

1

トンネルとは何かを
改めて知ろう山や地下に造られた
空間を指す

わたしたちはトンネルと言つと、どうしても鉄道や道路のトンネルを思い浮かべがちです。日本は国土の70%近くを山に覆われた山国ですから、鉄道や道路などの交通を活かすためにどうしてもトンネルが多くなります。

交通の用途以外にも目を向けてみましょう。

わたしたちが飲む水、洗濯や食器を洗った後の水、こうした水の通り道もトンネルを利用することが多いのです。こうした水の通り道となるトンネルを水路トンネルと呼びます。飲むための水は上水道、使った後の水は下水道と言ひ、それぞれ水道トンネル、下水道トンネルと分けて呼ぶこともあります。この水路トンネル、古くはイラン高原のガナートのように灌漑用トンネルとして利用されていたことはご存じでしょうか？ 水路トンネルがトンネルの原点なのです。他にも、電気や通信、ガスなどわたしたちが生活するのに必要な多くの施設がトンネルを利用していま

す。どのような深さでどれくらいの高さでどのように掘るのかについてはあとで詳しく述べますが、いずれにしても想像以上にわたしたちの身のまわりに多くのトンネルが存在します。

トンネルとは簡単に言つてしまうと、山や地下に設けられた入口と出口のある空間のことです。

本書ではこのトンネルについて6章にわたつて解説します。第1章はトンネルの特徴や興味深いトンネルを紹介します。第2章はトンネルの歴史を振り返ります。第3章はトンネル工学入門です。なぜトンネルは土の中でも丈夫に保たれるのか、どのように造るのかなどについて力学や技術的な観点から解説します。第4章は様々な災害から守るためのトンネルの工夫を、第5章はトンネルの点検や補強・補修の維持管理方法を紹介します。第6章では今後の技術革新を期待しながら、少子高齢化の時代にどうやってトンネルを長く使い続けるかを考えるエッセンスを紹介します。

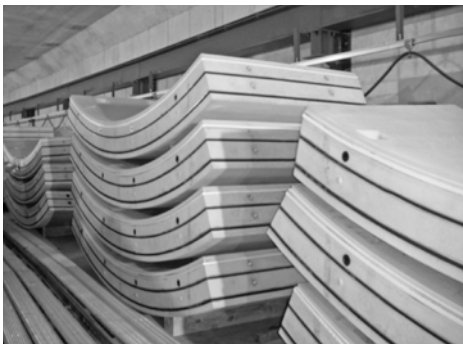
工事中のいろいろなトンネル



下水道トンネル(シールド工法)の内部。大断面かつ急曲線部。



道路トンネル(山岳工法)の内部。あばら骨のような鋼製支保工やロックボルトの頭部が見える。



積み重ねられたセグメント(コンクリート製)。シールドトンネルで用いられる。

要点
BOX

- 日本は山国ゆえにトンネルが多い
- トンネルの起源は水路トンネル
- 本書の構成

2

足下にある 身近なトンネル

道路直下から大深度まで

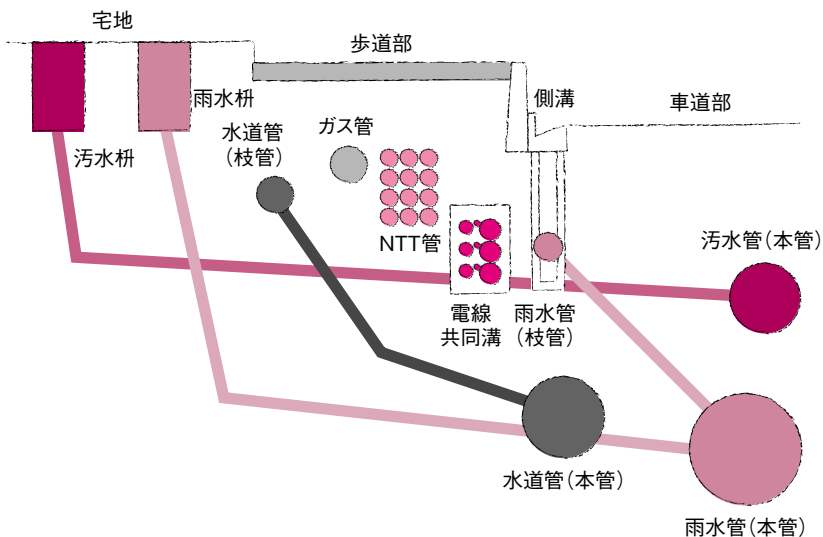
玄関を出てすぐ前の道路。この下には何があるでしょうか。道路の下約3mまでに私たちの生活を支えるライフラインのほぼ全てが埋まっています。例えば、水道、下水、電気、ガスなどです。これらは比較的地表近くにあるので地表から下に掘って施設を埋設します。もっと地下深くを見てみましょう。地下10mくらいまではもう少し断面の大きい管があります。わたしたちが利用した水(下水)は、台所、トイレ、風呂場から排水管を通ってまずは下水管の枝管を通ります。この枝管は直径数10cm程度です。下水は地下浅いところから、地下5~10m程度にある本管に向かって流下します。本管は太いもので5mほどにもなりますが、都市部や地盤の軟らかいところでは、シールド工法でトンネルを掘削して下水管を造ることもあります。もっと深く…地下40mくらいにもなると、道路や鉄道などのもっと大規模な施設のためのトンネルがあります。これらの施設は基本的には公道などの公共

物の下に造ることが原則です。私有地の下に造る場合は土地の所有者に金銭などの保障をしなければなりません。そこで、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」(大深度法)が制定されました。大深度法では、首都圏、近畿圏、中部圏において、所有権を主張できるとが、実際に利用価値があるところまでとなりました。この法律により、今後、公共施設の大深度化が進むものと思われます。中央新幹線(リニア新幹線)もこの制度を適用します。すでにこの法律を利用してできたプロジェクトがあります。神戸市の「大容量送水管整備事業」です。水道管を公道の下に敷設すると大きく曲がってしまうことも多く、水を効率的に送れません。しかしここでは大深度法を適用することで私有地の下でも水道管を直線的に敷設することができたので、より効率的に水を送れるようになりました。

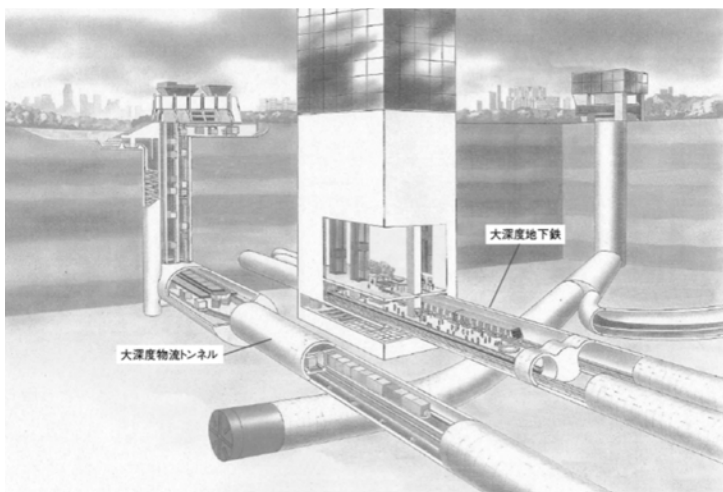
要点BOX

- 地下3mまでにほとんどのライフライン
- 地下10mくらいになるとトンネルを掘ることも
- 大深度地下法適用で公共施設をより効率的に

浅い地下に埋められている日常生活に絡んだ施設の一例



大深度地下利用のイメージ



黒川洗東工大名譽教授を委員長とする「大深度地下利用に関する技術開発ビジョン検討委員会」で検討された大深度地下利用のイメージ。大深度地下をより便利に、より安全に、より環境に配慮して利用する案が検討された。

出典：「大深度地下利用に関する技術開発ビジョンの概要」(国土交通省、一部改変)

3 トンネルの特徴

暗い、汚い、狭い？

そもそもトンネルに限らず地下の特徴とは何でしょう？ もちろん、山や地盤に囲まれているので地上の気候変動や自然現象の影響を受けにくいことが一番の特徴です。また、地震のゆれに対して地下構造物のほうが地上のそれよりも一般的に強いです。それ以外の地下の特徴として、高い断熱性、恒温性(温度が一定の性質)、恒湿性(湿度が一定の性質)が挙げられます。これは山や地盤が大きな熱容量を有しているためです。したがって、地表の温度や湿度の変化にあまり左右されることなく比較的一定に保たれます。

トンネルの特徴に話を絞ってみましょう。形状としての特徴は、細く(断面が比較的小さく)、長いことです。また、インフラとしての特徴は、急峻な地形の影響を受けず、交通の高速走行や大量輸送を容易にしていることです。トンネルがなければ急峻な地形を通る際にはくねくねとした道や急勾配の道を通らなければなりません。そのほか、トンネルの出入り

口(坑口)付近を除き、強風や積雪の影響をあまり受けませんし、森林などにも影響を与えないので、生態系保持にもメリットがあります。都市部でのトンネルを利用した地下でも、錯綜した地表を冒すことなく都市空間の有効利用ができます。

その反面、短所も多くあります。大きく分けてコストと防災に関するものです。トンネルは山や地盤内に設けられるので作用する土水圧の影響が大きくなります。そのため、形状や断面の大きさなどの自由度が少ない、地質の影響が大きい、崩落への対処や地下水位の影響を考慮しなければなりません。そのため、とくに施工にかかるコストが他の構造物と比べると高くなります。また、防災に関しては、換気が困難(とくに長大トンネル)なため有毒ガスが滞留しやすいこと、火災や浸水などの災害発生時の避難や救出活動が困難であることが挙げられます。これらの対策については第4章以降で解説します。

トンネルや地下の長所と短所

細く、長い、地下にある構造物

【長所】

◎急峻な地形での優位性

- 曲線・つづら折り・勾配を減少
→交通の高速走行、大量輸送が容易に
- 強風・積雪の影響を減少
→自然環境に作用されにくい
- 坑口付近を除き景観を損ねない
- 森林破壊につながりにくい(生態系保持)

◎地上空間が錯綜した都市での有効利用

【短所】

◎コスト、防災のデメリット

- トンネルに作用する土水圧の影響が大
→形状、断面の大きさなど：自由度少ない
- 地質の影響が大
→崩落への対処、地下水位の影響も大
- 換気が困難(とくに長大トンネル)
→有毒ガス滞留、危険物積載車制限
- 災害発生時の避難・救出活動が困難

地下の特徴は「ぬれない」「温度一定」

- 気候変動、自然現象の影響を受けにくい
 - 地表で発生する自然現象の影響を受けにくい
 - 地震のゆれに対して地下は強い
 - 日本は地下街のネットワークが発達
- 高い断熱性、恒温性、恒湿性
 - 地盤がもつ大きな熱容量
 - 地表～5m：地表温度の影響少
 - 熱帯地方、厳冬地方で地下が発達

地下の特徴を活かして住居にも利用されている！



要点
BOX

- 地下は温度・湿度が保たれる
- トンネルは何といても急峻な地形に有利
- コストや防災時の弱点