

大都市大震災軽減化プロジェクト

— プラント災害シミュレータの開発 —



研究ノート

倉敷哲生*, 座古勝**

A Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in Urban Areas
— Development of Disaster Simulation for Chemical Plants —

Key Words : Disaster Simulation, Chemical Plants, Gas Diffusion, Fire, GIS, Reliability

1. はじめに

近年、新日鉄やブリヂストン、出光製油所など国内外の製造プラントにおいて火災、爆発等の災害が連続し、安全性の再確認や防災設備の完備、再点検が重要視されてきている。中でも、阪神大震災に代表されるような大災害に備えて、化学プラントのより厳しい安全運営面から防災計画見直しが進められており、起こり得る災害の危険性とその影響範囲を把握し得る評価手法開発の必要性が高まっている。

文部科学省が2002年度から開始した5ヶ年プロジェクト「新世紀重点研究創生プラン～リサーチ・レボリューション・2002」の中で、防災分野の研究開発事業として「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」¹⁾が実施されている。本プロジェクトは、首都圏や京阪神などの大都市圏において、阪神大震災級の震災が発

生した場合の人的・物的被害を大幅に軽減するための科学的・技術基盤の確立を目的としている。(独)防災科学研究所がコア組織となり、災害現場と連携したITの活用により、被害状況推定の高度化、災害対応活動の定量的評価の高度化を実現し、対応の最適化を支援する「震災総合シミュレーションシステム」の開発を行っている。建物の耐震化や、ハザードマップの高度化など、様々な分野の研究が参画する総合的なプロジェクトの中で、著者らはプラント災害分野を担当し、化学プラントの災害シミュレータの開発を行っている。本稿では、現在までに開発した災害シミュレータについて記述する。

2. 震災総合シミュレーションシステムの概要

国や自治体の行政機関が有効な災害対応行動を行うには、起こり得る災害現象とその影響範囲を推定し、災害発生時にはリアルタイムの対応行動がとれることが重要である。これを支援するのが震災総合シミュレーションシステムである。震災のように幾つかの現象が発生する場合の複雑な現象のシミュレーションは単独のプログラムで実行するのはなく、様々なシミュレーションを融合・協調した統合システムと



*Tetsusei KURASHIKI
1971年2月生
1997年大阪大学大学院工学研究科・博士後期課程修了
現在、大阪大学大学院工学研究科、ビジネスエンジニアリング専攻、助教授、博士(工学)、信頼性工学
TEL 06-6879-7564
FAX 06-6879-7570
E-Mail kurasiki@mit.eng.osaka-u.ac.jp



**Masaru ZAKO
1945年2月生
1973年大阪市立大学大学院・工学研究科・博士後期課程修了
現在、大阪大学大学院工学研究科、ビジネスエンジニアリング専攻、教授、工学博士、信頼性工学、複合材料工学
TEL 06-6879-7563
FAX 06-6879-7570
E-Mail zako@mit.eng.osaka-u.ac.jp

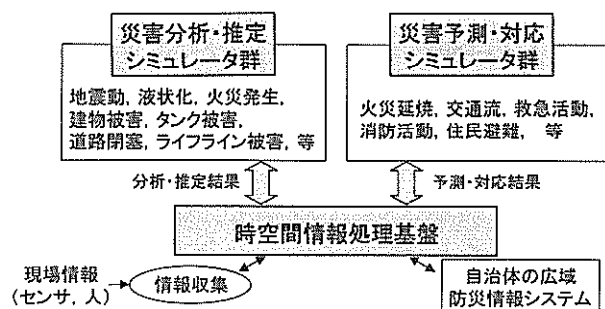


図1 震災総合シミュレーションシステムの構成

しての提供が望ましい。そのシステムの構成を図1に示す。シミュレータ群は役割に応じて、災害分析・推定シミュレータ群と災害予測・対応シミュレータ群の2つに分けられる。災害分析・推定シミュレータ群は、災害現象を扱う様々なシミュレータ群の集まりであり、発災直後の被災状況の推定が行われ、対応行動を扱う災害予測・対応シミュレータ群に初期条件を与えるものとなる。プラント災害シミュレータは、災害分析・推定シミュレータ群に属し、化学プラント周辺地域に影響を及ぼす毒性気体拡散や火災延焼の発生、その規模と持続時間の把握等を行っている。

各シミュレータは地理データ等を連携して稼働することが不可欠である。そのため、時空間情報処理システム(GIS: Geographical Information System)が基盤となり、GISを共通のデータベースとして共有することにより、互いに協調することが可能となる。GISを介した各シミュレーション結果が、そのまま自治体の平常業務で使われる地域管理情報システムと連携するため、シミュレータ間の繋ぎやシミュレーションアーキテクチャの整備が進められている。

3. プラント災害シミュレータ

3.1 プラント災害の分類

化学プラントにおける火災・爆発の発生は貯蔵物の流出・拡散が主原因となる。流出・拡散から火災に至る過程として種々が報告されているが²⁾、これらを整理すると、最悪状態の被害想定方式(大漏洩・全面火災)の発生頻度は低く、微小漏洩の場合は比較的多頻度であることが挙げられる。従来の高圧ガス保安協会の手法³⁾では、大規模な災害形態または微小漏洩の災害形態についての危険度評価を行っているが、災害発生頻度はその中間的な規模であり、その危険度を十分に評価する必要がある。すなわち、微小漏洩と大破流出の中間を小破流出と定義し、漏洩時にフラッシュ蒸発による急激な気化と、漏洩物が防液堤内に滞留し入熱による蒸発が併発する場合を考えると安全性評価には重要となる。

そこで、図2に示すように流出形態を3つに分類する。中でも小破流出に関しては流出・蒸発・拡散の各現象を連続した事象として扱い、2つの蒸発形態を考慮した気体拡散シミュレータを開発している。さらに、タンク火災・延焼のシミュレータをも開発

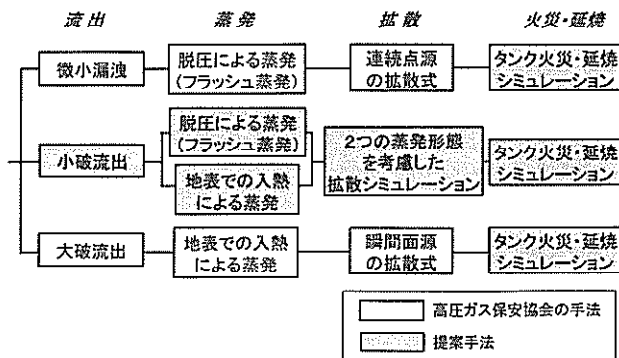


図2 災害進展モードの分類

し、流出・拡散から火災・延焼まで考慮し、周囲に及ぼす危険範囲の把握を行っている。

3.2 タンク内容物の流出・蒸発・拡散シミュレータ

図3に模擬化学プラントの二次元図を示す。タンク内容物の種類別に防液堤で区画・整理されており、シミュレータ画面上ではタンク内容物の種類別毎に色別してタンクを表示している。気体発生源となる初期崩壊タンクの破壊口径等の情報から、時々刻々に変化する内容物の流出・蒸発・気体発生量を計算し、気体拡散領域の表示を行うこととなる。図3には、流出・蒸発・拡散の連成を考慮した解析結果として、LPGタンクより小破流出が生じた際の5分後の拡散濃度分布を示している。漏洩発生から着火源存在域に至る拡散気体の到達時間が算出可能な点から、災害時の避難・誘導に貢献するものと考えられる。

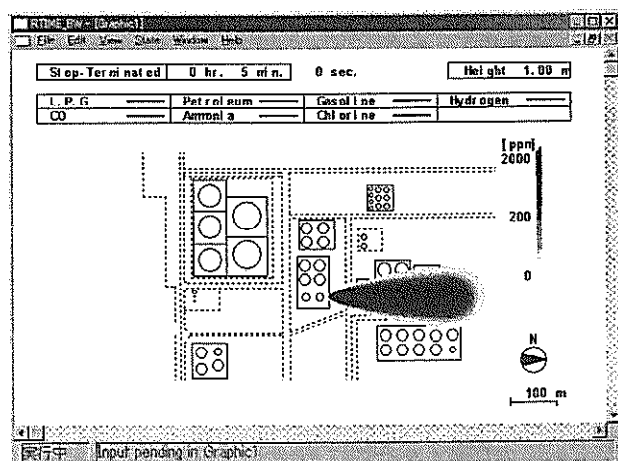


図3 小破流出時のLPG拡散範囲

3.3 タンク火災・延焼・消火シミュレータ

プラント内で発生した火災が放射するふく射熱量

を基に、タンク間の延焼を評価し得るタンク火災・延焼シミュレータを開発している。火災から隣接タンクへ放射するふく射熱量からタンク壁温上昇および内部圧力上昇を算出し、これに基づきタンク破壊のタンク二次崩壊を判定する。これらの事象を時刻歴に把握し、タンク延焼の解析を行っている。ただし、プラント内のタンクには、スプリンクラーの設置による安全策がなされている。このようなスプリンクラーによる消火効果を考慮しなければ、災害伝播の停止もしくは遅延などの実際に即した解析が不可能であると考ええる。そこで、スプリンクラーの水噴霧による受熱タンク表面の熱上昇抑制効果を考慮したシミュレータも開発している。特に、プラント内に蓄えられる消火水量は有限であるため、延焼時

間を最大限延長するべく最適な消火水量を決定するアルゴリズムも構築している。図4に、消火による効果を解析した結果を示す。災害シミュレータは災害の拡大を示す目的のみならず、如何にすれば防げるかを考える上でも意義あるものと考ええる。

4. 時空間情報を用いたシミュレータ

実データに基づき実地図を計算機上にマッピングしたデジタル時空間において、災害の発生から拡大を解析し、結果をリアルタイムであらゆる角度から表示が可能となれば、災害の軽減化や防災に有効な手段となる。そこで、時空間情報処理基盤(GIS)と連動したプラント災害シミュレータの開発も行っている。現在、防災科学研究所と共同で進めているシミュレーションの一例を図5に示す。既述したタンク火災・延焼シミュレーションとGISを結びつけ、GISに表示された川崎市の地理データを用いて解析した結果である。タンク火災が発生した際の任意の時間経過後の危険熱影響範囲を把握することが可能となる。このように、GISとシミュレータを連動させ、衛星から送られる画像データや変化する気象条件などを刻々と取り込めば、リアルタイムで修正を加えながらシミュレーションを進めることが可能となり、災害軽減化に有用なシステムになると考える。

5. おわりに

著者らが取り組んでいるタンク火災・消火・気体

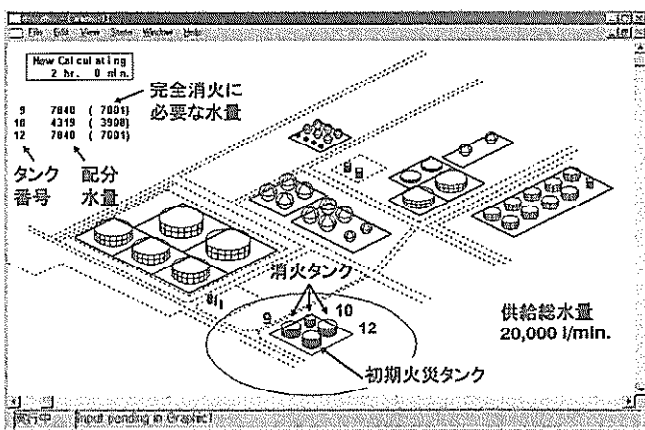
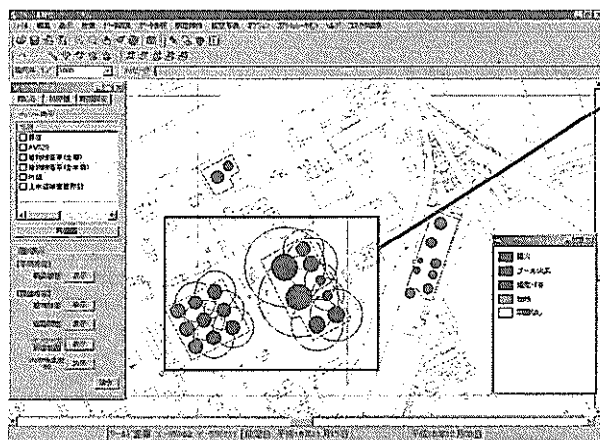
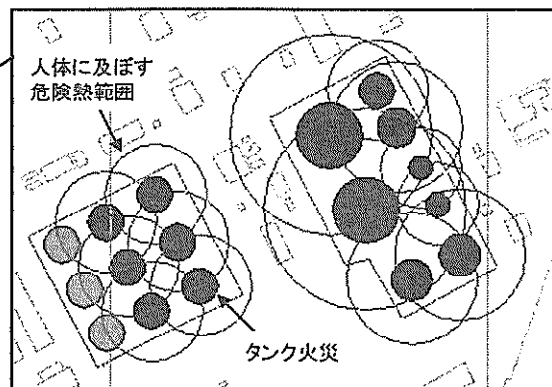


図4 消火を考慮したタンク延焼シミュレータ



(a) 時空間情報処理基盤



(b) タンク火災による危険熱範囲

図5 GISとの連動によるプラント災害シミュレータ

拡散災害に関するシミュレータについて概説した。容量と配置の異なるタンクから初期災害が発生した場合について、周囲に及ぼす危険性を経時的かつ定量的に評価可能であることから、本手法は化学プラントの安全性支援に寄与すると考える。さらに、GISとシミュレーションとの融合により、高品質な被害分析・推定が可能となる。今後は、災害予測・対応シミュレータ群としての開発も進め、気象条件

が変動した際のリアルタイムシミュレータや、消火活動の高度化への展開を行う予定である。

文 献

- 1) <http://www.kedm.bosai.go.jp/>
- 2) 例えば、山瀬敏郎, 安全工学, 40, 22, (2001).
- 3) 高圧ガス保安協会: コンビナート保安・防災技術指針, KHK E 007-1974, (1974).

この記事をお読みになり、著者の研究室の訪問見学をご希望の方は、当協会事務局へご連絡ください。事務局で著者と日程を調整して、おしらせいたします。

申し込み期限：本誌発行から2か月後の月末日

申し込み先：生産技術振興協会 tel 06-6395-4895 E-mail seisan@maple.ocn.ne.jp

必要事項：お名前、ご所属、希望日時(選択の幅をもたせてください)、複数人の場合はそれぞれのお名前、ご所属、代表者の連絡先

著者の都合でご希望に沿えない場合もありますので、予めご了承ください。