりがあり、PSS導入による省力化効果で生まれた時間的な余裕を教育・訓練にあてれば、生産工程の弾力性が強化され、生産性低下の要因を抑制できることについて考察した。さらに、生産スタッフの業務に時間的な余裕を生みだせるPSSの機能についても、実際の生産工程に導入して実績のあるものを示した。本論文は第1章が緒言であり、第2章以下は次のような考察によって構成されている。

（1）生産工程の弾力性管理に関する考察（第2章）

本博士論文では、生産工程の弾力性について研究するにあたって、生産工程の内外で発生する攪乱信号（生産活動の中で設備の起動や停止、生産銘柄の変更のように必然的に発生するものと災害や事故のように予期できないものがある）を定義し、それを抑制する弾力性の生まれるもとをヒューマンファクターズ（生産スタッフ）とアーティフィシャルファクターズ（生産支援システム、生産装置）に分けて、それぞ

れに関する管理主体（個人、グループ、企業）、管理対象、管理項目を攪乱信号の大きさ（大、中、小）ごとに考察した。

（2）弾力性の定量的評価に関する考察（第3章）

これまで弾力性の評価は定性的なものであったが、生産工程を構成する3つの要素（生産スタッフ、生産支援システム、生産装置）について、それぞれの生み出す弾力性を定量的に評価する方法について考察した。生産スタッフから生れる弾力性は生産スタッフが生産活動において発揮している技能、業務の職位に対するふさわしさ、技能・知識水準から求める。生産支援システムから生まれる弾力性は生産スタッフの業務を生産支援システムの要素機能で代替させた場合に、生産スタッフの技能・知識水準が継承されるものとして、継承された技能・知識水準として求める。また、生産装置から生まれる弾力性は、生産スタッフから生れる弾力性と生産装置に関するリスクアセスメントの結果とを合わせたものから求める。

（3）弾力性を向上させるためのグループ内での業務分担および複数のグループ間での人員配置の最適化に関する考察（第4章）

ある生産工程において、業務に携わる生産スタッフの業務従事時間を短縮できれば、そこに生まれた余裕時間を技能・知識水準向上のための教育・訓練にあてることができる。そこで、実測した業務従事時間からその生産工程で業務に必要とされる技能量を求め、それぞれの業務の分担を、生産スタッフの職位に合わせて配分し直す。生産スタッフ一人ひとりが職位にふさわしい業務を担当することによって、業務に必要な技能量を減らすことなく業務従事時間の合計を短くできることが分かった。また、同じようにして複数のグループで人員を再配置すると、それぞれの生産工程で必要な技能量を減らさずに業務従事時間を短縮できることも分かった。

（4）技能と技術および技能の定量的評価に関する考察（第5章）

技能は人に内在するものであり、そのまま他人に伝えることはできず、一旦形式化してから他人に伝える。一方、技術は人の技能を形式化して明示化したものである。人の技能を定量的に評価できれば、どの技能を技術化するか、あるいは生産スタッフの業務分担や人員配置を効率的なものにするための指針が得られる。また、人員削減は技能の低下をもたらし、労働生産性を低下させることも示すことができる。そのような視点から生産スタッフの技能について考察した。

（5）生産工程の弾力性向上に関わる生産支援システムの役割に関する考察（第6章）

化学工業においては、生産工程に生産性向上のためにPSSが導入されている。導入に必要な費用は1)省資源、2)省エネルギー、3)省力化によって生み出されるとされるが、前の2つは経済環境に左右されて所期の目標の達成が難しく、省力化による人員削減に頼りがちであった。しかし、人員削減は技能の低下につながり、事故・トラブルを誘発する。本論文で明らかにしたように、弾力性を向上させるためには、教育・訓練によって生産スタッフの技能・知識水準を高めることが必要である。すなわち、PSSを用いて業務に時間的な余裕を生み出すことが求められる。そこで、これまでに実際のプラントに導入して省力化に効果のあった1)バッチ反応機生産スケジューリングシステム、2)バッチ反応機反応温度制御システム、3)バッチプラント運転管理システムの省力化効果について考察した。

論文審査結果の要旨

化学工業では、センサーを介して収集したデータを用いたシステムが導入されている（生産支援システム、以下PSSと称す）。PSSの導入には、企業は省資源、省エネルギー、省力化の効果に着目し、投資効果を見積もっている。しかし、企業は省力化による労務費の削減に頼ることが多く、技能の低下で事故・トラブルの発生が懸念されている。一方、製造業では生産工程の弾力性が、様々な攪乱信号を抑制する能力として注目されており、弾力性（レジリエンス）の具体的な評価方法を研究テーマとしている。

以下に各章の要約を述べる。

第1章は、緒言である。自身の実務経験から研究の背景、課題を述べている。

第2章は、生産工程の弾力性管理に関する考察である。生産工程の内外で発生する攪乱信号を定義し、それを抑制する弾力性の生まれるもとをヒューマンファクターズ（生産スタッフ）とアーティフィシャルファクターズ（PSS、生産装置）に分けて、それぞれに関する管理主体（個人、グループ、企業）、管理対象、管理項目を攪乱信号の大きさ（大、中、小）ごとに考察している。

第3章は、弾力性の定量的評価に関する考察である。ここでは、生産工程を構成する3つの要素（生産スタッフ、PSS、生産装置）について、それぞれの生み出す弾力性を定量的に評価する方法について考察している。ここでは、生産スタッフから生れる弾力性は、生産スタッフが生産活動において発揮している技能、業務の職位に対するふさわしさ、技能・知識水準から求めている。PSSから生まれる弾力性は、生産スタッフの業務をPSSの要素機能で代替させた場合に、生産スタッフの技能・知識水準が継承されるものとして、継承された技能・知識水準としている。また、生産装置から生まれる弾力性は、生産スタッフから生れる弾力性と生産装置に関するリスクアセスメントの結果とを合わせて示している。

第4章は、弾力性を向上させるためのグループ内での業務分担および複数のグループ間での人員配置の最適化に関する考察である。ある生産工程において、業務に携わる生産スタッフの業務従事時間を短縮できれば、そこに生まれた余裕時間を技能・知識水準向上のための教育・訓練にあてることができる。そこで、実測した業務従事時間からその生産工程で業務に必要な技能量を求め、それぞれの業務の分担を、生産スタッフの職位に合わせて配分し直す。生産スタッフ一人ひとりが職位にふさわしい業務を担当することによって、業務に必要な技能量を減らすことなく業務従事時間の合計を短くでき、また複数のグループで人員を再配置すると、それぞれの生産工程で必要な技能量を減らさずに業務従事時間を短縮できることが分かった。

第5章は、技能と技術および技能の定量的評価に関する考察である。人の技能を定量的に評価できれば、どの技能を技術化するか、あるいは生産スタッフの業務分担や人員配置を効率的なものにするための指針を得ている。また、人員削減は技能の低下をもたらし、労働生産性を低下させることも示している。そのような視点から生産スタッフの技能について考察している。

第6章は、生産工程の弾力性向上に関わるPSSの役割に関する考察である。弾力性を向上させるためには、教育・訓練によって生産スタッフの技能・知識水準を高めることが必要であり、そのためには生産スタッフの業務に時間的な余裕を生み出すPSSが有効であることを示している。これまでに実際のプラントに導入して省力化に効果のあった、1) バッチ反応機生産スケジューリングシステム、2) バッチ反応機反応温度制御システム、3) バッチプラント運転管理システムの省力化効果について考察している。

以上のように、本研究において生産工程に対する攪乱信号の抑制能力である弾力性を向上させるには生産スタッフの技能・知識水準の向上が必要であり、そのためにはPSSの導入、人員配置の最適化が有効であることを示している。研究成果は、5編の学術学会論文、2編の国際会議論文として発表しており、本論文は博士（工学）の学位論文として価値があると認められる。