

令和 4 年 6 月 4 日現在

機関番号：12701
 研究種目：基盤研究(B)（特設分野研究）
 研究期間：2018～2021
 課題番号：18KT0012
 研究課題名（和文）コンビナート災害に端を発する大都市複合災害の包括的シナリオ策定と総合防災減災戦略

研究課題名（英文）Comprehensive scenario formulation and disaster prevention and mitigation strategy for mega-city complex disasters originating from complex disasters

研究代表者
 三宅 淳巳（Miyake, Atsumi）
 横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教授

研究者番号：60174140
 交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,300,000円

研究成果の概要（和文）：コンビナートクライシスを打破するためのリスクアセスメント技術に関する現状分析および包括シナリオ想定と、それに基づく被害想定が可能なリスク/クライシスマネジメント手法の構築を行った。本研究の成果は、(1)工学的視点に基づくリスクアセスメント要素技術の整理、(2)Natechに関する包括的なシナリオ想定スキームとその被害予測方法論の構築、(3)社会総合リスクの定義に基づき、自治体、企業等との連携によるコンビナート複合災害の被害予測と危機管理体制の提案、(4)災害時の従業員、一般市民の避難誘導等を可能にするマネジメント体制の提案であり、これらの成果をガイドラインとして取りまとめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
 自然災害由来の産業施設災害は国連等国際機関においてもNatechとしてその対応はきわめて大きな課題となっており、都市における総合防災減災計画を検討している例はこれまでなかった。本研究は社会総合リスクという新しい概念に基づいて、これを分析するフレームワークを構築し、防災減災に資する事項をガイドラインとして取りまとめた点に学術的、社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：We analyzed the current status of risk assessment techniques for overcoming complex crises, and constructed a risk / crisis management method that enables comprehensive scenario assumptions and damage predictions based on them. The results of this research are based on (1) organization of risk assessment elemental technologies from an engineering perspective, (2) construction of a comprehensive scenario assumption scheme for Natech and its damage prediction methodology, and (3) definition of comprehensive social risk, proposal of damage prediction and crisis management system for complex disasters in collaboration with local governments, companies, etc., (4) proposal of management system that enables evacuation guidance of employees and general citizens in the event of a disaster. These results were summarized as a guideline.

研究分野：安全工学

キーワード：防災減災戦略 リスクアセスメント Natech

1. 研究開始当初の背景

科学技術創造立国を支える巨大人工物であるコンビナートの立地する大都市複合災害では、個別の学問分野ごと、推定されるリスクごとに進められてきた研究開発成果を統合し、総合的に社会基盤や産業施設の脆弱性を診断し被害予測を行う必要がある。そこでは、従来の工学的な安全問題に対応する技術的な対策だけでは不十分であり、行政や自治体に加え、社会や一般市民の視点による安全対策、すなわち社会リスク構造を考慮した上で「安全・安心に関わる課題への対応のために個別技術・知識を統合する仕組み」を構築する研究開発が不可欠であり、既存の分野の更なる深化に加え、トレードオフなどを考慮した効率的な合意形成プロセスの確立が不可欠となるが、我が国においてこれらのプロセスが確立されているとは言い難く、これが本研究申請の背景であった。

2. 研究の目的

本研究は、コンビナートを取り巻く諸問題について、化学、材料、制御、機械システムといった内的事象の要素技術と存立するコンビナートのリスクアセスメント技術を結び付け、地域社会のリスク/クライシスマネジメントについて統合的・包括的研究を展開することである。これによって、国連等国際機関においてもきわめて大きな課題と認識される自然災害由来の産業施設災害 Natech (Natural Hazard triggering Technological Disasters) に関して、従来の工学的視点に加えて社会総合リスクの視点から俯瞰する新たな研究分野への展開を目指すものである。

3. 研究の方法

本研究では、コンビナートクライシスを打破するための現状分析、包括シナリオ想定とこれに基づく被害想定、リスク/クライシスマネジメント手法の構築を行い、産官公学連携による社会実装を目的として以下の成果創出を目指す。

- (1) 工学的視点による要素技術の整理と深化
- (2) 既存の学術体系を超えた包括的なシナリオ想定と災害被害予測方法論の構築
- (3) 自治体、企業等と連携したコンビナート複合災害の被害予測と危機管理体制構築

4. 研究成果

(1) 工学的視点による要素技術の整理と深化

Natech に関する被害想定、リスク/クライシスマネジメントの実施に必要なフレームワーク構築およびリスクアセスメント手法とその課題整理を行った。対象とするコンビナートシステムを取り囲む環境変動を起点(ガイドワード)として、それらがどのような経路を通じて対象システムへ影響を及ぼすかに関して、大枠で洗い出す手法である「YNU-HAZID 手法」を構築した。さらに既存のフィジカルリスクアセスメント手法(MLT, ETA, FTA, QRA, HAZOP, FMEA, HAZID, What-if 手法など)を概観し、それら手法が得意(もしくは不得手)とするリスクシナリオ分野、リスク定量性やその定量分析精度に関して、各種リスク基準と照らし合わせて整理した。この整理をベースにリスクアセスメントを進めれば、例えば得意なシナリオのみ詳細分析するなど、分析の重心が偏在することを防ぎ、意思決定に貢献するリスクアセスメント結果を提供できることを示した。

(2) 既存の学術体系を超えた包括的なシナリオ想定と災害被害予測方法論の構築

特に、災害の発生から収束に至る一般化シナリオと呼ぶべきマスターロジックツリー/イベントツリー/フォールトツリー(MLT/ET/FT)を構築し、災害事例を用いて検証した。抽出された要検討シナリオの例として臨海プラントの洪水・高潮リスク分析技術の深化を試みた。危険物貯蔵所や高压ガス貯蔵所の位置とその想定浸水深さ、化学物質漏洩するリスクを見積もる技術開発を行った。これら高頻度が予想されるシナリオの検討と共に、特殊事例に関する検討も進めている。特殊事例はその発生頻度は低いと予想されるが、想定・対策の盲点となる可能性があるため、その解析も同様に重要である。

特殊事例の検討例として、コンビナート地区に大量に保管している重合性モノマーが、自然災害による冷却システム喪失に伴い、緩やかな

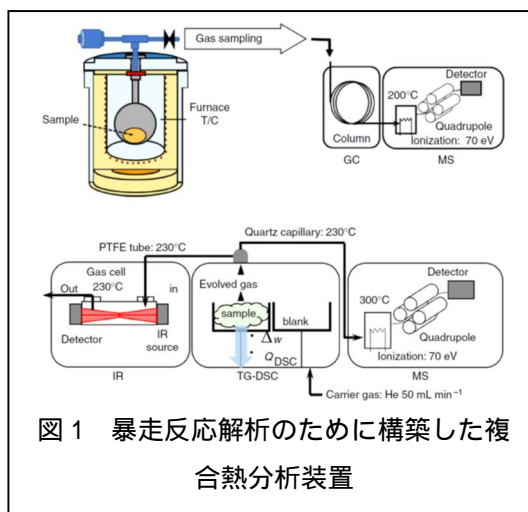


図1 暴走反応解析のために構築した複合熱分析装置

反応から暴走し、それに伴い有害性ガスを放出するシナリオに関する検討を行った。これを最新の熱分析-生成ガス分析技術、反応速度論解析および計算化学手法を駆使した検討により、その事故進展シナリオと化学反応機構を洗い出し、暴走反応進展に伴いコンビナートから流出する化学物質が変化することを突き止めた。生成ガスが変化することにより、化学物質漏洩に伴う影響度評価結果(図3)が影響を受けるが、これを明示的に取り込んでリスクアセスメントしている例は少ない。本研究では、この暴走反応シナリオに基づいて安全対策に対する考察を行った。

また、本研究では上記のアクリル酸の暴走反応検討に限らず、硝酸を使用したプロセス(酸洗工程など)の熱暴走反応リスクや有機ハイドライドをエネルギーキャリアとして用いた新規水素ステーションなど、特徴的な化学反応プロセスにおけるリスクについて、実験および計算手法を組み合わせた化学物質ハザード解析を活用することでアセスメントを実施した。

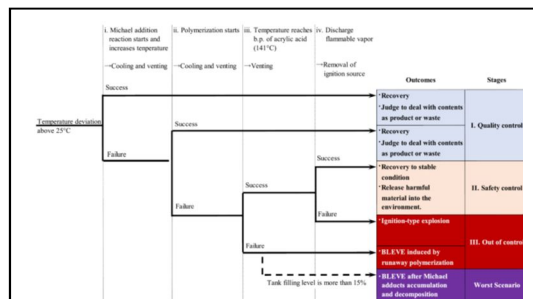


図2 アクリル酸重合暴走に係るイベントツリー分析

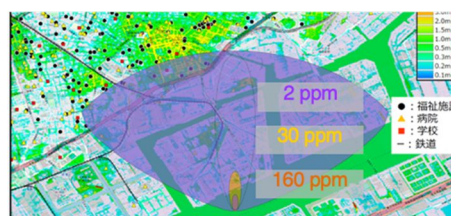


図3 生成ガスシミュレーション

(3)自治体、企業等と連携したコンビナート複合災害の被害予測と危機管理体制構築

産業界、行政(横浜市および川崎市が中心)、自治体等へのヒアリングを行い、本研究で抽出してきたシナリオの修正および精緻化を行い、安全対策に関する情報を整理した。さらに津波に端を発するプラント災害について、東日本大震災の教訓も踏まえて、ある事業者が実施したリスク低減方策について詳細分析し、そのリスク低減効果を半定量的に評価する枠組みについて考察した。本リスクアセスメントでは人的・経済的コストのみならず、環境、復旧時間、サプライチェーン等も取り込んだ包括的なリスクアセスメント評価(図3)を提案し、これに基づいた安全対策の妥当性について考察した。これらの成果をもとに、2021年度は防災減災ガイドライン案(概要版)を作成した。

表1 特定されたシナリオ群のリスク評価例 (H: High, M; Middle, L: Low)

シナリオ	人的被害	設備被害	環境被害	復旧	サプライチェーン	設備	ランニング
				時間	影響	投資	コスト
シナリオ(1)	H	H	H	M	H	H	M
シナリオ(2)	H	H	H	H	M	H	H
シナリオ(3)	L	L	L	M	M	L	L

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fujita Michiya, Izato Yu-ichiro, Miyake Atsumi	4. 巻 144
2. 論文標題 Kinetic analysis of the spontaneous thermal polymerization of acrylic acid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	6. 最初と最後の頁 435 ~ 442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10973-020-10534-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ando Mahoko, Fujita Michiya, Izato Yu-ichiro, Miyake Atsumi	4. 巻 144
2. 論文標題 Autocatalytic reaction mechanism of nitric acid and formic acid mixtures based on thermal and in situ Raman spectroscopic analyses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	6. 最初と最後の頁 553 ~ 562
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10973-020-10311-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Fujita Michiya, Izato Yu-ichiro, Miyake Atsumi	4. 巻 147
2. 論文標題 Thermal and evolved gas analyses on Michael addition oligomers of acrylic acid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	6. 最初と最後の頁 1825 ~ 1833
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10973-020-10412-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Fujita Michiya, Izato Yu-ichiro, Iizuka Yoshiaki, Miyake Atsumi	4. 巻 129
2. 論文標題 Thermal hazard evaluation of runaway polymerization of acrylic acid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Process Safety and Environmental Protection	6. 最初と最後の頁 339 ~ 347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.psep.2019.08.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ochiai Nobukata, Nakayama Jo, Izato Yu ichiro, Miyake Atsumi	4. 巻 41
2. 論文標題 Lessons learned from the 2011 Great East Japan Earthquake: A case study of tsunami risk assessment in a Japanese chemical corporation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Process Safety Progress	6. 最初と最後の頁 283 ~ 292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/prs.12315	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Izato Yu-ichiro, Suzuki Tomoya, Iki Hideshi, Miyake Atsumi	4. 巻 310
2. 論文標題 Determining the minimum ignition energy of toluene vapor containing hydrogen towards a risk assessment for liquid organic hydride storage in hydrogen refueling stations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Fuel	6. 最初と最後の頁 122236 ~ 122236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fuel.2021.122236	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 塩田謙人, 中山穰, 稗貴峻一, 伊里友一郎, 笠井尚哉, 小林剛, 野口和彦, 澁谷忠弘, 三宅淳巳
2. 発表標題 自然災害由来の化学物質流出に関する環境社会リスクシナリオ抽出と事例検討
3. 学会等名 第29回環境化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山穰, 塩田謙人, 半井豊明, 伊里友一郎, 三宅淳巳
2. 発表標題 リアルタイム影響分析システムを用いたダイナミックリスクアセスメント手法の構築
3. 学会等名 安全工学シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塩田謙人, 稗貫峻一, 中山穰, 伊里友一郎, 笠井尚哉, 小林剛, 野口和彦, 渋谷忠弘, 三宅淳巳
2. 発表標題 Natechデータベースとリスク分析手法に基づく環境社会リスクシナリオの抽出
3. 学会等名 安全工学シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	伊里 友一郎 (Izato Yu-ichiro) (90794016)	横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授 (12701)	
研究分担者	塩田 謙人 (Shiota Kento) (30827837)	横浜国立大学・先端科学高等研究院・特任教員(助教) (12701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------