

## 特集

## 復興への道筋

2011年3月11日に東日本大震災が発生してから、1年が経とうとしている。本特集では、震災の経験を踏まえて、自然災害に強い施設・組織・仕組みに関する最新の理論を紹介し、安全・安心社会へ向けて提言して頂く。

(編集担当：片岡 祥，木村新太，城戸操介)†

## 「復興への道筋」特集にあたって

三宅 淳巳

2011年3月11日に発生した東日本大震災におきましては多くの方々の尊い命が奪われ、甚大な被害が生じたことに心より哀悼の意を表します。また、本会会員ならびにご家族の皆様のご無事をお祈り申し上げます。1日も早く被災された皆様の生活と安全が確保されますよう祈念しております。

## 1. はじめに

3月11日(金)14時46分、M9.0の巨大地震が東日本一帯を襲い、続いて押し寄せてきた巨大津波や産業施設の爆発・火災事故などのクリアな映像を前に、我々はなす術をもちえなかった。あれから1年が経ち、各地域の復旧は徐々に進みつつあるものの、我が国の復興、再生への道筋はいまだ明確な姿を現していない。

本特集では、災害に強い施設、組織の構築に関する議論のきっかけとなることを企図して、主に化学産業に関連する各界のリーダーの方々に、発災時およびその後の経験、今後の化学プラントや事業所の設計のあり方、対策策定さらには地域再生に向けた取り組みについて、ご執筆いただいた。



On the Special Issue : Roadmap to Recovery and Resuscitation of Chemical Industries in Japan  
Atsumi MIYAKE(正会員)

1984年 横浜国立大学大学院工学研究科修了  
現 在 横浜国立大学大学院環境情報研究院教授

連絡先：〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-7

E-mail [atsumi@ynu.ac.jp](mailto:atsumi@ynu.ac.jp)

2011年12月1日受理

メインテーマは「化学産業の現場の安全・安心に向けて」と題して、まず地震、津波発生時の化学プラントの様子と対応を三菱化学(株)・春山氏、梶山氏より同社鹿島事業所についてご紹介いただき、東日本各地の被害について消防庁消防研究センター・座間氏にご報告いただいた。また行政の立場から、経済産業省産業保安研究官・武富氏より今後の産業施設の安全に向けた提言を、東京海上リスクコンサルティング・青地氏には事業継続計画(BCP)の現状と将来についてご執筆いただいた。さらに、化学プラントの設計に経験と実績をもつエンジニアの視点から、(有)システム安全研究所・高木氏、日揮(株)・原氏、箱田氏、東洋エンジニアリング(株)・角田氏より、災害に強い施設の設計について述べていただいた。

一方、サブテーマ1では、「被災・復興状況について現場からのメッセージ」として、産業技術総合研究所コンパクト化学システム研究センター長・花岡氏、神戸大学・田中先生、東北大学・大里氏、山形大学・山木氏、出光興産(株)・大熊氏より、この1年間の状況と活動を振り返って、ご報告いただいた。

サブテーマ2では、当学会が震災直後3月28日に報告した「東日本エネルギー危機に関する緊急提言」のフォローアップレポートとして、震災での経験や取り組んだ課題等、活動の総括と今後について、東京大学・菊池先生ならびにエネルギー研究に携わる有志の皆様にご紹介いただいた。

† Kataoka, S. (平成23, 24年度化工誌編集委員3号特集主査)  
(独)産業技術総合研究所  
Kimura, A. 同上 (独)労働安全衛生総合研究所  
Kido, S. 同上 千代田化工建設(株)

本特集は単なる1年間の総括、活動報告ではなく、日本の再生、東日本の「創造的復興」に向けて、中長期スパンで学会にて取り組むべき事柄についての議論のきっかけとなることを切に願っている。

## 2. 自然災害のシナリオと災害への備え

内閣府では、ミュンヘン保険会社が作成した世界大都市の自然災害リスク指数比較を平成16年に公開している<sup>1)</sup>。この中で、世界の主な大都市の中で最もリスクの大きい地域として東京・横浜をあげ、これに次ぐサンフランシスコ(リスク指数:167)、第3位のロスアンゼルス(同:100)、第4位の大阪・京都・神戸(同:92)を大きく引き離し、710という飛び抜けて大きな数値を示している。これらの都市、地域でのリスクのシナリオは大地震であるが、一方、同指数42のニューヨークの場合は豪雪やハリケーンと想定され、地域によりリスクのシナリオは異なっている。このリスク指数は平成16年以降に発生した世界各地での自然災害を考慮して再評価すると、特に津波被害を受けた地域ではより大きなものとなるであろう。また、OECDでは、1990年代後半より、災害による産業災害に関する検討チームが設置され、その被害予測や対策検討をおこなっている<sup>2)</sup>。さらに、経済産業省では2005年に事業継続計画(BCP)策定ガイドラインを公表し、大災害や巨大事故に対する備えの重要性について説いている<sup>3)</sup>。以上のことから、各事業所においては自然災害に対するシナリオ想定はおこなわれていたが、有効な対策にまで十分展開されていなかったところがあったものと考えられる。

シナリオの抽出、想定が適切にできていなければ、リスク評価による結果は十分ではない。特に、シナリオ抽出における網羅性の担保は最も重要であり、リスク評価の精度に大きな影響を与える。シナリオ抽出に抜け落ちがあれば、そのシナリオのリスク推定は不可能であり、システムのトータルリスクを小さく見誤ってしまう。その意味で、シナリオ想定はリスク評価の鍵を握っているが、現象の解明すらできていない事象についてリスク評価結果は大きな不確実性を有していると言える。この様な場合は想定を超える事象が発生することを認め、それに備えた安全裕度を設定して管理することは技術システムに関する限り常識といえる。

加えて、ゼロリスクはあり得ないという前提により、リスクvsベネフィットに基づく合理性の名の下に、リスクベースアプローチの誤用による過剰な安全裕度の削減が、稀頻度・大規模事象が発生時にシステムの崩壊を招くことは絶対に避けなければならない。

## 3. リスクベースアプローチの限界とレジリエンス科学

事故やトラブルの発生確率・頻度と影響・被害を考慮するリスク概念は、多くの分野に取り入れられ、リスクベースによる設計、建設、運転、検査等が実施されている。リスクベースという概念や理論はそれ自身素晴らしいものであり、現時点でそれ以上の手法は見当たらない。しかし稀頻度事象についてはその発生頻度を正確に求めることは困難なため、リスクベースによるアプローチはその妥当性の検証が必要である。また、リスクベースはリスクの最終値のみの規定となるため、モデル設定の自由度が与えられており、そこに大きな調整幅があるのが現在の手法の限界である<sup>4)</sup>。たとえば一般的に用いられている定量的リスクアセスメント(QRA)においては、リスク算出までの過程で多くの点がモデル作成者に委ねられている。「可燃性ガスの漏洩からの爆発」というシナリオにおいては、空気より重いガスや蒸気の拡散、漏洩事象の頻度推定とその信頼性、ドミノ事象の設定等、モデルの設定次第で結果が大きく異なる一方、モデルの妥当性についての明確な議論は困難である。多くのガイドライン等に記載はあるものの、統一された規格類はない。こういった部分を考慮すると、安全性を求める場合、従来の仕様規定のように中間の自由度を排した決定論的な規定をする方が、効果が高いのではないかと考えられる。

近年では、影響度や被害の推定によりリスク管理へのレジリエンス概念の導入が注目されている。レジリエンスとは回復力、弾力性を意味する用語であり、災害に強い、回復力のある組織や社会の構築、という場合にも用いられている。リスク管理は災害や事故の発生と影響度を推定し、許容される安全水準、安全目標を基準としてリスク低減を図る管理手法であるが、レジリエンス科学の思想を導入することにより、発生した災害から1日も早い復旧、復興が可能な組織を作り上げることに貢献しようとする。

米国化学工学者協会(AIChE)の化学プロセス安全センター(CCPS: Center for Chemical Process Safety)では、化学プロセスの安全に関し、多重防護の思想に基づき、独立防護層(Independent Protection Layer)の導入を提唱している<sup>5)</sup>。これは、化学プロセスの本質安全に始まり、異常の発生防止、事故への発展阻止、被害の局限化、事業所内及び地域の防災計画よりなる防護層による多重の安全システムであるが、稀頻度・高影響度事象についてはさらに、事業継続計画(BCP)ならびに災害からの復興、再生のためのレジリエンスLayerを加えたシステムへの発展も検討する必要がある。

## 4. 復興への道筋

東日本大震災の発生から1年たつが、数十年にわたる今後の復興を考えると、国が復興のすべてを担うには限界があることは明らかであり、自治体、産業界、学会が役割と責務を分担し、強固に連携しながら進めていくことが不可欠である。その際にはいずれの組織がイニシアチブをとり、地域の意思を反映させていくのが大きな課題となるとともに、地元の住民、事業者の思いを集約し、地域再生へとつなげていく取り組みが重要であり、今後の「都市計画のモデルケース」としなければならない。今回の震災からの復興を地球全体の経験として共有し、発信していくこともまた、学界の果たすべき責務である。研究機関、大学、学協会は第三者的な立場から、種々の垣根を越えるネットワークを作り、日本の再生、東日本の復興に向けて、各の責務として取り組むことを考えねばならない。

2011年8月に閣議決定された第4期科学技術基本計画においては、従来の技術分野別の戦略から課題達成型の戦略に転換するとの基本方針に立ち、「震災からの復興・再生の実現」、「グリーンイノベーション」、「ライフイノベーション」の3つの重要課題の解決を柱に据えた「科学技術イノベーション政策」を推進する旨が謳われた<sup>6)</sup>。さらに経団

連の意見書では新たなレジリエント社会構築に向けた「安全・安心イノベーション」の重要性が強く謳われた<sup>7)</sup>。細分化された現代科学や先端技術に対応し、個人及び社会の安全、持続性を確保するためには個別的領域を深化追求するだけでは限界がある。特に環境、防災、生命科学、安全・安心といった分野は、いずれも複雑極まりない複合領域であり、客観性や再現性を基礎とする物理や化学の枠組みにこだわる限りは現象の解明、対策の検討は困難である<sup>8)</sup>。これらの地球的規模の課題解決には多角的視点からの多様な先進的研究が必要であり、それを支える基盤科学技術としての安全科学、リスク管理学、レジリエンス科学等は、これら喫緊の課題の多くに応える可能性がある。個の連携、安全知の統合による相互補完と相乗効果をもたらすべく、学会への期待と責任は大きい。

### 引用文献

- 1) 内閣府：「平成16年版防災白書」(2004)
- 2) OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response(2003)
- 3) 経済産業省：事業継続計画(BCP)策定ガイドラインの概要(2005)
- 4) Tanabe, M. and A.Miyake：Approach enhancing inherent safety application in onshore LNG plant design, submitted to J. Loss Prev. Proc. Ind.
- 5) AIChE-CCPS：Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment(2001)
- 6) 科学技術基本計画：閣議決定(2011.8.19)
- 7) (社)日本経済団体連合会：「第4期科学技術基本計画」の見直しに向けた考え方(2011.4.27)
- 8) 川崎一朗：「災害社会」、京都大学学術出版会(2009)

## お知らせ

化学工学会創立75周年を記念しまして、「化学工学」誌75周年記念増刊号を6月末発行予定しております。

目次概要・Vision 2011レビュー、Vision 2023

- ・化学工学関連の動向と今後の展望(業界、技術、教育)
- ・国際交流の展開
- ・四半世紀後の化学工学と私
- ・化学工学会75年史
- ・懸賞論文
- ・カタログ史料