

青函トンネルを掘って（60・7・20）

持田 豊（昭23理）

「会館のつどい」での録音ミスを講師にお詫びし、当時「同じテーマ」でお話をされた記録のご提供をおねがいして、ここに収録させて頂くことにいたしました。

（注）なお、本文はスライド説明の形式ですが、お話しの内容が分りますのでそのまゝにし、さらに理解を深めるために数葉の写真と図面のご提供をおねがいしてお話の順に掲載しています。

ただいまご紹介に預かりました持田でございます。ご存じのように、今年の三月に青函トンネルの本坑が全部貫通しました。先進導坑は既に一昨年に貫通いたしましたので、その時をもって本州と北海道とが陸続きになったわけであります。私がちょうど鉄道に入った年に洞爺丸事故という、非常に大きな事件で、一四三五人という方が連絡船の沈没で亡くなられたという事故がありました。その後、本州と北海道の間のトンネルを掘ろうということで、非常に活発な調査が開始されたのが昭和三〇年であります。それからずっとこれに携わっており、もちろんそのころは西

の明石海峡の方も、かなり活発にやっております、当時はまだ橋ということじゃなくて、トンネルということで計画を立てておりましたので、北海道と明石と両方担当しながら、ついには先に掘るようになった青函の方に、大体沈没してしまったというふうな格好です。

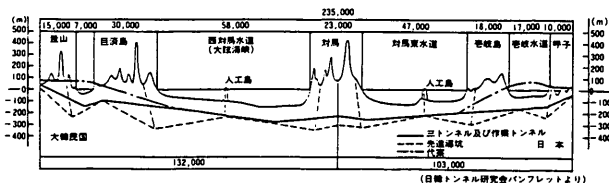
青函トンネルというのは一体どんなことであつたかということを、スライドでご説明したいと思います。海峡にトンネルを掘るというのは、世界では日本の関門トンネルが初めてでありまして、その後、青函トンネルということで、世界ではまだ海峡を連絡したトンネルというのは二つしかありません。その二つともが日本であります。スライドで説明しながら、ところどころで、いまの考え方、その他を述べていきたいと思います。

(スライド一映写) 現在計画中の海峡トンネルというのは、これから図面を出しますが、日本ではいまの明石海峡であるとか、あるいは、いまちょうど調査しております和歌山と淡路島間のトンネルであるとか、そういうふうなものがあります。これは大体同じ縮尺で描いてあるものですが、これが海底トンネルの一覧であります。これが一番初めにできた海底トンネルでありまして、昭和一年に工事にかかり、昭和一七年と一九年に、上り、下りがそれぞれ完成しました。関門トンネルであります。これは戦争中のことでありまして、水深も深いので、シールド工法といいますが、空気の水を止めながら掘っていくという、いわゆるケーソン方式をとりました。水深が一四〇五メートルと非常に浅いんですが、その下一〇メートルばかりのところを掘っており

海底トンネル一覧表

名称	縦断面図	備考
1 関門トンネル		海峡トンネル×2本 (下り線) 着工: 511年9月 竣工: 517年6月 (上り線) 着工: 515年8月 竣工: 519年8月
2 関門道路トンネル		2車線トンネル 着工: 512年8月 竣工: 523年3月 511年より15年 中断施工中止
3 新関門トンネル		3車線トンネル 着工: 545年3月 竣工: 549年8月
4 青函トンネル		海峡トンネル 着工: 539年5月 竣工: 560年3月 予定
5 豊予トンネル(仮称)		昭和40年度より調査中
6 紀淡トンネル(仮称)		計画中
7 マーシー鉄道トンネル(河産)(イギリス)		道路 着工: 1879年 竣工: 1886年
8 ドーバートンネル(イギリス)		車線×2本 一時中止
9 シブラルタル海峡トンネル(スペイン-モロッコ)		計画中

日韓トンネル縦断面(案)



まして、一番薄いところは八メートル。掘っていると、上を通るポンポン船の音が聞こえるというふうなところを掘ったわけですが、非常に勇気の要った、初めての工事であったと思います。その下が、それからちよつと遅れて開始したんですが、戦争で中断しまして、結局、できましたのは戦後であつたわけですが、これが関門の自動車トンネルであります。

ここにありますのは、海の底の距離でありまして、関門トンネルが一・一キロ、これが七五〇メートル。それから青函よりはちよつとかかったのは遅かったんですが、もう一つ、新関門トンネルという新幹線のトンネルができております。これは関門トンネルよりはずっと東側を通っておりまして、割りと地質のいいところを深く掘っております。これの全長は十八・七キロ、海底部分は八八〇メートルというわけであります。

（スライド二映写）これが青函トンネル、この一番上でありまして、海上距離が二三・三キロ、全長が五三・八五キロという長さであります。これについては後で詳しく説明しますが、水深の一番深いところが一四〇メートルであります。それから、いま計画中であるのが、一つは九州の佐賀関と四国の佐田岬半島をつなぐ、豊予海峡トンネルと言っているんですが、これは一応、先年で調査を終わりました。これは計画によれば五〇キロぐらいになっています。ここは水深が一六〇メートルぐらいの深いトンネルでありますが、まだ、いつかかるか、よく分からない状態にあります。もう一つは、和歌山県と淡路島を結ぶ、いわゆる紀淡海峡トンネルです。これも現在

の計画では約三〇キロばかりのトンネルであります、海上距離は五キロ程度と、短いわけであります。

（スライド三映写）じゃあ、世界中で、そのほかにどういうものがあるかと言いますと、これは十九世紀に作られましたイギリスのセバーンというトンネルであります、海底じゃなくて、河底、川の底のトンネルであります。ちなみに水の底を掘った一番古いトンネルはどこか。バビロンといいますが、いまはイラクですね。そのユーフラテス川の下を、四〇〇〇年ばかり前にトンネルを掘っております。それが世界最古の水底トンネルでありまして、かなり昔から人類は水の下をくぐっておったということが言えると思います。次に、現在、かかるか、かからんか、新聞等に度々載っておりますが、最近ではサッチャーとミッテランが握手をして、民間の力でやろうじゃないかというふうに言っている、英仏海峡トンネルというのがあります。これは計画自体はナポレオン時代に立てられておまして、ここは水深六〇メートルと浅いんで、こういうところに人工島を二つか三つ作って、そこへトンネルの顔を出しながら、つないでいく。当時はまだ鉄道のなかった時代でありますから、馬車の馬を替えて、かいばを食わそうというか、そういうふうな計画です。その後、西暦一八八五年、ちょうど百年前、フランスとイギリスから約一マイルずつ掘ったんですが、そういうトンネルというのは国防上おもしろくないということで、イギリス側でやめまして、ほったらかしになっておったわけですが、いまから十年ぐらい前に工事

にかかり、それがまた中止になって、そろそろ今年か来年に始めようかということになっていきます。それも今後の国際的、あるいは財政的な動きで、どうなるか分かりませんが、こういうふうなトンネルの計画があります。

それから、最近非常に活発に調査を始めたのは、スペインとモロッコの間、ちょうど地中海の入り口にあるジブラルタル海峡です。ここのトンネルの計画が、両方の国王の合意ができて、これはかなり強力に進められております。調査もやり出して、これで八年目という格好であります。ここは水深が青函の倍ぐらいありまして、二五〇メートルぐらいあるところの、一〇〇メートル下を掘る。長さで大体五〇―六〇キロのトンネルになるのではないかというようなことで、いま、世界の各地では、いろいろな意味で、海底トンネルをこれからやろうというふうな計画があります。ただ、ご存じのように、世界的に財政難であるというふうなことで、そう簡単には進まないだろうと思います。

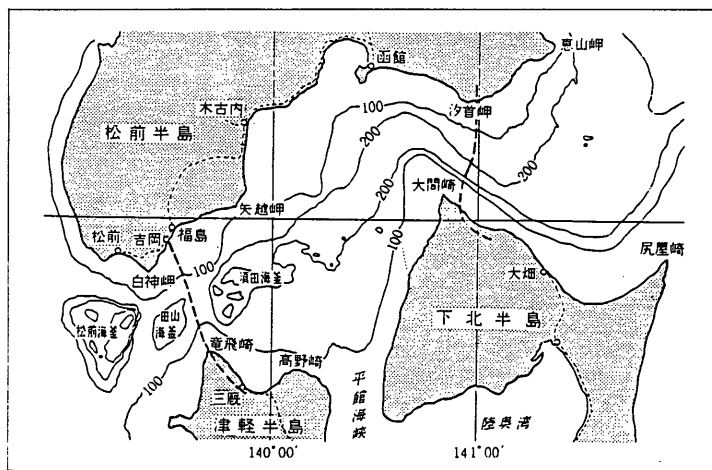
こういうふういろいろな海底トンネル計画のある中で青函はかなり大きいものでありますが、これは一体どういうふうなことが問題になるであろうか。青函トンネルを掘る場合に、実際に一番問題になるのは何かと言いますと、やはりこのトンネルというのは海の底であること。これは当たり前ですが、それと、長いということであります。このトンネルを確実に建設するためには、やはりこの海の底であるということと、長いという、いわば、この特徴を殺してしまうと

いますか、それを除去してしまえば、普通のトンネル同様に確実に掘れるということです。結局、この青函トンネルを進める技術的な方法としては、その特殊性、というよりも、逆に言うところハンディキャップになるわけですが、とにかくそういうものを取り除けば、このトンネルは可能であるということであるということで、調査を進め工事を進めました。それでなんとかかんとか、やることのできるということであります。そのうちの一つは何かというところ、やはり海底であるということ、なかなか自然条件がよく分からない。それが一つであります。もう一つは海水というものの存在であります、まず、いろんな状況がよく分からないということで、地質調査をどんなことをやったか、ちょっとご説明したいと思えます。

（スライド四映写）その前に青函トンネルの計画はどうかと言いますと、これは本州、こちらが北海道になるわけですが、この赤く塗ってある部分、これが五三・八五キロの青函トンネルです。青森から在来線、いま津軽線というのが、この三厩という所まで行っていますが、その途中の今別という所から入りまして、それで北海道方の湯の里という所へ出るというふうな計画であります。結局、海底として北海道と本州が離されているのは、この部分と、この部分。つまりこれは津軽海峡の西口と東口という所でありまして、そのうち西口を選んだわけであります。

（スライド五映写）なぜ西口を選んだかと言いますと、ここの図面の色の最も黒い部分、これが二〇〇メートルを超える水深であります。それから、一〇〇メートル以上が、やや薄いブル

津軽海峡の海底地形



。それから、これは五〇メートルの線であります。これでちょっとお分かりにくいかも知れませんが、太平洋の方から大体三〇〇メートルぐらいの深まりが、この辺までずっと入っております。従いまして、東口のこの辺は二七〇メートルぐらいあります。それがたまたま、この本州方の竜飛崎という所ですが、これが一つの盛り上がりになっておりまして、その盛り上がりがそのまま北海道の方へつながって、ここが馬の背のようになってる。ここはまた再び四〇〇メートルぐらいの深さがあるんですが、たまたまこの部分だけが割りと浅瀬で残っておりまして、水深が一番深い所で一四〇メートルぐらいである。ちょうどこれの半分ぐらいの深さであるということで、海底トンネルですから下がつて掘らなければいかなという点において

は、非常に楽であるということが、一つであります。

（スライド六映写）それと、もう一つは、あの付近に実は火山脈が通っておりまして、下北半島の方には、先日も活動しました有珠岳、昭和新山などを含んだ那須火山帯というのが、ちょうどその真ん中を通っております。それに対しまして、西口の方は火山脈からやや離れておるということです。火山脈をトンネルで抜くというのは、丹那トンネルというのを、大正から昭和十年ごろまでかけて国鉄でやりましたが、ここでもものすごく人を殺して、非常に長期の工期を要して、建設局長が何人も辞めざるを得なくなったという難工事であったわけです。その記憶が生々しくて、やはり火山帯の下を通るのはやめた方がいいということもありまして、いまの西口にルートを決めたということであります。

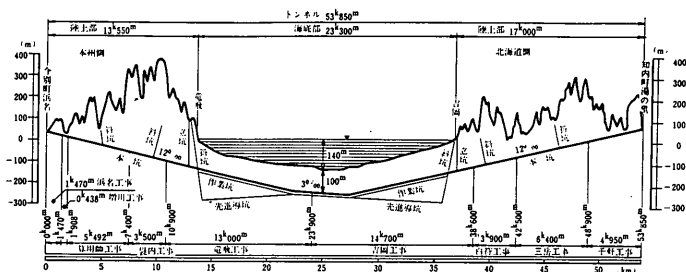
地質調査の方法なんです、じゃあ、そこで一体どういうものが出るのかということを調べるのに、昭和三〇年から、こういう小さな船に乗りまして、船から先に歯のついた鉄のバケットを降ろしまして、それをワイヤーで引っ張り上げますと、海底の岩盤が取れる。これが大阪湾とかですと、ほとんど砂、砂利の類であります、津軽海峡は非常に潮流が速いものですから、このように裸の岩盤が出まして、トンネルを掘る部分の岩が表面で取れるということで非常に効果のあった方法なんです、こういうことで、津軽海峡の中で二千箇所ぐらい、毎日毎日ひっかいては、揚げたわけです。

(スライド七映写) そのバスケットの歯がこれでありまして、これを下に降すということがあります。これはちょうど三〇年ぐらい前にやったわけですが、現在もほとんどこの方法と変わっておりません。

(スライド八映写) それでひっかいて揚げたのが、どんなものが揚がってくるかというと、こういうものです。これは非常に具合がいいといいますが、こういうふうな緑色に見えている、これが海底の岩盤そのものでありまして、これにいろんな池底の生物が付着しています。ウニとか、ホヤとかが付いていたり、たまには間の抜けたカレイなどが一緒に入ってきてたりします。これで大体、こういうものが海底にあるかということを調べることによって、いわゆる地質の分布といえますかどんなものを掘ればいいんだということが分かるわけです。

(スライド九映写) それで海底の表面にどんなものがあるかということが分かりますと、今度はそれがどういう並び方をしておるか、あるいは、場合によれば断層があるのかどうか。断層というのは、ここにありませんが、要するに岩が地殻変動で非常に大きく動きまして、その岩のまわりは粉々に壊されて、粘土になったり、あるいは亀裂が大きくて水が大変出てきたりというふうな所があります。それがトンネルに出てきたら、どんな格好になるか、後で分かりますが、そういうふうな断層、地質構造というものを調べるために、こういうふうな仕掛けを使うわけでありませう。これはやはり船から発信器で音波、この場合は水中で電極をスパークさせまして、一種

青函トンネル縦断面図



の音を出します。そのエネルギーがもちろん海底面からも跳ね返ってきますが、非常にエネルギーが強い場合は、透過しまして、いろいろな層の境目から反射してくる。それをこの受信機で取るわけです。その当時、この装置は日本になくて、アメリカの石油探査の技術をそのまま持ってきてまして、その請負会社によらせたということでありまして。現在では、やはり同じようなことですが、こういう発信器を非常にたくさん付けまして、一つの発信器からたくさんの音波の反射を取る。それをコンピュータで解析しまして、いろいろな地質構造が見られるようになっておりますが、本質的にはこれとほとんど変わりがなくて、やはり音波が反射してくるという性質を利用して、地質の構造を見ようということであります。

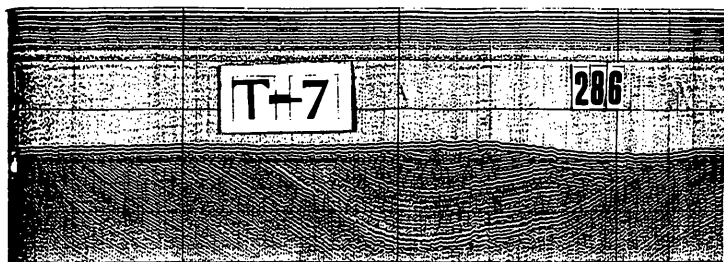
(スライド一〇映写) これがいまの発信器と受信器。これは船の後ろから流しておるわけでありまして。そして場所を刻々に測量しながらやっていくということであります。

(スライド一一映写) これが、それから取られました一つの

データでありまして、その一番上が海面になります。これが海底面でありまして、こういうふうな面が全部地質層の境目であります。これはここに見るように、非常に整然と並んでいる。ですから、ここは余り断層がないだろうということが言えるわけであります。

(スライド一二映写) これも同じものですが、ここはちょうど海峡の真ん中の海底でありまして、三月に貫通した所であります。御覧になって分かりますように、こういうふうに地層がお盆のように褶曲しております。ちょうどこの辺を掘ったぐらいになるわけですが、たまたまこの中の層の二つぐらいが非常に軟らかい砂でありまして、手でパツパと掘れるぐらいの砂であります。これを突破するのに非常に苦労したわけであります。しかしながら、調査時点では、この欠点というのは分からなかった。この映像だけでは岩が堅いか、軟らかいか、それとも砂であるか何であるかというのが、全く分からないというふうなことであります。一応、構造としては、こういう構造をしておるということは分かるわけですが、そういうふうな面では、まだまだ現在の技術でもちょっと分かりかねるということです。

(スライド一三映写) これ以外にも、磁気の強さを測ったり、また、海底でボーリングしたり、いろんなことをやったわけですが、これが本当にそうなっているのかということを見るのに、潜水艇で潜って見ております。これは「白鯨号」という、非常に小さい、長さが三メートルぐらいの潜水艇であります。これで海底を見ますと、津軽海峡というのは非常にきれいな水



であって、電気をつけなくても、一〇〇メートルの所でも月明かりで見える。その前の年に明石海峡で同じ海峡で同じ潜水艇で潜りましたが、ここはもう三〇メートルか四〇メートル潜ったら、真っ暗になりまして、非常に透明度が違つたということがよく分かりました。

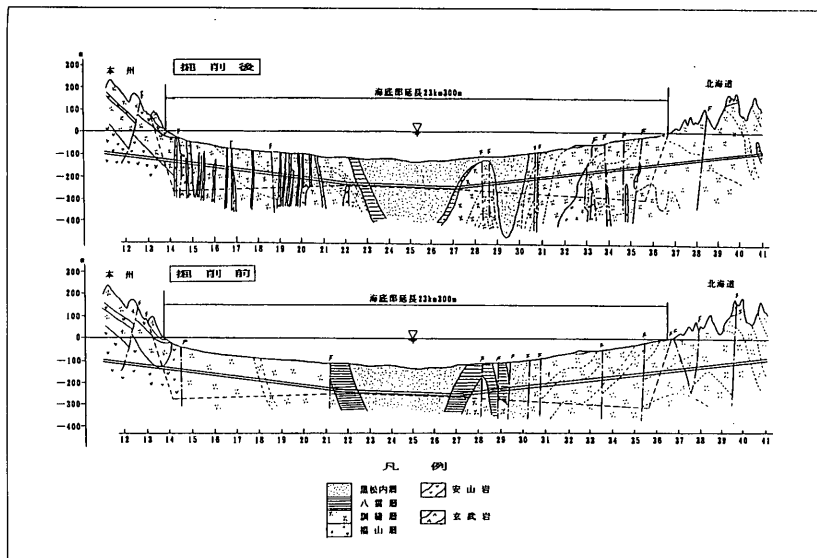
(スライド一四映写) これも同じことで、こういうふうな窓から見ながら、ノートを取つておるところです。これだけの大きさの潜水艇で、実を言うと、外板は厚さ一センチぐらいの鉄板一枚であります。ですから、何かにばんとぶつかれば壊れてしまう。幸い、とにかく壊れないで、なんとかやれた。実は明石海峡でやる前に、この潜水艇を二〇〇メートルぐらいの水深の外海に入れたところが、完全に浸水しまして、やる前から危ない思いをしたことがある。現在は非常にいい潜水艇ができておりますが、当時は、その程度の、いわば手作りの潜水艇でやつた。ところがこれで見ましても、大体、ドレッジであるとか、いまの音波探査などで推定した地質が、まあまあ、あるレ

ベルにおいては合っておったということが確認されております。

(スライド一五映写)それを本当に確認するために、ボーリングを海の上でやってみようということで、これは大体一メートル二〇ぐらいの直径の鉄の円筒であります。アンカーを下に、ワイヤーで、これを立てまして、その上にボーリング機械を入れて、ボーリングをしました。これも大体水深が四〇〜五〇メートルぐらいの所でないとやれなくて、また、潮流の速い所では、まず困難であったということで、津軽海峡では三本ぐらいしかやれなかった。三本目をやった時に、やはりこういうふうな潮流のあった所で、円筒に移り損ねて、一人犠牲者を出すというふうなこともありまして、その後は、この方式は津軽海峡ではやめたわけであります。

(スライド一六映写)いろんなことをやりながら、要するに地質を調べたわけですが、それで掘る前に大体こういう程度のが分かっておったということです。一つは、これは本州方ですが、本州方には割りと古い火山岩があるということ。火山ではやはり岩に亀裂が多かったり、いろいろありまして、非常に地質が複雑なんで、この付近は非常に水が多くなるだろう。これは非常に問題であるというふうに考えていました。それから、海峡の真ん中に、黄色く塗ってある、これ、黒松内層という名前をつけた層であります。これが非常に軟らかい。この辺が先程言いました、音波探査の褶曲した所ですが、これが非常に軟らかい層であって、非常に難渋をしたという、これが二つ目の問題点。それから、もう一つ、こういう縦横にいろん

青函トンネル海底部地質断面図



な線が入っておりますが、これが断層であります。この断層というのは、地殻変動の結果、岩盤が壊されてできたものであります。このまわりは大変軟らかくなったり、あるいは割れ目が多くなつて、水がたくさん出てくる。この中でいろいろな名前をつけております。実をいうと、地質学的に非常に大きいと思われるのに、Fの1とか2とかいう番号を付けてまして、以下、数字が大きくなるに従つて、少しずつ規模は小さくなるというふうなものであります。いま振り返ってみますと、一番トンネルを掘る上で困ったのは、Fの10という断層であります。もちろん後のやつも多かれ少なかれ問題はあったわけですが、いま考える

と、Fの10というのが一番問題であったというふうに思います。

(スライド一七映写) その縦断面図がこれであります。ここにありますように、黒松内層という、この層が一番問題であった。心配しておった通り、この辺に砂の層が出てきました。非常に軟らかくて、水が出ると、とにかくごろごろと流れ出る。流れて陥没するというふうな恐れがあったものですから、ここで非常に苦勞をしたというわけであります。

(スライド一八映写) こういうふうなトンネルを掘るのに、じゃあ、どう掘るかということですが、それは本トンネルがこれであります。現在これも貫通していて、ほとんど出来上がっておりますが、それを掘るために、この下といいますが、まず地質調査とか、やはり海底をやるべき技術開発、そういうものをやるために、先進導坑というのを掘りまして、それからさらに、この本坑から横約三〇メートルの所に作業坑というのを掘ります。この作業坑というのは、この作業坑から本坑に対して連絡坑を掘って、それから本坑を掘る。そして、この先進導坑、作業坑は本坑よりも二、三キロ先進しておりますので、そこからいくつか連絡坑を作って、本坑を何箇所かで掘ります。本坑は、これを見ての通り、大きいわけでありまして、非常に掘るのに時間がかかる。従って、作業坑をなるべく早く掘って、本坑は何箇所かで同時にやって仕上げようというやり方をやっております。

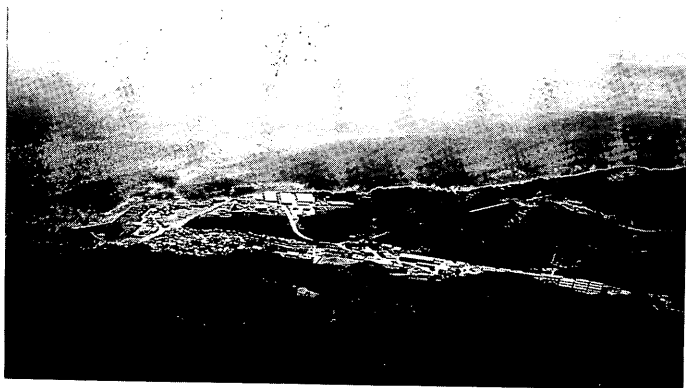
(スライド一九映写) これが現地の写真ですが、これは北海道方の吉岡であります。ここから

海底に入るわけですが、ここから斜坑を入れまして、斜坑からいまの先進導坑がずっとのびます。向こうに見えているのが、本州方の竜飛崎でありまして、大体この付近が直線距離で約二〇キロぐらいあります。この写真でも分かりますように、少し水の色が変わっているとが海流の本流でありまして、ここが非常に速い流れになっております。そこでは、先程言いました。円筒のボーリングはできなかったわけでありまして。ここに、こういうふうな黄色い線がありますが、これはベルトコンベアの覆いでありまして、幅一メートルぐらいのベルトコンベアを斜坑から入れて、トンネルを掘った土をここまで出します。さらに、ここから付近の谷を埋めるべく、ベルトコンベアが設置されております。

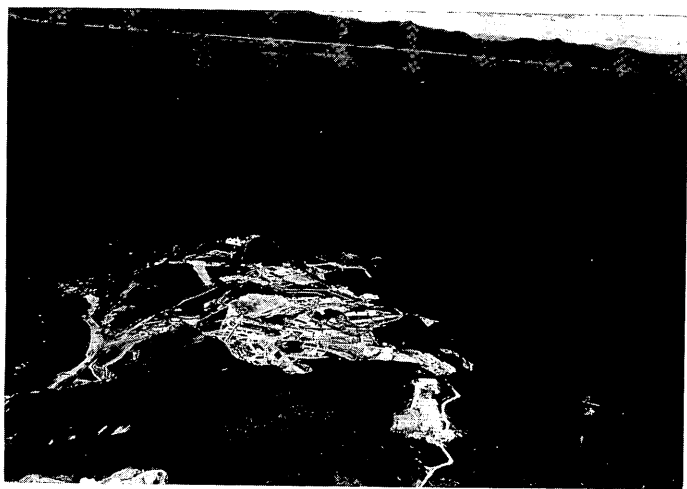
（スライド二〇映写）これが本州方でありまして、向こうに見えるのは北海道。これが竜飛崎の灯台であります。やはり斜坑がこの辺から入っております、本トンネルは大体こんな方向に海の底を走っております。これもやはりベルトコンベアがこちらの中に入っております。

（スライド二一映写）これも竜飛崎を逆に西の方から見た絵であります。

（スライド二二映写）いよいよ青函トンネル自体をどういうふうにして掘るかという話に入ります。先程言いましたように、海底であるということで、海の上からいろいろ調査をやっておりますけれども、的確には状態が分からないという、非常に大きな欠点があります。まず、海の上ですから、場所を特定することも難しいし、また、海底の表面を引っ掻いたとしても、こういう



北海道側（吉岡）



本州側（竜飛）

何十メートル、何百メートルの上から引つ掻いておるわけですから、非常に精度として低い。しかしながら、海底を掘るためには、やはり自然をよく理解して、相手がなんであるかと、敵を知り己れを知れば、百戦危うからずと言いますが、とにかく、そういうふうなすべての危険を排除していかなきゃいけない。にもかかわらず、逆に言うと、われわれが持つておる調査手段ではなかなか正確に分からない。それをどういうふうにすべきかということで、これにありますように、実際はトンネルを掘つております。これは後でお話しますが、水色に塗つてある部分は注入と言ひまして、注入して水を止め、また、水圧に対するプロテクトをするわけがありますが、そのトンネルから横に、こういうふうな穴を掘りまして、ここから先進ボーリングをやつていくわけです。先進ボーリングというのは、トンネルの方向に、ここにありますように、両脇に一本ずつぐらひは最低やつていく。青函の海底部は二三・三キロあるわけです。これで先進導坑と作業坑、両方合わせて、総トータルで大体二二〇キロ分ぐらひのボーリングをやつております。ですから、単に両側で二本だけじゃなくて、破砕帯と言いますが、断層の近くであると、それに対して何本もやるというふうなことをやりまして、海底部分の大体五倍程度の長さのボーリングをやつております。

(スライド二三映写) これも先進ボーリングの一例ですが、これはこちらからこちらへ掘つて行く。これに対して、いまのボーリングすべき所を、先程の絵は横に横坑を掘つていったわけな

んですが、これは割りと地質のいい所では、先進導坑を少し広げまして、ここに機械を置いて、ここから先の方へボーリングをして行くというふうなやり方をとります。普通、ボーリングは垂直に地盤の下の方に向かってやるわけですが、それに対して、われわれのボーリングは水平にやる。いわば縦のものを横にするわけですが、縦のものを横にするには、いろいろ問題があったわけです。

（スライド二四映写）これがボーリングをしている一つの絵であります。こういうふうな機械を水平に使いまして、やっていきました。この絵で見ますと、かなり大型の機械を使っておりますが、やはり水平専用機を作ろうということで、もう少し違う機械を開発したわけでありす。

（スライド二五映写）そういう機械も作ったわけですが、ボーリングというのは、これがボーリングの穴だとしますと、ボーリングのビットと言います刃先は、ボーリングをやるべく、こういうふうなパイプよりは少し径が大きくなります。径が大きくなる分だけ、下向きの力が働く。この辺がボーリングの穴に接する所ですが、それを支点にして、下向きの力が働く。そういう関係で、だんだん下の方にボーリングが下がっていくわけです。

（スライド二六映写）こういうふうなボーリングのパイプがあります。これは当然ボーリングの穴の下に接しながらいくわけですが、ビットは径が大きい。だから、この空いた分だ

け、こちらに力がかかってくる。そのままずっと掘って行きますと、下へ掘って行くという格好で、穴が下へ下がるわけです。これが非常に大きな問題でありまして、余り下がってしまっていると、トンネルの近くの地質を調べたいのが、随分下の地質しか分からないということで、これに對して、いろいろやったわけです。結局、これに對しては、一番簡単なのは、何メーターでいくらぐらい下がるんだということを、初めに見当をつけておきまして、少し上向きにやります。当たらずといえど遠からずというふうな軌跡を描く程度のボーリングをすると、大体三〇〇メーターか四〇〇メーターぐらいのボーリングですと、トンネルに對して、そう違わない所が掘れるということを実際にやりました。最終的にはもちろん別の方法を使ったわけでありまして、その上向きであらかじめやっていく方法をとりますと、やはりそれがうまく思ったように下がらない場合があります。一度はその上がり放しで行ったところが、一番先っぽの方に手応えがなくなつたので、パイプを全部抜き取りますと、その穴から魚が二匹飛び出してきました。つまり海底にまで突っ込んでおりました。もちろん、魚と一緒に、カニとか、大量の水が出てきました。そういう場合は、ボーリングしていまして、断層なんかで大出水がありますので、機械の口元でバルブをきちっと閉められるようになっておりますから、そういう点は大丈夫であります。その時の魚は未だにフォルマリン漬けにして置いてあります。しかし、そういうことをやっておつたのでは、目

的を達しないということで、こういう所にスタビライザーというものを付けて、まっすぐに行けるようになったわけです。

（スライド二七映写）これは、ボーリングの直接の絵じゃないんですが、こういうふうなボーリング坑から何を取るかと言いますと、一つはもちろん地質のコアというものを取るわけです。それと共に水を取ります。水を取りまして、分析します。

（スライド二八映写）ここに、こういう絵が描いてありますが、これは海底から出てきた水を分析するわけであります。ここに海水のヘキサグライグラムと書いておりますが、塩素、炭素、硫酸、それと、ナトリウム、マグネシウム、カリウム、こういうふうなものを分析しまして、結局、 NaCl （塩）が多いのは当たり前なんですが、水が海水に近ければ近いほど、このカリウムがかなり大きい。これが少なくなればなるほど、古い水になるわけです。その辺で非常に危険な水か、危険でない水かというものを判断するということです。さらにここにありますように、水温を測ってみます。水温を測りますと、大体この絵にありますように、陸地の近くだと、割りと温度が高かったわけですが、海底の中央に行けば行くほど水温が非常に低くなってくる。海底そのものの水温は十一度ぐらいであります。従いまして、海峡の中央ぐらいに行くと、下に出てくる水も、先程の砂なんかから出てきている水は、割りとスーッと通ってきているというふうな感じになります。こういうふうなことで、いまの岩と水温のいろいろなデータを取

るわけがあります。

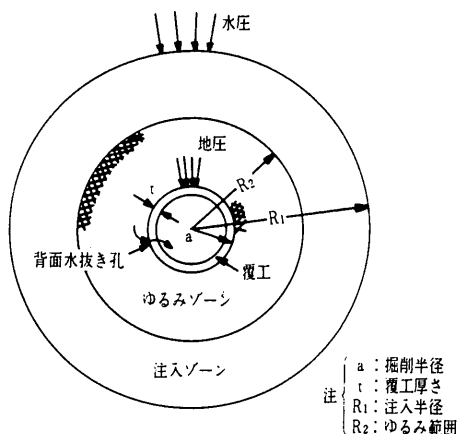
そこで、先程言いましたようなボーリングを、先程言いましたように、一二〇キロぐらいやっておりますが、機械などのメーカー、その他が非常に努力してくれまして、機械の能率が上がりました。一時は穴が曲がったり、穴が崩壊したりしまして、断層などでは、いわゆる先進ボーリングじゃなくて、トンネルの方が早く進みまして、後進ボーリングになったことも度々あります。それも現在では大変改良されて、初めはせいぜい三〇〇メートルぐらいしか行けなかったボーリングが、現在は二〇〇〇メートルぐらいやれます。二〇〇〇メートルぐらいボーリングができますと、トンネルがせいぜい年々片側から一キロぐらいしか行きませんので、そういう点からいうと、二年ぐらい前に大体の情報が分かっていることになるわけです。

ただ、これもやはり、ボーリングをするための技術開発で良くなったわけですが、もちろんボーリングをするためにやっているわけではなくて、むしろそれをもって自然の性質といいますか、そういう情報を得るためにやっているわけです。ですから、これをいろんなリポートだけで判断しないで、やっぱり自分の目でものを見る。そういうことが非常に大事でありまして、これを掘る交代長といいますか、そういう人たちは、必ずこれをボーリング屋に任せないで、全部、自分で見るということを習慣づけ、さらに、水温であるとか、そういうふうなものを総合的に判断していく。トンネルにかかわらず、すべての土木工事というのは、要するに、いかに自然を十

分に理解するかということですね。自然を理解する手段としては、計測する手段、いまのボーリングでありますとか、水温であるとか、また、土質試験であるとか、いろいろ方法があるわけがありますが、最終的には、やはりそれを設計なり仕事の上で生かせるのは、人間の判断であります。そういうふうなことを徐々に理解していく。それがむしろ、ある意味では青函トンネルがなるとかやれた、一つの大きな原因であります。しかも、こういうふうな技術開発は、先進導坑を全部直轄工事と言ひまして、鉄道建設公団そのものが作業員を直接雇ひまして、公団の若い職員がその監督、ないしは一緒に仕事をするという格好で、体で憶えていったという点が、青函トンネルをやれた大きな原因だというふうに考えております。

（スライド二九映写）それと、もう一つの問題は、やはり海底トンネルにつきものの水圧の問題であります。水圧は、ここに變な、でかい字で書いてますが、要するに水深が一四〇メートル、海底下から一〇〇メートルありますから、大体二四キロの水圧がかかります。二四キロと一口に言ひましても、ご存じのように鉄に換算すると、三〇メートルぐらいの鉄板の目方といひますか、そういう水圧がかかっているわけであります。これをプロテクトするのが、すべて巻いたコンクリート。地下鉄などではセグメントとか、そういうふうなもので全部こういう圧力に対応しているわけですが、そういうことを青函でやりますと、とても経済的に大變だし、その後の補修をするにしても大變であるということで、このことが非常に大きな問題であります。

注入ゾーン模式図



局、掘るべきトンネルのまわりを全部、ある一定の注入ゾーンと言いますが、岩盤を注入して、この厚みで水圧に対抗してやろうと。しかしながら、トンネルを掘りますと、当然、横の地盤が緩むわけでありまして。周辺の地盤の緩みが、注入ゾーンの外側に出てしまったんでは、非常に危険な状態になる。

(スライド三〇映写) 水圧がかからないためには、どうすればいいかという、水をたれ流せばいいわけです。水をどんどん流せばいいんですが、海底トンネルの場合、止めないでトンネル内に出しますと、毎分五〇〇〇トンぐらいの水が出てくるんじゃないか。つまり、本トンネル一杯に流れても、まだ足りないくらいの水が出たんであろうと思います。従って、水を止めなければいけない。水を止めれば、当然水圧がかかってくるわけなんです。これの考え方としては、結

従って、その岩盤がどの程度のものであるかということを、いまの先進ボーリングなり、いろいろなことでよく判断しまして、この緩みゾーンの外側に注入ゾーンがくるように、かなりの大きさの注入ゾーンを作り、その注入ゾーンは二四キロの水圧に堪えうるものであると。いわゆる自然の一部を改良しまして、自然の一部でもって、自然の水圧に対抗しようと、従って、この中は完全に普通の陸上のトンネルと全く同じように、薄い覆工、新幹線の場合、七〇センチぐらいのコンクリートを打っているわけですが、それと同じことをやっています。つまり、こういうふうな注入ゾーン、緩みゾーンを考慮に入れた注入ゾーンを作ることによって、海底を陸上と同じようにする。それで、海底の特殊性をエルミネートするというふうな方法をとっておりま

す。先程の先進ボーリングで海底の分からない点、情報の不確かさを、ああいうもので完全に除去すると共に、これで二つ目の海底の特殊性を除去することでもあります。

(スライド三一映写) それは実際にどういうふうにするかと言いますと、これが掘っているトンネルであります。一本の場合もあれば、二本の場合もあります。これから、要するに注入の穴を掘ります。この注入孔というのは一本の穴の径が大体六〇ミリぐらいの穴です。それを七〇メートル、五〇メートル、三五メートルというふうに、いくつかの傘形に掘って、そして、ここに

ありますように、一つの円筒といいますか、先程の絵にあったような注入ゾーンというのは、こういうふうな径のものを作るわけです。それを地質の悪さによりまして大きくなったり、良い所

は小さくなったりします。もちろんここには書いてありませんが、要するに前の注入で、この辺は全部カバーされているということでもあります。

従って、この辺は注入ゾーンとしてカバーされておりますので、この注入が終わりますと、これがこの辺まで進んで、先にやはり二〇メートルぐらい残して、もう一度注入をやっていく。こういうことを繰り返していくわけです。青函が非常に時間がかかったのは、こういうふうに、例えば、七〇メートルを注入して、二〇メートルを残して、五〇メートルを掘る。こういうことを繰り返しておる関係で、残りの四〇％近くは注入している時間でありました。それが陸上のトンネルと違うところがあります。ただし、その違いが海底であるという特殊性を除去する意味で、非常に大きな意味を持っている。またトンネル自体の安全性というものも、それで保たれているということになります。

（スライド三二映写）これが注入の切羽であります。こういうふうな孔がありますが、これは一つ一つ注入の孔であります。今この孔を注入している。どういうものを注入しているかと言いますと、片側からセメントを水で溶いたセメントミルクを入れていきます。そして、こちらから水ガラスを入れております。これがここで一緒になりまして、この奥の方へ入っていくわけでありますが、このセメントの濃度、濃さを変えることによりまして、ここで一緒になってから一分後に固まる、あるいは五〇秒後に固まる、あるいは三〇分後に固まるというように、ゲルタイム

と言っているんですが、要するに固まる時間を調整することが出来るわけでありまして。そういうふうな、これを一・五ショットと言って、ここで一緒になるような注入をやっているわけです。

それを地盤の性質に応じまして、先程の注入ゾーンの大きさ等に応じて、濃度を変える。あるいは強度を変える。しかも、先程言いましたように、注入は水を止めるということじゃなくて、水圧に対してトンネルを守るということでありますから、この材料は普通の材料じゃなくて、海水に非常に強い材料を使っています。それをいろいろ開発したのが、いまから一五年ぐらい前ではありますが、いまのところ、一五年前にやったやつを未だに試験をしているわけがあります。それは非常に海水に対して強い。しかしながら、それまで注入されていたものは、大体一週間か二週間で、ぱっと崩れるようなものでありまして、現在使っているのが、海水に対して、ようやくな何とか保つというふうなものであります。

（スライド三三映写）これが注入の機械でありまして、こういうふうな台車にのっけまして、それから、こっちの先の方に対して注入をします。これらの中に水ガラスとセメントが、一つのポンプで二液を注入できるようになっております。掘削するということになりますと、これをがらがらと後に下げて、掘削するというような格好になるわけでありまして。

（スライド三四映写）これも注入の切羽であります。こういうふうな孔、これが全部注入の孔であります。先程の絵にありましたように、一箇所から、場合によれば二〇〇ぐらいの孔を掘っ

て注入をします。ですから一つの切羽で、場合によれば一か月以上、毎日毎日、注入をやるというふうなことになるわけであります。

（スライド三五映写）いまのように注入というのは、青函トンネルに非常に大きな役割を果たしているわけですが、注入に対しましては、どういう材料で、どの程度の注入をするか。あるいはどういふような大きさのところで、水圧に対抗するかをやっているわけではあります。これが非常に大変な作業でありまして、注入そのものはポンプがどんどんやってくれるわけですが、むしろ、この孔はこの程度の注入でいい、これで十分掘っているんだということを決めるには、やはり人間の一つひとつの判断が要るわけであります。青函でも過去に何度も大出水があったわけですが、やはり大出水の原因というものは、もちろん新聞その他には、そういうことは書いておりませんが、全部注入の失敗といえますが、注入ゾーンがやはり小さかった、あるいは部分的に注入が不十分だった所に、大きな水圧がかかって、岩盤が崩壊した。そのために起こったわけであります。そういう崩壊に至らなくても、そういうふうな薄いゾーンがありますと、トンネルとしては将来的に危ないことになる。従いまして、注入をこの程度で終わろうというふうな判断は非常に難しいわけであります。

これはやはり、やっている人たち、切羽、切羽に若い技術者が就いているわけですが、その孔を二〇〇本やった場合の、二〇〇本、一本一本が大丈夫でないと、注入というのは、失敗するわ

けであります。そういう点で、青函トンネルというのも、調査から実際工事にかかる時に、われわれが考えたのは、結局、どの程度まで調査すれば工事にかかれるかという判断の基準をどうするかと。それは究極的には、先程言いました直轄工事で若い技術者をとにかく何人育てればいいのかということです。一つの切羽、一つの現場は、昼夜、少なくとも三交替でやっています。それを注入は何箇所かでやっておりますから、やはり二〇〇三〇人は少なくともそういうことが完全に判断できる人ができなければなりません。それで、実際の掘削工事は、昭和三九年から先進導坑の掘削を始めたわけですが、それから四〇五年かかって、ようやくそういう人たちが育つてきた。それで昭和四六年からようやく工事にかけられた。そのころになると、大体三〇人ぐらい、なんとかそういう人たちが育つたんだなという気がします。これでなんとかやれるかなという気がしたのが、実感でありまして、まあ、地質が分かったとか、分からないというようなことは、余りたいした問題ではなかったように思います。

いよいよ工事になりますと、どういうものを掘るかと言いますと、新幹線のトンネルを掘るわけであります。この三線の話は後でしますが、こういうふうな大きさのトンネルを掘るにはどうすればいいかということで、いろんな方法を使ったわけです。

（スライド三六映写）これ、すべて周囲は注入されているわけですが、こういうふうが一番下に導坑という小さな穴を掘りまして、そして、ここにコンクリートを打って、固めてから

上を掘るといふ方法。あるいは両脇をこういうふうに、下に導坑といふ小さな穴を掘りまして、そして、ここにコンクリートを打って、固めてから上を掘るといふ方法。これを側壁導坑方式といふんです。それから、非常に土圧の大きい所で、円形の断面をとらざるを得ない所では、上半分を掘りまして、それから下半分を掘って、円形の断面にする方法。もっと地質が悪いF10といふ所あたりは、こういう小さな、径約二メートル五〇ぐらゐの穴を掘りまして、この穴にコンクリートを全部詰めてしまい、二〇〇メートルなら二〇〇メートルを詰めてしまつてから、これを掘り、これを基礎にしまして、上にコンクリートを打って、それからまた下を掘るといふような、いろんなことををやつたのでありますが、青函トンネルのほとんど大部分の海底部はこの方式でやつております。

(スライド三七映写) この方式といふのは、まずこの導坑、側壁導坑と言ふんですが、これを掘りまして、それから、二番目のコンクリートを打つてしまいます。今度、こいつを土台にしまして、上を掘つた時の支保工と言いますが、鉄のH鋼でありますが、そういうもので支えて、それから、このコンクリートを打つ。これはやっぱり地盤が軟らかい場合は、必ずこういうような方法をやるわけです。つまり、この部分に相当するものを、まず掘りまして、それから、二番目のコンクリートに相当するものを、こゝやつていく。それから上を掘って、こういう鉄の枠をはめて、この部分のコンクリートを打っていく。こういうふうなことを、倦まず、たゆまず、やつて

いくわけです。一番先の注入はこれからで、この全体を覆うような注入をやります。やはりここで大失敗があると、もうこの辺が崩れてくると、おしまいということになるわけですが、幸いにして、そういうことなしで済んだわけです。

（スライド三八映写）これが側壁導坑であります。ここのこれが一に相当する部分で、二のこれが側壁コンクリート、それから上を掘って、そして、上に枠を組んで、この後からコンクリートを打っていく。こういうことをずつとやっていって、最後はこれを取るわけですが、こういうふうな方式をずつとつておったわけがあります。

（スライド三九映写）しかし、これはすべて火薬で掘っているわけですが、それだけじゃなくて、やはりトンネルの長さに挑戦すべく、機械で掘ってみようということで、これは、先進導坑に使ったわけがありますが、こういうふうな機械掘り。こういう四つのカッターをぐりぐり回しながら、トンネル前断面を掘っていく。地質がうまくいけば、これは非常に早い方法でありまして、一番うまく稼動した時には、青函トンネルの中での掘削、月に二七〇メートルの記録を、これで作ったわけであります。

（スライド四〇映写）トンネルの中に入っていきますと、こういうふうなカッターが回転しながら全体を掘っていくという格好であります。実はこれは機械を出そうとしている時です。というのは、後でまた出てきますが、非常に地質が軟らかくなりすぎて、このトンネルの掘削機が

岩に取り囲まれたといいますが、虜になりました、にっちもさっちもいなくなつたので、この掘削をやめたところであります。これで大体二キロぐらい掘つたわけですが、後は全然これでは掘れなかつた。従つて、高速掘進というのは、もちろん地質がこれに適する程度でないといけない。これはいわば、われわれとしては失敗したもの一つであります。

（スライド四一映写）これはトンネルを掘つた場合に、どういふふうになるかというのを、御覧に入れているわけですが、これは割合に地質の層が良くない所であります。ここに、こゝういふふうな少し色の変つた所がありますが、これが注入の跡であります。注入というのは、セメントと水ガラスで、いわばアルカリ性のものであります。フェノールフタレンを引つ掛けると、こんな格好になります、あらゆる場所に注入の跡が見えております。これは断層の粘土の所であります。

（スライド四二映写）これは、いまの断層の一部であります。これは実をいうと、トンネルをこゝういふふうに掘つたわけですが、先程言いましたように、機械が虜になつたというのは、こゝういふふうに掘つておつたのが少し押し出してきました、この部分に相当するのが、ここの枠であります。つまり、これだけの分だけトンネルが縮まつた。これがF10という断層の所であります、こゝういふふうなことが度々あるわけです。掘つた場合に土圧でふくれてきました。ここがどういふふうになつたかと言いますと、もう一度掘り直して、正規の形に掘り直したとこ

ろであります。

（スライド四三映写）これも同じことでありまして、やはりきれいに円形で掘っているのが、こういうふうな土圧といえますか。断層の力で壊された。これは非常に厚い吹き付けコンクリートをやって、きっちりしているはずであります。これがあまり来ないように、こういうふうな坑木で押さえても、なおかつ、こういうふうに来る。これが昂じてきて、崩壊し出すと、もちろん先程の注入ゾーンにひびが入りまして、大出水になるというふうなことです。こういうふうな非常に膨張しやすい地質であります。従って、こういう所へ機械を置いても、完全にこれの虜になってしまつて、この外側を掘らないと、機械が取り出せないというような格好になったわけがあります。

（スライド四四映写）これは本トンネルであります。やはりいまのような膨張性の地質であります。これは、この外側には三〇センチの径の鋼管のパイプにコンクリートを詰めた。そういう一つの枠を組んで、その間を全部コンクリートを吹き付けしまして、やっているんですが、そういうふうな膨張で押されて、吹き付けのコンクリートが剝離して、人間の頭に当たると危ないというので、全部網をかけています。それでも、なおかつ、ふくれてきまして、しょうがないので、大きな枕木でこれを押さえたわけなんです。これを際限なく許しておりますと、これ、本トンネルですから、非常に大きな断面が全部潰れてしまふ、大出水になるというふうなことで、

こういう格好になります。やはり地盤の非常に悪い所は、こういうふうに掘ってもまたすぐぐぐれ上がつてくる。もともと地盤というのは一杯詰まっているところを、トンネルというものを掘るわけでありますから、ある意味で確かに自然に逆らっている仕事でありまして、こういうふうなことになるのも、やむを得ないわけであります。従って、できるだけ自然に逆らわない方法をとろうということであります。

先程の先進導坑、作業坑を掘ってから、本坑を掘るわけがありますが、こういうふうな状態になりますと、横の先進導坑、作業坑もやはり全部おかしくなってしまう。例えば、先進導坑あたりがふくれ上がつて、トロツコも何も通れなくなるといような状態になります。動かざること大地のごとしというのは、とんでもない間違いでありまして、しょっちゅう動いております。測量しても、しょっちゅう動いております。こういう所が自然に収まるまでは何年かかるといような格好になります。ここの所は、やはりF10という断層がありますが、これをもう一遍コンクリートで全部埋め戻しまして、それから掘り直しをやったということでもあります。

(スライド四五映写) 先程のような状態で済めばいいんですが、それがさらに昂じてきますと、崩壊が起こります。これが崩壊して起こった異常出水の跡です。出水がある程度停止状態になって、いま、どれくらいあるかと測っているところであります。

(スライド四六映写) 出水があると、どうしても一番先がどうなっているかを見にいかなく

ばならない。そのために、こういうふうなボートを備えておく。ボートを備えておくこと自体が、ちょっとおかしいかもしれませんが、トンネルの中で、ボートに乗って、先へ行って状態を見て来るわけであります。先程言いましたように、真ん中は水温が非常に低くなりまして、ここで作業する作業員はウェットスーツを着けないと、作業できない。北海道中のウェットスーツをかき集めても、まだ足りなかったというようなこともあったわけです。ここは現在落ち着いた状態でありすけれども、こういうふうな状態になる。

（スライド四七映写）これは割と規模の小さい崩壊であったわけですが、ここにありますのは、全部トンネルを埋めるぐらい崩壊しまして、その上を水がどんどん流れている。結局、この辺は全部埋め戻して、もう一遍掘り直すわけですが、こういうようなものが起こるのは、一体どうしてかと言いますと、先程言いましたように、やはりこの外側にある注入ゾーンが、水圧に対しては小さかったということが、基本的には言えると思います。ただ、人間の判断できる範囲というのは、そんな程度でありまして、そんな程度というのは、そこまではとても判断しきれない。また、逆に言うと、そういうことが絶対に起こらないようにしようということは、まず不可能である。従って、何回かはこういうことが起こるであろうことは、覚悟しておかざるを得ないと思います。従って、こういうふうな出水に対して、揚水ポンプを用意しておく。そういうものが非常に大きい能力さえ持っておれば、また一応、ヘルルセーフになるわけ

なんです。ただ、一回だけ北海道側で、これだけあれば大丈夫だろうと思っているポンプの容量を超えての出水があったわけで、その時は非常に慌てたわけがあります。

（スライド四八映写）これは土のうの代わりに、セメントの袋、土のうを作っている暇がないわけでありますから、セメント袋を土のう代わりにして、ここを堰にして、一応収まったところで、ポンプで水を揚げるといふ格好をとるわけであります。こういうふうな大出水の時に、非常に困るのは、坑内にいろんな電話がありますが、やはり日頃からコミュニケーションをよほど良くしておかないと、その人間がどれだけ困っておるのか、どれだけ大変なのかということが、顔を見ない限り分からない。だから、電話の声だけの判断では、どういう手を打てば本当にいいのかということが分からないという点で、やはりコミュニケーションを常に良くしておく必要がある。つまり、電話だけでもすべてが分かるようにしておかなければいけない。それが異常出水ななかで痛感するところでありまして、人間の顔色を見ないでも、声で分かるように、常に現場の人たちと会話をしておくということが、非常に必要なことだというふうに感じております。

（スライド四九映写）こういうふうにな水が出てまいりますと、いかにトンネルの中というのはネズミが住んでいるかというのが、よく分かります。水が出だしますと、もうネズミは一生懸命逃げます。それにつられて、人間も一緒に逃げる。いままで四回の大出水があったわけでありますが、実を言うと、人間の災害というのは全くなくて、怪我人一人でなかった。これは幸いにし

て、うまく逃げてくれたせいであるというふうに思っております。ただ、後で困るのは、こういうふうに堰を作るのに、セメント袋を使っておりますのが、ものすごくちんちんに固まって、後で取るのに、非常に苦勞したというようなことがございます。いずれにしましても、こういう大出水の時に一番大事なことは一体何かということは、やはり状況をいつも頭の中に入れておくということ。それと、この人がこういう話しかたをした時は、非常に困っている時だ。いや、この程度のことなら、まあ、大丈夫であるということで、個人差をつけて、きちんと知っておく。また、こちらの言い方も、こういう言い方をすれば、絶対にやらなければいかんなどいうことを、常にやっぱり向こうに思ってもらっておくことが、非常に必要である。そのためには、やはり先程言いましたように、自然に対する判断であるとか、そういうものを常によく話し合っていていくということが、一番大事であろうと思います。

(スライド五〇映写) これは、ちよつと別のことでありまして、先日、先進導坑が貫通しました。その時、測量がどの程度の誤差であったかということで、いろいろ質問を聞くわけですが、これは北海道と本州を渡海測量をやっています。これは水準と、それから距離であります。距離は最近レーザー光線を使った、ジデオメーターという非常に精度のいい、10 マイナス6乗程度の精度のある距離計ができましたので、これで両方から三点ずつ、合計六点で距離と角度を測りながら、やっています。距離と角度共に、やはり一度に十回以上測っていました。それを

毎年、大体、秋の夜にやっているわけなんです。非常に気流の安定している時にやっているわけなんです。もうすでに何万回とやっている。それで、非常に誤差が少なくなっているんじゃないかと思ひます。

（スライド五一映写）そして、今度はトンネルの中をこういうふうに測量する。この測量はもう青函だからということではなくて、どこのトンネルをやっているのも同じことですが、これを毎年改測をしている。特にお盆と正月の仕事休みの時に、改測をしました。先程言いましたように、地盤が動いておりますから、毎年きちんとやっても、若干違ってくる。現在でもまだ動いております。だから、本当の本当は何かというのは、実を言くと、まだ分からないという状態であります。いずれにしましても、これは大体、左右で海峡の真ん中で約五〇センチの差で済みました。五〇センチの差というのは、一〇〇メートルぐらい手前からボーリングして分かったわけがあります。その後の一〇〇メートルで修正しましたから、本当の貫通は、もう二ミリぐらいの精度でやっております。ただ、一〇〇メートル先でそのままやっておれば、五〇センチぐらい違つただろう。高さが大体一九センチぐらい違つております。国土地理院の高さが、約一〇センチぐらい違つておりまして、いずれにしても、北海道、本州というのは、それが先程言いましたように、一九センチの違い、ないしは一〇センチの違いが、本当にどうなのかというところ、これはもう少したない、多分分からないだろうというふうに思っています。

いずれにしても、貫通する前は、一体どうなるのかというのは、われわれも非常に心配であつたわけがありますが、この測量がなんとかうまくいって、まあまあのところで済んだというのは、やはり長年にわたる回数であつた。もう一つは非常に運が良かった。いろんなエラーの要素が、よい方に、よい方に働いてくれたという、運の良さと、両方であらうと思つております。

（スライド五二映写）そういうふうなことで、貫通点では測量も大体うまくいったということですが、もう一つは、地質調査の点はどうだったろうかと。この上の方は、一番初めに見せました。掘削前にやつた調査の地質、ちよつと色が違つていますが、この辺がF10になるわけでありす。それと、實際掘削した実績を比べてみると、大体こういうふうなことで、まあまあ当たらずといえども遠からずというふうなことが言えると思ひます。ただ、やはり掘つてみると、断層が意外にたくさんあつた。どの断層が何番目の断層になるかということ、なかなか分かりにくい面もありますが、要するに大局的には合つておつた。細かい点は、違つておつたというよりも、むしろ岩の堅さであるとか、また、水が出るか出ないかという、そういうものについては全く分からなかつたし、多分これから、なかなか分かりにくいだろうというふうと思つております。

（スライド五三映写）これはいよいよ先進導坑の貫通した時です。昭和三九年から、ちよつと二〇年ぶりで貫通したわけであります。これは、全部、直轄といひますか、公団が直接雇つて、

やったわけであります。ここで先程来申し上げているように、この先進導坑で若い職員を育てたといいますが、技術者が育っていった。そのために、青函トンネルの技術者というのは、普通の役所でありまして二―三年で転勤していくわけですが、大体、皆が十年ぐらい、場合によれば二〇年ぐらいいた人が、たくさんおります。この先進導坑を貫通した時の責任者というのは、やはりこの直轄部隊といいますが、それを担当している副所長であります。直轄というのは、自分で作業しておりますから、本当に昼夜を問わず、何か起こったら、必ずたたき起こされるという、大変な仕事であります。その責任者である直轄の副所長というのは、非常な激職なんでありまして、これを若い人にやってもらいました。それぞれ貫通前六―七年は、ずっとこれをやってもらった。竜飛側には友田君、それから北海道の吉岡側には兵頭君という、この二人とも、たまたま大阪工大の土木科の卒業生であります。二人とも四一年に公団に入りまして、それでトンネルをやり出して、昭和五一年ごろから、この貫通まで、ずっと副所長をやってまして、単身生活でした。私としては申し訳ないというか、非常に気の毒だなと思っていたんですが、途中でとても代えることができなかったの、結局、この日までやってもらった。この青函トンネルの先進導坑の完成というのは、技術的には一つの青函トンネルの技術の集積ができたということとでありますけれど、それにはちようどたまたま、両方の直轄の責任者が、同じ土木科の卒業生であつたという、変な回り合わせになるわけですが、非常に私も信頼しております。この

兵頭君というのは、現在大阪の方に来ておりますが、いずれにしても、大変であった。大変であっただけに、この貫通の日というのは、非常に嬉しい日であつたろうと思います。

(スライド五四映写) そういう貫通が済みまして、こういうふうなトンネルができました。これが本トンネルであります。この上に、スラブと言ひまして、枕木代わりのコンクリートの板を敷きまして、それにレールを乗せるという作業を、現在やっております。

(スライド五五映写) 青函トンネルができてまして、どういうふうな使い方をするかということであります。これが青森でありまして、この部分が青函トンネルであります。現在やっておりますのは、小中国と書いておりますが、ここから青函トンネル入り口までと、この出口、木古内という所、ここまでは新幹線の路盤を作っております。ゆくゆくは新青森の駅が、ちようどこの辺の石江という所に来るわけですが、ここから直接結ばれるということになるわけであります。とりあえずは在来線でやるということで、いま、津軽線の改良をやっております。北海道側も同じであります、新函館駅というのが、この辺にできるわけであります。従ひまして、ゆくゆくはこういうふうな線になるわけですが、しばらくの間は、この在来線を使ってやろうということになって、現在すべて工事中であります。この辺のトンネルなんか、小さなトンネルは全部できております。

(スライド五六映写) それができた時は、どういう格好になるかと言ひますと、こういうふう

な形で、トンネルの中に三本の線を敷きまして、それで在来線と新幹線を両方通そうということになっております。それと、ちよつと絵が前後しましたが、トンネルに対する地震の問題であります。青函トンネルを掘削中にかなり大きな地震があったわけですが、それに対しては、一応いまのところ、トンネルの外とトンネルの中に地震計を置きまして、測定しております。そこで先程ちよつと地震計のグラフが出たんでありますが、地震の震度としては、大体、外の地震の震度に比べまして、トンネルの中は五分の一度程度であるということです。トンネルが地震でやられる時には、まず、外はめちやめちやになっているという格好でありましょう。いままで世界で起こっている地震は、マグニチュード八・五ぐらいが一番大きいわけですが、それがトンネルの近くで起こっても、まず、その地震でトンネルが壊れることはないであろうというふうに考えられます。従つて、トンネルに対しては、余り耐震設計というようなことは考えておりませんで、むしろこれからは、やはりトンネル内の火災に対する若干の措置と、後は乗り心地の良い線路を作るといふようなことで進んでおると思うわけがあります。

これでスライドは終わったと思います。いままでのところで、青函のいろんな流れについて、お話ししてきたわけですが、もう一度、総括的に申し上げますと、われわれが一番初めにああいうものを調査して、実際に乗り込んで行った時に感じたことは、やはり非常に大きな自然に對して、いかにわれわれが無力であるかということです。むしろこれは調査している最

中は、そんなに感じなかったわけですが、実際掘り出しますと、あらゆる点で、すべての手段がない。例えば注入するにしても、高圧に対するバルブがないとか、材料にしても、海水に對して非常に簡単に壊れてしまうというようなことであります。昭和三九年から實際の掘削、先進導坑を始め、先程申し上げているような事態、そういうふうな中で、いろいろな技術者が育つていて、ついには貫通を迎えるわけですが、当初の約十年間ぐらいというのは、こういうふうな材料、あるいはこういうふうな機械が必要だから、何か作って欲しいとばかり思っていました。私もそれから一二年してから世界を回ったわけですが、世界各国に行きましても、そういうふうなものが全く見当たらない。従つて、なんとか工夫して作っていくというふうなことで、しやにむに、やってきたわけであります。それも十分なものでは決してなかった。

それが残りの後半の十年間というのは、やはり世界全体の技術革新、あるいは日本の大きなレベルのアップ、そういうもので国内でいろんなものが作られるようになりました。例えばトンネルのボーリングの穴曲がりを仮に修正する。修正するためにトンネルの穴曲がりを測定するため、こういうものを使えばいいか。實際使用して完全に使ったわけじゃありませんが、例えば、ミサイルの小型のジャイロを使えば、非常に簡単に、マグネチックエラーなしにやれるとか、トンネルの中の材料にしましても、例えば高圧に堪えられるような材料というものが全くなくて、目をやられたり、なんだかんだしたことが随分あったわけですが、現状ではそういうこと

は全くなかった。むしろ逆に言うと、次の革新といいますが、そういうものが土木の中で起こるとすれば、そういうものをいかに的確に使っていくかということであろうと思っています。

ただ、やはり一番問題なのは、これからいかにいろんな解析技法が発達しても、やはり自然の理解といえますか、自然の情報ですね。簡単に言えば、今後いろんなものを計算する際でも、いかに正確にインプットするデータが取れるかどうか、あるいはデータが取れなくても、この程度だという判断をする目といえますか、そういう力を持つていく必要があるだろう。今後、技術者というものが、これからコンピュータの奴隷にならないで済むか、済まないかというのは、その辺になるのではないか。結局、これからというのは、やはり限らない不可解さのある自然に対する一つの理解、青函でもそうですありますが、これに挑戦して、勝とうなんてことは、とても考えてはいけないうわけであります。一番理解しやすい側面というものは何であるかということ、よくわきまえながら、それを本質的につかまえていくということが、非常に大切ではないかというふうに思っております。

いずれにしても、こういうふうな仕事というのは、結局、材料であるとか、機械であるとか、そういうものがやるんじゃないくて、やはり人間であります。人間というのは過ちが多い。逆に言うと、過ちをしないのは神様で、人間じゃない。やっぱり人間には過ちがあるということ、常に計画の上でも考えなきゃいけない。だから、エラーをどれだけ許せる範囲で仕事やれ

るかという、ふところの深さというものが、こういうふうな仕事をやる場合に、最も考慮すべきことであつたろうと思います。いろんな歩みで、自然理解といひましても、地質の上においては、これは男か女かぐらいが分かれれば、とにかく仕事ができるんだというふうな面と、それと、きちつと足の文数までが分かつていないと、だめだというのと、いろいろ対象といひますか、やる仕事の性質によつて違うわけであります。だから、なんでもなんでも、闇雲に精度を求める必要はありませんし、また、なんでもかんでも、おおざっぱでいいというわけじゃなくて、むしろ一つの程度というものをどう考えるか。あるいは常に人間というのは間違ひやすい、人間というのは失敗するものであります。青函トンネルそのものも、技術的な意味では、先程一つの例として申しました機械掘り、あれなんかは二キロぐらいでさつきと旗を卷いた。ある意味では、その旗の巻きかたが早かつたんで、できたのであつて、あれを旗を巻かないでやつておれば、案外までもたしていたかもしれません。

いずれにしても、人間というのは、やはり過ちを犯した上に、一番いけないのは、過ちを隠そうといひますか、意図的に人に隠そうというんじやなくて、自分の心の中で隠そうとする。これがやはり一番いけない。それが自然の理解を妨げるものだといふふうに思ひます。試行錯誤といふものは必ずあるものですし、また、逆に言うと、試行錯誤のないものには進歩はあり得ない。青函でもやはり一〇〇のことをやつたとすれば、成功したのは本当にせいぜい一〇ぐらいで

あります。その一〇で、人間が育ったんじゃないくて、残りの九〇で若い技術者が育っていったというふうに、私は思っております。現在の財政事情その他では、いろんな問題がありましようが、長い目で見れば、また、これから大きなプロジェクトも出てくるだろう。大きなプロジェクトには人間がかかります。やはり息が長ければ長いほど、人間の温か味といいますか、そういうものがない限り、多分いい仕事にはならないだろうというふうな気がいたします。

私なんかが三〇年前に国鉄に入った時は、非常な不況下でありまして、青函トンネルなんか、まさかやるとは思っていなかったわけであります。それが、それから数年たちまして、調査なんかを終わって、いよいよやろうという時に、「技術者のアドベンチャーだな」というようなことを総裁が言いましたけれども、こんな大きな仕事にかかわったわけであります。そういうような時代が必ずまた到来してくる。どのレベル、どのようなプロジェクトであるか知りませんが、必ず起こってくると思っております。先程から申しておりますように、青函トンネルというものは、いろんな意味での試行錯誤の産物であって、決してこれがベストのものであったということではなくて、これを踏み台にして、また次の何かができうれば、非常に幸せだなというふうに思っております。

以上で、非常に簡単といいますが、ざっぱくではありましたが、私の話を終わります。（拍手）

〈質問者〉先程、トンネルを三つ、本坑と先進導坑と作業坑を掘っていかれると説明されましたけれども、本坑が完成した後、作業坑と先進導坑はどのように利用されるのでしょうか。それとも埋めてしまふとか、どういう方面で利用されるのでしょうか。お願いいたします。

〈持田〉先進導坑は一番低い所を走っておりまして、これは実は完全に排水のトンネルになります。従って、逆に言うと、排水トンネルというやつを掘らなければいけないのを、先進導坑として使ったことでもあります。それから、作業坑は本坑に平行に掘られております。これは保守する時のいろんな材料を入れたり、あるいは保守するための人間が入ったりします。最近の保守というのは、トンネルの中はああいふうな格好になっておりますので、そんなに毎日毎日作業があるわけじゃなくて、レールを交換したりする時に、何十人かがマイクロバスなんかを飛ばして入っていくというふうな格好で使われる。これから、電電公社とか、いろんなところと話をするわけがありますが、そこに光ファイバーケーブルを入れるというふうなことで、通信の連絡をするとか、将来は電力線とか、パイプラインを入れるとか、いろんなものを入れて使うというふうになるだろうと思っております。

〈質問者〉最初の方で、紀淡海峡トンネルの話が出たんですが、関西の人間として、すごく興味がありますので、それについて、工事の難易度とか、実現の可能性などを教えていただ

きたいと思います。

へ持田へ大鳴門橋ができましたが、ご存じのように、大鳴門橋はとりあえず自動車道路ですが、鉄道と併用できるような構造になっているわけです。一方明石大橋の方は、非常にスパンが長くなるということで、鉄道をのけると、工費が非常に高くなるということから、道路単独橋になったわけです。そうしますと、本州と淡路島の間の鉄道をどうするんだというふうな問題がありまして、現在、調査をしているわけです。一方明石海峡トンネルを鉄道単独で抜けばどうかと。これは先程ちょっと話しましたように、私も若いころに明石海峡の調査もやったわけでありまして。もう一つは、紀淡海峡の方はやさしいんではないかということで、紀淡海峡の調査もやっています。ちょうど今年三年目に入っております。いまのところは、先程のスパーカーという音波探査ですね、ああいうものをやったり、それから、陸上部の調査、これからドレッジをやったり、そんなことで調査が進んでいくと思いますが、一応、岩盤の状態は多分、明石よりも紀淡海峡の方がいいだろうということで、少しあちらの方が、関西新空港との関連で、四国との連絡から言くと、いいんじゃないかという話もあります。これは、いずれにしても、これから調査の進展と共に、いろいろやっていくことになるだろうと思います。まあ、余りはつきりした答えにならないんですが、これからの話だと思ってもらえればいいと思います。

「質問者」世界的なトンネルの話が出たということで、日本と韓国を結ぶ日韓トンネルですが、それを少し聞いたことがあるんですけれども、そのことについてお願いします。

「持田」日韓トンネルは、いまの段階では、まだ政府ベースではなくて、民間ベースでいろんな作業が行われているわけです。現段階では、やはり対馬、壱岐、あの周辺の海の音波探査、あるいは陸上の地質調査とか、ボーリングはかなり進んでおります。いまのところ、まだ計画段階では、潜り放しで行きますと、大体二五〇キロぐらいのトンネルになる。海の一番深い所は対馬と韓国の間で、大体一六〇―一七〇メートルぐらいになるだろうということ、青函と余り海の深さは変わりませんが、トンネルの長さが非常に長くなる。だから、どうせ相当先にできるということから考えると、リニアモーターなんかをやるということにすれば、リニアモーターカーというのはきつい勾配でも上がれますから、各島にも上がれ、そういう点から言うと、七〇―八〇キロずつのトンネルが三つ四つできれば、日本と韓国はつながるといふうなことで、そういうふうなことをいま勉強している最中だというふうな思ってもらえばいいと思います。

この日韓トンネルというのは、実を言いますと、戦前昭和十四年ごろから十六年ごろにかけて国鉄が調査やっております。弾性波探査と言いまして、人工地震の調査などをやっていたわけでありまして、たまたまその人工地震というのは、当時は海底で発破をかけておった

のが、そのすぐ彦岐の近くで海軍の潜水艦が事故で沈んで、それで海底で発破をかけてはいかんということ、調査は打ち切りになった。打ち切りになって、昭和十六年十二月には戦争になったものですから、それで調査が終わった。この当時ではむしろ北海道と本州の間のトンネルよりも、日本のやり方としては、関門を抜けば、次は韓国まで行こうと。当時で言う朝鮮半島ですね。そういうふうな計画の方がずっと優先していた時代でした。それが逆になって、また民間レベルでそのような話がいま起こっているということです。

（前鉄道建設公団青函建設局長）