

第46回建材情報交流会

2015年10月23日

# 見えない地下防水の見える話

東京工業大学名誉教授

田中享二

1. 最近の紛争は地下関連の漏水が多い。

## 不具合事例(1)



## 不具合事例（2）



### 不具合事例（3）



何故無理をして地下室を作るのか？

## 地下空間の長所

敷地面積を増やすことなく、建築面積を拡張できる。

遮音性にすぐれる。（音漏れの心配がない。）

外部の温度変化の影響を受けにくい。

## 最近の地下空間利用の傾向

### 古典的利用から積極的利用への拡大

#### 非生活空間利用（古典的利用）

- 地下倉庫
- 機械室
- 駐車場
- デパ地下
- 地下商店街

#### 個人生活空間への積極的利用

- 居室
- 音楽関係のスタジオ
- ホームシアター
- 書斎
- 寝室
- ワインセラー

## 地下空間利用を行政も応援

### 居住空間に対して

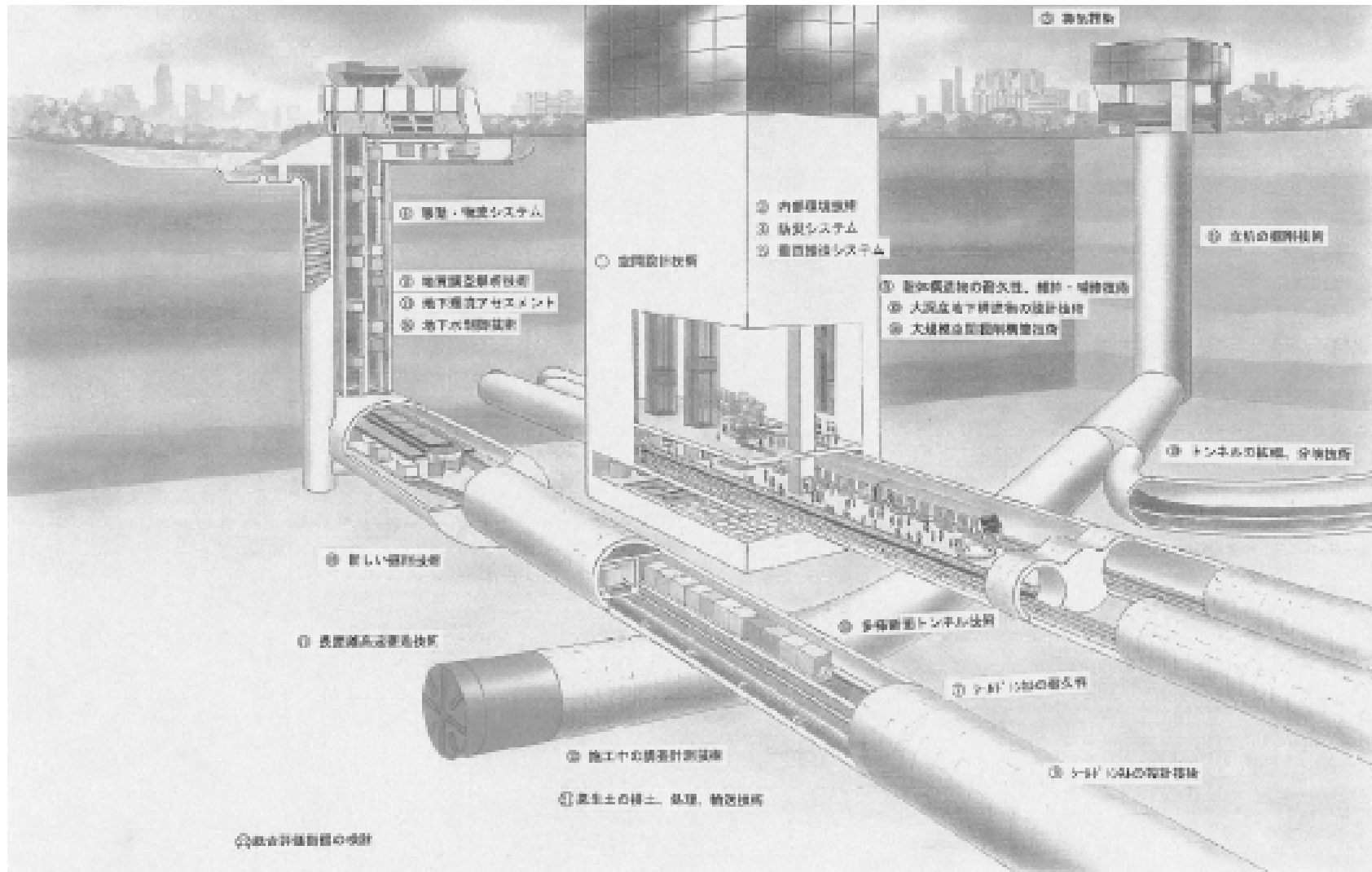
1994年建築基準法の一部改定（住宅用途の地下室はその1/3が容積率の算定から除かれる。） **国からのボーナス**

### 大深度地下に対して

2001年大深度地下の公共的使用に関する特別措置法（通常利用されることのない深度の地下空間を公共の用に利用可能）



# 大深度地下の積極利用



## 地下空間の短所

(1) 湿潤環境となりやすい。

周囲に地下水が存在  
コンクリートの乾燥が遅い  
結露が発生しやすい（特に夏型結露）

(2) 暗い。

(3) 通風が悪い。

(4) 閉塞感がある。

現在はこれら欠点の技術的解決が可能である。ただ技術が建築技術者・消費者にうまく伝わっていない。

一方で、建築界の地下防水の重要性の認識が低い。

多くの建築側の人々の認識は、地下水位が低い時代のものである。

- ・ 地下コンクリートは十分厚いので、防水は不要
- ・ 2重壁構法を採用すればよい。

と考えるひとが多くいる。

## 地下防水紛争化の原因

(1)地下室の防水の水準に対する、消費者と建築関係者の意識に差がある。

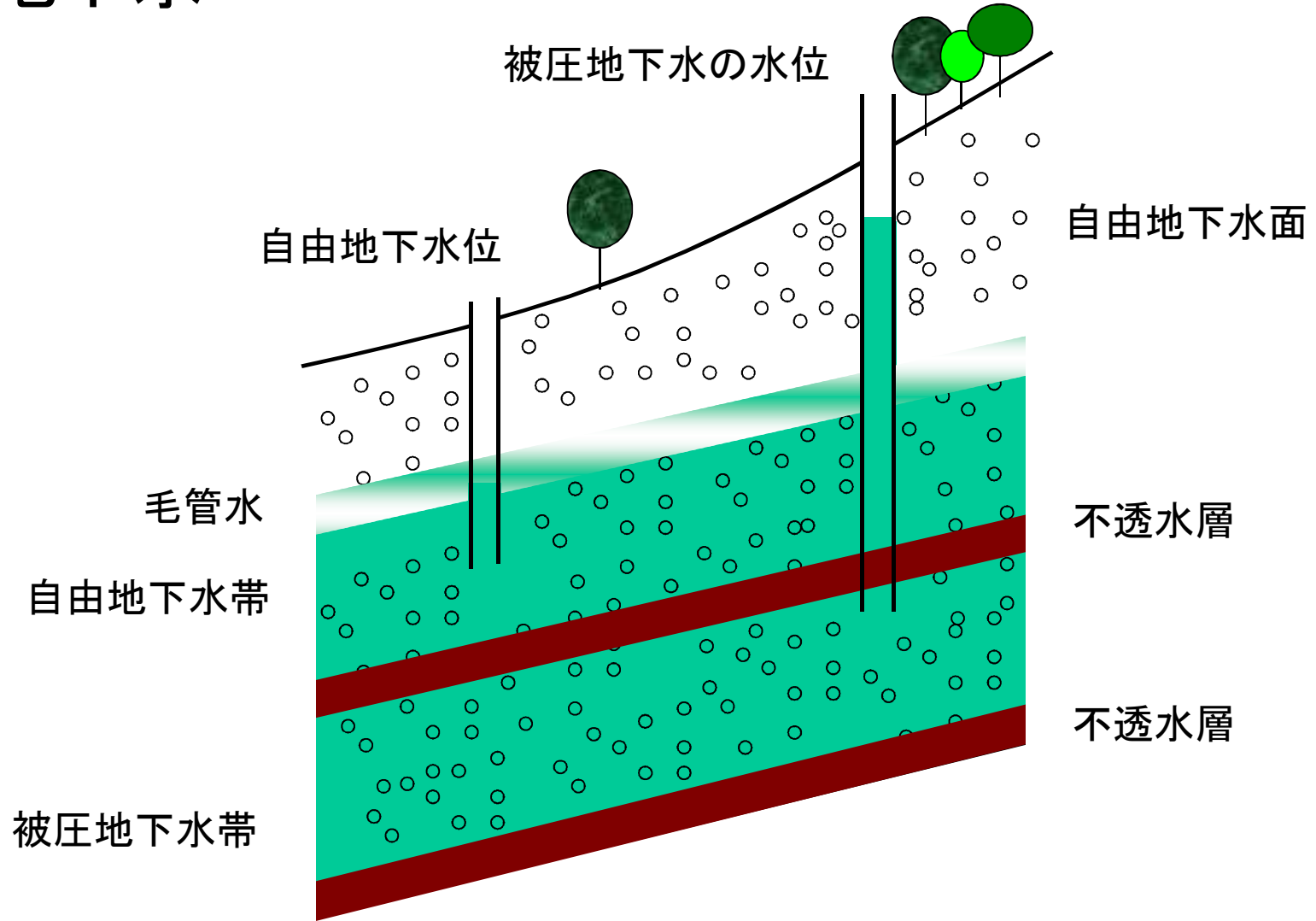
(2)品確法の普及により地上部分の漏水は、自動的に補修がなされるため、紛争化しにくくなっている。一方地下部分の漏水は品確法の適用外。そのため強制的な補修義務はなく、結果として紛争化しやすい。

2. 地下にも水がある。しかも大都市の地下水位は年々上昇している。

## まず「地下水」について

- ・ 雨水が地下に浸透し地下水となり、砂礫層（砂や砂利のような浸透性の物質や、地中の岩の間の空間で構成される地層）に蓄えられる。
- ・ 地下水はゆるやかに流動（1日に数cmから数十m）

# 地下水



# 戦後の地下水変化の状況



## (1) 高度経済成長期

地下水の需要およびその汲みあげ量が増大  
都市部を中心に地盤沈下や塩水化

## (2) 1960年代前半（昭和30年代後半）

地下水採取規制や河川水への水源転換などの地下水保全対策

## (3) そのため著しい地盤沈下は沈静化の傾向

しかし渇水のため、地下水採取の急激な増加による地盤沈下は続いており、  
現在でも地下水採取と地盤沈下の問題は解決したということではない。

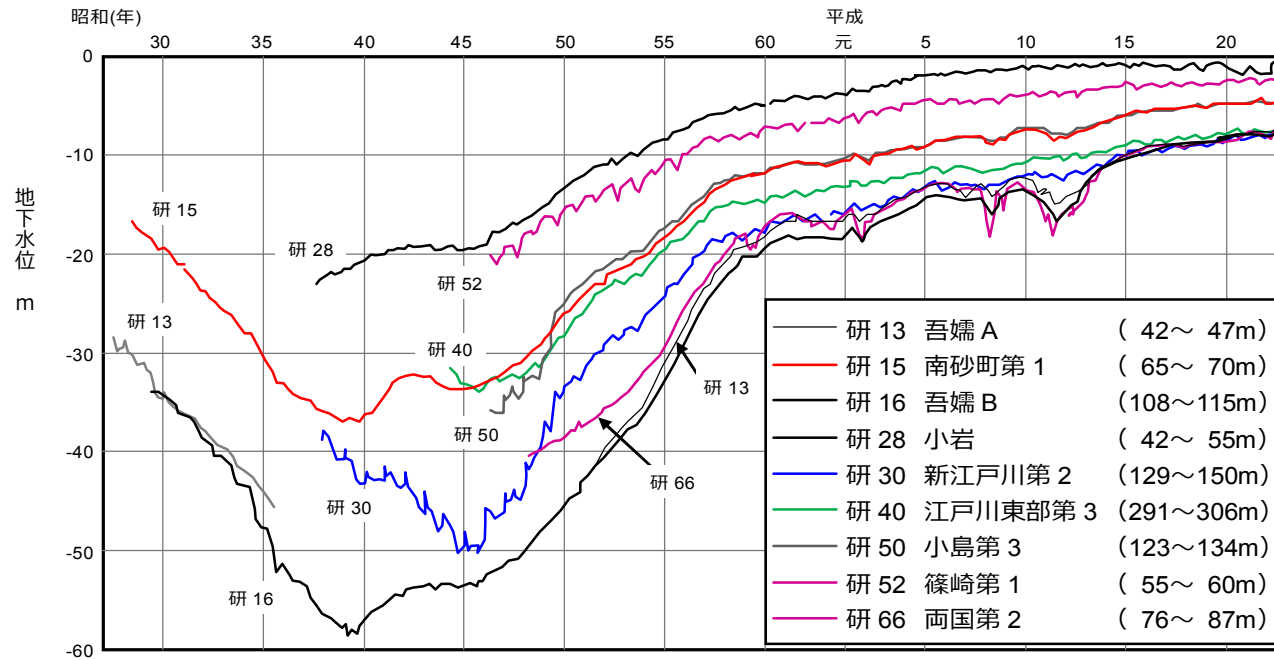
#### (4) 1990年代から現在：地下水位の回復に伴う新たな問題の発生

地下水位が低下していた頃の水位を基準として計画・設計・建設がなされていたため、問題発生。

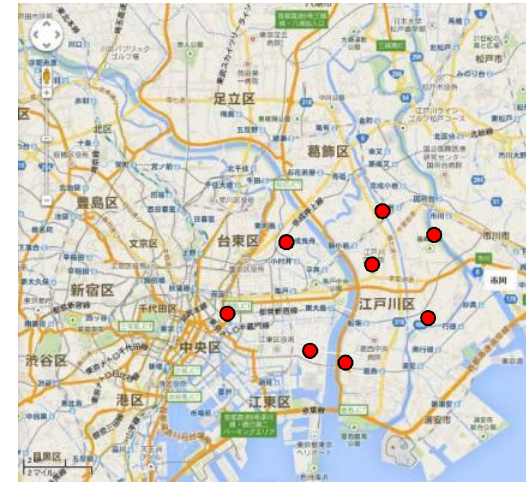
(1) 防水の問題 . . . . 地下構造物の漏水

(2) 構造の問題 . . . . 構造物自体の浮き上がり

# 東京都の状況



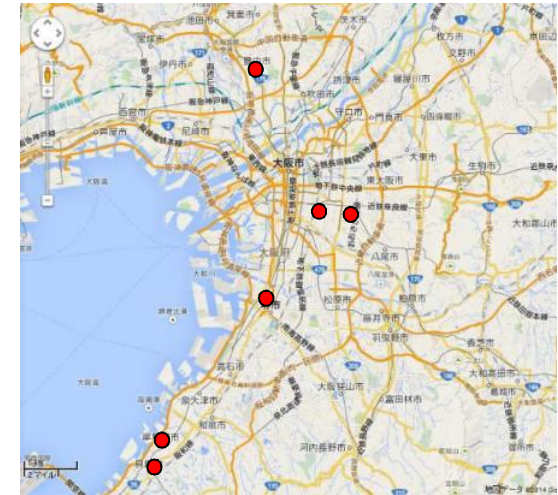
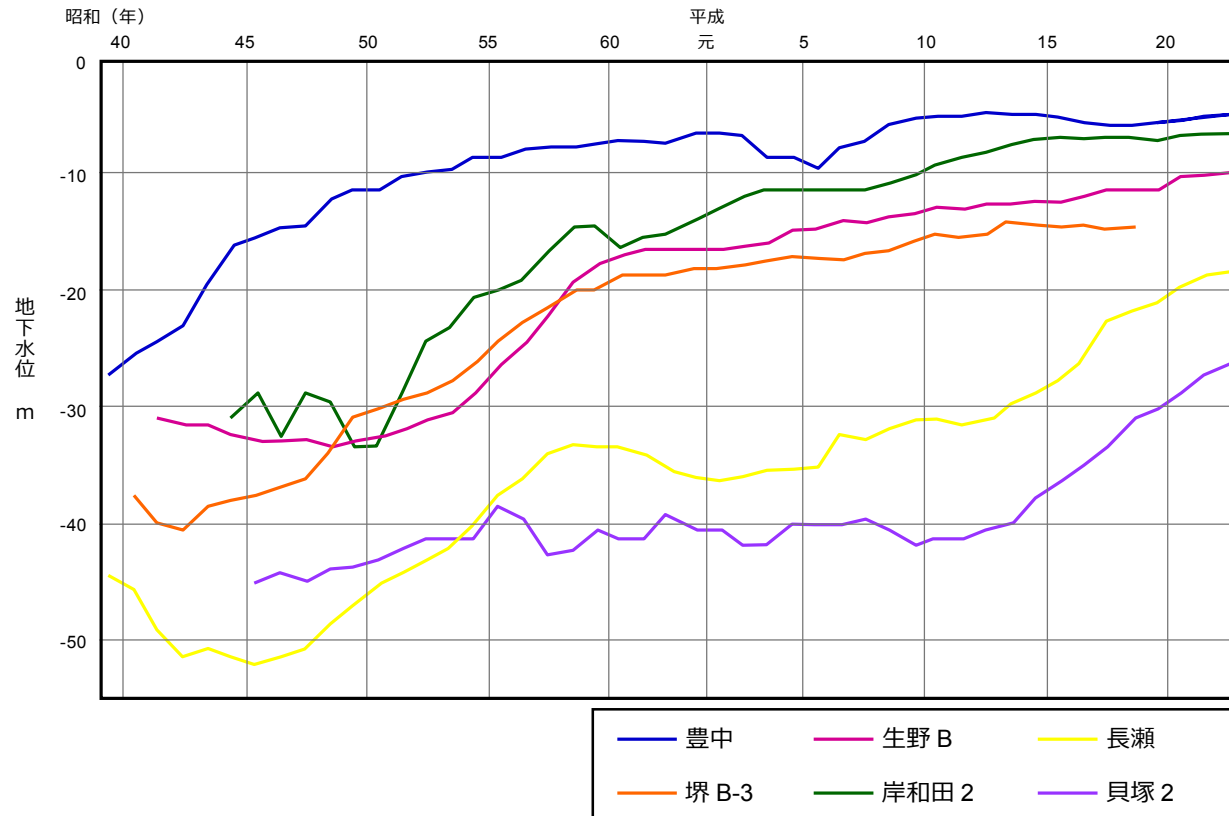
( ) 内の数字はストレーナの深さ



## 江東区、墨田区の地下水位の変化

昭和40年頃まで低下したが、工業用水法による規制強化により揚水量が減少したため、回復した。ただ、近年は鈍化傾向。

# 大阪府の状況



昭和60年ごろまでに、各地域とも地下水位が回復

平成10年ごろから東大阪地域、泉州地域においても回復傾向

# 首都 暴れる地下水

40年で最大60%以上上昇

●都市の地下水水位の上昇傾向(都水とめ)  
※1970年と2010年の5月の時点での比較



●開削中に大量の水が出た三田線中央環状品川線の工事現場 (東京都品川区、首都高速道路跡地提供)  
●新設地下鉄三田線のトンネル内で漏水発生を確認する作業員ら (東京都板橋区で) トンネル底に漏水



## 高速延伸1年遅れ 地下鉄200か所漏水

首都圏内の地下水位が40年間と比較して、最大で約60%以上上昇していたことが様々な調査でわかった。開削から高速延伸初期にかけて、様々な地下鉄の地下水を管理して地盤沈下が起き、これを食い止めるよう施工にわたって「みどり強制制」を確立させた。だが、水害が増えるなど地下水の浸透物は漏水水などのトラブルが急増。首都圏の延伸工事により、新たな問題も生じている。

地下鉄の地下水は、大まかに地下水位の上昇傾向が、都水とめにより、地下水位の上昇傾向が、都水とめにより、地下水位の上昇傾向が、都水とめにより...

●水水位に 都土木技術支援、人材育成センターが調査している  
23区内の「開削井」は約350か所、最も深いものは約100m、東京市東側、水立、都が「みどり強制制」を開始した1970年の記録が最も低い地点で水位を比較

●地下水位の上昇傾向、大まかに地下水位の上昇傾向が、都水とめにより、地下水位の上昇傾向が、都水とめにより...

●開削中に大量の水が出た三田線中央環状品川線の工事現場 (東京都品川区、首都高速道路跡地提供)  
●新設地下鉄三田線のトンネル内で漏水発生を確認する作業員ら (東京都板橋区で) トンネル底に漏水

2013.4.27

### 読売新聞夕刊

### 地下構造物では地下水による浮き上がり防止・漏水対策の検討が必要との記述

※記事内容の転載は、読売新聞の許可を得て行なわれます。

## 要注意：沿岸部での地下水の水質

地下水の過剰採取 帯水層に海水が浸入



地下水の塩水化

地下構造躯体の耐久性低下への懸念→鉄筋腐食

飲料水としての不適

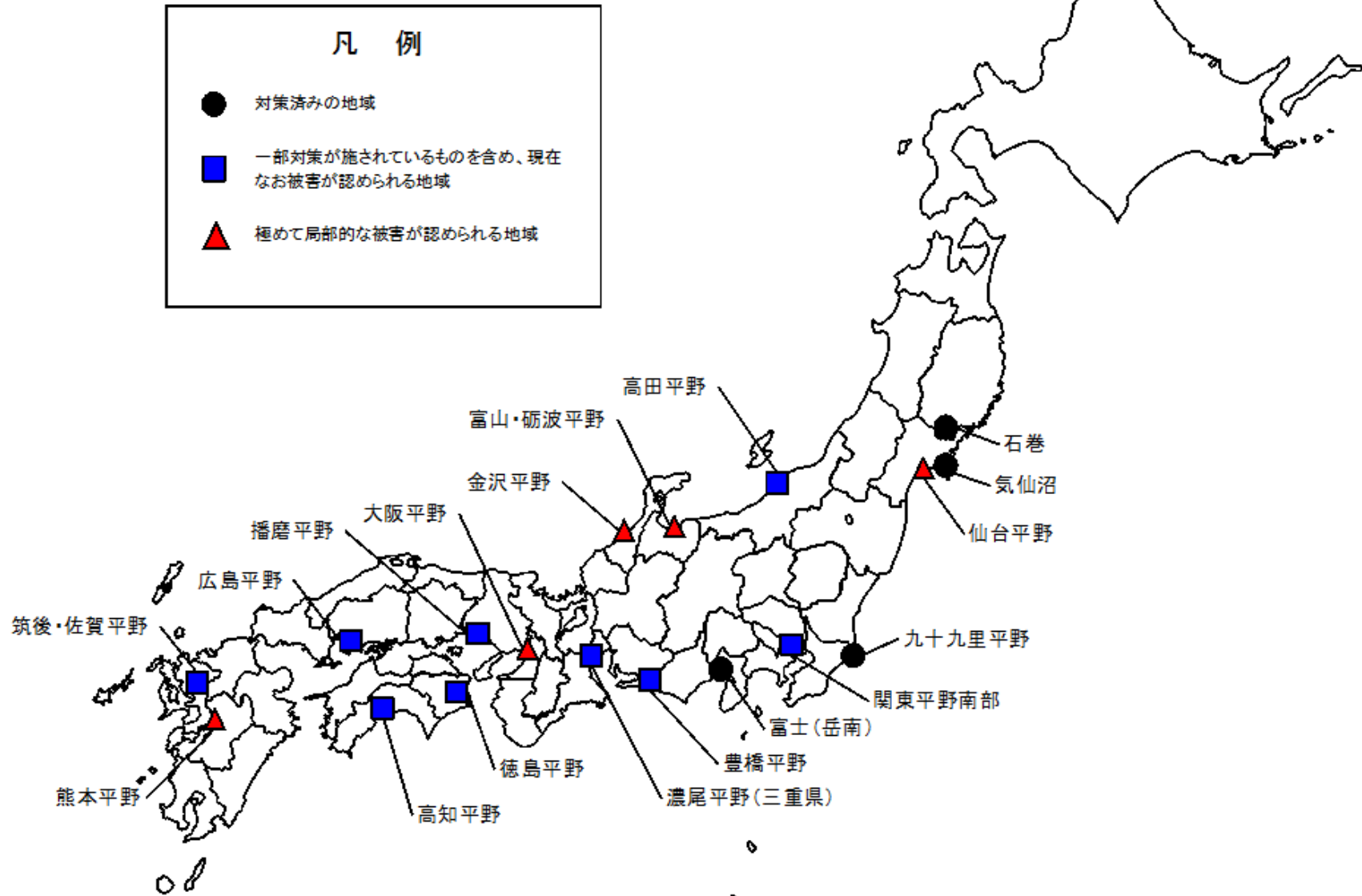
工業用水水質の悪化

農作物への被害

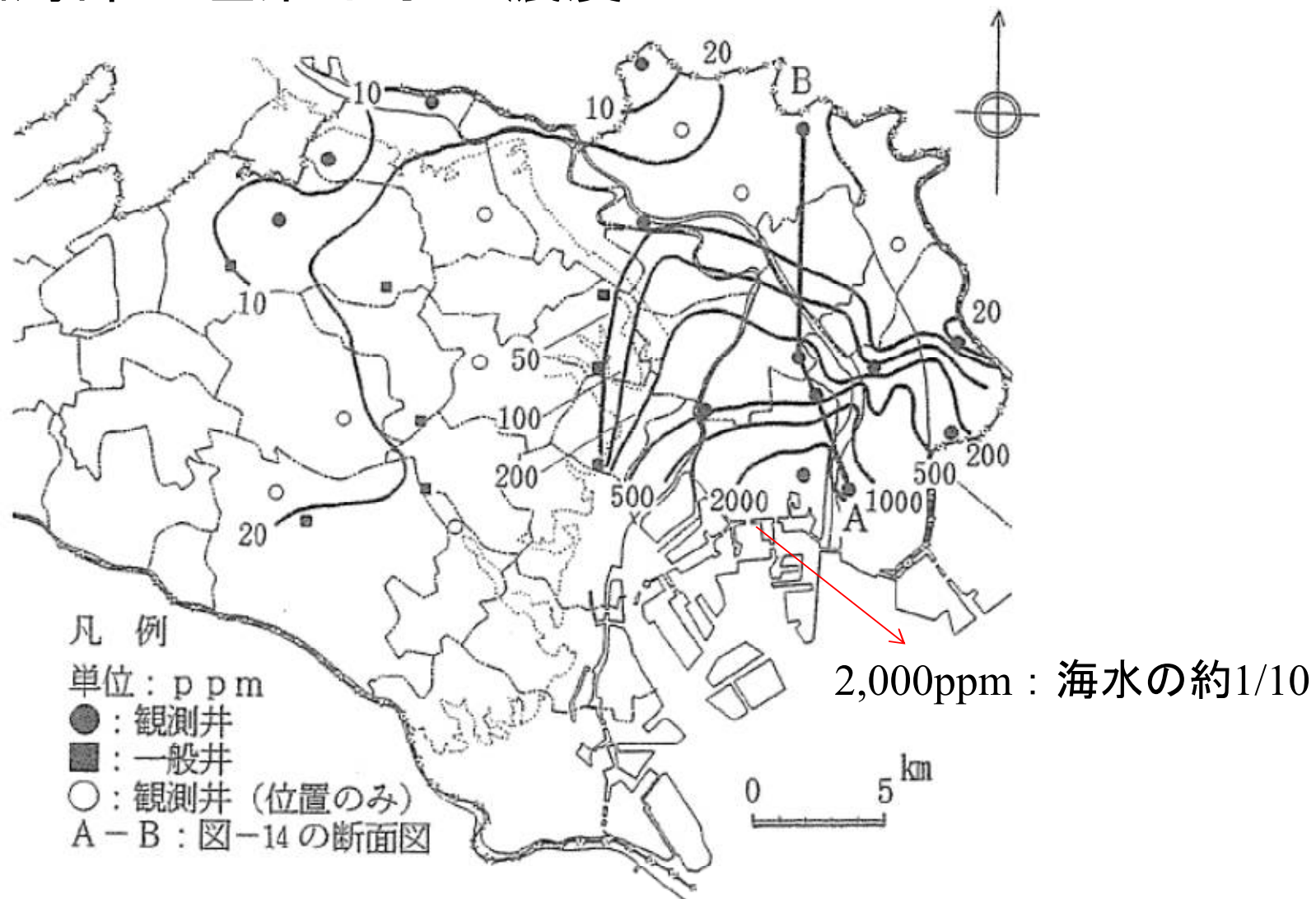
いったん塩水化した地下水は自然回復に長い年月を必要

さらに気候変動による海面上昇の影響等による、塩水化拡大の恐れが継続

# 全国の地下水塩水化の状況



# 東京臨海部の塩素イオン濃度



臨海部に向って塩素イオン濃度が高くなる。  
東部側に塩素イオン濃度の高い領域が広く分布している。



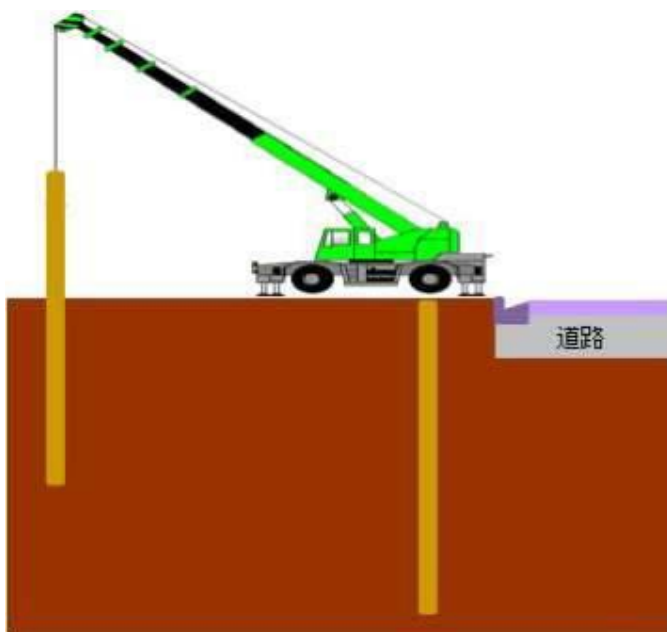
大阪も直接のデータは入手していないが、  
地下水の塩水化はあるのではないか。

3. ひとたび漏水が起こると、有効な対策を打てない。

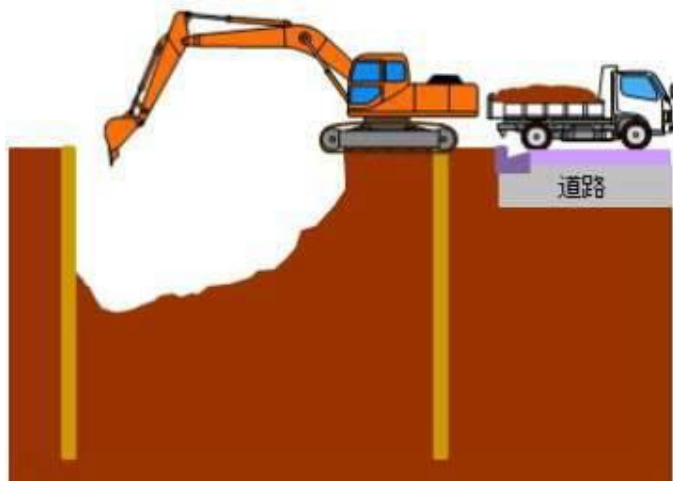
## 地下構造物の作られる手順

### ①山留め

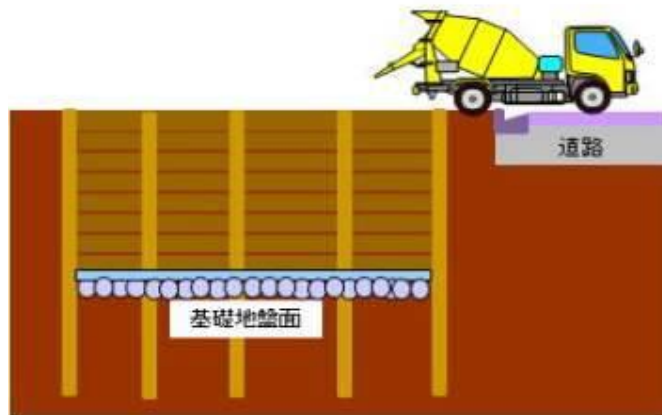
掘削にあたって周辺地盤の崩壊を防止するための仮設構造物。土木分野では土留めという



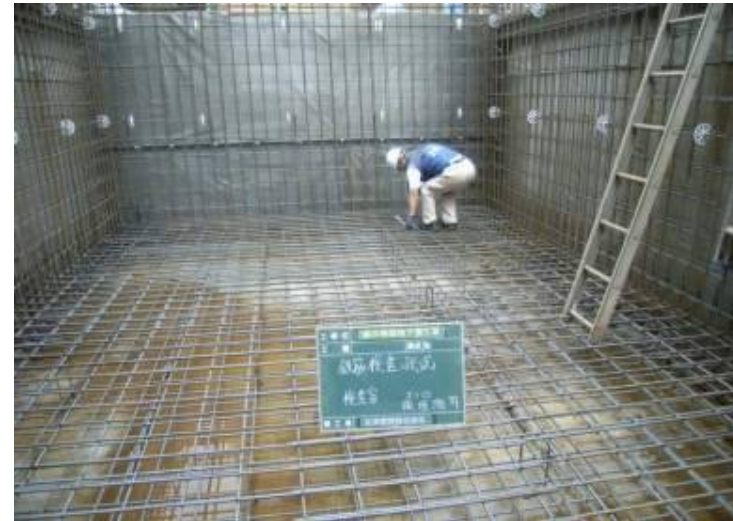
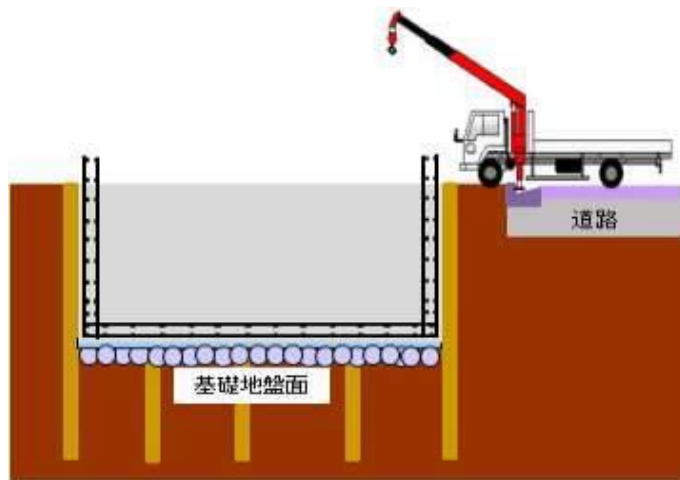
②根切り：  
地下を構築するための地盤を掘ること。



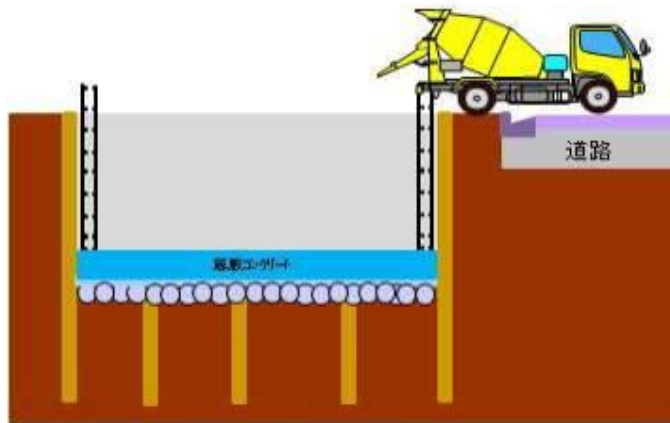
③均しコンクリート打設：  
掘削した部分にコンクリートを打設して表面を均す。



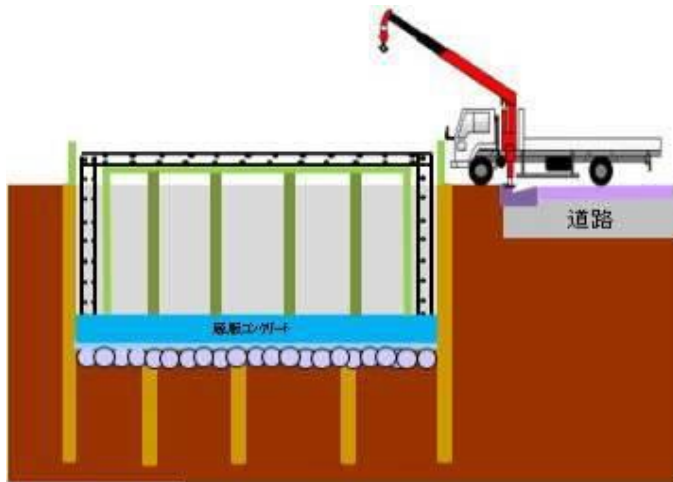
④鉄筋組立：  
鉄筋コンクリート地下構造物を作るための配筋を行う。



⑤耐圧盤（マツトスラブ）コンクリート打設：  
均しコンクリートの上に本格的な躯体の床となるコンクリートを打設する。

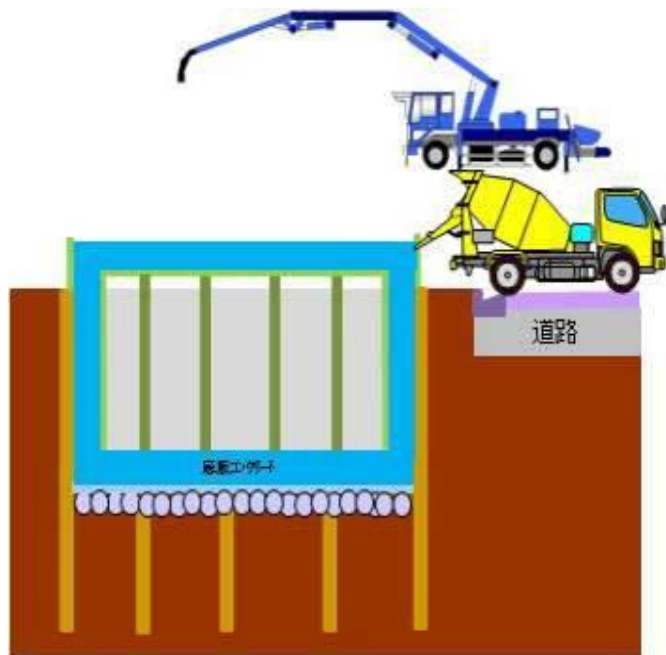


⑥ 1階床鉄筋型枠工事：  
地下階の天井となる1階床施工の準備を行う。

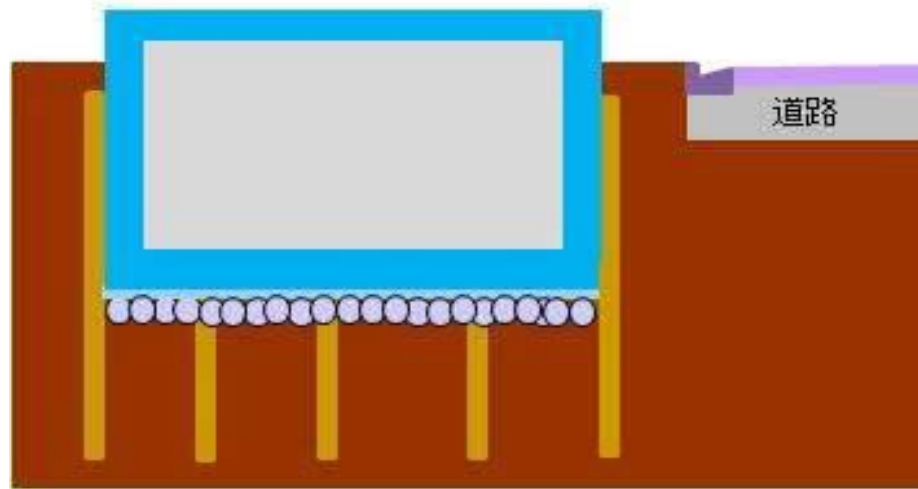




⑦ 1階床コンクリート打設：  
地階の立上りと1階床のコンクリートを打設する。



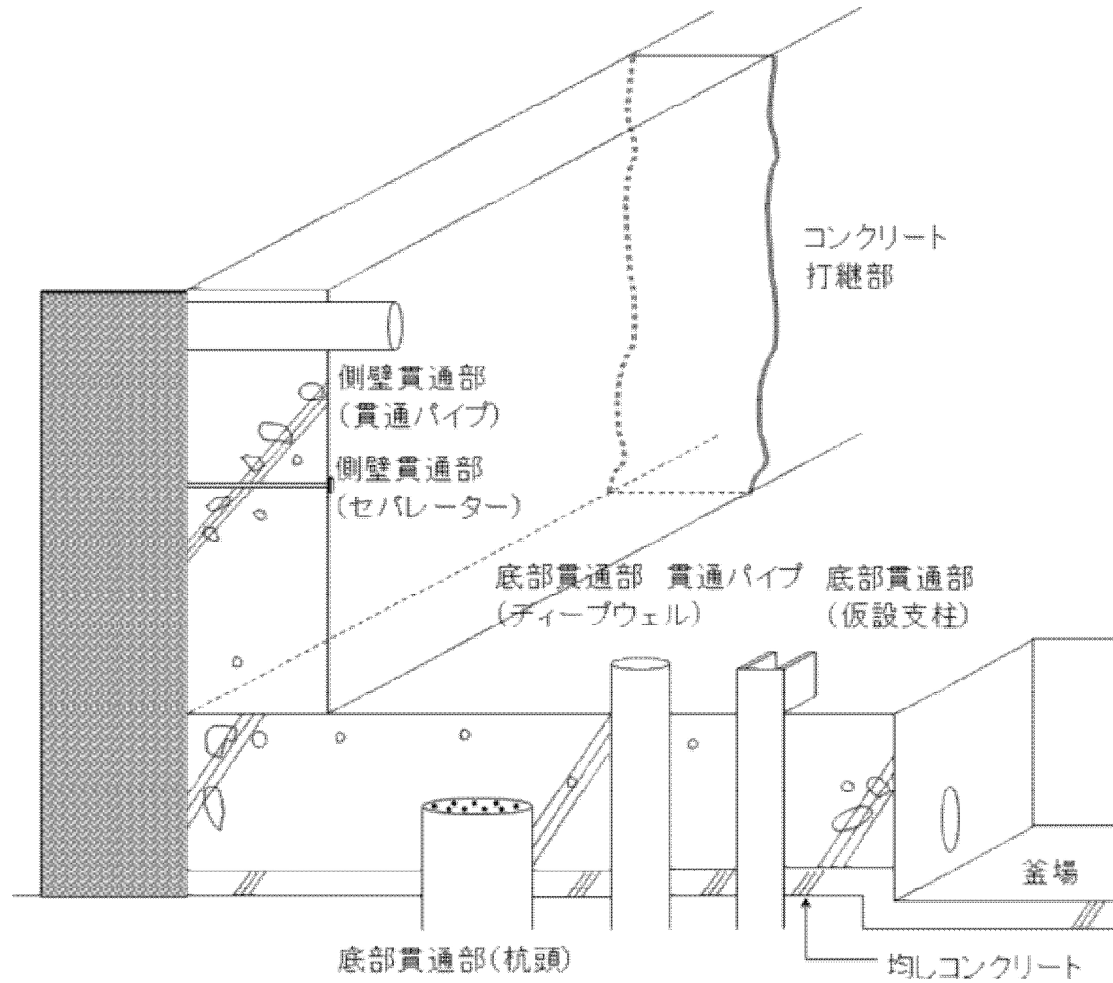
## ⑧地下躯体完成



地下は地面の中に埋められており、掘り起こしての地下室外部からの防水施工。

**漏水補修はほとんど不可能。**

しかも外部からの貫通物がたくさんある。



以上をまとめると

地下水の入り込みやすい部位がたくさんある。

(1)コンクリート躯体

打ち継ぎ、コールドジョイント

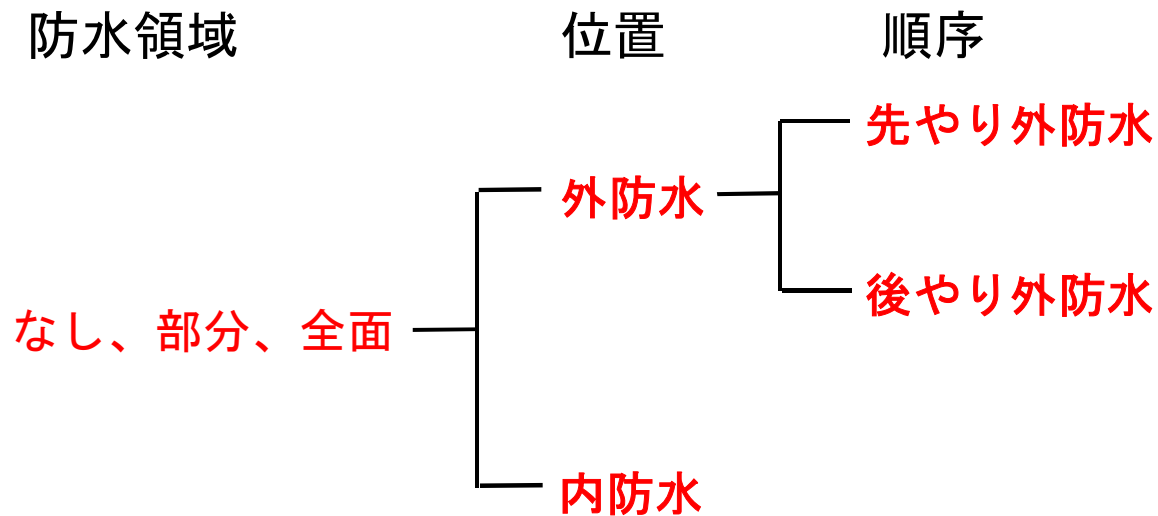
(2)躯体貫通部

セパレータ、貫通パイプ、杭頭、仮設支柱

しっかりした地下防水が必要

## 4. 仕組みと施工から見た時の地下防水構法

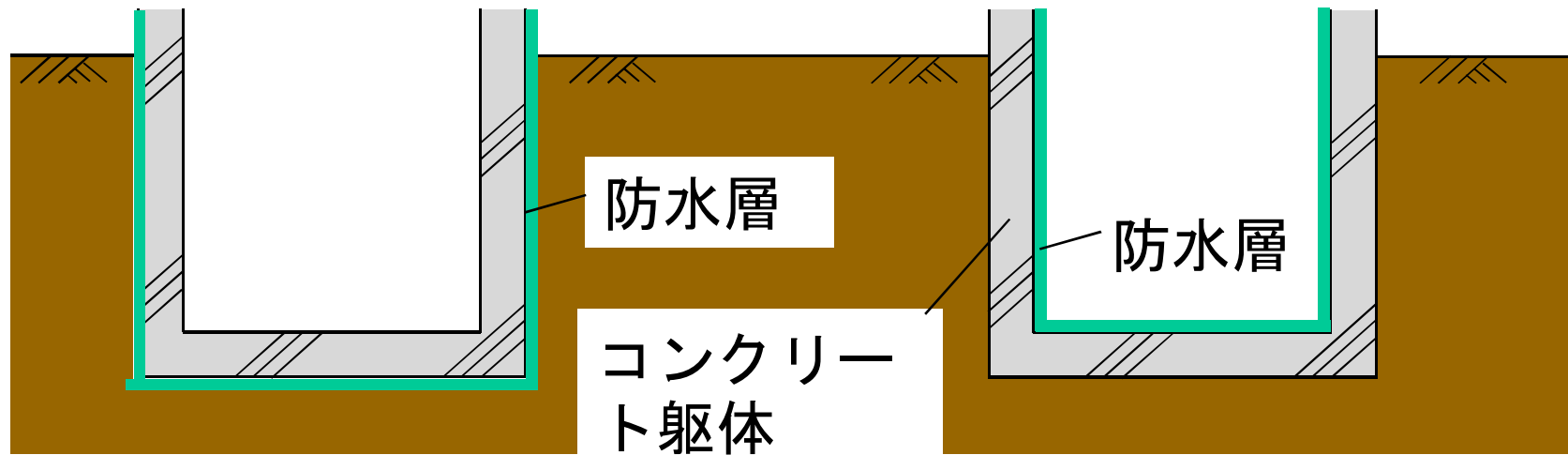
- (1) 防水領域の点から: 全面防水、部分防水、防水なし
- (2) 防水層の位置の点から: 外防水と内防水:
- (3) 防水層施工順序の点から: 先やり防水と後やり防水



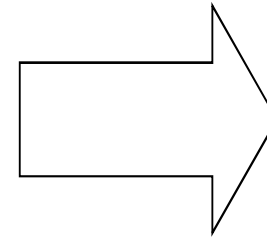
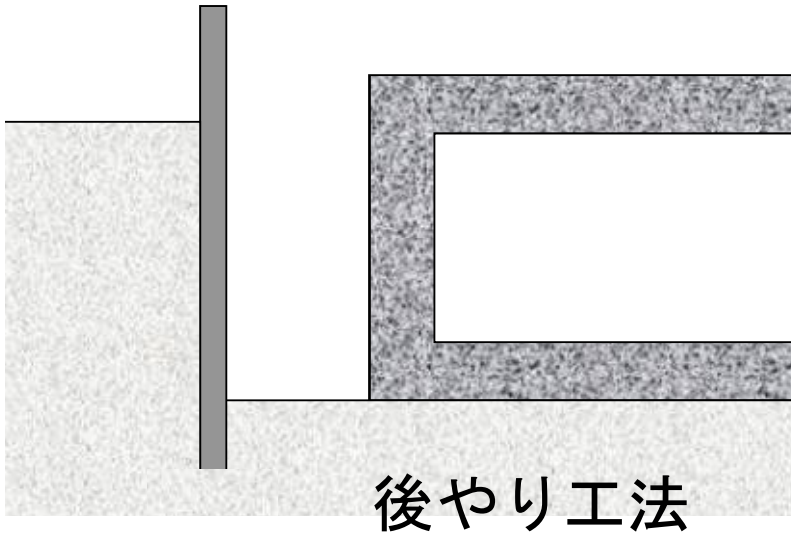
# 外防水と内防水

防水層が躯体の  
外側  
外防水

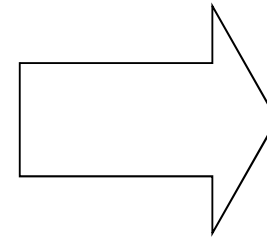
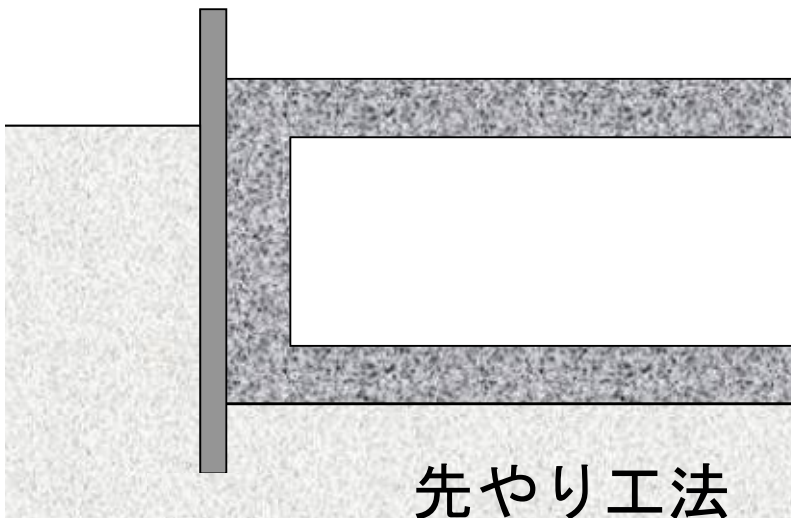
防水層が躯体の  
内側  
内防水



# 外防水では後やり工法と先やり工法の2種類



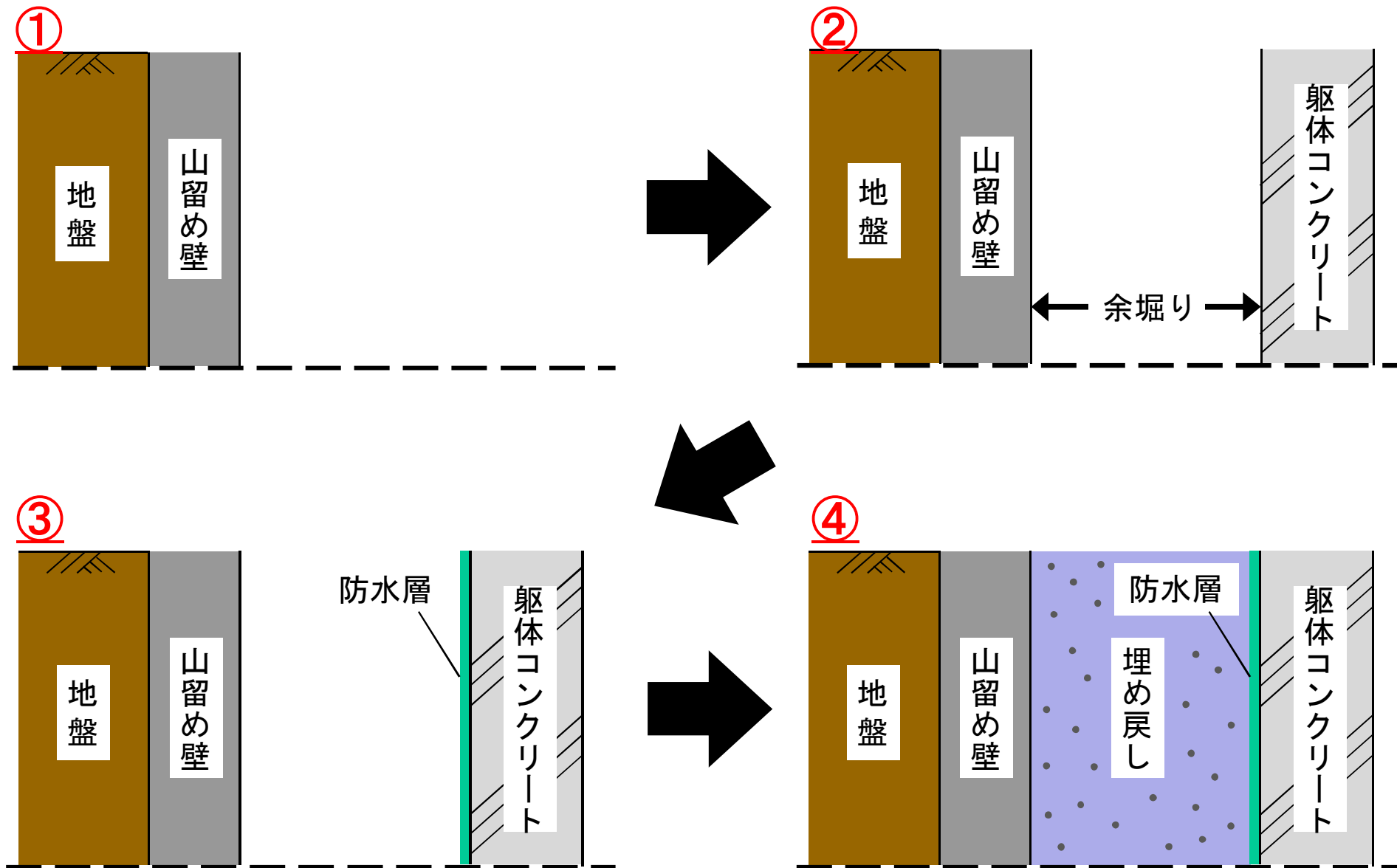
後やり工法  
しかできない



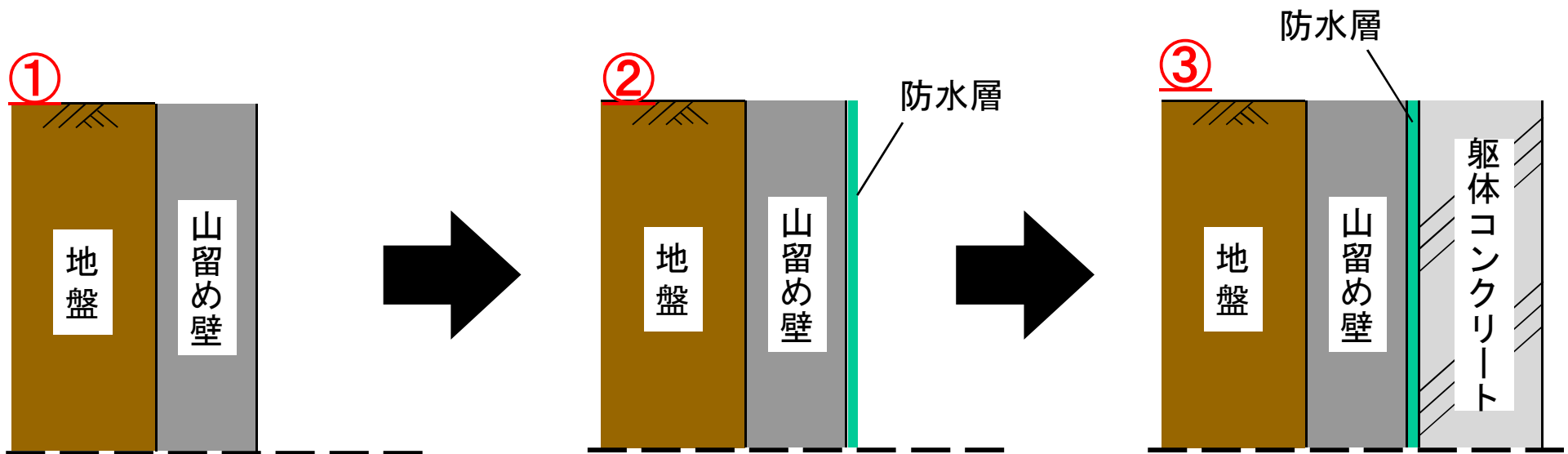
先やり工法  
しかできない



# 後やり工法：防水層施工が躯体施工後



# 先やり工法：防水層施工が躯体施工の先（事前）



# 防水の観点からみた防水構法のランキング

(日本建築学会防水工事運営委員会地下防水WGの検討)

底部防水の有無	側壁防水の範囲	側壁防水の位置	防水施工時期	配点	防水確実性 ランク
あり	全面防水	外防水	後やり	12	防水確実性 Aランク
あり	全面防水	外防水	先やり	11	
なし	全面防水	外防水	後やり	9	防水確実性 Bランク
なし	全面防水	外防水	先やり	8	
なし	全面防水	内防水	後やり	7	
なし	部分防水	外防水	後やり	6	防水確実性 Cランク
なし	部分防水	外防水	先やり	5	
なし	部分防水	内防水	後やり	4	
なし	なし	なし	なし	0	

## Aランク

底部防水 + 側壁：全面外防水  
後やり工法 確実  
先やり工法 やや確実性劣る

## Bランク

底部防水なし + 側壁：全面外防水、内防水(B-)  
ピット等による漏水抑制

## Cランク

底部防水なし + 側壁：部分外防水  
鉄筋、セパレーター下部からの漏水危険性

# 施工事例

## 内防水の施工（ポリマーセメント系塗膜防水）



## 外防水・後やり(非加硫ゴム系シート)





## 外防水・後やり(エチレン酢酸ビニル樹脂シート防水)



## 外防水・後やり(ゴムアスファルト系塗膜防水・吹付け)



外防水・後やり(改質アスファルトシート防水トーチ・バーナー工法)



## 外防水・後やり(ウレタンゴム系塗膜防水・吹付け)



外防水・先やり(非加硫ブチルゴム系シート防水)SMW下地



外防水・先やり(改質アスファルト防水常温粘着工法)  
親杭横矢板下地



外防水・先やり(ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法)  
親杭横矢板下地



外防水・先やり(超速硬化ウレタン系塗膜防水工法)  
SMW下地





5. 地下で防水がしっかりしなければどうなるか

躯体の耐久性を低下させる。

居住性（快適性）を損なう。

健康安全性を損なう。

経済性を低下させる：下水道排水費用は意外に大きい。

## 特に耐久性の面から懸念されること

(1)鉄筋の腐食

(2)コンクリートの劣化

## 鉄筋腐食のメカニズム

水分と酸素の存在により腐食が進行（大気腐食）



ただしコンクリート中ではそのアルカリ性のため、鉄筋まわりに**不動態被膜**を形成し、腐食を抑制する。・・・  
鉄筋コンクリートが**耐久的**である理由

特に**塩化物イオン**は**不動態被膜**を破壊し、腐食を加速する。・・・  
**海水が危険な理由**



地下壁からの漏水

## トンネルのコンクリートの劣化による剥落



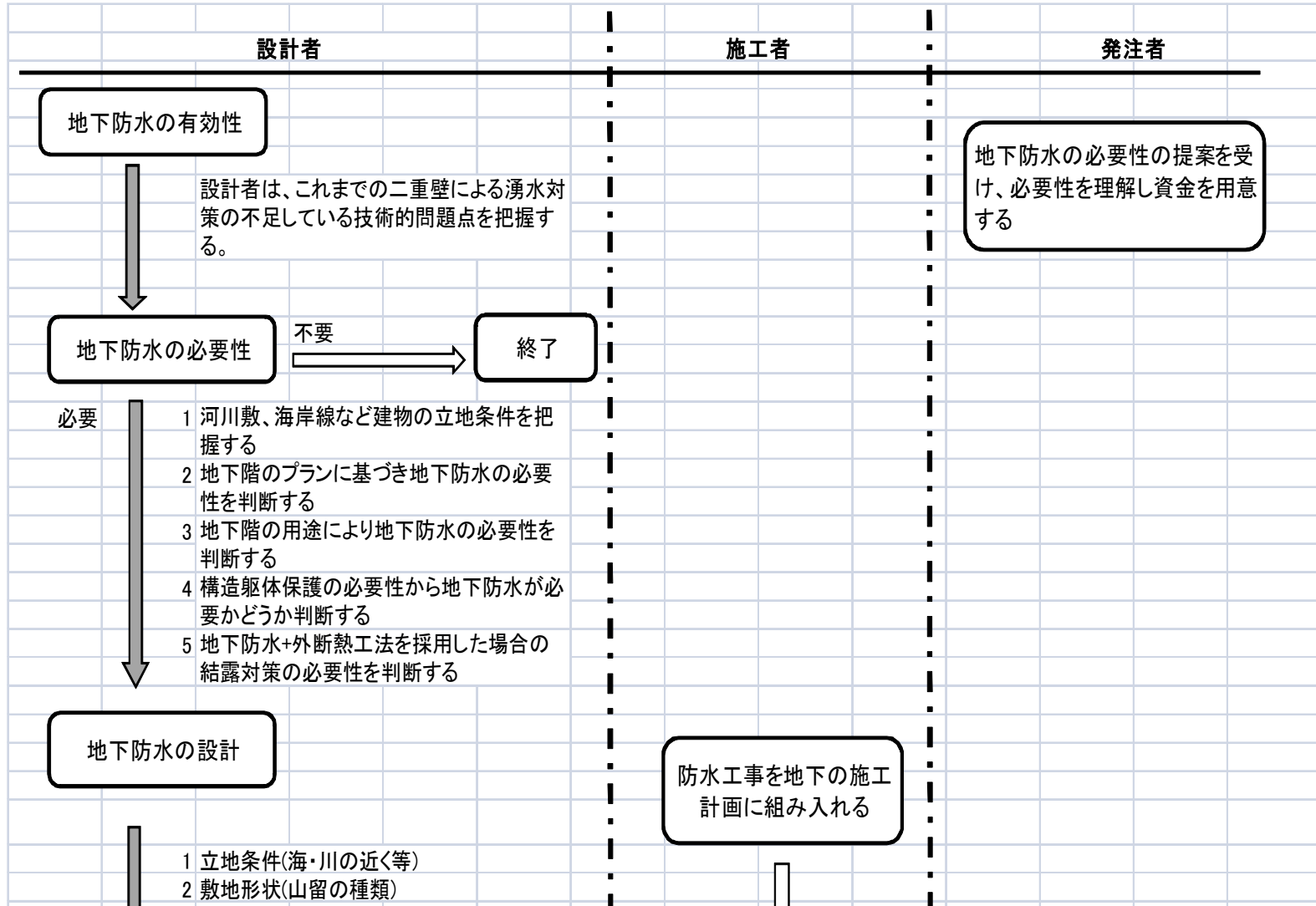
## トンネルのコンクリートの剥落



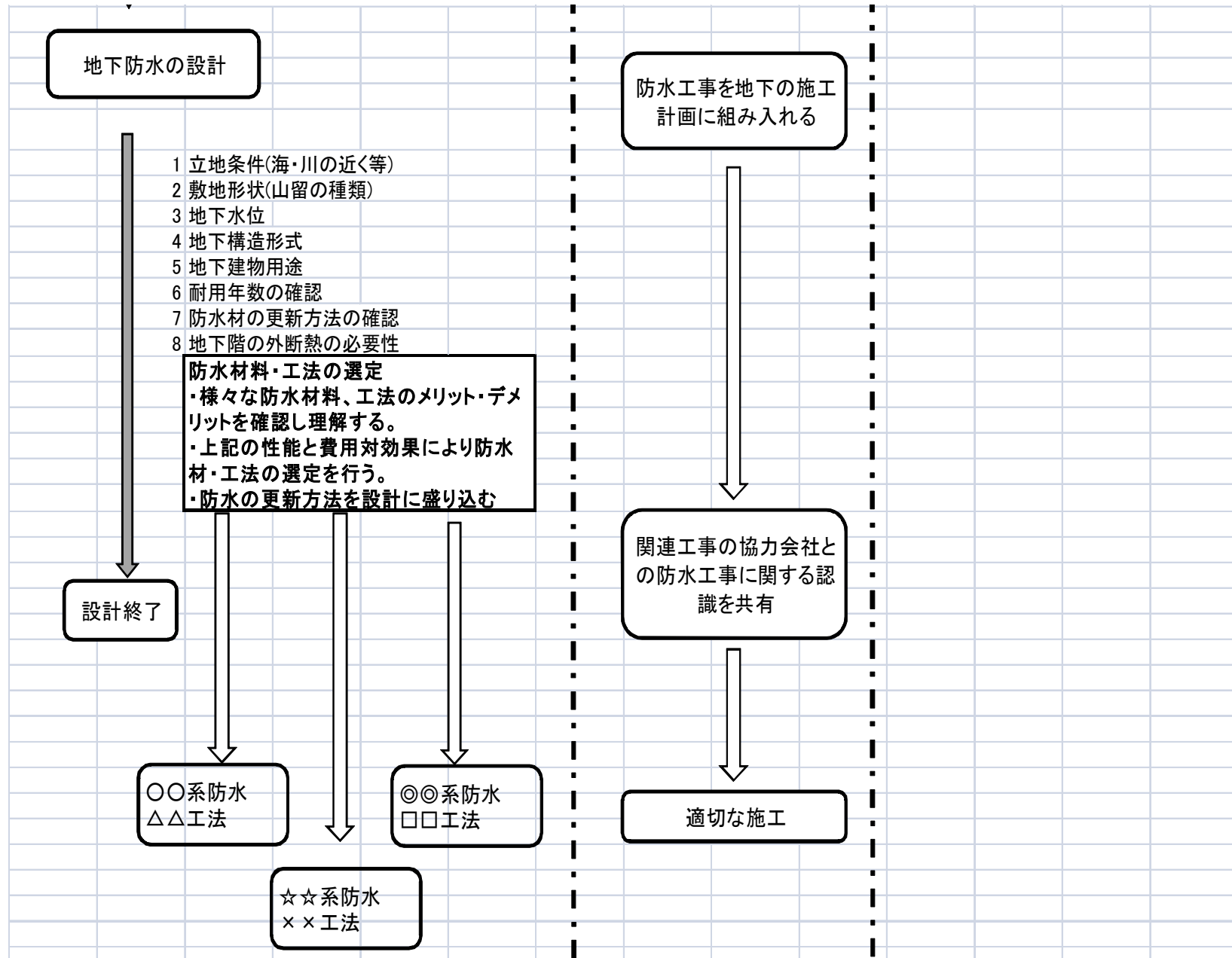
6. 防水工事の重要性を発注者に十分説明する。



# 地下防水の設計から施工まで



# 地下防水の設計から施工まで(続き)



発注者の意向を聞く機会は最初しかない。

・防水の要求水準を十分聞いておく。(紛争処理の現場では、これが原因であることが非常に多い。)

**地下室の用途と規模**

防水への期待度が異なる

湿気漏水厳禁レベル：本、紙類の保存庫、ピアノ室

湿気許容レベル：居室

**若干の漏水許容レベル**：機械室、駐車場

・地下防水工事は、建築工程のなかで初期に終了するため、途中の変更が実質不能である。

一方で、施工との強い連携も必要。  
(最初から完全な地下防水設計の出来ないことが多い。)

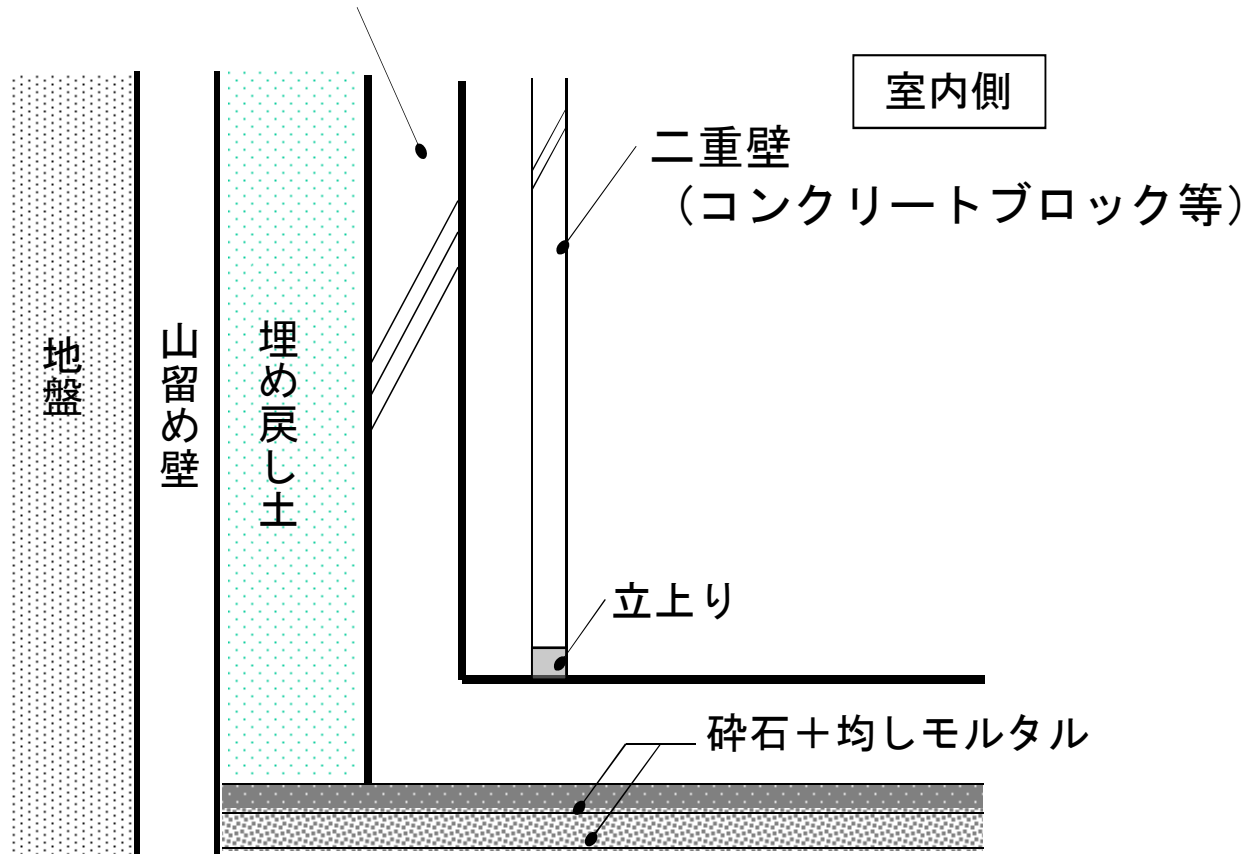
### 地下防水設計・防水工法選定に必要な情報

- ・ 立地条件と地下水位  
ボーリング調査、地盤情報
- ・ 敷地、建物配置  
敷地の余裕により、工法の選択が絞られる
- ・ 掘削、山留工法  
山留工法の種類により防水工法の選択が絞られるが、設計段階で山留工法の選択は難しい。
- ・ 地下工事の時期・工期  
雨季、乾季

## 7. 二重壁をどう考えるか

## 二重壁

地下躯体（コンクリート）



二重壁は漏水と結露の目隠しであり、防水ではない。

しかし一方で、地下では完全な防水層は難しい。また結露も発生しやすい。



**防水と二重壁の併用が望ましい。**

終わりに

屋上は完全な防水が常識になっているのに対して、地下では要求水準と地下の水環境が千差万別である。一方で地下防水工法も性能のレンジが広い。そのため地下防水の取り扱いはあいまい状態にあった。

今後は消費者の要求水準にあわせたしっかりとした地下設計、工法の選定、施工が求められる。

ご清聴ありがとうございました。