

## 9. 今後の対応策の方針について

### 9. 1 地下ピットがある状態におけるリスク管理上必要な対策

3章～8章に整理した現況の把握及び対策等のための調査の結果を踏まえ、地下ピットがある現在の豊洲市場の状態について現在の状態におけるリスク、将来想定されるリスクを評価し、リスク管理上考えられる対応策について整理した上で、豊洲市場において行うべき対応策を検討した。

#### 9.1.1 地下ピットがある現状の状況

図9.1.1に、地下ピットがある現在の主要な建物（青果棟（5街区）、水産仲卸売場棟（6街区）、加工パッケージ棟（6街区）、水産卸売場棟（7街区））の状況の概念図を示す。

地下ピットがある豊洲市場用地の現在の状況は次のとおりである。

- ① 土壌・地下水汚染対策の実施により、豊洲市場用地内（5～7街区の遮水壁より内側）でこれまでの調査により確認された操業由来の土壌汚染は除去済みである。
- ② A.P.+2m 以深について、自然由来（水面埋立て用材料由来を含む）※<sup>1</sup>の土壌汚染（ヒ素、鉛）は残置されている。

※1 ここでは水面埋立て用材料に自然地層に由来する汚染土壌が含まれていた場合も自然由来に含むかたちで整理している。土壌汚染対策法では、水面埋立て用材料に用いたことによる土壌汚染は水面埋立て用材由来の土壌汚染とされており、自然由来の土壌汚染とは区別して取り扱われている。

- ③ 地下水について、土壌・地下水汚染対策の実施により地下水基準に適合する状態にされた後、第1回～第7回の地下水モニタリングでは調査対象観測井戸201箇所すべてが地下水基準に適合していたが、第8回地下水モニタリングにおいて3箇所、第9回地下水モニタリングにおいて72箇所、ベンゼン、シアン又はヒ素の地下水基準超過が確認された（濃度の最高値はそれぞれ地下水基準の79倍、12倍、3.8倍）。これらは、地下水管理システムの本格稼動にともない地下水流動に変化が生じたことによる影響である可能性が高いと考えられる。
- ④ 市場用地内（5～7街区）の外側には遮水壁が設置されており、各街区の内側と外側で帯水層が遮断されている。
- ⑤ 主要な建物の1階部分及び地下ピット内の空気中でベンゼンが検出されたが、大気環境基準に適合する濃度で推移している。
  - ・建物1階部分の空気中のベンゼン濃度は、屋外大気の影響により検出されると考えられる。
- ⑥ 主要な建物の地下ピット部の空気において、有害大気汚染物質の指針値を上回る濃度の水銀が検出された。
  - ・地下ピット内に侵入して溜った地下水に含まれる低濃度の水銀が気化したことが原因であると推察された。
  - ・地下ピット内の換気により地下ピット内の空気の水銀濃度が低下することが

確認された。

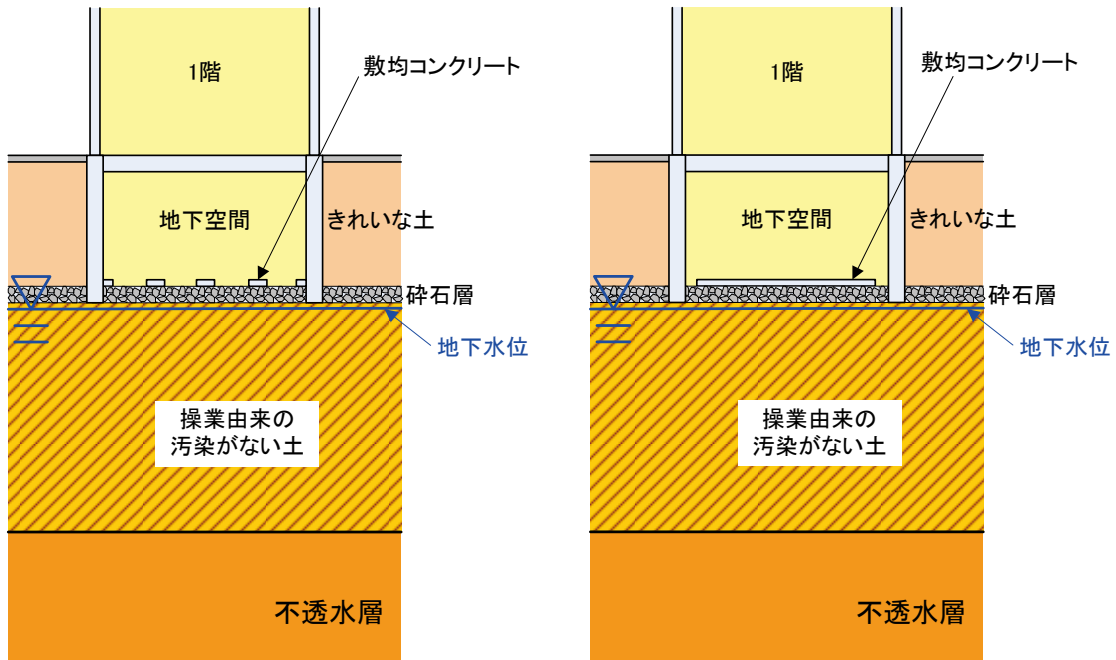
- ・建物1階部分の空気の水銀濃度は指針値に適合している。

⑦ 地下水管理システムが稼動し、地下水位を管理水位（A.P.+1.8m）まで低下させている途中である。

- ・地下水管理システムにより揚水して pH 処理した下水放流水は下水排除基準に適合している。

⑧ 地下ピット部に溜った水（地下水）を排水した。

- ・地下ピット内から排水して pH 処理した下水放流水は下水排除基準に適合していた。



(1)青果棟（5街区）

(2)水産仲卸売場棟（6街区）

加工パッケージ棟（6街区）

水産卸売場棟（7街区）

図 9.1.1 現在の建物の状況

※ 地下水位が A.P.+1.8m に管理された状態を想定

## 9.1.2 地下ピットがある状態におけるリスク

上記 9.1.1 に整理した現在の状況におけるリスクは以下に示すとおりである。

### (1) 地下水経由のリスク

- ① 豊洲市場において地下水の飲用その他の利用は予定されていないため、問題は生じない。

### (2) 汚染土壌の直接摂取によるリスク

- ① 市場用地内（遮水壁で囲まれた内側）で把握された操業由来の土壌汚染は全て処理されており、A.P.+2.0m 以深にのみ自然由来の汚染土壌が存在する。
- ② 建物部分は地下ピット部の床面が敷均コンクリート又は厚さ 50cm の再生コンクリート砕石層となっており、建物以外の部分は厚さ 50cm 以上盛土されているため、汚染土壌の直接摂取（摂食、皮膚接触）の可能性はなく、問題は生じない。

### (3) 室内空気経由のリスク

#### 1) 現在について

図 9.1.2 に、空気中の水銀についての現在の状況におけるリスクの概念図を示す。

現在の状況における室内空気経由のリスクは、以下のとおりである。

- ① 地下ピット内に溜った水（地下水）にわずかに含まれる水銀が気化し、換気のない地下ピット内の空気中に滞留することが確認された。
- ② 建物 1 階部分の空気中で水銀が検出されておらず、地下ピット内の空気が建物 1 階部分に侵入している可能性はないと考えられるため、現状においては問題は生じないと考えられる。

#### 2) 将来について

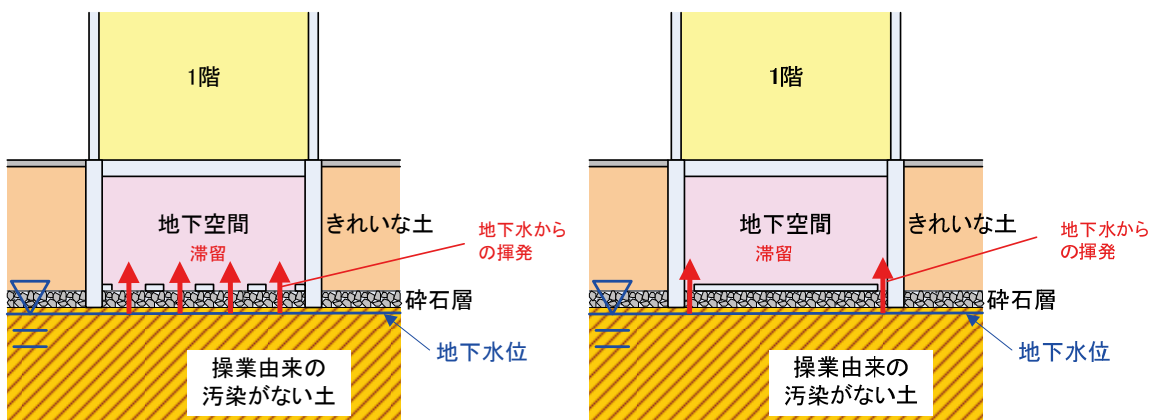
図 9.1.3 に、空気中の水銀等（水銀、ベンゼン、シアン）についての将来想定されるリスクの概念図を示す。

将来想定される室内空気経由のリスクは、以下のとおりである。

- ① 将来、建物 1 階部分の床面等にひび割れが生じたりし、地下ピット内の空気が建物 1 階部分に侵入する状態が発生する可能性を考慮すると、地下ピット内に滞留した水銀を含む空気がひび割れした部分等から建物 1 階部分に侵入、又は地下ピット内の空気中の水銀が建物 1 階部分の空気中に拡散してくる可能性が考えられる。この場合、地下ピット内の空気中の水銀濃度が現在測定されているレベル以下で維持されれば問題が生じることはないと考えられる。
- ② ベンゼン、シアンについても、地下ピット内の地下水で地下水基準超過が確認されたことから、地下水から揮発して地下ピット内の空気中に滞留する可能性があると考えられるため、将来については、水銀ガスの場合と同様のリスクを考えて

おくべきである。この場合も、地下ピット内の空気中のベンゼン及びシアン濃度が大気環境基準（ベンゼン：0.003mg/m<sup>3</sup>以下）、吸入に関する参照濃度（RfC）（シアン：0.003mg/m<sup>3</sup>以下）を超えないレベルで維持されれば問題が生じることはないと考えられる。

- ・ 地下水から気化した水銀ガスの地下ピット内への侵入が発生する
- ・ 地下ピット内から1階部分への空気の侵入がないため、**1階部分ではリスクは生じない**



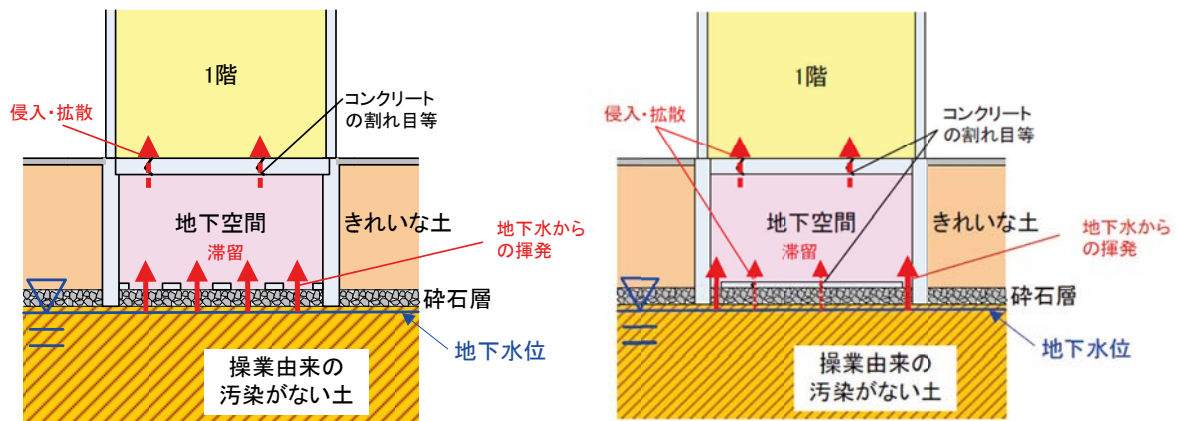
(1)青果棟（5街区）

(2)水産仲卸売場棟（6街区）  
加工パッケージ棟（6街区）  
水産卸売場棟（7街区）

図 9.1.2 現在の状況におけるリスク（空気中の水銀について）

※ 地下水位が A.P.+1.8m に管理された状態を想定

- ・地下水から気化した水銀、ベンゼン、シアンを含むガスの地下ピット内への侵入が発生する
- ・1階床面のコンクリートにひび割れ等が生じて地下ピット内から1階部分への空気の侵入・拡散が発生することにより、**1階部分でリスクが生じる可能性がある**



(1)青果棟 (5 街区)

(2)水産仲卸売場棟 (6 街区)

加工パッケージ棟 (6 街区)

水産卸売場棟 (7 街区)

図 9.1.3 将来想定されるリスク (空気中の水銀等について)

※ 地下水水位が A.P.+1.8m に管理された状態を想定

### 9.1.3 盛土がなかったことによる影響

図 9.1.4 に、空気中の水銀等についての将来想定されるリスクについて、盛土がある場合とない場合（地下ピットがある状態）の両方の概念図を示す。

盛土がある状態であれば、地下水から揮発した水銀等ガスが盛土部分の土壤間隙中にある水分及び空気の中をゆっくりと拡散・移動し、1階の床面コンクリートのひび割れ等による割れ目から1階部分に侵入することが想定される。この場合、水銀等ガスの侵入量（侵入速度）はわずかである。

これに対し、盛土がなく地下ピットがある状態では、地下水から揮発した水銀等を含むガスが密閉された地下ピット内に滞留・蓄積した上で、建物1階の床面コンクリートの割れ目等から1階部分に侵入することが想定される。この場合の水銀等ガスの侵入量（侵入速度）は盛土がある状態に比べて多くなる。

このように、盛土がなく地下ピットが存在していることにより、盛土があった場合に比べて、建物1階の床面コンクリートにひび割れ等が生じたときの1階部分への水銀等ガスの侵入量が多くなり、1階部分の空気中の水銀等ガス濃度も高くなると考えられる。

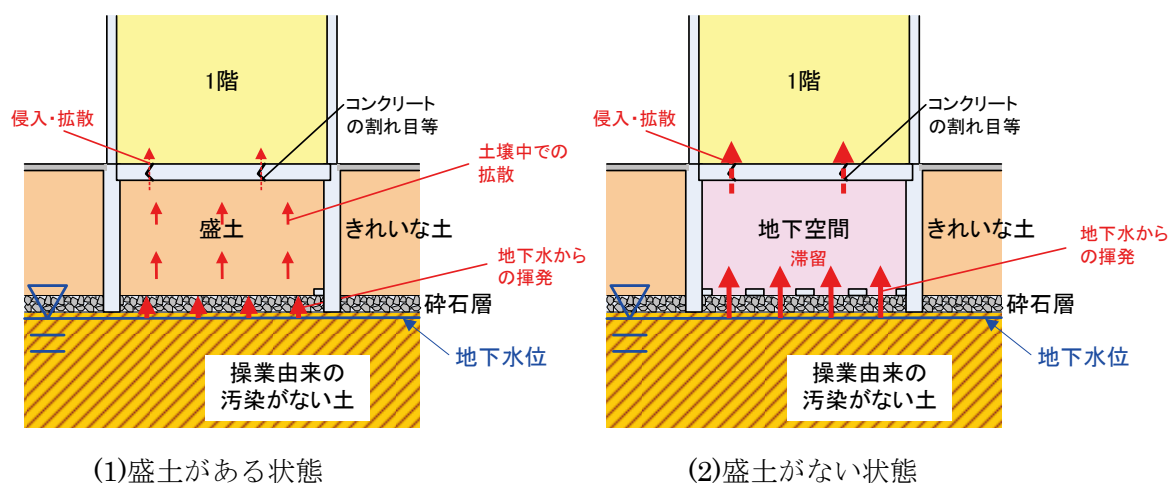


図 9.1.4 将来想定されるリスクにおける盛土がなかったことによる影響  
(空気中の水銀等について)

※ 地下水位が A.P.+1.8m に管理された状態を想定

#### 9.1.4 リスク管理上考えられる対応策

##### (1) 考えられうるリスク管理上の対応策

空気中の水銀等ガスについて将来想定されるリスク（1階床面のコンクリートにひび割れ等が生じて地下ピット内から1階部分に水銀等ガスが侵入・拡散することによるリスク）に対するリスク管理上の対応策として考えられるものを表9.1.1に示す。ここで挙げた対応策は、ITRC（Interstate Technology & Regulatory Council：米国州間技術・規制協議会）やU.S.EPA（米国環境保護庁）で室内ガス侵入に関するガイドラインや技術入門等を参考に整理したものである。

対策方法は、建物1階部分に侵入してきた水銀等ガスの濃度上昇を抑制する方法と、地下ピット部において水銀等ガスの濃度上昇を抑制し、地下ピット内の空気が建物1階部分に侵入しても問題が生じないようにする方法に大別される。建物1階部分が市場として使用されることを考えると、豊洲市場用地では地下ピットの段階で水銀等ガスの濃度上昇を抑制し、万が一1階部分の床面にひび割れ等が生じたとしても水銀等ガスが問題になる濃度のまま1階部分に侵入していくことのないようにしておく方法が候補になり得ると考えられる。

管理方法は、地下ピット内又は建物1階部分で水銀等ガスの濃度が問題のないレベルにあることをモニタリングする方法と、建物1階部分の床面にひび割れ等の発生状況を確認しながら補修していく方法に大別される。対策方法の場合と同様に、豊洲市場用地においては地下ピット内の空気中の水銀等ガス濃度をモニタリングし管理する方法が候補になり得ると考えられる。

表9.1.1 考えられるリスク管理上の対応策

分類	対応策	豊洲市場用地で候補となり得ると思われるもの
対策	地下水から気化した水銀等ガスの地下ピット内への侵入防止策	○
	地下ピットの空気中水銀等濃度の上昇防止策	○
	建物1階部分の空気中水銀等濃度の上昇防止策	—
管理	地下ピット内の空気中水銀等濃度のモニタリング（管理）	○
	建物1階部分における空気中水銀等濃度のモニタリング	—
	建物1階の床面コンクリートのひび割れ等の補修	—

(2) 地下水から気化した水銀等ガスの地下ピット内への侵入防止策

地下水から気化した水銀等ガスの地下ピット内への侵入防止策について、選択肢として考えられる方法を表 9.1.2 に示す。以下、表中の A~F の記号で各方法について整理する。

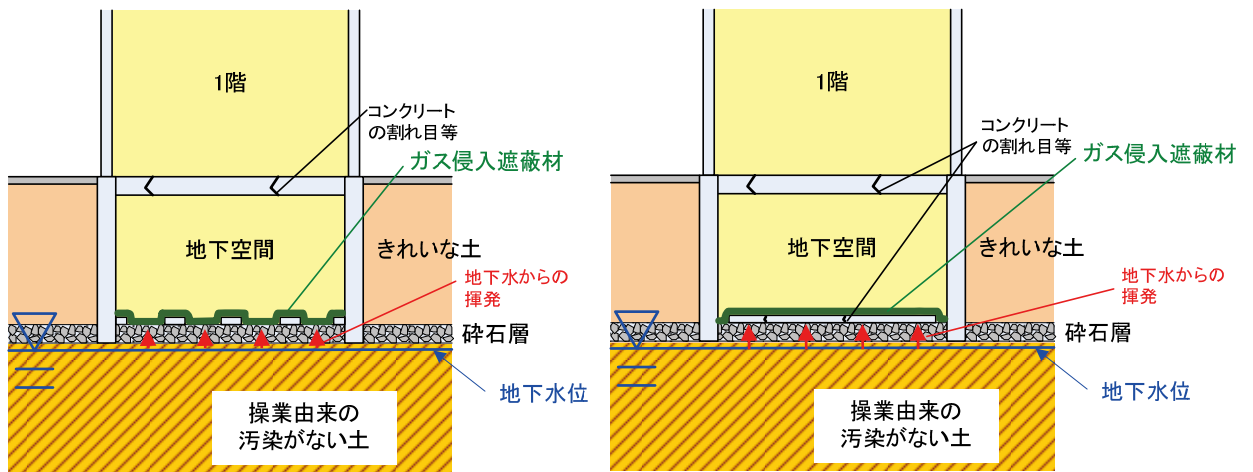
A は床面から水銀等ガスが侵入しないように遮蔽層を設けるという方法であり (図 9.1.5)、B 及び C はさらに遮蔽層の下に換気層を設けて水銀等ガスが溜らないようにする方法である (図 9.1.6)。E は遮蔽層の下に換気層を設けて換気層内の空気圧を外気圧よりも高くすることで換気層から下向き又は横方向外向きの空気の流れを発生させて遮蔽層へ向かう空気の流れを生じさせないようにする方法である。F は E と同様のことを換気層ではなく地下ピットで行おうとするもので、地下ピットから下向きの空気の流れを発生させて地下ピットへ向かう空気の流れを生じさせないようにする方法である。

これらのうち、F については、地下水位が上昇した場合に水圧の方が地下ピット内の空気圧よりも高くなり水銀等ガスの地下ピット内への侵入が防げない可能性があること、万が一、1 階床面にひび割れ等が生じた場合に地下ピットの方が 1 階よりも空気圧が高く、地下ピット内から 1 階への水銀等ガスの移動が促進される可能性があることから、豊洲市場への適用は難しいと判断される。

表 9.1.2 地下ピットの空气中水銀等濃度の上昇防止策

方法	説明
A. 床面への受動的なバリアの敷設による水銀等ガス侵入の遮蔽	床面に遮蔽効果のあるシートや膜を敷設
B. 床下での受動的な換気による水銀等ガスの侵入防止	床面の下に換気層を設け、排気管等を設置し、風力、温度差により自然換気 ・床面は遮蔽効果のあるシートや膜、又はコンクリート層
C. 床下での能動的な減圧・換気による水銀等ガスの侵入防止	床面の下に換気層を設け、排気管等を設置し、強制的に空気を排出し、換気 ・床面は遮蔽効果のあるシートや膜、又はコンクリート層
D. 床上での膜下の減圧・換気により水銀等ガスの侵入防止	床面の上に薄膜 (シート等) を敷き、膜の下から強制的に空気を排出し、換気 ・床面は透気性の高い層 (碎石層)
E. 床下での加圧による空気の侵入防止	床面の下に換気層を設け、管等を設置し、床面下の空気圧を外気圧よりも高くして空気の侵入を防止 ・床面は耐圧性が高く、透水性の低い層 (コンクリート層等)
F. 地下ピット内での加圧による空気の侵入防止	地下ピット内での空気圧を外気圧よりも高くすることで、地下ピット内への空気の侵入を防止





(1)青果棟 (5 街区)

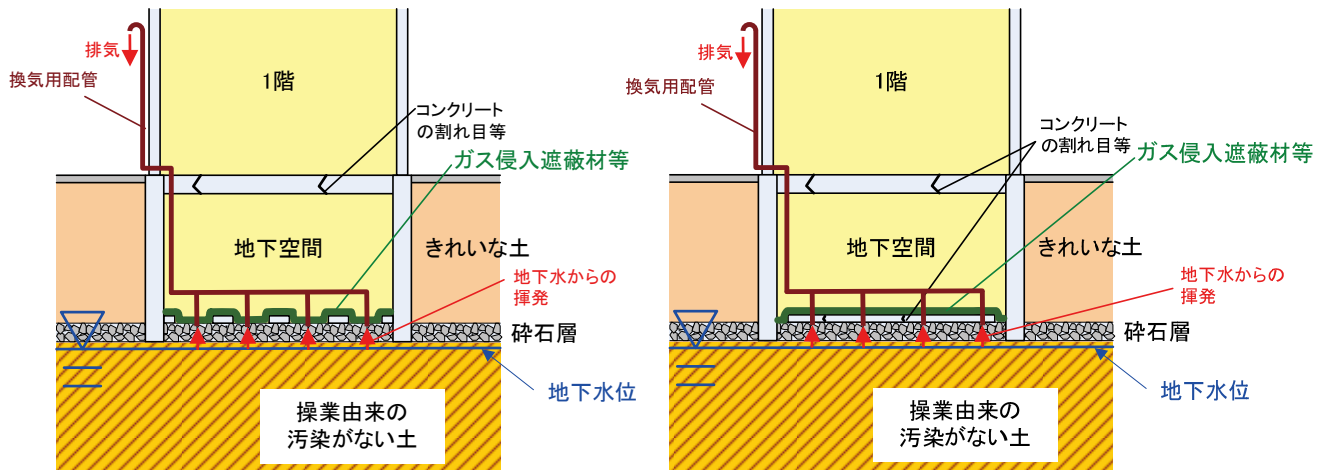
(2)水産仲卸売場棟 (6 街区)

加工パッケージ棟 (6 街区)

水産卸売場棟 (7 街区)

図 9.1.5 床面への受動的なバリアの敷設による水銀等ガス侵入の遮蔽 (A) の概念図

※ 地下水位が A.P.+1.8m に管理された状態を想定



(1)青果棟 (5 街区)

(2)水産仲卸売場棟 (6 街区)

加工パッケージ棟 (6 街区)

水産卸売場棟 (7 街区)

図 9.1.6 床下での (受動的・能動的) 換気による水銀等ガスの侵入防止 (B、C) の概念図

※ 地下水位が A.P.+1.8m に管理された状態を想定

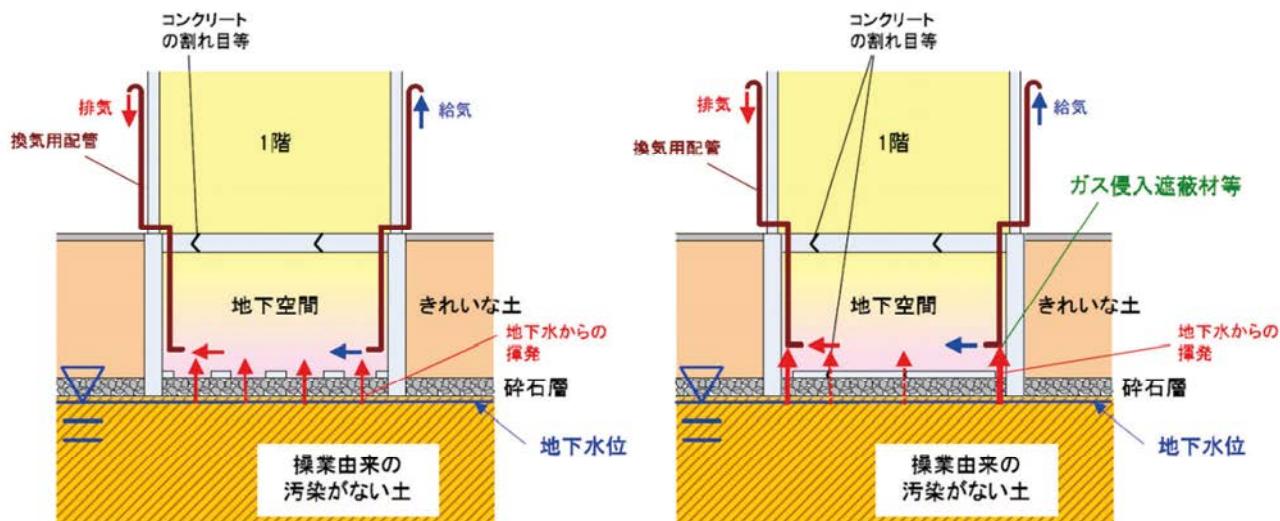
(3) 地下ピットの空気中水銀等濃度の上昇防止対策

地下ピットへの水銀等ガスの侵入があるときの地下ピット内での空気中の水銀等の濃度上昇防止策について、選択肢として考えられる方法を表 9.1.3 に示す。以下、表中の G 及び H の各記号で整理する。

G は地下ピット内の空気を換気し水銀等ガスが地下ピット内に溜らないようにして濃度上昇を防ぐ方法であり、換気の方法として風力、温度差による自然換気、換気ファン等による強制的な機械換気の 2 種類がある。H は地下ピット内の水銀等を含む空気を浄化装置で浄化する方法である。

表 9.1.3 地下ピットの空気中水銀濃度の上昇防止対策

方法	説明
G. 換気	
(a) 自然換気	(a) 風力、温度差により自然換気
(b) 機械換気	(b) 機械ファン等により換気
H. 空気浄化	
(a) 地下ピット内空気浄化	(a) 地下ピット内の空気を浄化装置で浄化



(1)青果棟 (5 街区)

(2)水産仲卸売場棟 (6 街区)

加工パッケージ棟 (6 街区)

水産卸売場棟 (7 街区)

図 9.1.7 換気による地下ピット内の空気中水銀等濃度の上昇防止策 (G) の概念図

※ 地下水位が A.P.+1.8m に管理された状態を想定

地下ピット内の水銀等ガス濃度は換気をすれば濃度が低下することが把握されたことから、豊洲市場用地における地下ピット内の空気中水銀等の濃度上昇防止策としては換気が有効であると考えられる。換気の方法については、地下ピットの広さを考えると自然換気に対応するのは難しいと考えられるため、機械換気を行う必要があると考えられる。

なお、地下ピット内の換気を行う場合、市場として利用する1階部分を排気管が通るのはできるだけ避ける方がよいことから、設計上の細かな配慮を行うことが望ましい。

(4) 水銀等ガスの地下ピット内への侵入防止と地下ピット内での濃度上昇防止を組み合わせた対策

図 9.1.8 に、地下ピット床面への受動的なバリアの敷設と地下ピット内の機械換気を組み合わせた対策の概念図を示す。

上記(2)、(3)では、水銀等ガスの地下ピット内への侵入防止策と地下ピットでの空気中水銀等濃度の上昇防止対策のいずれかを行う方法について取り上げたが、両方を組み合わせて用いることも有効である。

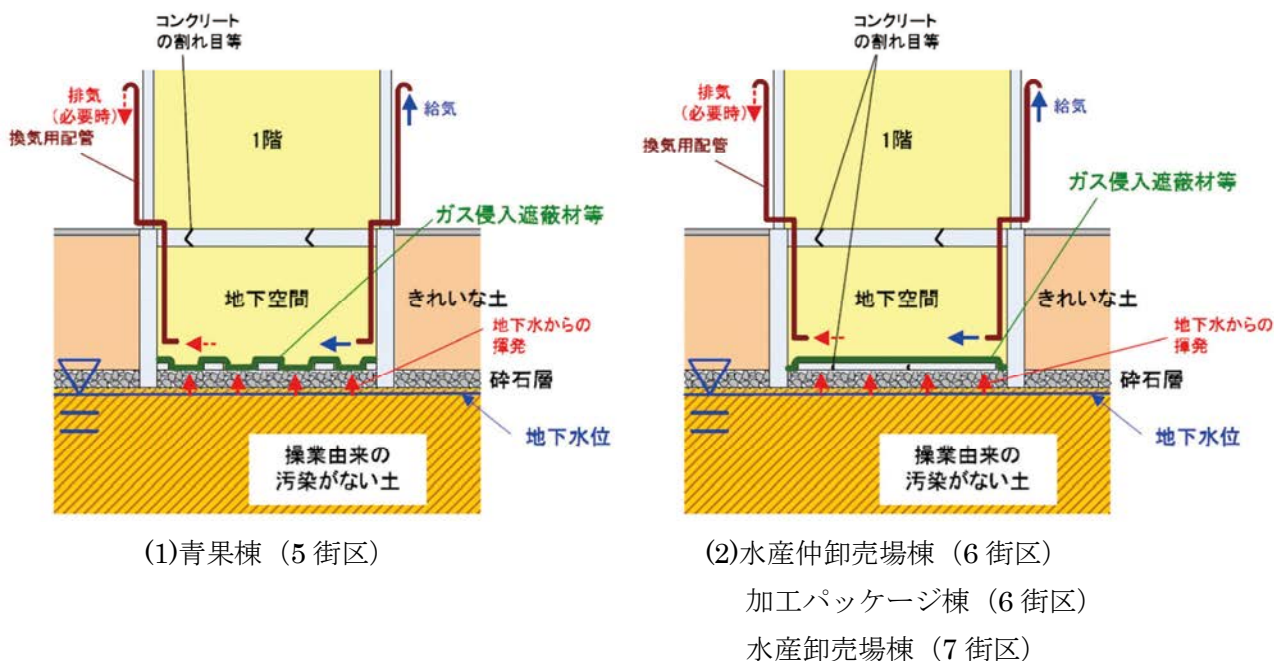


図 9.1.8 地下ピット床面への受動的バリアの敷設 (A) と地下ピット内の機械換気 (G) を組み合わせた方法の概念図

※ 地下水位が A.P.+1.8m に管理された状態を想定

**【参考文献】**

- 1) ITRC (2007) : Vapor Intrusion Pathway: A Practical Guideline.
- 2) U.S.EPA (2008) : Brownfield Technology Primer: Vapor Intrusion Considerations for Redevelopment. EPA 542-R-08-001.
- 3) U.S.EPA (2015) : OSWER Technical Guide for Assessing and Mitigating the Vapor Intrusion Pathway from Subsurface Vapor Sources to Indoor Air. OSWER Publication 9200.2-154.

#### 9.1.5 対応策を考える上での検討事項

地下ピットがある状態におけるリスク管理上の対応策を考える上で、幾つか検討しておくことが必要な事項があることから、それらを抽出し、対応方針を検討した。

個々の検討事項とそれに対する対応方針は以下のとおりとすべきである。

##### (1) 地下ピット内の防水性確保の必要性

地下水管理は実施されるが、地下水位の上昇に備えて、床面から地下ピット内への地下水の侵入防止が必要である。

##### (2) 地下ピット床面の地下水位上昇時に対する耐圧性確保の必要性

地下ピット床面にガス侵入遮蔽材を敷設する場合、地下水位上昇に対する耐圧性確保が必要である。

地震時については、東京都によると、中地震（レベル1）が発生しても液状化せず、大地震（レベル2）が発生しても液状化の可能性は低いことから、地下ピット床面に過剰地下水圧はかからないと考えられるとのことである。

##### (3) 地下ピット床面にガス侵入遮蔽材等を敷設する場合の建物基礎、側壁と床面の間からのガスの侵入の防止方法

建物基礎、側壁と床面の間についても、床面と同等の遮蔽性の確保が必要である。

##### (4) 地下ピット内を通じて換気する場合の空気導入及び排気の方法と換気速度

これまでに実施した換気中の空気測定結果をもとに設定する必要がある。

### 9.1.6 地下ピットがある状態において行うべき対応策

地下ピットがある現状の豊洲市場用地において行うべき対応策は、建物 1 階の空气中に侵入してくる水銀等ガスの量を低減することである。これは、本来、盛土があれば果たされているはずであった機能である。

専門家会議としては、9.1.4 及び 9.1.5 の内容を踏まえ、地下ピット床面の水銀等ガス進入防止策と地下ピット内の機械換気を組み合わせるかたちで、表 9.1.4 に示す 2 つの方法のいずれかを行うべきと判断する。

方法 1 は、地下ピットへの水銀等ガスの侵入の遮蔽を主とし、万が一、水銀等ガスの侵入があったときに備えて機械換気できるようにしておく方法である。

方法 2 は、換気により地下ピット内の水銀等ガス濃度の上昇を防止することを主とし、地下ピット床面をコンクリート等で覆い地下ピットへの水銀等ガスの侵入を軽減して換気の効果上げる方法である。

表 9.1.4 地下ピットがある状態において行うべき対応策

方法	説明
方法 1	①地下ピットへの水銀等ガスの侵入の遮蔽を主とし、空気モニタリングによる管理を実施する。 ②万が一、水銀等ガスの地下ピットへの侵入が確認されたときには、地下ピット内の機械換気を稼動して地下ピット内の空气中水銀等ガス濃度の上昇を防止する。
方法 2	①地下ピット内の換気により地下ピット内の水銀等ガス濃度の上昇を防止することを主とし、地下ピット床面に地下水圧対策及び水銀等のガス透過性低減のためのコンクリート等を敷設して地下ピットへの水銀等の侵入を軽減する。 ②濃度上昇が防止されていることを空気モニタリングで管理する。