

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

1-1904 災害・事故に起因する化学物質流出シナリオ構築と防災減災戦略

(J P M E E R F 2 0 1 9 1 0 0 4)

令和元年度～令和3年度

Chemical Spill Scenarios Construction due to the Disaster and Accident and Disaster Prevention and Mitigation
Strategy

<研究代表機関>

国立大学法人 横浜国立大学 先端科学高等研究院

令和4年5月

目次

I. 成果の概要	1
1. はじめに（研究背景等）	
2. 研究開発目的	
3. 研究目標	
4. 研究開発内容	
5. 研究成果	
5-1. 成果の概要	
5-2. 環境政策等への貢献	
5-3. 研究目標の達成状況	
6. 研究成果の発表状況	
6-1. 査読付き論文	
6-2. 知的財産権	
6-3. その他発表件数	
7. 国際共同研究等の状況	
8. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	9
II-1 災害・事故のシナリオ構築とリスクマネジメント	9
（国立大学法人横浜国立大学）	
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
6. 引用文献	
II-2 化学物質流出の影響評価と減災戦略	26
（国立大学法人横浜国立大学）	
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
6. 引用文献	
III. 研究成果の発表状況の詳細	36
IV. 英文Abstract	39

I. 成果の概要

課題名 1-1904 災害・事故に起因する化学物質流出シナリオ構築と防災減災戦略

課題代表者名 三宅 淳巳 (国立大学法人横浜国立大学 先端科学高等研究院 教授)

重点課題 主：【重点課題4】災害・事故に伴う環境問題への対応に貢献する研究・技術開発

副：【重点課題14】化学物質の包括的なリスク評価・管理の進捗に係る研究

行政要請研究テーマ（行政ニーズ） (1-5) 災害廃棄物のリサイクルシステムの強靱化に関する研究
(3-3) 国際展開・貢献を意識した廃棄物に含有される有害化学物質の分析手法に関する研究

研究実施期間 令和元年度～令和3年度

研究経費

102,669千円（合計額）

（各年度の内訳：令和元年度：34,223千円、令和2年度：34,223千円、令和3年度：34,223千円）

研究体制

（サブテーマ1）災害・事故のシナリオ構築とリスクマネジメント（国立大学法人横浜国立大学）

（サブテーマ2）化学物質流出の影響評価と減災戦略（国立大学法人横浜国立大学）

研究協力機関 なし

本研究のキーワード 化学物質、環境汚染被害、環境社会リスク、Natechデータベース、環境社会リスク対応ガイドライン

1. はじめに（研究背景等）

近い将来において高確率で発生が予測されている巨大地震や産業施設の高経年化に伴う爆発火災といった大災害に対応するための手法の確立は喫緊の課題であり、国土強靱化アクションプラン(2017)においても、起きてはならない最悪の事態に、①社会経済活動、サプライチェーンの維持に必要なエネルギー供給の停止、②コンビナート・重要な産業施設の損壊、火災、爆発等、③有害物質の大規模拡散、流出、が明記されている。自然災害由来の産業施設災害は国連等国际機関においてもNatech (Natural Hazard Triggered Technological Disasters)として極めて大きな課題となっており、災害の発生、進展、防護とともに、環境及び社会への影響にも配慮した適切な防災減災戦略を学術的に構築、発信することが強く求められている。

これまでの化学物質流出による環境汚染に関する検討では、化学物質の漏洩を防ぐための対応や化学物質の危険性・有害性の被害推定に関する拡散シミュレーションを基にした人の健康や環境（大気、水質及び土壌）に対するリスク評価や対応の検討が行なわれてきた。しかし、高度な社会の運営に関しては、人の健康の他にも、人々の生活や社会活動の維持に関する被害の最小化や復旧等の検討が必須である。例えば、近年のNatech国内事例として、風雨水害により2019年8月佐賀県で発生した油流出事故は、工場近隣の病院や住宅、工場及び農地に油が付着する被害が発生した。この事故から、通常の産業安全で語られる人の怪我や死亡、あるいは環境分野で着目される環境汚染だけではなく、人々の生活や社会

活動への影響を化学物質流出のリスクとして認識することが重要であると言える。化学物質の流出リスクは、その分析・評価に際し、化学物質を取り扱う事業者の化学物質の保有状況（取扱化学物質や量、保管状態）や当該事業者が立地する地域特性（他の事業者や病院や学校、インフラなど）を整理することが必要である。さらに、広域への化学物質の流出の場合、事業者だけでは被害最小化への種々の対応を実施することは困難であり、地方自治体の関係部局や市民等による連携・対応が不可欠である。特にリスク対応に関しては、リスク対応項目や優先順位の検討は地域社会が有する機能に依存するため、機能維持・復旧に向けた事業者や自治体等のリソースを平時から整理し、課題抽出・整理、資機材整備、人材育成、連携準備を適切に遂行する必要がある。

今後の地域や産業の変化を前提とすると、特定の地域に現在存在する化学物質の漏洩の可能性や対応の必要性の検討を積み重ねるという手法だけでは、変化する将来に対して十分に対処することは難しい。したがって、本研究は、化学物質の漏洩による環境汚染から社会を守るための汎用的な基本活動フレームを検討構築し、地域の特性や産業の変化を先取りして、化学物質の漏洩による環境汚染に対応するための活動の要点を検討する。上述の背景より、化学物質流出リスクの対応には、個別具体的な要素技術開発、特定地域のリスク分析、さらにリスク対応を支援するフレームの構築が必要である。国内研究動向において、環境研究総合推進費S-17「災害・事故に起因する化学物質リスクの評価・管理手法の体系的構築に関する研究」（研究期間：2018年度～2022年度）が実施されていることを踏まえ、本研究は、化学物質流出による産官公学の地域防災減災戦略を社会総合リスクの観点から構築し、環境社会リスクとして整理すること、さらに化学物質流出に対応する各主体の実行可能性を考慮した防災減災戦略ガイドライン（以下、環境社会リスク対応ガイドライン）を作成することを目的とした。

2. 研究開発目的

本研究は、化学物質流出による産官公学の地域防災減災戦略を社会総合リスクの観点から構築し、環境社会リスクとして整理すること、さらに化学物質流出に対応する各主体の実行可能性を考慮した防災減災戦略ガイドライン（以下、環境社会リスク対応ガイドライン）を作成することを目的とした。本研究の達成に向け、サブテーマ1及びサブテーマ2を設定した。

サブテーマ1は、体系的な環境社会リスクシナリオの抽出と妥当性の検証を実施する。

サブテーマ2は、漏洩した化学物質の影響評価や拡散現象の分析結果取りまとめた、化学物質総合リスク情報プラットフォームによる化学物質漏洩の減災戦略の立案及び減災戦略に資する情報の提供を実施する。

本研究の成果イメージを図0.1に示す。本研究は、川崎臨海部コンビナートを例に、自治体消防や危機管理室、環境部局等と連携し、実行可能性を考慮した環境社会リスク対応ガイドラインを作成する。さらに、本事業で作成した成果を整理し、横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センターHPから「化学物質総合リスク情報プラットフォーム」を公開、ガイドライン等の本研究成果物を掲載することで、防災減災戦略の策定に資する情報を提供する。

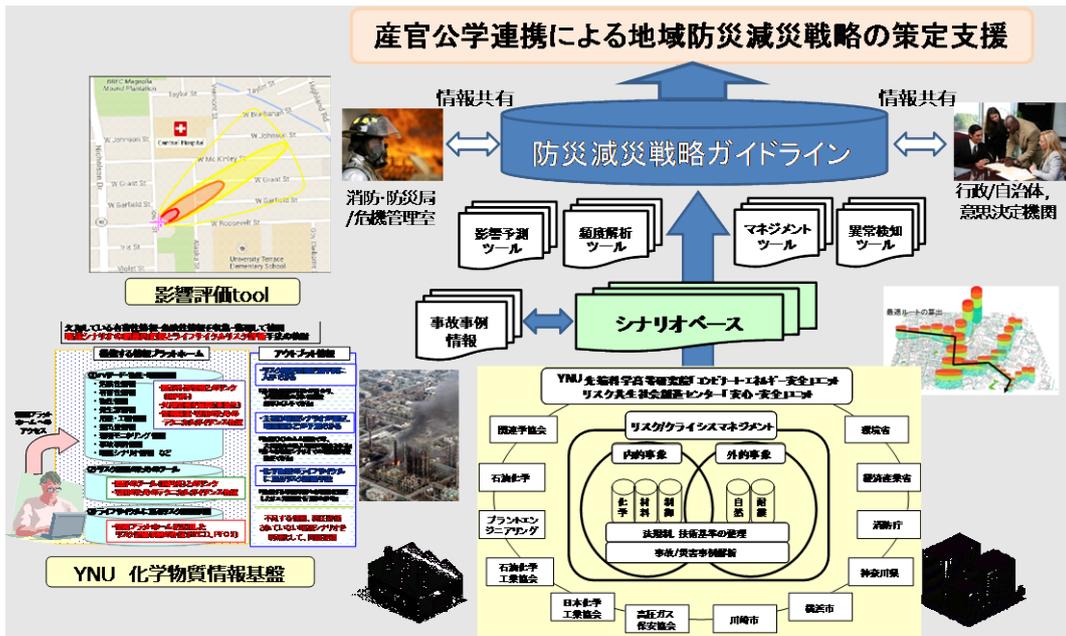


図0.1 本研究のアウトプットイメージ図

3. 研究目標

全体目標	産官公学による地域防災減災戦略を社会総合リスクの観点からの構築及び実行可能性を考慮した防災減災戦略ガイドラインを作成する
サブテーマ1	災害・事故のシナリオ構築とリスクマネジメント
サブテームリーダー/所属機関	澁谷 忠弘／横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センター
目標	マスターロジックツリーの作成による体系的な環境社会リスクシナリオの抽出と妥当性の検証
サブテーマ2	化学物質流出の影響評価と減災戦略
サブテームリーダー/所属機関	三宅 淳巳／横浜国立大学先端科学高等研究院
目標	化学物質総合リスク情報プラットフォームによる化学物質漏洩の減災戦略の立案および減災戦略に資する情報の提供

4. 研究開発内容

本研究は、サブテーマ1とサブテーマ2が①化学物質の漏洩による環境汚染に関する体系的整理、②影響を受ける社会構造の整理と影響に関する環境社会リスクの特定、③環境社会リスク顕在化シナリオの分析、重要な社会機能を守るための要点の分析及び対応に必要なツール開発を実施した。表0.1に各テーマの実施項目を記した。

本研究は、サブテーマ2において横浜／川崎地区を事例対象として検討したが、特定の地域や化学物質に着目したわけではなく、汎用的な手法を提案することを目的としている。したがって、本研究の成果物を適用する際には、適用対象の特徴を想定した検討が必要である。

表0.1 本研究の構成と実施項目

	サブテーマ1 概念構築とリスク対応方針整理	サブテーマ2 技術・データ開発と事例検討
化学物質の漏洩による環境汚染に関する体系的整理	<ul style="list-style-type: none"> ● 化学物質の危険性の整理 ● 漏洩拡散の体系的整理 <ul style="list-style-type: none"> ・ 化学物質の環境への漏洩シナリオの整理 ・ Natechデータベースの構築 ● 化学物質漏洩に関する検討による漏洩防止の高度化 ● 環境社会リスク検討への漏洩シナリオの提供 	<ul style="list-style-type: none"> ● 化学物質漏洩に関する影響度評価に向けたデータ収集 ● 影響度評価技術の高度化 <ul style="list-style-type: none"> ・ 環境社会リスクを考慮した反応暴走解析
影響を受ける社会構造の整理	<ul style="list-style-type: none"> ● 社会構造要素の体系的整理 <ul style="list-style-type: none"> ・ 社会の構成要素 ・ 社会の構成要素間の関係の整理 	
影響に関する環境社会リスクの特定	<ul style="list-style-type: none"> ● 影響に関する環境社会リスクの特定 	
環境社会リスク顕在化シナリオの分析	<ul style="list-style-type: none"> ● 環境社会リスク顕在化シナリオの分析 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水害シミュレーション ● アンモニアの拡散シミュレーション ● 地域社会への環境社会リスクに関する考察
環境社会リスク対応の検討	<ul style="list-style-type: none"> ● 分析を基に各主体の活動の要点の検討 ● 環境社会リスク対応ガイドラインの作成・試行と実装 	
重要な社会機能を守るための要点の分析及び対応に必要なツール開発	<ul style="list-style-type: none"> ● 環境社会リスク対応のためのツール開発と公表 <ul style="list-style-type: none"> ・ 環境社会リスク対応ガイドライン ・ 環境社会リスクの紹介ビデオ ・ 環境社会リスク顕在化のリスク分析ロジックツリー図の提供 	<ul style="list-style-type: none"> ● 化学物質リスク情報プラットフォームの構築 ● 簡易緊急対処法システムを用いた拡散シミュレーションツール

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

本研究の成果は、化学工場等からの化学物質流出に伴う影響として、人や環境への影響に加え、市民生活や重要インフラ等の社会への影響を考慮し、“環境社会リスク”という概念を提唱し、環境社会リスク対応に必要な技術・コンテンツ開発及びリスク対応の考え方である環境社会リスク対応ガイドラインを作成・公表したことである。

サブテーマ1は、化学物質による環境汚染を体系的に整理し、大気、水質及び土壌への汚染の特徴を漏洩シナリオとして体系的に抽出した。特に、自然災害を起因とする化学物質の漏洩災害事象（Natech）については、本研究開発で創出した環境社会リスクの視点を取り入れたNatechデータベースを構築して、シナリオ抽出のための情報基盤の充実を図った。また、行政、化学物質取扱事業者、市民等の環境社会リスク対応の要点を抽出するため、マスターロジックツリー、イベントツリー及びフォルトツリー分析を実施し、各主体の環境社会リスクを体系的に整理し、その対応方針を提案した。

サブテーマ2は、横浜国立大学化学物質総合リスク情報プラットフォームを更新し、行政や事業者、市民等が活用しやすい情報源を整備した。また、化学物質流出の未然防止及び拡大防止に関する技術開発として、これまで国内外で事故が発生しており制御が難しい反応暴走の分析技術、化学物質流出後の迅速な緊急対応を支援するツール（無償の大気拡散計算ソフトウェアALOHAと可搬式風向風速計を連携した迅速簡易緊急対処システム）を高度化・開発した。さらに、ケーススタディとして、川崎地区を事例とした水害シミュレーション及びアンモニア拡散シミュレーションを実施し、環境社会リスクの視点に基づき地域被害を考察した。

本研究の成果物として、化学物質総合リスク情報プラットフォーム、環境社会リスク対応ガイドライン（日本語及び英語）、Natechデータベース、環境社会リスク紹介ビデオコンテンツを横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センターHPに公開する予定（6月上旬頃）であり、化学物質漏洩の防災減災戦略策定へ貢献が期待できる。

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

環境省は、大規模自然災害等により化学物質の漏洩・流出事故が発生する可能性が高まっていることを踏まえ、地方自治体の環境部局による化学物質流出事故等への対応を充実・強化するため、平成21年に作成した「自治体環境部局における化学物質に係る事故対応マニュアル策定の手引き」を見直し、令和4年3月「地方公共団体環境部局における化学物質に係る災害・事故対応マニュアル策定の手引き」を公表した。本マニュアル策定にあたり、研究代表者の三宅淳巳教授と研究分担者の稗貫峻一客員准教授が検討委員として参画し、本研究成果を本マニュアル作成へ還元した。具体的には、化学物質流出事故の状況や種類に応じて実施すべき対策が異なるため、「発生源が直ちに特定できる場合」と「原因が特定しにくい場合」の視点で対策を大別することの重要性を助言した。また、本マニュアルの参考資料4「災害・事故に関する情報源」に関して関連情報を提供した。さらに、環境部局における事故対応の主な流れ（p.24図3.1）の作成に対して、環境部局の対応事項を助言した。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

石油コンビナート防災は、石油コンビナートを管轄する県及び市町村の防災、保安、消防及び環境部局等の対応が不可欠である。本研究成果物は、未然防止、拡大防止、緊急対応、復旧の各段階の中で、各主体がどのように対応すべきかを整理しており、県及び市町村の各部局の対応及び各部局同士の連携へ活用されることが見込まれる。本研究成果の活用と自治体内での検討が進んでいる具体事例として、神奈川県くらし安全防災局と本学の連携が開始され、本研究成果を2022年夏頃に神奈川県主催セミナーにて発表することを計画している。また、川崎市環境局は自主的にコンビナート防災対策を検討しており、担当者との打ち合わせや担当者への情報提供により、川崎市環境局が作成するガイドラインの作成

に貢献した。

5-3. 研究目標の達成状況

図0.2に本研究課題の3年間の達成項目について示した。各サブテーマにおいて、新型コロナウイルスの影響で当初計画を変更せざるを得ない項目もあったが、主要な研究目標は達成した。具体的には、化学物質流出の環境社会影響を環境社会リスクとして体系化し、特に懸念されたリスクに対応するための分析技術の開発を達成した。さらに、本研究成果物の公表として下記事項を提案したと共に、当初予定していなかった本研究課題の進捗・成果報告会として一般公開型シンポジウムを2回開催するなどの研究計画以上の達成が得られた。なお、研究報告終了後、本研究の最終成果を報告する一般公開シンポジウムを開催予定である。

<本研究の成果物>

- 新化学物質リスク情報プラットフォームの構築及び下記成果物の情報発信
- Natechデータベースの構築
- 影響評価ツールの開発として、既存の無償の大気拡散シミュレーションと可搬式の風向風速計を連動された簡易型緊急対処システムの提案
- 環境社会リスクの事例に関する動画作成
- 環境社会リスク対応ガイドラインの作成

1年目	2年目	3年目
<ul style="list-style-type: none"> ➢ 環境社会リスクの体系化 <ul style="list-style-type: none"> 正常に機能する社会システムの必要条件を整理 各種産業施設に関連する事故、災害事例の整理、解析を行って事例から得られる要点を抽出 シナリオ追加検討に必要な実験データの整備・取得 産官学による地域防災現戦略のあるべき姿を社会総合リスクの観点から構築 ➢ 動的リスクアセスメント技術（分析手法）の深化 <ul style="list-style-type: none"> 化学物質流出時の材料き裂検出手法の構築 プロセスプラントに係る災害シナリオを体系的に抽出 正常に社会が機能する要件に影響を与える化学物質漏洩に関する影響評価に向けたデータ収集・整理 自然災害に由来するシナリオに対して、シミュレーションを用いた簡易的な影響度解析の実施 化学反応を伴うシステムからの流出シナリオについて実験検討 	<ul style="list-style-type: none"> 前年度抽出した社会リスク要素の相互の関係を整理 サブテーマ2のシミュレーション結果を反映した環境社会リスクアセスメントの実施 コロナなどの感染症拡大による予防・減災・復旧への影響整理 プロセスプラントに関する環境事故対応に必要な技術およびリスク解析の要素技術・データの再整理 設備高経年劣化対策用き裂検出手法の高度化 サブテーマ1で抽出された定量評価が必要なシナリオに関する流出・拡散シミュレーションを各種条件で行い、その影響を評価 既存大気拡散シミュレーションソフト（無償）と可搬式風光風速計を連携した簡易緊急対処システムの提案 ガイドラインの作成 <ul style="list-style-type: none"> 既存の化学物質漏洩に関する指針類をベースとして防災減災ガイドラインを策定し、環境社会リスク対応に関する事項を拡充 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ガイドラインの施行と実施 <ul style="list-style-type: none"> ガイドラインを使用して、横浜市及び/または川崎市をモデルとし自治体と連携して防災減災対策を施行 横浜市及び/または川崎市における「社会総合リスクの具体的展開」をモデルとして、リスク評価のケーススタディを行い、神奈川県臨海部の産業施設周辺における脆弱地を抽出 当該地域をモデルに大気拡散と事象の持続時間による被害拡大の違いを比較分析 今回提案する防災減災対策と現状対策を考慮したリスク分析から対策の優先順位を策定 ガイドラインに関して海外研究者と意見交換の実施 ➢ 環境社会リスクアセスメントの高度化と情報発信 <ul style="list-style-type: none"> 本事業で構築された技術や情報について整理し、ウェブサイト「化学物質総合リスク情報プラットフォーム」から防災減災戦略の策定に資する情報を提供 環境社会リスクに関連した動画を作成 本事業で得られた成果に関する一般公開型シンポジウムを2回開催

— : サブテーマ1、— : サブテーマ2、— : サブテーマ1、2合同、黒字 : 計画通り達成、赤字 : 計画以上の達成

図0.2 本研究の各実施年度における達成項目

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

4件

<主な査読付き論文>

- 1) M. Fujita, Y. Izato, A. Miyake, Kinetic analysis of the spontaneous thermal polymerization of acrylic acid, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 144, pp. 435-442 (2021), <https://doi.org/10.1007/s10973-020-10534-z>, IF=4.626 (Q1)
- 2) M. Ando, M. Fujita, Y. Izato, A. Miyake, A kinetic model for the autocatalytic behavior of nitric acid/formic acid mixtures to predict induction period, *Process Safety and Environmental Protection*, 151, pp.182-187 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.05.012>, IF=6.158 (Q1)
- 3) N. Ochiai, J. Nakayama, Y. Izato, A. Miyake. Lessons learned from the 2011 Great East Japan Earthquake: A case study of tsunami risk assessment in a Japanese chemical corporation. *Process Safety Progress*, 1- 10, (2021), <https://doi:10.1002/prs.12315>, IF=1.334 (Q3)
- 4) M. Fujita, Y. Izato, A. Miyake, Thermal and evolved gas analyses on Michael addition oligomers of acrylic acid, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147, 1825-1833 (2022) <https://doi.org/10.1007/s10973-020-10412-8>, IF=4.626 (Q1)

6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

6-3. その他発表件数

査読付き論文に準ずる成果発表	0件
その他誌上発表（査読なし）	0件
口頭発表（学会等）	6件
「国民との科学・技術対話」の実施	20件
マスコミ等への公表・報道等	0件
本研究に関連する受賞	0件

7. 国際共同研究等の状況

新型コロナウイルスの影響により、計画していた海外連携が困難となり、研究計画変更を行なった（2020年11月18日、環境推進保全機構の研究計画変更承認）。そのような状況の中で、本研究が実施した海外連携内容を下記に記載する。

2019年9月に、タイ国・King Mongkut's University of Technology Thonburi（国立モンクット王工科大学 トンブリ校）にて、本プロジェクトの内容を報告し、現地研究者と本プロジェクトの有効性について議論を行った。また、同国Rojana工業団地を訪問し関係者と2011年タイ洪水被害の状況について現地視察とヒアリング調査を行った。その結果、現地の洪水対策はソフト面・ハード面での対策が進みつつあるが、化学物質の流失についてはほとんど対策案がないため、本プロジェクトの環境社会リスクの視点からの防災減災戦略の展開は、社会的、学術的に有効であることが明らかになった。

また、環境社会リスク対応ガイドラインの英語概要のドラフト版に対して ベトナム・ダナン大学の研究者に文書でヒアリングを行い、概ね高評価を得るとともにコメントをいただき、ガイドラインへ反映させた。

8. 研究者略歴

研究代表者

三宅 淳巳

横浜国立大学大学院工学研究科修士課程修了、博士（工学）、現在、横浜国立大学先端科学高等研究院・教授

研究分担者

1) 澁谷 忠弘

京都大学大学院工学研究科博士課程後期修了、博士（工学）、現在、横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センター 教授

2) 野口 和彦

東京大学工学部卒業、博士（工学）、（株）三菱総合研究所 研究理事、現在、横浜国立大学先端科学高等研究院 客員教授

3) 笠井 尚哉

横浜国立大学大学院工学研究科博士課程後期修了、博士（工学）、現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院 准教授

4) 稗貫 峻一

横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程後期修了、博士（環境学）、現在、横浜国立大学先端科学高等研究院 客員准教授

5) 小林 剛

横浜国立大学大学院工学研究科博士課程前期修了、博士（工学）、現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院 准教授

6) 伊里 友一郎

横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程後期修了、博士（工学）、現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院 准教授

7) 塩田 謙人

横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程後期修了、博士（工学）、現在、横浜国立大学先端科学高等研究院 特任助教

8) 中山 穰

横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程後期修了、博士（工学）、現在、横浜国立大学先端科学高等研究院 特任助教

II. 成果の詳細

II-1 災害・事故のシナリオ構築とリスクマネジメント

国立大学法人横浜国立大学

先端科学高等研究院リスク共生社会創造センター	澁谷 忠弘
先端科学高等研究院リスク共生社会創造センター	野口 和彦
環境情報研究院	笠井 尚哉
先端科学高等研究院	稗貫 峻一

[要旨]

災害・事故に伴う化学物質流出による影響に関して、シナリオベースの防災減災戦略を構築するため、従来のリスクアセスメントで対象としてきた環境リスクに加え地域社会を構成する関係者の視点を取り入れた環境社会リスクの概念を創出し、考慮すべきリスクを体系的に整理することで環境社会リスク構造を明らかにした。続いて、化学物質の漏洩に起因した環境社会リスクシナリオを体系的に抽出し、影響を受ける社会構造要素（行政、事業者、市民等）の機能を整理した。多様な環境汚染に対して適切にマネジメント方針を構築するため、特定された環境社会リスク顕在化シナリオを分析し、それぞれの社会構造要素の重要な機能を守るために必要な活動の要点を抽出した。上述の成果は環境社会リスク対応ガイドラインとしてまとめられ、行政及び化学物質取扱事業者を対象にヒアリングを実施してその有効性を検証した。

1. 研究開発目的

産官公学による地域防災減災戦略を社会総合リスクの観点からの構築及び実行可能性を考慮した防災減災戦略ガイドライン（環境社会リスク対応ガイドライン）を作成するため、環境社会リスクシナリオを体系的に抽出し、多様な環境汚染に対するマネジメント方針を確立するための要点を整理する。

2. 研究目標

マスターロジックツリーの作成による体系的な環境社会リスクシナリオの抽出と妥当性の検証。

3. 研究開発内容

化学物質の漏洩による環境汚染は、大気拡散、水質汚染、土壌汚染と多様な汚染形態をとる。そこで、まず化学物質の漏洩事象を起点とした環境汚染について体系的な整理を行なった。化学物質データの収集整理により、化学物質の危険性・有害性を整理した。本研究で開発する環境社会リスク対応フレームは特定の化学物質を対象としたものではないが、化学物質の性質によって汚染形態は変化するため、様々な化学物質の危険性・有害性を体系的に整理した。整理された化学物質の危険性・有害性情報は、横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センターが運営・更新した化学物質リスク情報プラットフォームに組み込むことで、ツールとしての活用が可能となる。

続いて、漏洩拡散による影響を体系化した。大気拡散、水質汚染、土壌汚染の特徴を整理して、上述の化学物質の危険性・有害性と組み合わせることで、具体的なリスクシナリオの抽出を行なった。また、自然災害を起点とした化学物質の漏洩による災害事象については、EU で系統的に整理されているが、国内事例を系統的に整理している例は少ない。そこで、本研究開発で整理した過去事例を Natch データベースとしてまとめ、本学リスク情報プラットフォームに公開した。漏洩事象の起点となる破壊事故シナリオを精緻化するため、高経年化施設の状態把握に必要なき裂検出手法の高度化についても検討した。

行政、事業者、市民等の影響を受ける社会構造要素毎に環境社会リスク特定（シナリオ抽出）を行った。社会構造要素毎に機能を整理するとともに、それぞれの間の関係を整理することで、環境社会リスクとして顕在化するシナリオを抽出した。抽出されたシナリオをもとに、社会の重要な機能を守るため

に必要な活動の要点を整理して、環境社会リスク対応ガイドラインを整理した。また、成果を社会に普及させるため、抽出されたシナリオは分析データベースとして整理するとともに、環境社会リスクの事例を紹介するためのビデオを作成した。

4. 結果及び考察

4.1 化学物質の漏洩による環境汚染に関する体系的整理

4.1.1 化学物質の危険性の整理

化学物質データの収集整理により、化学物質リスク情報プラットフォームを更新した。現在の化学物質リスク情報プラットフォームを4.3 環境社会リスク顕在化シナリオの分析、重要な社会機能を守るための要点の分析及び対応に必要なツール開発に記載した。

4.1.2 漏洩拡散の体系的整理

1) 化学物質の環境への漏洩シナリオの整理

本研究は、化学物質に関する事故や災害等に伴う漏洩シナリオを以下の要素として整理を行なった。

① 対象とする化学物質

本研究は、特定の地域の特定の危険性に特化せず、敷地内外へ影響をもたらす可能性のある全ての化学物質を対象として、社会の各要素への影響の検討を行った。

本研究は、化学物質の漏洩に関して、原材料、製造プロセスにおいて製造される物質、製品等の全ての状況を考慮しており、その取り扱いに関しては保管、輸送、製造工程、廃棄等のライフサイクルの全てのステージを対象としている。

② 漏洩原因

本研究で考える化学物質の漏洩原因としては、多様な事故、保管等の管理失敗、自然災害、意図的な攻撃等の多様な事故や災害を原因とした漏洩を対象としている。

③ 漏洩・汚染形態

本研究では、大気、水、土壌への3つの漏洩先を考慮し、それぞれ大気、水、土壌の3つの媒体の汚染に繋がるものとしている。また、水領域に関しては、河川の他に、湖沼や海洋、地下水等も対象としている。また、汚染に関しては、化学物質の存在している設備からの直接的な漏洩による汚染に限らずに、大気から水質や土壌に移行して影響を与える場合や、水から土壌に移行して影響を与える場合、さらには、土壌から大気、水質に影響を与える場合も考慮することとした。

2) Natechデータベースの構築

国内における自然災害由来のデータベースは、環境省、経済産業省、厚生労働省など各省庁の目的別に集計されており、Natechに関連する情報を横断的に収集することは困難である。また、多くのデータベースは日本語で公開されており、国外の専門家や研究者が効果的に利用できる形に整理されていない。その一方で、1900年代初頭から事故形態や漏洩した化学物質に関連する詳細な情報が整理されており、近年の激甚化している自然災害由来の事故事例を分析評価するためには横断的なデータベースの作成と活用が期待される。そこで本研究は、国内の各種事故・災害データベースからNatech由来の事故に関する390件の情報を抽出したデータベースを構築した(表1.1)。また、並行して各種事故と規制の関係、社会の出来事を整理した。図1.1はNatechデータベースの概要を示している。本研究では、この構想のうち自然災害由来のデータベース構築に注力する。

表1.1は390件のうち1995年以降に神奈川県で生じたNatech由来の化学物質流出事故である。この表は、事故発生日、国名、地域名(県名)、市区町村、施設、事故内容、物質名、漏洩量、時間、自然災害、キーワードで構成しており、前述の災害・事故データベースの情報を体系的に整理した結果である。これら整理した390件の事故事例情報と進展するシナリオを4.1.2で作成したマスターロジックツリーに適用することで、その妥当性を検証した。これにより自然現象から化学物質の漏洩による敷地外への影響

までの妥当性が確認された。その一方で、敷地外への影響について明確な記載をしている情報源はほとんどなく、敷地外の行政組織、民間組織、生活への影響の妥当性検証には課題が残った。

Natechデータベース（日本語及び英語）は、横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センターHPに公表する。

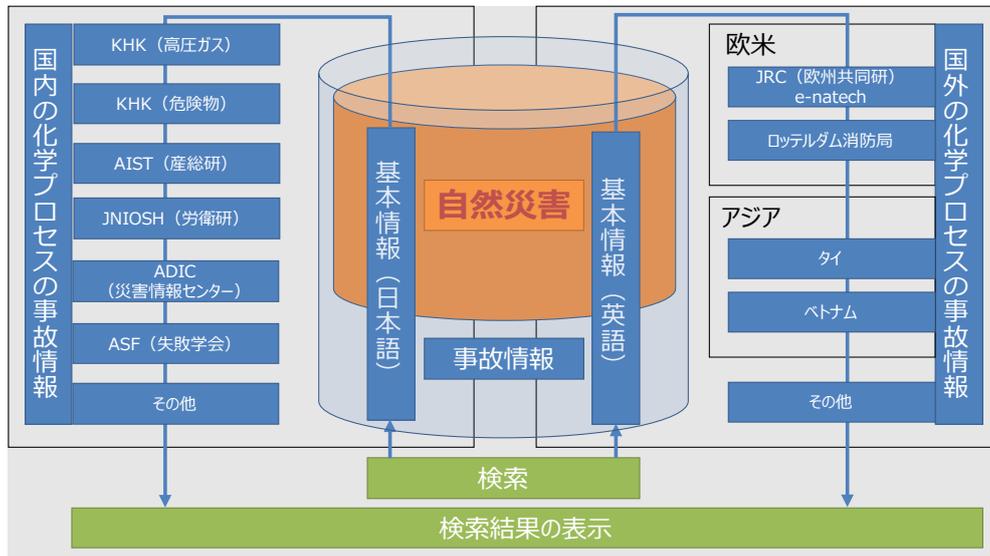


図1.1 Natechデータベースの概要

表1.1 Natechデータベースの例（390件のうち1990年以の神奈川県の情報）

No.	事故発生日	国名	地域名 (県名)	市区 町村	施設	事故内容	物質名	漏洩量	時間	自然災害	キーワード
210	2019/10/12	日本	神奈川県	川崎市	貨物船	沈没した貨物船から燃料の重油が流出	重油				台風、漏洩
220	1995/6/20	日本	神奈川県		含油排水設備	暴雨のためオイルセパレーターから含油排水が溢れ運河に流出	廃油	構内道路11、250m ² の範囲に廃油約1.4 kLを含む約3、300 kLの雨水滞留、海上に約40L流出		最大降雨量 33.5mm/10分	落雷、停電、暴雨、漏洩
272	1998/7/30	日本	神奈川県	川崎市	製油所	大雨の影響による脱酸装置反応器の出口配管フランジ部分からの漏洩、火災	水素、軽油				暴雨、漏洩、火災
273	2019/10/1	日本	神奈川県	川崎市	コンビナート/ 化学産業	強風により製造施設の配管が破損し、エタノール約600 L漏洩。	エタノール	約600 L			台風、強風、破損、漏洩
274	2019/10/1	日本	神奈川県	川崎市	コンビナート/ 化学産業	強風で壊れた配管用弁がぶつかり、変圧器フィンが破損	絶縁油	470 L			台風、強風、破損、漏洩
275	2019/10/1	日本	神奈川県	川崎市	コンビナート/ 化学産業	反応設備の圧力コントロール弁に使用される作動油が約330 L当該弁部分からフロアに漏洩	作動油(制御用)	約330 L			台風、漏洩

4.1.3 化学物質漏洩に関する検討による漏洩防止の高度化

本研究は、化学物質の漏洩に関する防災減災戦略、特に敷地外への化学物質流出の可能性に対する各主体の対応方針を体系的に検討した。そのため、過去の事故事例のみならず、これから生じる可能性のある化学物質の漏洩リスクが高い箇所を事前に把握し、漏洩を未然に防止すること、及び本研究の検討結果から見出された箇所の漏洩リスクを評価することが重要であり、非破壊検査技術の高度化に関する実験的検討を行った。本検討では、化学物質が漏洩する際の主要な損傷モードである配管用鋼材のき裂検出技術に着目した。

本検討は、発生する渦電流の分布を制御した一様渦電流探傷プローブを開発した。次に、これを用い

た解析結果と実験結果を基に、発生するき裂方向による検出結果への影響を取り除くために田形に4つの励磁コイルを配置した、一様回転渦電流プローブ（図1.2(a)）を提案した。実際に一様回転渦電流探傷プローブとその測定システムを作製し、き裂を模擬した欠陥を施したアルミニウム板及び鉄鋼板を測定したところ、図2.2(b)のような良好な検出結果が得られることが分かった。

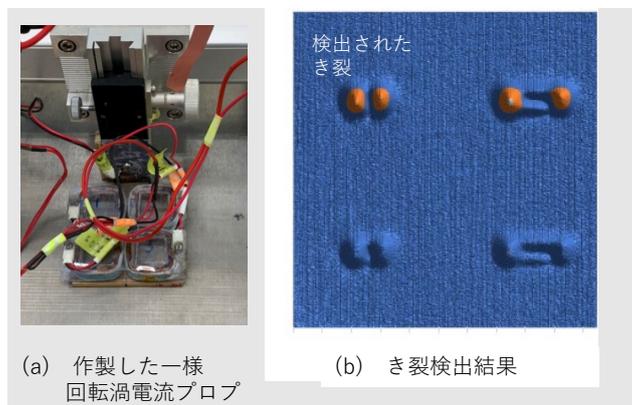


図1.2 作製した一様回転渦電流プローブとき裂検出結果

4.1.4 環境社会リスク検討への漏洩シナリオの提供

自然災害由来の化学物質の漏洩による影響は、コンビナート等の管理された区域外にも様々な影響を与える。図1.3は自然災害から化学物質の漏洩、さらにその影響が環境、社会基盤、社会、生活へ与える影響を体系的に示した関係図である。

これまでの化学物質流出シナリオの多くは、各ステークホルダーや研究分野が得意とする対象を中心としており、各分野が独立して検討している傾向がある。これは、消防法、石油コンビナート等災害防止法、労働安全衛生法、高圧ガス保安法などが事業所内を対象として制定されており、日本の事業所の多くは化学物質の漏洩による影響を事業所内で対応することを前提とする傾向が強いためである。しかし、こうした化学物質の漏洩による影響は、事業所内で留まるとは限らず、またその対応は事業者のみならず消防、警察、自衛隊、行政、市民などが連携して行う必要がある。特に、化学物質の漏洩に関しては事故現場における消防活動を中心とした初期対応が非常に重要であり、環境や社会への影響を小さくするためには事故の進展を一気通貫して体系的に捉える必要がある。また、物理的な被害が生じない場合であっても、漏洩や避難の可能性に対する不安は考慮する必要がある。

こうした背景から、関係図は原因系と結果系を化学物質漏洩で結びつけることが可能なBow-tieモデルを参考に作成した。このツリーの基本的な構成要素は、範囲が大きい順に環境、社会基盤、社会であり、その上にコンビナート等や生活が成立すると設定した。

なお、環境のうち特に大気、水、土壌が生態系（人、動物、植物）に与える影響は、平成30年度より開始した戦略的研究課題S-17「災害・事故に起因する化学物質リスクの評価・管理手法の体系的構築に関する研究」がすでに先行して研究を実施しているため、アドバイザーボードなどを通して適宜連携を取り関係図の構築を行った。

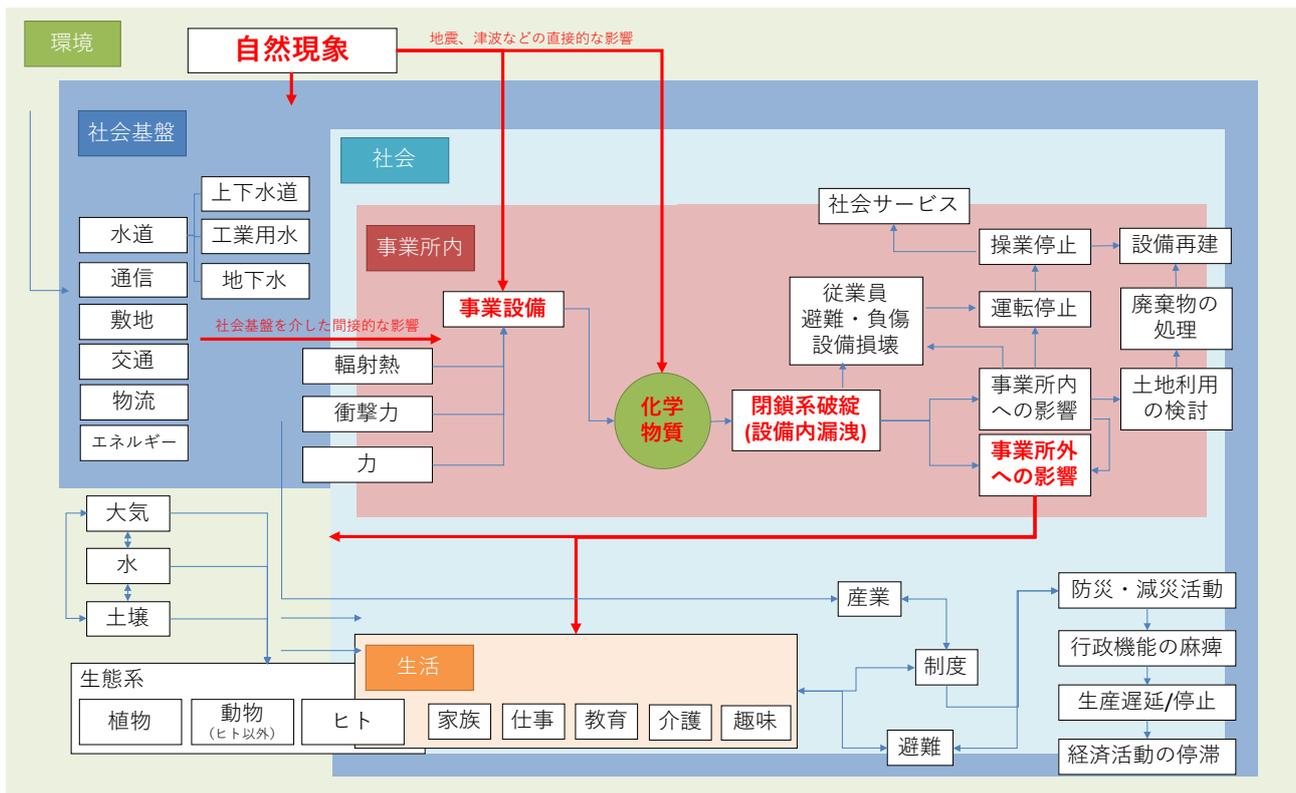


図1.3 環境、社会基盤、社会、生活へ与える影響を体系的に示した関係図の例

4.2 影響を受ける社会構造の整理

4.2.1 社会構造要素の体系的整理

本研究は、環境社会リスクの検討に際して影響を受ける社会の構造を体系的に整理した。我々が社会と考えている対象は、一つの概念対象ではなく、複数の要素から構築されている。ここでいう社会要素とは、守るべき対象であると同時に、社会を守る主体でもある。

1) 社会の構成要素

本研究では、社会の構成要素を以下の通り分類した。

(1) 市民

化学物質の環境汚染からその健康を守るべき重要な対象である。また市民の生活や利便性の要求とも守るべき対象となる。

(2) 行政（国、都道府県、市町村）

本研究は、行政を化学物質による汚染に対する生活や社会活動を公的な位置づけにより維持・安全活動を行なう主体として捉えている。

また、本研究は行政活動を国、都道府県、市町村が果たすべき機能として整理している。その機能には、以下の事項が含まれる。

- ① その管轄地域において環境に対し影響を与える化学物質の把握
- ② 対象となる化学物質を保有する化学物質取扱事業者の安全に関する規制と指導
- ③ 化学物質漏洩時の状況把握
- ④ 漏洩した化学物質及び汚染の危険性の広報
- ⑤ 市民安全の確保
- ⑥ 社会活動に必要な機能の確保に必要な活動
- ⑦ 除染による環境の回復に関する活動
- ⑧ 社会の安全確認・宣言
- ⑨ 汚染時の対応に関する教育・訓練

⑩ 化学物質の環境汚染リスクに関する情報共有や対応の仕組みの構築と運営

(3) 化学物質取扱事業者

本研究における化学物質取扱事業者とは、化学物質が漏洩した場合、その地域の環境に影響を与える化学物質を保有・製造等する事業者をいう。対象とする保有・製造等の範囲に関しては、4.1.2を参照されたい。

(4) インフラ事業者

本研究におけるインフラ事業者とは、生活や社会活動を継続するために必要なサービスを提供する事業者であり、環境汚染対策にそのサービスの如何が大きな影響を与える事業者である。本研究は、電力・ガス等のエネルギー事業、上下水道、通信、交通等の一般的なインフラ事業者に加えて、環境汚染対応に重要な医療事業者も含めている。

(5) 一般事業者

本研究における一般企業とは、社会活動を営む一次、二次、三次産業をいう。本対象の機能とは、それぞれの活動において社会活動を構成し、生活に豊かさをもたらす機能である。

2) 社会の構造要素間の関係の整理

1) で整理した各社会要素は、独立しているわけではなく、それぞれ関係をもっている。本研究では、環境汚染対応に関連する各社会要素の関係と市民の安全に関連するシナリオを中核とはしているが、各要素の機能に支障を及ぼす可能性を環境社会リスクとして整理している。

- 化学物質取扱事業者の化学物質漏洩の防止や影響拡大の活動は、汚染事象の汚染拡散の広がりや時間に影響を及ぼし、各社会機能の活動の為の基本情報を提供するものである。
- 行政は市民安全に密接や役割を果たすことは言うまでも無いが、各社会要素の対応の調整や支援を行なう機能を有する。
- インフラ事業者の機能喪失は、社会活動を停止させると同時に、環境汚染対応の成否に重要な影響をもたらすことになる。
- 一般事業者は、環境汚染からの影響と共に、インフラの状況にも影響を受けることになる。また、その活動の状況は、中長期的に社会に重要な影響をもたらすことになる。
- 市民は、その生命・健康を守ることが環境汚染対応の主目的の一つであるが、その他に守るべきものとしては、生活の利便性等もある。また、市民は、生活者・消費者の側面と、社会活動の要員でも有り、市民への影響は、他の社会要素に大きな影響をもたらすことになる。

4.3 影響に関する環境社会リスクの特定

本節では、分析の対象となるリスクを社会構造要素毎にその機能や要求が阻害される事項として特定し、リスク分析を行なった。環境汚染時に検討すべきリスクは、リスク分析の中で認識されることもあり、対策に関してはそのリスクも含めて検討を行なった。

本研究において、リスク分析を行なうに際して特定した主なリスクは、表2.2の通りである。

表1.2 各主体の主なリスク

<p>1) 市民</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 生命・健康の損失 ② 生命・健康への不安 ③ 健全な生活が維持できない ④ 生活の利便性の喪失 ⑤ 生活収支の悪化 <p>2) 行政（国、都道府県、市町村）</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 汚染が発生時に市民安全の確保に失敗 <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要な情報を発信できない ・ 必要な対策ができない ② 事業者の安全活動を支援できない ③ インフラ事業の継続に必要な支援が出来ない ④ 一般事業者の事業継続の支援が出来ない ⑤ 福祉等の社会運営を支援できない ⑥ 経済への悪影響に対する対応が出来ない ⑦ 行政の本来機能が継続できない 	<p>3) 化学物質取扱事業者</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 化学物質漏洩を防げない ② 化学物質の敷地外漏洩を防げない ③ 行政に必要な汚染に関する情報を発信できない ④ 近隣に必要な汚染対応の情報が発信できない ⑤ 行政の環境汚染対応を支援できない ⑥ 自社の事業を継続できない ⑦ 従業員の安全を確保できない <p>4) インフラ事業者</p> <ul style="list-style-type: none"> ① インフラ事業を継続できない ② インフラの迅速な復旧ができない ③ 顧客の安全を守れない ④ 社員の安全が確保できない <p>5) 一般事業者</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 事業の継続ができない ② 顧客の安全が確保できない ③ 社員の安全が守れない
---	--

4.4 環境社会リスク顕在化シナリオの分析

本研究では、環境社会リスクの顕在化シナリオを分析し、その影響拡大の要因を明らかにするために、安全工学で使用されているロジックツリー分析を活用した。

環境汚染から各社会機能が不全となるシナリオは、多様であり複雑である。これらのシナリオを体系的に分析するために、以下のステップでの分析を行なった。

- 1) 漏洩—漏洩形態—直接影響を受ける社会機能—間接的影響を受ける社会機能の関係を幾つかの категорияに分類し、マスターロジックツリー（以下、MLT）として整理した。
- 2) MLTの各進展シナリオをイベントツリー（以下、ET）により、シナリオ進展の分岐要件とシナリオの展開の可能性を分析した。
- 3) シナリオ分岐の原因となるシナリオの進展を防ぐ機能が失敗する可能性をフォールトツリー（以下、FT）により分析した

これらの分析ステップの要点を図1.4の事例を基に示す。MLTは、検討すべきリスクや事象進展シナリオの重要な分岐の検討を見落とさない様に、その関係を整理したものである。図2.4での分析の要点は、以下の通りである。

- (ア) 漏洩した化学物質が大気、水、土壌を通じて拡散すること
- (イ) 漏洩後、短時間で人の健康に影響が出る可能性があること
- (ウ) 汚染が、行政や社会インフラ等へ影響を及ぼし、その影響が心身や生活に影響を及ぼすこと（心身の健康に大きな影響を与える医療に関する事項を検討するために特記している）
- (エ) 汚染対応に避難の必要性、可能性等が重要な影響をもたらすために、避難に関する事項を事前に整理してMLTに組み込み、検討に見落としがないようにしていること

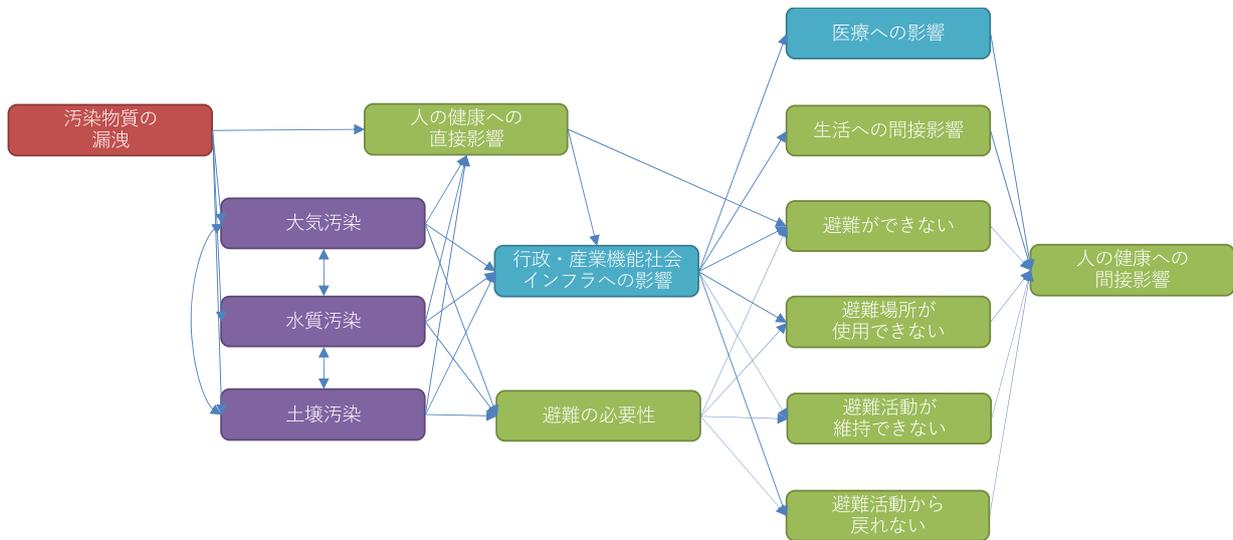


図1.4 人の健康への影響を主体としたMLT

図1.5のETは、図1.4の要素c.大気汚染から要素g.避難の必要性に進展するシナリオ分析を行ったものである。この分析の結果、要素c.以降に展開されるシナリオを具体的に抽出可能となる。本シナリオ分析は、ETを基に環境社会リスクシナリオを整理した。その中で、環境汚染対策に重要と思われるシナリオは以下の通りである。

(1) 身体に影響を与える環境汚染

- ① 直接被害：毒性（急性毒性、慢性毒性）、外部被害（皮膚、粘膜等への影響）
- ② 間接被害：食料、飲料水等を通じた被害
- ③ 大きな影響を与える避難の可否

(2) 生活の維持に影響を与える環境汚染

- ① 避難（屋内避難、屋外避難）による生活支障、影響の発生
- ② 汚染による物品不足（農水産物、製造中止による工業製品）
- ③ 交通の制限
- ④ 通信機能の制限による問題
- ⑤ 通常活動の制限
- ⑥ 汚染状況の長期化による生活への影響の拡大
- ⑦ 医療サービス・機関への影響

(3) 社会活動へ影響を与える環境汚染

1) 行政への影響

- ① 市民への情報機能への影響（市民側の問題も含む）
- ② 消防、警察機能も含む環境汚染対応機能への影響
- ③ 行政施設使用制限
- ④ 必要な物品の不足

2) 社会基盤への影響

- ① 水道サービスへの影響
- ② 交通機能への影響
- ③ エネルギー基盤への影響
- ④ 通信基盤への影響
- ⑤ 医療機能への影響

3) 産業への影響

- ① 一次産業
 - ・農水産物への汚染
 - ・土壌、水質の汚染
 - ② 二次産業
 - ・製造施設への影響
 - ・原材料への影響
 - ・物流への影響
 - ③ 三次産業
 - ・商品の汚染
 - ・サービス施設、販売店舗の汚染
 - ・地域汚染による顧客減少
- (4) 事故・災害対応に影響を与える環境汚染
- 1) 化学物質取扱事業者の事故拡大防止への影響（事故施設内：既存の安全研究の成果の活用）
 - ① 事故現場に接近できない
 - ② 事故対応設備を稼働できない
 - ③ 事故対応要員が不足する
 - 2) 事故・災害対応への影響
 - ① 状況が把握・特定できない
 - ② 必要な情報を展開できない
 - ③ 汚染地域で活動できない
 - ④ 避難対応が活動を阻害する
 - ⑤ 周辺環境への影響を拡大しないために除染等の活動ができない
 - 3) 事故・災害対応による汚染
 - ① 対応活動による汚染の発生
 - ・火災対応における消火時の環境汚染
 - ・水害における排水時の汚染物質による環境汚染
 - ・土壌汚染中和等の対応による環境汚染の拡大
 - ② 対応失敗による汚染の発生・拡大
 - 4) 復旧への影響
 - ① 復旧に着手できない
 - ・汚染地域に接近できない
 - ・除染技術・設備が無い
 - ② 復旧の長期化
 - ・汚染領域が特定できない
 - ・除染対象が特定できない
 - ・汚染地域が広大
 - ・汚染レベルが高い
 - ・汚染量が多い
 - ・除染要員の不足

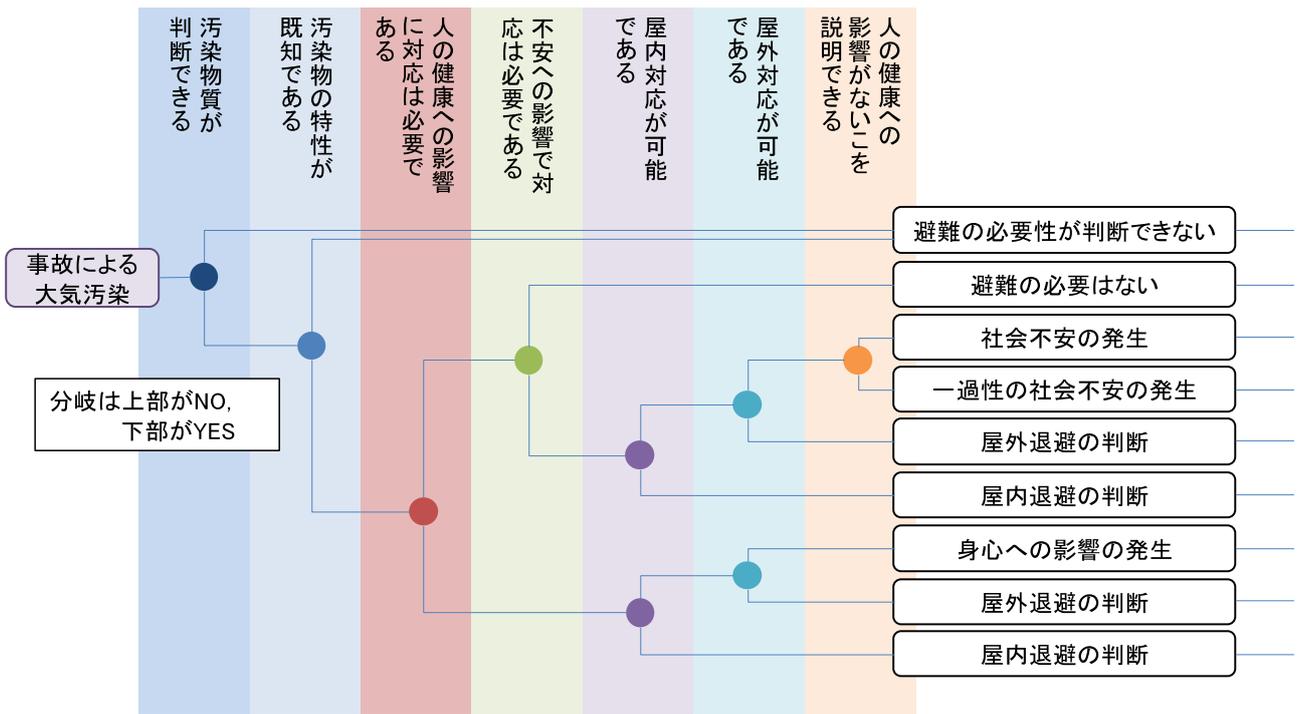


図1.5 人の健康への影響 化学物質漏洩による大気汚染から避難の必要性判断のET図

図1.6のFTは、図1.5のETの防護機能「屋内対応ができない」という事故の拡大防止策の失敗原因を行政の視点で分析したものである。FTは、屋内対応ができない原因として、①屋内退避の判断ができない場合と②屋内退避が実行できない原因に大別する。また、屋内退避の必要性が判断できないという分析は行政の視点になっているが、他の分析では、行政が判断できても、その情報が市民に伝わらない場合があることも分析している。このように、FTで論理的に分析する事で、これまで経験していないことにより想定外となりやすい対応課題も体系的に分析する事が出来る。この分析の結果、環境汚染対応の活動主体としての行政、化学物質取扱事業者、インフラ事業者、一般事業者、市民のそれぞれの活動の是非が、汚染対応に大きく関わっていることが整理できた。これらの対応課題を整理・検討した結果を4.3.2に示す。

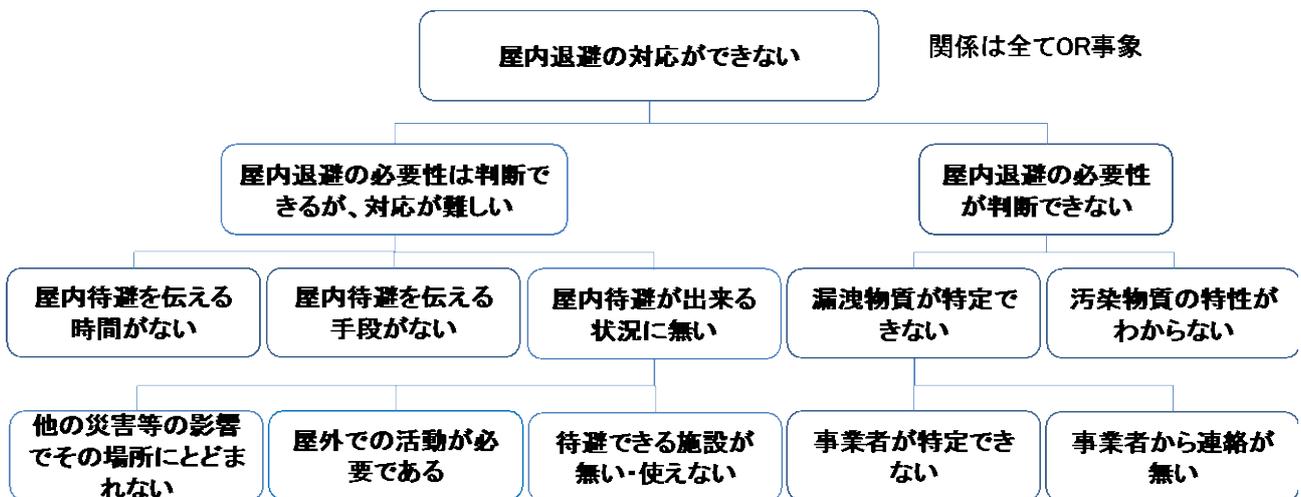


図1.6 屋内対応が出来ない事項の行政の視点で分析を行なったFT

4.5 環境社会リスク対応の検討

4.5.1 分析を基に各主体の活動の要点の検討

4.4 の分析結果を基に、各社会構成要素の活動の要点を分析した。本検討の特徴は、環境汚染対応の活動主体として、行政、化学物質取扱事業者、インフラ事業者、一般事業者、市民の5つを取り上げ、その主体毎に、活動の要点を整理したところにある。また、活動内容を(1)漏洩事象発生事前に実施すべき活動、(2)化学物質漏洩時の活動、(3)敷地外汚染発生・拡大時の活動、(4)復旧時の活動の4つのフェーズに分けて分析・整理を行なった。これは、汚染対応の活動は、汚染が発生した際の活動について議論されることが多いが、環境汚染による社会的影響を小さくするための対応として、事前の準備活動や状況の変化を先取りした適切な対応が明らかになったことによる。

本プロジェクトでは、この対応の検討によって明らかになった活動の要点を環境社会リスク対応ガイドラインとしてとりまとめた。

本報告では、その主な成果として行政とインフラ事業者の要点例を以下に記す。

1) 行政の活動要点例

(1) 漏洩事象発生以前の対策の必要性

対応の要点分析の結果、環境汚染は発生する前に実施しておくべき重要な事項を以下の通り整理を行なった。

- ① その地域に存在する化学物質と環境汚染の可能性の把握
 - ・化学物質漏洩の原因と漏洩形態を体系的に整理
 - ・事故に加えて自然災害を原因とする漏洩形態を整理
- ② 漏洩した化学物質の環境社会リスク対応の基本フレームの構築
 - ・市民安全・避難等の判断の仕組みの構築（判断基準、判断に必要な情報の整理）
 - ・化学物質漏洩時の市民活動の支援体制の構築と周知
 - ・社会活動への影響の検討
 - ・社会運営を円滑に実施するための環境汚染の行政への影響の整理
 - ・行政と化学物質取扱事業者の情報連携対策の構築
 - ・準備している対応の実効性の評価と改善
 - ・必要な教育・訓練の実施

(2) 漏洩事象発生直後の対応

- ① 漏洩事象等の状況把握
 - ・化学物質取扱事業者との情報共有
 - ・周辺状況の把握（日常との差異、屋内退避が難しい状況発生の有無 等）
- ② 対応体制の構築
 - ・漏洩事象対応体制の立ち上げ
 - ・漏洩事象の敷地外への影響拡大の判断
 - ・環境汚染対応組織の立ち上げ準備
- ③ 対応の検討・実施
 - ・化学物質取扱事業者の漏洩防止対応の状況確認
 - ・状況の悪化に対する準備
 - ・漏洩事象発生時に必要な情報の広報

(3) 環境汚染への対応

- ① 状況の把握
 - ・現在の汚染状況とその後の汚染拡大の予想
 - ・汚染が社会活動や市民生活に及ぼす影響の検討
- ② 対応体制の構築
 - ・国、都道府県、市町村による必要な体制を立ち上げる

③ 対応の実施

- ・市民の避難に間に合うタイミングで避難等に関する情報を発信する
- ・市民安全に必要な対策を行なう
- ・重要インフラ維持のために必要な対応を実施する
- ・除染等の環境汚染対応活動の実施
- ・対応活動における環境汚染の拡大の防止
- ・屋内退避の支援
- ・屋外退避が必要な場合の避難所の立ち上げ・運営
- ・屋外退避の動線の確保
- ・一般事業者への影響の把握と活動支援
- ・行政機能の維持活動

(4) 環境汚染終結時の対応

- ① 環境の測定による環境安全性の判断
- ② 安全宣言の発出
- ③ 対策組織の解散

2) インフラ事業者の活動の要点例

(1) 漏洩事象発生以前の対策の必要性

① 化学物質の漏洩がインフラに与えるリスクを知る

インフラ事業の運営に影響をもたらす化学物質の漏洩による環境汚染リスクに関する知見を持つ事が必要になる。この知見の収集に関しては、事業者が行なう情報開示や行政と事業者の協議による情報公開の仕組みを活用することが望ましい。

- ・化学物質漏洩による汚染のリスクの存在を知る
- ・影響の大きさ、起こりやすさ等のリスクに対する判断に必要な情報を知る
- ・リスクの判断に必要な知識を得る

② 事業への影響を検討する

化学物質の漏洩による環境汚染が自社のサービスに及ぼす影響を検証する

- ・サービスが提供できない可能性
- ・事故対応が出来ない可能性
- ・サービスが再開できない可能性
- ・顧客がサービスを享受できない可能性
- ・安全確保・避難ができない可能性

③ 顧客・従業員安全の確保

- ・サービスを受けている顧客の安全確保
- ・従業員安全の確保

④ 化学物質による汚染対応の準備

- ・行政との連携の構築

化学物質の漏洩による環境汚染リスクに関する情報の収集やインフラ事業の運営・継続に関する判断基準に関しては、事前に行政と協議を行い具体的な検討や準備に結びつけることが求められる。

- ・事業への影響防止や軽減対応の検討・準備を行なう

検討に必要な基本知見を獲得し、化学物質漏洩を原因とする事業リスクマネジメントを実施する。

⑤ BCP の設定

- ・本社の活動
- ・事業所の活動

- ・関係会社の活動

(2) 漏洩事象発生直後の対応

- ① 化学物質の事業への影響の可能性を検討する
事故の発生や化学物質漏洩の情報がもたらされた場合は、自社事業への影響や環境汚染に拡大する可能性を検討し、対応を決定する。
- ② 影響が事業に及びそうな場合の対応を検討し、準備する
 - ・事業継続のための準備
 - ・事故対応、復旧時の安全の検討
- ③ 顧客への注意事項の連絡
現時点における自社事業への影響や、今後の環境への影響が拡大した際の事業への影響の予測等の必要な情報を顧客に提供する。

(3) 環境汚染への対応

- ①顧客の安全確保
自社のサービスを利用中の顧客の安全を確保する対応を行なう。この対応が長期にわたる場合も配慮し、必要な対応の準備を行なう。
- ②顧客への必要情報の周知
現在のサービス状況や今後の見通しについて、顧客に情報提供を行なう。
- ③従業員の安全確保
事業の運営や復旧を行なう従業員の安全確保に必要な対応をとる。従業員の安全の確保に関しては、現場で事業の運営や環境汚染対応を行なう従業員の安全だけでなく、自社の事業所の環境汚染にも目配りを行ない、従業員の安全に配慮することが必要になる。
- ④汚染対応・復旧活動
自社のサービスを継続又復旧するための対応を行なう。
- ⑤事業継続活動
環境汚染の状況を観察しながら、事業継続を行う為の対応を行なう。

(4) 環境汚染終結時の対応

- ① 事業活動再開時の安全の確認
 - ・顧客の安全
 - ・従業員の安全
- ① 通常事業活動への復帰
インフラ事業の再開に際しては、その判断基準を明確にして、利用者に説明を行なうことが望ましい。

4.5.2 環境社会リスク対応ガイドラインの作成・試行と実装

前節で検討した化学物質漏洩による環境汚染対応の内容を基に、環境社会リスク対応のためのガイドラインを策定した。本ガイドラインの目的は「化学物質の環境汚染対応に対して、環境政策と防災対応の二つの視点を融合させて、行政、事業者、市民等が準備・実施すべき対応の新たなフレームを取り纏め、地域安全の高度化を図ること」である。本ガイドラインの特徴を以下に取り纏めた。

- (1) 本ガイドラインは、環境汚染対応として定まっていることをマニュアルとして整理しただけではなく、環境汚染対応として必要な項目を整理し、今後どのような検討をどのような仕組みの中で行なうかということも記述している。
- (2) 化学物質による環境汚染に対して、環境施策における平時の活動や事故・災害における環境汚染が広がった状況への対応に加えて、事故・災害発生直後の短期間の活動を強化する
- (3) 防災対応に環境視点を取り込む
 - ① 自然災害等を原因とする環境汚染が発生した場合、事故・災害対応や復旧活動時期における

環境汚染対応の必要性を整理

- ② 事故・災害が発生してから、時間が経て発生する影響への対応を整理
 - ③ 事故・災害による直接的な影響だけでなく、環境汚染を通じた間接的な影響への対応の必要性を整理
- (4) 環境汚染の影響を体系的に整理
- ① 環境汚染がもたらす影響として、人体への影響に加え、社会活動、生活、行政活動等への影響を環境社会リスクという概念で整理
 - ② 環境社会リスクでは、環境汚染のもたらす直接影響に加え、環境汚染による行政・社会活動の機能不全が社会活動や生活に与える影響を整理
- (5) 環境汚染の影響から人の健康や生活、社会活動を守るために必要な活動を体系的に整理し、行政、化学物質保有事業者、インフラ事業者、一般事業者、市民の活動主体毎にその要点を示す。
- (6) 特定の化学物質に限定することなく、化学物質の特性（危険性や有害性、環境中挙動に関連する物理化学的特性など）に対応できる活動を整理する
- (7) 化学物質漏洩の原因として、事故や自然災害等を考慮する
- ① 漏洩物質として原材料、製品及び工程中や廃棄物、事故により生成する化学物質を対象とする
 - ② 発生源としてプラント、保管所、輸送を対象とする
- (8) 汚染形態として大気汚染（広域～局所）、水質汚染（広域～局所）、土壌汚染（広域～局所）を考慮する
- (9) 環境社会リスク対応として以下の視点で整理する
- ① 事故・災害発生以前に必要な平時の活動、漏洩発生の活動、敷地外汚染発生・拡大時の活動、復旧時の活動を整理する
 - ② 事業者、行政、企業、市民等が実施すべき活動を、①の4つの活動毎に各主体間の連携が必要な事項を加え整理する
 - ③ 各主体は、環境汚染に対するBCPを制定する必要があるが、このガイドラインは、BCPに必要な全ての事項を記載しているわけではなく、最終的に地域安全に影響を与える事項の記載のみに限定している

本ガイドラインの活用法として、活動主体とその体制を取り纏めている。また、本ガイドラインでは、環境社会リスクを検討する基本構造を①化学物質漏洩の原因と漏洩形態を体系的に整理する、②漏洩した化学物質の環境社会リスク対応の基本フレームの構築、③対応主体の活動の要領の3項目に分けて記載している。さらに、活動主体毎の環境汚染の4つのフェーズ（事故・災害発生以前に必要な平時の活動、漏洩発生の活動、敷地外汚染発生・拡大時の活動、復旧時）毎にその活用の要点を取り纏めている。

本研究の試行として、環境社会リスク対応ガイドラインの概要版（日本語、英語）を作成し、事業者（日化協、石化協、化学物質取扱事業者）、行政（環境省、神奈川県くらし安全防災局、川崎市消防局、川崎市環境局）にヒアリングを行ない、海外連携者に対しては、文書で評価を依頼した。

ヒアリングに関しては、本検討前提と実態の乖離の有無を確認にすると共に、環境汚染対策に対する課題を共有した。行政や事業者からは、概ね本研究活動に関する期待が述べられた。

また、ある機関からは、本研究の構想の広さに懸念が示されたが、今回で終るわけではなく、大学や関連NPOと共に検討を継続し、ブラッシュアップを図る事を表明し支持を受けた。さらに他の機関からは、汚染に対する具体的な判断基準に関する問い合わせもあったが、本ガイドラインが、環境汚染対応に関する仕組みの構築フレームに対して取り纏めたものであることを整理したものであることを説明し、今後、本ガイドラインの活用において、個別の問題の解決に協力することとした。

4.6 重要な社会機能を守るための要点の分析及び対応に必要なツール開発

4.6.1 環境社会リスク対応のためのツール開発と公表

1) 環境社会リスク対応ガイドライン

本ガイドラインは、特定の化学物質の漏洩や個別の事業所を対象とせず、環境社会リスク対応への汎用的な方針を各主体の視点で整理したものである。したがって、行政、化学物質取扱事業者、インフラ事業者、一般事業者及び市民は、それぞれが懸念するリスクを特定すると共に、他の主体との連携を通して、環境社会リスクへ適切に対応するため、平時より情報交換等に努めることが望まれる。

本研究の成果物として、環境社会リスク対応ガイドライン（日本語及び英語）を横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センターHPに公表した（図1.7）。本ガイドラインは、行政及び事業者への実装とフィードバックを通して、その内容を常に更新する。

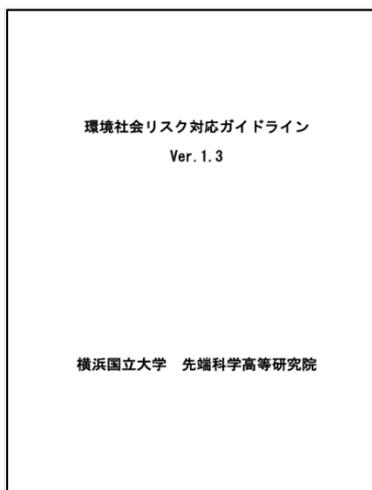


図1.7 環境社会リスク対応ガイドライン

2) 環境社会リスクの紹介ビデオ（メッキ工場の火災と消火水による環境社会影響）

化学物質の漏洩が伴う事故では、化学物質の漏洩による直接的な環境影響にとどまらず、事故や漏洩したという事実等による社会生活への影響、化学物質の漏洩に伴う環境や社会生活への間接的、二次的な被害が生じ得る。本検討では、そのような事例の周知と対応策に資する情報提供を目的とした環境社会リスクの事例紹介ビデオコンテンツを作成した。この動画は3部で構成されており、第1部は仮想のメッキ工場の火災とそれに伴って生じた消火水による環境社会影響に関するビデオ、第2部は化学物質漏洩を起因とした環境社会リスクの国内外の事例紹介、第3部では本事例に適切に対応するために求められる事項について言及している。

図1.8は、第1部のビデオの一例である。このビデオではメッキ工場から火災が発生（図中①）し、火災の煙が近隣住宅や小学校に到達（図中②）することやSNSで事故の様子が取り上げられることで社会生活への影響を表現した。また、メッキ工場で使われる有害な化学物質が消火水に混ざり、完全な流出防止ができず雨水溝に流れ込み（図中③）、水門を閉めるなどの対策も間に合わず河川に流入することによる（図中④）、淡水魚の死滅や取水制限などで煙などの直接的な被害にとどまらない、二次的な環境社会リスクの顕在化を表現した。

本ビデオは、横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センターHPで公表する。



図1.8 仮想メッキ工場火災と消火水による環境社会影響に関するビデオの一例

3) 社会環境リスク顕在化のリスク分析ロジックツリー図の提供

環境汚染による影響に対して環境社会リスクの観点から対応を検討するために、本研究で作成した分析ツリー（MLT, ET, FT）を整理し、情報プラットフォームで提供する

4.4 サブテーマ1まとめ

化学物質の漏洩による環境汚染に関して体系的に整理するため、まず既存の化学物質の危険性・有害性情報をはじめとするリスクアセスメントに関する情報を更新し、多様な環境汚染の形態に対応できるように既存の横浜国立大学化学物質リスク情報プラットフォームを改良した。

化学物質の漏洩による環境汚染は、大気拡散、水質汚染、土壌汚染のいずれにも影響を及ぼす可能性があり、多様な汚染形態をとる。本研究開発では、各汚染形態の特徴を整理して、上述の化学物質の性質と組み合わせることで、化学物質の多様な漏洩シナリオを体系的に抽出した。特に、自然災害を起因とする化学物質の漏洩災害事象（Natech）については、国内では十分に情報基盤が整備されていないことに着目し、既存の災害データベースから関連事象を抽出し、本研究開発で創出した環境社会リスクの視点を取り入れたNatechデータベースを構築して、シナリオ抽出のための情報基盤の充実を図った。さらに、化学物質の漏洩シナリオを高度化するため、化学物質が漏洩する際の主要な損傷モードである部材表面のき裂検出技術に着目し、検出精度の向上に取り組んだ。

社会システムが正常に機能するために必要な条件として、ステークホルダーを行政組織、民間組織（化学物質取扱事業者、インフラ事業者及び一般事業者）、市民の3つに切り分け環境社会リスクの視点から整理した。社会に影響を与える環境汚染の形態を、身体への影響、生活の維持に対する影響、社会活動への影響、事故・災害対応への影響の4形態に分類して、各形態についてステークホルダー毎に考慮すべきシナリオを抽出した。シナリオ抽出には、まず化学物質の漏洩事故を起点とする汎用性の高いロジックツリー（マスターロジックツリー）を展開した。その結果、多様な環境汚染の形態と社会の様々な構成要素への影響を図示化することで、効率よくステークホルダー毎の特性を考慮したシナリオ抽出が可能となった。詳細なシナリオ分析のため、イベントツリー及びフォルトツリーを用いて環境社会リスクの顕在化シナリオについて分析を行い、社会の重要な機能を守るために必要な対応の要点を整理した。本分析では、汚染の各段階でリスク及びリスク対応が異なることも考慮して、必要な対応を整理した。得られた成果は、環境社会リスク対応ガイドラインとしてまとめ、その有効性は事業者、行政等のヒアリングから確認した。さらに、環境社会リスクを紹介するビデオを作成した。

本研究の成果物として、環境社会リスク対応ガイドライン（日本語及び英語）、Natechデータベース、環境社会リスク紹介ビデオコンテンツを横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センター

HPで公開を予定しており、化学物質漏洩の防災減災戦略策定への貢献が期待できる。

5. 研究目標の達成状況

サブテーマ1は、社会構造と化学物質の漏洩形態を体系的に整理し、リスクアセスメントによる体系的な環境社会リスクシナリオの抽出と妥当性を検証することを研究目標として設定した。

化学物質の漏洩による環境汚染は、大気拡散、水質汚染、土壌汚染と多様な汚染形態をとる。まず化学物質の漏洩事象を起点とした環境汚染について体系的な整理を行った。本研究で開発する評価フレームは特定の化学物質を対象としたものではないが、化学物質の性質によって汚染形態は変化するため、様々な化学物質の危険性・有害性を体系的に整理して、横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センターが運営・更新した化学物質リスク情報プラットフォームに組み込むことで、化学物質の情報基盤を拡充した。

化学物質の漏洩・工場敷地外への流出に関して、大気拡散、水質汚染、土壌汚染の特徴を整理して、上述の化学物質の危険性・有害性と組み合わせることで、具体的な環境社会リスクシナリオの抽出を行った。また、自然災害を起点とした化学物質の漏洩による災害事象については、EUで系統的に整理されているが、国内事例を系統的に整理している例は少ない。そこで、本研究開発で整理した過去事例をNatechデータベースとしてまとめた。漏洩事象の起点となる破壊事故シナリオを精緻化するため、高経年化施設の状態把握に必要なき裂検出手法の高度化についても検討した。

社会構造については、行政、化学物質取扱事業者、事業者、市民等の影響を受ける社会構造要素毎に環境社会リスク特定（シナリオ抽出）を行った。社会構造要素毎に機能を整理するとともに、それぞれの間の関係を整理することで、環境社会リスクとして顕在化するシナリオを抽出した。体系化されたシナリオをもとに、社会の重要な機能を守るために必要な活動の要点を整理して、環境社会リスク対応ガイドラインを整理した。開発したガイドラインは、行政及び事業者を対象にヒアリングを実施してその有効性を検証した。さらに、今後の啓蒙活動に有用な環境社会リスクを紹介するためのビデオを作成し、関係者が本研究開発成果を導入しやすい環境を整備した。

以上より、サブテーマ1では、当初からの研究目標を達成すると共に、環境社会リスクの普及ビデオを新たに開発し、計画以上の成果を上げた。Natechデータベース、環境社会リスク対応ガイドライン及び環境社会リスク普及ビデオは、横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センターの化学物質リスク情報プラットフォームで公開する（6月上旬予定）。

6. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

II-2 化学物質流出の影響評価と減災戦略

国立大学法人横浜国立大学

先端科学高等研究院

環境情報研究院

環境情報研究院

先端科学高等研究院

先端科学高等研究院

先端科学高等研究院

三宅 淳巳

小林 剛

伊里 友一朗

塩田 謙人

野口 和彦

中山 穰

〔要旨〕

サブテーマ2は、化学物質総合リスク情報プラットフォームによる化学物質漏洩の減災戦略の立案及び減災戦略に資する情報の提供を目的とし、行政、事業者が使いやすい化学物質リスク情報プラットフォームの提供、環境社会リスク対応を検討するための分析技術の高度化及び減災戦略の立案に資するケーススタディを実施した。はじめに、化学物質の漏洩による環境汚染に関する体系的な整理をするために、サブテーマ1で抽出した検討事項に対する現行のシミュレーション技術について国内外の動向を調査した。調査結果をもとに、化学物質漏洩を伴う事故が起こった際に使用が期待される迅速簡易緊急対処システムの提案を行った。さらに、化学物質流出のリスクが高い反応暴走を実験的に検討し、環境社会リスクの視点からリスク対応の要点を整理した。次に、影響を受ける社会構造の整理と影響に関する環境社会リスクの特定として、川崎市沿岸部をモデルとした水害シミュレーション、アンモニアの拡散シミュレーションの実施結果から地域社会への被害に関して考察し、リスク評価のケーススタディを実施した。さらに、環境社会リスク顕在化シナリオの分析、重要な社会機能を守るための要点の分析及び対応に必要なツール開発として、化学物質漏洩の減災戦略の立案に資する化学物質リスク情報プラットフォームを構築し、本研究成果を公表した。

1. 研究開発目的

サブテーマ2は、化学物質総合リスク情報プラットフォームによる化学物質漏洩の減災戦略の立案及び減災戦略に資する情報の提供を実施する。

2. 研究目標

化学物質総合リスク情報プラットフォームによる化学物質漏洩の減災戦略の立案および減災戦略に資する情報の提供。

3. 研究開発内容

本研究は、サブテーマ2において横浜／川崎地区を事例とした検討を実施したが、特定の地域や化学物質に着目したわけではなく、汎用的な手法を提案することを目的としている。したがって、本研究の成果物を適用する際には、適用対象の特徴を想定した検討が必要である。以下に実施した項目を示す。

(1) 化学物質の漏洩による環境汚染に関する体系的整理

化学物質の漏洩に関する影響度評価に向けたデータ収集として、サブテーマ1で抽出した検討事項に対する現行のシミュレーション技術について国内外の動向を調査した。さらに、影響評価技術の高度化として迅速簡易緊急対処システムの提案、緊急対処システムに組み込むデータ取得の検討例として化学物質流出のリスクが高い反応暴走を実験的に検討した。

(2) 影響を受ける社会構造の整理と影響に関する環境社会リスクの特定

川崎市沿岸部をモデルとしたケーススタディとして、水害シミュレーション、アンモニアの拡散シミュレーションを実施し、地域社会への被害に関して考察した。

(3) 環境社会リスク顕在化シナリオの分析、重要な社会機能を守るための要点の分析及び対応に必要なツール開発

化学物質漏洩の減災戦略の立案に資する化学物質リスク情報プラットフォームを構築し、本研究成果物と共に、横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センターHPに公開した。他のプロジェクトの環境汚染シミュレーションの活用を検討した。地域気象データと近隣気象データによるシミュレーション結果にどのような差異ができるかケーススタディとして検討した。

4. 結果及び考察

4.1 化学物質の漏洩による環境汚染に関する体系的整理

本節では、4.1.1に化学物質漏洩に関する影響度評価に向けたデータ収集として、国内外の影響評価ツール等を調査し、関係者へのヒアリングから望ましい影響度評価について検討した。4.1.2では、4.1.1の結果を踏まえ、影響度評価技術の高度化に向け、簡易緊急対処システムを用いた拡散シミュレーション、社会リスクを考慮した反応暴走解析について検討した。

4.1.1 化学物質漏洩に関する影響度評価に向けたデータ収集

サブテーマ1において抽出された社会の影響を考慮したシミュレーションの検討事項は①水害による汚染、②事故・災害による大気汚染、③爆発等による汚染物質の飛散、④土壌・水質汚染である。水害の場合は、事故直後の人の健康の安全への対応は、水害への対応が主となる。水害地域の主な検討は、水が引いた後の汚染対応が主となるが、現在のシミュレーション技術では浸水深や浸水継続時間は算出できるものの、化学物質が漏洩した場合の拡散範囲、濃度などの算出は難しいことが分かった。これらに対しては過去の事件事例などを参考に定性的な影響をあらかじめ検討し、事故拡散防止対策を実施するとともに、実測データをもとに事故対応及び復旧対策を講じることが求められる。直接的な水害被害を受けない地域でも、飲料水や産業用水の汚染等の影響を把握することが必要となり、本技術においては環境研究総合推進費・戦略的研究開発課題【S-17】の「水質事故迅速モニタリング手法の開発と拡充」などが行われている。事故・災害による大気汚染、爆発等による汚染物質の飛散では、必要・有効な対策、避難形態、現場での消防戦略の立案のため、汚染物質の到達、継続時間のシミュレーションが求められる。

工場などの事業所からの化学物質の大気拡散を想定したシミュレーション技術は数多く存在し、代表的なものとしては経済産業省と産業技術総合研究所によって開発された拡散計算ソフトMETI-LIS、産業技術総合研究所のADMERやADMER-PROがある。また、世界的には、無償のソフトウェアとして米国環境保護庁(EPA)及び米国海洋大気庁(NOAA)によって開発された、可燃性物質や有害物質などの大気拡散・火災・爆発評価ソフトALOHAや、METI-LISよりも山地や河沿いの土地を考慮した「複雑地形データ」を使用したAERMODなどがある。さらに、緊急事態に対処するには「信頼性の高い情報」が必要である。情報の信頼性は、シミュレーションモデルだけでなく、気象情報、地形情報などが関係する。現状では、市販の緊急対処モデル(例：SAFER Realtime)は非常に高価なソフトウェアとなり、やや操作性を犠牲にしても、情報の信頼性を向上させている。

土壌・水質汚染については、土壌・水質(河川、海洋、地下水)汚染に関するシミュレーション技術として、産業技術総合研究所が開発したAIST-SHANEL、地圏環境リスク評価システムGERASが代表的である。AIST-SHANELは日本における河川流域の化学物質の暴露評価と対策評価のためのモデルであり、河川流量の推定、化学物質の排出量推計、化学物質の河川水中濃度の推定が可能である。GERASは3つの評価モデルがあり、GERAS-1はリスク評価の概念モデルであり、主にスクリーニング評価のための簡易モデル、GERAS-2はサイト固有の評価モデルで、地中における地下水流動や物質移行の2次元近似的シミュレーションと汚染物質によるリスクを同時に評価が可能である。GERAS-3は複合汚染に対応した詳細モデルであり、気相・液相及び固相間における汚染物質の分配や地中における物質移行の3次元数値シミュレーションとリスクの時間的・空間的变化を同時かつ定量的に評価可能なモデルである。一方で、農作物、水産物への影響、無害化までの時間について高い精度で定量的に評価する技術については確立されていないことから、実測データや過去の事例を参考に対策を講じることが求められる。

化学物質漏洩による被害等に関する評価に関し、化学物質漏洩の影響を管轄する環境省環境保健部局、災害時に初動対応を担う消防である横浜市消防局、コンビナート等の保安規則に関連する高圧ガス保安協会、事業者である総合化学メーカーの2社にヒアリングを行った結果、表2.1の意見が出された。これら課題の中から、本研究は化学物質の漏洩直後の大気拡散に着目した。気象情報は、AMEDASから取得できるものの「気象観測点」(各県に数か所)は限られている。したがって、化学物質漏洩直後の事業者及び消防隊員による緊急対応に関しては、“オンサイト気象情報”を取り込むことが非常に重要となる。ALOHAと市販の気象観測装置とを繋いだ「簡易緊急対処システム」を構築できれば、その精度や用途は限られるものの、消防隊支援など役立つシステムを構築できると考えられる。本課題で提案する簡易緊急対処システムの概要について、4.1.2にて報告する。

表2.1 化学物質漏洩による被害等に関するヒアリング結果

<p>【対応に必要な情報に関する課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 対策の優先順位及びそれぞれの対策の相互作用の検討が必要。 ➤ 消防局が所有しているデータは限られており、事業者による情報提供が重要となる。危険物の貯蔵量、発災場所は把握しているが、加えて災害がどのように広がっていくか（事故進展のシナリオ）が分かると消火活動に有効。 ➤ 事故進展とともにどのような状況になるか（ガス濃度分布など）が分かると良い。 <p>【対応の制度に関する課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 津波対策及び自然災害に対する対策は事業所で異なるため、ガイドライン等の指針が必要。 ➤ 事故が起きそうであるといった情報の提供が不足 ➤ 自治体が収集した情報の提供手段の強化が望まれる。 ➤ 消防活動中は人命救助が第一優先であり、環境リスクに関して優先順位はその次となるのが現状。環境リスクにおける優先順位を把握するうえでも、環境部局との緊密な連携が必要。 <p>【シミュレーションの高度化に関する課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 企業側から消火活動に必要なシミュレーション結果やデータをもとに消火戦略を現場で立案することが望ましい。 ➤ 燃焼している物質の反応後の情報が不足しており、燃焼生成物、発生ガスの種類と濃度等を迅速に同定あるいは予測できる手法が望まれる。 ➤ 安全側に評価可能であれば、精度が粗いシミュレーションでも使用する可能性がある。 ➤ 事業所で用いるシミュレーションソフトは迅速でかつ簡易的なものが望まれる。
--

ソフトウェアに関する参考web site

[METI-LIS] <https://riss.aist.go.jp/reti-lis/> (閲覧日 2022年4月18日)

[ADMER] <https://admer.aist-riss.jp/> (閲覧日 2022年4月18日)

[ADMER-PRO] <https://riss.aist.go.jp/admer-pro/> (閲覧日 2022年4月18日)

[ALOHA] <https://www.epa.gov/comeo/aloha-software> (閲覧日 2022年4月18日)

[AERMOD] <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models>
(閲覧日 2022年4月18日)

4.1.2 影響度評価技術の高度化

1) 環境社会リスクを考慮した反応暴走解析

化学物質を取り扱うタンクや反応器、輸送タンク等では、内部要因の異常事象に起因する異常反応、暴走反応と共に、自然災害等の外部要因に由来する異常反応、暴走反応のリスクを有する。暴走反応によって化学物質流出、火災・爆発まで至った場合、プロセス条件として設定する温度・圧力条件以外で反応が進行するため、環境中に漏洩・流出する化学物質は投入した原材料や目的とする製品物質と異なることが予想される。すなわち、当初想定していた危険性・有害性を有する化学物質とは異なる危険性・有害性を有する化学物質が生成、漏洩することが考えられる。したがって、化学物質の反応性、生成物

の特性を把握することがシナリオ構築及び防災・減災戦略立案において極めて重要となる。本研究では、化学反応を伴うシステムにおける暴走反応による化学物質流出シナリオについて実験的な検討を行い、環境社会リスクの側面から反応暴走を考察した。

本研究は、アクリル酸化合物を具体事例として高感度熱量計等の熱分析と発生ガス分析装置（ガスクロマトグラフィーや質量分析計）を使用し実験データを取得し、その結果から災害・事故時のアクリル酸及びアクリル酸化合物の流出現象及び流出時の環境社会リスクを検討した。アクリル酸をはじめとする重合性モノマーは近年世界的に事故が多発し、国連危険物輸送勧告においても新たな安全技術基準を策定中の物質群であり、本検討の成果は国際基準ならびに国内技術基準の策定に貢献する可能性が大である。

図2.1にアクリル酸の反応暴走時の熱的挙動及び圧力挙動、図2.2にアクリル酸の暴走反応段階における生成ガスを示す。アクリル酸は約150°Cにおける自己加熱により発熱速度が増大し、200°Cを超えた辺りから解重合が進み、急激な圧力上昇に至る。この圧力上昇を適切に制御できない場合、タンク等の耐圧を超え、その結果タンク破損、ひいては化学物質流出、火災や爆発に至る。アクリル酸が反応暴走を伴い化学物質流出した場合、アクリル酸の蒸気やメタンやエタン等の可燃性物質、ベンゼンが生成することがわかった。なお、これらの結果は、特定の条件でのアクリル酸暴走反応時の結果であり、その暴走反応に至る条件（温度や不純物など）に応じて、熱・圧力挙動及び生成ガス組成は異なることが予想されるため、より詳細な影響を分析するためには種々の条件下での実験的検討が必要である。

実験的検討結果から、以下の環境社会リスクシナリオが考えられた。自然災害などによってシステムの冷却機能が低下あるいは喪失した場合、アクリル酸は緩やかな温度上昇で重合反応が進み、その反応熱や周りの火災などの熱によって重合物の分解が開始する。分解する温度域によっては、原料であるアクリル酸よりも有毒なガスが発生し、流出することで毒性影響の大きなシナリオに進展する。最悪の場合、可燃性蒸気及び分解ガスによる爆発・火災が生じる。つまり、漏洩現場の対応に当たる事業者や消防隊員の火災・爆発リスクに加え、人の健康・環境・生態系リスクも考慮する必要がある。また、反応暴走・漏洩したアクリル酸由来の生成ガスが、工場敷地外に到達する場合には、市民の健康リスクや臭気による混乱（不安や誤った情報の拡散）、あるいは自治体による避難要請（屋内避難または屋外避難）が考えられる。さらに、このような環境社会リスクシナリオの抽出や進展の防止、避難計画立案のためにも、プロセス内化学物質の意図的及び非意図的な反応に要する時間、非意図的な分解や完全・不完全燃焼時の生成ガス種を把握することが重要となる。取得したデータは平時における影響度評価のシミュレーションの妥当性検討、ならびに事故対応時の消防戦略に反映することが期待される。さらに、環境社会リスクシナリオと自治体の対応リソースとの比較により、リスク対応の優先順位を予め整理することが必要であると言える。

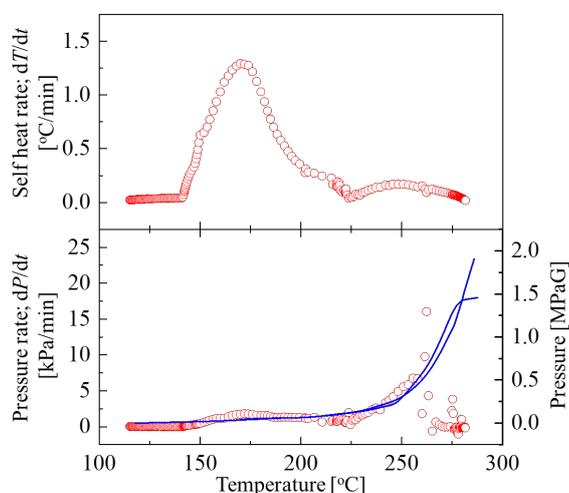


図2.1 アクリル酸の反応暴走時の熱的挙動及び圧力挙動

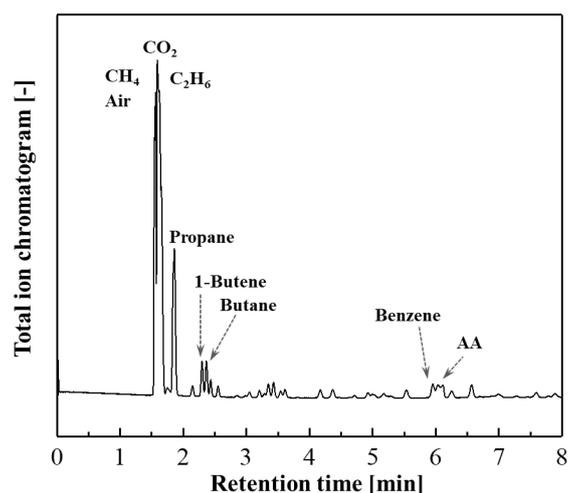


図2.2 アクリル酸の暴走反応段階における生成ガス

4.2 環境社会リスク顕在化シナリオの分析

本節では、川崎市沿岸部を事例として下記のケーススタディを実施した。本検討は、本研究にて環境社会リスクを検討するための事例であり、行政及び事業者等は本検討と同様の検討を実施する場合には、分析対象とする化学物質、地域特性、各主体との関係等を考慮する必要がある。

4.2.1 水害シミュレーション

水害シミュレーションの例として、高潮の影響評価を実施した。ここでは、地震によって護岸が崩壊した際に高潮によって事業所が浸水するまでの時間及び浸水度に与える影響について評価した。シミュレーションには株式会社日立パワーソリューションズのリアルタイム洪水シミュレーター「DioVISTA/Flood」を用いた。本検討では、地震、高波などの外力によって護岸が破壊された際の事業所の高潮による浸水深を把握するため、東京湾に仮想プラントを想定したシミュレーションを行った。仮想プラントはソフト上の地形データを変更することで表現した。図2.3にソフト上の仮想プラントを示す。左図の赤枠内の地形データを変更し、起伏をつけることでプラントを設定した（地形データ変更後も画面上では海と変わらないが、右図のシミュレーション後は浸水していない箇所が灰色、浸水箇所が浸水深に対応した色で表示される）。計算条件は地形データを5 m、護岸はプラント周囲に3.5 mとし、南東側護岸を0.5 m、1 m低くした3パターン、高潮は横浜市の沿岸部に大きな被害をもたらした2019年の台風15号時の天文潮位に2 m及び3 mを加えた値で24時間とした。本検討では高波や降水の影響は考慮せずに高潮のみの評価を行った。

計算の結果、高潮が天文潮位+2 mの場合、護岸が低くなくても高潮によりプラント内は浸水しない結果となった。一方で天文潮位+3 mの高潮では最高潮位よりも低い3 mと2.5 mの護岸の場合に浸水することが分かった。本条件において護岸が倒壊したことを想定した3 mと2.5 mの間では、浸水開始及びプラントの半分が0.5 m～浸水するまでの時間に10分程度差が出ることが明らかとなった。以上のような検討を行うことで、地震などによって護岸が破壊することを想定し影響が顕在化するまでの時間を考慮した化学物質の漏洩防止対策や漏洩時の拡大防止対策、避難計画等を立案することが可能となる。

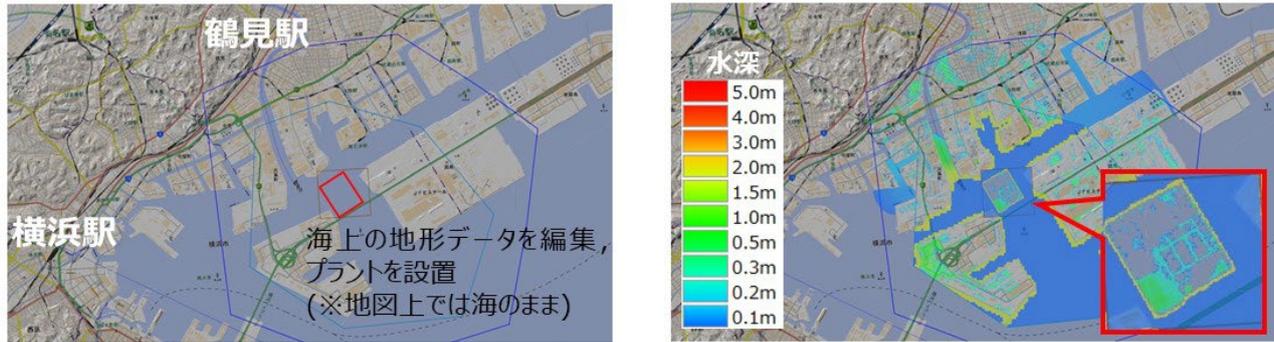


図2.3 仮想プラントの概要（左：仮想プラント設置箇所、右：計算後の浸水深図）

4.2.2 アンモニアの拡散シミュレーション

本検討では、4.2.1の水害シミュレーション結果に基づき、架空のアンモニア貯槽タンクからアンモニアが漏洩、市中へ拡散する際の影響を分析した。

水害は横浜地方気象台で観測された月最大24時間降水量を1.2倍（2018年の西日本豪雨の各地の観測史上更新の平均値）した量の降水が生じた場合の浸水深さを株式会社日立パワーソリューションズのリアルタイム洪水シミュレーター「DioVISTA/Flood」を用いて求めた。ただし、今回の評価では降水のみの浸水を考慮し、河川の氾濫、高潮等による浸水の影響は加味していない。

化学物質の漏洩にはアンモニアの大气拡散についてALOHAを用いて評価した。気象条件は、風速2 m/s、気温15℃、大気安定度はB、漏洩モデルをTank及びNon-ignition、タンク条件は直径3.67 m、高さ1.83 m、温度-33℃、貯蔵量14.5トン、漏洩条件をタンク底1 cmの穴からの漏洩とした。評価項目はアンモニアの急性暴露ガイドラインレベル（AEGL）の1（30 ppm）と2（160 ppm）と、環境社会への影響も考慮するため臭気強度3（人が容易に感知できる濃度）の2 ppmを選択した。それぞれの結果と川崎市沿岸部の福祉施設、病院、学校、鉄道情報を地理情報システム「QGIS」を用いて、拡散シミュレーション結果を地図上へマッピングした。その結果を図2.4、図2.5に示す。これらは、それぞれ降雨開始から16時間、24時間経過後にアンモニアが拡散した場合の影響結果を示している。いずれの場合もアンモニアの急性毒性（橙色と黄色の領域）は事業所付近にとどまるが、アンモニアの臭気が住宅街や福祉施設、病院、学校まで到達する可能性がある。

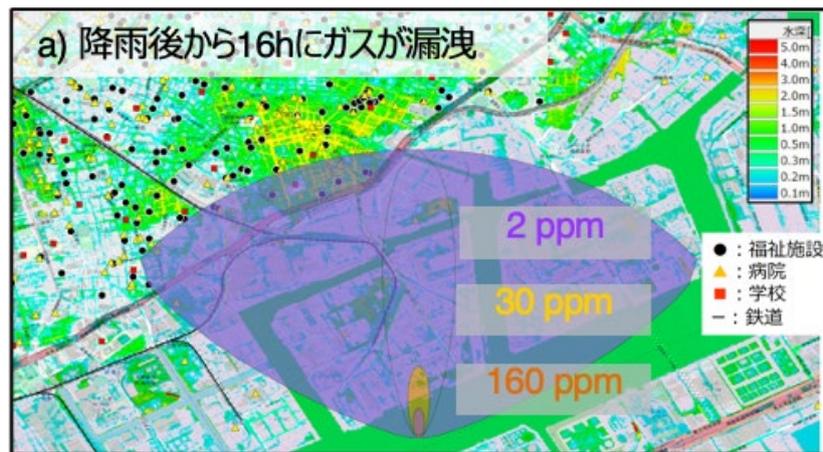


図2.4 川崎市沿岸部をモデルとした水害と毒性ガス拡散の影響度のシミュレーション結果(16時間経過後)

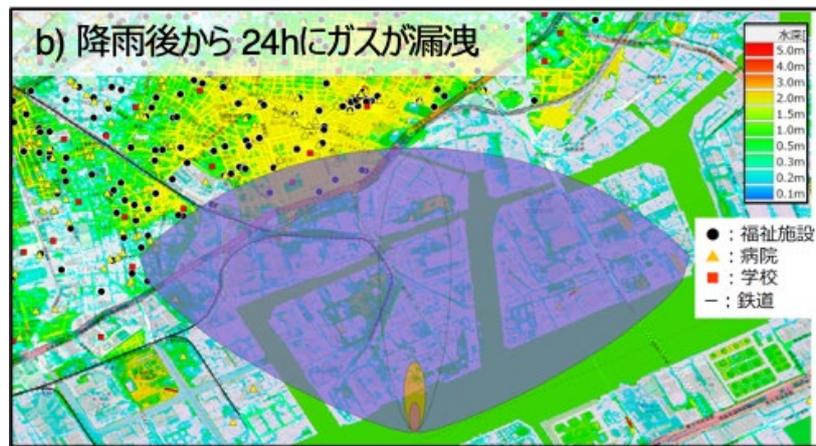


図2.5 川崎市沿岸部をモデルとした水害と毒性ガス拡散の影響度のシミュレーション結果(24時間経過後)

4.2.3 地域社会への環境社会リスクに関する考察

水害シミュレーション及びアンモニアの拡散シミュレーションの結果から、地域社会への環境社会リスクを考察した。水害の影響に関して、時間が経過すると浸水域の拡大とともに、浸水深さが増加する。浸水のみの場合には、行政としてインフラ確保、人員確保、避難指示等の発令、避難所の設営と運営支援、避難行動要支援者の品難支援等の一般的な自然災害対応を浸水の影響度を鑑みながら対応することになる。一方で、水害と化学物質の漏洩が同時に生じた場合は、さらに複雑な対応が必要となる。

水害発生時に化学物質が漏洩した場合、あるいは漏洩する可能性が高まった場合、化学物質取扱事業者は行政（県及び市町村）に対して化学物質が流出した旨、または流出する可能性が高まった旨を情報共有する必要がある。この際、情報共有の内容とは、例えば、化学物質の特性やプロセス情報、被災者の人数、漏洩状況などを指す。さらに、化学物質が工場敷地外に流出した場合、または流出する可能性が高まった場合には、行政及び事業者は周辺住民や重要インフラ（病院や鉄道、水道局など）への早急な連絡が必要となる。また、行政及び事業者は、住民避難が必要な場合には、屋内・屋外避難を要請するために、近隣住民へのアナウンスを実施する必要がある。住民避難が不要であった場合であっても、住民から不安の声が聞こえる場合や問い合わせがくることが考えられるため、そのような対応も必要となる。

化学物質の漏洩が収まった場合、行政または事業者は環境中の化学物質濃度を測定し、状況が回復に至っているか判断する必要がある。化学物質濃度が高い場合には、化学物質の除去や無害化への対応を実施し、早急に現状復帰へ対処することが求められる。また、水害発生時には、化学物質が水の流れと共に遠方へ移行することが予想されるため、被害範囲を通常の化学物質拡散よりも広範囲に想定することが必要である。さらに、事業者や行政は被害を受けた住民等への補償対応も求められる。

上述の内容は、漏洩後の対応の一部を記載したものであり、実際には化学物質が流出するシナリオに対して、行政、事業者、市民等の各対応及び各主体の連携対応を平時から整理しておくことが重要となる。さらに、各主体はそれぞれリソース（人数や予算、時間、資機材等）に制限があるため、整理した対応内容に関して優先順位を付けることが必要である。その際、各主体が個別で優先順位を決定するだけではなく、必要に応じて主体間のコミュニケーションを図り、対応主体の役割分担や優先順位の変更、情報共有事項等を整理することが重要である。必要であれば、地域防災訓練と共に化学物質の漏洩を訓練シナリオに組み込む等の工夫により、緊急時及び復旧時の対応を効率的に実施するための準備を平時から取り組むことが求められる。

4.3 重要な社会機能を守るための要点の分析及び対応に必要なツール開発

4.3.1 化学物質リスク情報プラットフォームの構築

横浜国立大学は、平成19年9月に採択された文部科学省「事業者の化学物質リスク自主管理の情報基盤」に基づき、化学物質リスク情報プラットフォームを構築した。本プラットフォームは、化学物質管理に関わる世界中の情報を集約したポータルサイトである。本プラットフォームの運用から10年以上が経過し、その過程の中で国内外の行政や研究者等により様々な情報（新たな規制など）が整備された。そこで、本研究成果物の公表とともに、新たな国内外の最新動向を整理することにより、化学物質を管理する行政や事業者等が化学物質の自主的な管理を促進することを支援するため、「新たな化学物質リスク情報プラットフォーム」を構築した。

図2.6に新プラットフォームのWebサイト外観を示す。新プラットフォームは、4つの大項目から構成され、各大項目の詳細を下記に記す。

- 1) ハザード・物性情報・曝露情報：事故による化学物質の非定常流出、火災、爆発危険性の影響評価に必要な情報源を集約している。
- 2) 事故事例情報：国内外で発生した事故情報及び事故情報サイトを集約している。本研究の成果物であるNatechデータベースを掲載している。
- 3) リスクアセスメント情報：化学物質のリスクアセスメント結果、化学物質の非定常流出等の事故影響を評価するためのツール等を掲載している。
- 4) ライフサイクルに亘るリスク評価：化学物質のライフサイクルに亘るリスク評価の考え方や評価手法を掲載している。

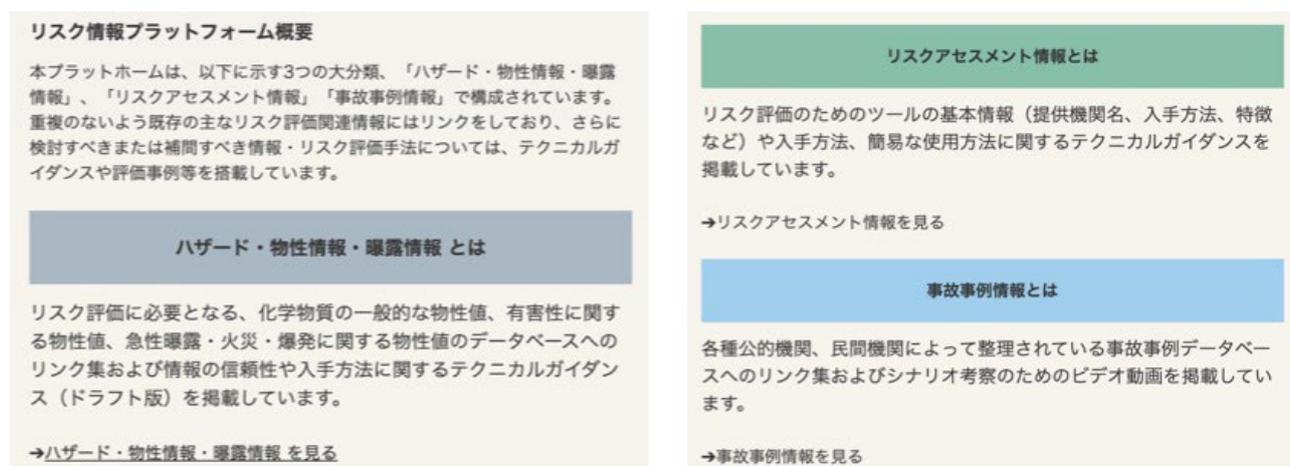


図2.6 新たな化学物質リスク情報プラットフォームのWebサイト外観

4.3.2 簡易緊急対処法システムを用いた拡散シミュレーションツール

簡易緊急対処システムは、AMEDASデータの活用できない場所でも使うことができる、ポータブル気象観測装置などから気象データをリアルタイムに取得し、化学物質の漏洩による影響を評価するシステムである。一方、既存の市販緊急対処システム(SAFER Realtime等)は、信頼性を高めるため複雑なシステムとなっており、操作性に課題が残されている。信頼性をある程度は犠牲するものの操作性を改良したのが、本システムの特徴となっている。本システムは、緊急対処活動のための「事業所内の作業員の円滑な避難」及び「消防支援システム」に使うことをターゲットとしている。

事業所内の作業員の円滑な避難のためのシステムでは、三菱ケミカル株式会社が開発中の事業所内緊急避難支援ツール（毒性ガス拡散計算）MSTEEM（仮称）が挙げられる。MSTEEMは入力パラメータが少なく、漏洩速度以外はインターネット経由で各機関の公開情報を自動取得する。計算は事業者が使用しやすいようにMicrosoft Excelで実行し、瞬時に計算終了した結果は地図上に拡散範囲及び避難範囲を

表示する。図2.7はMSTEEMの入力と出力イメージ図を示す。本システムは、複雑なシナリオに沿った詳細な計算を実行するものではなく、限られた情報を基に迅速な計算を行うことにより発災直後の状況の概要を提供することで、時々刻々と変化する状況に対応するための意思決定を支援するツールとして期待される。

消防支援のためのシステムは、地図上に投影した煙流情報に基づき、リアルタイムで風力・風向の変化を知りつつ行動できるため、有害ガスなどによる影響を避け安全に活動できるよう支援することができる。ALOHA Ver.5.4.7 (英語版) を使用することにより、緯度・経度を入力することで火災や拡散のシミュレーション結果をGoogleマップ等の地理情報システムに投影ができ、視認性を高めることができる。日本語版のALOHAでは機能が少なく、グーグルマップは対応していないため、ALOHA Ver.5.4.7の日本語化に向けて対応を進めており、今後、行政及び事業者による活用が期待される。また、ALOHAを用いた具体的な検討については4.2.2に記載した。

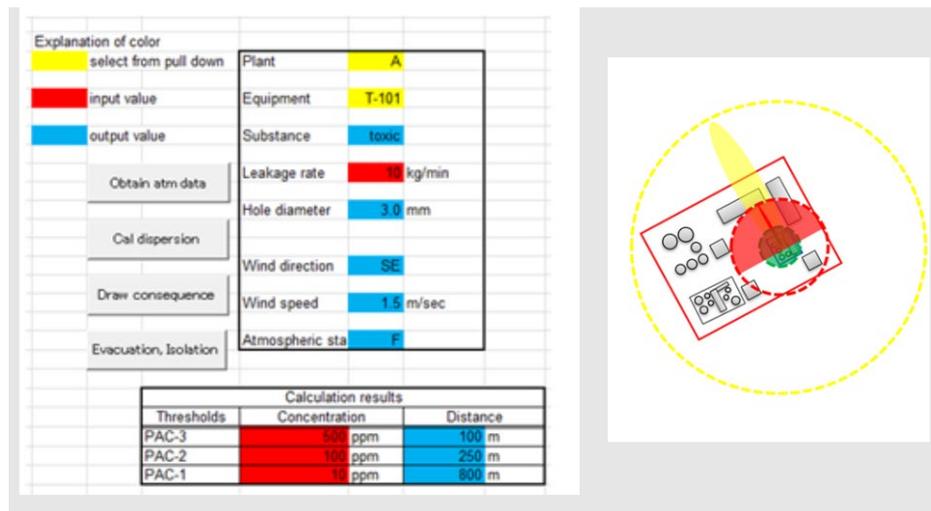


図2.7 緊急避難支援ツールMSTEEMの入力及び出力イメージ例

4.4 サブテーマ2 まとめ

サブテーマ2は、化学物質リスク情報プラットフォームによる化学物質漏洩の減災戦略の立案及び減災戦略に資する情報の提供を目的とし、行政や事業者が活用しやすい化学物質総合リスク情報プラットフォームの提供及び減災戦略の立案に資するケーススタディを検討した。

化学物質漏洩の減災戦略の立案及び減災戦略に資する情報の提供として、まず化学物質リスク情報プラットフォームを最新情報へ更新し、横浜国立大学先端科学高等研究院リスク共生社会創造センターHPで公開した。また、具体的な技術開発として、制御が難しい反応暴走に関して実験的にその反応過程を明らかにするとともに、環境社会リスクの視点からアクリル酸の反応暴走の影響を考察した。さらに、既存の無償の大気拡散計算ソフトウェアALOHAと可搬式風向風速計を連携した迅速簡易緊急対処システムを提案し、水害シミュレーション及びアンモニアの拡散シミュレーションを用いた川崎地区への事例検討により、迅速簡易緊急対処システムの活用結果に基づく各主体の環境社会リスク対応を整理し、緊急時及び普及時の各主体の効果的な対応に向けて、平時からの検討とリスクコミュニケーションが必要であることを改めて指摘した。

5. 研究目標の達成状況

サブテーマ2は、化学物質のリスク情報及び法令の改訂等、国内外の関連情報を調査、収集し、横浜国立大学がこれまで運用してきた化学物質リスク情報プラットフォームを大幅に改良し、行政や事業者が化学物質のリスク情報等へ容易にアクセスできるように、その成果を公開した。

未然防止及び拡大防止に関する具体的な技術開発に関して、制御が難しい反応暴走を効果的に分析す

ることを可能とし、さらに環境社会リスクの観点から反応暴走の影響を考察した。また、化学物質の漏洩直後の拡散挙動を予測するためのツールとして、既存の大気拡散シミュレーションソフトウェア（ALOHA）と可搬式風向風速計を組み合わせ、簡易緊急対処システムを提案し、川崎地区を事例とした水害及びアンモニア漏洩拡散シミュレーションを実施し、環境社会リスクへの各主体の対応を整理した。

以上の本研究の成果に関して、一般公開型のシンポジウムを2回開催し、研究成果の公表と普及に努めた。新型コロナウイルスの影響により、海外連携が困難となり、当初の研究計画を変更した箇所もあるが、従来の研究計画以上の成果を得られた。

6. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

III. 研究成果の発表状況の詳細

(1) 誌上発表

<査読付き論文>

【サブテーマ1】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ2】

- 1) M. Fujita, Y. Izato, A. Miyake, Kinetic analysis of the spontaneous thermal polymerization of acrylic acid, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 144, pp. 435-442 (2021), <https://doi.org/10.1007/s10973-020-10534-z>, IF=4.626 (Q1)
- 2) M. Ando, M. Fujita, Y. Izato, A. Miyake, A kinetic model for the autocatalytic behavior of nitric acid/formic acid mixtures to predict induction period, *Process Safety and Environmental Protection*, 151, pp.182-187, (2021), <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.05.012>, IF=6.158 (Q1)
- 3) N. Ochiai, J. Nakayama, Y. Izato, A. Miyake. Lessons learned from the 2011 Great East Japan Earthquake: A case study of tsunami risk assessment in a Japanese chemical corporation. *Process Safety Progress*, 1- 10, (2021), <https://doi:10.1002/prs.12315>, IF=1.334 (Q3)
- 4) M. Fujita, Y. Izato, A. Miyake, Thermal and evolved gas analyses on Michael addition oligomers of acrylic acid, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147, 1825-1833, (2022), <https://doi.org/10.1007/s10973-020-10412-8>, IF=4.626 (Q1)

<その他誌上発表（査読なし）>

【サブテーマ1】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ2】

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表（学会等）

【サブテーマ1】

- 1) 塩田謙人、中山穰、稗貫峻一、伊里友一朗、笠井尚哉、小林剛、野口和彦、澁谷忠弘、三宅淳巳、第29回環境化学討論会（2021）「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」、Web開催、2021年6月
- 2) 塩田謙人、稗貫峻一、中山穰、伊里友一朗、笠井尚哉、小林剛、野口和彦、澁谷忠弘、三宅淳巳、安全工学シンポジウム2021（2021）、「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」、Web開催、2021年7月
- 3) 中山穰、野口和彦、澁谷忠弘、三宅淳巳、第34回日本リスク学会年次大会（2021）、「化学物質流出シナリオに基づくコンビナート周辺地域の防災減災戦略ガイドライン」、Web開催、2021年11月
- 4) 稗貫峻一、中山穰、野口和彦、澁谷忠弘、三宅淳巳、環境科学会2022年会シンポジウム「化学物質の環境モニタリングとリスクの評価・管理手法の今後」、化学物質流出事故の防災減災に向けた環境社会リスク対応、Web開催、2022年9月（企画シンポジウムにおける依頼講演）

【サブテーマ2】

- 1) 中山穰、塩田謙人、半井豊明、伊里友一朗、三宅淳巳、2021年度日本火災学会研究発表会（2021）、「ポータブル気象観測計を用いたリアルタイム影響分析システムの開発」、Web開催、2021年5月
- 2) 中山穰、塩田謙人、半井豊明、伊里友一朗、三宅淳巳、安全工学シンポジウム2021（2021）、「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)、Web開催、2021年7月

(3) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 三重県保安対策セミナーにて講演「化学災害とリスクマネジメント」(主催:三重県、2019年7月18日、参加者約100名)
- 2) 消防庁消防大学校講義「燃焼理論」、「消防とリスクマネジメント」(主催:消防庁消防大学校、2019年7月12日、2019年11月22日、聴講者約50名)
- 3) ケミカルマテリアルJapan2019・産業安全フォーラムにおいて講演「化学災害とリスクマネジメント」(主催:化学工業日報社、2019年9月18日、パシフィコ横浜、参加者約200名)
- 4) 産業安全塾にて講演「化学プロセス安全の基本と産業安全環境の醸成」(2019年10月17日)
- 5) プラント運転の安全と高度化を考える講演会2019において講演「プラント事故とリスクマネジメント」(主催:横浜国立大学先端科学高等研究院、共催:計測自動制御学会、2019年12月13日、参加者約80名)
- 6) 東京消防庁化学災害技術研修「有害物質について」(主催:東京消防庁消防学校、2020年1月、聴講者約50名)
- 7) 一般公開シンポジウムにて講演「プラント安全・防災・災害対策の最新動向」(主催:横浜国立大学先端科学高等研究院、2020年2月14日、横浜国立大学 大学会館ホール、参加者約140名)
- 8) 茨城県高圧ガス保安推進セミナーにて講演「リスク共生社会におけるスマート産業保安」(主催:茨城県、2020年2月20日、参加者約100名)
- 9) ケミカルマテリアルJapan2020・産業安全フォーラムにおいて講演「化学分野における産業安全の海外展開」とパネルディスカッション「海外製造拠点における安全の取り組み」座長(主催:化学工業日報社、2020年10月19日～11月18日、オンライン開催)
- 10) 消防庁消防大学校講義「燃焼理論」、「消防とリスクマネジメント」(主催:消防庁消防大学校、2020年11月26日、聴講者約50名)
- 11) 産業安全塾にて講演「爆発災害とリスクアセスメント」(2020年12月15日)
- 12) 東京消防庁化学災害技術研修「有害物質について」(主催:東京消防庁消防学校、2021年1月、聴講者約50名)
- 13) フォーラム環境塾「環境と安全」(2021年6月16日)
- 14) 消防庁消防大学校講義「燃焼理論」、「消防とリスクマネジメント」(主催:消防庁消防大学校、2021年7月6日、2021年12月3日、聴講者約50名)
- 15) 横浜国立大学先端科学高等研究院第1回公開シンポジウム「環境社会リスクの視点から考える石油コンビナート防災」(2021年7月16日)
- 16) ケミカルマテリアルJapan2021・産業安全フォーラムにおいて講演「日タイスマート保安コンソーシアム設立の意義と今後の展望」(主催:化学工業日報社、2021年10月18日～10月29日、オンライン開催)
- 17) 産業安全塾にて講演「化学プロセス安全の基本と産業安全環境の醸成」(2021年11月30日)
- 18) 横浜国立大学先端科学高等研究院第2回公開シンポジウム「環境社会リスクの視点から考える環境汚染対応」(2021年11月5日)
- 19) 富山県消防連絡協議会「事故事例から学ぶリスクマネジメント」(2021年11月24日)
- 20) 東京消防庁化学災害技術研修「有害物質について」(主催:東京消防庁消防学校、2022年2月、聴講者約50名)

(4) マスコミ等への公表・報道等>

特に記載する事項はない。

- (5) 本研究費の研究成果による受賞
特に記載する事項はない。

IV. 英文Abstract

Chemical Spill Scenarios Construction due to the Disaster and Accident and Disaster Prevention and Mitigation Strategy

Principal Investigator: Atsumi MIYAKE

Institution:

Yokohama National University, Yokohama City, Kanagawa, JAPAN

Tel: +81-45-339-3993 / Fax:+81-45-339-4011

E-mail: miyake-atsumi-wp@ynu.ac.jp

[Abstract]

Key Words: Chemical, Environmental pollution, Social risks, Natech database, Guideline of social risks

The risks associated with chemical release from industrial sites caused by natural disasters or unforeseen events pose grave concern worldwide. Previous research and practices focused mainly on loss prevention and mitigation of human casualties, equipment, construction, and the environment. Therefore, local governments and business operators that possess hazardous chemicals have for years prepared for and developed technical tools for predicting the impacts of chemical releases and practical manuals for responding to releases. However, these studies mostly overlook the impacts on social activities. For example, when a large amount of toxic chemical stored at an industrial area leaks to a public area, activities and operations of hospitals, schools, water supply facilities, and other critical infrastructure are damaged, which can halt the operations and services. The social impacts on stakeholders caused by environmental pollution should be minimized, but a framework that can effectively address the risks in terms of prevention, mitigation, response, and recovery has not been suggested.

The purpose of this study was to analyze social risks from environmental pollution caused by chemical released from chemical industrial sites and to develop and suggest social risk treatments and a strategy against environmental pollution to stakeholders for disaster prevention and mitigation.

We developed a new framework of social risks from environmental pollution caused by chemical release. The framework focuses mainly on risk treatments for the stakeholders for the purposes of prevention, mitigation, response, and recovery. To develop the framework, we investigated the environmental impact of natural disaster-induced chemical release events, which are referred to as Natech events. The investigations were summarized in a Natech database. Subsequently, we identified risk scenarios of environmental pollution to stakeholders using master logic tree, event tree, and fault tree methods. The results of the scenario identification were analyzed and summarized to develop and recommend guidelines for risk treatments by all stakeholders. In addition, we developed sophisticated preventive and mitigative methods: a runaway reaction prediction technique and a real-time atmospheric dispersion simulator. We also made an animation video to introduce concerns about social risks from environmental pollution that directly and indirectly cause knock-on effects on social activities by stakeholders.

Finally, we published the Natech database, the guideline of social risks, and the video on the website of the Center of Creation of Symbiosis Society with Risk, Yokohama National University, to advertise to the public to contribute to the effective development and implementation of disaster prevention and mitigation strategies by all stakeholders.