

厚生労働科学研究費補助金  
分担研究報告書

建設工事における安全衛生の確保のための設計段階の措置に係る

建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害事例の分析

研究協力者 佐藤嘉彦 （独）労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・上席研究員  
研究代表者 吉川直孝 （独）労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・上席研究員

研究要旨

本分担研究では、建物建設工事における建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害事例を取り上げ、災害事例分析を通じて、建物建設工事における設計段階からの適切な安全衛生対策の一例を抽出することを目的とする。そのため、国内外の行政機関等のホームページから、公開されている災害事例に関する有用な公的資料をダウンロードし、それらを分析した。分析に当たっては、機械安全分野で国際的に認められている「危険源から危害に至るプロセス」図を用いて災害事例を分析し、危険源、危険状態、対策の不足等を抽出した。また、機械安全分野のスリーステップメソッド（本質的安全設計、安全防护、使用上の情報の提供（本分担研究では「管理的対策」及び「個人用保護具」による対策と読み換える））を用いて、「危険源から危害に至るプロセス」の上流から各安全衛生対策の例を検討した。さらに、各対策を実行する上で権限のある者を対策の実施者として明確化した。

このような分析結果から、建物建設工事の建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害に対する安全衛生対策として、本質的安全設計を含めたリスク低減措置の例を優先順位毎に提案した。

## A. 研究目的

本分担研究では、建物建設工事における建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害事例を取り上げ、災害事例分析を通じて、建物建設工事における設計段階からの適切な安全衛生対策の例を検討することを目的とする。

## B. 研究方法

本分担研究では、国内外の行政機関等のホームページから、公開されている災害事例に関する有用な公的資料をダウンロードし、それら进行分析する方法とした。分析に当たっては、機械安全分野で国際的に認められている「危険源から危害に至るプロセス」図を用いて災害事例を分析し、危険源、危険状態、対策の不足等を抽出した。また、機械安全分野のスリーステップメソッド（本質的安全設計、安全防護、使用上の情報の提供（本分担研究では「管理的対策」及び「個人用保護具」による対策と読み換える））を用いて、「危険源から危害に至るプロセス」の上流から各安全衛生対策を検討した。さらに、各対策を実行する上で権限のある者を対策の実施者として明確化した。

## C. 研究結果

### C-1. 建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害の概要

本分担研究では、2010年3月25日に発生した、当時建設中の「姫路市立網干健康増進センター」での爆発事故を対象とし、当該爆発事故に係る調査・安全対策検討委員会の報告書<sup>1,2)</sup>を参照して分析を行った。

#### (1) 建設地及び建設工事の概要

建設工事が進められていた網干埋立地区は、1983年に「公有水面埋立法」に基づいて埋立免

許が認められた公有水面埋立地である。1985年から1999年にかけて約70haの区画に約661万トン（約342万 $m^3$ ）が埋め立てられ、造成されている。埋立材としては、建設残土、浚渫土砂や建設廃材の他に焼却灰や下水道汚泥等が用いられている。事故後のボーリング調査によれば、浚渫土砂、焼却灰の他、下水道汚泥及び熔融スラグがスポット的に層状に埋め立てられていた。また、事故の分析で熱灼減量や溶解性TOCが認められたことから、有機物が含有されている埋立材であることが確認された。

上記網干埋立地区に、2006年12月から2010年6月の予定で、エコパークあぼし利用計画が策定された。本計画は、網干埋立地区の152,454 $m^2$ に、ごみ焼却施設、再資源化施設、姫路市立網干環境楽習センター、姫路市立網干健康増進センター及び芝生広場・緑地帯を造成・建設するものであった。着工時には平均高さがDL（姫路港平均海面位）4.90mであった敷地を、ごみ処理施設の計画地盤高さを4.90m、健康増進センターの計画地盤高さを6.40mとし、集客施設として周囲から眺望に長けた高台の施設として計画された。この造成は、2008年当初から芝生広場造成とともに現場着工し、春先には完了した。事業着手前の敷地高さ4.90mの地表面は50cm以上の良好な土砂でおおわれており、その下部は土砂系が2/3を占めるが、残る1/3は一般・産業廃棄物、浚渫土砂等が埋設されている土層で構成されていた。

健康増進センター本体工事は、2009年5月下旬に、159本の支持杭工事から着手された。その後、基礎・地下ピット工事、鉄骨工を経て、床、躯体、内装、設備工事等が施工されていた。2009年の7月下旬から地下部の掘削が行われた。当該施設の建設にあたっては、地下ピットの有無にかかわらず、地中梁の施工性から地下

ピット底まで全面掘削をしており、掘削によるスラグ上面（DL3.72 m）に近い深さ（DL約4.5 m）まで掘削した後、地中梁を施工後、地下ピットのない箇所は1階床下まで流用土砂により埋め戻しされていた。

事故発生時点では、設備工事のうち、本体に近接する各種ユーティリティ配管工事は、ほとんどが完了していた。配管の種類は、上水道配管、工業用水道配管、電気配管、ガス配管、汚水配管、雨水配管、焼却余熱利用の高温水配管、ろ過水再利用配管等、多種にわたっており、多数の管の埋設工事が健康増進センターの周囲で行われた。また、これらの管で供給される光熱水等を建物内で各設備に利用するため、建物外から前述した地下ピットへ箱抜き孔（スリーブ孔）を通じて配管が多数引き込みされていた。埋設管の施工に関しては、設計仕様で保護用材の使用を義務付けていた。また、設計仕様にかかわらず、施工者側で管の保護を行っているものもあった。これらの保護用材は砕石、砂利、砂、ダスト（砕石滓）等であり、施工箇所周辺の土砂と比べて粒度が均一化していた。主要な管は、健康増進センターの周囲だけにとどまらず、エコパークあぼし敷地全体から配管工事を行っており、周囲の高さが低いところから健康増進センターのある高いところへの施工を行ってきた。

地下ピットについては、地下ピット間での配管が必要な場所はスリーブ孔により連結されていた。発災元となったピットの東側は5 cm厚の捨てコンクリートを打設した後、施工上、地下空間の形態となっていた。また、同ピットの西側は5 cmの捨てコンクリートを打設した後土砂の埋め戻しを行い、地下ピット間の配管を土中埋設していた。

## (2) 事故の経緯

健康増進センター本体工事において、床、躯体、内装、設備工事等を施工中の2010年3月25日に事故が発生した。午前9時10分ごろ、ろ過室地下ピット内で配管に保温材を溶着するためにトーチ（小型ボンベ装着ガスバーナー）を使用したところ、爆発が発生した。事故前日（3月24日）には事故が発生したピット内で1名の作業員が溶着に先立つ酸素濃度の計測作業を行っており、通常値（20.2%）であった。また、3月19日には別の地下ピット内で配管保温材溶着作業を行っていた。爆発後の火災は9時21分に覚知され、10時32分に救助が完了し、10時57分に鎮火が確認された。

## (3) 被害状況

当該事故における被害状況は以下のとおりである。

### 1) 建物

鉄骨造2階建延4,045.56 m<sup>2</sup>のうち約1 m<sup>2</sup>を焼損し、建物内の約3,000 m<sup>2</sup>が破損した。各階の区画及び被災状況の概要を図1に示す。図1中の地下の「1」と書かれているピット（以下ピット1と示す）が発災元である。

ピット1上部のマンホールは、事故発生時には開放していた。マンホール枠はねじれており、1階ろ過室天井の配管保護材1 m<sup>2</sup>が燃焼していた。

ピット2からピット4の1階床は地下での燃焼により圧力が上昇し、床部分が上方に変形して破壊した様相を呈していた。鉄骨にも部分的な歪みが見られた。また、ピット4の上部2階の床及びコンクリート梁の構造物も中央部が上方方向に弓なりになっており、大きな圧力を受けたと考えられる。

ピット4の1階の床は下からの圧力で破壊し、

さらにALC壁材を破壊し、その破片が南方向へ飛び散っていた。また、約10m南側の施設である倉庫、受水槽壁面にも破損が見られた。

ピット8及びピット39の上部床もピット内圧力上昇により破壊していた。

なお、ピット1と、その西隣にあるピット34、ピット37の南半分の1階部分は通路となっているが、床の破損は見られなかった。

## 2) 負傷者

負傷者は重傷4人、中等症3人、軽傷3人の計10人であった。以下にその詳細を示す。

- ・22歳男性(A)：顔面・両手足熱傷(Ⅱ度)  
(重症)
- ・27歳男性(B)：顔面・両手足熱傷(Ⅱ度)  
(重症)
- ・58歳男性：下腿骨骨折(重症)
- ・41歳男性：下腿骨骨折(重症)
- ・65歳男性：上腕骨骨折(中等症)
- ・59歳男性：下腿骨骨折(中等症)
- ・41歳男性：右側頭部挫傷・全身打撲(中等症)
- ・25歳男性：顔面打撲(軽傷)
- ・40歳男性：頭部外傷Ⅰ型(軽傷)
- ・51歳男性：頸部捻挫・腰部打撲(軽傷)

上記負傷者のうち、爆発時に最初に着火したと思われるピット1で作業を行っていたのは(A)、(B)の2名であった。このことにより、爆発時に被災者が作業をしていたピット内の可燃性ガスの濃度は燃焼範囲の下限界を超えており、燃焼が生じたものと考えられる。

## (4) 事故原因

### 1) 可燃性ガス及び発生源の特定

爆発現場付近に、爆発に関与するだけの容量のガス容器がなく、また燃焼用のガス配管も敷

設されていないことから、爆発に関与した可燃性ガスは、埋設地から発生したガスであると推定された。

爆発後の土壌コアサンプルの調査により、埋設地内部からガスが発生し、そのガスの主成分はメタンであった。埋設材の調査の結果、メタンを発生した地層としては、浚渫土砂や下水道汚泥が考えられた。それらに含有される有機物が嫌気性発酵(酸素が十分に供給されない状態で生じる発酵のこと)をすることでメタンを主成分とする発酵ガスが発生したと考えられた。なお、有機物による嫌気性発酵では二酸化炭素及び硫化水素も生成すると考えられるが、事故前後には硫化水素の異臭を訴える者がいなかった。これは、硫化水素がほとんど地下ピットには存在していなかったことを示している。硫化水素の水への溶解度が大きいことから、地下水及び雨水に溶解した可能性が高いと考えられる。二酸化炭素も同様に、水溶性のためかなりの量が地下水等に溶解したと思われる。

またガス発生層の調査を行った結果、埋立時に設けたスラグ層にメタンが溜まっていたことが確認された。

### 2) 可燃性ガスの建物内への流入経路の推定

建物内の周囲には、ユーティリティに必要な複数の地下埋設管が埋設されていた。この管にはわずかな傾斜があり、建物の近くで高く、遠方で低くなっており、雨水等を建物外周の一定の場所に集めるようにしていた。一方、ガスは配管の末端、建物の近接場所に集まるため、配管保護材を通して発酵ガスが建物付近に集まったものと考えられる。また、地表面から深さ約2.3mのところ溶融スラグが埋立された層(厚さ約10~60cmを確認)があり、建物西半分の下部を通っていた。このスラグ部分は空隙が多

く、発酵ガスの通過や滞留が容易であったと考えられる。

地下ピットはいずれも鉄筋コンクリート製でコンクリートを経て下方からメタンが大量に入り込む可能性が小さい。一方、着火点であるピット1は、南、東側を除いてコンクリート壁を経て土壌に囲まれており、その土壌部である西側からスリーブ孔を通じて1本の配管があり、コンクリート壁部分との間に隙間があることが確認された。したがって、その土壌からメタンが流入した可能性が高い。また、この他にピット6北側のスリーブ孔の隙間からの流入も考えられた。

### 3) ガス爆発の経緯の推定

以上のように流入したメタンを主成分とした可燃性ガスは、各ピット内の空気と混合し、5～15%の爆発濃度の可燃性混合気となった。着火源は、ピット1内で配管用保温材の溶着のために使用したトーチの火炎と考えられる。事故の前日には着火地点のピットで採寸作業を行っているが、トーチなどの着火源を使用するものではなかった。なお、酸素等のガス濃度の測定はされておらず、可燃性ガスの存在につながる情報はなかった。また、3月19日の南側ピットでの作業は事故当日と同様の溶着作業であり、作業前に酸素濃度を測定しているが、20.2%の濃度を測定しており、可燃性ガスの流入につながる情報は得られていなかった。メタンは特定の温度範囲で多く発生することが知られているが、事故前後の地中温度と思われる温度では1日等の短期間に大量の可燃性ガスが発酵で生じることが考え難い。そのため、すでに発生し、土壌、スラグ層に蓄積されていた可燃性ガスが、降水、気圧変動及び地下水水面の変動で移動し、建物に流入したと考えられる。

### C-2. 建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害の「危険源から危害に至るプロセス」に関する分析

建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害の「危険源から危害に至るプロセス」を、機械安全分野のスリーステップメソッド（本質的安全設計、安全防護、使用上の情報の提供（本分担研究では「管理的対策」及び「個人用保護具」による対策と読み換える））を用いて検討した。

C-1 の爆発災害の概要に示したとおり、当該災害は、以下の経緯により発生したと考えられる。

嫌气的条件となっていた埋立材・埋立地からメタンを主成分とする可燃性ガスが発生

↓

建設中の建物に可燃性ガスが侵入し、蓄積

↓

ピット内に可燃性ガスの予混合気を形成

↓

予混合気を形成したピット内で火気を使用

↓

可燃性ガスの予混合気への着火、爆発

↓

爆発による火炎、爆風、飛散物の発生

↓

建物破壊、人体損傷

ここで、酸素が十分に供給されない条件のことを「嫌气的条件」という。

また、危険源、危険状態、危険事象及び危害はJIS Z 8051等で以下のように定義されている。

- ・危険源：危害の潜在的な源。ISO 12100-1:2014では、危害を引き起こす潜在的根源

- ・危険状態：人、財産又は環境が、一つまたは複数のハザード（危険源）にさらされる状況
  - ・危険事象：危害を引き起こす可能性がある事象。製造業安全対策官民協議会における資料<sup>3)</sup>では、不安全状態及び不安全行動とされている。
  - ・危害：人の受ける身体的障害もしくは健康障害、又は財産若しくは環境の受ける害
- 以上に示した災害の経緯及び危険源、危険状態、危険事象及び危害の定義から、「危険源から危害に至るプロセス」を以下のように分析した。検討結果を図2に示す。
- ・危険源：嫌気性条件となっている埋設材・埋設地
  - ・人：嫌气的条件となっている埋設地での建設作業に携わっている作業員
  - ・危険状態：嫌气的条件となっている埋設材から可燃性ガスが発生する。建設中の建物に可燃性ガスが流入し、蓄積する。
  - ・対策の不足等：可燃性ガス発生防止対策の不足、可燃性ガス流入防止対策の不足、可燃性ガス滞留防止対策の不足、着火源発現防止対策の不足
  - ・危険事象の発生：不安全状態として、可燃性ガスの予混合気の形成。不安全行動として、トーチ（裸火）を使用した溶着作業
  - ・回避の失敗：可燃性ガスの爆発→火炎、爆風、飛散物の発生→建物破壊、人体損傷

### C-3. 同種災害におけるリスク低減措置の優先順位

C-2の「危険源から危害に至るプロセス」に関する分析に示したとおり、「対策の不足等」として、可燃性ガス発生防止対策の不足、可燃性ガス流入防止対策の不足、可燃性ガス滞留防

止対策の不足、着火源発現防止対策の不足が挙げられる。それぞれの対策を具体的な対策としたものを以下に示す。なお、以下に挙げた対策はあくまで例であり、以下の例にとらわれず、各事業場、各工事の実情に応じて最も効果的な対策を検討すべきである。

#### (1) 可燃性ガス発生防止対策

- ・建物建設地の変更
- ・埋設地の準好気性埋立構造への改善  
※準好気性埋立構造：埋立地の底部に集排水管を設け、埋立廃棄物層から浸出水を速やかに排出するとともに、空気を埋立地内部に自然に流入するようにした構造のこと

#### (2) 可燃性ガス流入防止対策

- ・可燃性ガス引抜管の設置

#### (3) 可燃性ガス滞留防止対策

- ・強制換気設備の設置
- ・ガス抜き孔・通気口の設置
- ・ガス検知器・警報装置の設置

#### (4) 着火源発現防止対策

- ・防爆構造の電気機器の使用
- ・火気使用の厳密な管理等の着火源発現防止対策
- ・責任者の設置及びガス測定結果に基づく作業開始・中止

また、全体を通じた管理的対策や、災害が発生したことを想定した管理的対策について以下の対策が考えられる。

- ・工事関係者への教育周知
- ・現場内作業者の詳細把握
- ・緊急時体制の作成

以上の対策を、機械安全分野のスリーステップメソッド（本質的安全設計、安全防護、使用上の情報の提供（本分担研究では「管理的対策」及び「個人用保護具」による対策と読み換える）

に分類すると以下のとおりとなる。以下の(1)、(2)、(3)の順番にリスク低減措置を検討していくことが望ましい。検討結果を図2及び図3に示す。

(1) 本質的安全設計（ハザード／リスクの除去、ハザード／リスクの変更）

- ・建物建設地の変更（空間分離、人の排除）
- ・埋設地の準好気性埋立構造への改善（危険源除去もしくは危険源弱体化）

建物建設地の変更は、設計者により地盤の調査が行われ、その結果許容できないほどの可燃性ガス発生が認められれば、発注者により判断されると考えられる。

埋設地の準好気性埋立構造への改善については、設計者により地盤の調査が行われ、その調査結果を基に改善策が設計者により策定され、施工者により実施されると考えられる。

(2) 安全防護（工学的対策）

- ・可燃性ガス引抜管の設置
- ・強制換気設備の設置
- ・ガス抜き孔・通気口の設置
- ・ガス検知器・警報装置の設置
- ・防爆構造の電気機器の使用

以上の対策は、設計者により設計され、施工者によって実施されると考えられる。

(3) 管理的対策

- ・火気使用の厳密な管理等の着火源発現防止対策

なお、一般的に着火源としては以下の8種類の要因が考えられ、そのそれぞれについて着火源発現防止対策を検討する<sup>4)</sup>。

- 1) 電気火花、2) 静電気火花、3) 高温表面、4) 熱放射、5) 衝撃・摩擦、6) 断熱圧縮、7) 裸火、8) 自然発火

- ・責任者の設置及びガス測定結果に基づく作業開始・中止

- ・工事関係者への教育周知
- ・現場内作業者の詳細把握
- ・緊急時体制の作成

以上の対策は、施工者により計画され、実施されると考えられる。なお、これらの対策の計画には、設計者による地盤の調査結果が必要であり、設計者から施工者に確実に伝達されなければならない。

また、爆発・火災災害においては火炎、爆風、飛散物の発生により作業者が被災することとなるが、それらの影響（火炎、爆風、飛散物）を防護するための個人用保護具は、一般的な作業で実用的なものはほぼなく、個人用保護具による防護は困難である。

## D. 考察

D-1. 地盤からの可燃性ガス発生についての可能性検討の必要性について

Cにおける事例分析で取り上げた事故の他にも、地盤からの可燃性ガスの発生による爆発事故は複数存在する。特に有名なものを以下に示す。

- ・2012年5月14日に発生した八箇峠トンネル爆発事故<sup>6)</sup>
- ・2007年6月19日に発生した渋谷温泉施設爆発事故<sup>7)</sup>
- ・2004年7月30日に発生した九十九里町立いわし博物館爆発事故<sup>8)</sup>

上にあげた事故は地下に存在した天然ガス貯留層からの湧出が可燃性ガス蓄積の原因となっているが、本分担研究で取り上げた事故のように、埋設材に含有している有機物からの発生が原因となっていることもある。そのため、建物等を建設する際には、資料調査や地中ガス調査を行い、可燃性ガス発生の有無を確認すべきである。

#### D-2. リスク低減措置の検討方法について

本分担研究では、機械安全分野のスリーステップメソッドを用いて、「危険源から危害に至るプロセス」の上流から各安全衛生対策の例を検討した。スリーステップメソッドは、本質的安全設計方策、安全防护および追加保護方策、使用上の情報の提供の優先順位の順番に従って安全対策を検討する方法であり、リスク低減措置の優先順位を検討し、決定するのに有効な方法である。この優先順位はリスクレベルを下げるのに、より効果が高いリスク低減措置であることを意味しており、この順番に従ってリスク低減措置を検討・実施することが望ましい。

一方、本分担研究でのリスク低減措置の検討では、爆発・火災発生に対するリスク低減措置を「多重防護」の考え方<sup>4,5)</sup>で検討した。多重防護の考え方の基本は、最初にできる限り a) 異常を発生させないこと、次に、もし異常が発生しても、c) 爆発・火災発生につながらないようにすること、さらに爆発・火災が発生しても、d) 被害をできるだけ小さくすることである。また、不安全状態（可燃性雰囲気形成、着火源発現）となっていることを検知するためのセンサーやアラームなどを b) 異常発生検知手段として併せて設置する。すなわち、危険源から危害に至るまでのプロセスの進行を、多重の防護方法により食い止める考え方を示しており、効果的なリスク低減措置を検討するのに有効である。リスク低減措置を検討する際には、a)～d)のいずれを目的とするのかを明確にしておく、対策のバランスを取りやすい。

爆発・火災防止のための効果的な安全対策を検討する際には、上記の2つの考え方（リスク低減措置の優先順位及び多重防護の考え方）の双方の観点から検討するのが有効である。

#### D-3. 爆発・火災発生に至るシナリオの考え方について

本分担研究では、特定の災害事例について「危険源から危害に至るプロセス」図を用いて分析した。すなわち、危険源から危害に至るプロセスは定められている。しかし、特定の事例に関わらず爆発・火災に至るプロセスを検討する際には、他の原因による可燃性ガスの発生、着火源の発現を考慮する必要がある。すなわち、災害に至る多数のシナリオが存在するため、それらのシナリオを検討するには、危険源を網羅的に検討し、それにより生じる危険状態から災害に至るシナリオを検討し、同定する必要があることに留意する。

#### E. 結論

建物建設工事における建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害事例を取り上げ、災害事例分析を通じて、建物建設工事における設計段階からの適切な安全衛生対策の一例を検討した。

2010年3月25日に発生した「姫路市立網干健康増進センター」での爆発事故を対象として、「危険源から危害に至るプロセス」を、機械安全分野のスリーステップメソッドを用いて検討した結果、以下のプロセスで危険源から危害に至ったと考えられた。嫌気性条件となっている埋設材・埋設地で建設作業を行ったことで、嫌气的条件となっている埋設材から可燃性ガスが発生し、建設中の建物に可燃性ガスが流入して蓄積するという危険状態となった。可燃性ガス発生防止対策の不足、可燃性ガス侵入防止対策の不足、可燃性ガス滞留防止対策の不足、着火源発現防止対策の不足があったために、不安全状態として、可燃性ガスの予混合気が形成し、その状態下で不安全行動として、トーチ（裸火）

を使用した溶着作業を行ったため、予混合状態となった可燃性ガスが爆発し、火炎、爆風、飛散物が発生し、建物の破壊や人体の損傷という危害が発生した。

その危害に至るプロセスへの対策を機械安全分野のスリーステップメソッドに基づいて分類した結果、本質的安全設計としては建物建設地の変更や埋設地の準好気性埋立構造への改善、工学的対策としては可燃性ガス引抜管の設置、強制換気設備の設置、ガス抜き孔・通気口の設置、ガス検知器・警報装置の設置、防爆構造の電気機器の使用等、管理的対策としては火気使用の厳密な管理等の着火源発現防止対策、責任者の設置及びガス測定結果に基づく作業開始・中止、工事関係者への教育周知、現場内作業者の詳細把握、緊急時体制の作成等が考えられた。これらの対策は、建物建設地の変更については発注者、埋設地の改善、工学的対策及び管理的対策については施工者により実施されると思われる。また、本質的安全設計及び工学的対策については、設計者による詳細な調査・設計が必要となり、管理的対策についても、対策を検討するのに必要な情報（地盤調査の詳細な結果等）を設計者から施工者に確実に伝達されなければならない。

#### F. 研究発表

1. 論文発表  
該当なし
2. 学会発表  
該当なし

#### G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得  
該当なし
2. 実用新案登録

該当なし

3. その他  
該当なし

#### H. 引用文献

- 1) 網干健康増進センター事故に係る調査・安全対策検討委員会，網干健康増進センター事故に係る調査報告書，平成 23 年 1 月，<https://www.city.himeji.lg.jp/bousai/cms/files/contents/0000000/136/20171123125743.pdf>（2022 年 1 月 10 日閲覧）
- 2) 網干健康増進センター事故に係る調査・安全対策検討委員会，網干健康増進センター事故に係る調査報告書資料編，平成 23 年 1 月，<https://www.city.himeji.lg.jp/bousai/cms/files/contents/0000000/136/2017112313138.pdf>（2022 年 1 月 10 日閲覧）
- 3) 製造業安全対策官民協議会，第 8 回製造業安全対策官民協議会 資料 1 サブワーキンググループ（向殿チーム）の検討の今後の方向性（案），令和 3 年 3 月 10 日，[https://www.jisha.or.jp/seizogyo-kyogikai/pdf/meetingNo43\\_01.pdf](https://www.jisha.or.jp/seizogyo-kyogikai/pdf/meetingNo43_01.pdf)（2022 年 1 月 10 日閲覧）
- 4) 労働安全衛生総合研究所技術資料，化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施のための参考資料－開放系作業における火災・爆発を防止するために－，JNIOOSH-TD-No. 7（2021）
- 5) 労働安全衛生総合研究所技術資料，プロセスプラントのプロセス災害防止のためのリスクアセスメント等の進め方，JNIOOSH-TD-No. 5（2016）
- 6) トンネル工事における可燃性ガス対策に関

する留意事項について，平成 25 年 3 月 29 日  
付け国官技第 333 号

- 7) 特定非営利活動法人失敗学会, 失敗知識データベース, 渋谷シエスパ爆発,  
<http://www.shippai.org/fkd/cf/CZ0200803.html> (2022 年 1 月 10 日閲覧)
- 8) 営繕工事における天然ガス対応のための関係官公庁連絡会議編, 施設整備・管理のための天然ガス対策ガイドブック, 2007 年 3 月,  
[https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000616915.pdf](https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000616915.pdf) (2022 年 1 月 10 日閲覧)

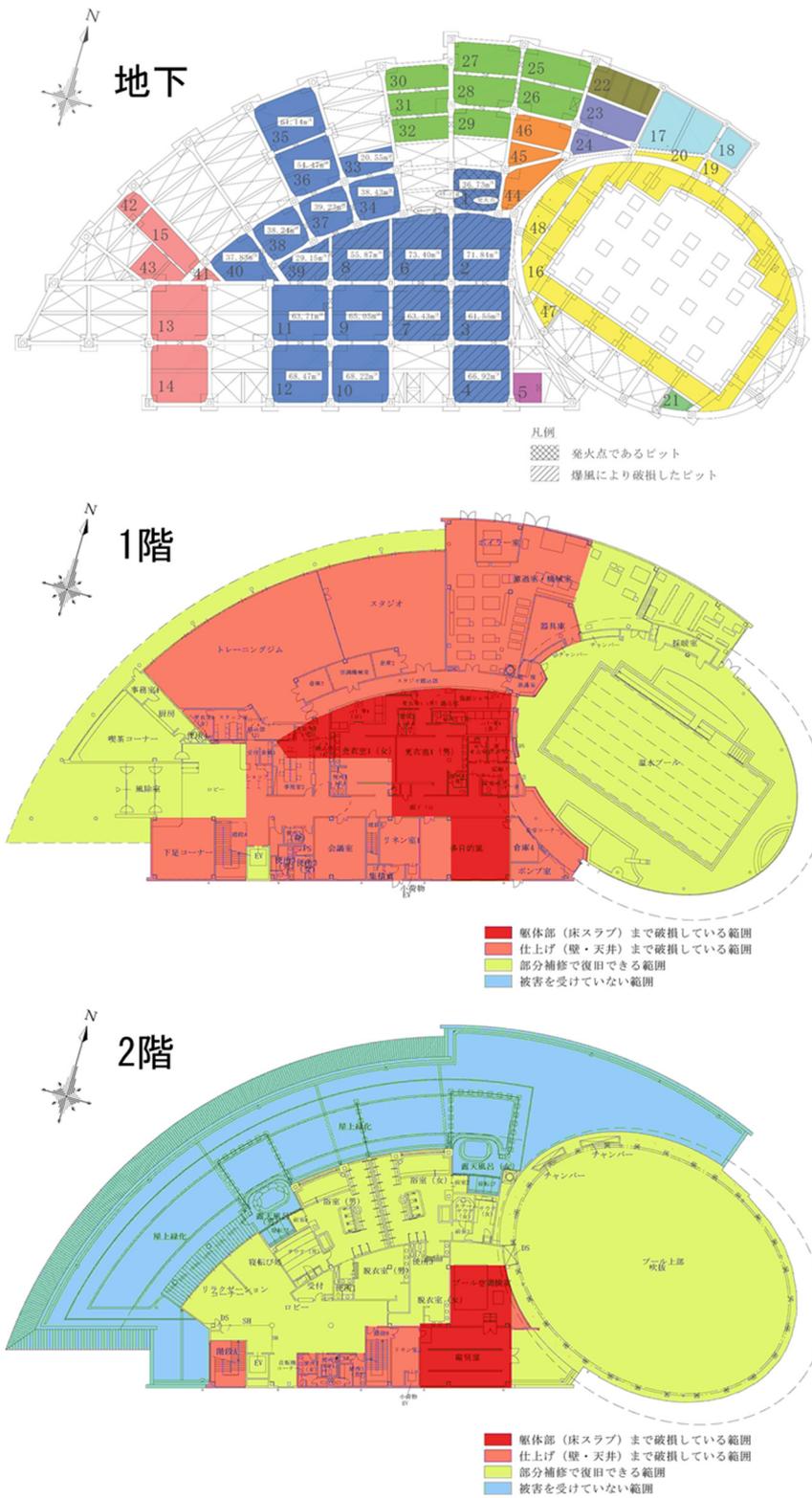


図1 各階の区画及び被災状況の概要<sup>2)</sup>



図2 建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害における「危険源から危害に至るプロセス」

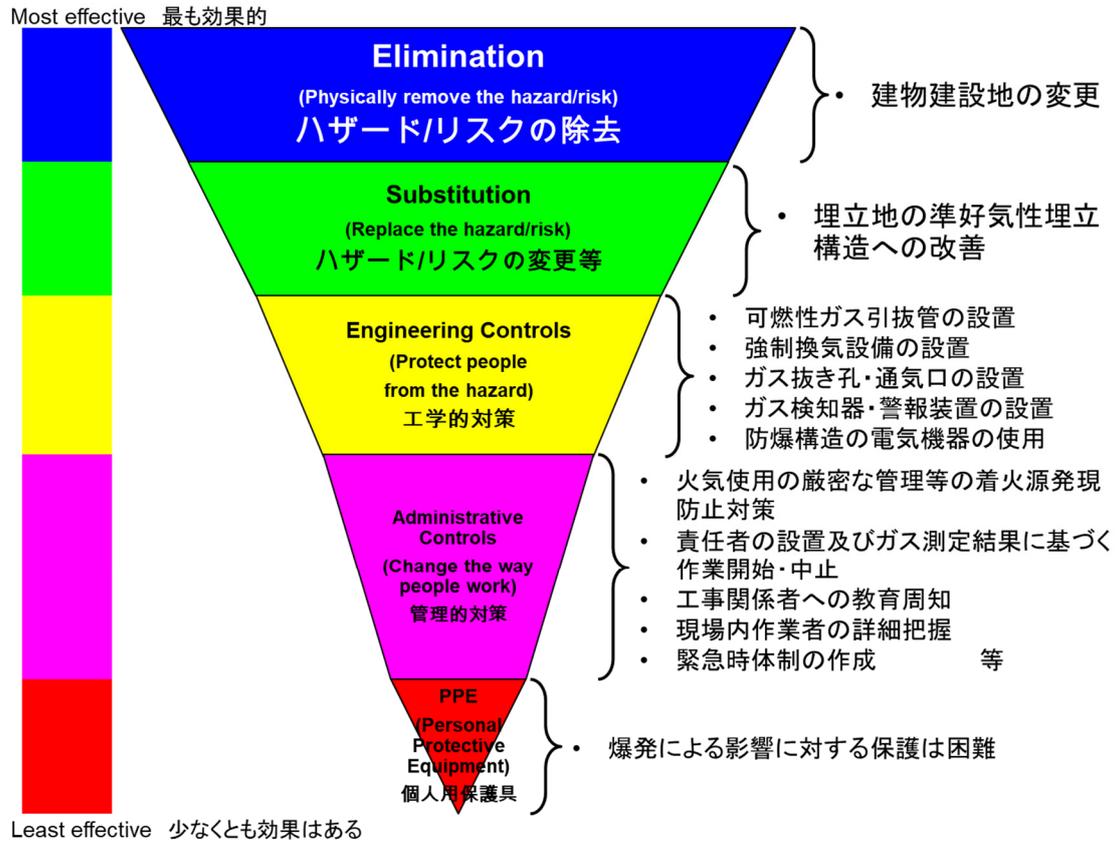


図3 建設地からの可燃性ガス発生による爆発災害の同種災害におけるリスク低減措置の優先順位