

大震災時の石油コンビナートの安全性に関する包括的リスク管理と 革新的減災法

加藤 直三 大阪大学大学院工学研究科

Naomi KATO

Department of Naval Architecture and Ocean Engineering,
Graduate School of Engineering, Osaka University
E-mail:kato@naoe.eng.osaka-u.ac.jp

Abstract

This paper deals with comprehensive risk management on the safety of industrial parks including innovative mitigation methods in large scale natural hazards. The present safety measures mainly focus on the facilities in industrial parks. To realize low risk society, those should include securements of lives of residents around the industrial parks and workers in the industrial parks, supply chains on land, maritime logistics, maritime activities of restoration works from the disaster. This paper focuses on 1)innovative countermeasures for mitigation of disasters by earth banks at the front of oil and gas storage tanks and submersible flexible pipes at the front of quay wall, 2)comprehensive risk assessment covering the safety inside and outside the industrial parks, and safety on land and at sea, and 3)international comprehensive safety regulations including certification by third party organizations.

1 章 諸 言

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災では、大規模な津波によって工業地帯の油貯蔵施設から大量の油が流出し、気仙沼市街地は全焼した。今後、東海・東南海・南海連動型地震とそれに伴う津波の発生が予測され、東京湾、伊勢湾、大阪湾では大規模工業地帯への災害とそれに伴う有害物質の流出が懸念されている。化学物質のリスク管理の分野では、EU の REACH や、アメリカの Tox21 のように、包括的なリスク管理規則が策定されている。一方、石油コンビナート防災に関しては、住民の生命財産、海上物流や海上からの災害復旧活動に大きな影響をもたらす臨海部の油や危険物の流出やガス爆発による災害に関する包括的なリスク管理が未整備となっている。一方、ヨーロッパではその安全基準作りの動きが出ている。日本は、地震・津波・火山などの自然災害の防災技術に関しては、先進国であり、国際的な規則の策定に、先導的役割を果たせる。認証制度を伴う国際的基準策定を先導しているヨーロッパの機関と、日本の防災の革新的技術を組み合わせることで、世界の範となる国民の生命財産を守る臨海コンビナートの包括的国際安全基準の策定が急がれる。

自然災害起因の産業事故 (natural-hazard triggered technological accidents) を一般に **Natech** と呼んでいる。地震・津波災害に伴う石油コンビナートの事故は、その典型的な例である。その他、台風、高潮、火山爆発、地球温暖化などの自然災害に伴うものも含まれる。今年 3 月仙台で開催された世界防災会議のフォーラムの中で初めて、Natech が議論された。しかも、技術や環境に起因する危機のリスク低減が国連総会で採択された「2015-2030 災害リスク低減」仙台フレームワークの中に取り入れられた。

この Natech に関して、European Commission Joint Research Centre が中心となって、2003 年、2007 年に Natech に関する

ワークショップを開催している¹⁾。OECD (経済協力開発機構) の化学事故作業部会 (WGCA) では 2012 年に Natech ワークショップを開催した²⁾。日本では、2015 年 3 月に大阪大学が「大規模工業地帯への自然災害の影響」という題目の国際シンポジウムを開催している³⁾。

石油コンビナートに係る防災に関して、現在、石油コンビナート等災害防止法と、消防法、高圧ガス保安法、災害対策基本法その他災害の防止に関する法律が制定されている。その中で、石油コンビナート等防災本部 (都道府県) は、石油コンビナート等防災計画を作成し、毎年これに検討を加えることが要求されているが、災害の想定の評価手法を示した「石油コンビナートの防災アセスメント指針」がある。しかし、工場労働者や住民の生命、海上物流や海上からの災害復旧活動に大きな影響をもたらす油や危険物の住宅地区や海上への流出やガス爆発による大規模災害に関する包括的なリスク管理が未整備となっているのが現状である。またこの包括的なリスク管理では、リスクを低減させる新しい技術の導入が重要である。この包括的なリスク管理規則の導入には、国内の法律や行政間の壁が障害となっている。一方、EU は認証制度を伴う国際的な安全基準で先導的役割を果たしており、EU との共同作業で、国際安全基準策定に取り組み、国内への導入を図る道筋が描ける。

東日本大震災を経験した今、大都市の臨海部に立地する石油コンビナートの安全対策について、大災害が起きる前に、油や危険物の住宅地区や海上への流出やガス爆発に伴う工場労働者や住民の生命財産、海上物流や海上からの災害復旧活動の安全確保を含んだリスクアセスメントを用い、抜本的な災害対策を施しておくことが、求められている。それぞれの

危険源に対して、リスクを見積もる。許容可能でないリスクが残っていれば、再び安全方策を施すことにより許容可能なリスクまで低減することが要求される。全体の安全性を総合的に判断する第三者機関による認証制度を含む国際的な包括安全基準の策定によって、施設の安全ばかりでなく、住民や工場労働者の安全・安心、海上物流や海上災害復旧活動の安全を確保する低リスク社会への構造変革をもたらすことになる。

本論では、次の三点の構成要素について、議論する。

1) 革新的減災技術の導入

リスクを低減させると同時にコストを抑えることが可能な革新的減災技術として、津波の越流を防ぐ盛土の石油タンク全面の護岸への設置、津波の流れを低減させる非常時のみ海底から立ち上がるフレキシブルパイプ群の護岸全面の海底への設置を挙げる。

2) 包括的リスクアセスメントの導入

消防庁の「石油コンビナートの防災アセスメント指針」では、油や危険物の住宅地区や海上への流出やガス爆発に伴う住民や工場労働者の安全、陸側のサプライチェーンの確保、海上物流や海上の災害復旧活動の安全を含んだリスクアセスメント手法への展開が望まれる。流出油の拡散と火災シミュレーション技術、ガス爆発シミュレーション技術の開発と、海上物流の安全や海上からの災害復旧活動の安全に関するシミュレーション技術の開発を新たに行う。それらを取り込んだ包括的リスクアセスメントを構築する。

3) 認証制度を含む包括的な国際安全基準の策定

石油コンビナート施設の安全ばかりでなく、住民や工場労働者の安心・安全、海上物流や海上災害復旧活動の安全を確保するため、第三者機関による認証制度を含む国際的な包括安全基準の策定を EU の機関と共同作業を通して行う。

Fig. 1 に全体の流れを示す。

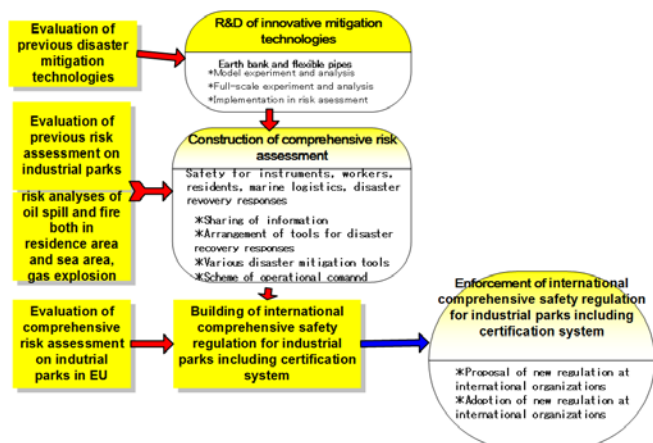


Fig. 1 Flow chart of research

2 章 革新的減災技術

2.1 盛土

常田と谷本⁴⁾は、2011年の東日本大震災のあと、津波被害の現地調査を行い、盛土が津波の越流を減らすのに効果的であることを見つけた。そして Fig.2 に示すような岸壁、盛土、盛土の上の植生、人工落堀の構造の組み合わせを提案し

た。この盛土を使った構造を、石油コンビナートの石油タン

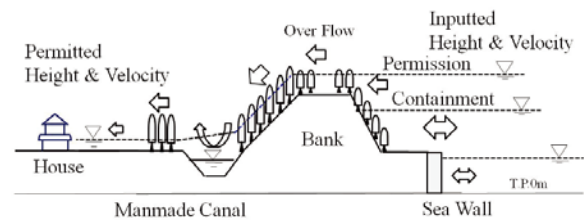


Fig. 2 Design concept against tsunami with sea wall, earth bank and manmade canal⁴⁾

クの前面に配置することで、津波の越流を減らすのに効果的であると考えられる。

2.2 フレキシブルパイプ群

港湾内で平時は海上交通の障害にならず、津波来襲時のみ作動する可動式の津波防波堤として、これまで、フラップゲート式⁵⁾、直立浮上式防波堤⁶⁾、展張型幕防波堤⁷⁾などが提案されている。直立浮上式防波堤については、和歌山下津港海岸（海南地区）で建設が計画されていたが、2015年2月に計画が取りやめになり、護岸かさ上げによる津波対策に切り替えられることになった。この浮上式防波堤は当初、東海・東南海・南海3連動地震を想定して設計されたが、2012年4年に内閣府が公表した南海トラフ巨大地震の被害想定では機能しなくなる恐れが出てきたこと、それに伴う地盤対策などの追加費用が発生することが主な理由である。

一方、2004年12月26日に発生したインド洋大津波による南タイの沿岸の被害調査⁸⁾から、マングローブ群、特にフタバナヒルギが、海中から気中にまで伸びる根の複雑な構造のため、津波被害を低減させるばかりでなく、流木、漂流物をトラップする効果が大きいことが明らかにされた。

石油コンビナートへの津波被害を低減させる津波防波堤の必要条件として以下の項目が挙げられる。

- 1) 石油コンビナート地帯に侵入する津波のエネルギーを低くすること、
- 2) 平時には海上交通の妨げにならないこと、
- 3) 津波来襲時に確実に作動すること、
- 4) ガレキをトラップすること、
- 5) 費用対効果が大きいこと。

フラップゲート式、直立浮上式防波堤は、5番目の項目について弱点がある。展張型幕防波堤は、3番目、4番目の項目について弱点がある。マングローブ群は、2番目の項目に弱点がある。

一方、アメリカ・カリフォルニア州中部からメキシコ北部の太平洋岸に生息する褐藻類の海藻のジャイアントケルブの機能を模倣したフレキシブルパイプ群を考えると、平時には海底に丸く巻き取られ、津波来襲時のみ圧縮空気によって海面まで展張する方式を取るならば、上記5項目を満足することが可能となる（Fig.3 参照）。フレキシブルパイプ群を石油コンビナート前面の海底に設置することで津波減殺に効果的であると考えられる（Fig.4 参照）^{9),10)}。

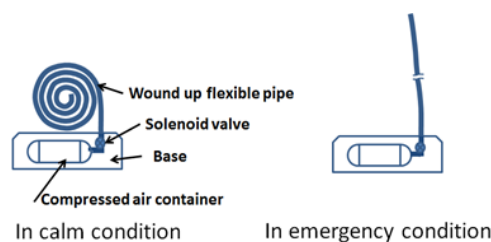


Fig.3 Operation of flexible pipes in calm condition and in emergency condition

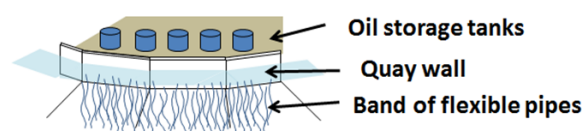


Fig.4 Arrangement of flexible pipes

3 章 包括的リスク管理

3.1 石油コンビナート防災の施策

これまでの石油コンビナート防災の施策は、石油コンビナート等災害防止法（石防法）を中心に消防法、高圧ガス保安法、災害対策基本法その他災害の防止に関する法律とともに、規定されている。石防法では、石油や高圧ガス等の危険な物質を大量に扱う地域であり、災害発生危険性が大きく、また災害発生時には極めて大規模な災害に発展する危険性が大きい区域を、石油コンビナート等特別防災区域として決めている。この特別防災区域が所在する都道府県に、石油コンビナート等防災本部（防災本部）を置くことを規定している。防災本部は、石油コンビナート等防災計画の作成と災害時に緊急に統一的な防災活動を実施する必要があるとき、石油コンビナート等現地防災本部を設置することが義務付けられている。この石油コンビナート等防災計画の作成にあたっては、科学的評価手法のひとつとして、消防庁が作成した石油コンビナートの防災アセスメント指針¹¹⁾が用いられている。

石油コンビナート等の保安規制が、総務省消防庁、厚生労働省及び経済産業省（「3省」）により、それぞれの所管法令に基づき実施されているため、より一体的に指導監督を行うことを目指して、平成26年2月に内閣官房の主導により、石油コンビナート等における重大な産業事故災害に係る情報の交換及び原因調査・分析に係る連携などを目的とした「石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議」が設置され、平成26年5月に「石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議 報告書」が取りまとめられた。そこで謳われた「石油コンビナート等災害防止3省連絡会議」が設置された。

一方、海洋汚染や海上災害の防止については、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」（海防法）で規定されている。陸上施設から流出した油が港内全域に拡散した場合には、指定海上防災機関として海上災害防止センターが、原因者（船舶所有者や石油化学会社等）の要請によって、海上防災措置に関する契約を締結して、油流出の場合は防除活動を、引火性や有毒性の高い有害危険物質の流出や火災の場合は、現場安全確保や火災消火活動も含めた対応を実施する体制をとつ

ている。一方、自然災害に起因する海上災害の場合、海防法では、原因者に費用の負担をさせることができないことが規定されている。それに対し石防法では、災害の範囲に自然災害も含まれ、事業者の責務が免除されていない。

3.2 石油コンビナートの防災アセスメント指針

リスク解析手法の1つであるイベントツリー解析を適用したコンビナートの防災アセスメント指針は、平常時の事故、地震時の短周期地震動による被害に対する確率的なリスク評価、地震時の長周期地震動による被害、津波による被害（危険物や高圧ガスタンクの被害のみ）に対する確定的な定量評価を行っている。

例えば、大阪府においては、石油コンビナート等災害防止法に基づき特別防災区域に指定された大阪北港地区（約360万㎡）、堺泉北臨海地区（約1,801万㎡）、関西国際空港地区（約803万㎡）、岬地区（約56万㎡）の4地区がある。大阪府石油コンビナート等防災本部により、コンビナート防災計画の見直しに向け、本地震・津波被害想定等検討部会が設置され、被害想定と防災・減災対策について報告書が作成された¹²⁾。そこでは、南海トラフ巨大地震に起因する地震動や津波により、石油コンビナート地区で発生が想定される災害とその影響について、被災施設がどのような被害を受けて災害に発展するのかを「発生する一次的な事象」、「発生する二次的な事象」、「その他想定を考慮すべき事象」に分類して整理している。

石油コンビナート地域における地震により想定される事象として、強振動、長周期振動（主に油タンクのスロッシング）、地盤液状化、地盤沈下を取り上げ、また津波により想定される事象として、津波、浸水、漂流（船舶、所内自動車など）を取り上げ、発災が想定される事象の評価に際して、「防止アセスメント指針を適用して定量的に評価する事象」、「定性的に評価を行う事象」等に評価方法を分類している。

定量的評価手法による被害想定に関して、石油コンビナート等特別防災区域内の特定事業所（第1種・第2種）に設置される危険物タンク、高圧ガスタンク、毒性液体タンク（危険物・高圧ガスに該当しない毒性液体を貯蔵したタンク）、プラント（製造施設）、タンカー棧橋（石油タンカー棧橋、LPG・LNGタンカー棧橋）、パイプライン（事業所間を結ぶ導配管で、第1～第4石油類や可燃性の高圧ガスを移送するもの）を被害対象として、短周期地震動による被害（危険物の漏洩・火災、可燃性ガスの漏洩・火災・爆発、毒性ガスの漏洩・拡散等）では、確率的手法を用い、災害の影響度の推定モデルとして、ガス拡散モデルを用い、地域特性に応じた災害想定を行うため、イベントツリー解析による災害の発生確率と影響度の両面から総合的な災害危険性を評価し、相対的にリスクが大きい想定災害を抽出する方法を採用している。長周期地震動による浮き屋根式危険物タンクのスロッシング被害を評価するため、消防庁の防災アセスメント指針を活用し、危険物タンクのスロッシング波高から溢流量を算定している。津波の波力・浮力による危険物タンクの影響を判定するため、タンクの浮き上がりや滑動の可能性を予測する簡易手法である「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール（消防庁）」により算出した流出量から、被災時の想定最大流出量を求めている。

この大阪府の報告書の特徴として、定性的に評価を行う事象に関して、連鎖と複合の考え方に基づいた被害想定シナリオ案を作成している。単独の災害事象を列挙するだけでなく、さらにその次に起こるうる連鎖的なシナリオについて、災害が複合的に重なった場合も含めている。

さらに、短周期地震耐震対策、長周期地震動対策、津波による災害対策、液状化対策について、具体的に方策が示されている。

3.3 石油コンビナートの包括的防災アセスメントと包括的リスク管理

上記の大阪府の報告書で提案されている被害想定シナリオ案では、南海トラフ巨大地震に起因する地震動や津波により、石油コンビナート地区で発生が想定される災害とその影響について、地区内と地区外に分けて記述されている。その中には、周辺地域の住民の生命・財産の安全、工場労働者の生命の安全、周辺地域の住民の生活の維持に繋がる陸上のサプライ・チェーンの確保、海上物流の確保、海上からの災害復旧活動の確保に密接に関係する事象の説明はあるが、防災アセスメントの定量評価にまで至っていない。低リスク社会の実現のためには、地区内の防災アセスメントばかりでなく、周辺地域の住民の生命・財産の安全、工場労働者の生命の安全、周辺地域の住民の生活の維持に繋がる陸上のサプライ・チェーンの確保、海上物流の確保、海上からの災害復旧活動の確保を含んだ包括的防災アセスメントの構築が緊急の課題である。この定量的な評価を行うには、上記の観点に関する流出油の拡散と火災シミュレーション技術、ガス爆発シミュレーション技術の開発と、海上物流の安全や海上からの災害復旧活動の安全に関するシミュレーション技術の開発を新たに行う必要がある。

包括的防災アセスメントを用いると、それぞれの危険源に対して、リスクを見積もることができる。許容可能でないリスクが残っていれば、再び安全方策を施すことにより許容可能なリスクまで低減することが要求される。このような包括的リスク管理の構築が必要である。船舶の分野では、国際海事機関（IMO）でリスク管理の手法の応用として開発された規則作成ツールである総合的安全評価法（FSA）¹³⁾がある。FSAは以下の5つのステップから構成されている。ステップ1：ハザードの同定、ステップ2：リスク評価、ステップ3：リスク軽減措置の立案・検討、ステップ4：費用対効果の評価、ステップ5：意思決定のための勧告。このFSAは規則改正において、規則改定案の選択肢と規則改定案の客観的根拠を示すツールとして活用されている。このFSAの考え方は、包括的リスク管理の構築に有用であると思われる。

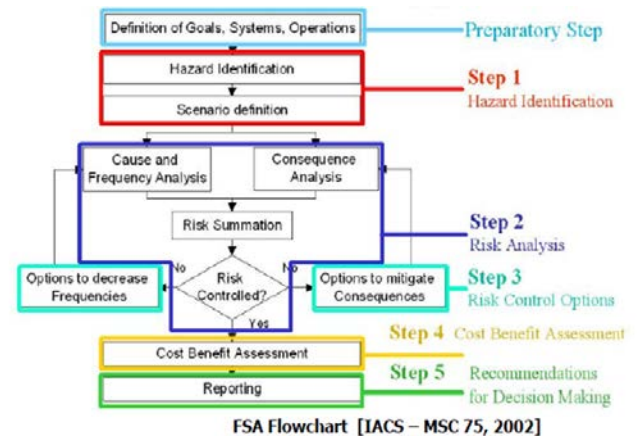


Fig.4 FSA flow chart¹³⁾

2015年3月に大阪で開催された国際シンポジウム「大規模工業地帯への自然災害の影響」では、幾つかのNatechのリスク管理に関するいくつかの考え方が示された。

Salzano¹⁴⁾は、地震や津波によるNatechの被害の特徴として、複合事象が同時に発生し、お互いに影響しあい、色々な安全策の許容範囲を超えて、制御不能になる確率が高くなることを示した。地盤リスク評価では、地上石油・ガスタンクの転倒、滑動、離脱、ガスタンクと接続するパイプラインの座屈、スロッシング、液状化などの事象が重要となる。またNatechの被害のイベント・ツリーの表現では、被害の要因と被害事象の関係に、ちょうネクタイの考え方をを用いて、リスク評価を行っている。被害の要因に対して壊れやすさを5段階に分け、被害事象を3段階（一部損失、かなりの損失、完全損失）にわけ、その間の関係を確率的に表現している。地上の加速度をベースに、これまで実際の事象から、係数を決め、リスク評価を行っている。

Fendler¹⁵⁾は、Natechリスク管理に関する技術規則の開発について説明があった。2002年に発生したドイツでの洪水によって市街地への油流出があった。ドイツでは気候変動の影響によって、洪水、突風、積雪の被害が増大する傾向にある。これらの事象のリスク評価と安全管理は、被害要因解析、被害リスク解析、被害軽減対策の検討、被害軽減対策の選定と行動計画の策定の段階から成り立っている。特徴的な点は、気候変動による影響を、年代を分けて、年が経過するほど、大きくとっていることである。

Krausmann¹⁶⁾は、地震によるNatechのリスクマップの簡易作成法について提案があった。リスクマップの作成では、科学的ツールモジュール、自然災害とNatech被害、施設とプロセスユニット、リスク評価のモジュールから成り立っている。例として、イスタンブールでの地震による油流出を扱っている。

小野¹⁷⁾は、Natechを含んだ港のBusiness Continuity Plan(BCP)について、従来の企業単独のBCPに対して、港全体の物流のリスク評価が含まれることになり、さらに災害に粘り強いコミュニティを形成するには、地方自治体の参加が不可欠であること、一方、Natechを含んだ港のBCPの考え方の透明性を確保することが重要であることを指摘した。

柚井¹⁸⁾は、海洋利用における包括的環境影響評価指標を使

って、油タンカーの二重船殻構造化を評価する試みを示した。包括的環境影響評価指標は、環境リスクと経済性の概念を統合したものであり、エリアの適正規模（環境収容力）をどれくらい超えた経済活動をしているかを表すエコロジカル・フットプリントという概念と、生態リスク、コスト、ベネフィットを使っている。

4 章 認証制度を含む包括的な国際安全基準

機械の国際安全規格は、ISO/IEC ガイド 51¹⁹⁾を中心に、機械類の安全性－基本概念、一般設計原則規格を扱う ISO 12100 と、リスクアセスメント規格を扱う ISO 14121 などから、階層的に成り立っている。特徴は、製品のライフサイクル全般に渡って安全を組み込む（設計、製造、流通、使用、保守、解体、廃棄等）ところにある。また第三者機関による認証取得が前提となっている。

一方、海洋構造物の安全基準について、2010 年のメキシコ湾における海底生産システムからの大量の油・ガスの流出事故（GoM spill）後、アメリカ、イギリス、ノルウェーが中心となり、見直しを行った²⁰⁾。アメリカは、GoM spill 以前は、コマンド・アンド・コントロール式と呼ばれる規制内容を決し、政府あるいは規制機関はそれに基づき規制を行う考え方を取ってきた。一方、イギリスとノルウェーは、工業、労働者、政府によって作上げられた予めリスクを予見し、そのリスクを低めるリスク管理式を取ってきた。GoM spill を契機に、アメリカ、イギリス、ノルウェーの間で、第 3 者機関による検証を含み、事故が起こる前に実施する二つの方式を取り入れた基準作りが進んでいる。

世界的な趨勢として、石油コンビナート施設の安全ばかりでなく、住民や工場労働者の安心・安全、陸上のサプライチェーン、海上物流や海上災害復旧活動の安全を確保し、第三者機関による認証制度を含む国際的な包括安全基準の策定が望まれる。

参考文献

- 1) A.M. Cruz and E. Krausmann: Results of the Workshop: Assessing and Managing Natechs (Natural-hazard triggered technological accidents), JRC Scientific and Technical Reports, JRC, 2008
- 2) Report of the workshop on Natech risk management (23-25 May 2012, Dresden, Germany), OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Chemical Accidents No. 25, 2013
- 3) <http://www.naoe.eng.osaka-u.ac.jp/~kato/isub3.htm>
- 4) K. Tokida and R. Tanimoto: Lessons and views on hardware countermeasures with earth banks against tsunamis estimated in 2011 Great East Japan Earthquake, Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, 2012, Tokyo, Japan
- 5) Y. Kimura, T. Chikamoto, H. Yoshida, K. Shimosako and O. Kiyomiya: Field Experiment of Flap-Gate Breakwater, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering). 2012, 68(2):I240-I245
- 6) T. Takayama, T. Arikawa, D. Nishimura and M. Hitasawa: Development of Urgently Emerging Tsunami Breakwater—Buoyancy-Driven Vertical Piling System—, J. of Coastal Development Institute of Technology, No.10, 2010
- 7) K. Shimada, N. Matsubara, A. Kitadai and I. Habu: Examination of Underwater Self-spreading Sheet-type Tsunami Breakwater - Opposing Capability to Massive Tsunami Verified by Tank Test -, Mitsui Zosen Technical Review, No.212, 2014
- 8) Y. Sasaki, N. Tanaka, K. Yutani and S. Homchuen: Investigation on Effect for Vegetation by Tsunami in that Case of Sumatra Earthquake, Southern Part of Thailand, The science and engineering reports of Saitama University, No.38, 2005, pp.49-57
- 9) N. Kato, H. Suzuki and K. Takeuchi: Band of Biology-Inspired Flexible Pipes for Decreasing Damage of Oil and Gas Storage Tanks Caused by Large-scale Tsunami, Proc. of ISABMEC 2014, 2014
- 10) H. Suzuki, N. Kato, K. Takeuchi, Thaw Tar and T. Okubayashi: A study on lattice-pattern arranged vertical flexible pipes to decrease damage of oil and gas storage tanks caused by large-scale tsunami, Proc. of International Symposium on Natural Disaster Impacts to Large Industrial Parks (NDIIP 2015), 2015
- 11) http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h24/sekiyu_eikyohyoka/houkokusho/houkokusho_assessment.pdf
- 12) http://www.pref.osaka.lg.jp/hoantaisaku/bousaikeikaku/higais_otei-bukai.html
- 13) C. A. Kontovas: Formal Safety Assessment Critical Review and Future Role, Diploma Thesis, National Technical University of Athens, School of Naval Architecture & Marine Engineering, 2005
- 14) E. Salzano: Changing perspective: new limit states of oil and gas installation and pipeline to earthquake and tsunami, Proc. of NDIIP2015, 2015
- 15) R. Fendler: Development of technical rules on Natech risk management in Germany, Proc. of NDIIP2015, 2015
- 16) E. Krausmann: Assessing the Natech risk due to earthquake impact at hazardous installations using the RAPID-N framework, Proc. of NDIIP2015, 2015
- 17) K. Ono: Analysis supporting techniques and tools for developing business continuity plan, Proc. of NDIIP2015, 2015
- 18) T. Yuzui: Inclusive environmental impact assessment for oil tankers, Proc. of NDIIP2015, 2015
- 19) 向殿政男: ISO/IEC ガイド 51 : 2014 改訂について, 第 4 回 SA スキルアップミーティング, 2014
- 20) L. S. Benneer: Offshore Oil and Gas Drilling: A Review of Regulatory Regimes in the United States, United Kingdom, and Norway, Review of Environmental Economics and Policy, 9 (1): 2-22, 2015