

# 自然になじむ 山岳道路

ダム付替道路の事例より考える

建設省河川局開発課 | 監修  
建設省土木研究所環境部  
(財)国土開発技術研究センター | 編集

# 自然になじむ 山岳道路

ダム付替道路の事例より考える

建設省河川局開発課 | 監修  
建設省土木研究所環境部  
(財)国土開発技術研究センター | 編集

山海堂



▲ダム湖のシンボルとしての橋梁

山口県と広島県とを結ぶ弥栄橋は橋長560mの斜張橋であり、ダム湖（弥栄湖）のシンボルとなっている。



▲弥栄ダム全景



▲ダム湖のシンボルとしての橋梁

宮ヶ瀬ダムの「虹の大橋」は、朱色に塗られた美しいアーチの弧を描く鋼逆ローゼアーチ橋（橋長330m）であり、ダム湖のシンボルとなることが期待される。



▲ダム堤体の高低差をかせくループ橋

朝里ダムでは、その起点位置の制約から、一周486m、9スパンのループ橋（朝里スカイループ橋）でダム堤体の高低差をかせいでいる。



▲地形になじんだ付替道路

緑の湖面とのコントラストが美しい釜房ダム。

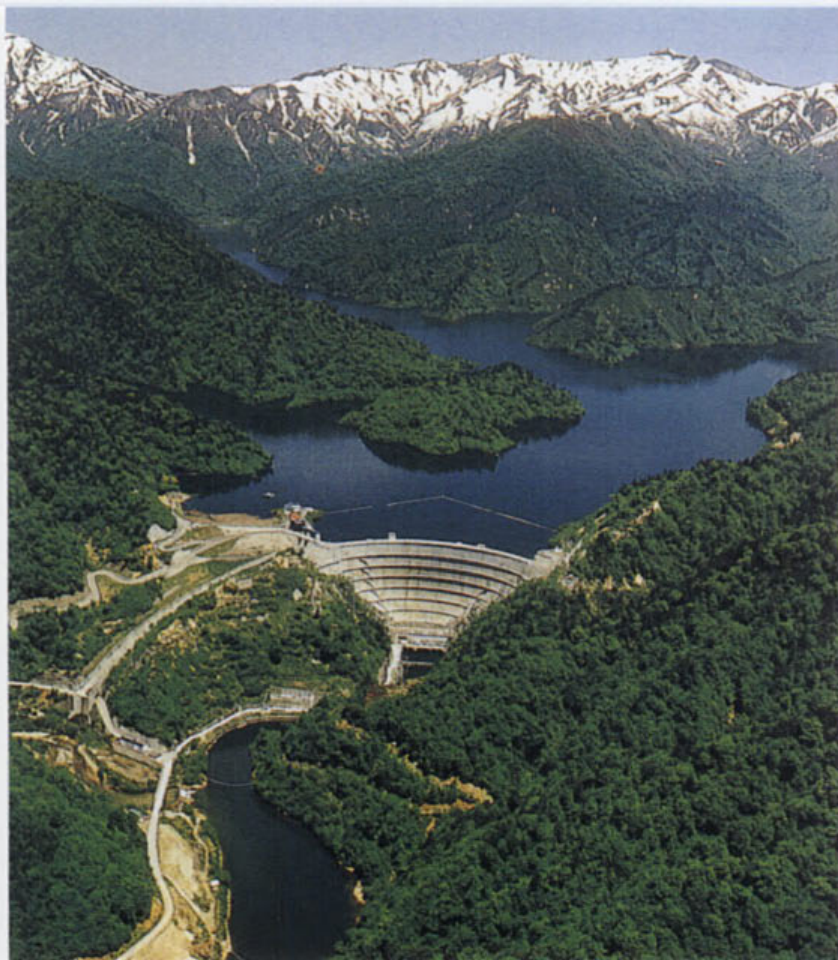
ゆるやかな斜面に設けられた付替道路は、良好な景観を確保している。



▲湖岸にとられない道路

雄大なアルプス薬師岳を背景とした有峰ダム。

湖岸から隔たって設けられた道路は、湖面と紅葉との美しいコントラストを保っている。



#### ◀湖水と緑の美しい景観

首都圏の水がめのひとつである矢木沢ダムでは、湖岸に道路が設けられておらず、雄大な谷川連峰を背景に湖水と緑が良好な景観を呈している。



#### ▲トンネル・橋梁を利用し自然環境の保全を図る

定山溪ダムの付替道路は、ダム湖周辺の自然環境の保全を図るためトンネル・橋梁区間が多くなっている。またトンネル坑口、橋梁などの構造物もシンプルなデザインのものが採用されている。

## 推薦のことば

国土の保全と均衡ある社会の発展を目指して、ダム事業への社会的・経済的要請はますます増大しています。また、一方では自然環境の保全という大きな課題も解決しつつ、ダム事業を進めていかなければならない現状にあります。

ダム事業にあたっては、ダム本体にかかわる問題と共に必ずといってよいほど付替道路の問題が生じます。これまで、ダム本体については基礎岩盤処理など技術的対応が図られてきましたが、付替道路については山岳部における道路計画・設計の一部という捉え方だけしかされてこなかったきらいがあります。

ダム付替道路は、現道機能の補償という要請のもとに、通常の道路計画では計画することがなかったような急峻な山岳斜面において計画されるものであるだけに、山岳道路としても特段の配慮が必要なものとなります。まして、急峻な斜面につきものの地すべりや雪崩に加えて、ダムによる貯水機能の確保、それに伴う地下水の上昇、自然景観との調和など配慮しなければならない事項はたくさんあります。

これまでも多くのダム付替道路が整備されてきましたが、道路建設あるいは完成後に地すべりや崩壊などの災害を被った例も少なからずあるのも事実です。このような経験は、貴重な資料として、今後の山岳部の道路計画に生かしていくことが望まれます。また近年では、生態系や景観といった自然環境に対する取り組みが行われることも多くなってきており、このような事例についても積極的に活用することによって、より一歩進んだ技術の開発に寄与できるものと考えます。

このような背景から、本書では、ダム付替山岳道路に関して、できるだけ多くの事例をもとに、その計画・設計にあたって配慮すべき事項についてとりまとめています。

本書が、今後、ダム事業のみならず一般の道路計画・設計において、より「自然になじむ山岳道路」をつくるための参考書として活用されることを期待します。

平成8年11月

建設省河川局開発課課長

竹 村 公太郎

## 推薦のことば

近年は、地球規模の環境から身近な環境まで、環境に対する人々の意識も高まりつつあるとともに、その重要性についての認識も深まりつつあります。このような状況のもと、平成5年には環境基本法が制定され、建設省においても、その翌年には環境政策大綱をつくり、その施策の実現に向けて取り組んでいるところであります。

道路建設においても例外ではなく、とりわけ良好な自然環境の中での道路建設においては、特段の配慮が求められるようになってきています。確かに自然環境へのインパクトという面からみれば、道路がプラスの影響を与えるところは少ないかもしれませんが。しかしながら、将来の国土の均衡した発展をめざすという観点からいえば、道路は必要不可欠なものとなっています。このような相反する考え方の中で、いかに両者を両立させることができるかが、今後の道路建設におけるひとつの命題であるともいえます。

近年は、道路建設においてもエコロードの考え方が導入される等、自然環境に対する配慮が行われるようになってきており、このことは大変よろこばしいことであります。ただし、これまでの自然環境への配慮は、既に計画が決定されていたり、また建設が進められていた路線を対象としていたため、どうしても後追いの「対策」としてとらえられることが多かったようです。しかし、これからの道路計画においては、道路を計画する段階からも十分に自然環境に配慮した計画が望まれるようになってきています。

本書は、このような観点から、山岳道路を計画するにあたって、自然に対して配慮すべき事項をダム付替道路を事例としてとりまとめたものです。「自然になじむ山岳道路」を計画するためには、環境技術者にばかり頼ることなく、道路を計画する技術者自身が自然とはどのようなものかを知るとともに、自然になじむ道路を計画する技術を身につけることが不可欠となっております。本書が、今後、山岳道路の計画に携わる技術者への啓蒙書として利用されることを期待して、推薦のことばとさせていただきます。

平成8年11月

建設省土木研究所環境部長

飯田 宏典

# 発刊のことば

今後の多極分散型国土の形成にあたっては、地域間を有機的に結合する道路整備は必要不可欠なものとなっており、山地の占める割合の多い日本においては、どうしても山岳道路としての建設が求められます。しかしながら、山岳道路の建設は、里地に設けられる道路とは全く異なった、厳しい自然条件に対する十分な安全上の配慮が求められます。また昨今は、自然環境の重要性についての認識も高まりつつあり、道路建設においても、自然環境に対してきめ細かい配慮が求められるようになってきました。

このような背景のもと、財団国土開発技術研究センターでは、建設省河川局開発課・建設省土木研究所の監修のもと、ダム付替道路を事例として、山岳道路のあり方について検討を行い、本書をとりまとめました。

本書で事例としてとりあげたダム付替道路は、ダム建設に伴って使用できなくなる道路の補償として設けられるものですが、一般の山岳道路に求められる条件に加え、ダム建設に伴う厳しい条件下での建設が求められます。谷底から見上げるような急峻な山岳斜面に対して道路を築かなければならないとともに、貯水池の湛水が斜面に及ぼす影響についても考慮しなければなりません。当然、気象条件についての配慮も必要です。また近年は自然環境の重要性についても認識されるようになってきており、ダム付替道路の計画にあたっては、生態系や景観などについての配慮も求められるようになってます。さらに建設コストのみならず、将来の維持管理を含めたライフサイクルコストやダム水源地域の振興ということについてもきめ細かい配慮が求められています。

本書では、このようなさまざまな条件下において、どのような配慮が求められるのかについて、事例をあげ、その基本的な考え方をとりまとめています。決して山岳道路の計画において配慮すべき事項すべてを網羅したものではありませんが、本書が、今後、ダム付替道路のみならず一般の山岳道路の計画・設計に携わる技術者の参考書となれば幸いです。

最後に本検討ならびに本書のとりまとめにあたって多大なご尽力を賜った「ダム付替山岳道路検討委員会」の竹林征三委員長ならびに各委員の方々に対しては深く感謝の意を表します。また、貴重な資料の提供に御協力いただいた関係機関の皆様にはあわせて深く感謝いたします。

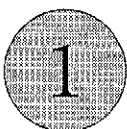
平成8年11月

財団法人国土開発技術研究センター  
理事長 廣 瀬 利 雄

# 目 次

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 1 はじめに .....                             | 1  |
| 2 山岳道路の特徴—特にダム付替道路を事例として— .....          | 3  |
| 3 自然を読む .....                            | 9  |
| 3-1 自然現象の理解 .....                        | 9  |
| 3-1-1 大地は動く .....                        | 9  |
| 3-1-2 何が起きているのか—地形の解体とマスムーブメント— .....    | 12 |
| 3-1-3 マスムーブメントの再分類—地すべり、山・崖くずれ、土石流 ..... | 14 |
| 3-1-4 植生も移りかわっている .....                  | 19 |
| 3-2 自然からのメッセージを読む .....                  | 20 |
| 3-2-1 自然からのメッセージの理解 .....                | 20 |
| 3-2-2 何を通じて自然からのメッセージを読むのか .....         | 49 |
| 3-3 メッセージマップをつくる .....                   | 56 |
| 3-3-1 情報の総合化—メッセージマップ .....              | 56 |
| 3-3-2 情報の運用—自然になじんだ計画 .....              | 62 |
| 4 自然になじむ道路 .....                         | 63 |
| 4-1 地形・地質になじむ道路 .....                    | 63 |
| 4-1-1 地すべり地における道路 .....                  | 64 |
| 4-1-2 斜面地形に対する配慮 .....                   | 71 |
| 4-1-3 トンネル・橋梁のレイアウト .....                | 85 |
| 4-1-4 断層と道路 .....                        | 93 |
| 4-2 気象になじむ道路 .....                       | 97 |

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 4-2-1 | 冬期の交通確保のための配慮     | 97  |
| 4-2-2 | 土石流に対する配慮         | 104 |
| 4-3   | 生態系になじむ道路         | 106 |
| 4-3-1 | 地形改変を極力小さくする      | 108 |
| 4-3-2 | 植生の復元             | 117 |
| 4-3-3 | 動物の生息に対する配慮       | 132 |
| 4-3-4 | 生息域の確保と復元         | 134 |
| 4-3-5 | その他の生態系に対する配慮     | 136 |
| 4-4   | 自然景観になじむ道路        | 140 |
| 4-4-1 | 自然になじむ道路構造物・道路付属物 | 141 |
| 4-4-2 | 橋梁の自然景観との調和       | 146 |
| 5     | ダム付替道路特有の計画技術     | 149 |
| 5-1   | ダム湛水による影響を考慮する    | 149 |
| 5-2   | ダム高低差をかせぐ         | 153 |
| 5-3   | ダム管理への配慮          | 158 |
| 6     | 経済性・維持管理性からの道路計画  | 165 |
| 6-1   | 建設主体と管理主体         | 165 |
| 6-2   | 建設コストからみた道路       | 166 |
| 6-3   | ライフサイクルコストからみた道路  | 175 |
| 7     | 総合的なルート計画         | 181 |
| 8     | おわりに              | 193 |



# はじめに

日本は狭い島国でありながら、山岳部の多い国土である。人は古くより、豊富な山の産物を食料として、また木材を建築資材や燃料として利用してきた。日本の家は、現在においても木造住宅が多く、また菜食を好む文化もこのような環境の下で形成されてきたものである。

江戸時代以降の舟運の発達、また明治時代以降の鉄道や自動車などによる交通の発達は、社会構造に大きな変化をもたらした。それまでの自給自足的な生活から、産業の分業化が急速に進展した結果、山は木材の生産の場として利用されるようになった。そのため山には、伐採した木材を運び、また植林した木々を管理するための道路の建設が求められた。

その後、国際化が進むなかで、発展途上国からより安い生活資材が得られるようになった。そのため、山村で営まれている林業においても、木材価格の下落を招く結果となった。農業や漁業においても同様であり、人々は経済的に豊かな暮らしを求め、山岳部の山村を離れ、平地に発達する都市部へとその生活の場を求めた。

このような背景から、都市部においてはさらなる都市化が進む結果となった。それに伴って、平地に発達する都市間を高速に結ぶ道路が必要となり、そのためにはどうしても山岳部を通過する道路の建設が求められるようになった。

一方、他の都市部の経済発展から取り残されがちな山村部においては、地域振興、多極分散型国土の形成が叫ばれ、地域の特色ある発展と一体感をもてる国土の形成が求められ、地域連携を可能にする交流の基本としてきめの細かい山岳部の道路建設が渴望されるようになってきた。

しかし、日本はプレートテクトニクスからみてもプレート境界に位置しており、地殻変動が活発で、かつ気候も湿潤な地域である。そのため、山岳部においては、地殻変動はもとより、侵食作用も活発に行われており、地形的にも急峻で、また地質的にもかなり複雑な構造となっている。このような条件のもとで道路を築くのであるから、その計画においてはきめ細かい配慮が求められる。

また日本の国土の7割近くは森林によって覆われており、特に山岳部においては原生の自然環境がそのまま保存されているところも多い。近年は、森林のもつ機能の大切さ、

多種多様な生態系の維持が、今後、我われ人間が地球上で生活していくためには極めて重要であると認識されるようになってきており、山岳部に道路を築く場合には、その自然に対する影響を極力小さなものとするような配慮が求められている。

このように山岳道路においては、里地の道路とは全く異なった自然条件の克服が要求される。そのためには計画される山岳道路は、自然によくなじんだ道路でなくてはならない。それでは自然になじむ山岳道路とはどのようなものなのであろうか。

このような観点から、本書においては、ダムの建設によって使用不能となる道路の補償として設けられる「ダム付替道路」を事例として、自然になじむ山岳道路とはどのようなべきかについて考えていきたい。

読者の中には、「なぜ、ダム付替道路が山岳道路なのか」という疑問もあるかもしれないが、実際にはダム付替道路の計画にあたっては、一般の山岳道路以上に、厳しい自然条件下での計画が求められているのである。付替となる道路は、少なくともダム湖の貯水面より高い位置に設けなければならないから、ダム堤体が高くなればなるほど、高い位置に設けなければならない、ときには谷底から百 m 以上も高い位置に設けなければならないこともある。また、ダム堤体より下流側の限られた範囲において、その分の高度をかせぐように道路を設けなければならない。また、ダム完成後の貯水池の形成によって、その周辺の斜面はそれまで経験したことのないような環境下におかれることになる。斜面への水分の過剰な供給や地下水位の上昇、また水位変動によって乾燥と湿潤とを繰り返すことによって、地すべりや崩壊なども発生しやすくなる。さらにダム湖の周辺は、自然環境に恵まれた地域となっていることも多く、ダム本体の建設のみならず、その付替道路あるいは工事用道路の建設にあたっては、自然環境との調和が求められている。これらの自然的な条件に加え、補償の対象となる道路が有していた機能を踏襲するとともに、ダム水源地域の振興に資するような配慮も求められている。このようにさまざまな条件のもと設けられるダム付替道路は、最も厳しい条件のもとで設けられる山岳道路であるといっても過言ではないだろう。

本書は山岳部に設置されたダム付替道路を事例として、自然になじむ山岳道路の注意事項を事例をあげながら整理したものである。

山岳道路の計画や設計、施工にあたられる技術者にとってきめの細かな注意事項、心がけを記したハンドブックとして利用活用していただくことを願うものであります。

ダム付替山岳道路検討委員会

委員長 竹林征三

## 山岳道路の特徴

—特にダム付替道路を事例として—

里地に道路を計画しようとするときの制約条件となるのは、河川の位置や軟弱地盤などの若干の自然条件を除けば、計画道路上およびその周辺の土地がどのように利用されているのか、などの人為的な条件である。一方、山岳部に道路を設けようとするときには、多くの場合は森林となっていることが多く、自然林であるのか人工林であるのかの区分はあれど、人為的条件による制約を受けることは里地の道路に比べればかなり少ない。しかし、地形や地質などの変化に富んでおり、道路をつくるにあたってはこれらの自然条件からの制約を受けることが多い（図2-1）。

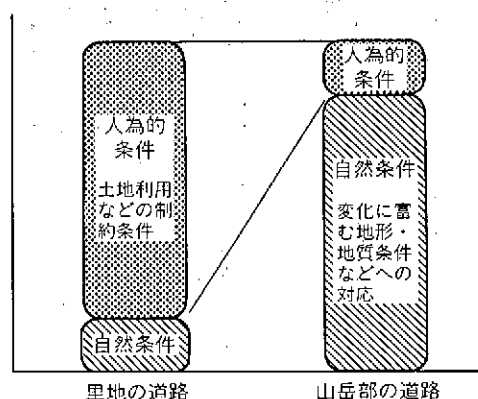


図2-1 里地と山岳部における道路計画上の制約条件の違い

また道路に対する環境ということを考えてみても、里地においては、道路交通が道路周辺の人々に与える影響、すなわち、主として騒音や振動などの生活環境を指すが、山岳部において環境といえは、主として、地形・地質、動植物、あるいは景観などの自然環境を指すこととなる。

このように山岳部の道路は、里地の道路とは大きく異なる制約条件、環境のもとでつくられるものである。このような制約条件のもと、山岳道路の計画においてはどのようなことが求められるのであろうか。

ここではダムの付替となる山岳道路を事例として、その計画においてどのようなことが求められるのかについてまとめた。

## 地形・地質や気象になじむ道路

日本列島は、環太平洋造山帯に属する地殻変動の活発な地域に属している。特に山岳部においては、隆起活動あるいは火山活動が活発に行われているところも多く、高い山はより高くなろうとする力が働いている。地質的にみても、強い地殻変動によって、複雑な構造を呈するとともに、その影響から脆弱なものとなっていたり、第三紀層や第四紀の火山噴出物など固結度の低い岩石から構成されていることも多い。

また気候的にみれば、海洋の影響を受け、梅雨とその末期の豪雨、夏から秋にかけての台風の襲来、冬期の降雪など、降水量が多い環境下にある。山岳部にもたらされる大量の降水は、谷の傾斜が急なところでは山を削りながら、また傾斜が緩くなったところでは運んできた多くの土砂を堆積させる。また山岳部の斜面では多くの水を含むことによって、地すべりや斜面崩壊を引き起こすこともある。さらに斜面崩壊が引き金となって、土石流は山を下り、人的災害をもたらすこともある。また大量の降雪のみられる山岳部においては、急傾斜面に積もった雪が雪崩となって斜面を削り、また融雪期には大量の水を供給する。

このような自然条件のもとで形成された日本の山岳部は、極めて急峻な斜面を呈しており、現在もこれらの地形形成作用は活発に行われている。

このような山岳部の斜面は決して人間に対して従順なものではない。山岳部の斜面においては、上にも述べたように、地すべりや斜面崩壊などの現象を発生させる危険をはらんでいゐるものの、決してこれらの「現象」は「災害」ではない。その「現象」を「災害」とするのか否かは、我われ人間がそこに入り込むか否かにかかっている。また自然状態においては発生し得ない現象を我われ人間が斜面に対して手を加えることによって引き起こすこともある。一方、すべての山岳部の斜面が危険であるとは限らない。斜面の性格は千差万別であり、それぞれの性格によってどのような現象が発生するのか否かが決定される。これらの性格は、斜面の形状やその構成する地質やその地形的な位置などから、そのすべてというわけではないが、かなりの部分について読みとることが可能である。

ダム付替道路の場合には、貯水池の貯水面より高い位置まで道路を引き上げなければならない、上に述べたような厳しい条件下にある山岳部の斜面に対してどうしても道路を築かなければならない場合も多い。このような山岳部に道路を計画しようとする場合、このような性格を十分に知ったうえで、その性格に適した道路、つまり地形や地質、気象などの条件になじむ道路を計画することが求められる。

## 2. 山岳道路の特徴

### 生態系になじむ道路

山岳部の斜面に対する道路建設は、たとえ道路として必要な幅員が数 m であったとしても、切土や盛土などによる地形改変の範囲が幅数十 m、ときには百 m 以上にも及ぶこともある。このような地形改変が連続的に及ぶことになるのであるから、樹木の伐採などにより直接的に自然環境に与える影響も極めて大きい。伐採されずに残った森林も、日照や風通しなどの気候的な変化、あるいは地下水などの水理的な変化など、それまでと生育環境が異なることによって、その生育がおびやかされることもある。

また一本の道路が築かれることによって、あるひとつのまとまりをもった地域は2つの地域に分断される。そのため、動物にとっては、分断された地域間での自由な往来が妨げられることになる。また道路を横断する動物と車両との衝突なども懸念される。

特にダム建設地の周辺は、地形が急峻であることから、これまであまり人の手が加えられておらず、自然の環境が残された地域であることが多い。このような自然環境の中で、多くの生物が生育、生息しており、生態系を築いている。ダム本来の目的である水源地としての機能を維持するとともに、人々と自然とのふれあいの場とするためにも、現在築かれている生態系を将来にわたって残していくような努力が道路計画においても求められている。

### 自然景観になじむ道路

山岳部の景観は、自然環境の総体によって表わされるものである。春の新緑、秋の紅葉は、自然環境が良好に残っているからこそ、我われに楽しみを与えるものである。道路は、このような自然景観を楽しむために山に立ち入ることを容易にする「みち」である反面、このような自然景観の中へと侵入する人工的な構造物でもある。そのため、自然景観の中では異質なものとならざるを得ない。特にダム湖の周辺においては、自然とのふれあいを求めて、観光やレクリエーションに訪れる人々も多い。そのため、道路を計画する際には、将来、訪れるであろう人がどう感じるのだろうか、ということを考えつつ、自然景観により良くなじむよう道路を計画することが求められる。

### 貯水位変動になじむ道路

—ダム湛水による影響を考慮しなければならないこと—

ダムができることによって、貯水位より低い斜面は水面下へと没することになり、それまでとは大きく異なった環境が形成される。貯水位より低い斜面は、これまで経験し

たことのない水中という環境下におかれることになり、不安定な状態となりやすい。またダム湖ではその水位変動が大きく、その点において自然の湖沼とは大きく異なる。そのため、貯水位が低くなれば、水没した地形面が再び地表面として水面から露出することになる。このような水没と露出とを繰り返し、つまり湿潤と乾燥状態とが繰り返されることによって、地山の風化が進み、斜面崩壊や地すべりを引き起こすおそれもある。

さらに表面的には水没の影響を受けないダム湖の沿岸斜面においても、ダム湖の貯水位の上昇あるいは下降に伴って、地下水位が大きく変動することになる。その影響を受けて水没斜面同様に、地すべりや斜面崩壊の発生しやすい環境下におかれることになる。また貯水位より下位の斜面における地すべりや崩壊に伴って、その上位の湛水面上の斜面も足場を失い、地すべりや崩壊が生じることもある。

また湖岸においては、川による侵食に比べればその力は弱いものの、侵食作用が生じる。ダム湖の貯水位の変動に伴って、その作用が及ぶ範囲も変動することになる。

以上のように、ダム湖の沿岸斜面は、一般の山岳斜面に比べると、かなり不安定な状態となっており、付替道路の計画においても、このような湛水後の斜面の安定性についても十分に把握したうえでの計画が求められる。

### 高低差克服の知恵と工夫

—ダム堤体の高低差を短い距離でかせがなければならないこと—

ダム建設によって、それまで谷沿いに河床縦断にほぼ沿ったかたちで設けられていた道路は、ダム湖の貯水面上まで引き上げなければならない。ダム堤高は少なくとも数十m、ときには百m以上にも達するから、付替となる道路もそれだけの高度をかせがなければならない。

単純に付替道路の起点を下流側にずらせばいいのではないかと考えるであろうが、地形・地質などの制約や下流側の集落の位置などの制約によって、そう簡単にはいかないことも多い。またトンネルの標高がダム湖の貯水位より低ければ、ダム湖の湖水がトンネルに流れ込むことになり、海底トンネルの場合と同様、漏水対策が重要な課題となる。

以上のような理由から、道路を設けることができる範囲が限定されることになり、その限られた範囲の中でいかにダム堤体の高低差をかせぐかが、ダム付替道路を計画するうえでの大きなポイントとなる。

### ダムを管理しやすい道路

貯水池周辺に設けられる道路は、堤体や管理所へのアクセス道路として、また貯水池

## 2. 山岳道路の特徴

の管理のための道路として用いられる。これらの機能はダム本来の機能を維持するためには欠かすことのできないものであり、道路を計画する際にもダムの管理に用いることを念頭において、ダムを管理しやすい道路とすることが求められる。

### ライフサイクルコストへの配慮

ー建設コストはもちろん、維持管理コストについても十分配慮した道路が求められることー

付替道路の特殊性として、建設を行う事業者と維持管理者が異なることがあげられる。つまりダム建設に伴う補償工事として付替道路建設はダム事業者が行うが、その後の維持管理については従前の道路管理者が担うことになる。

特に付替の対象となる道路には、市町村道などの財政基盤の必ずしも強いとはいえない自治体等が管理している道路も多い（表 2-1）。

表 2-1 1ダムあたりの付替路線数（直轄・公団ダム）

| 項目           | 国道     | 県道     | 市町村道   | 林道     | その他    | 合計      |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1ダムあたりの付替路線数 | 0.5 路線 | 1.2 路線 | 2.3 路線 | 1.1 路線 | 0.3 路線 | 5.4 路線  |
| 1ダムあたりの付替延長  | 3.5 km | 5.9 km | 5.7 km | 2.5 km | 0.8 km | 18.4 km |

直轄・水資源開発公団の既設・建設中のダムを対象にしたアンケート調査による  
(有効回答数 119；平成 5 年度調査)

このことを十分認識したうえで、これらの道路の付替に関しては、移管後の維持管理の負担をできる限り軽くするような配慮が求められる。

### 地域振興に資する道路

ダムの建設自体は、その周辺地域にとっては直接的な利益を及ぼすものではない。そのため、ダム建設に対して住民の理解を得るためには、従前の生活基盤の確保・向上を図ることはもちろん、その地域の振興に寄与する道路が求められている。

ダム付替道路においては、先に述べたように、一般の山岳道路以上に地形・地質条件の悪い斜面における建設を強いられることも多い。そのため、対象となる地域の自然について十分に認識したうえでその計画が進められなければならない。その上でさらに生態系や自然景観などの自然環境的な要素、あるいはダム管理や地域振興に対しても十分な配慮が求められている。

そこで、本書においては、実際の事例を紹介しながら、道路計画においてどのような配慮が求められているかについてまとめていきたいと考えている。

○地形・地質になじむ道路

○気象になじむ道路

○生態系になじむ道路

○自然景観になじむ道路

○ダム付替道路特有の計画技術

- ・ダム湛水の影響は道路計画にどのような影響を与えるのか？

- ・ダム堤体の高低差をどのように克服するのか？

- ・ダム管理に対する道路計画上の配慮は？

- ・ダム工事用施設の跡地は？

○経済性・維持管理性からの道路計画

建設コスト・維持管理コストからはどのような配慮が求められるのか？

○総合的なルート計画

地域振興などの条件をふまえて総合的にはどのようなルートを計画すべきか？

## 3-1 自然現象の理解

## 3-1-1 大地は動く

「動かざること山の如し」という言葉がある。このように、山や大地は動かないものという認識が広くいきわたっており、人間生活は「大地は不動」という前提のうえで成り立っているようである。しかし、山は動いているのである。自然現象を理解するうえで、まずこのことを十分に理解しておく必要がある。

なにげなく目にしている地形も永久に不変ではなく、ゆっくりと、時には急激に変化する。こうした地形の変化をもたらす力は、重力の他、地殻の内部からの力と風や水などの力がある。前者を内的営力、後者を外的営力という。

内的営力には、プレートテクトニクスによる造山運動、アイソスタシー、火山活動などがある。地球表面の大規模な地形は、これらのうちプレート運動によって形成されている。

また、大規模な地形（地殻）は流動性のあるマントルの上に浮いてると考えられており、マントルの上部では静水圧的な平衡を回復するために常に、非常に緩やかに地殻の変動が生じていると考えられている。これがアイソスタシーの原理である。こうした地球内部からの力によって、一般には侵食、削剝の激しい高い山はより高くなろうとしている（図3-1）。

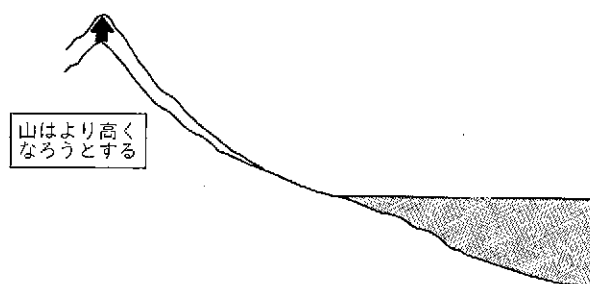


図3-1 内的営力による地形の変化

こうした変動の結果、わが国では、図 3-2 に示すような地域で隆起や沈降が生じ、例えば、南アルプスでは 5～7 mm/年の速度で隆起しているといわれている（Ohmori, 1987）。

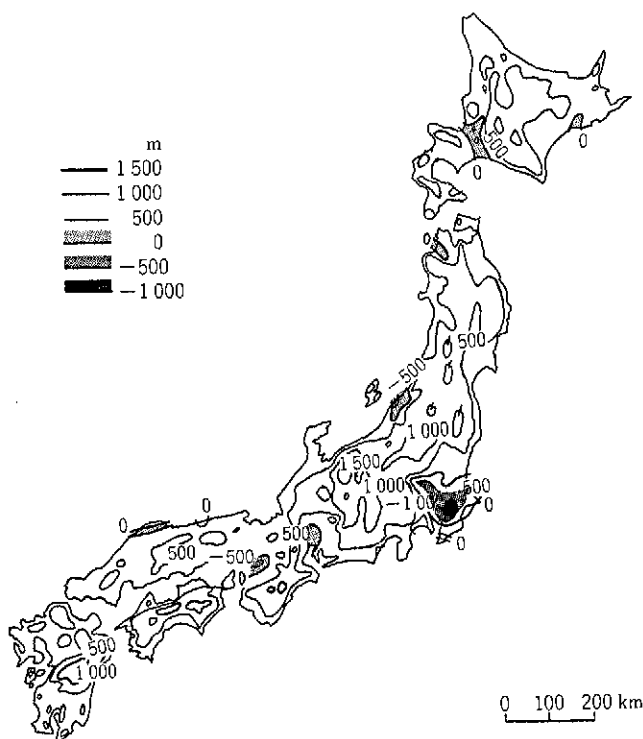


図 3-2 日本列島の第四紀隆起・沈降量図<sup>1)</sup> (RGQTM、1973 による)

また、雨や風、氷河、気候による風化などの作用によって地形は削られ（侵食作用）、削り取られた物質は流水によって運搬され、あるところで新たな地形を形成（運搬、堆積作用）する（図 3-3）。

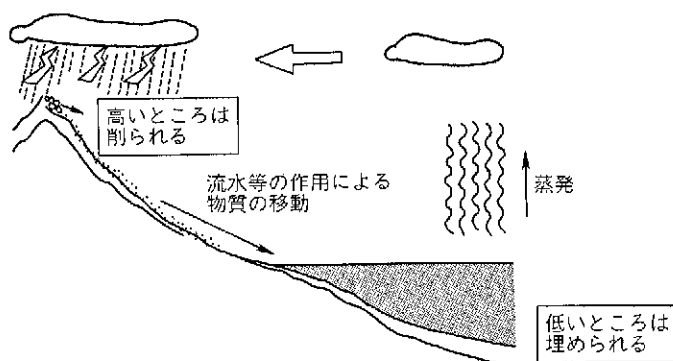


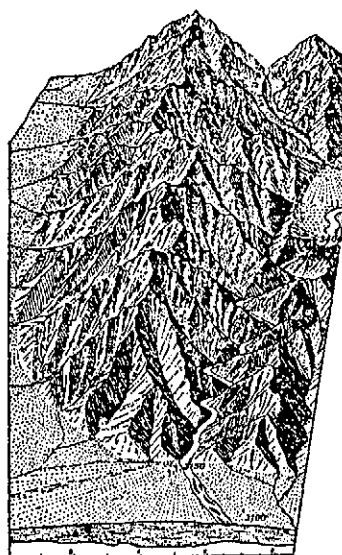
図 3-3 外的営力による地形の変化

### 3. 自然を読む

内的営力による地形変化と外的営力による地形変化は別々に生じているわけではなく、ことに内的営力による大地の隆起や沈降と外的営力による地形変化が組み合わさって、悠久の時の流れの中でみると、地形は大きく変化している（図3-4）。



A：幼年期の地形，曲隆した準平原を示す。鎖線は隆起軸で、それを横切る深い谷は先行谷。



B：壮年期の地形，けわしく開析された高山と山麓の沖積地を示す。



C：老年期の従順山地，開析扇状地や段丘の発達がみられる。



D：若干のモナドノックのある準平原。

図3-4 地形の輪廻<sup>2)</sup>(Davis, 1912)

### 3-1-2 何が起きているのかー地形の解体とマスムーブメント

地形変化のもっとも主要なものは、谷の発達であり、それに伴って生ずる山体の解体（開析）である。この解体の過程では、単に水や氷、雪、風などによる地表付近における侵食作用だけでなく、これらの外的営力と重力の作用によって山体の一部あるいはその多くが移動する現象も生じており、これをマスムーブメントといっている。

マスムーブメントの様式は、元の地形や外的営力の種類、物質の性質（物質も不変ではなく、移動に伴って変化し、したがって、その性質も変化していく）によって様々である。一般には図 3-5 のような分類があり、崩落、トップリング、滑動、流動という現象に区分されている。そして、大事なことは岩盤も動くということである。

このように、山地は侵食、マスムーブメント発生場であるが、一方でそこにみられる植生や土壌は雨水などの衝撃を緩和したり、あるいはそれらが有する保水力の大きさから、土砂の移動に対して抵抗力として働いている。土工のり面を保護工もしないで放置したならばたちまちガリーが発達し、侵食が進んでいく。また森林の伐採跡地における崩壊は樹木の根が腐り始める伐採後 5 年位から起こりやすいともいわれる。このように植被を剥がすことも地形形成作用には大きな影響を及ぼす。

マスムーブメントは、人間の社会生活との接点で生じた場合には斜面災害と呼ばれることになる。かつて山奥に人が住んでいなかった時代にはマスムーブメントは人間の営む社会生活には影響がなかったであろうが、現在のように山の奥深くにまで開発が進んでくると、マスムーブメントと人間社会との接点が拡大し、従来は災害として認識されなかったところにも新たな災害が発生することとなる。

ことに、我が国の国土は火山、褶曲山地、破碎帯が集中し、地質的にも極めて脆弱であるため、種々のマスムーブメントが頻発し、さながら「砂上の楼閣」の感がある。

### 3. 自然を読む

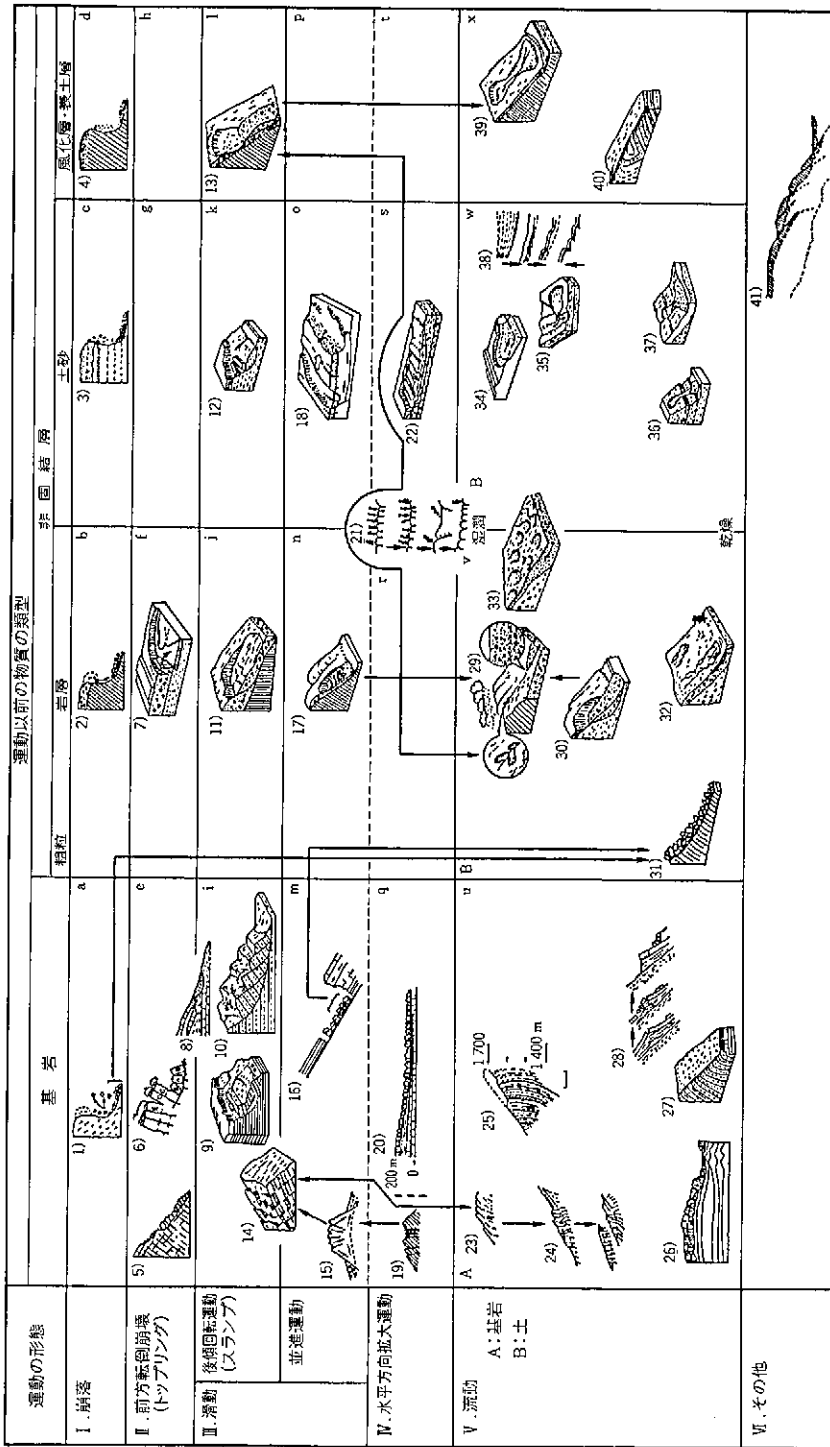


図 3-5 マスムーブメントの類型 (Varnes, D. J. 1979 ほかにより集成加筆)<sup>3)</sup> を一部削除

Varnes, D. J. (1978) が 1958 年版の改訂に当って、5)、6)、8)、15)、19)、20)、23)、24)、25)、26)、32)、33)、39)、40) が付加されている。一は両者の運動形態に因係があることを示す。名称 (仮称) は下記のようにしておく。運動速度については同じタイプでも活動の様相によって異なるので、ここでは省略した。

- 1) 岩石崩落、2) 岩屑崩落、3) 土砂崩落、4) 表層崩落、5) 6) 基岩トップリング、7) 岩屑トップリング、8) トップリングスラップ、9) 基岩スラップ、10) 基岩多重量スラップ、11) 岩屑スラップ、12) 土砂スラップ、13) 表層スラップ、14) 階段多重量山麓すべり、15) 山麓楔形陥没すべり、16) 基岩層すべり、17) 岩屑層すべり、18) 土砂ブロックスラップ、19) 山麓陥没側方伸長すべり、20) 基岩側方伸長すべり、21) 氷楔凍融陥没、22) 土砂側方伸長すべり、23~25) 深層基岩クリップ、26) 谷底陥没クリップ、27) 浅層基岩クリップ、28) 斜面陥没すべり、29) 土砂流、30) 岩屑なだれ、31) 崖隕 (チーラス) クリップ、32) 岩塊流、33) ソリフラクション、34) 泥濁飽和土砂流、35) 急速土砂流、36) 乾燥土砂流、37) レスフロー、38) 水中すべり、39) 土砂押出し、40) 表層クリップ、41) 先端陥入すべり

### 3-1-3 マスムーブメントの再分類—地すべり、山・崖くずれ、土石流

マスムーブメントの細かな分類は別にして、それらを大きく、また人間生活への影響とその防御という観点から、地すべり、山・崖くずれ（斜面崩壊）、土石流に分類してみると实际的である。すなわち、たとえば地すべりについてみると、主体は滑動現象であるが、終末的な段階や移動体の一部では流動現象が生じていたり、時にはトップリングも地すべり現象の一環であったりすることもあるからである。

ここでは、これら現象の概要とその原因についてみていこう。

#### (1) 地すべり

地すべりとは、山地斜面の一部がすべり面に沿って移動する現象（滑動）をいい、多くの場合、その移動体は大きく乱されることがない。また、滑動を繰り返すことが大きな特徴であり、このため、地すべり地形という、過去に地すべり滑動の履歴があったことを示す特異な地形を斜面に残している。

多くの地すべりは、まず岩盤中に生じ、その後、滑動の繰り返しによって岩盤は風化し、乱されることによって土砂へと変化していく。現在の地すべりの多くは、既に土砂化した段階に至っているものが多く、一般には、われわれはこの滑動が繰り返された地すべりをみているのである。このため、地すべりは土砂のところで発生するという誤った認識をもっている場合も多い。しかし、堅固であり、移動しないと考えられている岩盤においても地すべりは発生するのである。こうした地すべりの形態の変化は、一般には図3-6のように考えられている。

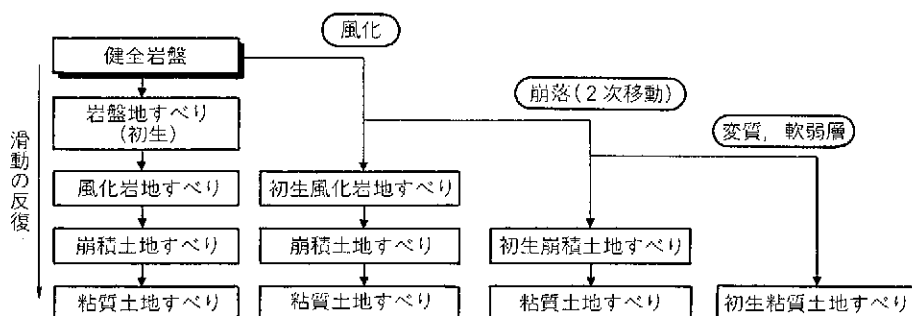


図3-6 地すべりの形態変化  
(形態の説明は表3-1参照)

一方、一見堅固な一枚岩とみられるような場合でも地すべりが発生したところをよく調べてみると、断層で岩盤が切れていたり、強度の異なる地層がすべり台となるような形で存在していたりと、それなりの地質的な理由が見い出される。また、河川の攻撃斜

### 3. 自然を読む

面であるため、斜面の末端が削り取られ、不安定な状態であるなど地形的な理由が見い出されることも多い。このように、地すべりは、ところかまわず発生するのではなく、それなりの地質的、地形的条件のところで発生するのであり、これを知る、すなわち、どのような条件のところで発生するのであろうかを知ることがとりもなおさず、自然を理解することであろう。

また、地すべりは一般に規模が大きく、動きが緩慢であることも大きな特徴の一つである。この特徴のため、破壊的な動きに至るまでには、多くの場合、前兆現象が生じており、この前兆現象は地形に表れていることが多い。この前兆現象を見い出すことが地すべりの予測に結びついていく。

このような地すべりの発生原因には、素因と誘因とがある。素因は地形、地質が本来もっている性質のうち地すべりの発生に関わる性質であり、誘因は、地すべりを発生させる引金作用のようなものである。また、この誘因には地下水(間接的には降雨、融雪)、河川等の侵食、地震等の自然的な誘因と、人為的な誘因がある。人為的な誘因としては、道路建設のための切土、盛土、トンネル工およびダムの貯水等が考えられる(図3-7)。

表3-1 地すべりの形態

| 形態      | 特徴                                                                                                |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 岩盤地すべり  | 局部的または軽度に変質しているが概して新鮮な岩盤からなる地すべり。変位量が極めて小さいものが多い。またこれまで地すべり滑動が発生しておらず、初生的に発生するものも含めて岩盤地すべりといっている。 |
| 風化岩地すべり | 主として一度滑動した岩盤地すべりが再発したもの。また強風化あるいは強変質岩帯で初生的に発生するもの。                                                |
| 崩積土地すべり | 移動層が主として礫混じり土砂によって構成される地すべり。風化岩地すべりがさらに遷移したものが多い。崖錐堆積物等でもまれに初生的に発生する。                             |
| 粘質土地すべり | 崩積土地すべりが進行し、移動土塊がさらに細粒化して、いわゆる流動状の形態で滑動する地すべり。温泉余土や新しい湖成堆積物等の軟弱層で初生的に発生するものもある。                   |

地すべりの安定は、重力の作用によって動こうとする力(D: Driving force)と、斜面上にとどまろうとする力(R: Resistance force)の大小によって定まる。DがRより十分大きい場合には地すべりは安定を損なって滑動する。一方、RがDより十分大きい場合にはその地すべりは安定している。地すべり発生誘因とはこのRを小さくしたり、Dを大きくする作用といえよう。

主な人為的誘因には以下のものがある。

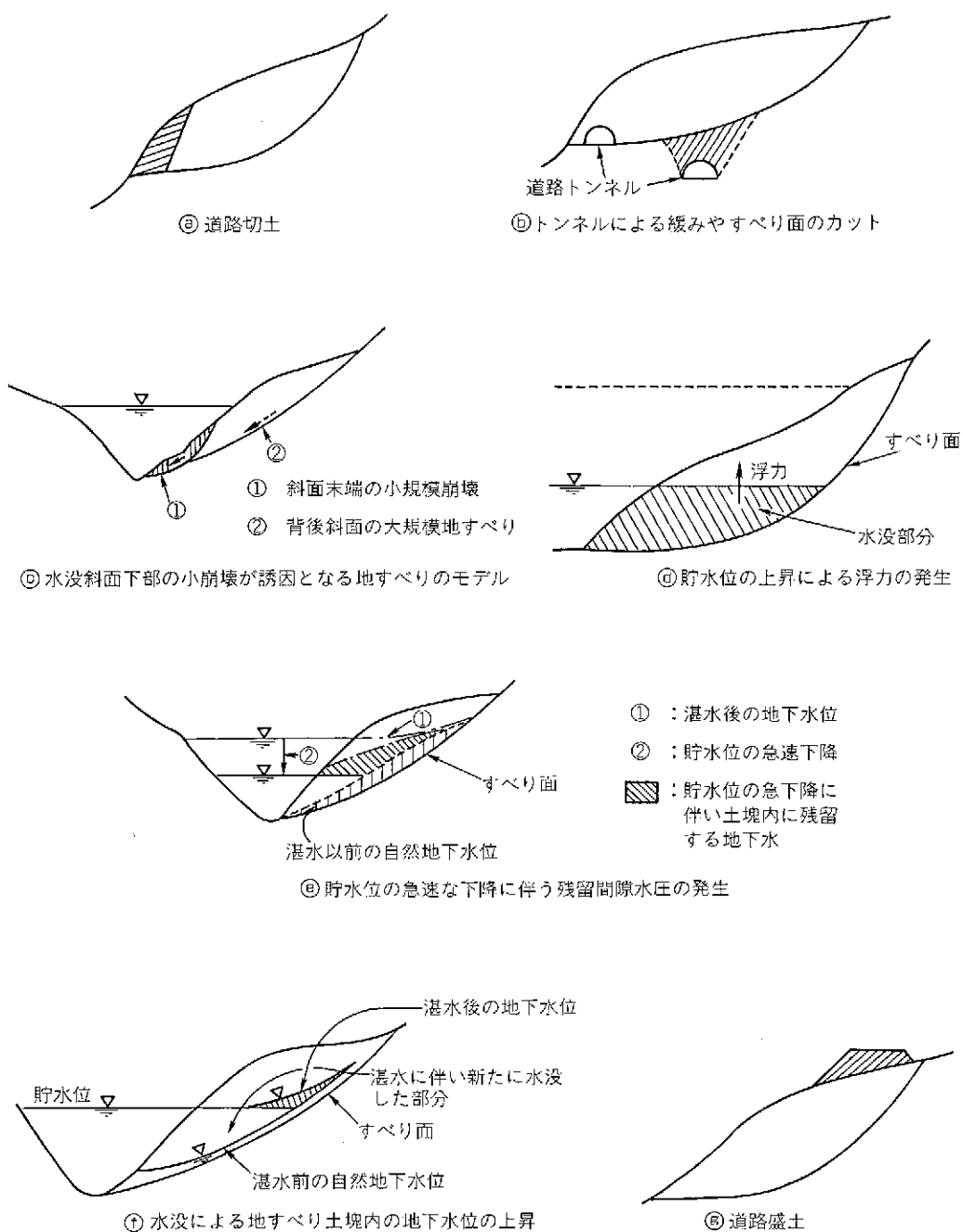


図 3-7 人為的誘因の模式

### 3. 自然を読む

#### (R を小さくする誘因)

##### ④ 地すべり脚部の切土

地すべり土塊の安定を支えている部分（主として下方、脚部）を切土することによって全体のバランスを大きく損なう。

##### ⑤ すべり面付近でのトンネル施工

トンネル施工による地盤の緩みがすべり面に波及し、地すべりを活発化させたり、下方でのすべり面をカットすることによって支え部分の切土効果と同様の効果を与える。

##### ⑥ ダム貯水に伴う斜面の崩壊による受動部分の押え荷重の減少

地すべり地の末端で、浸水による崩壊が生ずることによって末端の切土と同様の影響を与え、本体の地すべり滑動を引き起こす。

##### ⑦ ダム貯水に伴う地すべり土塊の水没による浮力の発生

ダム貯水によって、地すべり土塊の特により下部の受動部分が水没し、ここに浮力が作用する。この結果、末端の押え荷重に相当する部分が軽くなり、全体のバランスを損なう。

##### ⑧ ダム貯水位の急速低下に伴う残留間隙水圧の発生

ダム貯水位を急速に低下させると、地すべり地内の地下水がこれに追随しきれない場合には地すべり地内に残存し、そのため残留間隙水圧が発生し、全体のバランスを損なう。

##### ⑨ ダム貯水による地すべり地内の間隙水圧の増大

貯水線と同様のところまで地下水が上昇しているところに異常な降雨等があるとさらに地下水位が上昇し、間隙水圧が増大して、全体のバランスを損なう。

#### (D を大きくする誘因)

##### ⑩ 地すべり頭部の盛土

地すべりの滑動力の主体をなしているところに更に荷重をかけ、滑動力を増大させて、全体のバランスを損なう。

#### (2) 山・崖くずれ（斜面崩壊）

山・崖くずれと呼ばれる土砂の移動の現象は一般には規模が小さく、また移動速度が急激であることが特徴と考えられている。すなわち、山・崖くずれが表層部の現象であるのに対し、地すべりは地層内に原因をもつ、かなり大規模なマスムーブメントという違いがある。

この他、地すべりと比較すると地すべりよりは大きな勾配の斜面で多発すること、地すべりが斜面を構成する岩盤の風化の程度に左右されずに発生しているのに対し、山・崖くずれは多くは風化によって生成された物質の移動であるという差異がある。このため、一度山くずれが発生すると、その後長期間は発生しないという免疫性が認められることも特徴の一つである。これら、山・崖くずれの生じやすい斜面の特徴は表 3-2 に示すように考えられている。

表 3-2 斜面崩壊の生じやすい斜面

| 分類    | 発生しやすい斜面           | 特徴等                                                                              |
|-------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 地形    | 落石堆・崩積土堆           | 崖錐が末端に堆積している斜面。表層部の風化が進んでおり、過去に軽微なゆるみが生じている斜面。                                   |
|       | 急傾斜な斜面             | 30°～69°；特に 40°～49°で最も多く崩壊が生じている。                                                 |
|       | 凹型の斜面              | 雨水が集中しやすく崩壊が生じやすい。ただし大規模崩壊は凸斜面に多い。                                               |
| 地質・土質 | 崩積土・強風化岩で構成されている斜面 | 特に切り土によって不安定化し斜面崩壊が生じやすい。火山泥流の堆積した斜面でも崩壊が生じやすい。                                  |
|       | 侵食に弱い土砂が存在する斜面     | マサ、シラス、山砂、段丘礫層など主として砂質土からなる斜面では、落石や斜面崩壊、土砂流出が起りやすい。                              |
|       | 風化がはやい岩種で構成される斜面   | 第三紀の泥岩、頁岩、固結度の低い凝灰岩、蛇紋岩など。                                                       |
|       | 割れ目の多い岩で構成される斜面    | 片岩、砂岩、粘板岩、蛇紋岩、熔結凝灰岩、花崗岩、玄武岩、安山岩など。また新生代の火山噴出物などで切土によるゆるみによって斜面崩壊・落石を引き起こす可能性がある。 |

山・崖くずれは人間社会に害を与える点では、地すべりと同様であるが、一般に規模が小さい分ダム貯水や土工の影響を受けて発生しても注目されることが少ない。

### (3) 土石流

土石流は、土石と水が一体となって流下する現象をいい、侵食力が強く、流下の過程で溪岸や溪床の堆積物質を巻き込んで体積が増大していくという特徴がある。

土石流の発生形態、原因は一般に次のように分類される。

#### (土石流の発生形態・原因)

- ① 豪雨などにより山腹斜面とくに谷頭部に多量の水が供給され、山腹崩壊や地すべり性崩壊が起こり、崩壊土砂が崩壊に伴う噴出水や表流水とともに一気に急斜面を流下する。
- ② 山腹や溪岸の崩壊物が溪流を堰き止め、一時的にダム・アップし、これが破れて土石流となる。
- ③ 溪床上の堆積土砂が豪雨などによる異常な洪水流によって急激に移動し、土石流

### 3. 自然を読む

となる。

④ 粘質土よりなる地すべりが流動化し、それが土石流となる。

⑤ 火山爆発や火口湖欠壊に伴って発生する。(火山泥流)

この中では特に①の原因での発生例が多い。すなわち、崩壊が発生の引金となっている場合が多い。

土石流は流下の過程で、多くの土石を運搬するが、それが立木と衝突することによって立木に傷痕を残し、また、下流の氾濫・堆積地域には多くの巨礫や独特の堆積地形を残す。土石流による巨礫は、その谷の集水域から流下する流水の運搬力をはるかに上回る規模のものであるため、かなり容易に見分けがつく。多くの場合、堆積地形はその後に改変され、不明となるが、保存されている場合には、前出の立木の傷痕や巨礫の存在と合わせ、過去の発生履歴を知ることができる。

#### 3-1-4 植生も移りかわっている

大地が長い時の流れの中で変化していくのと同様に斜面に生育する植生も極相に向って移り変わっている。この変化を理解し、それぞれの斜面や地域において現在がどのような段階にあるのかを知ることは自然を理解するうえで重要なことである。

こうした変化の中で、一時的には斜面の状況（例えば崩壊や地すべりの発生や継続）に応じて、周辺の斜面とは異なった種類の植生が侵入していることが多い。こうした植生と斜面の状況との関係を知ることによって、植生から現在の斜面の状況や過去の履歴を推定することができる。また、自然に放置された植生（自然植生）は地形や地質を反映してその構成が独特なものとなっており、このことを理解しておくことが斜面を知るうえで重要なことである。

一般にスギの繁茂しているところは崩れやすいといわれている。また、ヤシャブシやナラ類が侵入した荒廃地は崩壊性地すべりの発生地であるともいわれている。この他、地すべり地では、植生に次のような特徴があるといわれている。

- ・ササがなく、大型草木が繁茂している。
- ・ヤシャブシ、ハンノキなどの先駆樹種が多い。
- ・尾根や出尾根にのみ針葉樹が残っている。
- ・造林地内では、そこだけ生育が不良である。

さらには、たとえば東ヨーロッパにある地すべり地では地すべり地の化学的性質からとくさ類が非常に多く侵入しており、地すべり地域での良好な指標植物と考えられている例もある。

## 3-2 自然からのメッセージを読む

地形は常に変化を続け、その間には種々のマスムーブメントが繰り返し発生している。自然は、その痕跡を地形や植生にとどめ、現在の我々にその歴史を語りかけている。そのため、これまでに発生したマスムーブメントの特徴や共通点を分析することによって、どのような条件の斜面ではどのようなマスムーブメントが起こりやすいかを知ることができる。我々は、この自然からのメッセージを正確に理解し、謙虚に受け止めることによって、トラブルなく、また自然と共存する開発を行っていくことができる。

ここでは、自然からのメッセージを読み取る手段について述べるとともに過去の例からどのような斜面ではどのようなトラブルが予想されるかについて述べる。

### 3-2-1 自然からのメッセージの理解

#### (1) 地形からみた斜面の理解 (地すべり地形の理解)

##### 地すべり地形は今後も滑動する

地すべりは滑動を繰り返すため、その変形の跡が斜面上に地すべり地形として残る。こうした地形のところでは他の斜面に比較して著しく安定性が小さく、ダムの貯水や末端を切土したりすると容易に再滑動を引き起こす。これらの地形はその後に乱され見分けにくくなることもあるが、多くは比較的容易に見分けがつく (図 3-8、3-9)。

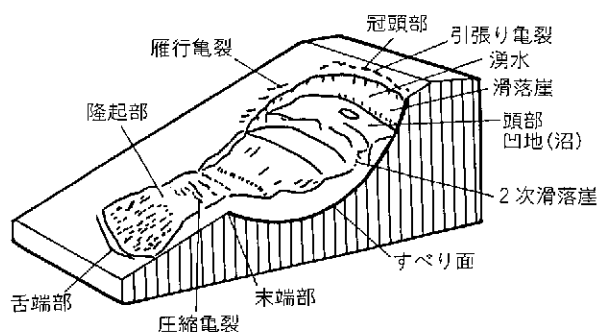


図 3-8 典型的な地すべり地形の模式

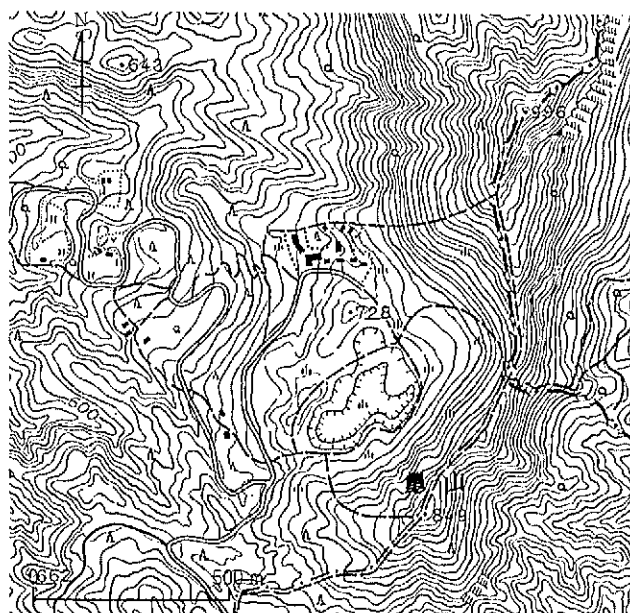
地すべり地形は、滑動によって生じた肩状の滑落崖と、末端における土塊の押し出し地形が特徴的である。

なお、ここに示した地すべり地形は、滑動がかなり繰り返された地すべりを代表するものであって、過去の滑動履歴が僅かであったりして他の健全な斜面と区別が付きにく

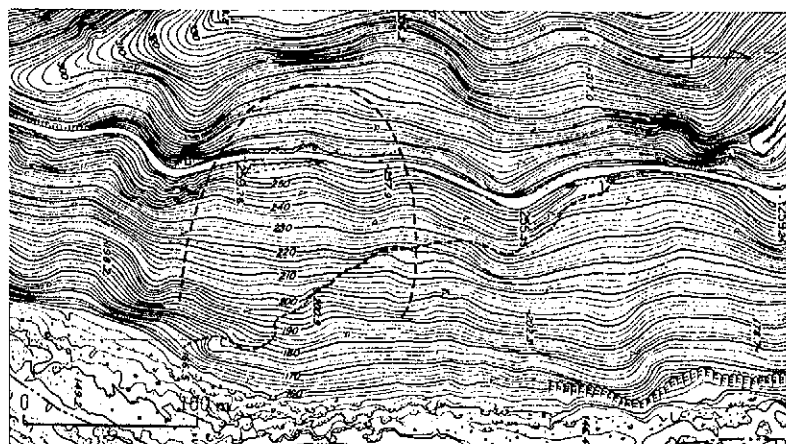
### 3. 自然を読む

いものについては別途高度な見分けの技術が必要である。ただし、そのような高度の技術をもってしても見分けが困難な場合も多く、地形をいくらみてもわからないものもあるという、技術上の限界を知っておくことも必要なことである。要は、現在の技術で見落としないようにすることが必要なのである。

地すべり地形を直接的に見分けることができなくとも、多くの事例から地すべりの存在する斜面では次のような特徴を備えていることが多いので、それを手がかりとして見分けることも可能である。



国土地理院地形図(倶留尊山)



地すべり地形

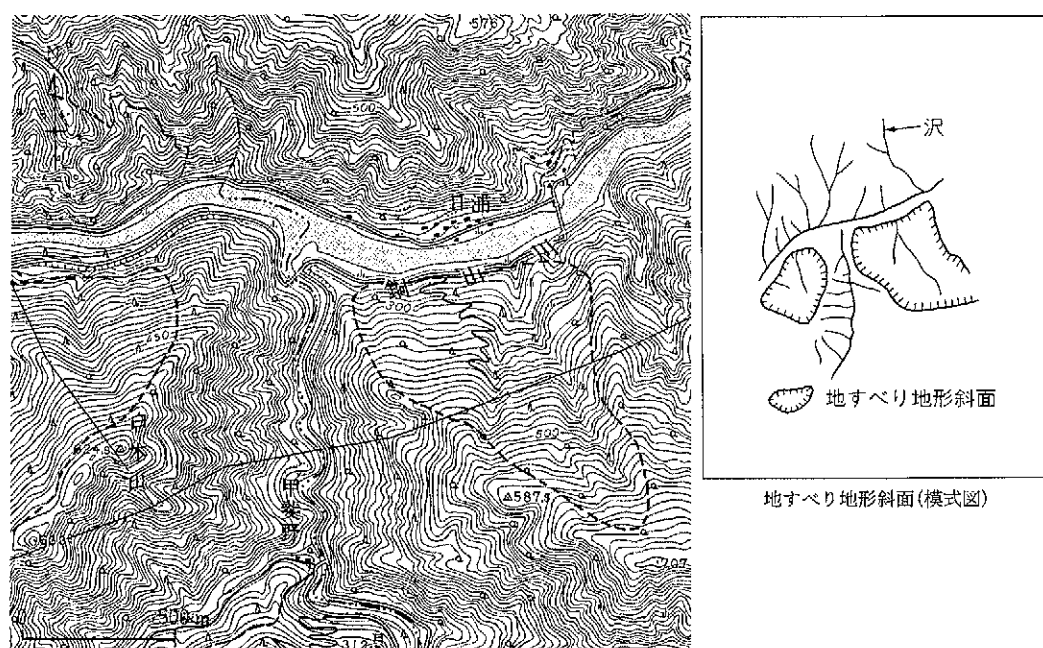
地すべり地形

図3-9 地すべり地形の例

### 地すべり地形は谷密度が小さい

地すべり地形を示す斜面では谷密度が特異的に小さく、周辺の非地すべり性斜面と著しく異なっている。これは、地すべり地形部では谷が開析されても、地すべりによる土砂が堆積してしまうことによるものと考えられている。すなわち、地すべり地形斜面では斜面が不安定なので、水系が継続的に発達しにくいと考えられている。また、地すべり地形では一般に地盤の透水性が大きいため表流水が少ない。他の条件が同一であれば谷の開析は表流水の量に比例すると考えるべきであり、このことも地すべり地形において谷密度が小さい、一つの要因と考えられている。

これらのことを感覚的に表現すると、地すべり地形は周辺の非地すべり性斜面に比して、ツルリとしているのに対し、非地すべり性斜面は細かくシワの寄ったような特徴がある（図3-10）。

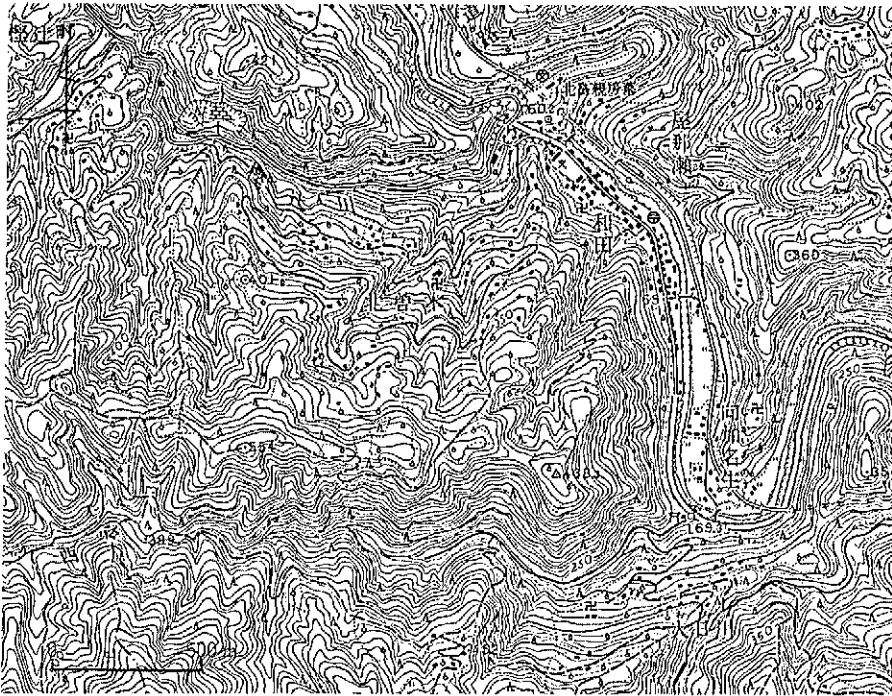


国土地理院地形図(伊予三島)

図3-10 地すべり地形と非地すべり斜面の対比

地すべり地の谷は、不相応に大きかったり、また適従的な場合がある

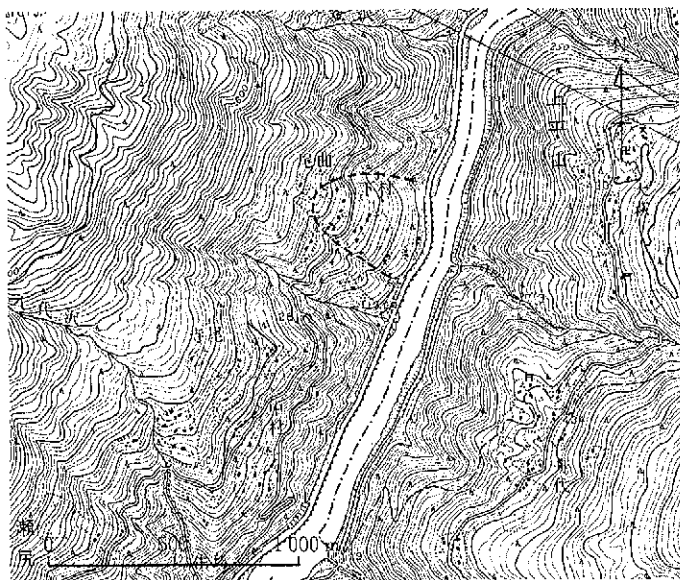
地すべり地形を示す斜面における谷は一般の谷と異なり、地すべり滑動に伴う地割れであることがある。この反映として、谷には二つの特徴が表れる。一つは集水面積に対する谷の規模であり、地すべり地形をなす斜面においては集水面積に比して不相応に規模が大きかったり、集水面積が大きいはずの下流で上流より著しく貧弱であったり、時には谷が消失することもある（図3-11）。



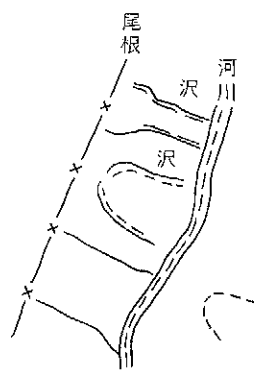
国土地理院地形図(富貴)

図3-11 集水面積の割に谷の規模が大きい地すべり地形斜面の例

他の一つは谷の配置である。水は低きに流れる。このため沢は一般に最大傾斜方向に流下する、いわゆる必従谷となる。しかし、地すべり地形を示す斜面において地割れに起因する沢では、適従的な流路となることが多い（図3-12）。



図土地理院地形図(中部)



(模式図)

地すべり地形

図3-12 沢が適従的な流路をとる地すべり地形斜面の例

### 地すべり地形斜面では植林のパターンも異なっている場合がある

樹高の高い林木におおわれた斜面では地すべり地形をなした斜面でもこれを見逃してしまう場合がある。このような場合に、視点をかえて植林のパターンに着目することで地すべり地形を知ることができる場合がある。

一般に植林は斜面の上・下方向に行われるが、地すべり地では階段状地形を反映し、等高線方向に行われていることが多い。これは、山間住民は斜面の微地形を十分に知ったうえで、傾斜の緩やかな箇所植林するためと考えられている (図3-13)。

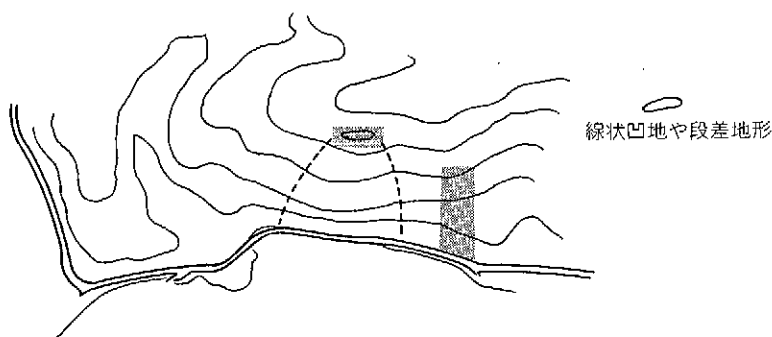


図3-13 植林の形態と地すべり地の関係の模式図

**地すべり地形末端の河道は狭くなったり、不自然に曲流している場合が多い**

地すべり地形の斜面では、土塊の押し出しによって谷が急に狭くなっていたり、不自然に曲流している例が多い。こうした異常が地質で十分に説明できない場合、そのほとんどは地すべりによるものである（図3-14）。

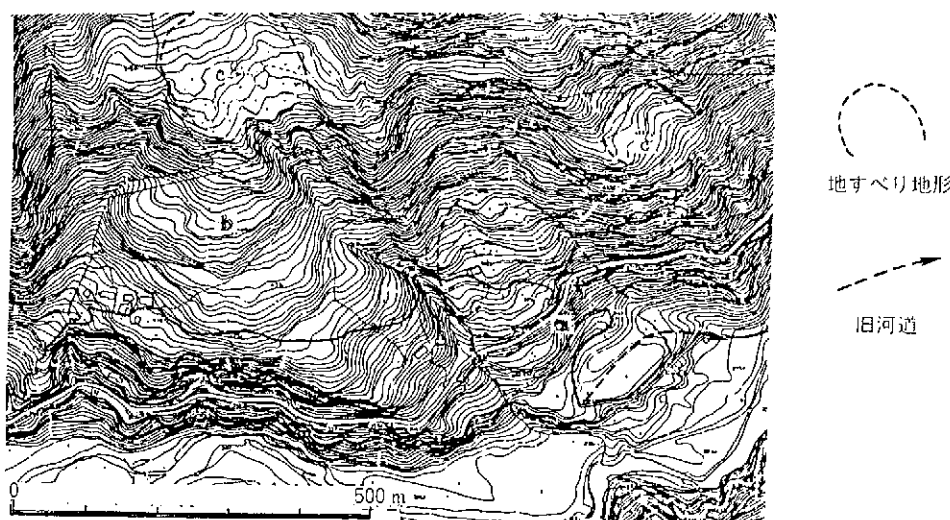


図3-14 地すべりの押し出しによって河道が変化している例<sup>9)</sup>

**一般に終末期に近い地すべり地形ほど不安定である**

地すべりは、山体が解体に至る一つの過程でもある。換言すれば地すべり現象は斜面が安定に向かうプロセスの一つである。しかし、地すべり地形そのものは一般には終末期に近いものほど不安定であり、僅かな土工でも滑動が活発化する。

**すべての地すべり地形が等しく不安定なのではない**

地すべりはすべてが同じような安定状態にあるのではなく、規模や滑動状態の継続、新旧、地形的な位置、環境などに応じて安定性が異っている。このことを正しく理解しておればすべての地すべりを恐れる必要はないといえよう。

● 遷急線との関係と安定性

遷急線は斜面の上方から下方に向かって傾斜が不連続に変化する（急傾斜となる）点を連ねたものをいう。この遷急線は地質の硬・軟に対応している場合もあるが、一般に

は斜面基部からの侵食によって形成される。したがって遷急線より下方の斜面は上方の斜面より新しい。また遷急線より下方は既に風化物質が失なわれているのに対し、上方斜面は風化層が厚い。遷急線の直上はいずれ侵食され、崩壊等が生じ、その結果、遷急線は少し上方へ移動する。この繰り返しによって山体の侵食は進行していくため、遷急線は侵食前線とも呼ばれる。

遷急線の形状は風化層の発達度をも表わしているといわれ、図 3-15 の中では(b)において風化層の発達がもっとも顕著である。(a)は地質の差によって生じた遷急線の模式を表わしている。

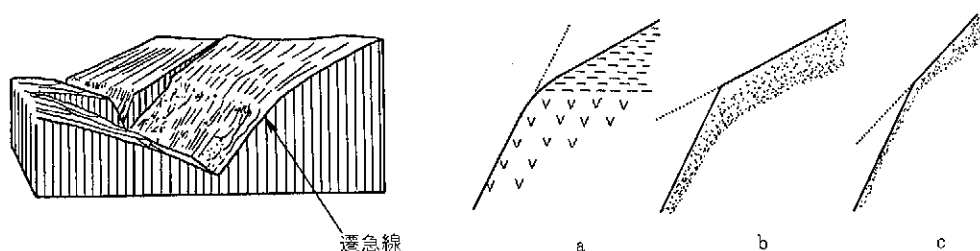


図 3-15 遷急線の模式<sup>a)</sup>を一部削除 (江川、1980)

地すべり地形の押し出し部に遷急線が形成されている場合には古い地すべり地形とみなせ、一般に長く安定状態にあると判断することができる (図 3-16)。

一方、押し出し部に遷急線がない場合や、水衝部にもかかわらず遷急線が形成されていない地すべり地形は、地すべり活動が遷急線形成より若く、現在も、あるいは最近まで継続していたことを示している。

図 3-16 の ㊸ の地すべり末端部には遷急線が形成されている。したがって、地すべりは河川の侵食に伴う遷急線形成以前に活動し、遷急線形成以後現在に至るまで安定であることが推定される。一方、㊹ の地すべりの末端部では攻撃斜面であるにもかかわらず遷急線が形成されておらず、とぎれている。これは地すべり活動が遷急線形成以後または最近まで継続していたことを示している。

### 3. 自然を読む

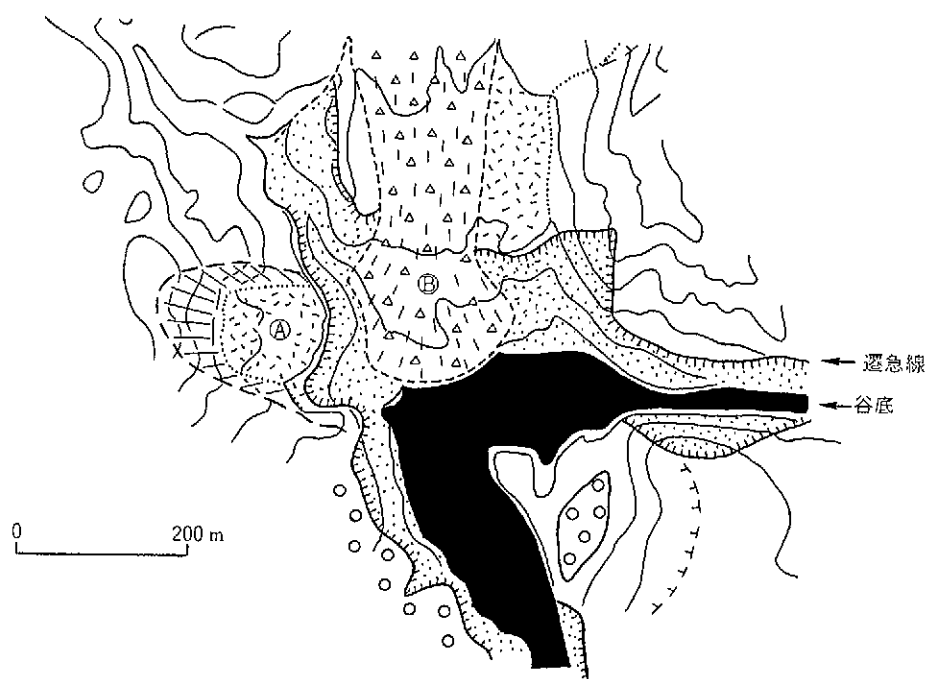


図 3-16 押し出し部に遷急線が形成されており、安定している地すべり地形の例<sup>7)</sup>

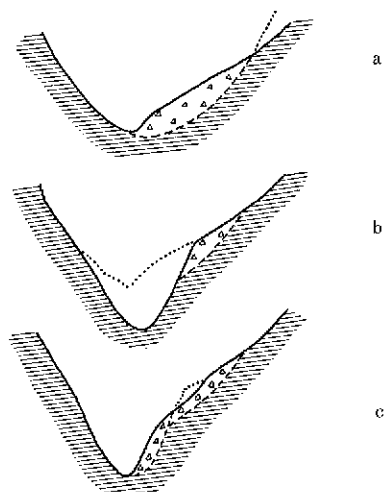
#### ●地すべり地形の規模と安定性

一般に規模の大きい地すべり地形ほど安定性は高い。また、土工量やダム貯水の影響量の絶対量が同じであれば規模の大きい地すべり地形ほど影響度合いは小さく、したがって安定性の低下割合も小さいといえる。

#### ●谷底部における基盤岩の有無と安定性

地すべり地形をなす斜面では、河床付近に露岩のみられることが多い。このような場合には、斜面上方にある地すべり地形は一般に安定している。一方、斜面上の地すべり活動が活発であれば、土砂の生産が激しく、このため河床付近の岩盤はこれらの土砂に覆われ、露岩しないことになるからである（図 3-17）。

ただし地すべり活動による土砂の生産以上に流送が著しい場合には、岩盤が一時的に露出している場合もある。



(a)地すべりの発生, (b)下割の発生, (c)地すべりが再活動している場合

図 3-17 地すべり地形をなす斜面の断面の模式図

### ●河川との位置関係と安定性

斜面はその下方の脚部を常に河川の流水の侵食にさらされ、削り取られている。こうした度合いは河道の水衝部、すなわち攻撃斜面において最も大きい。したがって水衝部にあたる斜面は、周囲に比較して不安定な状態にあり、また一般に急斜面となっている。このため、こうした斜面での土工では一般に土工量も多くなり、この点からも斜面を不安定にさせる面をもっている。ことに水衝部に地すべり地形が存在する場合、その地すべり地形は特に不安定であるといえる。

### ●地すべり地形の押し出し度と安定性

谷は一般に下流に向かってその幅を広くしていくが、急に狭くなっていることがある。これらは例えば、地質の硬・軟に原因を求められることもあるが、地質が変化していないにもかかわらず、その前後より狭くなっている場合がある。これは、その多くが地すべりの押し出しによるものであるが、河川の流量や押し出し部の構成物が同様であれば、押し出し度の大きいほど活動が激しく、また新しいといえる。ただし、押し出した土砂は、流水によって侵食、流送されるため、侵食が押し出しを上回っている場合には一時的に不安定な地滑りでも押し出し度が小さく見えることもある。

しかし、この押し出し度が十分に大きくなると、もはや位置エネルギーを失って、かえって安定していることも多い (図 3-18)。

### 3. 自然を読む

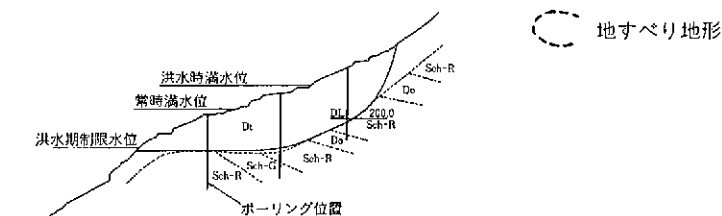


図3-18 押し出し度が大きく、位置エネルギーを失って安定に至っている地すべり地形  
一隣接部(A)がダム貯水によって地すべり滑動を起こしたにもかかわらず、この地すべり地形部では、ほとんど変形しなかった

#### ●地すべり地形の分化と安定性

既存の地すべり地が細分化される現象を地すべり地形の分化と呼ぶ。この分化は旧期の地すべり地の縁辺部で進みやすく、分化の進んだ地すべり地形は細長いものが多い(図3-19)。

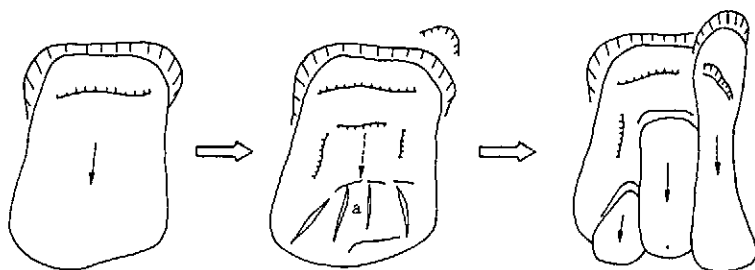


図3-19 地すべり地形の分化の模式<sup>9)</sup>

現在、不安定な地すべり地は地すべり地形の分化した縁辺部にあたることが多い。逆にいえば、地すべり活動が活発だからこそ分化したといえるのであろう。

### 地すべり地形は群れていることが多い

斜面は一般にある範囲内で、地質的には共通していることが多いため、地すべり地形は単独で存在している場合より、その前後、左右に複数存在する場合の方が多い。このため地すべり地形の頭部を切土で通過しようとしたが、その上部の地すべりを見落とし、結果的に末端部の切土となって地すべりを誘発することもあるので、地すべり地形の周辺、特に上方斜面では土工等の計画、実施にあたり慎重を期することが必要である。

## (2) 広域的な地形からみた斜面の理解（どのような斜面が危険なのか）

### ケスタ状地形とマスムーブメント

地質の硬・軟（侵食に対する抵抗性の違い）が地形に反映したものをケスタ地形という。流れ盤、受け盤といった地質構造を反映した場合にも同様な地形が形成され、これ

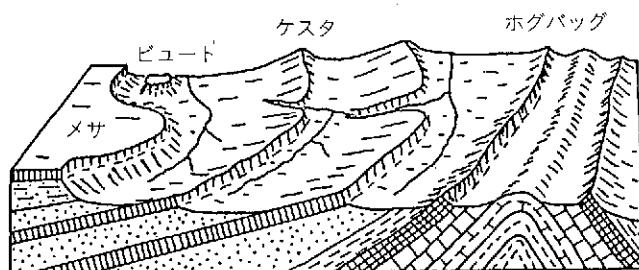
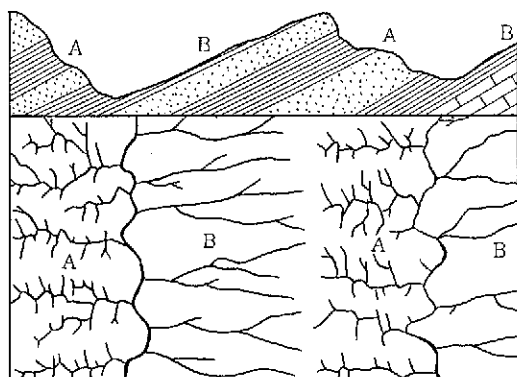


図 3-20 ケスタ地形の模式<sup>10)</sup>



受け盤(a)と流れ盤(b)

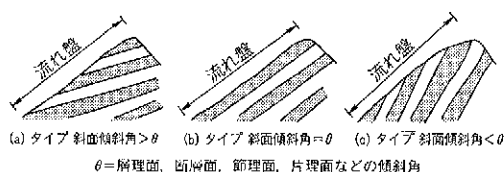
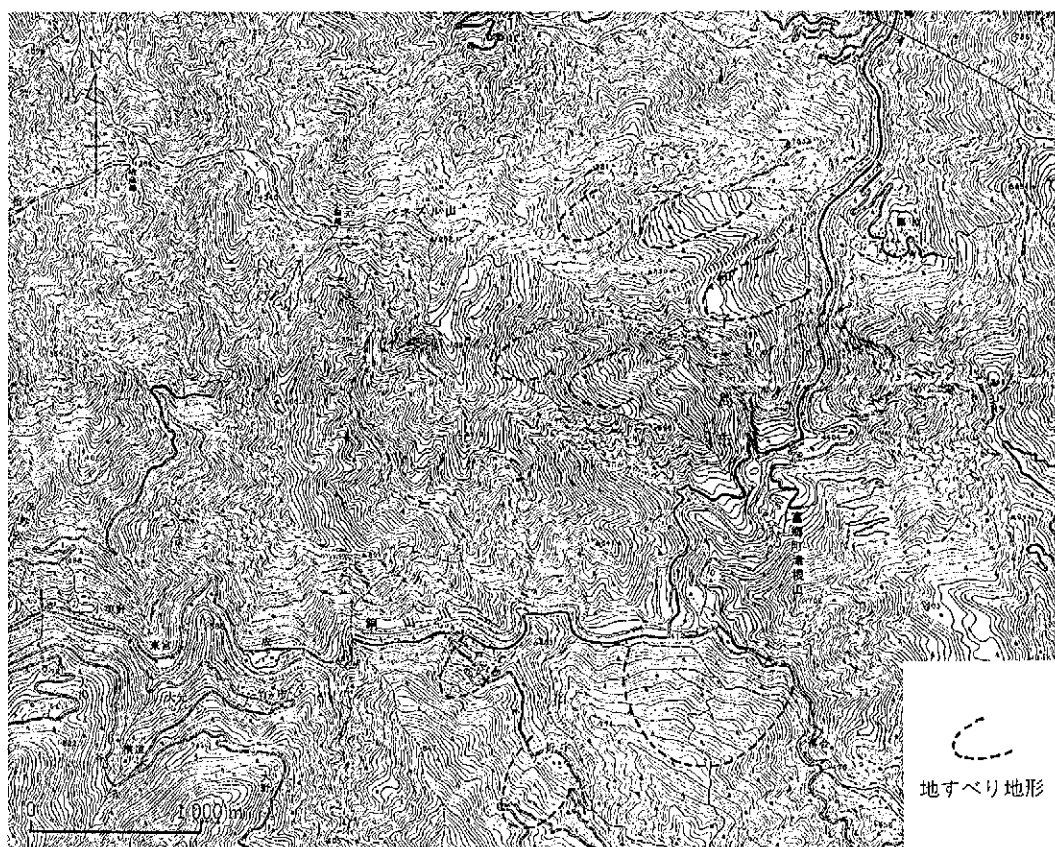


図 3-21 ケスタ状地形<sup>11),12)</sup>

### 3. 自然を読む

をここではケスタ状地形と呼ぶ。このような地形は 地形図では 流れ盤斜面では等高線が広く、受け盤斜面では密になっており、これらのことが地層の傾斜方向に規則的に繰り返されていることから比較的容易に読み取れる（図 3-20、図 3-21）。

このような流れ盤斜面で地層の勾配と地表勾配が同程度で、その勾配が適度な場合、地層に沿って大規模な層すべりの発生する場合が多く、ことに斜面末端を切土した場合には新たな地すべりの発生する危険性が高い（図 3-22）。



国土地理院地形図（第地）

図 3-22 ケスタ状地形の例

—北～北東に向けて 30° 程度の流れ盤となっており、その方向の斜面上に大規模な地すべり地形が存在する—

また地すべりの発生に至らないまでも、流れ盤側の斜面では風化帯が厚く形成されていたり、末端では崖錐が厚く堆積している例が多い。このような斜面部が道路のルートとなった場合、施工時に多くの斜面移動現象が発生する。

### 多重山稜地形は大規模なマスマーブメントの前兆の一つである

山体は隆起とそれに伴う、あるいはその後の河川の侵食などの除荷によって、長い時間の経過のうちには下方に伸長するような変形（クリープ変形）を起こす。このようなクリープ変形に伴って、山体の頂部付近には凹状の地形ができたり、稜線がいくつかに分かれる（多重山稜）などの現象が生じる（図 3-23）。「大地は動く」とは前述したことであるが、このように山体も不断に変形しているのもあって、こうした事例は意外に多い。

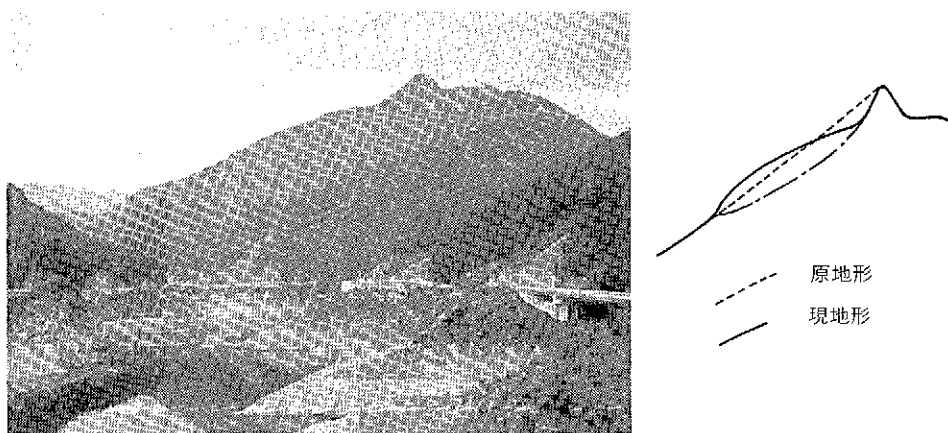
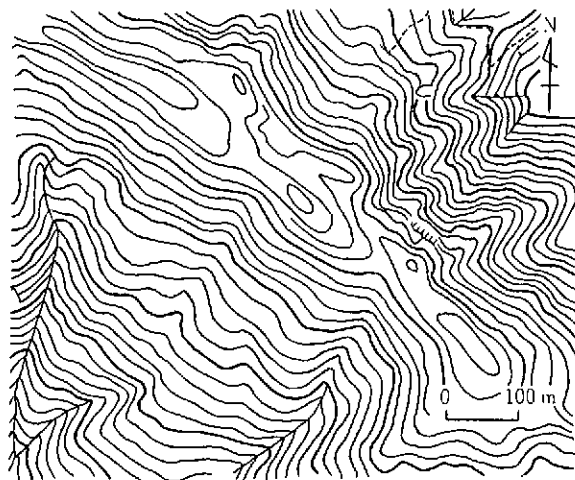


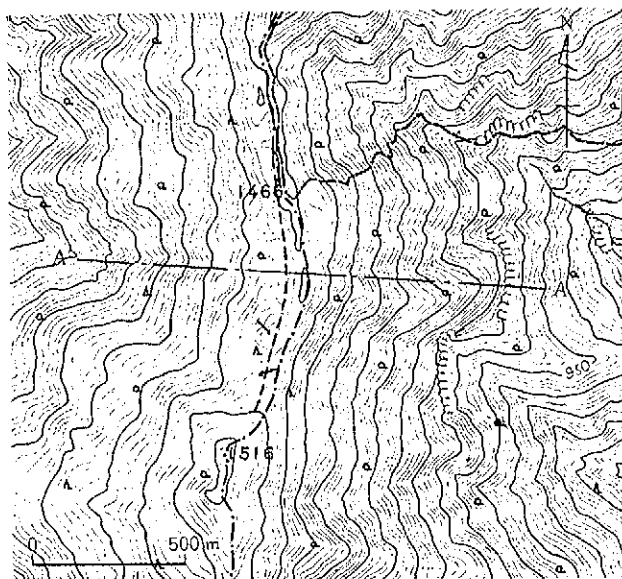
図 3-23 クリープ変形した斜面

大規模な地すべり性崩壊の発生前の斜面の特徴を調べてみると、このような多重山稜や線状に凹地のみられることが多い。すなわち、これらの斜面ではクリープ変形によって既に崩壊の生じる前から岩盤の破碎が進んでいたり、時にはせん断面が形成されているなど崩壊や地すべりを発生させるような素因を斜面内にもっているのである。このような状態にさらに下方侵食が加わったり、地下水が浸透するなどしてひずみが集中し、せん断面が連続するなどしてある時一気に滑落に至ると理解される。

### 3. 自然を読む



原寸 S=1/5 000 地形図



(切石)

線状凹地

線状凹地  
↓



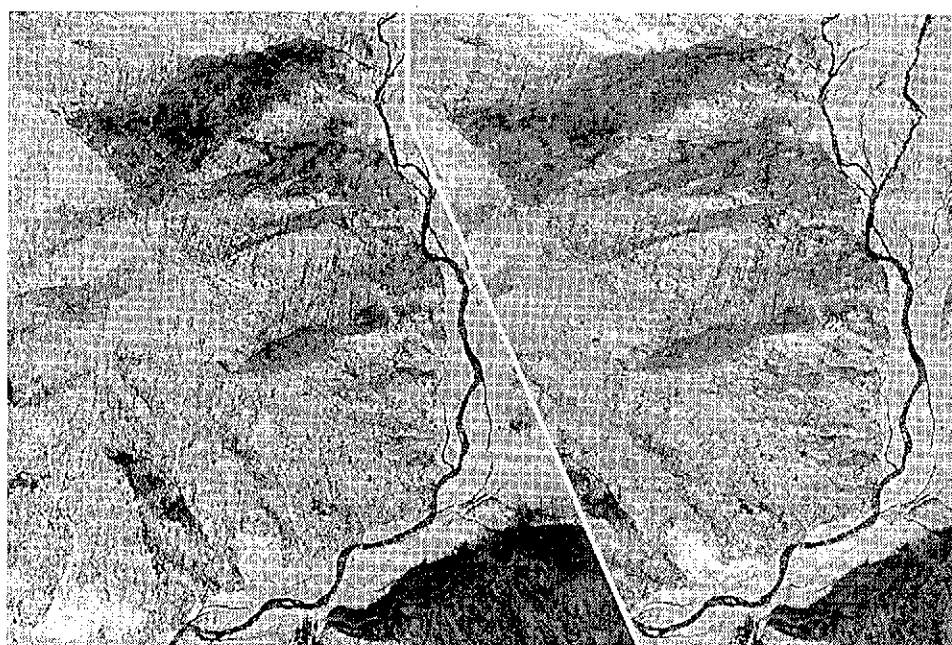
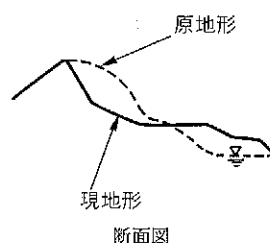
(A-A' 模式断面図)  
線状凹地

図 3-24 線状凹地の地形の例

図 3-25 は、集中豪雨を誘因として、線状凹地の生じていた斜面で大規模な地すべり性崩壊を起こした例である。



滑動後：林野庁 山-451 (ダイ 2 カンムリヤマ) C 7-17, 1966, 9, 30



滑動前：林野庁 山-25 C 8-5, 6, 1995, 12, 9

図 3-25 線状凹地の斜面に生じた大規模地すべり性崩壊の例

**大規模な変形にはゆっくりと動くプロセスがある**

表層の崩壊のように小規模なマスムーブメントであれば、急激に活動し、一気に滑落に至るが、大規模なマスムーブメントは、終局的には滑落に至るものの、その前にはかなりの期間ゆっくりと変形が進むプロセスがある。ほとんどのマスムーブメントには一気に活動する以前に何らかの前兆現象があり、大規模なものでは、ゆっくりと変形するプロセスがあるが故に、その前兆現象を目にすることが可能である。先に述べた多重山稜や線状凹地はその前兆現象の一つであり、このような前兆現象を把握することがマスムーブメントの予知といえる。

**水衝部は、一般に不安定である**

水衝部にあたる斜面では常に流水によって侵食、削剝作用を受けている。このため、不安定な物質は既に削剝されており、堅固な岩盤が露出している場合には安定しているとする見方もある。しかし、多くのマスムーブメントがこの水衝部に発生している事実をみると、安定しているとみる場合よりむしろ不安定な場合が多いと考える方が自然である。たとえ、岩盤が露出しているといえども、侵食が進めばオーバーハング状となり、岩盤自体の安定性も損なわれるであろうし、風化層であったり上部に地すべり地があるような場合には、特にそれらは不安定な状態にあると考えるべきである。

**マスムーブメントは住み分けている**

マスムーブメントは斜面を構成する地質や地形によって様々であり、いろいろな斜面でいろいろな形態のものが発生する。しかし、風化のしやすさや斜面での削剝作用の継続、その仕方などが共通する斜面ではその状態に見合ったマスムーブメントが発生しており、特殊な条件が備わらない限り、一般には形態の大きく異ったマスムーブメントは生じていない。

こうしたことを理解して、過去に生じた現象を振り返って斜面に特有のマスムーブメントを知り、また斜面のゾーニングを行っておくことは道路計画のみならず種々の計画の検討にとって非常に有用なことである。

**崩壊団地型の斜面地域には、一般に大規模なマスムーブメントは生じていない**

過去の例をみると表層の崩壊の発生密度の大きな斜面は風化帯が薄いあるいは弱風化岩の山地であることが多い。

逆に、地すべり多発地帯では一般に崩壊発生密度が小さいといわれている。こうしたことから、例えば崩壊団地が生ずるような斜面では、地すべりのような規模の大きいマスーブメントが発生する可能性は小さいといえよう。

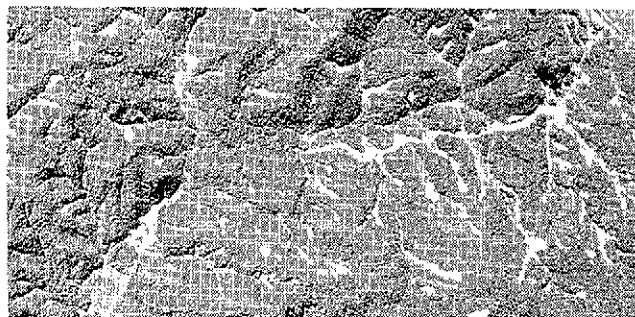


図 3-26 崩壊団地の図

斜面勾配によっても、地すべり、山、崖くずれ（崩壊）は住み分けている

表 3-3 は地すべりと山・崖くずれの平均的な諸元を示したものであり、地すべりは平均的な勾配が  $14^{\circ} \sim 19^{\circ}$ 、およそ  $8^{\circ} \sim 25^{\circ}$  の斜面に発生しているのに対して、崖くずれは平均勾配  $46^{\circ}$ 、およそ  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$  の斜面に発生しているのがわかる。

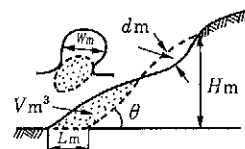
表 3-3 地すべり、崖くずれ規模の平均値 <sup>(13)</sup> を一部削除  
地すべり規模の平均値

| 新第三紀層      | $W$ (m) | $L$ (m) | $\theta (^{\circ})$ | $d$ (m) | $A$ (ha) | $\alpha (^{\circ})$ |
|------------|---------|---------|---------------------|---------|----------|---------------------|
| 平均値        | 202     | 334     | 14                  | 18.3    | 9.3      | 13                  |
| 相対累積度数50%値 | 90      | 190     | 11                  | 12.5    | 2.5      | 12                  |
| 中古生層       | $W$ (m) | $L$ (m) | $\theta (^{\circ})$ | $d$ (m) | $A$ (ha) | $\alpha (^{\circ})$ |
| 平均値        | 182     | 357     | 19                  | 18.6    | 7.4      | 19                  |
| 相対累積度数50%  | 120     | 230     | 17                  | 16      | 2.3      | 17.5                |



崖くずれ規模の平均値

| 単位      | $H$ (m) | $W$ (m) | $L$ (m) | $\theta$ (度) | $d$ (m) | $V$ (m <sup>3</sup> ) | $L/H$     |
|---------|---------|---------|---------|--------------|---------|-----------------------|-----------|
| 平均値     | 19.4    | 17.1    | 12.8    | 46.1         | 2.1     | 684                   | 0.71      |
| 最小値～最大値 | 4～115   | 2～200   | 0.5～85  | 20～81        | 0.3～15  | 7～20000               | 0.08～2.61 |



### 3. 自然を読む

このようにマスムーブメントは斜面勾配によっても、住み分けていることが理解される。

#### (3) 地質からみた斜面の理解 (どのような斜面が危険なのか)

##### 地すべりは地質と関係が深い

地すべり地の分布をみると、地すべりはある特定の地質の地域に密集しており、地質との関係が密接であることがうかがわれる。

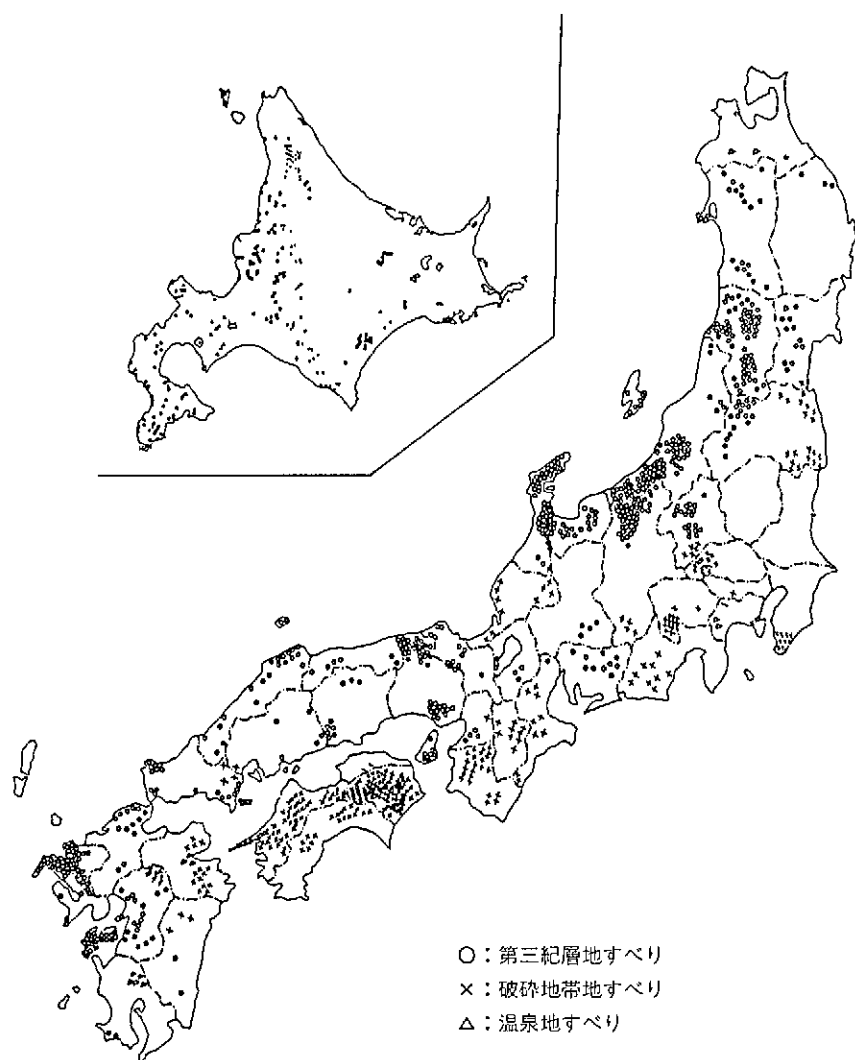


図 3-27 日本の地すべり地の分布<sup>14)</sup>

### ●地すべりが発生しやすい地質

広域的には以下に示す地質の分布する斜面、地域で地すべりが多く発生している。

#### ○第三紀層グリーントフ地域

東北地方から中国地方にかけての日本海側およびフォッサマグナ地域で泥質岩、泥岩砂岩互層および凝灰岩分布域で多く発生し、同斜構造、背斜構造、断層に規制されている場合が多い。グリーントフ変質や熱水変質によってモンモリナイトのような膨潤性鉱物が生成し、すべり面となって滑動しているものが多い。また、乾湿の繰り返しによってスレーキングが著しくなり、せん断力の減少を招いて滑動する。

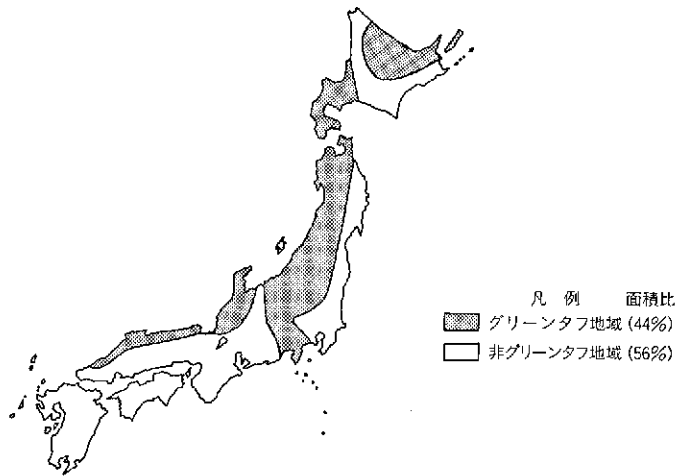


図 3-28 第三紀層グリーントフの分布

#### ○第三紀挟炭層分布地域

北海道中央部および九州北西部地域で、砂岩泥岩互層に炭層をはさんでいる場合には、炭層がすべり面となって滑動している。九州北西部のものは北松型地すべりと呼ばれ、第三紀層の上に玄武岩がキャップのようにのっているところに多く発生している。

#### ○その他の第三紀層非グリーントフ地域

泥岩、砂岩の互層が発達しているところに多く発生し、瀬戸内の第三紀層分布地、千葉県鴨川から三浦半島にいたる嶺岡一葉山隆起帯に多く地すべりが発生している。

#### ○中・古生層分布域

和泉層群や四万十累層群の砂岩泥岩互層、秩父中・古生層の破碎帯に多く、特に中央構造線沿い等の大規模破碎帯に起因するものが多い。

#### ○変成岩分布域

### 3. 自然を読む

三波川結晶片岩、御荷鉾系や中国、九州地方の三郡変成岩分布域では、主として泥質岩や緑色岩で片理構造の著しいところや節理、片理、ヘキ開などによって微小な割れ目の発達したところで地すべりが多発している。

表3-4は日本で地すべりが発生しやすい地質の分類とその特徴を、また表3-5は地すべりが発生しやすい地質の層準を示している。これらの地質が分布する斜面では、他の地質斜面に比較して地すべりの危険性が高いことに留意しておくことが必要である。

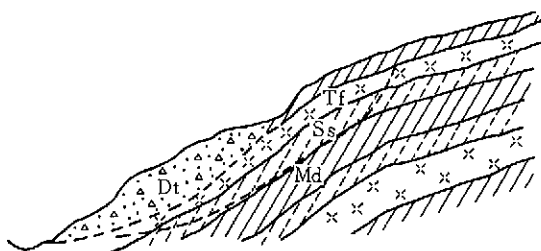
#### ●地すべりが発生しやすい地質構造

広域的には以下に示す地質構造の周辺で地すべりは多く発生している。

##### ○同斜構造

泥岩、砂岩、凝灰岩またはこれらが互層をなし、層理面と斜面の傾斜方向が一致する（流れ盤）場合に地すべりが多発する。

この同斜構造に起因する地すべりは特に新第三紀層に多い。



Dt: 崩積土 Tf: 凝灰岩 Ss: 砂岩 Md: 泥岩

図3-29 同斜構造における地すべりの模式

##### ○断層、破碎帯

断層またはこれに伴う破碎帯が地表の傾斜方向と直交または斜交して山腹斜面に存在する場合で、断層近くの岩盤の破碎が著しく、また断層に沿って水が集まりやすいため、また断層の上盤側は岩盤が緩み、流入粘土を挟在して地すべりが発生しやすい。断層面そのものが分離面として地すべりの頭部や側方を規制する場合も多い。

表 3-4 地すべり

| 地すべり                                                               |                                        | 地 質 分 類                                  |                                            |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                                    |                                        | 型 Type                                   | Sub-Type                                   |
| 第三紀層<br>地すべり<br><br>Landslides in<br>Tertiary region               | 新第三系<br><br>Neogene Tertiary<br>system | 含油第三系型<br>Oil Tertiary type              | 黒色泥岩型<br>Black mudstone type               |
|                                                                    |                                        |                                          | 硬質頁岩型<br>Hard shale type                   |
|                                                                    |                                        | (おもに中新統の中部層～上部層)                         | 砂岩泥岩型～砂質泥岩型<br>Sandstone and mudstone type |
|                                                                    |                                        | 緑色凝灰岩層<br>Green tuff type                | 泥岩凝灰岩型<br>Mudstone and tuff type           |
|                                                                    |                                        |                                          | 凝灰岩型<br>Tuffaceous type                    |
|                                                                    |                                        | (おもに中新統の下部層～中部層)                         | 変朽安山岩型<br>Propylite type                   |
|                                                                    | 古第三系<br>Paleogene                      | 互層型 Alternation type<br>(おもに中新統の上部層～鮮新統) |                                            |
|                                                                    |                                        | 挟炭第三系型 Coal Tertiary type                |                                            |
| 変成岩地すべり<br><br>Landslides in regional metamorphic<br>tone          | 複合型 Complex type                       |                                          | 北松型<br>Hokusho type                        |
|                                                                    |                                        |                                          | 平根型・大綱型<br>Hirane type, Oami type          |
|                                                                    |                                        |                                          | 小林山型<br>Shorinsan type                     |
|                                                                    |                                        |                                          | 七二会型<br>Naniai type                        |
|                                                                    | (cap rock といわれるような岩が<br>大きく影響しているもの)   |                                          | 黒色千枚岩型<br>Black phyllite type              |
|                                                                    |                                        |                                          | 緑色片岩型<br>Green schist type                 |
|                                                                    |                                        |                                          | 片岩互層型<br>Alternated schist type            |
|                                                                    |                                        |                                          | 御荷鉾緑色岩型<br>Mikabu green-rocks type         |
| 古期堆積岩地すべり<br><br>Landslides in Mesozoic and Paleozoic<br>sediments | 準片岩型 Semi-schist type                  |                                          |                                            |
|                                                                    | 片麻岩型 Gneiss type                       |                                          |                                            |
| 火成岩地すべり<br><br>Landslides in Igneous rock                          | 中生層型 Mesozoic sediments type           |                                          |                                            |
|                                                                    | 古生層型 Paleozoic sediments type          |                                          |                                            |
|                                                                    | 蛇紋岩型 Serpentine type                   |                                          |                                            |
| 火山灰地すべり<br>Landslides in Volcanic ash                              | 花崗岩型 Granitic rocks type               |                                          |                                            |
|                                                                    | 噴出岩型 Effusive rocks type               |                                          |                                            |
|                                                                    | ローム型 Loam type                         |                                          |                                            |
| 火山性地すべり<br>Landslides in Volcanic altered areas                    | シラス型 Shirasu type                      |                                          |                                            |
|                                                                    | 噴気変質帯型 Volcanic fume type              |                                          |                                            |
|                                                                    | 旧変質帯型 Old volcanic altered type        |                                          |                                            |
| 第四紀層地すべり<br>Landslides in Quaternary region                        | 洪積層型 Diluvium type                     |                                          |                                            |

備考：1. 崩積層一塵錐の表層地すべりに、これを生成した母岩との関係でこの地質分類に該当させる。

2. 秋田・山形・新潟・富山の第三系堆積層では凝灰岩層（シルト質凝灰岩・砂質凝灰岩・軽石凝灰岩など）

### 3. 自然を読む

層準の地質分類<sup>15)</sup>

| 岩 相 お よ び 分 布 の 特 徴                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 黒色～暗灰色のいわゆる Black mudstone を主とするもの：凝灰岩・凝灰質砂岩などの薄層を挟在する。寺泊層～椎谷層（新潟地方）・船川層（秋田地方）・古口層（山形地方）などに多い。東別所層（富山地方）などにもある。                    |
| いわゆる Hard shale を主とするもの：灰白色の珪質頁岩からなり厚板を重ねたような層理がよく発達する；しばしば凝灰岩・砂岩・泥岩の薄層を挟在する。時に暗灰色～灰色の硬質頁岩を主とする。七谷層（新潟地方）・女川層（秋田地方）・草薙層（山形地方）など。   |
| 砂岩と泥岩の互層・泥岩と砂質泥岩の互層あるいは砂質泥岩を主とするもの：凝灰岩などの薄層を伴うことがある。北信層群（長野地方）・北陸層群（富山・能登地方）の分布地域・羽越地向斜堆積盆の上位地層～周辺域など。                             |
| 泥岩と凝灰岩の互層が顕著なものあるいは両者が断層などで複合した状態のもの：羽越地向斜のグリンダフ地域など。胡桃地すべり（富山県氷見）なども含む。                                                           |
| 流紋岩質～石英安山岩質の凝灰岩～軽石凝灰岩を主な母岩とするもの：流板地すべり（福島県会津）・仁江地すべり（石川県能登）など。                                                                     |
| プロジライト化作用を受けた第三期の安山岩～玄武岩質の溶岩および火砕岩を母岩とするもの：亀の瀬地すべり・岩殿山地すべり・穴水層群（能登）の地すべり・大分県の津江山地の地すべりなど。                                          |
| 泥岩・砂岩・礫岩・凝灰岩などの細かい互層が卓越したもの：時に亜炭層を挟在する。堆積盆の周辺あるいは鮮新統に多い。神戸層群など瀬戸内の第三紀層地すべりも含む。                                                     |
| 北九州・北海道・常磐など炭田地域の地すべり。砂岩・頁岩・炭層の組合せ。                                                                                                |
| 古第三系の頁岩あるいは砂岩頁岩互層を母岩としたもの。                                                                                                         |
| 佐世保層群（中新世の挟炭層）と台地性玄武岩類との組合せからなるもの：生月型（玄武岩と平戸層）も含める。北西九州地域。                                                                         |
| 含油第三系と新期火山岩類（シラス・集塊岩）との組合せからなるもの：山形県の平根・豊牧地すべり群、大網地すべり群。                                                                           |
| 挟炭第三系と新期火山岩類との組合せからなるもの：群馬県的小林山型。                                                                                                  |
| 地すべり地は砂質泥岩型に属するが上位に荒倉山凝灰岩角礫岩が分布する：崩落した崖堆積物が発達している。長野県七会地区の倉並地すべりなど。                                                                |
| 千枚岩構造が卓越した黒色片岩を主としたもの：三波川帯の無点紋黒色片岩地帯に多い。徳島県一高知県北部一愛媛県久万一五十崎地域。三群変成帯などにもある。                                                         |
| 緑色片岩を主としたもの：愛媛県の佐田岬半島～八幡浜・長浜～中山地帯。                                                                                                 |
| 黒色片岩・緑色片岩・珪質片岩・砂質片岩などの互層が卓越したもの：崖には硬質の大礫を多く含む。三波川層の川口層や小笠原層にある。                                                                    |
| 御荷鉾緑色岩類を母岩としたもの：とくに凝灰質～集塊岩質の緑色岩の上に発達している。高知県の南小川～大杉～本山地帯：愛媛県の御三戸～小田地帯に大きい地すべりがある。                                                  |
| 秩父帯の準片岩帯・四万十帯の変成部：厳密には変成岩とはいえないが、変動期の影響を受けた地帯などに分布する。長者地すべり（高知）・佐喜浜くずれ（高知）・大谷くずれ（静岡）など。                                            |
| 片麻岩・縞状片麻岩・ホルンフェルスなどの変成岩を母岩としたもの。                                                                                                   |
| 和泉層群（白亜紀の砂岩頁岩互層）：徳島県吉野川左岸山地の地すべり、四万十帯その他中生層の分布地域に点在する。おもに豪雨による崩壊型。                                                                 |
| 秩父帯の非変成古生層（粘板岩・砂岩・輝緑凝灰岩・チャート）を母岩とするもの：破砕状粘板岩層や輝緑凝灰岩層が卓越した部分など。おもに豪雨による崩壊型。                                                         |
| 蛇紋岩類（初生変質・広域変成作用などで蛇紋石族に変わった岩石）をおもな母岩とするもの：準片岩型と組合せられることがある。                                                                       |
| いわゆるマサ状になりやすい中～粗状の花崗閃緑岩の花崗岩地域：豪雨による多発性の崩壊がいちじるしい。                                                                                  |
| 鮮新世～供積世に噴出した火山岩類を母岩とするもの：火山岩地域の地すべり。多良型なども含む。おもに豪雨崩壊型。                                                                             |
| 中性～塩基性の火山灰層におこるもの：関東地方および東北地方のローム層地域。豪雨による崩壊型。                                                                                     |
| 非溶結凝石流および二次堆積シラスにおこるもの：南九州のシラス地域。豪雨による崩壊型。                                                                                         |
| 現在の噴気変質帯で発生するもの：噴気作用による変質が進行しており、また火山性群発地獄の影響なども考えられる。箱根の早雲山・大涌谷・別府の明礬のような地すべり。                                                    |
| 過去に噴気変質作用を受けた地区のもの：富山県の為くずれ、長野県の稗田くずれなど大きな崩壊性地すべりが発生している。                                                                          |
| 洪積世の堆積層を母岩としたもの：魚沼層は新潟三系をおおっている新潟盆の堆積層で岩相変化がいちじるしい。一般に超～中粒砂岩と硬岩からなり砂泥細互層・シルト岩・凝灰岩部に亜炭層が挟在している。鮮新統の互層盤に準ずる。中之条型：湖沼堆積物の中の条粘土層。段丘型など。 |

を挟在することが多く、これらに地すべりと密接な関係を生じやすい。

表 3-5 日本の主要な地

| 地 域            | 地層名           | 時 代                         | 分布地域                     |
|----------------|---------------|-----------------------------|--------------------------|
| 北 海 道          | 石狩層群          | 古第三紀<br>漸新世(中期)<br>～始新世(後期) | 美瑛川流域<br>夕張川流域           |
| 秋 田 県          | 藤琴層<br>(船川層)  | 新第三紀<br>中新世(後期)             | 米代川流域                    |
| 山 形 県          | 草薙層           | 新第三紀<br>中新世(後期)             | 山形盆地西側<br>米沢盆地西側<br>温海地域 |
| 岩 手 県          | 四役層           | 新第三紀<br>中新世(前期)             | 二戸郡                      |
| 福 島 県          | 縄沢層<br>萩野凝灰岩層 | 新第三紀<br>中新世(中期)             | 只見川流域<br>五枝川流域           |
| 新 潟 県          | 魚沼層群          | 第四紀～新第三紀<br>更新世～鮮新世(後期)     | 中魚沼郡                     |
|                | 西山層           | 新第三紀<br>中新世(中期)             | 三島郡、刈羽郡<br>栃尾市、頸城地方      |
|                | 椎谷層<br>寺泊層    | 新第三紀<br>中新世(中期)             | 刈羽郡<br>栃尾市、魚沼地方<br>頸城地方  |
| 富 山 県          | 八尾累層          | 新第三紀<br>中新世(中・後期)           | 能登半島                     |
| 石 川 県          | 音川累層          | 新第三紀<br>中新世(後期)             | 宝達丘陵                     |
| 長 野 県          | 小川層           | 新第三紀<br>中新世(後期)             | 上木内郡<br>更級郡、東筑摩郡         |
| 神奈川県           | 須雲川安山岩        | 新第三紀<br>鮮新世(後期)<br>～中新世(前期) | 須雲川沿岸                    |
| 千 葉 県          | 縮岡層           | 古第三紀<br>漸新世                 | 房総加茂川と曾呂川の間嶺岡山地東側        |
| 埼 玉 県          | 長瀬変成岩         | 中生代～古生代                     | 御荷鉾山<br>神流川支流            |
| 群 馬 県          | 秩父古生層         | 古生代<br>石炭～二疊系               | 秩父市から群馬県北甘楽郡             |
| 群 馬 県          | 板岩層           | 新第三紀<br>中新世(中期)             | 高崎市周辺                    |
| 山 梨 県          | 御坂層群          | 新第三紀                        | 富士川沿い<br>御坂・巨摩山地         |
| 静 岡 県          | 横川層群          | 新第三紀<br>鮮新世                 | 遠江地域                     |
|                | 相良層群          | 新第三紀<br>中新世(後期)             | 遠江地域                     |
|                | 倉新層群          | 新第三紀<br>中新世(前期)             | 遠江地域<br>森町～金谷町           |
|                | 大井川層群         | 新第三紀<br>中新世(前期)             | 大井川沿岸                    |
|                | 瀬戸川層群         | 古第三紀<br>漸新世～始新世             | 静岡県中部                    |
| 大 阪 府<br>～奈良県  | 二上層群          | 新第三紀<br>中新世(後期)             | 二上火山群                    |
| 兵 庫 県          | 北但層群          | 新第三紀<br>中新世                 | 但馬地方                     |
|                | 神戸層群          | 新第三紀<br>中新世(中・後期)           | 神戸市北部                    |
| 山 口 県          | 三群変成岩         | 中生代～古生代                     | 錦川沿岸                     |
| 長 崎 県<br>佐 賀 県 | 佐世保層群         | 新第三紀<br>中新世(中～前期)           | 長崎県北部<br>佐賀県西北部          |
| 四国地方           | 和泉砂岩層         | 中世代白亜紀(後期)                  | 阿讃山脈から松山市まで              |
|                | 三波川変成岩        | 中生代～古生代                     | 四国の阿讃山脈<br>和歌山県へ延長       |
|                | 御荷鉾緑色岩        | 中生代～古生代                     | 三波川変成岩地帯の州<br>和歌山県へ延長    |
|                | 秩父層           | 古生層石炭～二疊系                   | 御荷鉾線と仏像線の間<br>和歌山県へ延長    |

### 3. 自然を読む

#### すべり発生の地質層準<sup>16)</sup>

| 岩質、地すべり発生形態                                                                                                                                                       | その他                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 泥岩が優勢で砂岩と互層、炭層、炭質岩を挟有する。砂岩は堅硬であるが、泥岩層に風化しやすい。脆弱性、流れ盤地すべりが多い。傾斜8〜13°で融雪期に多発生。                                                                                      |                          |
| 黒色泥岩が優勢、酸性凝灰岩、砂岩が互層、安山岩質砕屑岩。融雪期に多発生する。                                                                                                                            |                          |
| 黒色泥岩、灰白色の珪質頁岩および流紋岩質凝灰岩の互層。融雪期に多発生。                                                                                                                               |                          |
| 泥岩が優勢、淡緑色砂岩、凝灰質砂岩、凝灰岩の互層。                                                                                                                                         |                          |
| 砂岩、砂質泥岩、泥岩、凝灰岩、軽石質緑色凝灰岩、凝灰角礫岩。石英粗面岩が貫入。                                                                                                                           |                          |
| 砂、粘土、砂層、泥岩、砂岩。融雪期に地すべりが多発生。                                                                                                                                       |                          |
| 灰色泥岩、凝灰岩、安山岩。融雪期に地すべりが多発生。                                                                                                                                        |                          |
| 黒色泥岩が優勢、凝灰岩が互層。傾行性の地すべりが多い。融雪期に地すべりが多発生。                                                                                                                          |                          |
| 安山岩、集塊岩、凝灰岩、砂岩、泥岩、頁岩。<br>富山県の地すべりの50%、石川県の地すべりの33%がこの地層に発生。<br>砂岩、泥岩。<br>石川県地すべりの63%。富山県の地すべりの33%がこの地層に発生。                                                        |                          |
| 凝灰質泥岩と緻密凝灰岩が互層、泥岩、シルト岩、砂岩。                                                                                                                                        |                          |
| 安山岩質塊状熔岩、凝灰角礫岩。<br>温泉地すべり（崩壊性地すべり）                                                                                                                                |                          |
| 珪質岩、硬質砂岩、凝灰岩からなり、蛇紋岩、はんれい岩、閃緑岩、安山岩が貫入。                                                                                                                            | 嶺岡破砕帯                    |
| 石炭片岩、緑泥片岩（三波川系）、緑色片岩（御荷鉾系）。群馬県南部、埼玉県北部の片岩地帯に地すべり多発生。                                                                                                              | 中央構造線                    |
| 硬砂岩、粘板岩、珪岩、石英岩。<br>神流川、荒川上流の古生層地帯に地すべりが発生。                                                                                                                        |                          |
| 石英斑岩、流紋岩からなる礫岩、砂岩、安山岩質凝灰岩。                                                                                                                                        |                          |
| 軟弱な泥岩・砂岩の有律互層。                                                                                                                                                    | 糸魚川〜静岡構造線<br>南部フォッサマグナ地域 |
| 砂、泥互層（堀の内層）、無層理砂岩層（大白砂層）。牧野東地域では破砕作用のため粘土化し、これが地すべり発生の原因となっている。                                                                                                   |                          |
| 泥質層のなかに大井川層群岩石の角片を含有。<br>牧野ヶ原地区で破砕作用により地すべりを発生。                                                                                                                   |                          |
| 泥質岩（陸源層群岩）。火砕質岩。<br>泥質岩は軟弱で掛川地方で、クリープ性地すべりが多発生。                                                                                                                   |                          |
| 砂岩、泥岩の有律互層。無層理的均質砂岩層。牧野ヶ原付近で地すべり発生。                                                                                                                               |                          |
| 砂岩、頁岩が主体で、凝灰岩、石英岩、礫岩を挟在。<br>大井川西岸で破砕作用がすすみ、地すべり発生地域となっている。                                                                                                        |                          |
| 黒色緻密な輝石安山岩、凝灰岩、集塊岩、砂岩、礫岩。<br>地下水作用により粘土化しやすく、それが地すべりを誘発（例 亀の瀬）                                                                                                    |                          |
| 砂岩、泥岩、硬岩、凝灰岩。<br>グリーンタフ地帯の地すべり移動型（クリープ性）                                                                                                                          |                          |
| 泥岩、砂岩、凝灰岩。<br>規模の大きな地すべりとなることがある。                                                                                                                                 |                          |
| 古生層が動力変質をうけてできた千枚岩〜片岩。<br>これらの風化層に地すべりが発生。                                                                                                                        |                          |
| 砂岩、泥岩の互層、凝灰岩、炭層を挟在。玄武岩と炭層層の組合せが地質的特徴。玄武岩は礫岩となり、地下水の供給、賦存の役割をなしている。<br>長崎県北部から佐賀県北西部にかけ地すべりが密集。（北松型地すべり）といわれている。                                                   |                          |
| 砂岩、砂岩・頁岩互層。<br>崩壊性の地すべりが発生する。                                                                                                                                     | 中央構造線の北側                 |
| 石炭片岩、凝灰片岩、紅レン片岩、角閃片岩、絹雲母片岩、千枚岩。<br>石英を主とし、雲母、緑色片岩、紅レン片岩を含んでいるものは風化しやすく、容易に粘土化する。破砕された結晶片岩は粘土化がすすみ、これらが地すべり発生の原因となっている。御荷鉾緑色岩地帯と共に日本の変成岩の地すべり最多発生地となっている。和歌山県にも発生。 | 中央構造線と御荷鉾線の間の地域          |
| 御荷鉾緑色岩。<br>四国地方でも、この地層に変成岩地すべりが最も多発生。                                                                                                                             | 御荷鉾線沿線                   |
| 硬砂岩、粘板岩、珪岩、石英岩、輝緑凝灰岩。<br>規模の大きな崩壊性地すべりを発生する。和歌山県にも発生。                                                                                                             | この地帯のなかに黒瀬川構造線が東西に走っている。 |

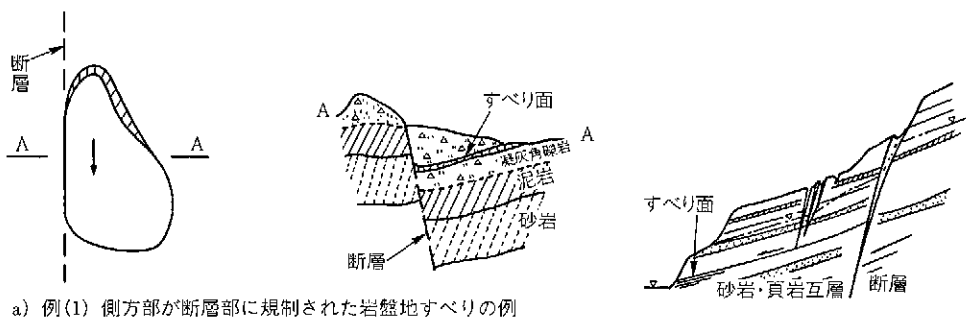


図 3-30 断層に規制された地すべりの模式<sup>17)</sup>

### ○褶 曲

褶曲に伴う向斜構造ならびに背斜構造が存在する場合で、岩盤の層理面に沿って背斜軸から向斜軸へ向かう地すべりの発生が多い。地層が褶曲しているところでは一般に岩盤は破碎され、特に褶曲軸の外側の地層ほど破碎が著しいので、背斜軸付近では岩盤の破碎が著しい。このため、背斜軸に沿って地すべりの分布が卓越している。

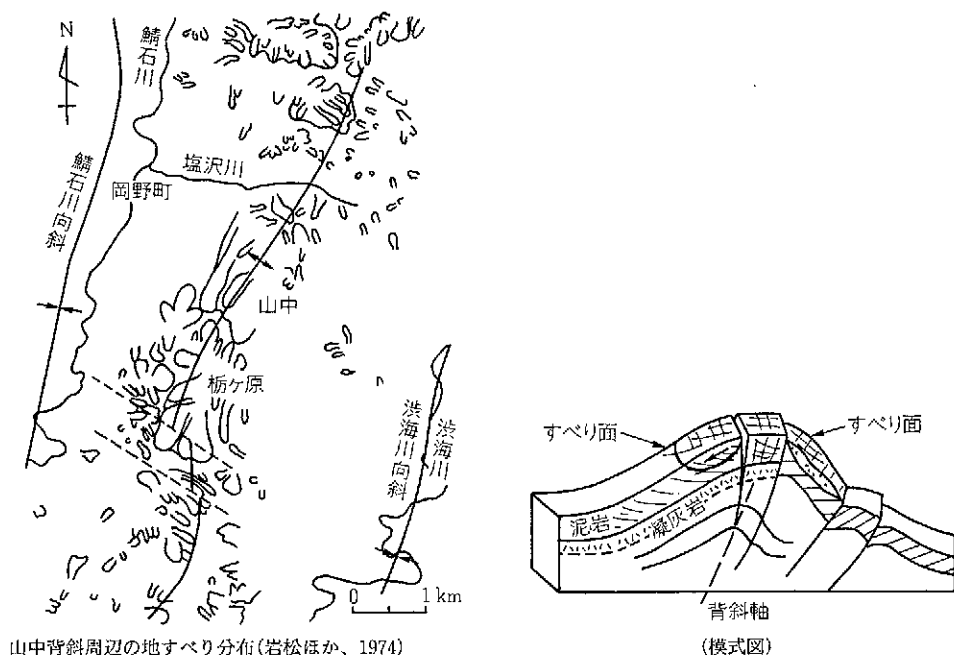


図 3-31 背斜軸に沿った地すべり地の分布<sup>18)</sup>と模式

### ○岩 脈

安山岩やヒン岩等の貫入岩と基盤岩との境界付近は岩体の貫入によって変質や破碎が生じており、地すべりを起こしやすい。特に貫入岩が塩基性岩の場合は貫入岩自体が変

### 3. 自然を読む

質し、剝離・吸水膨張しやすい蛇紋石や滑石化していることがあり、このような場合には地すべりが発生する可能性が高い。

糸魚川—静岡構造線に沿って流れる姫川流域では新第三紀層中に流紋岩や安山岩の貫入岩体が多く、これら岩脈の貫入に起因する地すべりの例が多い。

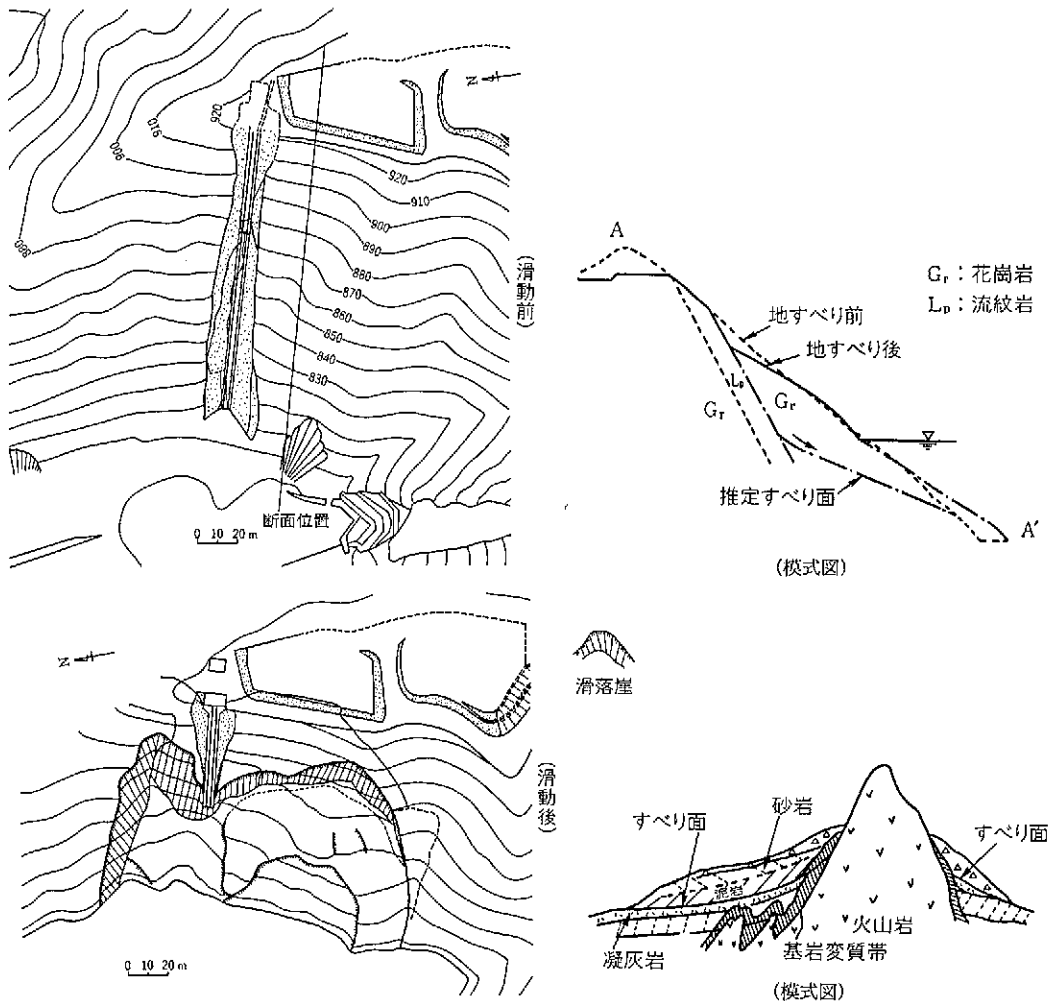


図 3-32 流紋岩の貫入する斜面でダム貯水によって地すべりの生じた例と模式

#### ○キャップロック

新第三紀層のような固結度の小さい地層上に玄武岩や硬質砂岩が平坦に存在していると、これらの岩盤の割れ目が雨水の浸透や貯留場所となり、それが下位の地層の上面あるいは層理面等の分離面に沿って浸透し、そこが粘土化してすべり面を形成しやすくなる。またキャップロックをなしている岩盤が崩壊した山腹斜面では除荷作用により地山内部にゆるみを生じていることがあり、このようなところでは地すべりが発生しやすい。

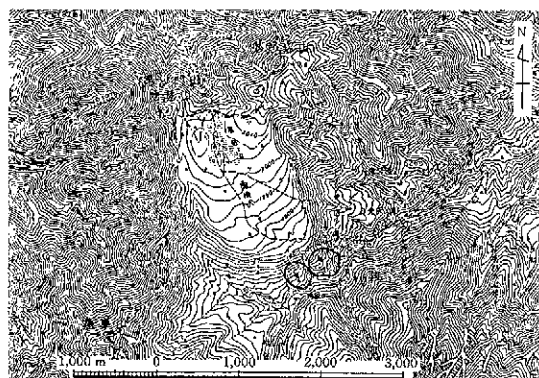
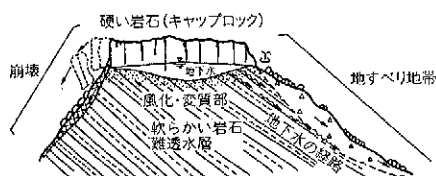


図 3-33 キャップロックの周辺における地すべりの模式<sup>19)</sup>と例

### 受け盤斜面にも地すべりは発生する

流れ盤構造の斜面に地すべりが多いことは前述のとおりである。しかし、受け盤斜面にも地すべりは発生する。

受け盤斜面は一般に層理に沿って深部まで風化している場合が多く、流れ盤斜面よりも風化層は厚い。こうした受け盤斜面で発生する地すべりは、一般に傾斜がかなり急(多くは  $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ )な斜面であることが特徴的であり、多くは岩盤、風化岩が滑動する。また、断面形状は図 3-34 に示すように、ナイフエッジ状かつトップヘビー状になっている例が多い。このような断面では末端での僅かな切土でも大きく不安定となることが予想される。

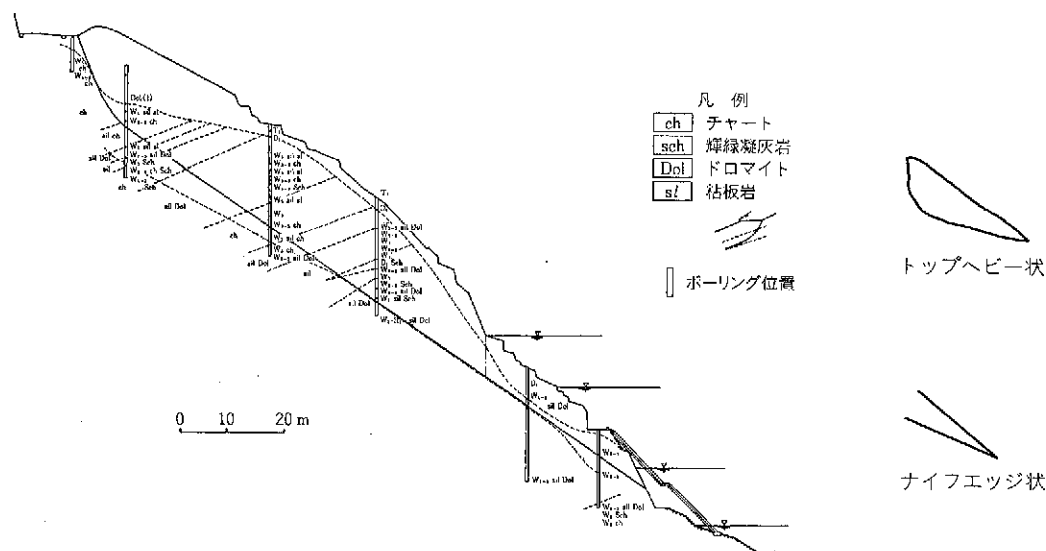


図 3-34 受け盤斜面における地すべり地の断面の例<sup>20)</sup>

受け盤斜面には受け盤斜固有のマスマーブメントがある

受け盤の斜面においては、同一の斜面に異なった地質が露出していることも多い。このようなところでは地質の違いによって風化の速度も異なる。こうした不規則な風化の進行の結果として、落石やのり面の崩壊が発生することが多い。また節理の発達した受け盤の斜面ではブロック化した斜面崩壊が発生することがある。特に柱状節理の発達した溶岩類の場合においては、トップリングによる大規模な斜面崩壊が生じさせることもあり、注意が必要である（図 3-35）。

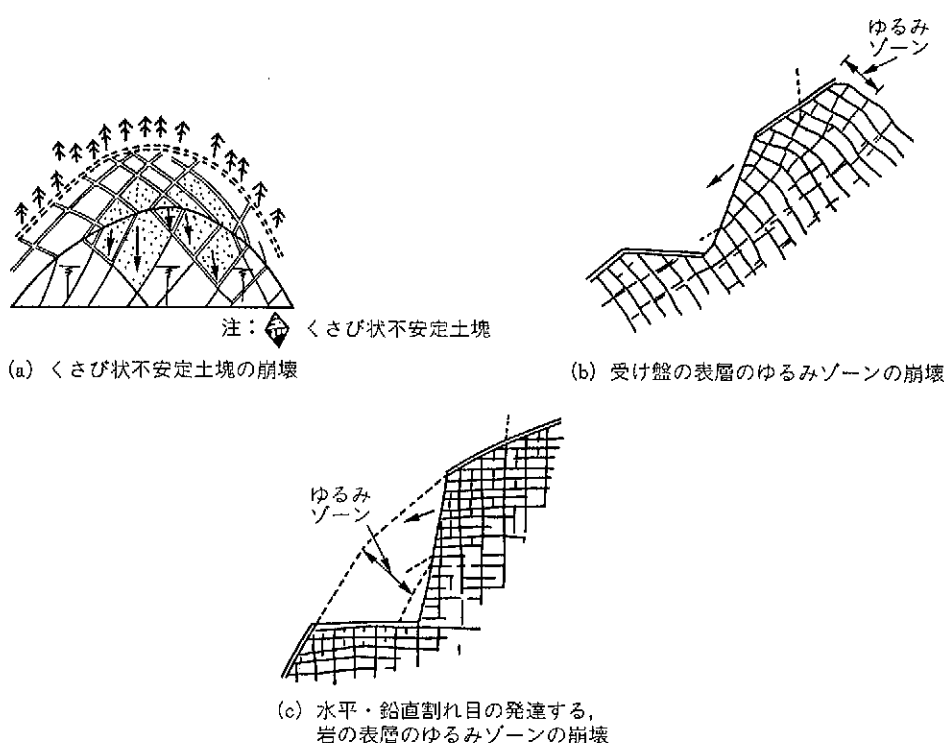


図 3-35 受け盤斜面におけるマスマーブメントの模式<sup>21)</sup>

図 3-36 は、柱状節理（80° で川側に傾斜していた）の発達した熔結凝灰岩が、風化の進行と凍結・融解作用によって崩壊した例である。また、図 3-37 は、受け盤をなす中生層の砂岩・粘板岩互層の切土法面で発生した地すべりの例である。切土による応力の開放と、斜面下方の道路盤付近の粘板岩の掘削の影響に、梅雨前線の降雨（5 月中旬～7 月上旬で 764 mm）の影響が重なって発生したものである。脆弱な粘板岩が斜面側へはらみ出すとともに粘板岩の上位にあった砂岩の荷重によって粘板岩が圧縮され、それによって粘板岩の変形が進行して破壊に至ったものと考えられている。地すべりの規模は幅

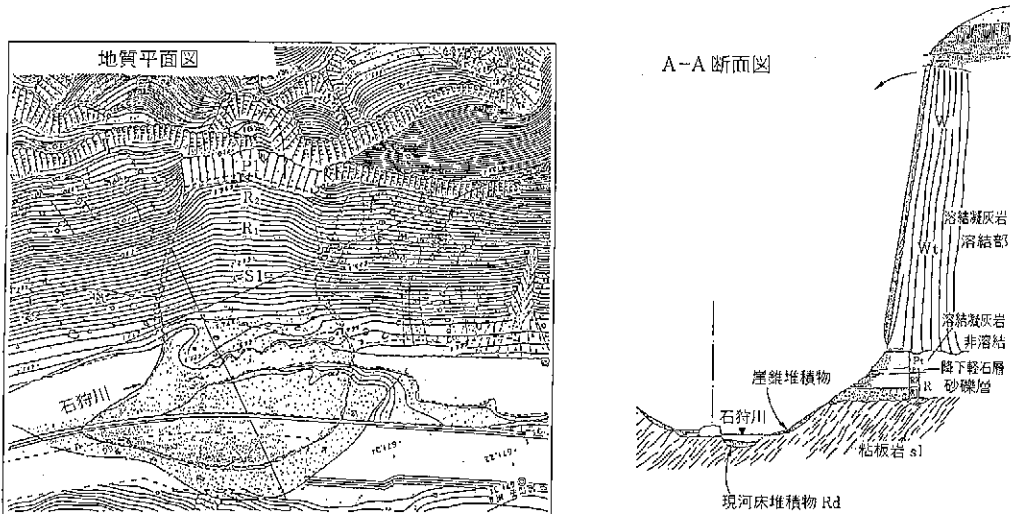
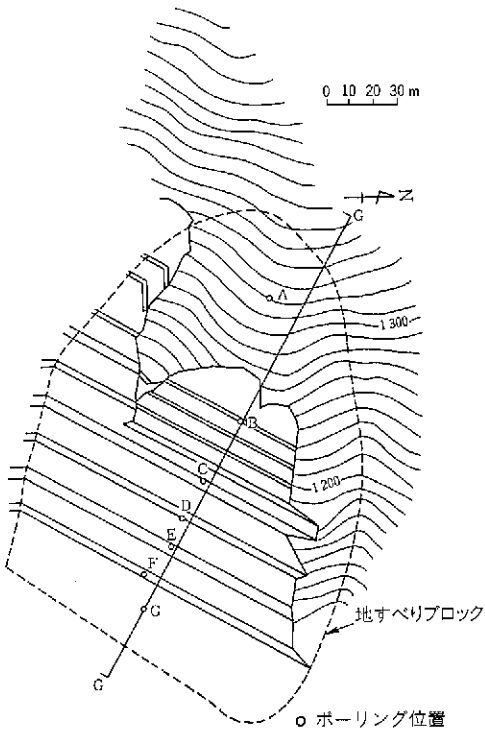


図 3-36 柱状節理の発達した斜面での崩壊の例<sup>(22)</sup>を一部改変)



### 3. 自然を読む

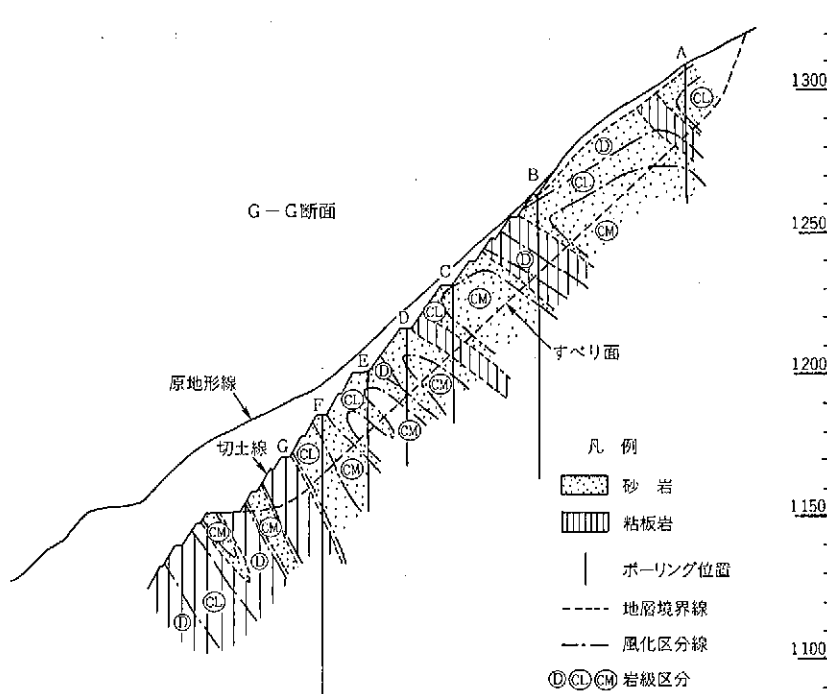


図 3-37 受け盤での切土に伴う地すべりの例

#### 3-2-2 何を通じて自然からのメッセージを読むのか

##### 三種の神器 地形図・地質図・空中写真

どこに、どのようなマスムーブメントが生ずる可能性があるのか、あるいは過去に生じたのかを知るためには、過去の現象の発生に伴ってできた微地形（地形上の特徴、移動物質の分布を含む）、現象を引き起こす地形・地質上の素因、特徴、すなわち、自然からのメッセージを読み取り、それに基づいて予測する方法がとられる。

このような予測に関する情報は一般に地形図・地質図に表現されており、まず、地形図・地質図を収集し、その中に盛られた情報から 3-2-1 に示すような自然からのメッセージを読み取ることが肝要である。

また、空中写真を実体視することによって、地形図や地質図に表現されていない、あるいは、とらえられていない新たな自然からのメッセージを読み取ることができる。

こうした地形図、地質図、空中写真には様々な縮尺のもの、作成・撮影時期の異なるものなど色々なものがあり、大縮尺のものほど細かな情報が表示されている。しかし、ここで重要なことは、大縮尺なものほど、換言すれば、細かな情報ほど有用であるとい

うものではなく、各々の縮尺のものにはそれに見合った情報が盛り込まれており、等しく有用な情報であることを理解しておくことである。

### 目的に応じた使い分け。縮尺に応じて情報も異なっている

#### (1) 地形図

地形図は  $S=1/500\,000$  縮尺程度から  $S=1/1\,000$  縮尺程度のものまで様々な精度のものがある。これらを目的に応じて使い分けが必要である。すなわち、例えば付替道路のルートを検討するには広域にわたり地質の状況を反映した地形の特徴が読み取り易い  $S=1/25\,000$  縮尺の地形図が有効であろうし、一方、地すべり地形の抽出を目的として読図を行うには  $S=1/2\,500\sim 1/1\,000$  縮尺が有効であるという如くである。

#### ○ $S=1/25\,000$ 地形図

広域的な地形特性や地質の状況を把握するのに有用である。

図 3-22 は、国土地理院発行の  $S=1/25\,000$  の地形図の例である。ケスタ状の地形の特徴が見事に表現されており、北東側に向いた斜面（流れ盤となっている）では、大規模な地すべり地形が数多く分布しているのが読み取れる。すなわち、これら  $1/25\,000$  地形図からは北東側の斜面に流れ盤に起因して地すべり地形が集中している状況が読み取れ、例えばこれらの斜面に道路等の土工が施工されれば、地すべりなどのトラブルを招きやすく、回避すべきであるというような情報が得られよう。

#### ○ $S=1/2\,500$ （程度の）地形図

微細に地すべり地形を読図したり、種々の微地形から対象とする地すべり地の特徴や安定性を検討する場合に有用である。

これらの縮尺の地形図では、精密図化機で描画されたものであれば、空中写真より正確な情報が入手できる場合もあるので、地すべり地形の判読の一方法として積極的に活用すべきである。

従来、ダム事業等では実施計画調査段階でこれらの縮尺の地形図が作成されているが、多くの場合、貯水池斜面近傍までしか図化されていない。しかし、これでは、地すべり地形を見逃すことがあるばかりでなく、広域的な視野から地形を理解することができないので、範囲はダムにあっては貯水池全域と貯水池両岸の尾根までを含んだものが不可欠である。また、付替道路計画などを考慮して、余裕をもった広い範囲のものを作成しておく必要がある。

図 3-38 は同一箇所を表現した数種の地形図の例である。 $S=1/25\,000$  地形図や  $S=1/5\,000$  地形図では、地すべり地形は読み取れないが、地すべり地形を含んだ一帯の斜面が

### 3. 自然を読む

ケスタ状地形をなし、流れ盤となっていること、クリープ変形をおこしていること等が読みとれる。一方、 $S=1/2500$  地形図では地すべり地形は読み取れるが、前述の斜面の特徴や全容を読み取るには不適當であることがわかる。

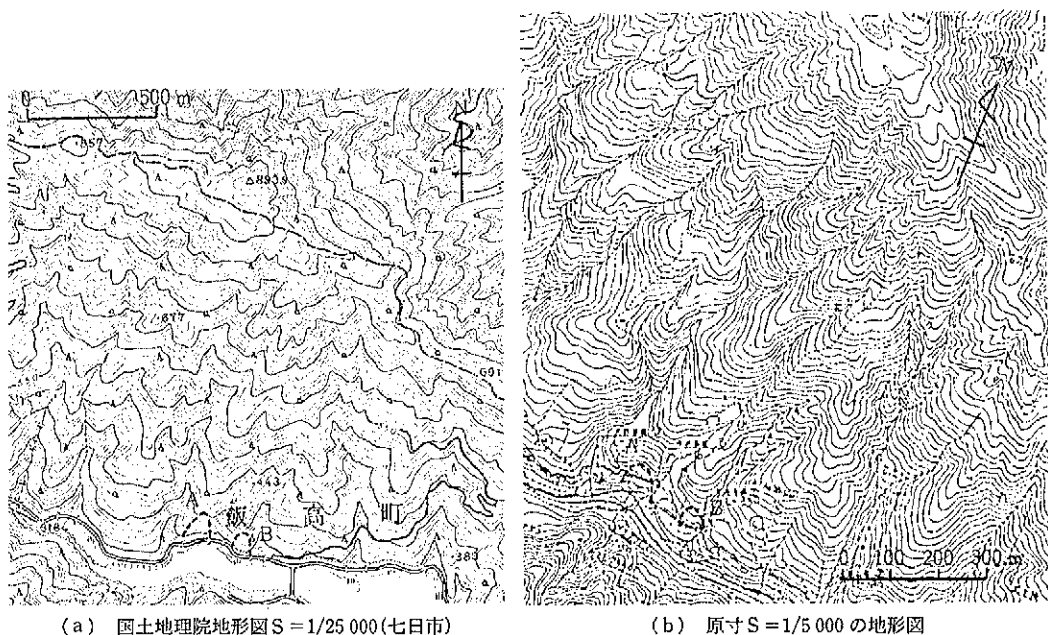


図 3-38 同一斜面で縮尺の異なる地形図の例

### (2) 地質図

地すべりの現象は 3-2-1 に示すように、ある特定の地質の地域に密集しており、地質と密接な関係がある。また、地質構造とも密接な関係がある。さらに、地質構造についてみると、3-2-1 で示したような大きな構造がないところでも、局所的に存在する断層破

砕帯が原因となって地すべりが発生する例も多い。

このように、地すべりの発生は広域的な地質・地質構造と関係のある場合、局部的な地質の特性と関係している場合の2通りがあり、これらについてはそれぞれ別々の縮尺(精度)の地質図でなければ有用な情報が得られない。すなわち、地形図と同様、各々の縮尺の地質図にはそれに見合った情報が盛り込まれていることを理解して、どちらか一つに片寄ることのないような利用の仕方をするのが重要である。

地質図には一般に次のような種類があり、目的に応じて使い分けが必要である。

○S=1/200 000～1/50 000の広域地質図

地すべり等に関連した地質特性を広域的に把握するのに有用である。一般には1/50 000地形図と同図幅の1/50 000の地質図が作成されており、この他、各機関で1/25 000～1/10 000の地質図が作成されているので、できる限り入手しておくといよい。

これらの縮尺の地質図には、広域的に道路のルートを検討するような場合に有用な情報が盛り込まれている。

○S=1/2,500程度の地表踏査に基づく貯水池周辺地質図

一般にダムの予備調査～実施計画調査段階で作成されている。この縮尺の地質図では、ルートに沿って、詳細な地すべり地の抽出を行う場合に有用な情報が盛り込まれている。

図3-39は1/2 500～1/1 000縮尺程度の地質図に記載されている層理面の傾斜方向の変化から、岩盤クリープの可能性を検討した例であり、同縮尺程度の地質図ならではの地質情報が判断の決め手となることを示している。

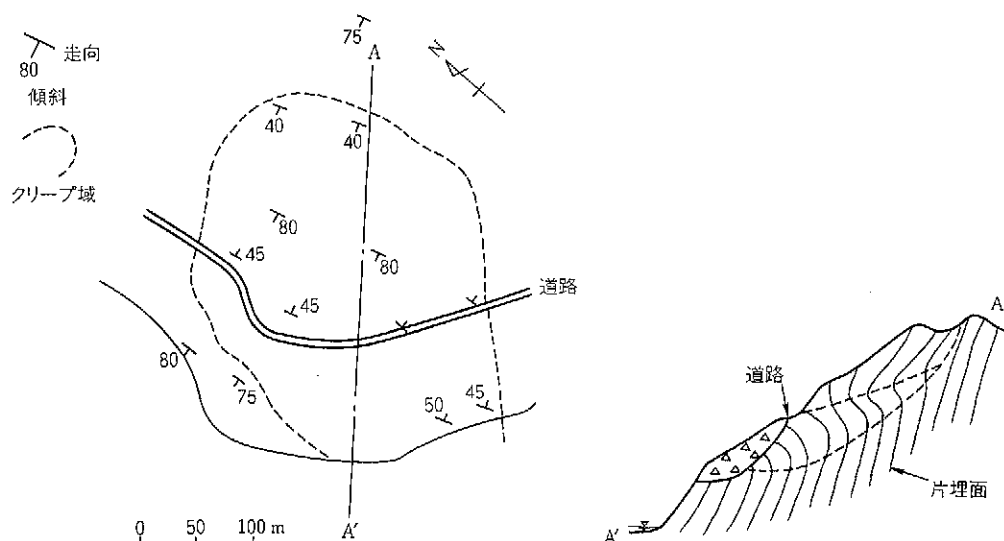


図3-39 層理面の傾斜方向の変化から岩盤クリープの存在を検討した例

### 3. 自然を読む

#### (3) 空中写真

空中写真は地形上の特徴から斜面の形成過程を読み取る最も有効な手段であり、1組の写真を用いて実体視できるため地形判読には極めて有効である。

空中写真判読によって地すべりや地質について次のような情報が得られる。

- ①引張り亀裂、圧縮亀裂、滑落崖など地すべりの徴候を示す微地形
- ②地すべりの範囲
- ③地すべり移動ブロック区分
- ④地すべりの型
- ⑤地質構造（断層破碎帯、層理面のおおまかな傾斜方向など）
- ⑥岩種の違い
- ⑦植生の繁茂状況の差（地すべり地の範囲の推定などに用いる）
- ⑧過去の滑動の程度

これらの判読の結果は用いる写真の縮尺によって著しく異なり、一般に縮尺が大きいほど微細な判読が可能であるが、あまり大縮尺になると全体の判読が困難になることが多い。また、逆に小縮尺の写真では地すべり地形を見落とすこともあるので注意が必要である。したがって種々の縮尺の空中写真を用いて判読するとよい。

また、同一縮尺の空中写真でも撮影時期や、撮影時間によっては、積雪、植生の繁茂、陰等のために判読できない部分があることも多い。したがって、数時期の写真を重ねて判読することによって、これらの欠陥をなくし、より正確な判読を行うことが必要である。また、地形図・地質図と同じく、各々の段階の縮尺の空中写真にはそれに見合った情報が内蔵されており、各縮尺の写真を判読して各々のスケールの情報を入手することが必要である。

また、時系列変化が読み取れるように数時期にわたって撮影されたものを入手すると、地形変化を推定する際に有効である。

○S=1/10 000～1/8 000

ダムの実施計画調査段階で撮影されている。

○S=1/15 000～1/40 000

全国的に定期的に撮影されている。微地形の判読には適さないが、広域的な地質構造を推定したり、大規模な崩壊や地すべり地を抽出することができる。

#### (4) その他の資料

地形図、地質図、空中写真以外に有用な基礎資料としては、以下のものがある。

##### ○斜め空中写真

斜め空中写真は単写真でも地すべり地形などの特徴を把握しやすい。特に急峻な地形に対しては有効である。

##### ○地形分類図、土地条件図など

広域の地形特性や土地利用特性を把握するために有効である。

##### ○周辺部での地すべりの発生事例

同じような地質状態のところでは、地すべり等、発生するマスムーブメントも同じようなものが発生している。すなわち、どのような地質の分布帯ではどのような現象を生じているのかを理解し、また、どのような特徴があるのかを知れば予測に非常に有用である。このためには、周辺部での発生事例についてとりまとめた調査報告書があれば積極的に活用することが必要である。

#### 地名、方言は情報の宝庫

斜面に発生するマスムーブメントは一回の発生で終息する例は少なく、多くは繰り返して生じている。その結果、その地方、地方では地すべりやその他の変動現象を引き起こしてきた斜面、地質状況の悪い斜面を独特の方言で表現し、それが現在にまで保存されている。

このような方言、地名を知り、またそれがどのあたりの斜面をさしているのかを知ることができれば斜面の特徴を知るのに非常に有用である。表 3-6 はこうした斜面や地質に関する地名・方言の一例を示したものである。

### 3. 自然を読む

表3-6 斜面、地質に関する地名・方言<sup>(22)</sup>を一部削除

| 原因等による区分                | 地名群                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. 運動を表わした地名            | ㊸ずり*・ざれ*・そり△・そろ△・ぞうり△・ぞうれ△(52)、㊹すべり*・なめり(7)、㊺うごき(1)、㊻こえ・こし(58)、㊼まわし・まわり(11)、㊽おし(23)、㊾ひき*・(13)、㊿のり(2)、㊽くぐり(2)、㊽さがり(2)、㊾で・だし・いず・いで(66)、㊽ながれ(3)、㊾はなれ(2)、㊿ゆく・ゆき(10)、㊽のほり(1)、㊾わたり(15)、㊽きざみ(1)、㊿まぐり(1)、㊽ひらき(2)、㊽ぶん(2)、㊾つき・つく(4) |
| II. 急激な変動を表わす地名         | ㊸ひ・とび(7)、㊹はね(5)、㊺はしり(4)、㊻やぶり(2)、㊼おち・おとし(24)                                                                                                                                                                               |
| III. 形状を表わした地名          | ㊸ぬけ*・ぬげ*・(35)、㊹くずれ*・(31)、㊺かげ*・(19)、㊻きり・きれ・せつ(47)、㊼わり△・われ△(23)、㊽おり・おれ(28)、㊾まき(60)、㊿たち・たて(80)、㊽ふし・ふせ・おせ・おす(7)、㊽より・よせ(5)、㊾むかえ・おこう(22)、㊽いり・にう(43)、㊾のべ(1)、㊿せまり・さこ(15)、㊽うず・うもり(4)、㊾おい・おう、㊽まがり(9)、㊿せき(4)、㊽のり(6)、㊽なみ(1)、㊾ふき・ふく(6) |
| IV. 荒廃状況を表わす地名          | ㊸あれ△・あら△(15)、㊹ごうろ*・(2)、㊺ごんだ(3)、㊻やち△(9)、㊼どろ(12)、㊽ざく(1)、㊾ぢごく△(4)、㊿さいのかみ(5)、㊽ふか△・ふけ△(18)、㊽いし(32)、㊾いわ(18)、㊽つつ・ど(31)、㊿すな(10)                                                                                                   |
| V. 蛇になぞらえた地名            | ㊸じゃ・ぎ(12)                                                                                                                                                                                                                 |
| VI. 色を表わした地名            | ㊸しろ(23)、㊹あか(27)、㊺あお(9)、㊻くろ(22)、㊼き(1)                                                                                                                                                                                      |
| VII. 濁った水を表わす地名         | ㊸にごり(15)                                                                                                                                                                                                                  |
| VIII. 地すべりから生じた地形を表わす地名 | ㊸だん△(8)、㊹たな△(11)、㊺みぞ(1)、㊻くぼ(72)、㊼なが(26)、㊽よこ(22)、㊾なる△・なり△・なら△(53)、㊿ひら△・たいら△・へい(115)                                                                                                                                        |

注1) ( )の数字は個数

2) \*印は地すべりと密接に関係すると思われるもの。

\*印は地すべりと関係しているものがあると思われるもの。

△印は人文的または自然的に間接的に関係していると思われるもの。

無印はまったく関係ないかよくわからないもの。

### 3-3 メッセージマップをつくる

ダムの貯水や付替道路建設等の人為的行為を不用意に行った場合、地すべり等種々のマスムーブメントが発生することがある。一方、これらマスムーブメントは地質と密接に関係し、また、それらの地質は、地形に反映して独特の地形形状を示す場合がある。さらに地すべり、崩壊等は、過去の発生履歴を独特の地形に表していることが多い。このように、自然は過去に起こったことや斜面がどのような性質を有しているかといったことを地形を始めとする多くの特徴によって、知らせようとしている。人為的行為の計画においてはこうした自然が発信しているメッセージを十分に理解し、自然になじんだ計画を立てることがもっとも重要なことである。

#### 3-3-1 情報の総合化—メッセージマップ

情報を分散しては、何事においても有用な計画は立てられない。道路建設等の人為的行為の計画において重要なことはそれを総合化し、運用することである。

自然が発信している情報を総合化して示したものをここではメッセージマップと呼ぶ。もっとも重要なことはこのメッセージマップを計画前に作成し、その情報に沿って計画を進めることである。

なお、メッセージマップは以下に示すように使う段階に応じて必要とする情報の精度と種類は異なるため、目的に応じたメッセージマップを作成することが必要である。

#### ●広域的なメッセージマップ

付替道路のおおまかなルート計画の検討を行おうとするような場合には、情報を読む範囲も広範囲となり、目的に沿って以下のような情報程度を $S=1/10\,000\sim 1/25\,000$ 程度の地形図上に表示しておくといよい。

##### ○地形情報

$S=1/25\,000\sim 1/10\,000$ 程度の地形図を用いて読図できる情報、 $S=1/40\,000\sim 1/10\,000$ 程度の写真の判読によって得られた情報を網羅しておく。この段階で得られる情報、必要な情報は以下のようなものである（3-2-2(2)参照）。

- ①キャプロック地形
- ②ケスタ状地形、ケスタ地形（流れ盤、受け盤の区分）
- ③クリープ地形（範囲）

### 3. 自然を読む

④大規模な変動地形、読み取れる地すべり地形

⑤崩壊地

⑥おおまかな遷緩線、遷急線

⑦風化を反映した地形（範囲）

⑧マスマーブメントの住み分けによる区分

②の斜面中、流れ盤斜面では相対的に安定性が小さい。また、③の斜面では岩盤が緩んでいたり内部にせん断面が形成されていたりして、ダムの貯水や道路土工によって一気に変形が進むことがある。さらに、⑧の住み分けを知ることができれば斜面を有効に利用することも可能である。このように、斜面に特有の現象を知りまた、それをゾーニングしておくことは、種々の計画の検討に非常に有用である。

#### ○地質情報

$S = 1/50\,000 \sim 1/10\,000$  程度の精度に見合った地質区分、地質構造を表示する（3-2-2(3)参照）。また、褶曲構造においては流れ盤、受け盤の区分とその傾斜を  $10^\circ \sim 20^\circ$  程度の段階に区分して表示しておくといふ。さらに背斜軸の翼部における破砕の程度とその範囲が明らかであれば区分して表示しておくといふ。

#### ○その他の情報

以下の要素について区分やその分布を表示しておくといふ。

①植生区分

②土地利用

③水理地質

④天然記念物

⑤方言、地名が示唆している特異な斜面地点やその範囲

#### ●概査段階のメッセージマップ

この段階では、その道路計画に伴って、どのようなトラブルが予想されるか、またそれを回避するにはどうすればよいかを検討するための情報が表示されたメッセージマップが必要であり、以下のような情報が網羅されていることが必要である。

また、得られた情報は  $S = 1/25\,000 \sim 1/5\,000$  程度の地形図に表示しておくといふ。

#### ○地形情報

$S = 1/1\,000 \sim 1/5\,000$  の地形図、 $S = 1/8\,000 \sim 1/10\,000$  の空中写真を用いて、以下の地形情報を読み取る。

①地すべり地形、地すべりの可能性がある地形（末端の位置を読み取っておくことが重

要である)

- ②崩壊地
- ③谷の連続性
- ④河川の異常な屈曲
- ⑤谷密度(斜面の平滑度)の区分
- ⑥遷急線、遷緩線
- ⑦土石流堆
- ⑧谷の傾斜区分

上記の情報のうち、地すべり地形については3-2-1で示した安定性に関わる特性を読み取っておくことが肝要である。

#### ○地質情報

$S = 1/1\,000 \sim 1/2\,500$  程度あるいはもっと大縮尺の地質図の精度に応じた以下の地質区分、地質構造を表現する。

- ①風化区分
- ②崖錐の分布
- ③断層・破碎帯の方向、厚さ、角度
- ④節理、亀裂の密度区分
- ⑤片理、層理面の走向、傾斜
- ⑥その他

### 新しい道具を用いたメッセージマップ

近年は地理情報システム(GIS)や画像解析技術を用いた、地形・地質情報の利用が進んでいる。メッセージマップを作成する際もこうした新技術を用いることで、省力化や新たな情報の獲得が期待される。

現在、建設省土木研究所等で開発されている、あるいは開発されつつあるこうした新技術について紹介する<sup>23)</sup>。

#### ●地形・地質情報のデジタル化

次のような技術が開発されている。

##### (1) 等高線データの入力とデジタル標高モデル

地形図より等高線の座標、標高値をデジタル入力し、それを用いて地形・地質情報を

### 3. 自然を読む

三次元表現するためのデジタル標高モデルが開発されている。(図 3-40)。

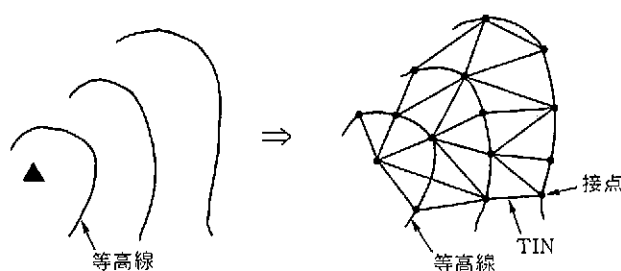


図 3-40 デジタル標高モデル

#### (2) 地質データの入力とデータベース化

地質(平面)図より地質境界、断層、走向・傾斜の測定地点、崩壊地、湧水点等の座標をデジタル入力し、またその内容を表わす属性(地層名、走向・傾斜)を入力し、それをデータベース化する技術が開発されている。

#### (3) 地すべり地の分布データの入力とデータベース化

地すべり分布図より、地すべり地、滑落崖等の各種の情報を入力し、それをデータベース化する技術が開発されている。

#### (4) 写真情報の入力

空中写真、現場で撮影した斜め写真をスキャナーにより入力する技術が開発されている。

### ●地形・地質データの表示技術

以下に示すような地形・地質データの表示技術が開発されている。

情報の重ね合わせ技術は、メッセージの総合化に非常に有用な技術であろう。

#### (1) 単独図表示の技術

デジタルデータ化により、任意の範囲の情報を任意の縮尺で表現でき、また特定の項目だけを強調できる等の視覚上の効果があることが把握されている。

#### (2) 重ね合わせ表示の技術

等高線と地すべり分布の重ね合わせによって、地すべり位置や地すべりの地形的特徴

が把握しやすくなっている。また複数の情報の重ね合わせにより、例えば地形と地質の関係や地すべり分布と地質の関係が把握できる等の情報分析上の効果が得られる。また、空中写真との重ね合わせでは、各情報の位置関係の把握が容易である。

### (3) 鳥瞰図表示の技術

鳥瞰図では単独、重ね合わせ図ともに、さらにより視覚的に地形的情報が把握しやすくなる(例えば図3-41の等高線、地質と地すべり分布など)。図3-42のような地すべり地形では、正面から鳥瞰するよりも、斜めから鳥瞰した方が、地すべり地形の把握がしやすい。このように、対象地形によって、より適切に地形的特徴が把握できる視点が存在するものと思われ、鳥瞰図表示は、ディスプレイ上で視点移動や拡大等が自由に行えることから、最も地形の把握に適した構図を出力することができる。

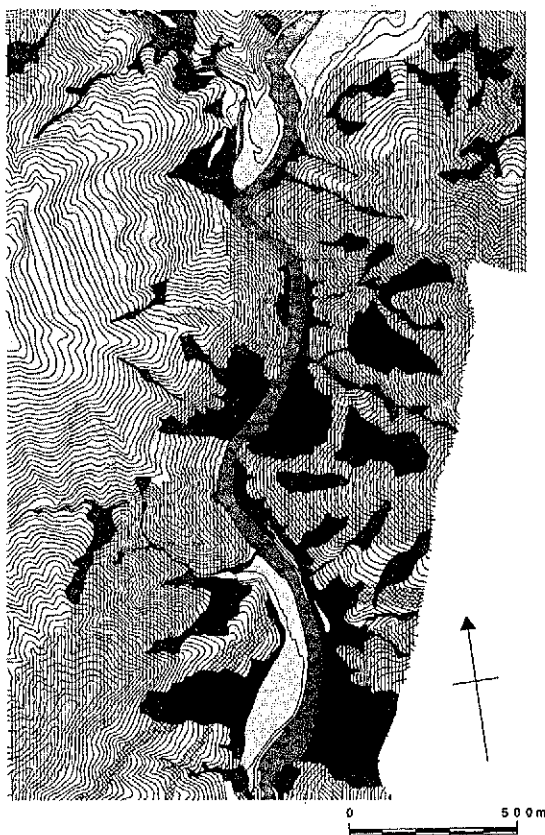
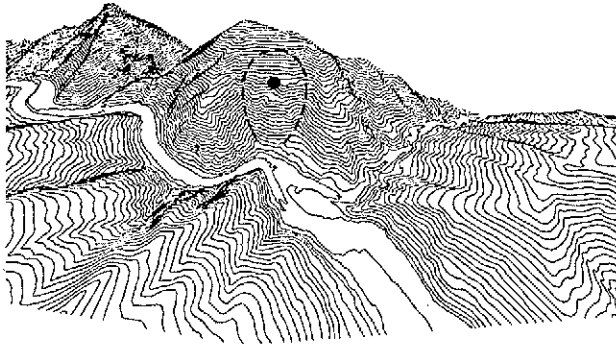
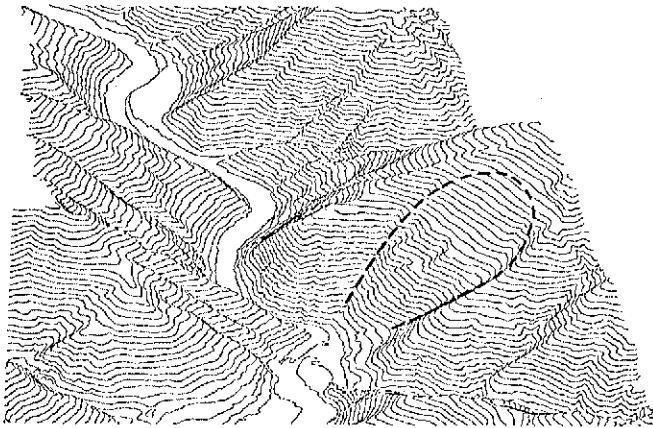


図3-41 重ね合わせの例(等高線+地質+地すべり)<sup>23)</sup>

### 3. 自然を読む



1) 地すべり地形の正面からの鳥瞰<sup>23)</sup>



2) 地すべり地形の斜めからの鳥瞰<sup>23)</sup>

図 3-42 鳥瞰図表示（・は同一地点、点線が地すべり地形）

#### (4) 鳥瞰図の実体視の技術

鳥瞰図の実体視では、さらに明瞭に地形の特徴の判別が可能である。平面図の判読に比較して、鳥瞰図では図 3-43 に示すように凹凸の認識が容易である。

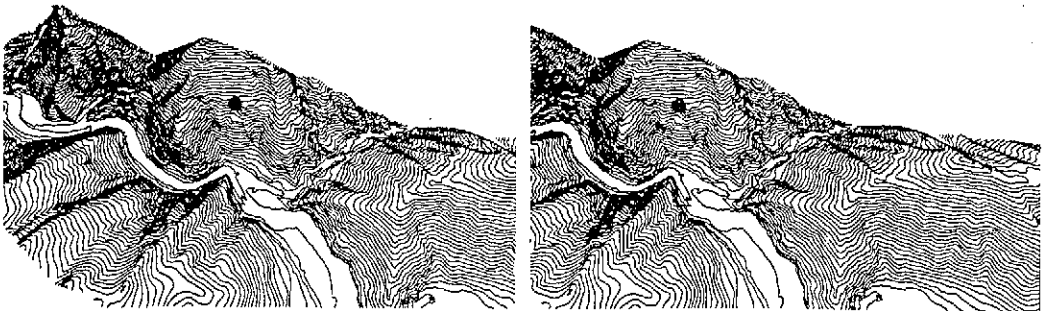


図 3-43 鳥瞰図の実体視表示<sup>23)</sup>

## ●その他の応用技術

これまでに述べた技術の他、以下のような技術が開発されている。

### (1) 断面図の表示

任意の地点の地形断面と、そこでの地質情報を表示する。

### (2) 地形等高線と堅岩等高線の同時実体視

地形等高線と堅岩等高線の両方を同一画面上に実体視する技術である。これによって堅岩線の地表からの深さが視覚的に理解され、地形と堅岩分布の関係が容易に理解することができる。トンネルの深さ位置を検討する際に有用であろう。

### (3) 傾斜区分図の作成

等高線データより TIN (Triangulated Irregular Network) を作成し (図 3-40)、TIN より傾斜角度を算出し、傾斜区分を行う技術である。斜面の傾斜の絶対値がわかるため、急傾斜地の抽出に有効であり、応用性が高い。また、断層地形等の地形的特徴のあるものの抽出、すなわち地形分類に役立つ可能性が高い。

## 3-3-2 情報の運用—自然になじんだ計画

広域的なメッセージマップでは 3-2-1 の (2)、(3) で述べた地質、地形と斜面の安定性の関係を念頭に置いてどのあたりにはどのような問題が生じる可能性があるかをマップから読み取り、その情報に基づいて自然になじんだ、トラブルのないルートを選定や土工の規模を検討する。

概査段階ではある程度がルートが定まっており、メッセージマップからルート上のどの位置にはどのような斜面安定上の問題があるかを読み取る。特に地すべり地がある場合には、その安定性や特徴 (末端部や規模など) を推定し、その結果に基づいて、ルートの若干の変更や土工規模の再検討を行うことでトラブルのない計画を立てることができる。

## 4-1 地形・地質になじむ道路

日本列島は、プレートテクトニクス理論からみれば、プレート境界付近に位置している。そのため、地殻変動が活発であり、世界でも有数の地震国、火山国ともなっている。一方、気候的にみれば、海洋に取り込まれた日本列島は、湿潤な気候環境の下にあり、その降水量の多さから侵食作用が活発に行われている。このような活発な地殻変動と侵食活動によってつくられた日本列島は、地質構造からみても断層や褶曲が発達しており、またその地質单元も古生代から第四紀まで幅広い時代の地質に細分化され、諸外国と比べれば変化に富んだものとなっている。また地形的にも、活発な地殻変動によって形成された高い山、その一方で活発な侵食活動によってそれを刻もうとする谷によって、極めて複雑な形状を呈している。

特に山岳部においては、地形・地質とも極めて変化に富んでおり、道路の計画にあたってこれらに対する配慮は不可欠である。特に地すべりや斜面崩壊などは、災害にも結びつきやすい。そのため道路計画においては、これらの現象の発生するおそれのある斜面に対してきめ細かい配慮と対応が求められるとともに、道路建設によってこれらの災害を有することのないよう十分に配慮することが求められる。

基本的なルート計画を行う段階においては、特に地形・地質条件に対する十分な配慮が望まれる。この段階ではより柔軟な対応が可能であり、後の設計あるいは建設の段階になって苦労することが少ないからである。計画段階で地形・地質的な弱部に道路をレイアウトしたことにより、建設段階で施工に苦労するということは、将来の長い供用期間中、自然の営力との関係でなじみが悪く、維持管理での苦労が続くということでもある。反対に言えば、計画段階で、その地の地形・地質特性をよく検討し、同じ谷地形でも、地質的弱部の少ない側の斜面に道路をレイアウトすれば、建設段階で施工に苦労することも少なくすむ。このことは、将来の長い供用期間中、自然との営力との関係でなじみも悪くなく、維持管理においてはほとんど苦労せずに住むということでもある。したがって、地形・地質になじみのよい道路法線を選定することの意義は極めて大きい。

どのような斜面に注意すべきかについては、「3. 自然を読む」にまとめているが、ここでは抽出された危険度の高い斜面に対してどのように道路を計画すべきかについて、事例をもとにとりまとめた。

#### 4-1-1 地すべり地における道路

降水量が多く地形急峻な日本の山岳部においては、地すべりは主要な地形形成作用のひとつとみることができる。地すべりの滑動の速度は突発的・急激という場合は概して少なく、従って一般的には前兆現象を見ることができると、十分な監視を行うなどすれば甚大な人的災害を引き起こすには至らない場合も多い。しかしながら、地すべりが一度動き出すと、道路構造物などの人工物に与える影響は極めて大きく、またその滑動を止めることは容易ではない。発生した地すべりは概して自然現象としてとらえられることが多いが、道路建設等の人為的行為が引き金となることもあり、そのような事例を招くことのないようきめ細かな配慮が求められる。

地すべりは、その活動に継続性、再発性があることが大きな特徴となっている。そのため、過去に活動した地すべりが再び活動することが多い。十分に注意して地形図や航空写真をみれば、このような過去の地すべり活動の痕跡を残す斜面を地すべり地として判読することも可能である（「3. 自然を読む」参照）。

山岳部に道路を計画するにあたっては、このような地すべり地を事前に見出すことはもちろん、やむをえず地すべり地に道路を計画する場合には、道路が地すべり活動の影響を被ること、また道路建設が地すべり活動を誘発することのないよう十分な配慮が求められる。

#### 地すべり地を回避する

地すべり地に道路を計画する場合には、現在活動中の地すべりはもちろんであるが、地すべりの可能性のある斜面についても、その地すべり活動を助長することになるような道路法線を極力避けることが必要である。なぜなら地すべり地に道路を設けようとすると、十分な調査とそれに基づいた対策工が必要とされ、工期的、資金的にも相当の負担となることもあるからである。また地すべりが活動した場合には、それを食い止めるためには多大の労力が必要とされる。このようなことから、道路計画にあたっては地すべりに対するリスクの小さい斜面を選んで道路を設けることが望まれる。

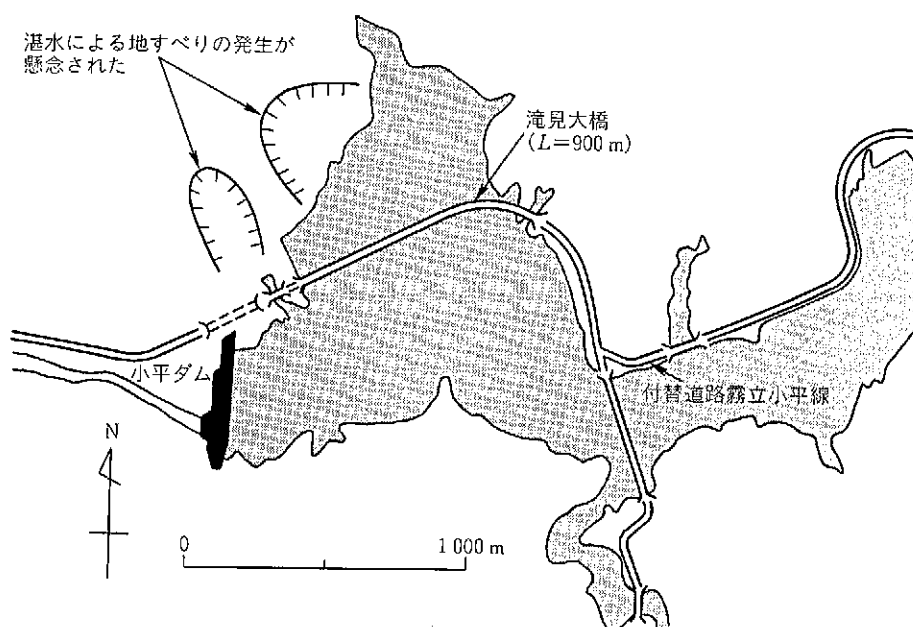
ここでは地すべり地に十分に配慮して道路を計画した事例をいくつか紹介する。

#### 4. 自然になじむ道路

##### ①地すべり斜面を避けるように道路を計画する。

最も有効な方法であるのは、地すべりの存在する斜面を通過しないように道路を計画することである。例えば、谷に沿って道路が設けられており、対岸との距離が短く、橋梁の架設が容易に行うことができるような場合には、道路を地すべり地の対岸に渡して対岸を通過させるようにしたほうが、経済的にも有利となる場合もある。

事例1は、北海道北西部に設けられた小平ダムの事例である。ダム周辺には、第三紀の泥岩層に生じた地すべり地が分布している。事前の調査において、貯水池の右岸にあたる斜面において、湛水による地すべりの発生が懸念された。そのため、地すべり対策工について検討を行ったが、橋梁によって回避したほうが経済的に有利であると判断され、延長900 mの滝見大橋が設けられることになった。



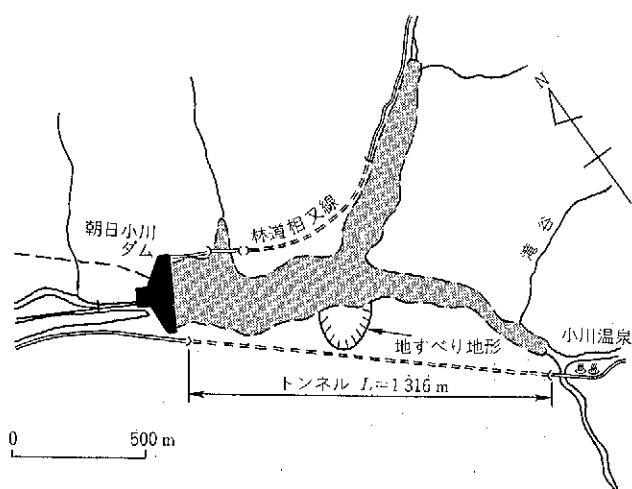
事例1 地すべり地を避けた道路計画①—小平ダム—

##### ②トンネルによって回避する

道路の計画位置が他の要因にコントロールされ、やむをえず地すべりの存在する斜面に道路を通過させなければならない場合もある。このような場合にはトンネルで地すべり地を回避するよう道路が計画されることも多い。

事例2は、富山県の朝日小川ダムにおいて、トンネルによって地すべり地を避けた道路計画の事例である。ダム上流左岸には、地すべり地が分布しており、その左岸に付替県道を建設した場合には、多額の工事費が必要となることが予想された。さらに自然環

境の保全や積雪の多いことなども考慮し、ダムサイトからダム湖より上流に位置する小川温泉まで延長 1.3 km のトンネルによって結ぶよう計画がなされた。



事例 2 地すべり地を避けた道路計画②—朝日小川ダム—

なお、トンネルによって地すべり地を回避しようとする場合には、すべり面の位置を確実に把握しておく必要がある。もし、図 4-1 に示すように、すべり面の位置を誤認し、すべり面より上部やすべり面を切ってトンネルを設けた場合には、地すべりの滑動に伴ってトンネルが変形することをまぬがれない。また図 4-2 に示すように、すべり面より下位にトンネルを設ける場合においても、トンネルの掘削自体が地すべりを誘発するおそれもある。

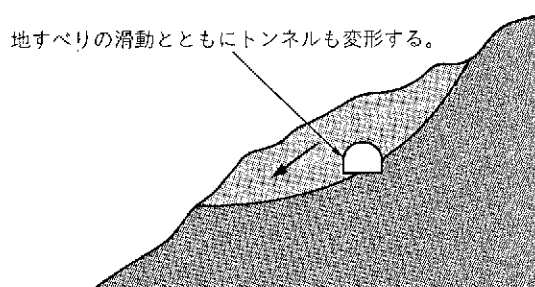


図 4-1 すべり面を切って設けられたトンネル

トンネルの掘削による地すべりの誘発を避けるためには、一般にはトンネル天端とすべり面との距離が 20 m 以上、またはトンネル内径の 2 倍以上の距離を確保することが求められる。

#### 4. 自然になじむ道路

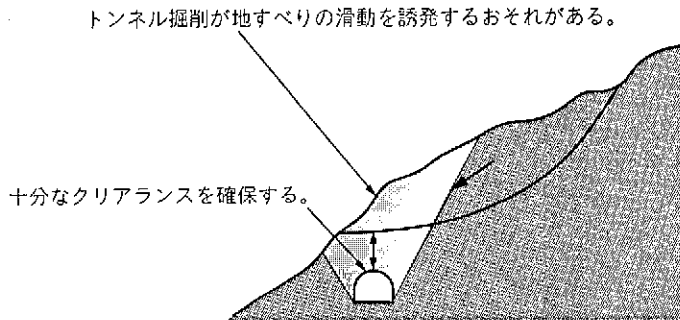


図4-2 トンネル掘削に伴う緩みによる地すべりの誘発

#### ③橋梁で地すべり地を通過する

比較的規模の小さな地すべり地を通過する場合には、地すべりを跨ぐように橋梁を架設して通過することもひとつの方法である（図4-3、事例3）。

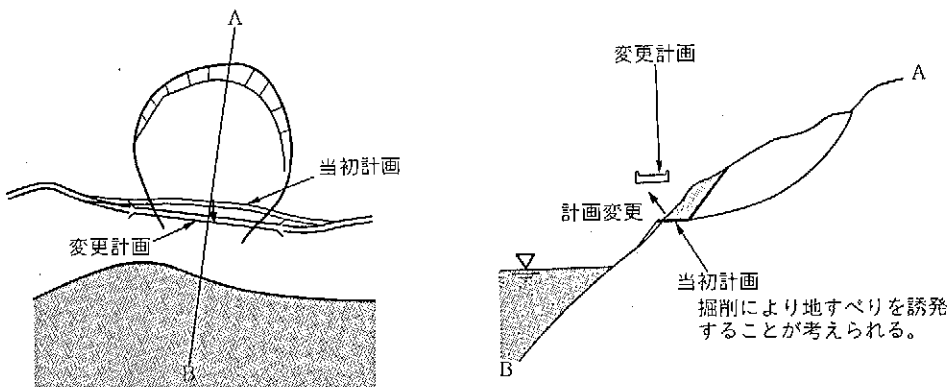
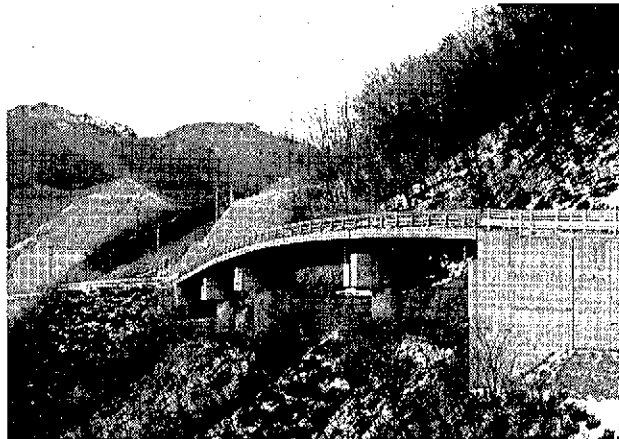


図4-3 橋梁で地すべり地を通過する



事例3 地すべり地の橋梁による通過事例

ただし、橋梁で通過する場合においても、橋脚基礎を地すべり地内に設けることのないような注意が求められる。橋脚基礎に地すべりに対する抑止効果を期待しても、地すべりの全体を抑止することは期待できず、かえって地すべりが生じた場合には橋梁の安定を脅かすことにもなりかねない。橋梁の安定を保つために、さらに地すべりの対策工が必要となる場合もあり、安全性の面のみならず、建設コストの面からも問題となることもある。

#### やむをえず地すべり地を通過する場合の工夫

ダム付替道路の場合には、どうしても限られた範囲に道路を設けなければならない、やむを得ず地すべり地を通過せざるを得ないこともある。また周辺の林野管理などに用いられていた林道などの付替にあたっては、その周辺へのアクセス機能を確保するため、明かり道路としての建設が求められ、トンネルで通過することが困難であることもある。それではこのような場合には、こういった計画が望まれるのであろうか。

現状では安定している地すべり地においても、人為的な手を加えることによって、再び地すべりの滑動を生じることもある。特に地すべり下部での切土は、地すべりの滑動に対して抑えとして働いている部分を除去することになるため、地すべりの滑動を誘発するおそれがある。また地すべりの上部に対して盛土をすることも、地すべりの滑動力を増加させることになるため、同様に地すべりの滑動を誘発するおそれがある（図4-4、図4-5）。

このような危険性に対しては、道路法線を工夫することによって地すべり地の安定を

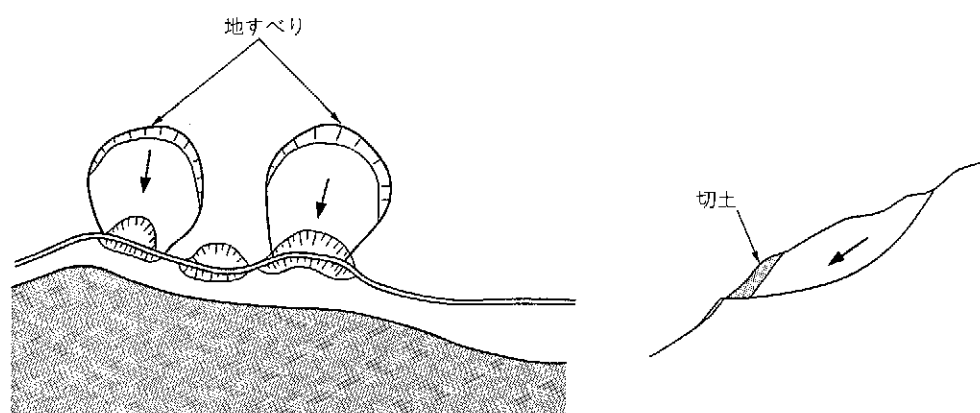


図4-4 地すべり下部での切土による地すべりの誘発

#### 4. 自然になじむ道路

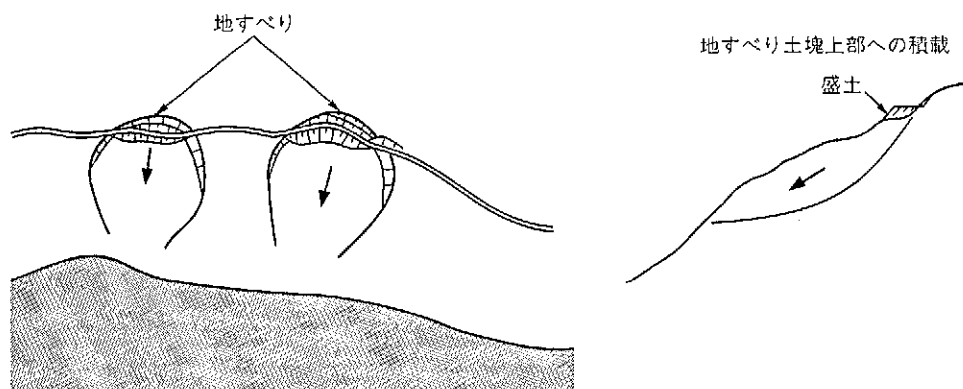


図 4-5 地すべり上部での積載による地すべりの誘発

損なわないで通過することが可能になる。

図 4-6 は地すべりの頭部付近を道路が通過している例であるが、図 4-5 に示した道路法線を少し下げて、地すべりの移動土塊の頭部を切土するように道路を設けることによって、地すべりの滑動力 (D : Driving force) を減ずることが可能となる。

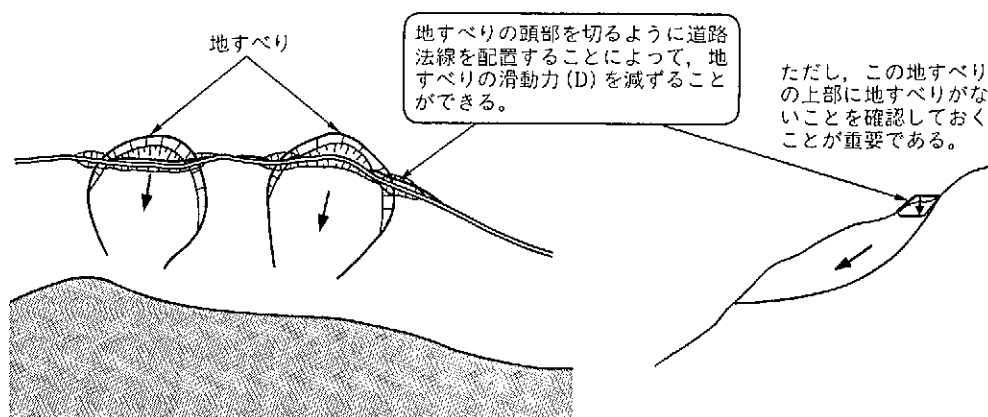


図 4-6 地すべりの頭部を切土するよう道路法線を工夫する

また図 4-7 は、地すべり下部での道路通過の例であるが、図 4-4 に示したような末端での切土を行うような道路法線から、谷側に若干、法線を移し、盛土を行うように道路を計画すれば、地すべりの抵抗力 (R : Resistance force) を増加させることができる。

このように若干、道路法線を動かすだけで、地すべりに対しては全く逆の効果をもたらすことになるから、より慎重に道路計画を行うことが望まれる。なお、このような検討の際には対象とする地すべり以外にもその上側あるいは下側に地すべり地がないかど

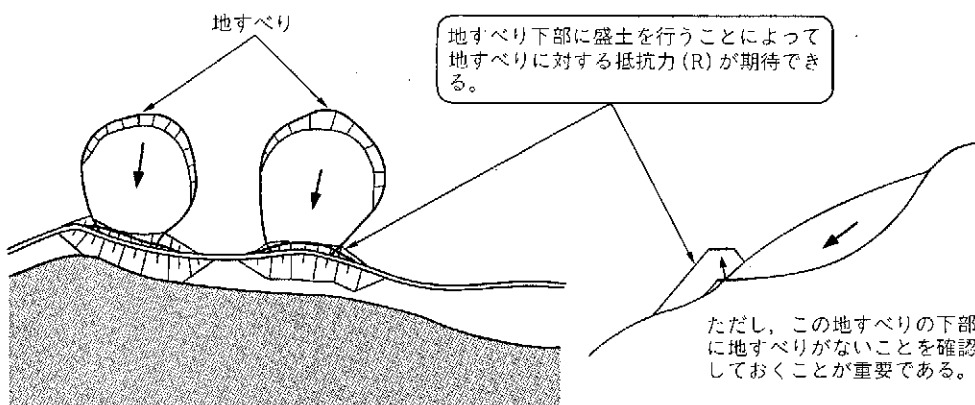


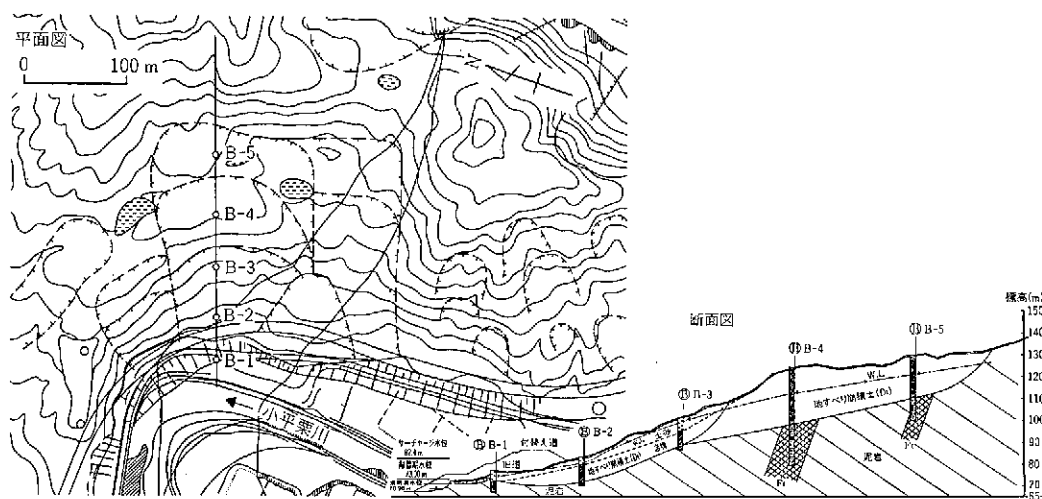
図4-7 地すべりの下部に抑え盛土となるように道路法線を工夫する

うかについても十分に確認を行う必要がある。また斜面には単独でひとつの地すべりが存在することよりも、いくつかの地すべりが連続的に分布していることも多いので、地すべり地の分布を広域的に検討して、最適な法線計画を立てることが求められる。

それでは実際にこのような手法を用いた道路計画例について紹介しよう。

**事例4**は、北海道の小平ダムにおいて、付替道路を押え盛土上に設けた事例である。ダム湖の右岸側の千曲橋と幸福橋の間に位置する地すべり地においては、水位低下時の最低安全率は  $Fs'=0.97$  であり、目標安全率  $Fsp=1.20$  となるよう、地すべり下部に抑え盛土工および地すべり地内の表面排水工を行い、付替道路はその抑え盛土工上部に設けられた。

また**事例5**は、結晶片岩からなる地域における事例である。図に示されるように斜面

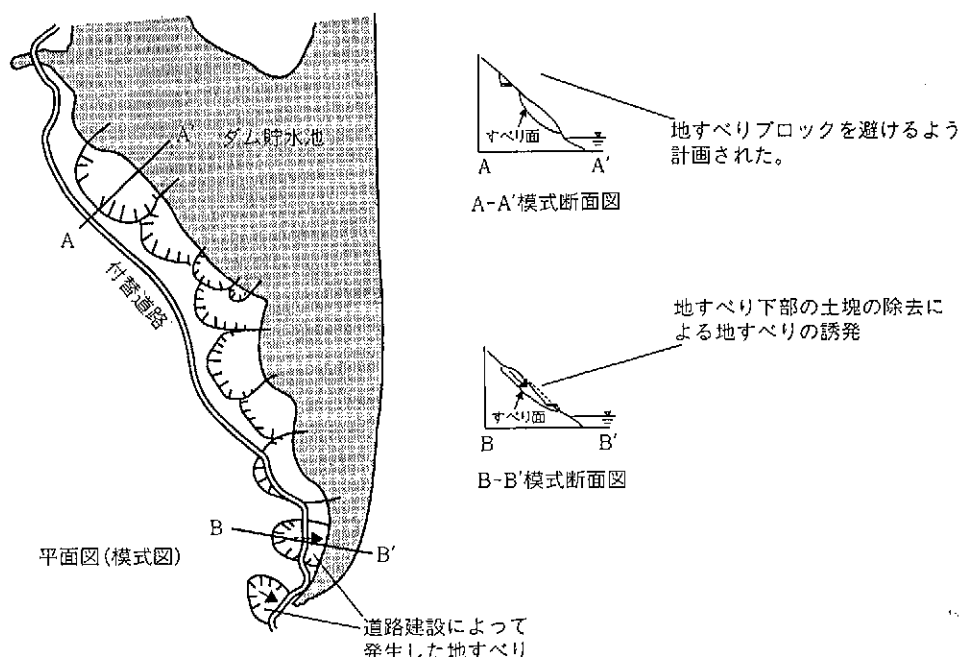


事例4 抑え盛土上部に設けられた付替道路—小平ダム—

#### 4. 自然になじむ道路

には大規模な地すべり地形が存在しており、付替道路はそれぞれの地すべりブロックを避けるよう計画がなされた。しかし、地すべりブロックの上部までの高度をかせぐ部分において、道路長を短くしようとして、十分に地すべり地から距離を離さなかったため、その縁辺部で道路建設の際に地すべりが発生した。

このように地すべりは連続的に分布することが多く、対象とする地すべりの縁辺部においても十分な注意が求められる。



事例5 地すべり縁辺部での地すべりの発生事例

#### 4-1-2 斜面地形に対する配慮

山岳部の斜面に道路を計画しようとするとき、地形や地質など斜面の特性について十分に把握したうえでその計画を進めていかなければならない。道路建設を引き金として斜面崩壊などの災害が生じたり、また供用後も維持管理に多大の労力と費用が必要となるおそれがあるからである。

地すべり地のように地形的特徴が明らかである斜面においては、それを事前に見分けることも可能であり、そこをどのように通過するかについての検討を行えばいいのであるが、それ以外の斜面においても道路建設や湛水などによって初生の地すべりや斜面崩壊などの災害が発生する可能性もある。したがって、すべての斜面において、地形・地

質に関するメッセージを受け取りながら、慎重に道路を計画していく必要がある。

例えば、谷に沿った斜面上の地形遷急線は、谷による侵食が下方から上方へと波及するその最前線であることから、侵食前線と呼ばれる（図4-8）。侵食前線より下位の斜面においては、侵食が活発に行われており、斜面崩壊なども生じやすい。特に河川の水衝部となる斜面においては、斜面の脚部での侵食が活発に行われることになり、地すべりや斜面崩壊が生じやすい。そのため、このような斜面に対して道路を築くときには、細心の配慮が求められる。一方、侵食前線より上位の斜面は、その下位の斜面に比べ傾斜が緩くなっている。上位の斜面は、河川による活発な侵食作用が及んでいない斜面であり、侵食に対しては安定しているが、その一方で風化が著しく進んでいる場合もあり、切土法面の崩壊などについての注意が必要となる。

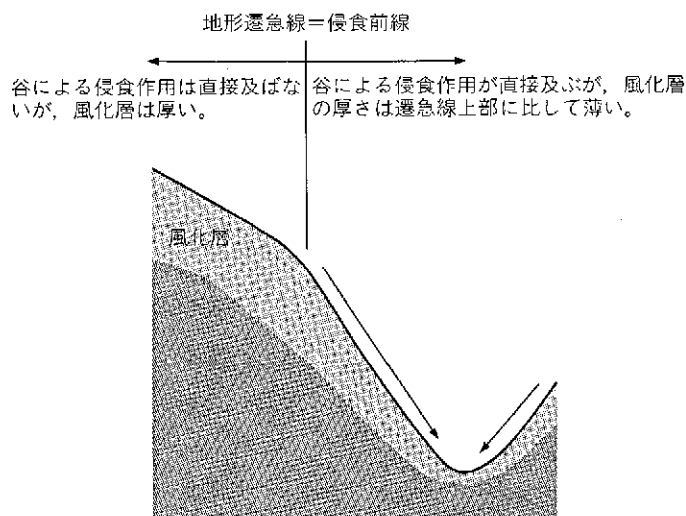


図4-8 侵食前線を示す地形遷急線

地質構造からみた場合には、流れ盤斜面においては地すべりが発生しやすいことはよく知られており、反対に受け盤は安全であると考えられている。しかし、受け盤の斜面は、一般に風化が著しく進んでいることが多いことから、地盤の弛みが発生しやすく、特に急傾斜の斜面において崩壊や地すべりが発生することもあるので、注意を怠ってはならない（図3-2-1. 参照）。

また火山岩などの節理の発達した岩石の場合には、節理面に沿って崩落が生じやすく、特に凍結融解作用の顕著な地域においては注意が必要となる。また固結度の低い第四紀の火山灰層や火山碎屑岩、火砕流堆積物あるいは風化の進んだ花崗岩（マサ）層などは、降雨によってガリーや斜面崩壊を生じやすいため、切土した場合には法面の保護が重要

#### 4. 自然になじむ道路

となる（図4-9）。

谷沿いに発達する河岸段丘の多くは、堆積性の段丘を侵食したものがほとんどであるため、礫が非常に多く含まれている。そのため、礫の抜け落ちによる落石が発生しやすい。

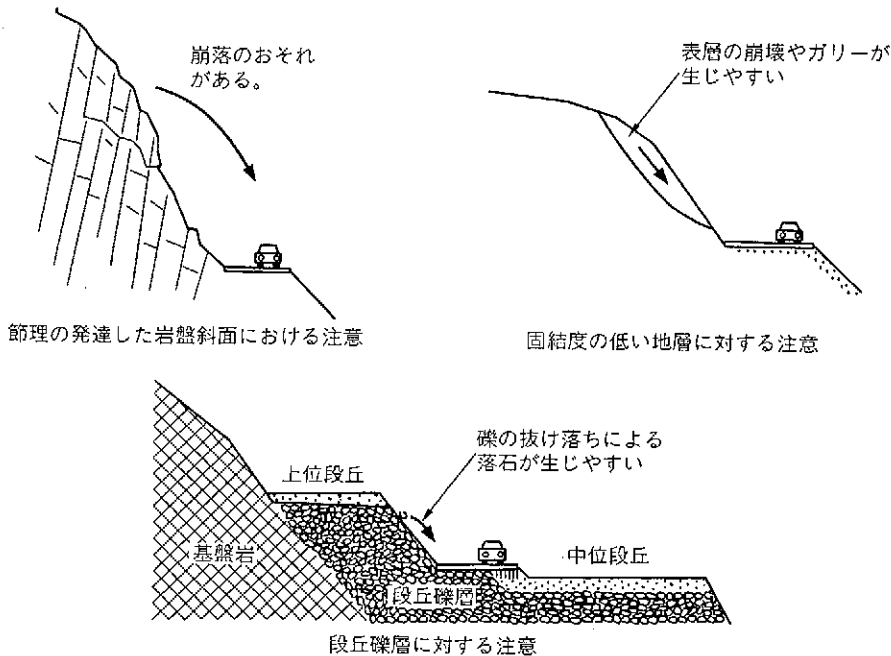


図4-9 地質条件によってさまざまな注意が求められる

このように斜面の性格は、地形や地質などさまざまな条件に支配されており、その性格の違いによって発生する現象も異なる。そのため、道路計画を行うにあたっては、対象となる斜面の性格を認識したうえで、その性格に十分配慮しつつ計画を進めていかなければならない。

#### 急傾斜面における道路計画

山岳部の斜面は、その傾斜が急な場合も多く、そこをどうしても通過せざるを得ない場合も多い。このような急傾斜面において土工によって道路を設けようとする、どうしても斜面の切土量が多くなり、長大な切取法面が形成されることになる。また、山岳部の急峻な斜面において盛土を行うと、長大な盛土法面が発生する。道路計画においては一般に切盛バランスを考慮して発生する残土の量をおさえようとするが行われるが、山岳部の道路では上述の理由からそのバランスを確保するのに苦労する場合が多い。

さらに、長大な切取法面は、景観を損なうばかりではなく、応力開放などに起因する法面崩壊の危険性、法面の維持管理、掘削費のみならず法面安定対策費の増大など、多くの問題を抱えている。また長大な盛土法面は急峻な溪谷地帯においては河床まで法裾が達するケースも多く、河積の減少、盛土斜面の侵食対策のための護岸に多大の経費をかけることにもなる。

それではこのような急峻な斜面に対してはどのような道路計画が望まれるのであろうか。

### 1) 急斜面を避けた法線計画

切取の勾配毎の斜面傾斜と法高との関係を整理してみると、図4-10のような関係がみられる。図は、斜面を均一な勾配をもった平滑斜面と仮定し、幅員5mの切土を行った場合の切土法高を斜面傾斜と法面勾配毎に算出し、それを比較して示している。なお、小段の設置高は7m毎、その幅は1mとして計算している。

図に示されるように、法面勾配にもよるが、斜面の傾斜が35～40°以上に達すると急激に法高は高くなる傾向にある。このように、法高は地山の地質条件と斜面の傾斜に大きく左右されるものであるから、道路法線を計画する段階においては、斜面の傾斜と地山の地質条件には十分に注意し、長大な切取法面が生じることのないような斜面を選んで道路を計画することが望まれる。

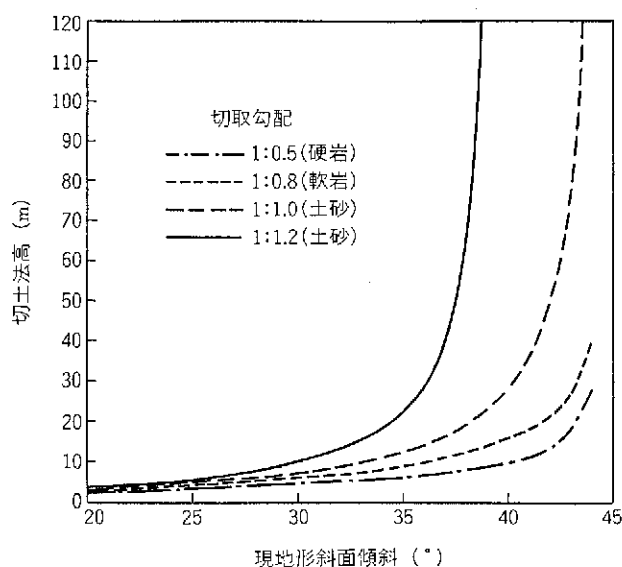


図4-10 斜面傾斜と切土法高との関係

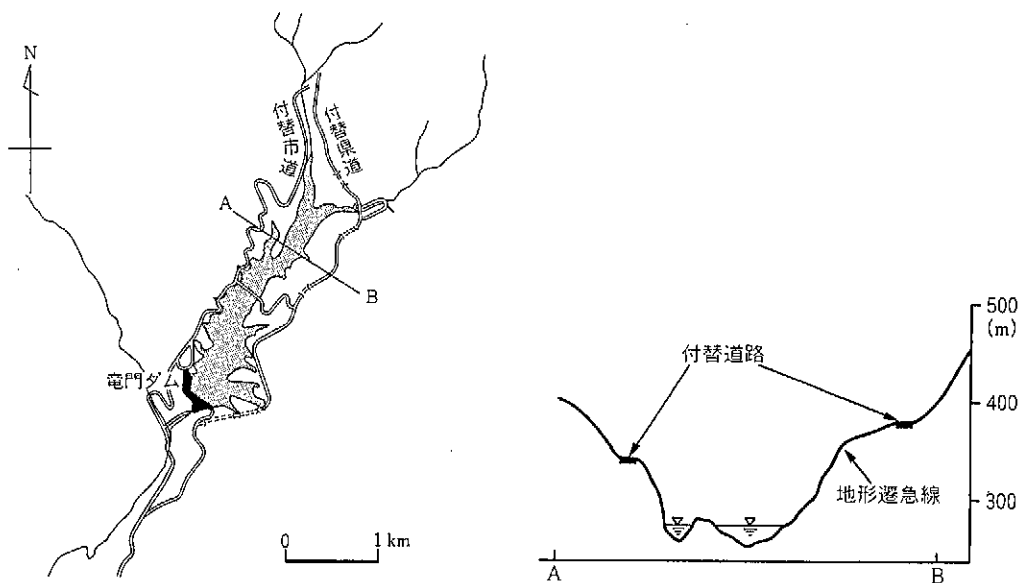
(斜面は平滑な斜面とし、5m幅の切土を行った場合、法小段は7m毎幅1mとして算出)

#### 4. 自然になじむ道路

一般に谷壁の斜面は、谷による侵食作用を受けている部分が急傾斜となっており、一方、侵食作用をほとんど受けない部分は緩傾斜となっていることが多く、この境界部は地形の変換点となっている。このような地形の変換点を地形遷急点（地形遷急点を連ねたものを地形遷急線という）というが、谷壁斜面の地形遷急線は、その下位の斜面が侵食が活発に行われていることを示すものであるから、侵食前線ともよばれている。また、前述のように地形遷急線より上部の斜面では、連続的な緩傾斜面となっており遷急線の縁辺部を除き、谷の侵食に伴う土砂移動の及ぶ可能性がほとんどないことから、地形遷急線上まで道路を引き上げることができれば、あとは地形的に良い条件のもとで道路をつくるのが可能である。

実際のダム付替道路において、地形遷急線より上部の斜面を選んで道路を計画している事例を紹介しよう。

竜門ダム（事例6）においては、湖岸部の斜面より上位の斜面の方が緩傾斜となっている地形的な特徴を生かして、付替となる道路は湖岸には沿わず、湖岸からやや離れた緩傾斜面を選んで計画がなされている。このように道路が計画されると、掘削土量がおさえられるとともに、建設コストや将来的な維持管理面、あるいは自然環境保全の面からも好ましいものであり、今後の道路計画において見習うべき事例である。



事例6 地形の緩やかな斜面を選んだ道路計画—竜門ダム—

ただし、このような緩傾斜面を選んで道路を計画する場合にも注意が必要であることを忘れてはならない。すなわち、周辺の斜面に比べて異質な緩傾斜面は、地すべりに起

因するものも多く、緩傾斜面だと思って道路を建設したら、地すべりが発生したということにもなりかねない。また地形的により上方の緩傾斜面では、深層まで風化が進んでいたり、古い時代からの火山灰層などに覆われていることもあり、十分な地耐力が得られずに、施工段階になって問題となるケースもある。したがって地形条件のみならず地質条件に対する注意も怠ってはならない（図4-11）。

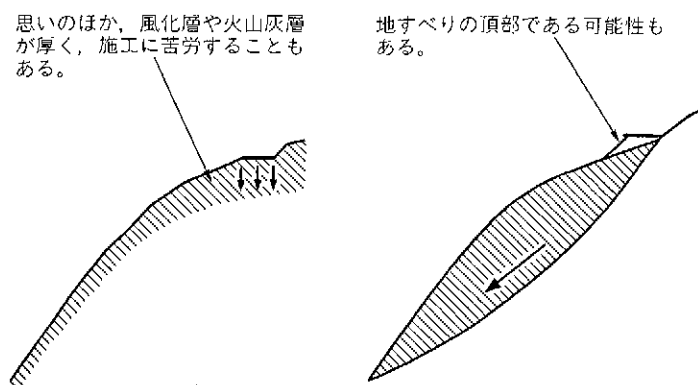


図4-11 緩傾斜面における道路計画上の注意

## 2) 地山に対する切り込み量を減らす工夫

仮に  $35^\circ$  の平滑な斜面に対して切土によって道路を通したとしよう。地山に食い込ませる部分の幅員（切土部幅員とする）と発生する区間長1mあたり掘削土量との関係を示すと、図4-12のようになる。

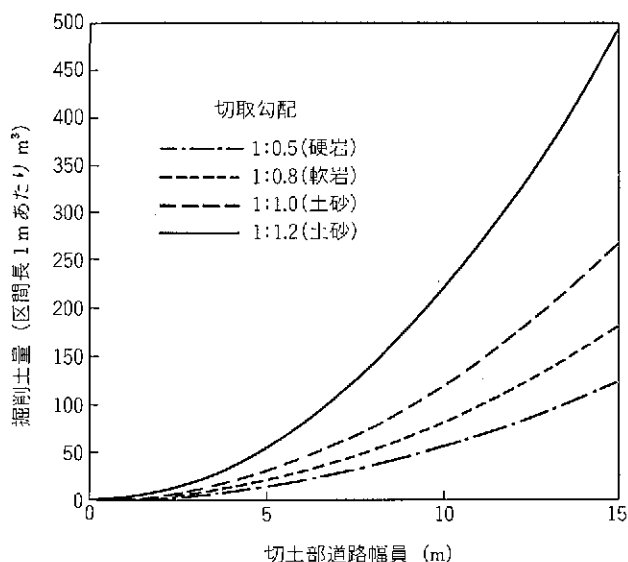


図4-12 地山に食い込ませる幅員と掘削土量との関係

$35^\circ$  の平滑斜面を想定し、法面勾配毎の1mあたりの掘削土量を示す。ただし、小段の設置については考慮していない。

#### 4. 自然になじむ道路

図 4-12 に示されるように、地山に道路が食い込む幅が大きければ大きいほど、土工量は増加する。図 4-12 においては、小段の設置については考慮していないから、法高が高くなり小段を設けることになれば、さらに掘削土量は増加する。

それでは地山に切り込む量を少なくするにはどのような計画手法があるのだろうか。

##### ①道路幅員自体を狭める

土工によって道路をつくる場合、道路幅員が広くなればなるほど、地山に食い込む量が多くなるため、掘削の規模も大きくならざるを得ない。反対に、計画する道路幅員を狭めれば狭めるだけ、掘削土量は減少する。

例えば往復 2 車線の道路を 1 車線としてみたらどうだろうか。仮に道路の幅員を  $1/2$  とすれば、土工量は  $1/2$  以下に減少させることが可能である (図 4-13)。しかしながら、往復 2 車線が必要な道路を 1 車線の道路とすることは、道路のサービスレベルの低下を招くものであり、好ましいことではない。それでは 2 車線道路としての機能を維持したまま、道路幅員を狭める方法はあるのであろうか。

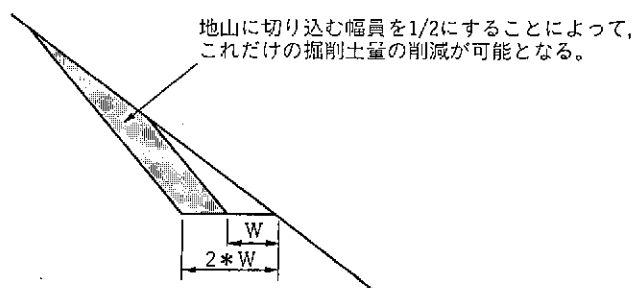


図 4-13 道路幅員の縮小による土工量の削減

そこで提案されるのが、往復 2 方向の道路を完全に分離することである (図 4-14)。仮に  $35^\circ$  の傾斜を有する平滑斜面に対して 2 車線の道路 (幅員を 10 m とする) を 1 本設けた場合と、1 車線の道路 (路肩幅を考慮し、幅員を 6 m とする) を 2 本設けた場合の土工量を比較すると、それぞれの掘削土量は、前者の 1 m あたり約  $80 \text{ m}^3$  に対し、後者では 1 m あたり約  $57 \text{ m}^3$  と  $3/4$  程度に減少させることができる。

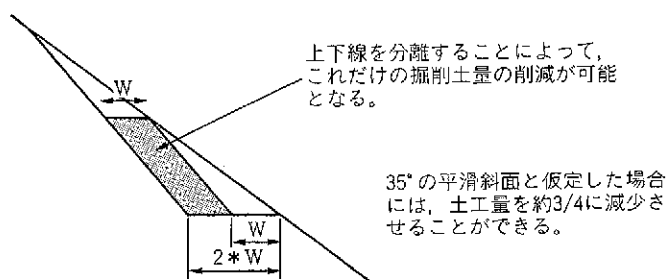


図 4-14 上下線分離による土工量の削減

さらに2つの道路の間に構造物を有効に利用することができれば、土工量は半分以下に抑えることができる（図 4-15）。

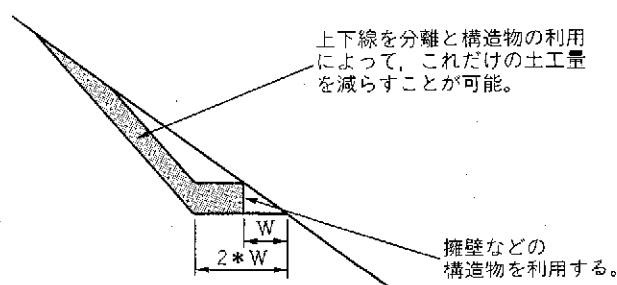


図 4-15 上下線分離と構造物の利用による土工量の削減

このような計画は、計画・設計段階での苦労は多いものの、土工量を減少させることができるとともに、自然環境への影響も小さくすることが可能である。

ただし、1つの斜面に対して2本の道路を建設する場合に、下側になる道路の掘削等によって、その上部の斜面が地すべりを生じさせることもあるため、十分な注意が求められる。

またダム付替道路の場合には、ダム湖の両岸に道路を設けなければならない場合が多い。このような場合には、片岸に2車線の比較的高規格な道路、その対岸に待避所を随所に設置した1車線の林道を基本とした道路が計画されることが多い。このような場合には、思い切って湖畔を周回するように両岸とも1車線の一方通行の道路にするなど、掘削する土量を減らすような工夫も必要であろう。

#### 4. 自然になじむ道路

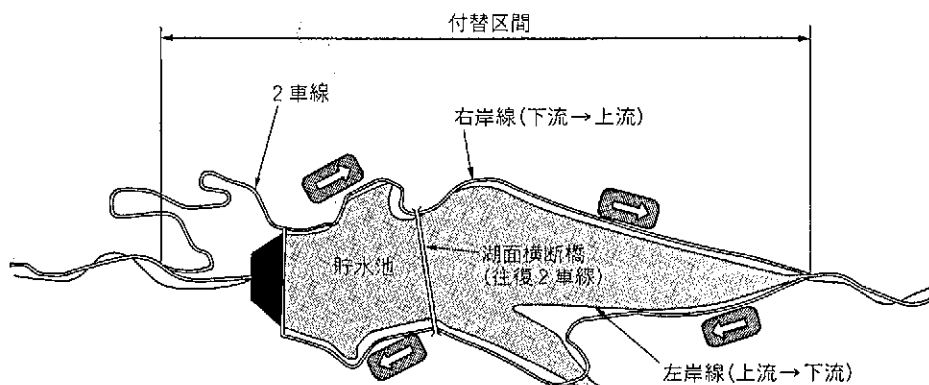


図4-16 湖周を一方通行にすることによって土工量の削減が期待できる

また、路肩や側溝など、車道となる部分以外の計画においても、十分にその機能を確保したうえで、少しでも道路断面を小さくするような工夫が望まれる。

さらに逆に道路幅員が広くなるような道路をつくらないような配慮も必要である。山岳部を走る交通量の多い道路において急勾配の道路をつくれば、登坂斜面が必要となり、より大規模な掘削が必要となる。ダム付替道路の場合には、ダム堤体の高低差をかせぐために急勾配の道路を計画する場合も多いから、十分に注意する必要がある。

#### ②トンネルや橋梁を利用する

斜面と道路とを完全に分離することができれば、斜面にほとんど手を加えることなく、道路を計画することが可能となる。このような斜面と道路との分離を可能とする方法が橋梁あるいはトンネルによるものである（図4-17）。

これらの方法は、地形の改変が少なく、自然環境に対する影響が小さいこと、特に生態系を分断することなく、道路をつくることができるのが大きなメリットであるといえる。その反面、単位距離あたりの建設コストがかなり高価なものとなることが大きなデメリットとなっている。しかし、これらの方法を利用すれば、土工に比べて道路延長を短くすることも可能である。さらに、土工の場合には大規模な法面の保護工や地すべり対策などが必要となることもあるから、実際の建設費からみれば安くなることもある。

ただし道路に林野へのアクセス機能が期待されている場合には、橋梁やトンネルを利用するとその機能を果たすことができないことから、利用者の理解を得る必要がある。

橋梁やトンネルの利用は、上述のメリットのために国立公園内など特に自然環境の保全に配慮すべき地域において用いられていることが多い。ダム付替道路においても、このような事例がいくつかあるが、これらの事例については、「4-3. 生態系になじむ道路」

において紹介する。

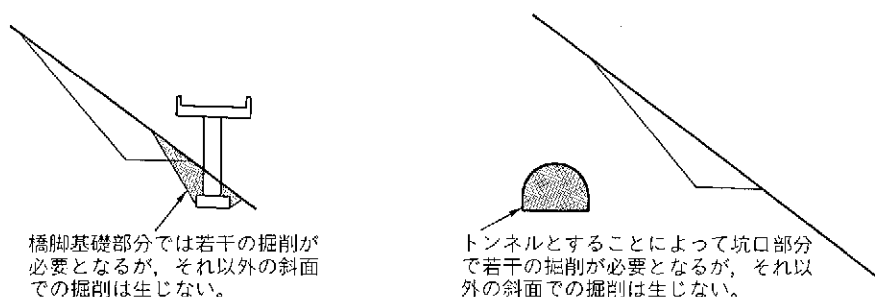


図 4-17 橋梁・トンネルの利用による土工量の削減

### ③構造物を利用して道路法線を谷側へ移動する

道路法線を谷側に移動することができれば、地山の掘削量を減らすことが可能である。盛土を行うことによっても道路法線を移動することが可能ではあるが、急峻な斜面においては逆に盛土法面が長大なものとなってしまう、現実的ではない(図 4-18)。そこでこのような場合には、擁壁や栈橋構造を利用して、道路法線を少しでも谷側に移動することも検討されるべきであろう。

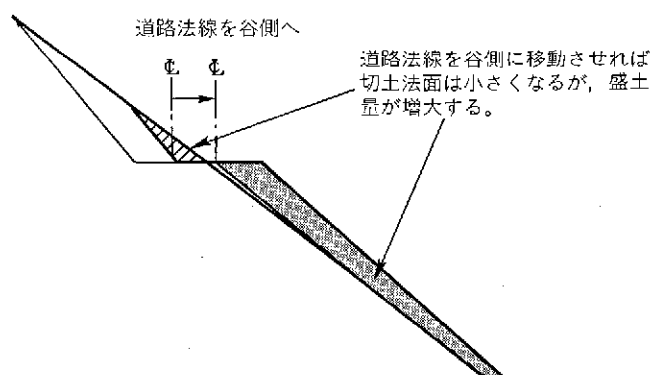


図 4-18 道路法線を谷側にずらせば盛土量は増大する

図 4-19 に示すように、擁壁、栈橋構造を用いた場合とも道路法線を谷側に移動することが可能であるが、斜面の傾斜が急になると擁壁はその高さが高くなることから、栈橋構造の方が有利とされている（実績値からは擁壁の高さは 14～15 m 程度が限界<sup>24)</sup>）。

#### 4. 自然になじむ道路

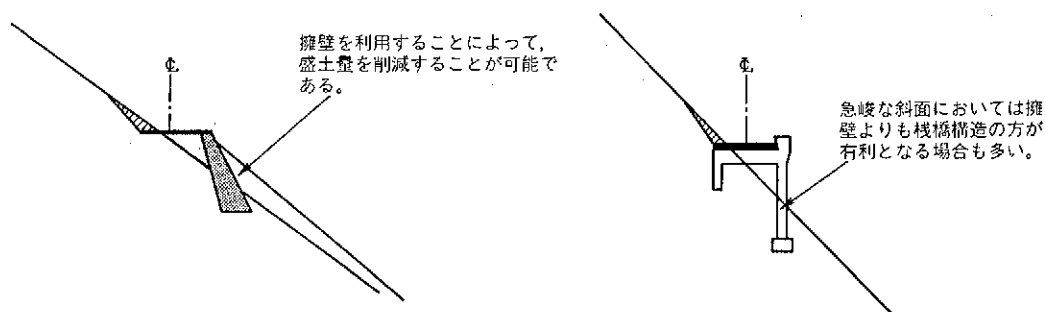


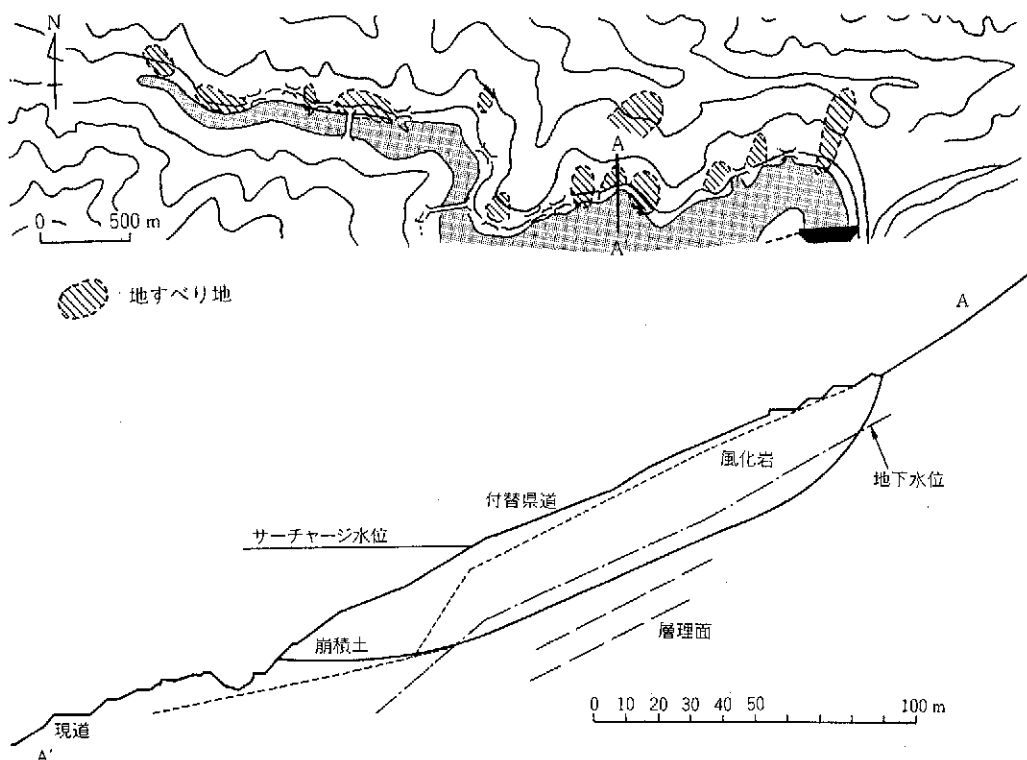
図 4-19 擁壁・栈橋構造による土工量の削減

急峻な斜面に対してこのような構造物を設ける場合に、支持層が深いと、その基礎工に苦勞することもある。それは斜面が急すぎて大型機械の搬入が難しいためであり、結局のところ人力掘削による深礎工法が採用されることが多い。そのため、結果としてトンネルにした方が安かったということにもなりかねないので注意が求められる。

#### 流れ盤斜面における注意

地質構造が流れ盤となっている斜面では、たとえ斜面の傾斜が緩くとも、斜面下方での切土などによって、流れ盤に沿う地すべりを引き起こすこともある。流れ盤の斜面の地すべりは、一度滑動を始めるとそれを止めることが難しく、尾根筋まで切り直す必要が生じる可能性もあり、道路計画においては十分な配慮が求められる。

事例 7 は、中央構造線近くの三波川変成帯に位置するダムにおける付替道路の事例である。当地域は、劣化が著しい緑色片岩・黒色片岩などの結晶片岩からなっており、地質的に脆弱な地域である。付替となったのは県道 1 路線および町道 1 路線であり、南向き斜面となる左岸に付替えるように計画された。また右岸には林野管理およびダム管理のための道路が設けられることになった。この計画に対して、地質構造的には、左岸側が流れ盤、右岸側が受け盤となっていたため、県道および町道のルート上では多くの地すべりが見い出され、それが湛水の影響を受けて不安定化することから、多くの地すべり対策工が必要となった。そのため、結果としてコスト的にはかなり割高な道路となった。



事例7 流れ盤斜面に道路を計画し、苦労した例

### 受け盤斜面における注意

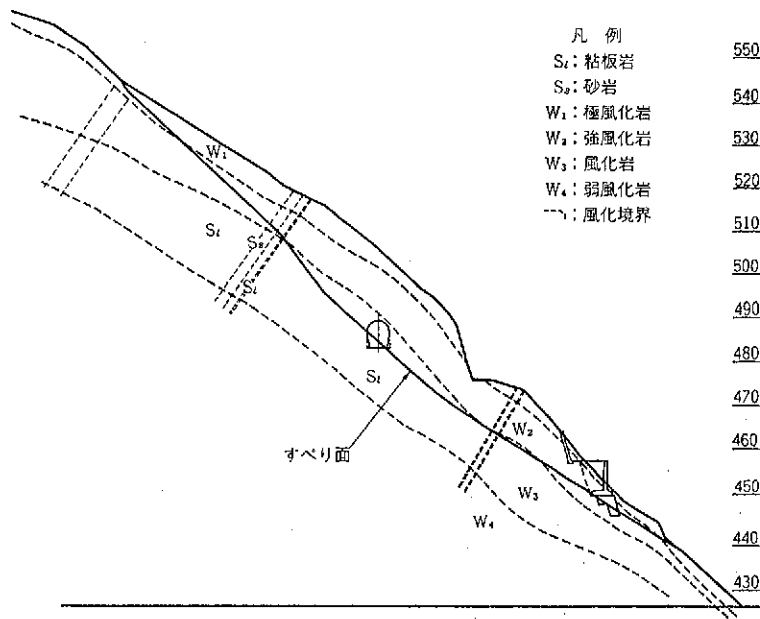
一般に地質構造が受け盤となっている斜面は、流れ盤斜面に比べて安全であると思われるが、必ずしもそうではない。受け盤の斜面では、その深部まで風化が進んでいることも多く、ゆるみも発生しやすい。また、流れ盤斜面とは異なった形態の地すべりや斜面崩壊が発生することがある。また同一の斜面に風化速度の異なる岩石が露出していると、風化速度の違いに起因してオーバーハングも生じやすく、崩落や落石が生じるおそれもある。

したがって、道路計画においては、受け盤だからといって安心することなく、十分に斜面の状態に配慮をしながら、その計画を行うことが望まれる。

事例8は、砂岩と粘板岩の受け盤斜面である。表層の風化が著しく進んだ急傾斜面となっており、斜面下部への工事用道路の建設によって地すべりが発生した。斜面の上部には付替のトンネルが設けられていたが、法線が地すべり面に位置していたことにより、地すべり滑動の影響を受けて変状が生じた。

また急角度の層理、節理、あるいは割れ目の発達した斜面の場合には、トップリング

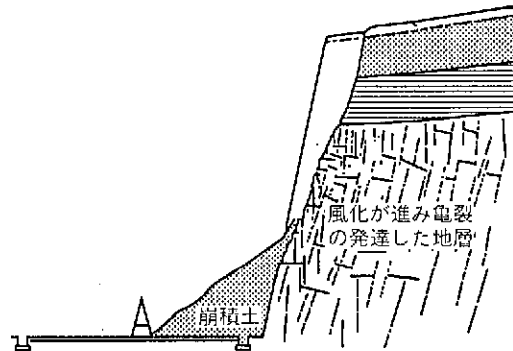
#### 4. 自然になじむ道路



事例 8 急傾斜の受け盤斜面での地すべりの発生例

による大規模な崩壊や落石などを引き起こすことがあり、十分な注意が必要となる。

事例 9 は、粘板岩および砂岩からなる法面において崩壊を引き起こした事例である。法面の下部は亀裂の発達する粘板岩、その上部は砂岩となっている。最大時間雨量 26.5 mm の強い降雨に伴って、割れ目の発達する下部層の崩壊が進み、上部の砂岩を含めて斜面崩壊を引き起こした。

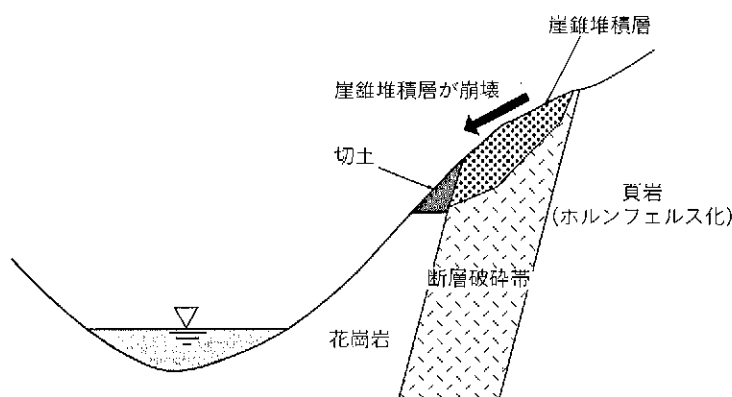


事例 9 割れ目の発達する岩質からなる斜面での斜面崩壊の発生例

事例 10 は、ほぼ垂直な層理面を有する斜面における道路建設に伴う崩壊の事例である。

当地域は、貫入した花崗岩とその影響を受けホルンフェルス化した頁岩からなる。接

触境界付近は幅数 m の断層破碎帯となっており、その上部には厚い崖錐堆積物が覆っている。道路は花崗岩を掘削するように計画されていた。建設に際して、掘削を終え、路肩擁壁の床掘作業を行っている段階において、幅 70 m、高さ 60 m にわたって地山の崩壊が発生した。幸いにも人身事故はなく、路肩擁壁の一部が破損した程度であった。崖錐堆積層や破碎帯を支えていた花崗岩を、切土によって除去したことにより不安定となって崩壊したものと考えられる。なお、対策工としては、崖錐堆積層と上部不安定岩塊の切除によって斜面の安定を図るとともに、法面保護工は現場吹付法枠工とし、枠内については厚層基材吹付による緑化が施されたが、新たに発生した切土量は約 110 000 m<sup>3</sup>、法面工は約 23 000 m<sup>2</sup> にものぼる大規模なものとなった。



事例 10 垂直な層理面を有する斜面における道路建設に伴う崩壊の事例

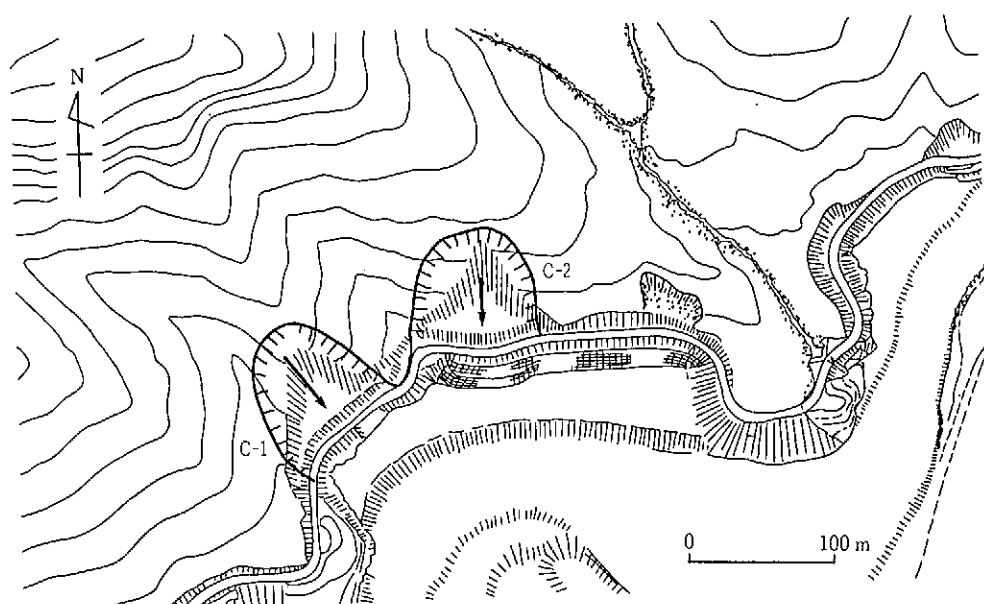
### 水衝部斜面における注意

曲流する河川の水衝部となる斜面は、常にその脚部を削りとられることから、地すべりや斜面崩壊が発生しやすい環境下にある。そのため、水衝部となる斜面に対して道路を計画する場合には細心の注意が求められる。

事例 11 は、水衝部となる斜面において発生した法面崩壊の事例である。当地域の岩質は、花崗岩の貫入を受けた中古生層の砂岩からなる。時間雨量 27 mm にも達する豪雨に伴って、水衝部にあたる貯水池右岸の管理用道路の山側法面が、幅 30 m、長さ 60 m にも及ぶ大規模な崩壊を引き起こした。管理用道路の落石防護柵、転落防護柵（ガードレール等）を破壊するとともに、貯水池にも多量の土砂を流入し、貯水池の有効容量を減ずるに至った。崩壊した斜面は風化した砂岩となっており、岩塊の亀裂に沿って雨水などの地表水が流入し、法面内の過剰間隙水圧の発生によって崩壊を起こし、法面上方に拡大していったものと考えられる。その翌年にも、隣の斜面において同程度の崩壊が発

#### 4. 自然になじむ道路

生している。このような水衝部の斜面において、道路を計画しようとするときには、周囲の地形・地質に十分に注意して、その計画を進めていく必要がある。



事例 11 水衝部斜面における斜面崩壊の発生例  
C-1 最初に発生した斜面崩壊 C-2 翌年発生した斜面崩壊

#### 4-1-3 トンネル・橋梁のレイアウト

地形の凹凸に沿って道路法線を計画すると、屈曲の多い道路となることが多い。このような道路は、どうしてもカーブでの減速が求められることになるから、低速な走行が強いられることになる。林道などの周辺へのアクセス機能が中心となる道路においては、このような道路法線であってもやむを得ない場合も多い。しかしながら、高度な交通機能が求められる国道や県道などの幹線道路においては、道路構造令に基づく規格の高い道路法線の計画が求められる。

現在ではこのような道路法線を実現するためには、トンネルや橋梁は不可欠である。また自然との調和の観点からも極めて有効なものである。

現在ではトンネルや橋梁の施工技術が飛躍的に進歩してきた。極言すれば、これまでつくられた最も長い橋やトンネルのオーダーの範囲では、また、これまで克服してきた地形・地質条件の範囲内では、どのような地形条件、地質条件であろうとこれらの構造物を設けることは可能である。しかしながら、道路法線を計画する際には、トンネルや橋梁などの重要構造物のレイアウトは、当然のことながら最も重要な課題である。トン

ネルや橋梁のレイアウトの良し悪しにより、建設費はもちろん、維持管理費は何倍も変わってくる。すなわち、トンネルの坑口、橋梁の橋台、橋脚の位置の設計がそれらを左右する。

それでは、トンネルや橋梁などの道路法線を採用する場合に、どのような配慮が求められるのかについて述べてみよう。

### トンネル計画における注意

道路法線を計画する段階において、トンネルとするか否か、またトンネルとする場合にはどのような法線とするかについて、地形条件のみならず地質条件についても十分に気を配ることが望まれる。そのことによって、後の設計・施工段階のみならず管理段階での苦労がかなり軽減される。そこで、ここではトンネルの計画において配慮すべき事項についてまとめた。

#### ①地質的弱部を避ける

断層破碎帯や大規模な風化帯が集中した地質的弱部においては、その周辺において湧水に苦労したり、また十分な強度を得ることができずに、トンネル掘削にあたって苦労するのみならず、供用に移ってもトンネルの変位等が生ずることも多い(図4-20)。そのため、道路法線を計画する段階において、このような地質的弱部の存在については十分に調査し、このような箇所をできるだけ避けるようにトンネルを設けることが望まれる。特にトンネル坑口位置の選定にあたっては、極力、このような地質的弱部を避けるようにすることが求められる。

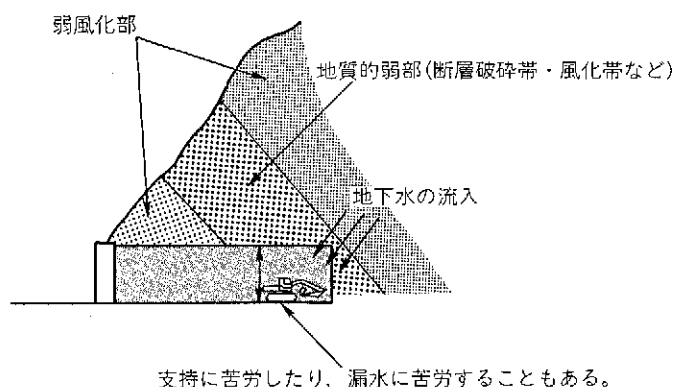


図4-20 地質的弱部におけるトンネル計画

#### 4. 自然になじむ道路

##### ②地すべりを避ける

トンネルの掘削が、活動を停止していた地すべり地を再び活動させることもある（図4-21）。このような地すべり地に対してトンネルの坑口を設ける場合には、工事中のみならず供用期間に移っても地すべりの安定化対策に苦勞することもあるので、特に坑口位置については、当然のことながらできるだけ地すべり地形を避けるようにすることが望まれる。

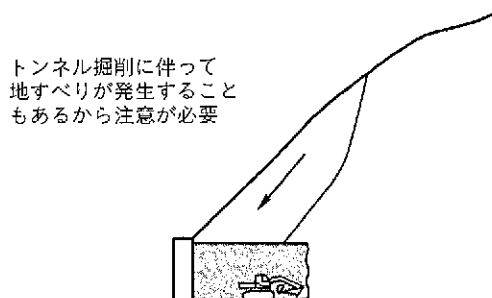


図4-21 トンネル掘削によって発生する地すべり

また地すべり地形の位置する斜面の地中をトンネルで通過しようとする場合には、すべり面より下位にトンネルを設けることはもちろんであるが、すべり面と十分な距離を確保するよう配慮が求められる（4-1-1. 参照）。

##### ③岩盤斜面では断層、亀裂などに注意する

岩盤斜面は、岩盤としての強度自体が高くとも、断層や亀裂などの弱部、あるいはそれらの弱部を形成する可能性がある節理面や層理系が存在すれば、それが弱部となって岩盤が崩落する可能性もある（図4-22）。そのため、岩盤については十分な調査を行い、それに基づいた十分な安全対策が求められる。また大規模な崩落が予想されるようであれば、当初よりそれらに対する十分な崩落対策を実施するか、あるいは道路法線の再検討が望まれる。特に坑口部分など地山被りの薄い部分においては、十分な調査を行い、

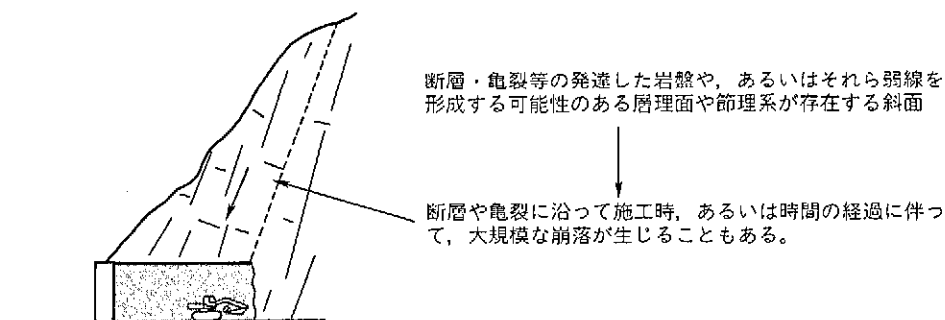


図4-22 岩盤斜面における断層に対する注意

その安全性を確保することが望まれる。

また特にトンネル坑口の上部斜面においては、施工時には安定していても、時間の経過とともに斜面に変状が生じるおそれもあり、十分な配慮が求められる(図4-23)。流れ盤斜面では、その下部を掘削すれば、時間の経過とともにスライディングが促進される傾向にある。また火山岩等の柱状節理の発達する岩盤の場合には、バックリングに対する配慮が必要となる。一方、受け盤の斜面においては、トンネルやその上部斜面での掘削によって、深層風化が促進されることによる坑口上部斜面が不安定化するおそれもある。したがって、道路計画・設計段階においても、このような時間経過に伴う変状についても配慮することが求められるとともに、その後も十分な維持管理が望まれる。

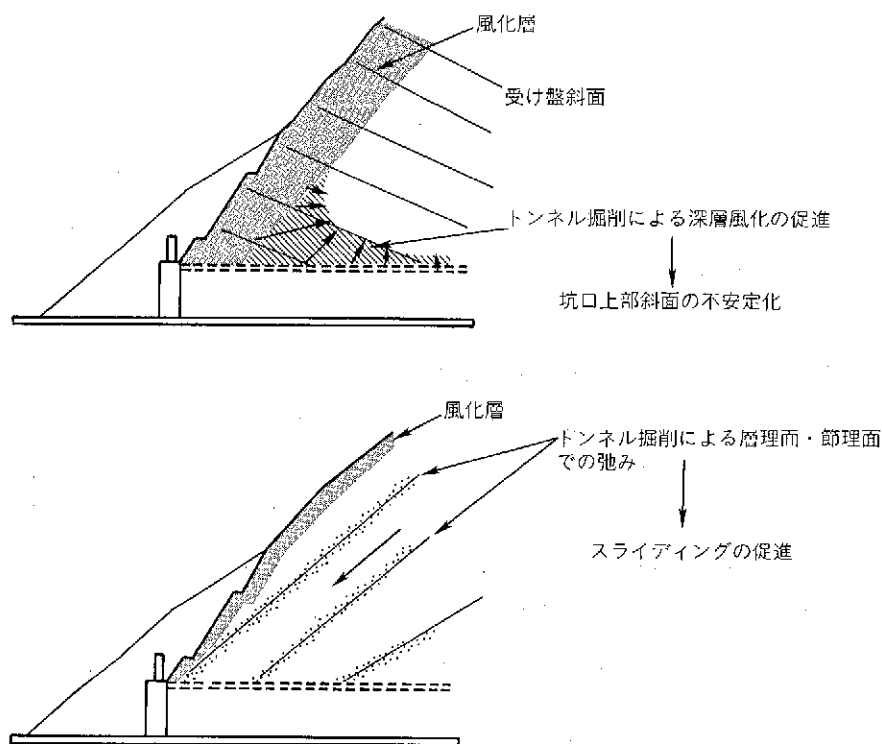


図4-23 時間経過に伴う斜面の変状 (左：受け盤斜面、右：流れ盤斜面)

#### ④トンネルに対する偏圧に対する配慮

トンネル断面に対して偏った地圧がかかると、トンネル坑の破壊が引き起こされることもある。そのため、トンネルに対して偏圧がかからないように、トンネル法線は斜面に対してできるだけ交差角を大きくとるように設けることが望まれる (図4-24)。

#### 4. 自然になじむ道路

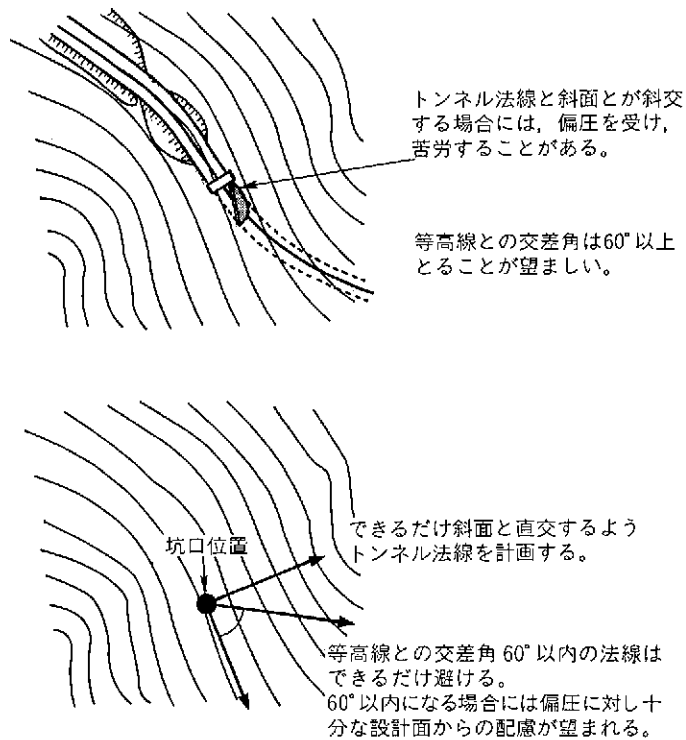
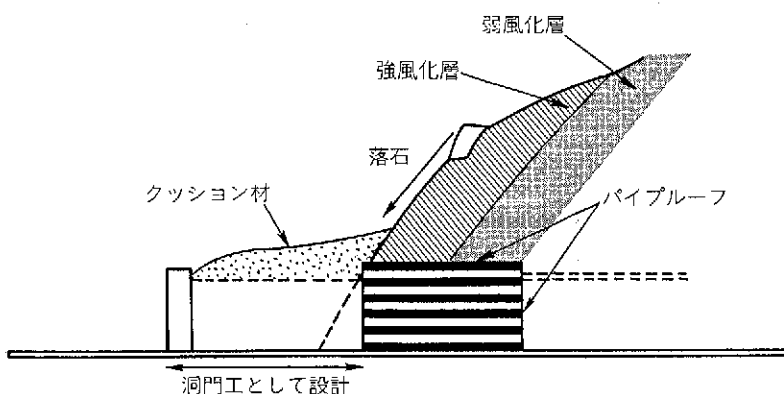


図 4-24 トンネル坑口部における偏圧に対する配慮

#### ⑤坑門を地山より前に出すか奥に切り込ませるか

トンネルを計画する際には、坑門を地山より前に出すか、それとも地山より奥に切り込ませるか、坑口導入部の設計が課題のひとつとなる。

冬期の雪崩防止の観点からのみいえば、トンネル坑門を地山より前に出した方が、トンネル坑門上部斜面での雪崩の危険を避けることができるため有利である。また自然環境の保全という観点からも、地形改変を行う範囲が限定できることから、好ましいといえるであろう。しかしながら、上部斜面での落石や崩壊、崩落などのおそれがあるような箇所では、前に張り出した坑口部分には、それらに耐えられるような強度を有するような坑口導入部の設計が求められる（図 4-25）。



- ・落石・雪崩等に対して十分な強度を確保すること(洞門工同様の設計を行う)。
- ・坑口導入部上部は上位標高からの落石に対して十分なクッション材の被覆が求められる。
- ・パイプルーフなどで地山の弛み等に対する十分な対策が求められる。

図4-25 坑門を地山より前に出した場合

一方、坑口部分の地山の風化が進んでいたり、亀裂のある岩盤など、トンネルの掘削によって坑口上部の斜面が不安定となるおそれがある場合には、その不安定な部分を除去するという考え方から、トンネル坑門を斜面に切り込ませることもひとつの案となろう。また少しでも工費を安くしようと、深く地山に切り込むと、逆に地山の安定を失い、その安定化のための対策に苦勞することにもなるので注意が必要となる(図4-26)。

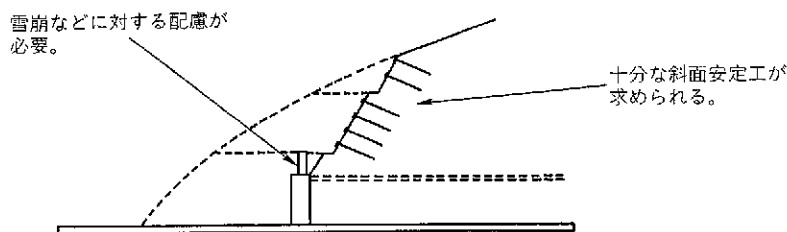


図4-26 トンネル坑門を地山に切り込んだ場合の注意

トンネルの坑口を斜面に対して前に出すか切り込ませるかについては、供用後の安全性もふまえ、工費のみにとらわれず、地質などのさまざまな条件に配慮した検討が求められる。

## ⑥水循環に対する配慮

トンネルを掘削することによって、トンネルに沿って多くの地下水の流入がみられることも多い。トンネルに沿って流れる地下水は、当然、トンネルの傾斜に従って流下することになる。仮にトンネルを一方向に下るように縦断線形を計画すると、流入した地

#### 4. 自然になじむ道路

下水が分水嶺を超えて流下することになる。そのため、特に異なった水系をつなぐように設けられるトンネルの場合には、流域としての水収支に影響を及ぼすおそれもある。必ずしも地形的な分水嶺を境として地下水も分断されるというわけではないが、トンネルの縦断線形を計画する際には分水嶺を凸部として計画するなど、水循環に対する影響をできるだけ小さくすることも、自然になじむ道路計画に求められる課題である（図4-27）。

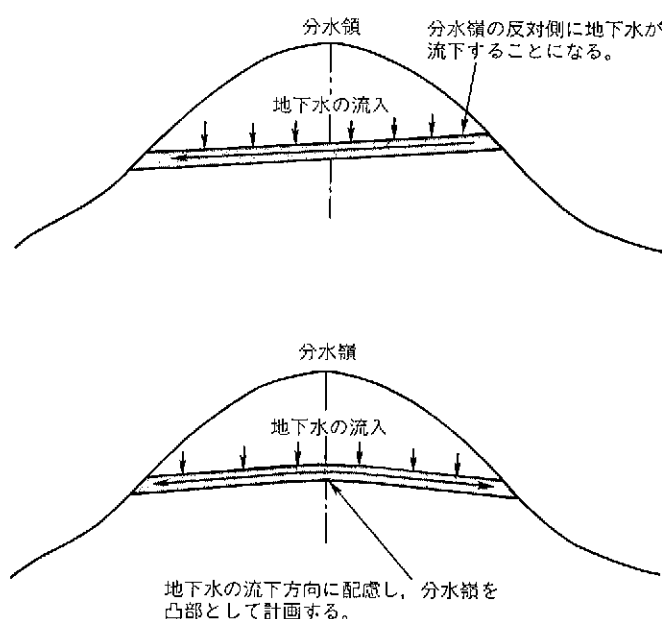


図4-27 水循環になじむトンネル計画

#### ⑦道路線形に対する配慮

トンネルの位置の選定およびその法線の検討にあたっては、トンネルやその前後部の平面線形、縦断線形とも極端な屈曲とならないよう配慮することが望まれる。

#### 橋梁計画における注意

橋梁は、地山との接点の少ない構造物である。そのため、地山との接点となる橋台部・橋脚部に十分な支持力さえ確保できれば、あとは机上の理論で設計することが可能である。そのため、道路法線を計画する段階において、橋梁技術に過度に期待するあまり、地形や地質などの条件に対する配慮が不足し、いざ施工を行う段階になってかなり苦労することもある。逆に考えれば、地山との数少ない接点で橋桁を支えなければならない

のであるから、その接点となる橋台部、橋脚部の位置の決定にあたっては十分な配慮が求められる。

それでは橋梁の計画にあたって求められる配慮について述べてみよう。

### ①谷地形に対する注意

谷地形は、地質的な弱部に支配されて発達することが多い。したがって谷地形に重要構造物を設ける場合には十分な注意が求められる。特に地形的なリニアメントと合致するような谷地形においては、谷に沿って大規模な破碎帯を伴った大きな断層が走っていることを示している場合が多い。そのため、このような箇所には橋脚を設けようとすると、その基礎工に苦勞することも多い。

橋台・橋脚位置については、地形的条件からのみ橋脚位置を与件として決めて、その場所で支持力を得ようと苦勞している例も多いが、自然になじむ道路の設計の観点からは、周辺の地質条件を十分に確認したうえで橋台・橋脚位置を設定することが望まれる。そのためには、地質図から得られる情報はもちろんであるが、架橋位置での谷地形に沿った物理探査を行うなどによって、事前に大規模な断層や破碎帯、風化帯などの存在を把握することが求められる。橋台・橋脚位置を選定する際には、このような調査に基づいて、大規模な地質的弱部を避けて、容易に支持力が得られる箇所を選定することによって、橋脚の基礎工は大幅に小さいものですますことが可能となる（図4-28）。

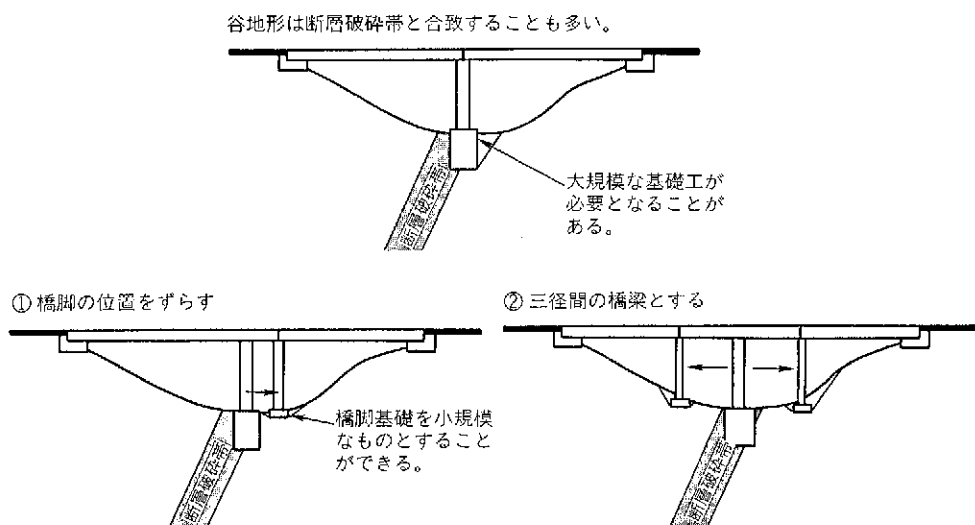


図4-28 大規模な地質的弱部に対する橋梁計画上の配慮

#### 4. 自然になじむ道路

##### ②地すべり地形を避ける

橋梁は、橋台・橋脚のみを接点として支えられるものであり、十分な支持力を得るとともに、それが安定したものでなければならない。そのため、特に地すべりに対しては十分な注意が必要となる。地すべり地に橋台・橋脚の基礎工を設けようとする、その地すべり対策に十分な安全率を確保することが求められるから、大規模な地すべり対策が必要となることも多い(図4-29)。また貯水池沿岸斜面に設けられる道路では湛水に伴う安全率の低下が予想されるから、より大規模な対策が必要となることもある。したがって、地すべりの可能性のある地すべり地形については、できるだけそれを避けるように橋台・橋脚位置を選定することが望まれる。

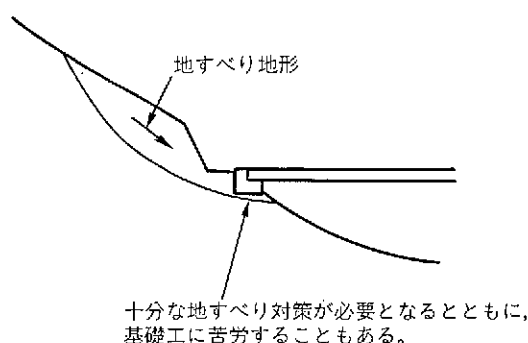


図4-29 地すべり地形に対する注意

##### ③道路線形の連続性の確保

橋梁は、建設コストのみから考えれば直橋とすることが望まれる。このような直橋を設ける場合には、どうしてもその取付部分での屈曲が必要となる場合が多い。また逆に無理に道路線形を良くしようとすると、大規模な地形改変が必要となることも多い。そのため、橋梁を含めた道路法線を計画する際には、地形改変をできるだけ小さくするとともに、良好な道路線形を保つことができるよう、橋梁の架橋位置の検討、橋梁法線の検討が求められる。

#### 4-1-4 断層と道路

##### 正断層と逆断層

一般に谷地形は、リニアメントとなり、断層線となっている場合も多い。このような場合、その断層が正断層か逆断層かということも道路ルート選定にあたって十分に検討

しておくことが望まれる項目であると考えられる。特に逆断層の場合には、逆断層の上盤は下盤と比べ、破碎や乱れが極端にひどく、地質的に弱部を形成していることが通例である(図4-30)。したがって、逆断層の場合には、できることならば逆断層の下盤側斜面に道路ルートを策定することが望まれる。

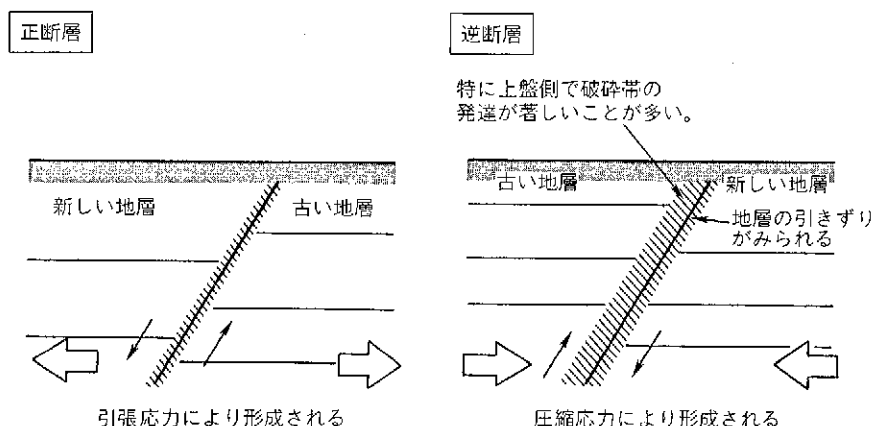


図4-30 正断層と逆断層

#### 第四紀断層と道路

道路は線状の構造物である。したがって、第四紀断層の存在が既往の文献等によって明らかとなっていたとしても、それを全て避けることは現実的に不可能であり、必ずどこかで横断しなければならない。それでは第四紀断層に対してはどのような配慮が求められるのであろうか。

たとえ活断層といっても、第四紀において活動した履歴が、リニアメントなどの地形的痕跡や地質的痕跡から想定されるものをいうのであり、そのうち活動度、規模等がAクラスのものであってもその活動の頻度は一般的にはせいぜい数千年に一度というレベルであり、それらより規模の小さいものにあつてはさらにその活動頻度は減少する(注：日本には恒常的に活動する地上のクリープ性断層は存在しないと考えられている)。したがって、第四紀断層の存在がわかっていても、またその道路の社会的な寿命の間に動く可能性は極めて稀であり、実務的にはほとんど零とみなしてよい程度と考えられる。実際に、このような事例の報告は、伊豆半島を貫く東海道本線丹那トンネル掘進中の横ずれ断層の活動等、数例にすぎない。また断層の活動に関する予測も実質上は不可能であるということを考えあわせると、既往文献等によって第四紀断層の存在がわかっていても、それらの技術的な対応は基本的には通常の断層と同じということにな

#### 4. 自然になじむ道路

る。

しかし、活動の頻度が数百年から千年程度に一回というような超Aクラスの断層については、基本的にはその対応は同じではあるが、その道路の社会的寿命の間に断層変位が生じるという最悪の場合を想定した設計上の配慮が求められる。すなわち、その断層活動が生じた場合の被害を最小限とし、またその後の補修をできるだけしやすいような配慮である。

補修工事の容易性を考慮すれば、断層をはさむ部分の道路構造は、橋梁やトンネルといった剛構造物ではなく、切土や盛土等の土による柔構造物の設計の方が望ましい。また同じ柔構造物であっても、その規模をできるだけ小さくした方が、補修工事は容易であり、超Aクラスの第四紀断層に対する配慮としては望ましいといえることができる。

しかしながら、地形条件や前後の道路法線の関係上、橋梁やトンネル等のハードな剛構造物とならざるを得ない場合もある。このような場合はどう考えればいいのか。

橋梁構造物の場合は、橋脚、橋台など、点状の構造物によって支えられおり、基本的に断層そのものから避けることが可能である。そして断層をはさんだ両側の間の桁構造は単純桁（シンプルビーム）とすることが、補修を考えれば望ましいということになる。すなわち、連続桁構造よりも単純桁構造にし、道路という線状の設計において、その部分だけ縁を切っておくという思想である（図4-31）。

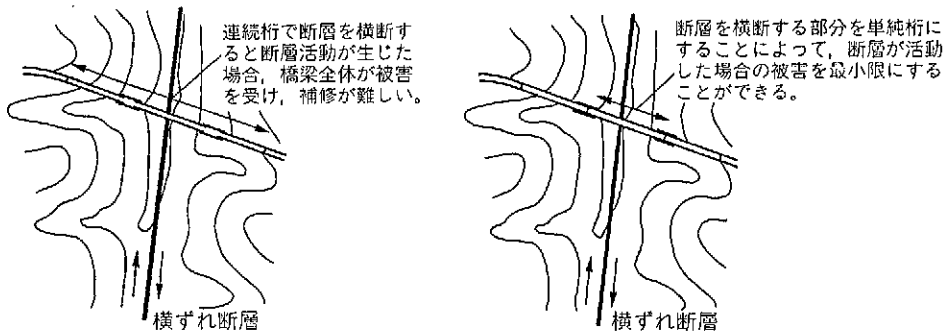


図4-31 断層活動を想定した橋梁設計

またトンネル等の場合には、掘進することによって断層の位置を正確に確定することができるというメリットがある。断層の前後でライニングを縁切りしておくことによって、断層が活動するという最悪の場合においても、ライニング等の被害が最小限に食い止めることができ、補修区間も最小ですますことができるであろう（図4-32）。

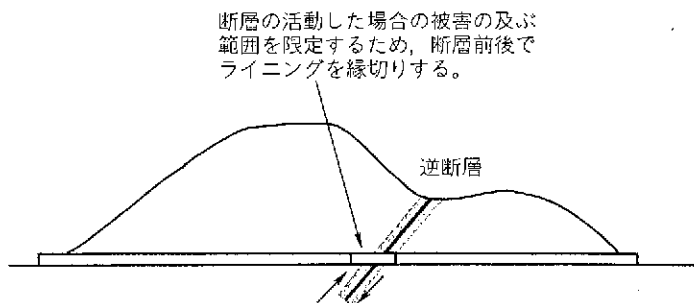


図 4-32 断層活動を想定したトンネル設計

以上で述べたように、断層の活動を想定した場合の構造物設計においては、線状の道路構造物を断層前後で縁切りするという基本とすることが望まれる。

### 4-2 気象になじむ道路

日本列島は、南北に長く連なった列島であることから、その緯度の違いによって生じる気候的な環境も大きく異なっている。また列島の脊梁をなす山岳部においては、夏の南からの季節風、また冬の北西からの季節風の影響をまともに受けることから、その風上と風下でも気候的環境を相異なるものとしている。

このように地形的な条件が気候環境を支配している一方で、地形も気候環境の下で形成されるものであるから、お互いに支配しあっているといっていだろう。特に山岳部においては、気候的な特徴、あるいは地形的な特徴が顕著である山岳部においては、特に両者の関係が強く現れている地域であるということもできる。

道路を計画する場合には、それぞれの地域の気候環境の違いに応じた計画が求められる。雪の多い地域では雪に対する対策が必要であるし、雨に対しては各地域の最大降雨強度に応じた排水設計が求められる。また台風の来襲を受けやすい地域においては、橋梁計画においても、風に対して十分な強度を確保しなければならない。

このように道路計画においては、さまざまな気象条件との調和が求められているが、ここでは特に山岳道路の計画段階において十分に配慮すべき事項として、冬期の交通を確保するための配慮と土石流に対する配慮について述べるものとする。

#### 4-2-1 冬期の交通確保のための配慮

日本の山岳部においては、冬期には大陸から日本海を渡ってくる北西の季節風の影響を受け、降雪がみられることも多い。降雪が道路上に降り積もることによって、路面の摩擦係数は著しく低下し、特に勾配やカーブの多い山岳部の道路においては交通の支障となることも多い。また東北日本から北陸にかけての山岳部においては、大量の積雪がもたらされることが多く、さらに吹き溜まりとなったり、斜面に降り積もった雪が雪崩となって道路をふさぐこともあり、冬期の交通の支障となっていることも多い。

それでは冬期の交通の確保のため、山岳部に道路を計画する場合にはどのような配慮が求められるのであろうか。

#### 太陽エネルギーの利用

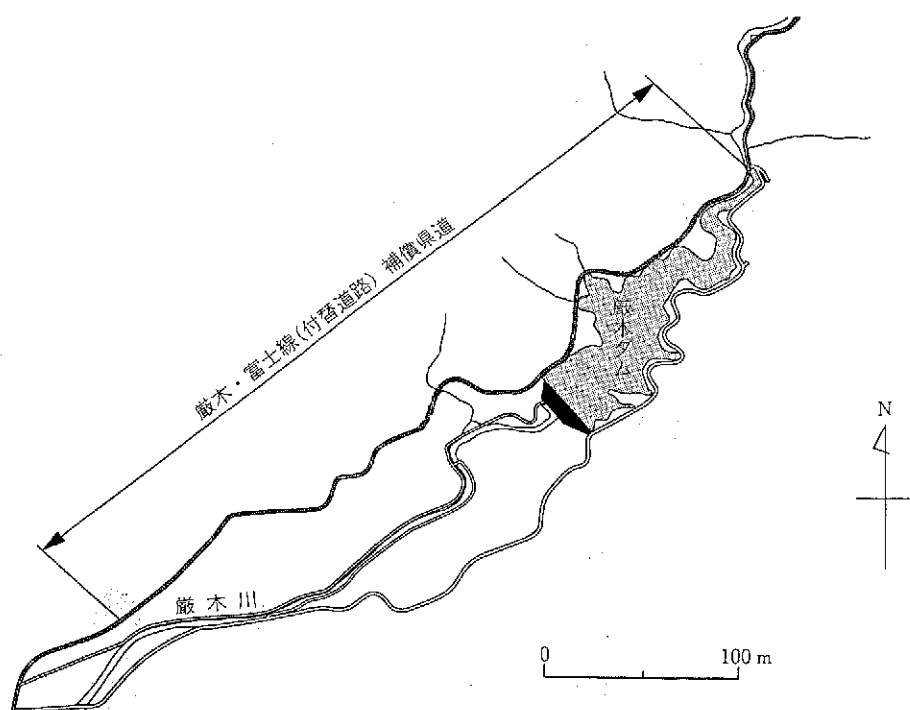
日照条件の悪い道路では路面の積雪や凍結が溶けることなく、交通の支障となってしまうことも多い。多くの場合、道路のカーブの前後で日照条件が異なることが多いから、

ドライバーにとっては突然の路面状況の変化によってかなり走りにくい道路となる。

冬期交通の利便性を少しでも良くしようとする場合には、道路を日照条件の良い斜面に配置し、太陽エネルギーを十分に利用した自然の融雪効果の高い道路とすることが望まれる。ダム湖の両岸に対して道路をつけようとする場合にも、基幹となる道路は、気候的条件からのみいえば日照条件の良い斜面を選んで配置することが望まれる。

このような日照条件の判断は手計算でも可能であるが、近年はコンピューター技術も進歩し、地形条件から日照時間を算出することも可能となってきた。このような手法を用いて日照条件に配慮しつつ、計画を進めていくことが望まれる。

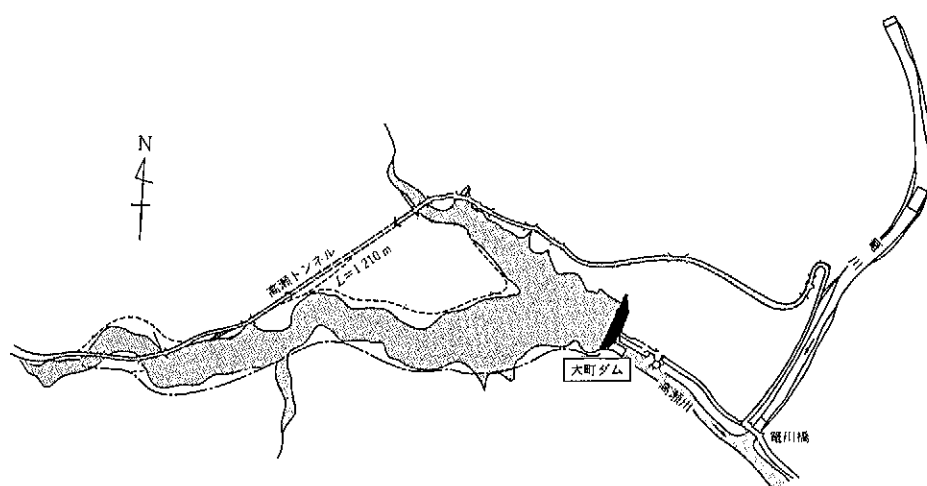
事例 12 は、九州の佐賀県の厳木ダムの付替道路の事例である。当地域は九州とはいえ冬期に積雪のみられる機会も多い。そのため、両岸に設けられた道路のうち、基幹となる道路を日照条件の良い南向き斜面に配置し、安全な道路交通を確保するような配慮がなされている。



事例 12 日照条件に配慮した道路計画の例①—厳木ダム—

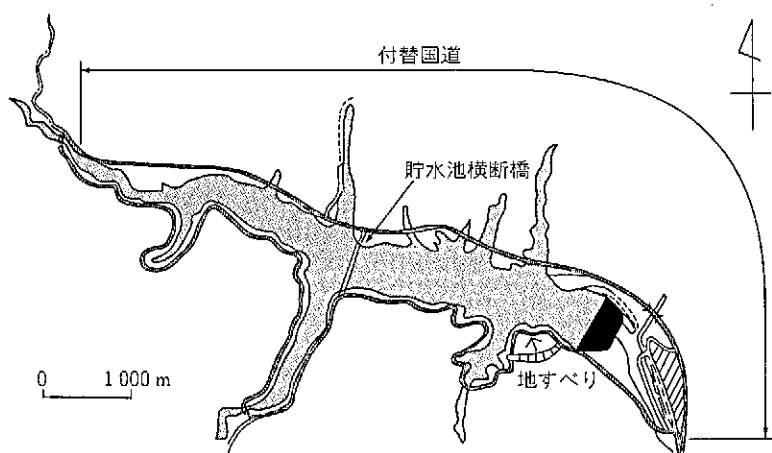
事例 13 は、長野県の大町ダムにおける付替道路の事例である。当地域は冬期にはかなりの積雪がみられる地域であり、付替道路は日照条件の良い斜面に計画されている。

#### 4. 自然になじむ道路



事例 13 日照条件に配慮した道路計画の例②—大町ダム—

事例 14 は、東北地方に現在建設中のダムにおける付替道路の計画事例である。付替となる国道は、地すべり地を避けるとともに、日照条件についても考慮した計画がなされている。



事例 14 日照条件に配慮した道路計画の例③

#### 橋梁形式選択時の工夫

谷を横断する橋梁部では、谷に沿って山を下る冷気が吹き抜け、また地熱による効果を受けることがない。そのため、冬期には特に凍結しやすい環境下におかれることになる。道路を計画する際には、このことに対する配慮が求められる。

橋梁は、鋼橋とコンクリート橋とに分けられるが、一般に鋼橋の方が気温低下の影響

を受けやすいとされている(図4-33)。そのため、コンクリート構造物を利用した方が凍結に対しては有利であるということができよう。

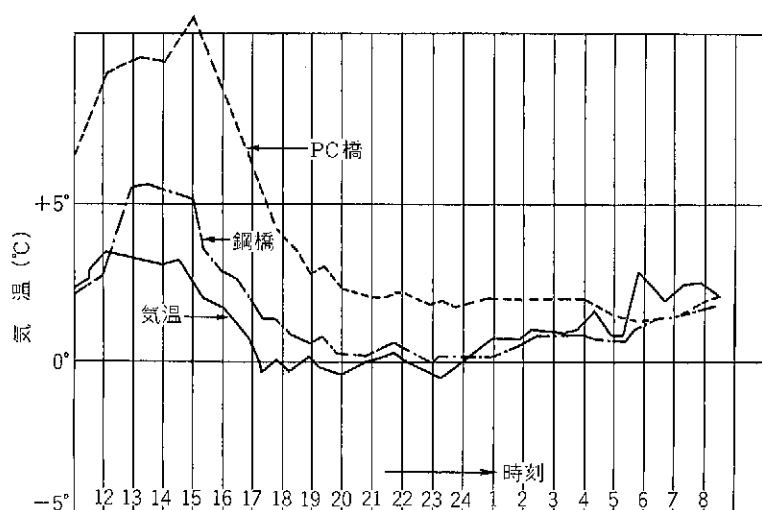


図4-33 鋼橋とコンクリート橋の温度変化の違い<sup>25)</sup>

また路面排水が悪くなると、路面が湿潤化して凍結しやすくなるため、特に橋梁部においては横断勾配が小さくならないような配慮が必要となる。

### ガードケーブルの利用

山岳道路においては、防護柵としてガードレールが設置されることが多い。しかし、積雪の多い地域においては、谷側への排雪が主となることから、排雪が容易なガードケーブルを利用した方が良い場合も多い。また冬期にはケーブルを若干ゆるめておくなど、維持管理上の配慮も求められる。

### 自然斜面において発生する雪崩への配慮

積雪の多い山岳部においては、雪崩に対する配慮も重要となる。雪崩は大きく分類すれば、積雪の表層のみの表層雪崩と、積雪の全層にわたる全層雪崩の2つに分類される。雪センター(1994)によれば、それぞれの雪崩の発生しやすい条件は、以下のとおりまとめられている。

#### 【表層雪崩】

- ① 1～2月の厳冬期で積雪深が多い状況
- ② すでにある積雪上に短期間で多量の降雪があった場合
- ③ 0℃以下の気温が続き、吹雪や強風を伴う場合

#### 4. 自然になじむ道路

##### ④ 35～45°の急斜面で、比較的標高の高い箇所

###### 【全層雪崩】

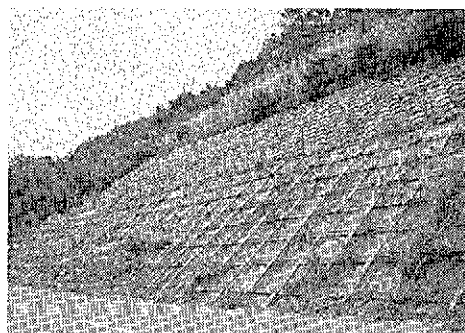
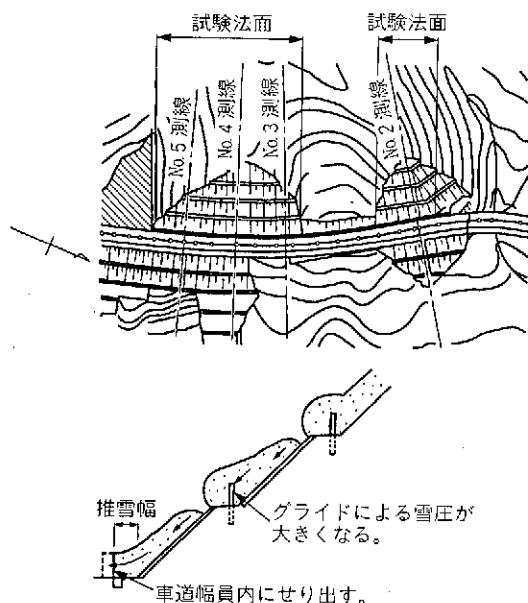
- ①春先の気温が上昇する時期
- ②降雨後や、フェーン現象などにより気温が上昇した場合
- ③斜面に亀裂ができ、徐々に大きくなっている場合
- ④斜面勾配が35～45°で樹木がなく、地肌が露出している場合

積雪の多い地域に道路を計画する際には、斜面について十分な調査を行い、雪崩の発生しやすい斜面を把握しておく必要がある。また雪崩の常襲斜面箇所については、地域の住民、特に地域の古老からの聞き取り調査は極めて有効である。道路法線を計画するにあたっては、谷地形の左右岸のどちらに道路を設けてもよい場合等においては、雪崩が発生しやすい斜面およびその下方を通過することはできるだけ避けるよう計画することが望まれる。その他の制約条件から、どうしても通過しなければならない場合には、その斜面特性および気象特性に十分配慮した道路構造等の雪崩対策が求められる。

#### 長大法面において発生する雪崩への配慮

道路建設によって生じる法面は、雪崩の防止に有効な樹木がない平滑な急斜面であり、雪崩の発生条件を満たす斜面である。また道路上部の法面で発生した雪崩は、ほぼ確実に道路へと到達するであろうから、発生した雪崩による被害を受ける危険がある。

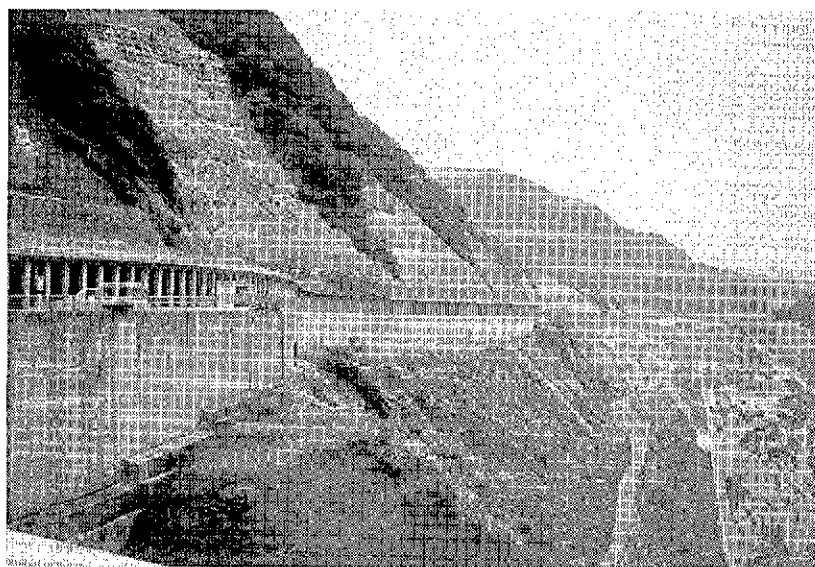
事例15は、豪雪地帯に位置する付替道路において、法面での雪崩対策に苦勞した事例である<sup>26)</sup>。基幹となる県道は、急峻な斜面の山腹を通るよう計画されたことから、切土によって生じた法面は平均で4段、最大で10段にも及んだ。地質が崩壊しやすい風化花崗岩（マサ）であることから、法面の保護は第1段、第2段はコンクリート法枠工、第3段より上部は鋼鉄法枠工を併用した法面緑化工が採用された。人工法面は、雪崩が発生しやすいことから、事前に標準工法である予防杭による対策が施された。しかしながら、法面上に降り積もった雪が滑動し、道路側へとせり出すこととなり、一般交通に不安を与える結果となった。そのため、実験的にコンクリート円形法枠の中詰め部に、最大積雪深の1/10程度の突起をもつ凸型ブロックを配し、雪崩の防止を図っている。



事例 15 長大法面での雪崩の防止に苦労した例<sup>29)</sup>

また事例 16 も、積雪の多い地域に位置するダムにおける付替道路の事例である。ダムサイトまでのアプローチ道路については、オープン工法とトンネル工法について比較検討されたが、経済性や施工性の面からオープン工法が採用されることになった。そのため、長大な法面が多く発生し、多くの部分でスノーシェッドが必要となった。

このように積雪の多い地域においては、後々にスノーシェッドが必要となるなど、雪



事例 16 スノーシェッドがつづくダムアプローチ道路

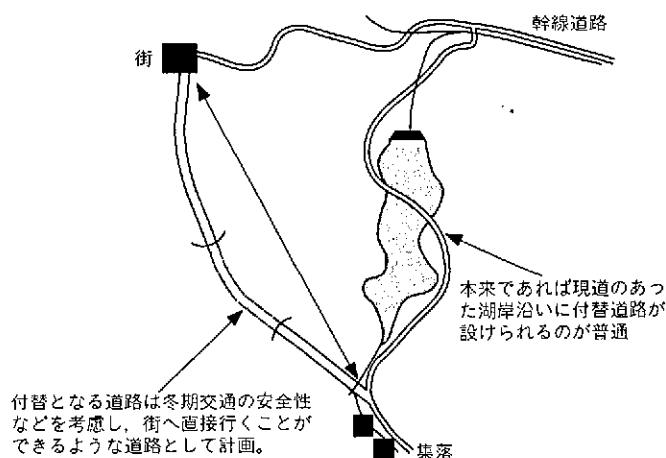
#### 4. 自然になじむ道路

崩対策に苦勞することになるから、道路法線を計画する段階で長大法面の形成をできるだけ少なくするような配慮が望まれる。

#### 冬期交通の確保を図る道路計画

積雪の多い地域で、ダムの上流側に集落がある場合には、上流の集落の住民にとっては、冬期交通の確保についての期待は大きい。またダム建設に伴って、ダム湖の沿岸となる区間には居住者がいなくなることが多く、雪崩などの災害が発生したり、吹き溜まりなどによって立ち往生した場合などの不安も大きい。そこで、冬期交通を確保するような配慮は極めて重要なポイントとなる。

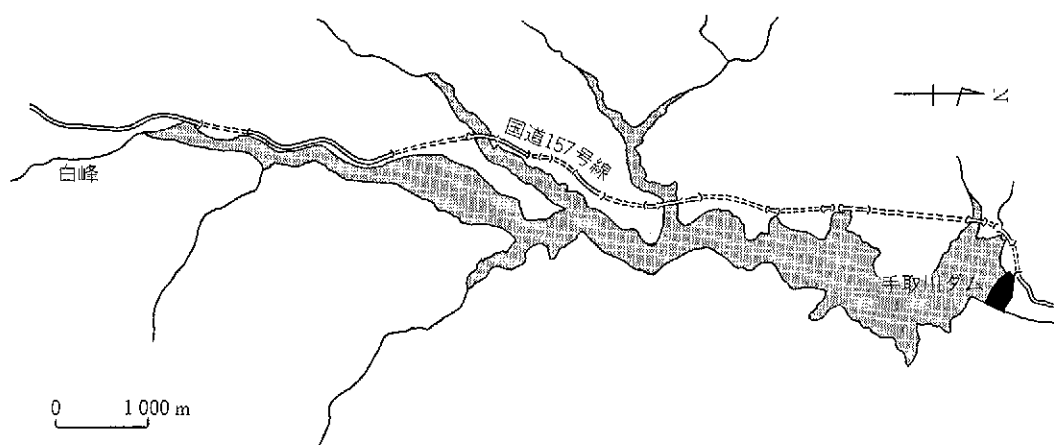
事例 17 は、豪雪地帯におけるダムの付替道路の事例である。ダム上流の集落の住民は、ダムより下流に位置する町の中心部に行き来する機会が多いが、ダム湖岸に沿って谷沿いに町に行くには、距離的にかなりの遠回りを強いられる。また当地域は冬期には3～4 m もの積雪となる豪雪地帯に位置しており、地形の急峻なダム湖岸に道路を設けたとしても、冬期交通の安全性を確保することが難しい。また貯水池沿岸部に幅員 9.5 m の道路を新設した場合には工事費がかさむことになる。このような理由から、付替道路は急峻なダム湖岸を避けて、ダム上流部の集落から直接、町へとアクセスできるようなルートとして計画されることになった。また付替道路の計画にあたっては、長大法面が生じないように配慮され、発生した場合でもそれが3段程度にとどまるようにし、それを上回る場合にはトンネル構造として計画されている。



ダム湖上流の集落では街への通勤・通学者が多い。

事例 17 冬期交通確保のためバイパスルートとしての付替道路計画

また事例 18 は、石川県の山間部に位置する手取川ダムの付替道路の事例である。当地域は冬期の積雪も多いことから、ダム上流の白峰地区ダム対策委員会において「国道 157 号は第 3 種 2 級とし、トンネル、スノーシェッド等により最短距離を結ぶ無雪害道路として完全に実施する」と道路に対する断固たる願望を表明し、その補償交渉が進められた。そのため、付替国道 157 号線は、そのほとんどがトンネル区間となっている。



事例 18 無雪害道路として建設された手取川ダムの付替道路

#### 4-2-2 土石流に対する配慮

土石流は、斜面崩壊などによって生産された土砂や溪床に堆積していた土砂が急激な降雨などによって流動化し、急速に流れ下る現象である。山間部の土砂移動の形態としては一般的な事象ではあるが、その破壊力は極めて大きく、人々に恐れられている。

溪床に堆積していた土砂が流下する土石流は、集水面積が広い、溪床勾配が急である、溪床堆積物が多いなどの条件を満たす谷において選択的かつ再発的に発生するといわれている。そのため、このような危険渓流の抽出は比較的容易である。このような渓流を横断する場合には、土石流対策としては、図 4-34 に示すように十分なクリアランスを有する橋梁などによって通過することが望まれる。

また小規模な土石流危険渓流に対しては、カルバートや越流によって通過する場合も多いが、建設後の維持管理が重要となる。そのため、きめの細かい維持管理が保証されにくい条件下にある場合には、小規模な土石流危険渓流とはいっても、できる限り橋梁で通過することが望まれる。

#### 4. 自然になじむ道路

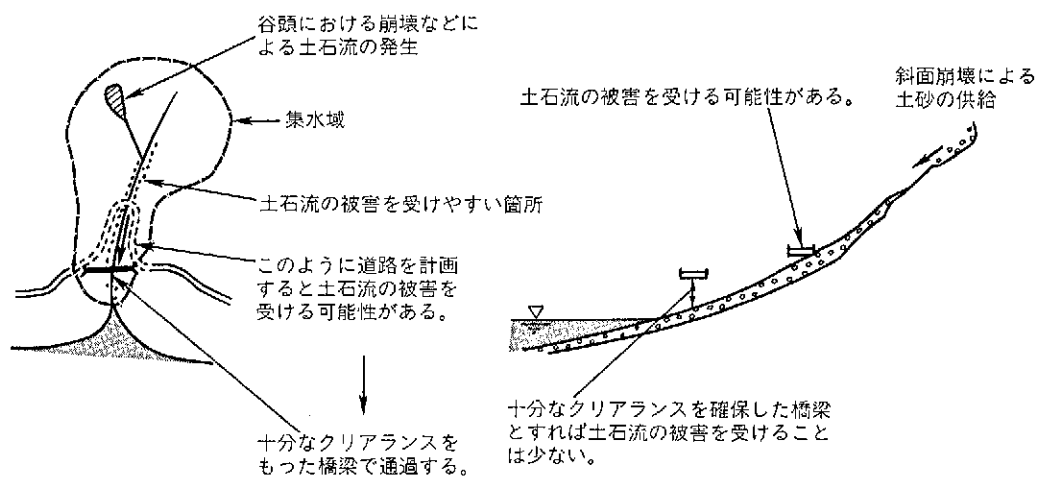


図4-34 土石流に対する配慮

### 4-3 生態系になじむ道路

地球上にはさまざまな生物が生息し、それぞれが密接に関連しあって生態系を維持してきた。しかし、人間文明の急速な発達、人間を地球全体の生態系の頂点へと導き、人間は地球上のすべての生物の生存を支配する存在となった。特に産業革命以降の急速な開発行為は、これまでに地球が経験したことのないような急速な生態系の変化を引き起こしており、このことが地球環境に与える影響についても危惧される状況となってきた。

自然環境の中に道路を築くことは、生息空間の分断を引き起こす結果となる。道路を計画する際には、このような生息区域の分断が生態系に与える影響を最小限にとどめるような配慮が望まれるところである。

ここで、生態系になじむ道路をつくるための基本的な考え方についてまとめておこう。生息空間の大きさと配置には、以下のような原則がある（表4-1）。

表4-1 生息空間の形態の優劣

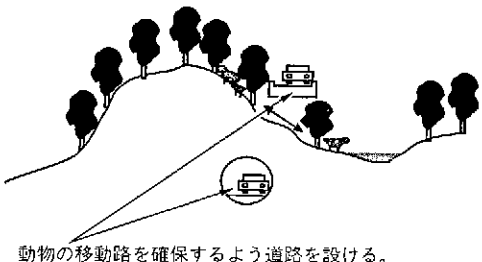
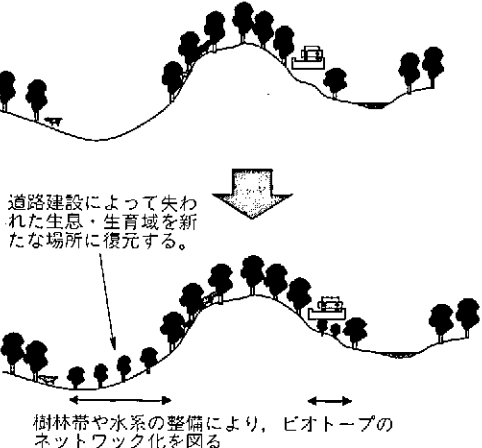
| 分 類 |       | 優                                                                                      | 劣                                                                                       |
|-----|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| A   | 面積    |  広い |  狭い  |
| B   | まとまり  |  集約 |  分散  |
| C   | 近接    |  近接 |  分散  |
| D   | 隣接の形態 |  塊状 |  直線状 |
| E   | 連結    |  連結 |  非連結 |
| F   | 形状    |  円形 |  非円形 |

(Diamond J.M., 1975<sup>27)</sup> をもとに作成)

また近年は、建設分野においてはミティゲーションという考え方が取り入れられるようになってきた。これは建設に伴う自然環境の破壊を最小限にとどめるとともに、失われた自然についてはその補償を図っていかうというものである。道路の建設におけるミティゲーションの考え方は表4-2のように表される。

#### 4. 自然になじむ道路

表 4-2 ミティゲーションの考え方

| 階層                                               | 解 説                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 回避措置<br>Avoiding                                 |  <p>生息・生育域を回避するように道路を設ける。</p>                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・生息域を回避するよう道路を設ける。</li> <li>・動植物の行動・生息域から離して道路を設ける。etc.</li> </ul>                                                                             |
| 最小限化措置<br>Minimizing                             |  <p>生息・生育の核心域を避ける。<br/>最も影響の少ない道路構造を選定する。</p>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・道路建設による影響を最小限とする。</li> <li>・生息・生育の核心域を避けて道路を設ける。</li> <li>・切土・盛土を最小限とする。etc.</li> </ul>                                                       |
| 均衡措置<br>Balancing                                |  <p>動物の移動路を確保するよう道路を設ける。</p>                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・道路建設による影響を同一の場所で均衡させる。</li> <li>・道路の平面的な位置はそのまま、橋梁やトンネルを利用して道路機能と動植物の保全の両立を図る。etc.</li> </ul>                                                 |
| 復元措置<br>Restoration<br>と<br>補償措置<br>Compensating |  <p>道路建設によって失われた生息・生育域を新たな場所に復元する。</p> <p>樹林帯や水系の整備により、ビオトープのネットワーク化を図る</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・道路建設による影響を別の場所で代替する。</li> <li>・自然環境の代替地を他の場所につくる。</li> <li>・回避できなかった影響に対する補償を行う。</li> <li>・林帯や水系の整備により、ビオトープのネットワーク化を図り、より良い環境を導く。</li> </ul> |

道路を計画する場合には、このような生態系を極力維持するための原則をふまえ、自然環境への影響を極小化するような配慮が求められる。

#### 4-3-1 地形改変を極力小さくする

地形は、その地域における生態系の基盤となるものであり、その条件に応じた植物そして動物が生息している。したがって地形を改変することは、一時的に生態系を変えるばかりではなく、十分な配慮がなされなければ従来の生態系の回復が思うように進まないことも考えられる。

近年は人工的なけものみちをつくるなどの動物に対する配慮が注目を浴びるようになってきたが、このような目でみえる対策を行う以前の段階で、生物の生息・生育の基盤である地形の改変を少なくするような道路を計画することが、第一の対策として考えなければならないことである。

なお、「4-1. 地形・地質になじむ道路」のなかにおいても地形改変を抑えるための手法についてふれてあるので参照していただきたい。

#### 貯水池周辺道路をつくらない

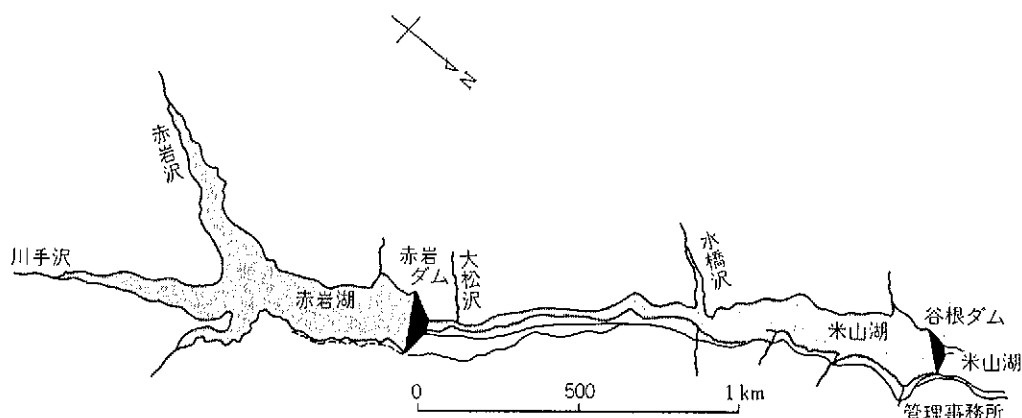
ダム周辺道路の計画にあたっては、付替となる道路がない場合はもちろんであるが、貯水池周辺および上流に集落がなく、貯水池の周辺の林野が植林地などに利用されていないような場合においては、必ずしも貯水池沿岸に道路をつくる必要がない場合もある。貯水池周辺に道路をつくることはどうしても自然環境の改変を伴うことになるとともに、道路ができ、人が侵入することによって、ゴミが廃棄されたりすることによって貯水池の水質を低下なども懸念される。したがって、自然環境への影響をおさえようとするのであれば、貯水池周辺に道路をつくらないこともひとつの方法であるといえることができる。

事例 19 は、新潟県柏崎市の谷根・赤岩ダムの事例である<sup>28)</sup>。

谷根ダムは、柏崎市の上水道専用ダムで、貯水池の管理にあたっては、①自然環境保護の態度を堅持すること、②水質汚染行為を極力防止すること、③健全なレクリエーション地帯とすること、④市民組織による保護育成を図ること、の4つの重点事項を定め、集水面積 918 ha のほとんどを市有地として買収し、その他の所も市の意志を強く反映させることのできる土地とした。そして、ダム湖（米山湖）の自然を保護するために、車の乗り入れ、鳥獣魚類の捕獲、草木の採集、キャンプなど水質汚染のおそれのある行為を禁止した。

その後、谷根ダムの末端に赤岩ダムが設けられることになったが、ダム工事のためにダムサイトまで道路が延長された以外は同じ精神が受け継がれた。

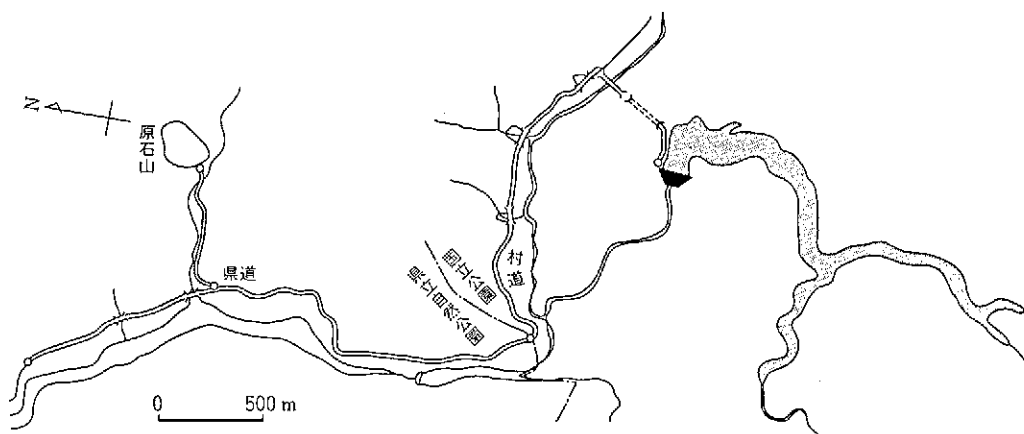
#### 4. 自然になじむ道路



事例 19 貯水池沿岸に道路をつくらない例①—谷根・赤岩ダム—

また事例 20 は、ブナの原生林などの自然が良好に残っている地域において、現在、建設中のダムの事例である。

ダム建設地周辺は国立公園内の景勝地となっており、ダム建設にあたっては環境庁との協議も行い、自然環境の保全に対して十分な配慮のもと、その計画が進められた。そのため工事用道路は、現在ある県道および村道を拡幅し、ダムサイト部には他支流からトンネルによってアクセスすることによって、自然への影響を極力小さくするような配慮がなされており、ダムより上流側には道路は設けられていない。道路建設によって長大法面が生ずることが予想される箇所においては、テールアルメ工法を用いたり、また発生した法面の処理についても積極的に緑化工や緑化ブロック等による法面処理が施されている。



事例 20 貯水池沿岸に道路をつくらない例②

## 湖岸にとらわれない道路計画

これまでのダム付替道路は、湖岸に対して設けられることが多かった。しかし、平面的にみると地形になじんでいるように見えても湖岸部の斜面の傾斜はさまざまであり、道路建設によって大規模な地形改変をもたらすこともある。そのため、地形改変が少なく自然環境に対する影響の小さい道路を築こうとするのであれば、湖岸にとらわれることなく、地形条件の良い斜面を選んで道路を計画することがひとつの案として考えられる。特に、山岳部の道路では、自動車による通行がほとんどであり、自動車性能も向上した現在では、多少の上り・下りがあってもさほど気にはならないものである。

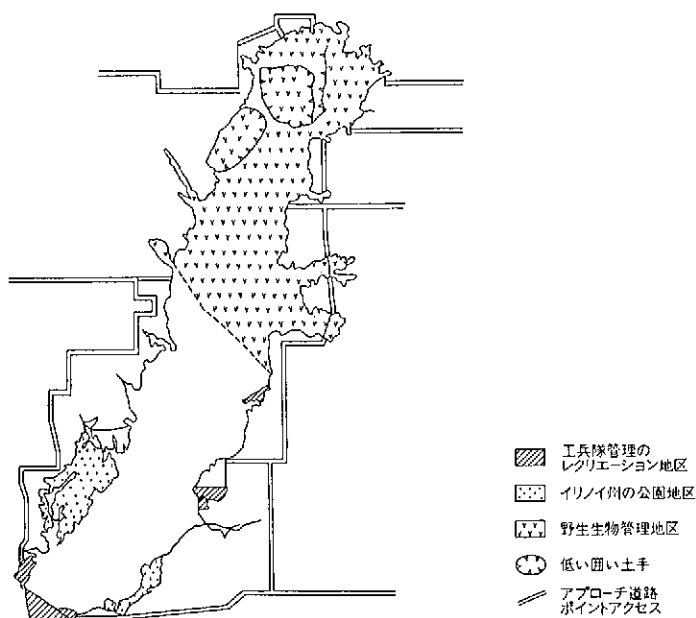
事例 21 は、兵庫県の鴨川ダムの例である。付替道路である平木東条線は、ダム湖の西端で一部のみが湖岸に沿うほかは、湖岸に沿わずに設けられている「水と緑のふるさと東条」のキャッチフレーズのもとに、湖周辺の良好な自然景観を八景として指定しており、遊覧船による湖上めぐりが観光の目玉となっている<sup>29)</sup>。



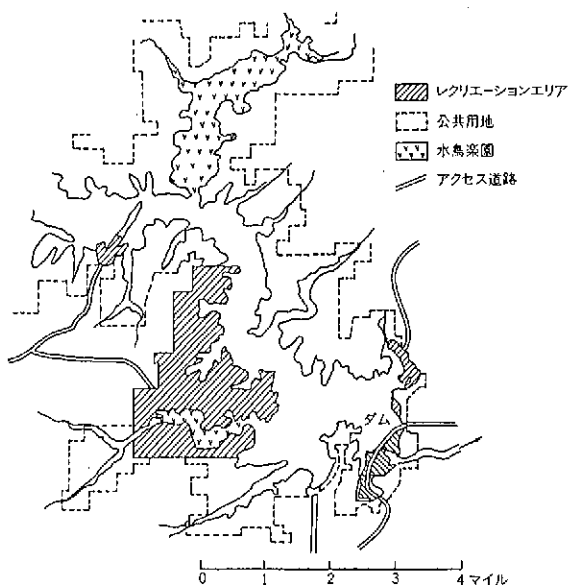
事例 21 湖岸に沿わずに設けられた付替道路—鴨川ダム—

#### 4. 自然になじむ道路

事例 22・事例 23 は、アメリカのダム湖における道路計画の例である。ダム湖へのアプローチは湖周道路としてではなく、ポイントアクセス方式（ダム湖の 1 ないし数地点に対してアクセスする）によって設けられている。このような道路計画を行うことによって、人が容易に踏み入れることのできない地域が設定でき、野生動物や原生植物の保護が可能となる。また景観設計においても、視点場が湖岸へアプローチするポイントに固



事例 22 ポイントアクセスによる道路計画①—イリノイ州カーリル湖—<sup>30)</sup>



事例 23 ポイントアクセスによる道路計画②—ミズーリ州ワパペロ湖—<sup>31)</sup>

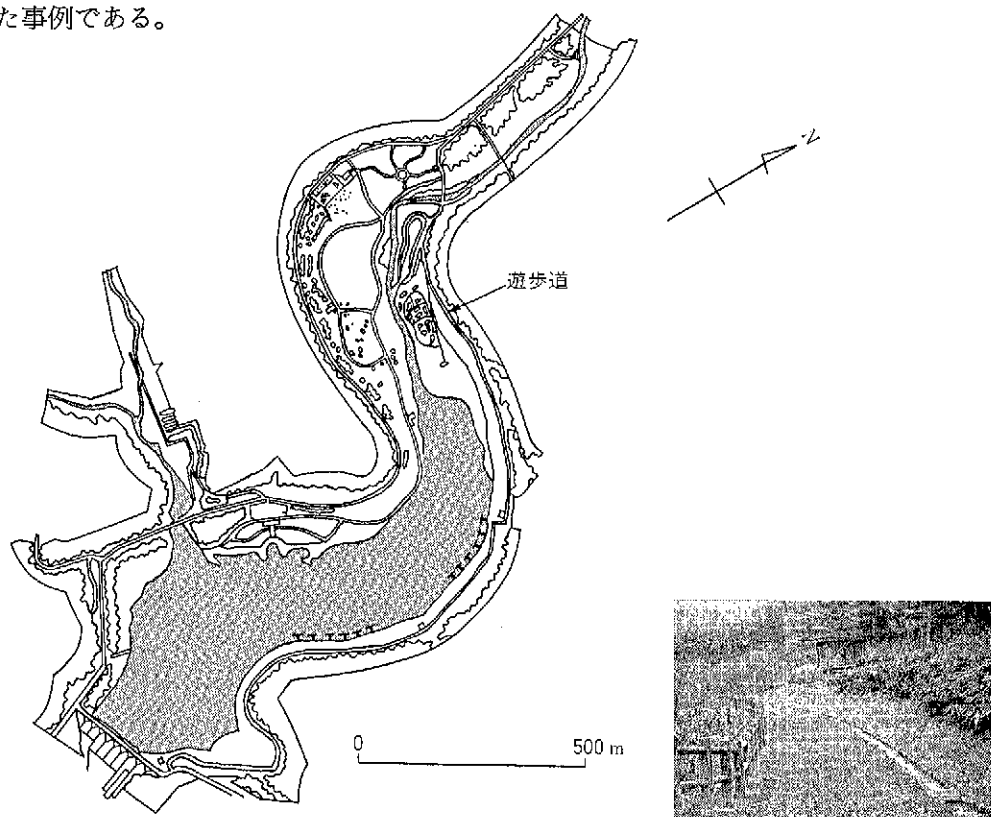
定されるため、より良い景観が楽しめるところをアプローチポイントとして設定し、そのポイントから人工物がどのように見えるかを評価すれば良いことになる。

### 散策遊歩道を生かす

道路建設に伴う土工量は、同一断面においては、その道路の幅員が広くなればなるほど増加する。したがって道路が自然環境に及ぼす影響をおさえようとするならば、道路断面を縮小することも有効な方法である。特に自動車交通に対する交通機能の確保が必要とされていないようなところでは、人間の散策遊歩道のみとすることによって、道路の幅員は2～3m程度に狭めることも可能である。また縦断線形、あるいは平面線形にとられることなく、階段を用いたりすることもでき、地形改変をできるだけ抑えることが可能となる。

また遊歩道と住民のみの利用可能な車両通行路とを兼ね合わせて計画することも有効な方法となろう。

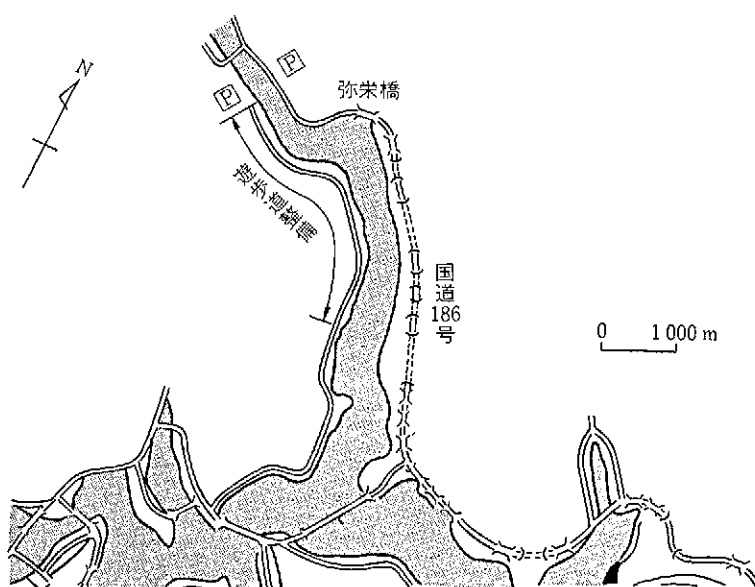
事例 24 は、北海道に設けられた佐幌ダムにおいて、片岸の道路を散策遊歩道として設けた事例である。



事例 24 散策遊歩道の例①—佐幌ダム—

#### 4. 自然になじむ道路

また事例 25 は、広島県と山口県の県境の小瀬川に設けられた弥栄ダムの事例である。いくつかの支流が合流する地点に設けられたダムであることから、ダム湖はかなり複雑な形状を呈している。ダム上流には、広島・山口両県より文化財に指定されている弥栄峽があり、道路建設後もその景観を保つことが求められた。道路計画にあたっては、貯水池周辺全体に道路を設けることが求められたが、弥栄峽の自然景観の保全に配慮し、遊歩道としてその計画が行われることになった。また対岸には国道 186 号線が設けられているが、山陽と山陰とを結ぶ重要な路線としての機能と自然景観の保全との両立を図るために、弥栄峽周辺においてはそのほとんどがトンネルとなっている。

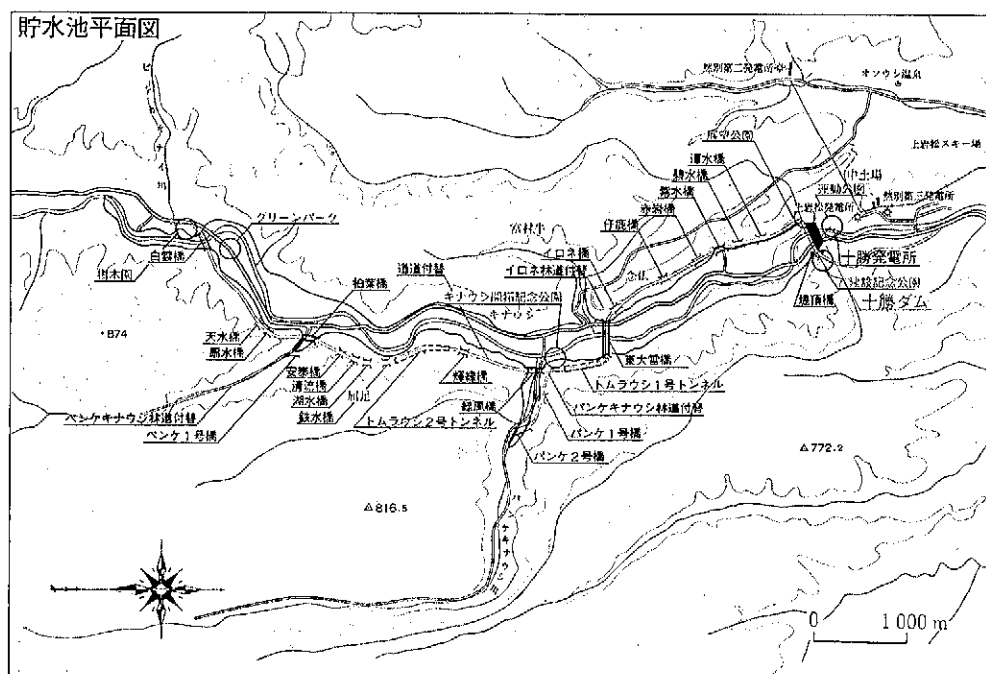


事例 25 散策遊歩道の例②—弥栄ダム—

## トンネルや橋梁を利用して自然環境の保全を図る

自然環境への影響を極力おさえようという観点から、トンネルや橋梁を用いて地形改変をおさえようとしている例も多い。一般にこれらの構造物の利用は、その施工単価としては土工に比べて高くなるものが多いが、道路延長を短くすることができることや法面の安定やその緑化が必要ではないこと等、総合的に勘案すると、経済的である場合も少なくない。地形改変を抑え、生態系への影響をおさえるという観点からは、その影響ができるだけ小さくなる工法が選択されることが望まれる。

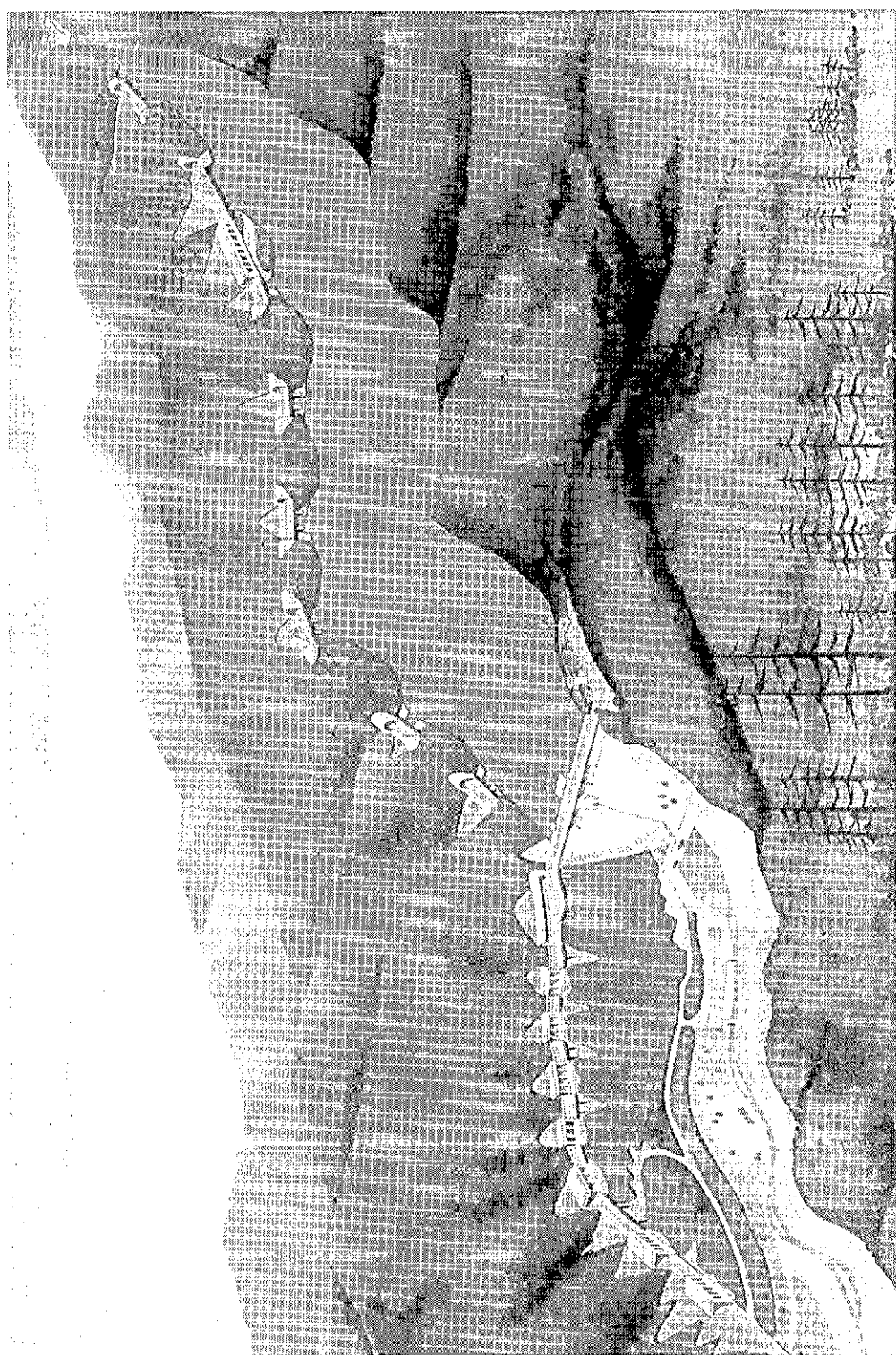
事例 26 は、北海道十勝川上流に建設された十勝ダム(堤高 84 m、堤頂長 443 m、中央コア型ロックフィルダム)の事例である。付替となる道道忠別清水線は、ダム上流にある温泉への主要路線となっており、今後の観光要素を備えている。また東大雪橋を過ぎたあたりから国立公園(普通地域)となることから擁壁、橋梁、トンネルなどを利用することによって、森林の伐採を最小限におさえ、良好な自然景観を保全するような配慮がなされた。



事例 26 トンネルや橋梁を用いて自然環境の保全を図った例① 十勝ダム

事例 27 は、北海道日高山脈の東側に位置する堤高 114 m、堤頂長 300 m、湛水面積 170 ha の多目的ダムであり、1988 年に着工されている。ダム周辺地域は、日高山脈国立公園

#### 4. 自然になじむ道路



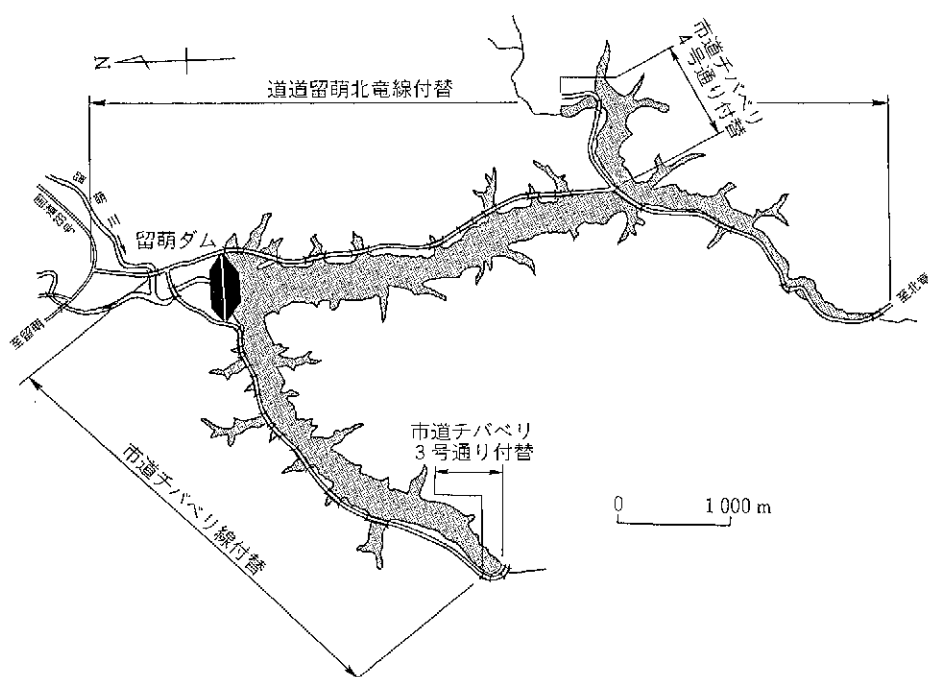
事例 27 トンネル・橋梁・覆道工等を利用して自然環境の保全を図った例ー札幌川ダムー

に存しており、付替道路である一般道道静内札内川線の計画は、北海道開発局と北海道が道道認定時に計画した自然環境保全にかかわる基本方針と施工上の留意事項、および公園協議事項の回答などを基本方針として行った。

自然環境保全に係る基本方針（抜粋：ルート選定）

1. 高山帯植物および亜高山帯植生の分布する地帯は、人為の影響を受けやすく植生の復元は極めて困難であるので、当該植生の分布する地域は、トンネル工法を採用するなどルートから除外する。
2. 道路建設に伴って生ずる切盛法面の規模を小さくするため河川に支障のない範囲内で極力山腹下部に選定する。
3. 崩壊地・土石流およびなだれの発生のおそれのある箇所は原則として回避してルートを選定する。
4. 札内川本流域においては、学術的に貴重なケショウヤナギの群落が分布することが想定されるので、これらの河畔林の保護と河川のはんらん留意してルートを選定する。
5. 動物の良好な生息環境である原生的林分を通過する場合はその影響を最小限とすること、又貴重種稀少種が発見された場合は回避移植等の対策に講ずること

また留萌ダムは、北海道北西部留萌川の支流のチバベリ川に位置する堤高 41.2 m、堤頂長 440 m、湛水面積 220 ha のダムである（事例 28）。付替道路の計画にあたってはさまざまなルートが検討された結果、最終的には、道路法線を湖岸側に移し、橋梁を多用することによって、自然林（国有林）を極力残すよう配慮がなされた。



事例 28 橋梁を利用して自然環境の保全を図った例—留萌ダム—

ここで事例としてあげた 3 つのダムはすべて北海道のダムであり、ダム建設地の周辺地域のほとんどが人の手がつけられていない原生林となっている。植林地の多い本州以南においては、そのアクセスを確保しなければならないことも多く、このような思い切

#### 4. 自然になじむ道路

った計画が難しいことも事実である。しかしながら、原生の自然が残されているような箇所や、道路建設が自然環境に対して大きな影響を与えることが予想される場合には、これらの構造物を積極的に採用していくことが望まれる。

##### 4-3-2 植生の復元

これまでの道路建設においては、土工によって生じた法面に対して、その保護工としてコンクリートやモルタルなどを用いた保護工が用いられることが多かった。しかしながら、これらの構造物による被覆は、将来的にも一切の植生の侵入を許すものではなく、景観的にも好ましいものではない。またコンクリート構造物は将来的には劣化することが予想されるが、緑化工法は将来的には植物の根の成長に伴ってより安定性が向上していくという面も評価される。特に自然植生の復元がなされるのであれば、その維持管理は大幅に軽減される。

近年は、このような観点から法面の緑化が積極的に取り入れられるようになってきた。初期の段階では牧草などの外来種が用いられていたが、昨今では在来の自然植生の復元を目指したより高級な緑化が図られるようになってきている。

ここでは、自然環境との調和を目指して植生の復元を図ったいくつかの事例について紹介しよう。

##### 移植による貴重種の保全—植物のミティゲーション

特に貴重な植物が生育している場合には、その生育域にかかるよう道路を設けるような配慮が望まれる。しかしながら、どうしてもその生育域を避けることができない場合には、その植物の生育のための代替地を確保したり、法面など道路工事の影響を受ける範囲においては、工事終了後に再びその植物の生育地となるよう移植を行うなどのきめ細かい配慮が求められる。

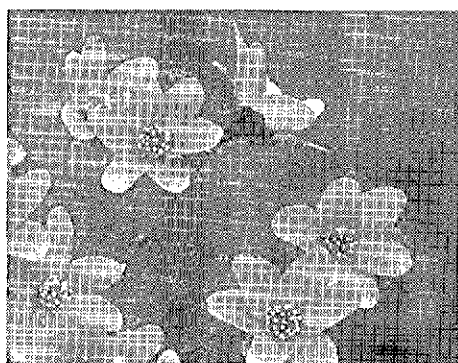
植物の生育は、土壌条件や日照、風通しなどの微気候的な条件にも左右されるから、その移植は決して容易なものではない。ここでは、このような移植を行っている事例について紹介しよう。

事例 29 は、山形県の田沢川ダムにおける付替道路工事にかかるユキワリソウ移植の事例である<sup>32)</sup>。

ユキワリソウは高山の岩場に生えるサクラソウ科の多年草で、高さ 10 cm くらい、葉はへら形で根もとから群生し、雪解け直後に可憐な赤紫色の花が固まってさくことによりユキワリソウ（雪割草）の名がつけられている。葉の形が三角州・州浜形をなしてい

ることから、ミスミソウ、あるいはスハマソウともよばれている。

地元の平田町では多くのユキワリソウがみられ、昭和 55 年には町花にも制定されたが、山野草ブームで近年減少しほとんどみられなくなった。そこで付替道路にかかるユキワリソウの群生を、地元東陽小学校裏山の学校林に移植することになり、小学校をはじめ関係者によりその移植がなされた。



(ユキワリソウ)



(東陽小学校 6 年生 18 名等によるユキワリソウ移植)

#### 事例 29 山形県の田沢川ダムにおけるユキワリソウの移植

また事例 30 は、胆沢ダムにおける天然記念物ユキツバキの移植試験の事例である<sup>33)</sup>。

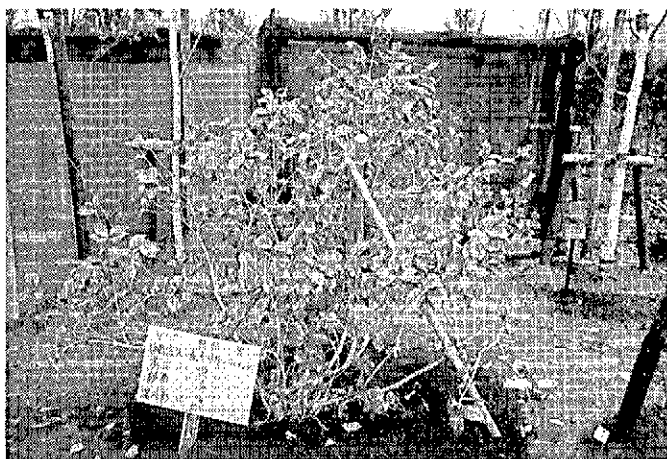
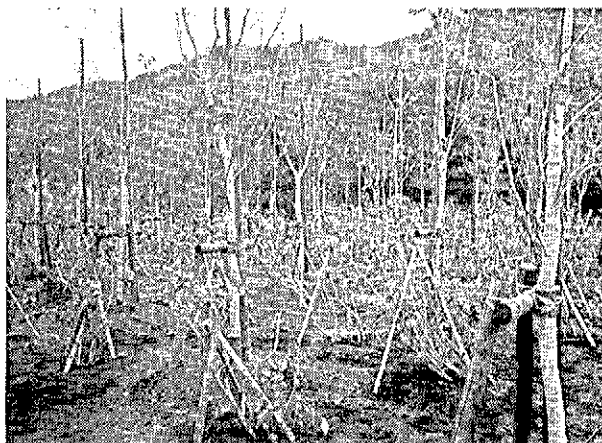
胆沢ダムのロック採取地は、猿岩(標高 549.1 m)地区で、石淵ダム湖右岸にそびえる石英安山岩の混入岩体である。猿岩に生育するユキツバキの枝と葉は祭壇などで古くから使われてきている。さらにユキツバキは北陸地方や東北の日本海側に広く分布しているが、太平洋側に分布するのは珍しく、猿岩の山頂部に生育するユキツバキ群落はその東限として、昭和 44 年に岩手県の天然記念物「猿岩ユキツバキ群落」に指定されているとともに、栗駒国定公園の第 2 種特別地域としても指定されている。また、猿岩の北西斜面の柱状節理の発達した壁面部は猿の顔の様相を呈していることから、その中腹にある於呂閑志神社のご神体として地域の人々の信仰の対象となっている。

そこでロック材の採取にあたっては、ご神体の尊厳を損なわないよう、猿岩のシンボルである壁面は採取範囲から外すよう配慮されたが、ユキツバキの天然記念物指定区域をすべて避けることは不可能である。一方、神社関係者からは神事用のユキツバキの採取には支障を生じないようにとの要望があり、ユキツバキを工事中一時移植した後、ロック採取後その跡地に本移植する計画となった。

平成 2 年度より石淵地区、猿岩地区、平根原地区を仮移植地として移植試験に取り組んでいるが、これまでの試験結果は非常に良好で、胆沢ダムの完成後には再び猿岩地区はユキツバキ群生地となるはずである。

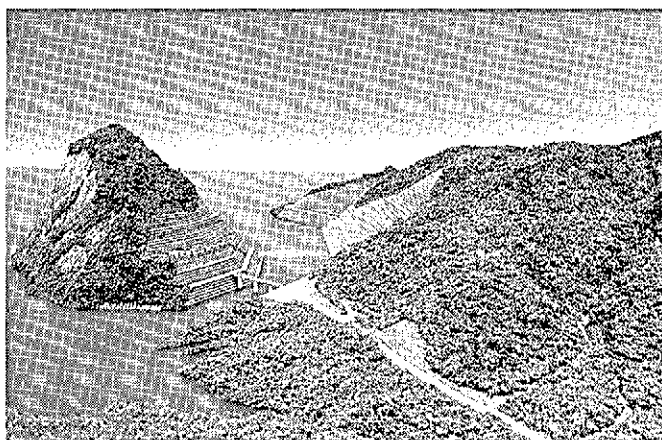
#### 4. 自然になじむ道路

石淵地区ユキツバキ移植試験地



ユキツバキ生息状況

原石山（猿岩）掘削跡地予想図



事例 30 胆沢ダムにおけるユキツバキ移植試験

## 樹木の復元が可能な法面勾配

法面の緑化工法の選定にあたっては、道路の安全性を十分に考慮する必要がある、一概に法面勾配のみでは決定することはできない。しかしながら、一応の緑化の目標として表 4-3 のような値が示されている。

表 4-3 法面勾配と緑化の目標<sup>34)</sup>

| 勾配           | 緑化の目標            |
|--------------|------------------|
| ～30° (1:1.7) | 高木が優占する植物群落の復元   |
| ～45° (1:1)   | 中・低木が優占する植物群落の復元 |
| ～60° (1:0.6) | 低木や草本からなる植物群落の復元 |

前出の十勝ダムでは、切土によって生じる法面については、極力その緑化を図るものとし、表に示すように緩勾配の法面とし、その緑化を積極的に図るよう配慮がなされた(事例 31)。

事例 31 十勝ダムにおける切取法面勾配と緑化工

| 分類      | 岩盤部                                                                                                            | 土砂部                                              |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 切取法面勾配  | 1:0.8                                                                                                          | 1:1.2                                            |
| 緑化等法面処理 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ファイバーソイル</li> <li>・フリーフレーム</li> <li>・エアルーブ</li> <li>・ロックネット</li> </ul> | 普通土：種子吹付<br>礫混り土：穴あけ緑化法面のラス張り<br>転漕混り土：ラス張り+種子吹付 |

また前出の札内川ダムにおいては、付替となる道道認定時の自然環境保全に係る基本方針と施工上の留意事項に基づいた道路計画がなされたが、その基本方針・留意事項の中では、法面勾配やその高さ、擁壁工を採用する場合の景観への配慮など、自然環境に関するきめ細かい配慮が求められている(事例 32)。

事例 32 自然環境に係る基本方針・施工時の留意事項(札内川ダム)

### 【自然環境に係る基本方針(抜粋：工種・工法の選定)】

1. 山腹傾斜度が平均 40° 以上の箇所については、原則としてオープンカット工法は採用しない。
2. 道路谷側の盛土法面は、1.5～2.0 割以上とし、直高 5 m 毎にステップを設け、法長は原則として 30 m 以下におさえる。
3. 切取法面は安定した基岩の露出地帯を除き、1.0～1.5 割以上とし、直高 10 m 毎にステップを設け、法長は原則として 20 m 以下におさえる。
4. 風化作用が著しく自然植生の侵入が著しく困難な粘板岩、ミグマタイト等が露出する箇所については積極的に擁壁工又は覆道工法を採用する。
5. 上記 2. および 3. に示す以上の法面を生ずる場合には、擁壁工又は覆道工法を採用する。
6. 遠方から眺望される箇所(山腹の中・上部)においては、擁壁の高さは 5 m 以下に留め連続して 50 m 以上のものは設置しない。

#### 4. 自然になじむ道路

7. やむを得ず崩壊地・土石流地帯および発生のおそれのある箇所を通過せざるを得ない場合には覆道工又は橋梁工を採用する。なお、雪崩発生のおそれのある箇所については雪崩による爆風等を考慮して覆道工を採用する。

##### 【施工上の留意事項（抜粋：工種・工法の設定に関わる項目）】

- 擁壁は可能な限り自然石積、擬岩ブロック等自然と調和した工法を採用すること。
- 法面のコンクリートモルタル吹付工は原則として行わないこと。
- 橋梁・擬岩ブロックなどの色彩は褐色を基調としたものとする。
- 緑化にあたっては、次の事項を十分考慮したものであること。
  - 緑化にあたっては、原則として郷土種を用いることとし、別紙植物の使用に配慮すること。
  - 道路敷に生育する緑化工に役立つ樹木、ササ等を積極的に採用するよう努めることとし、その保存にあたっては、風致上支障のない位置を選定すること。
  - 道路敷内に生育する緑化工に役立つ樹木、ササ等を積極的に採用するよう努めることとし、その保存にあたっては風致上支障のない位置を選定すること。
  - 粘板岩等風化が著しい切土法面はのり枠工などにより表土の安定を図り緑化の推進に努めること。
  - 切土面、盛土面の造成にあたっては緑化が適切に促進されるよう勾配の決定、法肩のラウンディング排水工等が合理的になされること。
  - 法面小段には、積極的に樹林を植栽すること。
  - 擁壁前面に用地がある場合は積極的に目隠し植栽を施すこと。

#### 積極的に法面の緑化を図る

事例 33 は、青森県の八甲田山南西麓に位置する浅瀬石川ダムの事例である。付替道路となる国道 102 号線は、弘前・黒石と十和田湖とを結ぶ観光ルートともなっており、急峻な斜面を切土することによって生じた法面に対する緑化対策が必要となった。

道路建設によって生じた法面については、法面の安定が確保できるのであれば植生工が経済的であること、また構造物による法面保護は景観上好ましいものではないことから、緑化工を基本とするものとした。法面の形成に不安定要素がある場合には、法面勾配を安定勾配まで緩くするか、また安定勾配をとることが難しい場合においても、その安定に必要な最小限の土木構造物にとどめる方針とした。

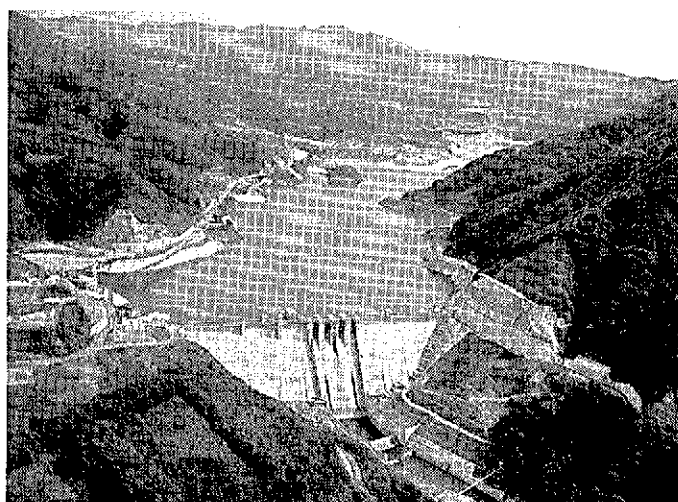
法面保護計画にあたっては、工種選定表を作成し、それに基づいて工種の選定を行った。

事例 33 浅瀬石川ダムにおける法面保護工種選定表<sup>35)</sup>

| 種別 | 土壌硬度          | 仕上がり面状況 | 土質および法面状況                            | 法面勾配 | 法面保護工種                                       |
|----|---------------|---------|--------------------------------------|------|----------------------------------------------|
| 土砂 | 土壌硬度<br>26 以上 | 仕上がり平坦  | 固結した粘性土およびマサ土、シラス等でおおむね平滑、表面安定しているもの | 1:1  | ①各種既製品枠+客土+種子吹付（木本類混合）<br>②各種既製品枠+植生土のう（ 〃 ） |
|    |               | 仕上がり凹凸  | 礫混じり粘性土、硬質土で比較的安定しているもの              | 1:1  | ①現場打枠+客土+種子吹付（木本類混合）<br>②現場打枠+植生土のう（ 〃 ）     |

| 種別       | 土壌硬度          | 仕上がり面状況 | 土質および法面状況                       | 法面勾配  | 法面保護工種                                                                                                                                           |
|----------|---------------|---------|---------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 土砂       | 土壌硬度<br>20~26 | 仕上がり平坦  | 粘性土、砂質土等、おおむね平滑で、表面安定しているもの     | 1:1   | ①種子吹付工（木本類混合）<br>②種子養生網+種子吹付（木本類混合）                                                                                                              |
|          |               | 仕上がり凹凸  | 法面の小規模な崩壊がみられるもの                | 1:1   | ①各種既製品枠+客土+種子吹付（ 〃 ）                                                                                                                             |
|          |               |         | 礫混じり粘性土、砂質土等で比較的法面が安定しているもの     | 1:1   | ①ネット+客土種子吹付（木本類混合）                                                                                                                               |
|          |               |         | 礫混じり粘性土、砂質土などで法面の小規模な崩壊がみられるもの  | 1:1   | ①現場打枠+客土+種子吹付（木本類混合）<br>②現場打枠+客土+植生養生網+種子吹付（木本類混合）                                                                                               |
|          | 土壌硬度<br>20以下  | 仕上がり平坦  | 法面表面がおおむね安定しているもの               | 1:1   | ①種子吹付工<br>②植生養生網+種子吹付（木本類混合）                                                                                                                     |
|          |               |         | 法面の小規模な崩壊がみられるもの                | 1:1   | ①各種既製品枠+客土+種子吹付（木本類混合）                                                                                                                           |
|          |               | 仕上がり凹凸  | 法面表面がおおむね安定している                 | 1:1   | ①ネット+客土種子吹付（木本類混合）                                                                                                                               |
|          |               |         | 法面の小規模な崩壊がみられる                  | 1:1   | ①現場打枠+客土+種子吹付（木本類混合）                                                                                                                             |
| 硬岩<br>軟岩 | —             | 仕上がり平坦  | シルト質凝灰岩、花崗岩、頁岩、泥岩等、風化して細粒化しやすい  | 1:0.8 | ①各種既製品枠+客土+種子吹付<br>②各種既製品枠+植生土のう<br>③岩盤緑化工（育成基盤材使用）<br>④穴工法客土種子吹付                                                                                |
|          |               | 仕上がり凹凸  | 硬岩、角礫凝灰岩、安山岩等風化して礫状になるもの        | 1:0.8 | ①各種既製品枠+客土+種子吹付<br>②各種既製品枠+植生土のう                                                                                                                 |
|          |               |         | 凝灰岩、花崗岩、流紋岩等、風化して細粒化しやすいもの      | 1:0.8 | ①現場打枠+客土+種子吹付<br>②現場打枠+植生土のう                                                                                                                     |
|          |               |         | 礫岩、安山岩質集塊岩、転石まじりの岩等、風化して礫状になるもの | 1:0.8 | ①現場打枠+植生土のう<br>②現場打枠+植生土のう+ネット<br>③ネット+客土種子吹付+落石防護網（ロックネット）                                                                                      |
|          | —             | —       | 亀裂が多く風化しやすいもの                   | 1:0.5 | 硬岩部の緑化は特殊と考えられるので別途計画する。<br>①構築物による法面保護工（落石防護柵併用）<br>1) 岩の安定：現場打枠工、コンクリート張工、法面アンカー工<br>2) 土留用：ブロック積工、もたれ擁壁工、石積工<br>3) 風化岩の崩落防止：コンクリート吹付工、モルタル吹付工 |
|          |               |         |                                 |       |                                                                                                                                                  |

#### 4. 自然になじむ道路

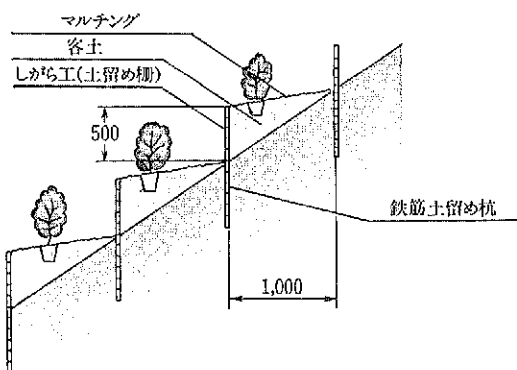


積極的に緑化が図られた浅瀬石川ダムの鳥瞰写真

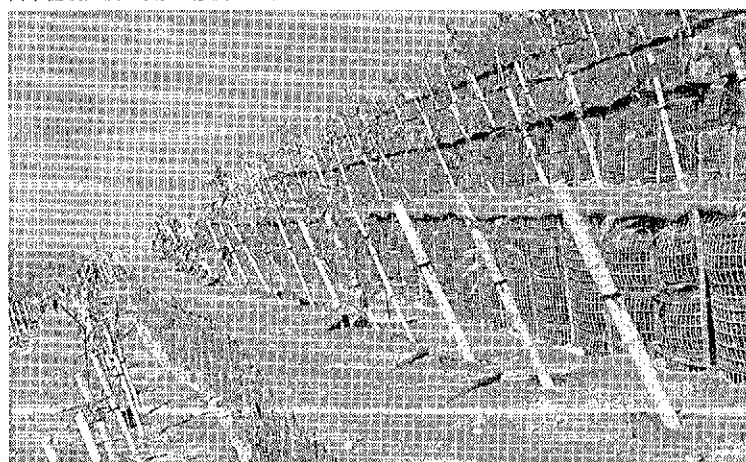
#### 在来種の復元を目指した法面の緑化

法面の緑化において、基本的にはその地域における在来種を用いることが望ましい。早期の緑化を図るために、外来種が利用される場合もあるが、その成長力・繁殖力の大ききから周辺の自然の生態系を破壊するおそれもあるので、本来の緑化復元を考えれば避けることが望まれる。

事例 34 は、沖縄県漢那福地川の河口から 1.0 km の地点に建設されたダムであり（1993 年竣工）であり、本川をせき止める本ダム（堤高 45 m、堤頂長 185 m）と脇ダム（堤高 37 m、堤頂高 500 m）によって構成されている。付替道路の計画は、切土法面を極力小さくするように、山の尾根部に設けるような配慮がなされている。発生した法面についても、自然環境の早期回復と赤土砂の流出防止のため、苗床工による潜在自然植生の植樹を行っている。またダム堤体の建設についても、沖縄自動車道からの景観に配慮し、城（グスク）をイメージした石積模様の堤体とするなど、景観についても十分な配慮がなされている。

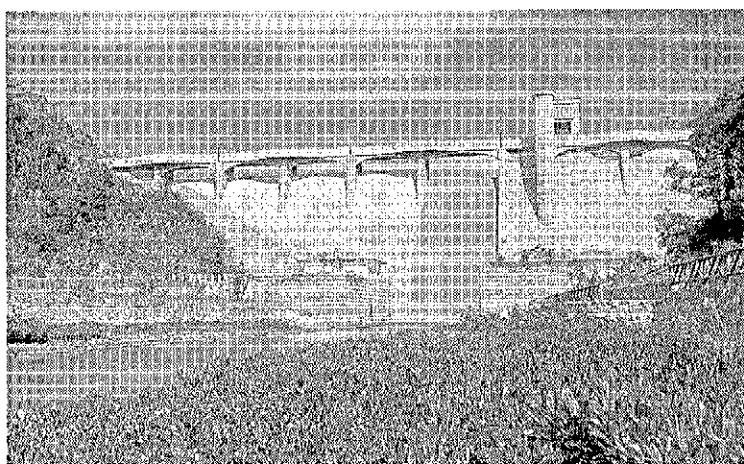


苗木植栽直後の状況（渕那ダム）



（潜在自然植生の植樹がなされた道路法面）

植栽苗木 アカギ、イジュ、イスノキ、タブノキ、シャリンバイ、フヨウ、ホルトノキ、琉球松



下流側からみた渕那ダム

（グスクをイメージしたダム堤体は道路からの景観を考慮したものである）

事例 34 在来種による自然環境復元が図られた事例①—渕那ダム—

#### 4. 自然になじむ道路

事例 35 は、大阪府の箕面公園内に位置する箕面川ダム（堤高 47 m、堤頂長 222.5 m、湛水面積 0.14 km<sup>2</sup>）の事例である。当地域は二次林におきかえられているものの、近傍の勝尾寺領としての保護の歴史、比較的高い国有林率などの理由から、二次林に支えられた多種多様な原生林時代の生物相と二次林の生物相とを共にみることができる。本来の自然には及ばないものの、まだ自然は健全な働き（広義の環境調整機能）を有している。また本物の自然への復元についても高い可能性を秘めており、都市近郊としては稀にみる極めて高い二次自然であり、その教育啓蒙価値も高い。

このような自然価値評価に基づき、ミティゲーションにあたっては以下の基本コンセプトを打ち立てた。

①箕面本来の自然を再びよみがえらせること。

極相林の復活をめざす計画で勝尾寺背後の天然林をモデルとした森林を復元させる。

②施工にあたっては不自然な自然破壊を行わない人為的介入を最小限とすること。自然が潜在的にもっている回復力に頼り、気長にそれを助けていくこと。

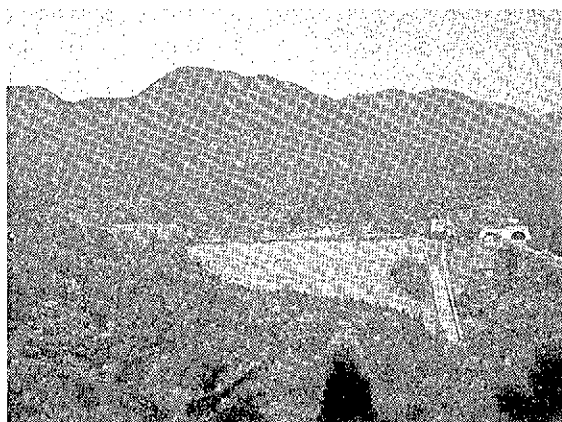
たとえば、

- ・とりあえず間に合わせの緑の復元はしない。性急な近視眼的な緑化は行わない。
- ・土着の生物相の保存に努め、外来種の導入は排除。
- ・市販の庭園植物による造園的修景は一切行わない。
- ・車道はもちろんのこと歩道も新設しない。自然研究路も今以上は不必要である。
- ・わずかに残っている原生林時代のデリケートな環境維持能力を喪失しないよう二次林を放置することが現存自然の保護のための管理である。

以上のコンセプトに基づき、付替道路の建設にあたって以下のような工夫がなされた。

- ・付替道路ルートは、橋梁・トンネルを多く採用し、切土・盛土を少なくする。また切取法面を少なくする路側コンクリートの採用などによる工夫。
- ・掘削地や湛水面以下の場所から森林表土を集積、保存し、裸地・人為法面等へ還元し、森林表土の「埋土種子」による発芽促進。
- ・地区ごとに本来の植生である群集構成の森林を植栽。植林地は人の立ち入りを禁止し、表面はワラでマッチングし、雑草の侵入防止、水分の蒸発を防ぐ。

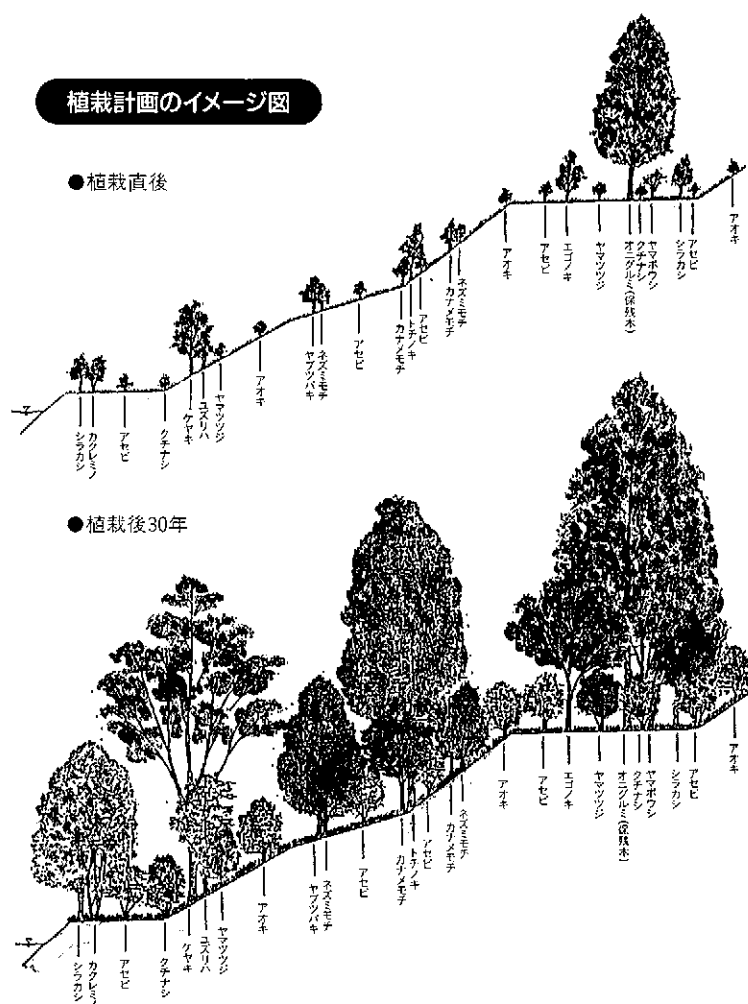
昭和 57 年のダム完成後、昭和 63 年および平成元年に自然回復後の追跡調査を行い、植生の着実な回復、昆虫類等の着実な増加等の効果を検証した。



事例 35 在来種による自然環境復元が図られた事例②—箕面川ダム—  
明治百年の森箕面公園内に位置する本ダムでは、付替道路の掘削のり面に徹底的な緑化対策が施されている。

事例 36 は、付替道路の計画の際の事例ではないが、ダム建設後に道路周辺斜面の緑化が進められている事例である。早明浦ダムは、高知県に設けられた大規模ダムであり、四国のみずがめとなっている。付替道路より下の斜面に対して、昭和 62 年度から建設省のグリーンベルト第Ⅰ種事業（早明浦ダム貯水池総合保全整備事業）として、林相改良や広葉樹種による植栽工などが実施されている。さらに早明浦ダム貯水池流域整備事業（グリーンベルト第Ⅱ種事業）が高知県により行われており、分収林契約制度による林相改良や崩壊地等の植栽に対する助成を図り、緑豊かな流域を演出し、貯水池への高濁度流入水の防止・軽減に努めている。整備計画においては複層林の造成を通じて、将来、原生林に近似する森林の造成を目標としており、植栽樹種の選定にあたっては、原則として郷土樹種を中心として選定するとともに、広葉樹と針葉樹、常緑樹と落葉樹、または樹冠の高低と大小、根系の深浅等性状の異なる樹種をつとめて多く採用し、森林のもつ土砂流出防止、水源涵養などの水土保持機能の向上を図るとともに、湖畔の景観上からも有効と考えられる樹種の選定を行っている。

#### 4. 自然になじむ道路



事例 36 在来種による自然環境復元が図られた事例③  
一早明浦ダム（グリーンベルト事業）一

事例 37 は、野村ダムにおけるダム周辺斜面の緑化の事例である。当ダムにおいては、建設事業の一環として自然環境と調和を図りつつ、ダムと一体管理している区域について、「土地の整備・緑化対策等」の基盤環境整備を行い、住民に親しまれる周辺環境の整備を実施した。

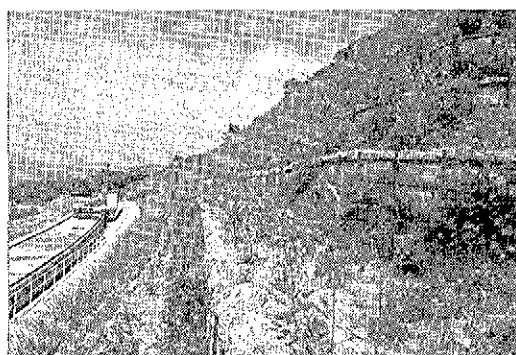
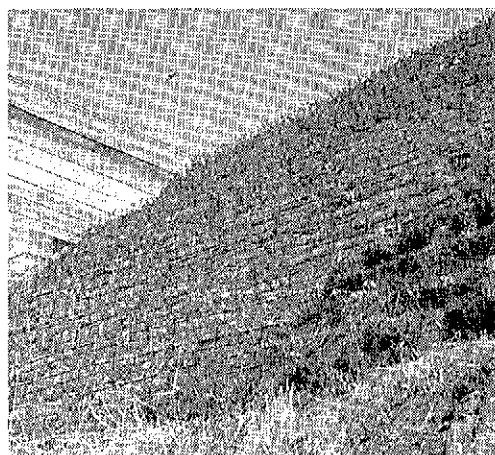
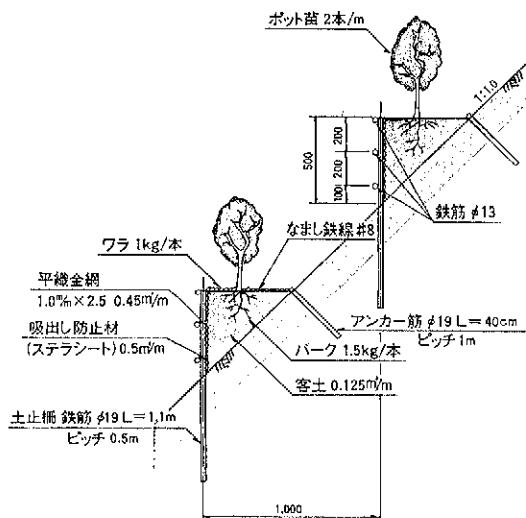
従来より切盛された法面の修復には、外来種子の吹付などで容易に成果を得ることが  
できる反面、持続性、景観保全などの面では問題がないとはいえない。そこで野村ダム  
においては、流域の植生調査から潜在自然植生を選び、それらを基調とした自生力の強

い樹木を植栽することにより、将来の管理を容易とするとともに、地域に適合した自然の回復を図っている。

ダム周辺斜面の緑化修景は次の事項を基本に施工を行っている。

- ①緑化は樹木と草木によるものとする。
- ②潜在自然植生に基づいた植栽種（事例 37 (2) 表）を基本とする。
- ③樹木による植栽は、活着度の高いポット苗（2～3 年生）を用いる。
- ④密植・混植を前提とする。

施工にあたっては、樹木が活着し成長するために植栽後 3 年くらいは客土の移動を防止することが必要であることから、階段方式と平面方式の客土移動防止工法を採用している。なお維持管理については、建設省と野村町・宇和町との間に「管理協定」を締結し、これに基づいて維持および運営は町、修繕は建設省が分担することになっている。



走行路切土斜面（植栽直後）



走行路切土斜面（7 年後の現在）

（道路法面においても積極的な緑化が図られている）

事例 37 (1) 在来種による自然環境復元が図られた事例④—野村ダム—

#### 4. 自然になじむ道路

表 潜在自然植生調査結果

| 階層   | 植栽可能種                                        |
|------|----------------------------------------------|
| 高木層  | アラカシ、スダジイ（コジイ）、イチイガシ、ウラジロガシ、シラカシ、シリブカガシ、タブノキ |
| 亜高木層 | ヤブニッケイ、ユズリハ、ホルトノキ、モチノキ、ヤマモモ、ヤマビワ、サザンカ、ヤブツバキ  |
| 低木層  | サツキ、ツツジ、ネズミモチ、カナメモチ、アベリア                     |
| 草本   | ススキ、チガヤ、クダシバ、その他郷土種                          |

事例 37 (2) 在来種による自然環境復元が図られた事例④—野村ダム—

#### 自然生態自己復元の考えに基づく法面の緑化

法面の保護工は、その安定性の確保が第一に考えられるべきものである。法面の安定工には、深礎工、岩盤緊張工、フリーフレーム工、コンクリート法枠工、法面吹付工などさまざまな工法があるが、永年の経験を経てより高い安定性が確保されるようになってきた。その一方で、近年は、法面に対しても自然植生の復元が求められるようになってきており、近年は法面保護工に在来種を用いた緑化工法が用いられるようになってきている。このような流れは、自然環境の保全の観点からは、極めて望ましいものであるが、本来、法面の安定工と緑化工とはその目的を異とするものであり、緑化工のみでは十分な安定性を確保できない場合も多い。

近年は、法面の安定と緑化の両立を目指して、安定工を施した法面に対して厚層基材を吹き付けるなどの工法によって、その緑化、さらに在来植生の復元を図る試みがなされるようになってきた。

そこで、ここでは表土のもつ自然生態の自己復元力に着目した法面の緑化工法について考えてみる。

これまで表土の有用性については、十分な認識がなされておらず、道路工事においても掘削土ともに捨てられている場合も多い。しかしながら、表土は自然が永年かけてつくったものであり、その土地の多くの植物の種子や微生物が含まれている。したがってこのような表土を利用することによって、より高い次元での自然生態の自己復元を実現することができると思われる。

また、既存の法面緑化工においては、含水率および保水性の低下に関しては、何ら合理的な補償がなされておらず、自然生態の復元させるための土壌としての条件を十分に満たしていないことも多い。そのため何らかの方法によって、含水率および保水性を確

保するような配慮がなされることが望まれる。

このような点に着目し、図4-35のような工法について考えてみた。

法面掘削にさきだって、後の緑化にあたって有用となる表土のみを収集し、その表土をゴムシートなどで覆い保管する。その後は、従来どおり法面掘削および安定工の施工を行う。安定工を行った後に、有用表土分の厚さの間隔をあけて階段状の土留めシステムをピン方式などによって固定し、有用表土を補填する。さらに高分子吸収材を従来の表土条件にあうように、その量を調整して設置することによって、法面の保水性を確保する。

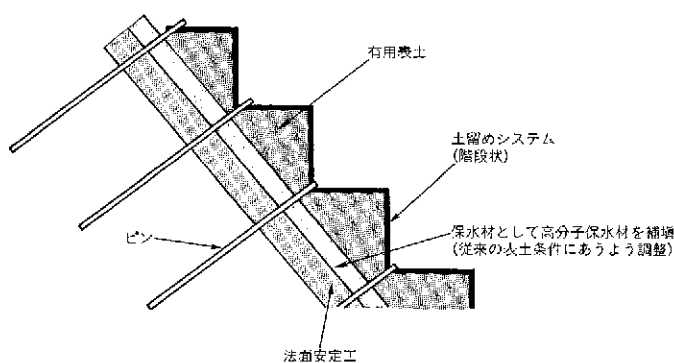


図4-35 自然生態自己復元の考え方に基づく法面緑化工法

表土の収集に際しては、現斜面の表土について、含水率、団粒率、表面硬度、埋土種子、有用微生物等について事前に調査しておき、その調査結果に基づいた表土の収集、高分子吸水材の補填が望まれる。収集は、調査結果に基づいた表土厚さを設定して、風化土を含むことのないように十分に配慮して、レーキ状バックホアタッチメントで掘り起こすことによって行う。また収集した表土に対してバーク堆肥等を混入し、自然植生機能のバックアップを図る。

なお本工法は、有用表土を確保することができれば、コンクリート吹付等のみが施された既存の法面、すなわち物理的安定性のみ考えられた法面に対してもその適用が可能である。この場合、表土を確保するにあたっては、近傍の斜面あるいは法面から、縞状にその地が十分自己復元することが保証される範囲内で収集する。この範囲内で縞状に収集すれば、表土をはぎ取られた斜面も短い時間で自然植生の復元が可能であろう。

ここで述べた工法は、自然の自己復元力を最大限に支援しながら、在来植生の緑化を図る方法であり、今後、望まれている緑化工法である。

# 道路隣接地の森林の保護

森林の中に道路を築くことによって、たとえその道路周辺の樹木を伐採しなくとも、日照条件の変化や風などの微気候の変化、あるいは地下水への影響などによって、森林に対して影響を与えることが予想される。

特に原生の自然林の場合には、陰樹からなる極相林に達している場合も多い。そのため、日照条件の変化は、道路沿いの樹木を立ち枯れを招く。このような樹木の立ち枯れを招かないためにも、図4-36のような手法がある。

また近年は、道路建設後に林縁保護植栽（前付け植栽）を行う手法も行われるようになってきた。これは高木性の樹木と低木性の樹木とを組み合わせた植栽によって、森林を保護しようというものである。

このように緑化においては、単純に樹木を植えるのではなく、現在の自然環境を壊すことなく、また将来的な影響を十分に考慮したうえでの植栽の検討が重要である。

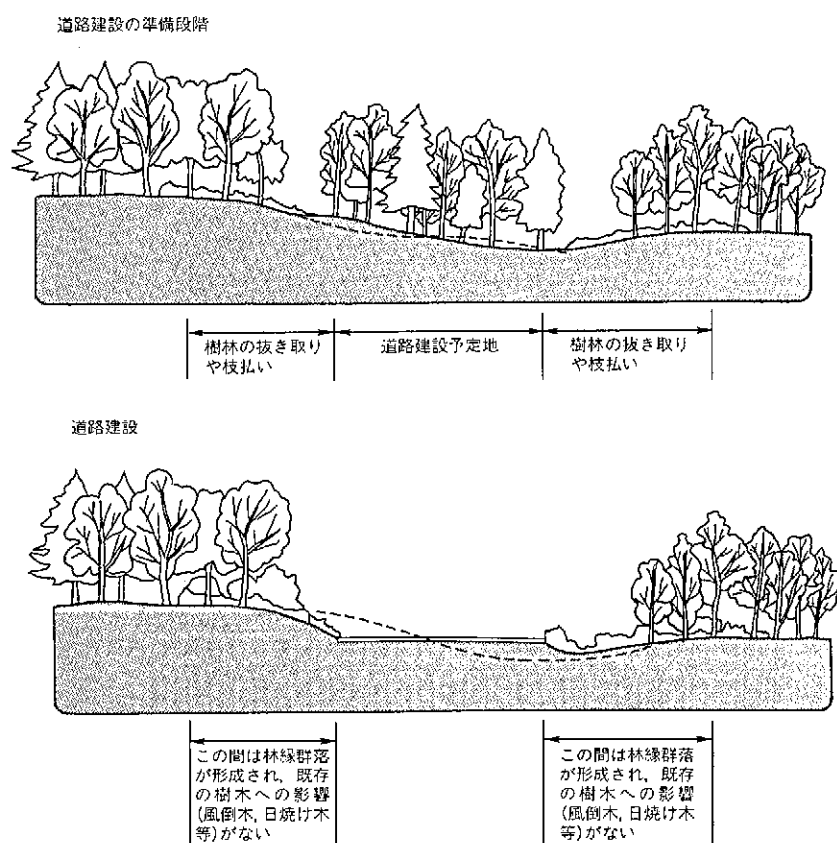


図4-36 林縁群落の形成を図るための道路建設手法<sup>86)</sup>

### 4-3-3 動物の生息に対する配慮

ダム湛水によって、それまで河川沿いに生息していた動物は、斜面の上方へとその生息域を移動せざるを得ない。生息域を移動した動物は、生息域と水場となる貯水池との間を往復する必要があるが、湖岸に道路が設けられている場合には、その道路を横断しなければならない。そのため道路を計画する場合には、このような動物の横断に配慮した計画が必要となる。

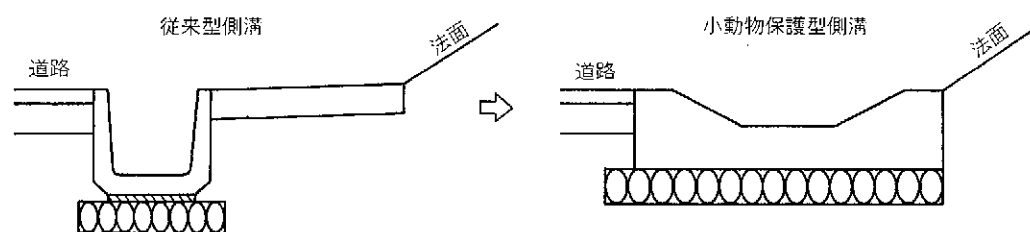
検討にあたっては、道路上を動物を横断させるのかさせないのかが大きな課題となる。

### 小動物の生息に対する配慮

道路建設によって、ダム湖を垂直な擁壁とすれば、動物は湖岸に降り立つことはできない。そのため、このような計画は生態系への配慮の上では障害となるであろう。

小動物にとっては、側溝の段差などの小規模な段差も横断の妨げとなる。そのため、緩傾斜の勾配を有する側溝を用いるなどの工夫が図られている。

事例 38 は、漢那ダムにおいて動物に配慮した事例である。イボイモリなどの小動物が側溝に落ちて容易に脱出が可能なように、小動物保護型側溝（緩傾斜型側溝等）を用いるなどの配慮がなされた。



(小動物保護型側溝断面図)



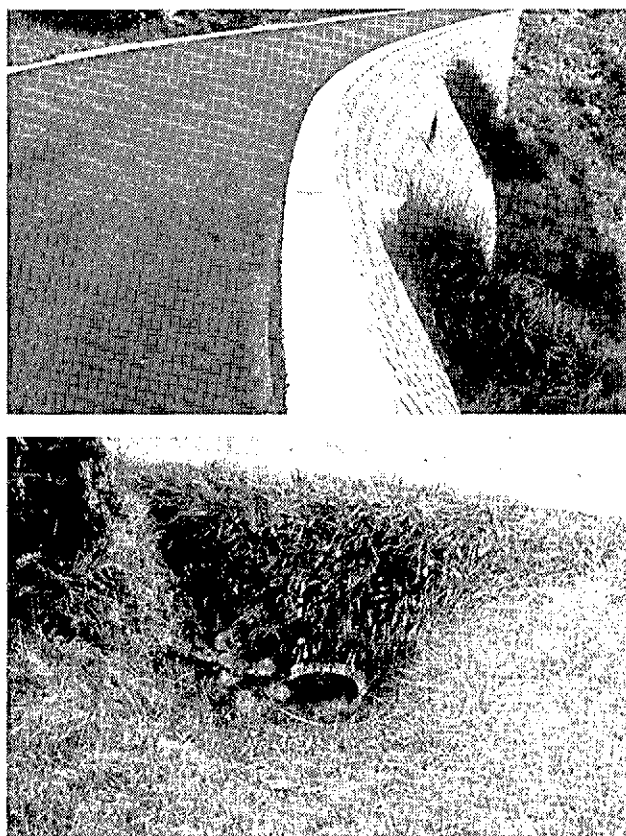
事例 38 漢那ダムにおける小動物保護型側溝

##### 動物の移動路と道路との立体化

道路への動物の侵入は、道路上を走行する自動車と動物との衝突を招くおそれがある。特に交通量が多い道路や車両の走行速度が大きな道路においてはこのような問題が懸念される。そのため、特に高速道路において道路沿いにフェンスを設けるなどして動物の道路上への侵入を抑止している。

しかしながら、このように動物の横断を遮断することは、動物の生息域の完全な遮断を招くものである。このような対策として、道路を高架構造やトンネル構造として動物の生息域との分離を図ったり、立体化した人工的なけもの道をつくるなどの試みがなされている。

事例 39 は、九州の川辺川ダムの事例である。ダム付替道路を横断する小動物に配慮し、小動物が道路上を横断することなく、貯水池側に達することができるような横断管を設置するなどの配慮がなされている。



事例 39 川辺川ダムにおける小動物横断管の設置

また近年は、主に高速道路などの高規格道路において、大型の動物も通れるようなけもの道を立体化するところみもなされるようになってきた(図4-37)。これらの効果についてはまだ十分に明らかにはなっていないものの、新しい取組として積極的に取り組んでいく必要がある。

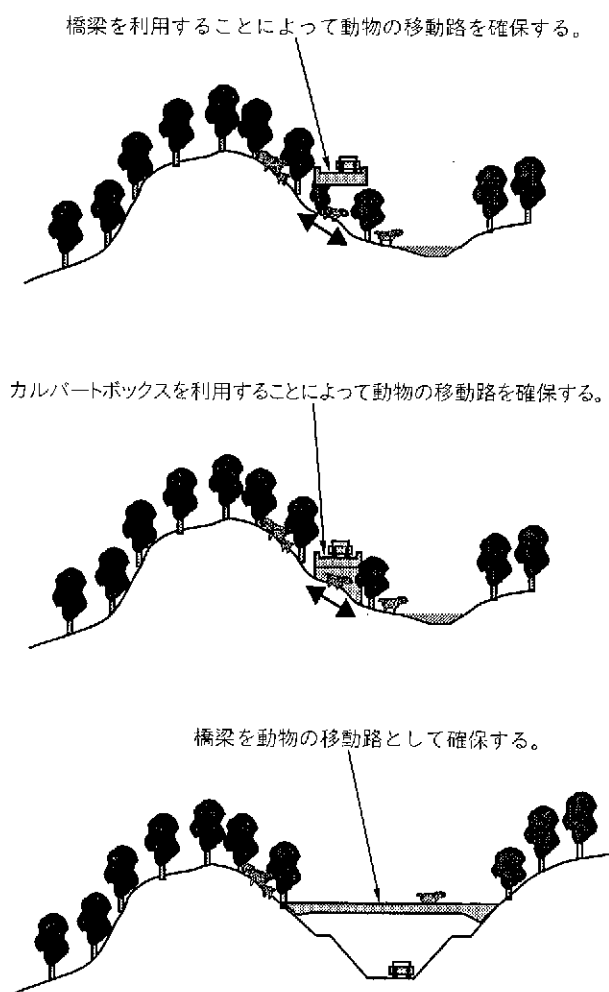


図4-37 けもの道の立体化の工夫

#### 4-3-4 生息域の確保と復元

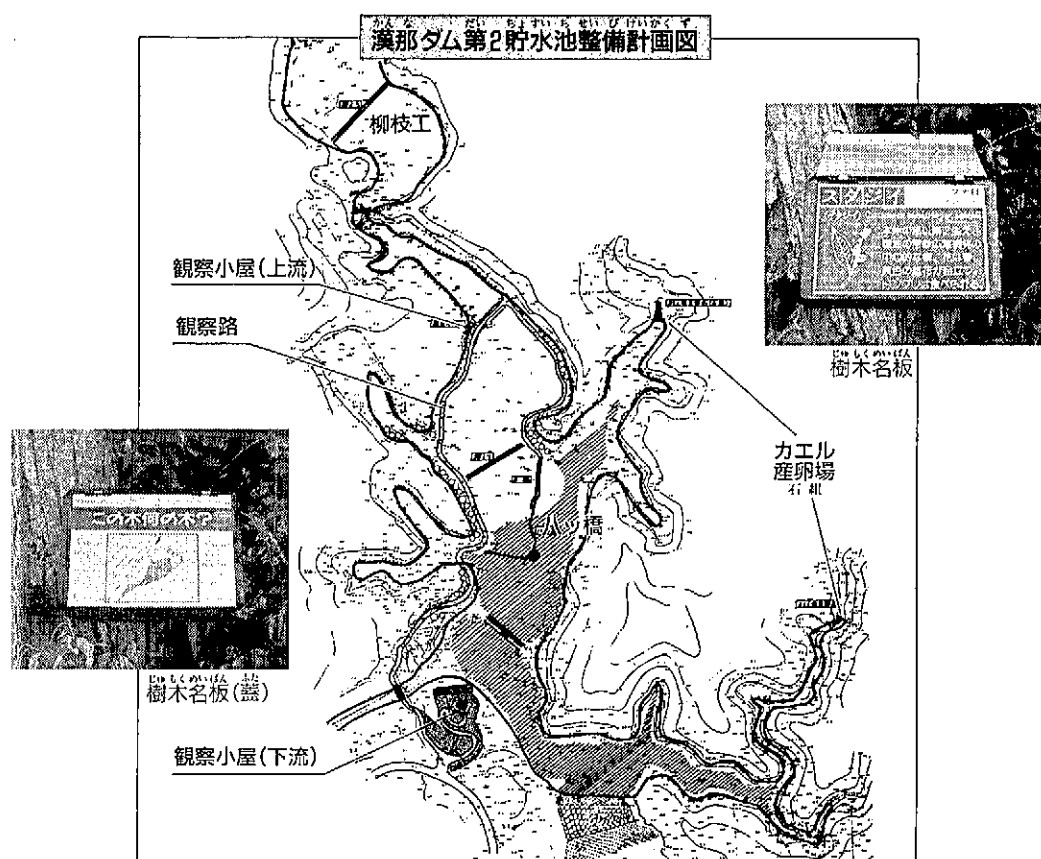
近年は、道路建設などによって失われた自然環境を別の場所に再生したり、また現存する生息域を極力確保しようという試みもなされている。

事例40は、漢那ダムにおける動物の生息域を確保した事例である。

漢那ダム第2貯水池は、メダカ、ハゼ、エビ、カニ、トンボ、ミズスマシ、ゲンゴロ

#### 4. 自然になじむ道路

ウなどの水生生物が生息する湿地帯となっていることから、現在の湿地をそのまま残し、水辺と陸域の一体化した自然生態系を守り、県民の環境教育にも役立つような環境整備を行っている。また伐採木を活用し、貯水池周辺の林に丸太を積み上げ、昆虫類が営巣できるような配慮がなされたり、またダム直下の護岸には自然石積護岸とマングローブの植栽を行い、景観の向上をはかるとともに、海水魚、甲殻類等の水生生物の産卵場、待避場、休息場として提供し、その保護・増殖を図っている。



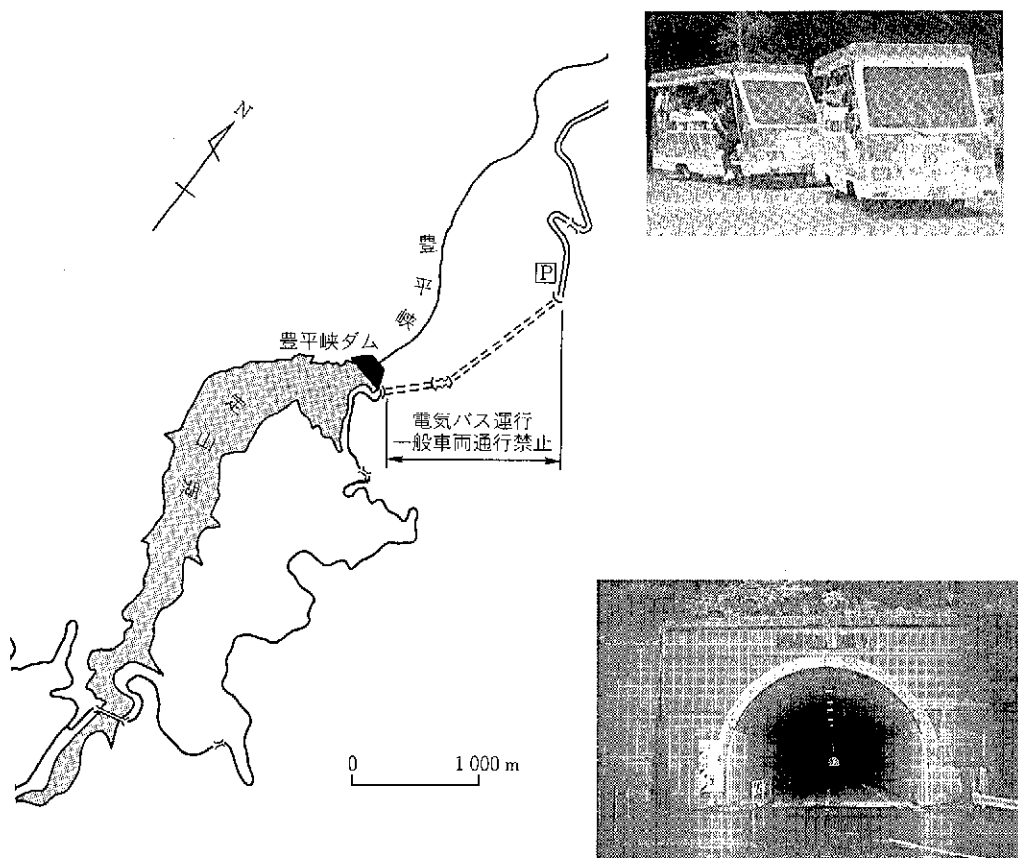
(漢那ダム第2貯水池整備計画図)

事例 40 動物の生息域の確保—漢那ダム—

#### 4-3-5 その他の生態系に対する配慮

##### 一般車両の通行規制による自然環境の保全

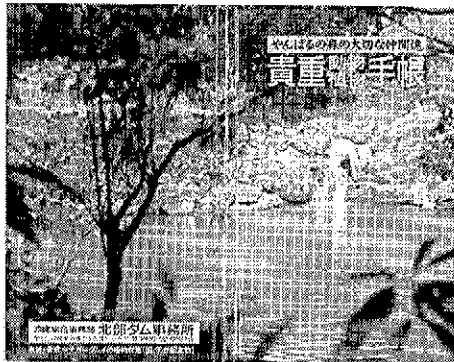
豊平峡ダムは、北海道札幌市に位置する堤高 102.5 m、堤頂長 305 m、湛水面積 134 ha のダムであり、1967 年に着工され 1972 年に竣工している(事例 41)。ダム湖に至る道路は工事用道路として新設された道路であるが、下流側からダムサイトまでのアプローチ路が勾配のあるトンネルとなっており、換気上の問題が生じたこと、また駐車場が確保されていないことから、現在は一般車両の侵入を禁止している。一般の観光客は、トンネル手前に設けた駐車場に車を置き、そこから公社が運行する電気バス(有料：春～秋)でダム湖へ行けることができ、観光の日玉ともなっている。当地域は自然環境に恵まれた地域であり、結果論ではあれ、低公害の電気自動車の利用が自然環境の保全に大きな役割を果たしている。



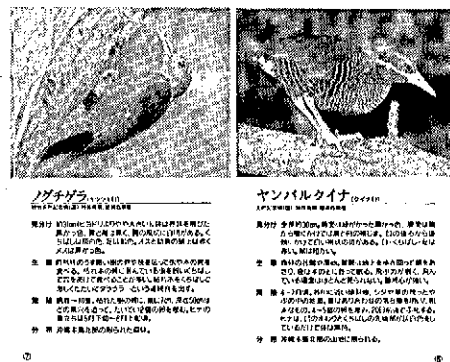
事例 41 一般車両の通行規制による自然環境の保全—豊平峡ダム—

# 自然環境の保護を考慮した工事体制

沖縄開発局北部ダム事務所は、漢那ダムなど自然環境の保全を図ったダムを手がけた事務所である。当事務所においては、「貴重動物手帳」「赤土砂流出対策マニュアル」などのマニュアルを作成し、工事中の自然環境保全に努めている（事例 42）。



手帳の表紙



記載内容

事例 42 自然環境の保護のための工事体制（マニュアルの作成）—漢那ダム—

## ①貴重動物手帳

北部ダム事務所が実施する工事・調査にあたり、工事区域内等で貴重動物が生息している場合に、その動物を保護するため、工事関係者にこの手帳を持ち歩くことを義務づけている。本手帳にはノグチゲラ、ヤンバルクイナ、アカヒゲなどの貴重動物 19 種、カザリシダ、ヒメタカノハウラボシなどの貴重植物 32 種が掲載されている。特に注意事項として、以下のとおり記載されている。

### —注意事項—

#### ●動物編

##### 【作業上の注意】

1. 作業にあたっては、事前に作業範囲の踏査を行い、生息している貴重動物を自力移動させてください。とくに鳥類の繁殖時期は、巣の有無を入念に点検してください。また伐採作業は、伐採する範囲の中央部より順次外側へ向って行い、生息している貴重動物の自力移動に配慮してください。
2. 事前の踏査または作業中に、本編に掲載されている貴重動物を発見した場合は以下により対応し、その結果を折り込みの「貴重種発見報告書」に記入のうえ、すみやかに北部ダム事務所環境監視員（以下「監視員」といいます）へ提出してください。
  - (1) 自力移動を促し、作業範囲外に移動するまで作業を中断してください。
  - (2) 自力移動が困難な貴重動物（カメ・カエル・イモリなど）または卵・幼鳥、もしくは貴重動物の死骸を発見した場合は作業を中断のうえ監視員へ連絡し、その指示に従ってください。

##### 【ハブについて】

3. 当地域はハブが生息している可能性がありますので貴重動物の踏査にあたっては、十分注意をして下さい。

#### ●植物編

##### 【作業上の注意】

1. 作業にあたっては、事前に作業範囲の踏査を行い、生育している植物の分布状況の調査を実施して下さい。伐採作業を行う際は必要最小限の伐採に配慮し、なるべく移植するなどして植物の有効利用に努めて下さい。

【貴重植物を発見した場合の対応】

2. 事前の踏査または作業中に、本編に掲載されている貴重植物を発見した場合は以下により対応し、その結果を折り込みの「貴重種発見報告書」に記入のうえ、すみやかに北部ダム事務所環境監視員（以下「監視員」といいます）へ提出してください。
  - (1) 当該箇所周辺での作業を中断し、生育環境を考慮して現場保存を行って下さい。
  - (2) 監視員へ貴重植物発見の報告、連絡を行い、その指示に従って対応して下さい。

【貴重植物の移植】

3. 北部ダム事務所においては、貴重植物の保護、育成をはかる観点から貴重種の増殖、移植の実験を進めている所です。

現場で発見された貴重植物は、ダムの環境整備などに有効活用されますので、皆様方の御協力を御願ひ致します。

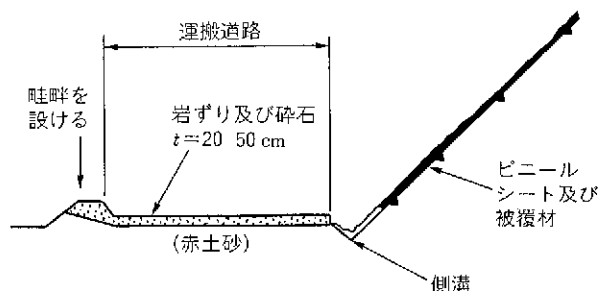
これらの注意事項は、ハブに関する注意を除けば決して沖縄に限ることのないものであり、このような工事体制の確保が望まれる。

【赤土砂流出対策マニュアル】

赤土砂流出対策マニュアルは、北部ダム事務所で行うダム本体工事、原石山掘削工事、河川工事等の施工に際し、赤土砂流出に対して事前の留意点や工事施工段階ごとの対策工法を示したものである。本マニュアルは河川編であるため、一般の道路工事に関する記載はないが、仮設運搬道路の赤土砂対策として、以下のとおり記載されている。

●仮設運搬道路の赤土砂対策

仮設運搬道路の赤土砂対策として路面に岩ずり等を敷均す、又、暫定掘削法面については、ビニールシート及び被覆材等で被覆する。



上に示したように仮設の道路であっても、土砂流出に対する配慮を求めている。またダム本体工事において生じる斜面の掘削についても、赤土砂流出防止のため、掘削と被覆とを段階的に行うよう求めている。

以上のようなマニュアルを作成し、工事関係者に対して自然環境の保全に対する配慮を求めることは極めて有効なことであり、今後の建設事業において見習うべきものであろう。

#### 4. 自然になじむ道路

### 道路建設による水質汚濁の防止

事例 43 は、沖縄北部ダム事務所における工事中の水質汚濁の防止を図った事例である。

沖縄本島においては、風化した石灰岩からなる赤土砂の流出に対する配慮が重要となる。そのため、付替道路工事においても、赤土砂の流出を防ぐため、種子吹付、モルタル吹付、アスファルト乳剤散布による保護など、赤土砂の発生を抑えるとともに、防止堰を設置することによって赤土砂の流出を防ぐような配慮がなされている。また工事中に発生した濁水についても、濁水処理施設を設け、その処理を図っている。



種子吹付

| 場 所     | 工事中の対策                                                                                                                     | 恒久的な対策                                                                                                                          |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 付 替 道 路 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・下流に防止柵、防止堰等を設置した後に土工（切土、盛土）を行います。</li> <li>・土工の完了した所からすみやかに恒久的な対策を行います。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・盛土部は種子吹付、切土部は厚層基材吹付、法枠等により法面の保護を行います。</li> <li>・付替道路全区間においてアスファルト舗装で路面を覆います。</li> </ul> |

事例 43 工事濁水対策―漢那ダム―

また前出の札内川ダムにおいても、北海道開発局と北海道が道道認定時に計画した自然環境の保全に関わる基本方針と施工上の留意事項の中で、工事施工に関する留意事項を定め、それに基づいて工事を行っている。

#### 事例 44 自然環境に係る基本方針・施工上の留意事項（札内川ダム）

##### 【自然環境保全に係る基本方針（抜粋：工事施工に関わる項目）】

1. 工事施工中の災害（土砂崩壊）を防止するため災害発生の危険箇所においては短期間に工事を完了するように留意する。
2. 河川の流水に面する工事の施工にあたっては、水質の汚濁に特に留意する。
3. 工事施工に伴って生ずる残土は、すべて公園区域外に搬出し、土砂の流出、流亡のおそれのない場所に捨土用地に確保して堆積し修景緑化すること。
4. 工事のための仮設道路およびその他の仮施設は原則として道路区域内に設置すること。なお、道路区域外に仮施設する場合であっても本留意事項を十分に考慮し、自然環境への影響を最小化するとともに跡地の自然復元に努めること。

##### 【施工上の留意事項】

1. 山腹急斜面および盛土部分においては、土砂が流出、又は崩壊しないよう発破使用時の土石飛散防止ネットの設置、土石の崩壊防止柵などの設置が十分講じられていること。
2. 河川の流水に面する工事にあたっては、水質汚濁防止工を施すこと。

#### 4-4 自然景観になじむ道路

山岳部の景観は、自然環境の総体によって表されるものである。春の新緑、秋の紅葉は、自然環境が良好に残っているからこそ、我われに楽しみを与えるものである。道路は、このような自然景観を楽しむために人々が山に立ち入ることを容易にする「みち」である反面、このような自然景観の中へと侵入する人工的な構造物でもある。

たとえば紅葉した山岳部の中でスナップ写真を撮ろうというとき、どのような背景を選択するだろうか。さすがに道路のコンクリート法面を背景とする人はいないであろう。また、人工的な構造物がたとえ遠方であったとしても、その構造物が背景として入らないようにカメラアングルを工夫するであろう。

逆に写真の背景として選択される人工的な構造物はあるのだろうかと考えてみれば、吊り橋などの橋梁やダムがあげられる。これらの構造物はただ単に規模の大きな土木構造物であるという理由だけで背景として選ばれているわけではない。それはいくら長大なトンネルだからといって、その坑口を背景として写真を撮ろうとは思わないことからわかる。やはりこれらの構造物については、その構造的な美しさもあるからであろう。

このように考えると、自然景観になじむ道路とはどのようなものであるのかがみえてくる。

まず、道路を外から眺めたときに、視覚的に道路構造物の占める割合を極力少なくすることである。そのためには、地形改変の小さい道路をつくるとともに、発生した地形改変については極力その復元を図ることである。

次に、やむを得ず発生するコンクリートや鋼構造物については、極力自然になじむようなものとするのである。だからといって、自然に擬して色をつければいいというわけではない。このような着色はかえって逆効果となる場合が多い。これらの構造物については極力明度を落とすような工夫を行った方が自然になじみやすい。

逆に長大な橋梁は、山岳部に設けられる道路の中で唯一、人工物としての景観設計が可能なものである。特にダム湖の湖面横断橋ともなれば、まさにシンボリックな存在である。ただし橋梁についても、周辺との自然景観の中に調和が基本であり、その上での景観の検討が必要であることを忘れないようにしたい。

近年は、市街地の道路において、景観が重視されるようになってきたが、山岳道路における景観は市街地の景観とは全く異質なものである。山岳道路における車両走行速度は、市街地に比べるとやや高速の場合が多く、移動速度の遅い歩行者の利用が少ない。

#### 4. 自然になじむ道路

したがって景観に対する移動速度が明らかに異なる。また道路の背景となる景観も、都市では主として人工物の中における景観を考えるのであるが、山岳部においてはフラクタル次元において表現される自然景観の中に幾何学的な構造物が侵入することになるのであるから、その両者に明瞭な差がみられる。景観上のみの観点からは山岳部の景観の中に道路があった方がいいのか、道路がない方がいいのかを問えば、ほとんどの人が景観上は道路がない方が良くと答えるのではないだろうか。このようなことから、市街地の景観の技術を応用することはあっても、その基本的な考え方を混同することはあってはならない。

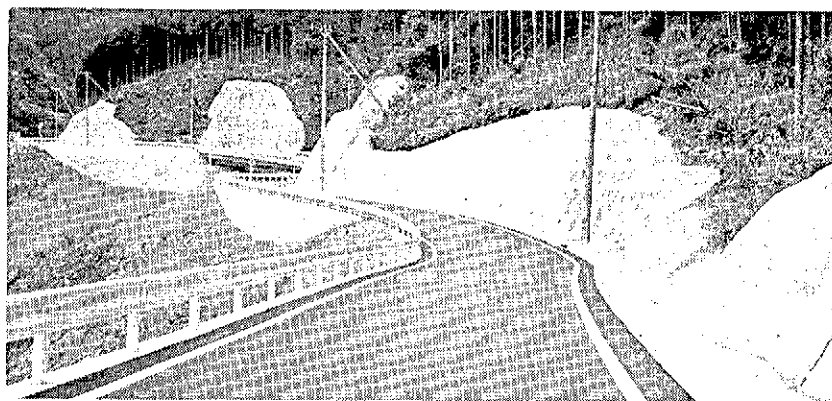
近年は、コンピューター技術の進歩に伴って、コンピューターグラフィックス(CG)を用いた景観予測技術も進歩しつつある。従来のフォトモンタージュに加え、このような手法を利用することによって、積極的に景観の予測を行いながら、計画を進めていくこともひとつの手法として考えられる。

##### 4-4-1 自然になじむ道路構造物・道路付属物

道路建設によって生じた地形改変に対しては、基本的には在来植生の回復を目指した緑化が図られることが望まれる。しかしながら、地形・地質的な制約により、コンクリート構造物や鋼構造物などの構造物が生じることもある。

事例 45 は、あるダムの付替道路の例である。

これまでに築かれてきた山岳道路の典型的な景観ともいえるが、コンクリート処理が施された切土法面と湖岸側の擁壁、ガードレールや電柱などの人工物、また掘削の際にまきだされた土砂が放置されていることなど、自然景観との調和の面からはいくつかの問題が指摘されよう。

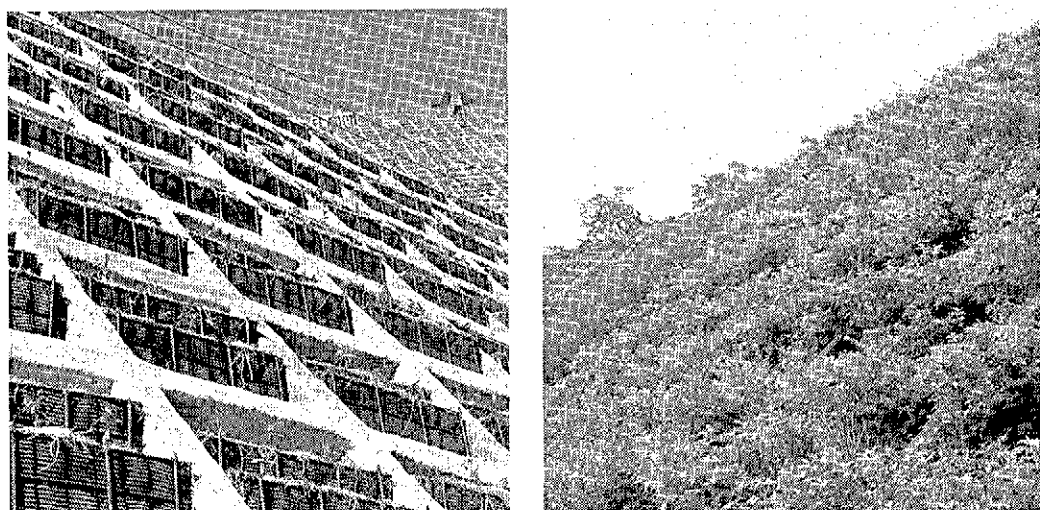


事例 45 コンクリート法面・電柱・ガードレールがつづく付替道路

特にダム付替道路の場合には、将来的にも多くの人々が自然とのふれあいの場として訪れる道路であり、やむを得ず生じたコンクリート構造物や道路付属物などについても、自然との調和を主眼において修景が望まれる。

山岳部への道路建設において最も問題となりやすいのは、コンクリート法面の処理であろう。基本的には緑化工の採用が望ましいが、その安定性が十分に確保できない場合にはコンクリート等の利用に頼らざるを得ない。そのため、このようなコンクリート処理がなされた法面の緑化についても近年は積極的に行われるようになってきた。

事例 46 は、神奈川県丹沢山中に位置する大規模ダムである宮ヶ瀬ダム（堤高 155 m、堤頂長 400 m、湛水面積 460 ha）の事例である。ダム付替道路は、将来の観光開発を考慮し、湖畔を一周できるように建設されているが、計画にあたっては極力切土量を減らすような配慮がなされた。道路建設によって生じた残地に貯水池内の樹木を移植したり、またコンクリート法枠工の法枠内に樹木を植えるなどの工夫がなされている。



事例 46 宮ヶ瀬ダムにおけるコンクリート法枠内の緑化

事例 47 は、黒部峡谷下流に位置する宇奈月ダムの事例である。当ダムの下流側には、黒部峡谷鉄道の起点としても有名な宇奈月温泉が位置しており、観光に訪れる人々も多い。そのため、ダム工事用道路の建設にあたっては、自然環境の改変を極力少なくする配慮が求められた。そのため、その計画にあたっては、長大法面や盛土面を極力少なくするとともに、地形的に急峻な斜面や風化が進んだ斜面、土砂崩壊や雪崩の危険のある斜面についてはトンネルや洞門を用いている。ダムより下流側においては、工事期間中の温泉街などにおける交通容量、交通安全性、騒音、振動などへの配慮、また災害時の

#### 4. 自然になじむ道路

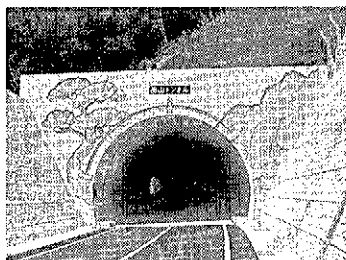
代替路としての機能についても考慮し、左岸を走る既存の県道とは別に、右岸に対して工事用道路として設けられることになった。そのため、工事用道路は宇奈月温泉の対岸側を走ることになり、温泉街からの道路景観についての配慮が必要となった。そのため、道路計画においても、景観に配慮し、その一部をトンネルとするとともに、落石・雪崩対策工として設けられた洞門についても自然になじむようコンクリート2次製品の素材を用いるとともに、洞門上部や川側下部工に対してもツタなどによる緑化が施されている。



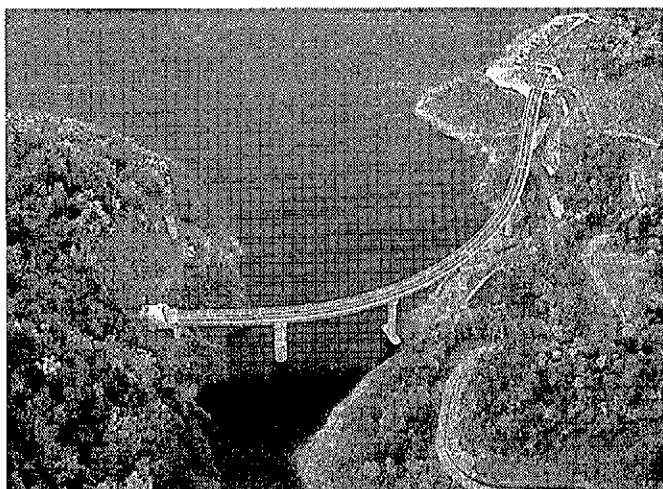
事例47 洞門の対岸からの景観に配慮した例—宇奈月ダム—

自然景観の調和を図るということで、構造物の色や質感を自然のものに擬したものが用いられる場合もあるが、逆効果となりやすい。むしろ露出する構造物をシンプルなものにすること、また天然の素材の質感を生かすことを考えることが望まれる。

事例48は、ダム付替道路におけるトンネル坑口部分の景観事例を2つ示したものである。ひとつはトンネルの坑門および擁壁にレリーフ処理を行った事例、もうひとつはトンネルを若干延伸し、ベルマウスタイプの坑門を用いた事例である。後者のようなベルマウスタイプの坑口を用いるためにはトンネル延長を延伸する必要があるが、自然への影響範囲を最小限にとどめることができるとともに、自然景観の中でのコンクリート構造物の占める割合を少なくすることが可能である。



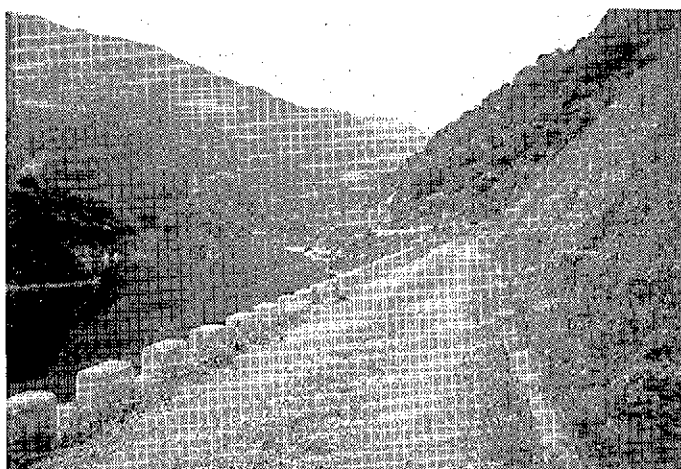
(坑口のレリーフ処理)



(ベルマウスタイプの坑口)

事例 48 トンネル坑口部の景観の比較

事例 49 は、防護柵として、ガードレールを設けずに、駒止めを設けた例である。一般には防護柵として、ガードレールが用いられる場合が多いが、このような駒止めやあるいはガードパイプ、ガードケーブルなどの視覚的な専有面積の小さなものを用いることは、自然景観との調和を図るうえでは有効な手法である。

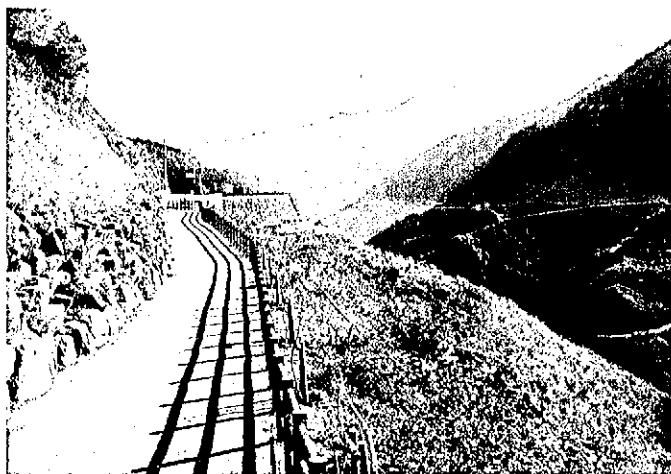


事例 49 駒止めを利用し自然景観の保全を図る

また近年は、市街地において景観あるいは防災上の観点から、電線の地中化が進められている。山岳部の道路においても景観上の配慮からこのような工夫が望まれるところである。

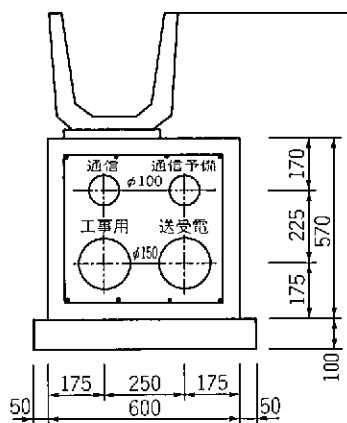
#### 4. 自然になじむ道路

事例 50 は、浦山ダムの管理用道路において自然景観になじむよう配慮した事例である。法面についてはその緑化が図られるとともに、その下部においては自然石を利用した擁壁が用いられ、また防護柵の素材についても工夫がなされ、周辺の景観との違和感を感じないように配慮がなされている。



事例 50 景観に配慮した管理用道路の例－浦山ダム

事例 51 は、奥胎内ダム工事用ケーブルの地中化断面を示したものである。当ダムは国立公園内に位置しており、景観化の配慮からこのような配慮がなされている。



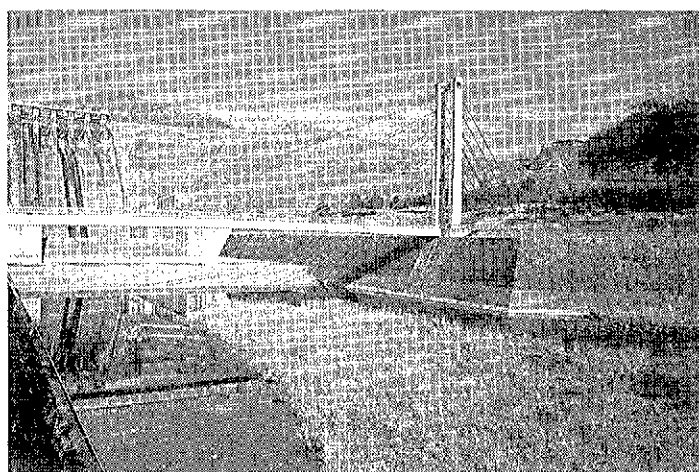
事例 51 工事用ケーブルの地中化－奥胎内ダム－

#### 4-4-2 橋梁の自然景観との調和

橋梁部は湖水景観としては目立つ箇所となる。中でも湖面横断橋は特に目立つ存在であり、湖水景観を考える場合に湖面横断橋はシンボリック的存在となっている。したがって、湖面横断橋をダム湖水の景観設計の主演と位置づけ、橋梁の型式、細部の設計、色彩設計などを実施することも非常に有効な手段といえる。

#### 堤体直下流<sup>37)</sup>

ダム堤体の直下流部に下流河道を横断して橋梁が架けられる場合がある。その橋梁位置はダム堤体本体を望む最良の視点場となる。したがって、堤体本体の景観設計にあたっては、その視点場からどのように眺望されるかが最大の配慮事項となる。反対にダム堤体天端などから下流を展望したときには、その横断橋が最も注意をひく構造物となるので、その眺望に素直にとけ込む型式や色彩にすることが重要であるとともに、さらに下流の視点場から見た場合にダム堤体本体と橋梁とが違和感なく調和するかどうか景観設計上の課題となる。



事例 52 三保ダムの余水吐き下流のダム管理用の松ヶ山橋

#### 湖面横断橋

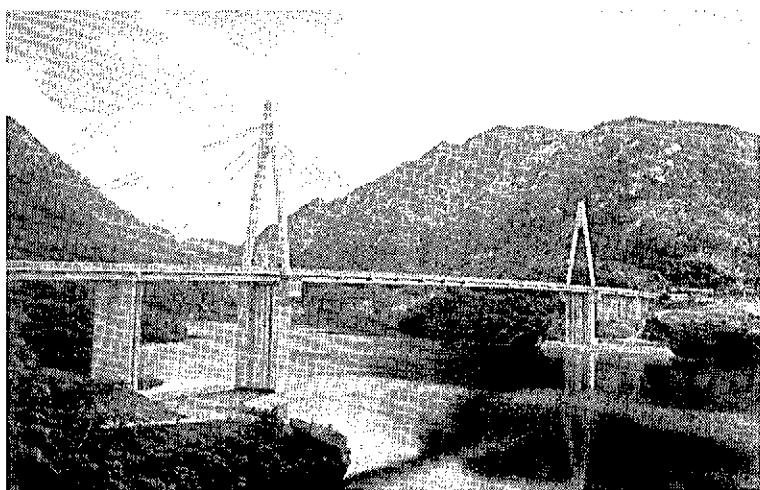
わが国のダム湖の形状は、山岳部の峡谷に築造されたものはうなぎの寝床型となり、またやや準平原的な高原部の狭窄部に築造されたものはリアス式湖岸型などとなる。湖岸線は共に非常に屈曲に富み、それだけで景観的に趣のあるものである。そのような地形特性の所に付替道路ルートを選定すれば、流入する沢を横断する橋梁や湖水に突き出

#### 4. 自然になじむ道路

した出尾根にトンネルが多く計画される。そのうち、ダム湖の形状にもよるが1～2本の本川のダム湖を横断するものが計画される。そのような湖面横断橋は広い湖面に際だったシンボルとなる。多くの沢に架かる橋梁群は機能中心の設計でやむを得ないとしても、大きな支川や本川にかかるこのような湖面横断橋については橋梁型式や色彩設計についての十分な配慮が望まれる。

湖面横断橋の場合、まずダム堤体本体から展望できる所に架けられるものにあたっては、ダム天端を視点場とした景観設計を行うとともに、ダム本体および湖水面を引き立て、それらと調和するような型式・色彩が望まれる。また景観シミュレーションを行う場合には、観光客が多いシーズンの湖水位の条件を中心に行わなければならない。例えば、春の新緑の紅葉シーズンが観光シーズンである場合、湖水位は夏期制限水位に保持されているのに満水位状態で景観シミュレーションするということがないように注意しなければならない。

ダム湖の湖面横断橋は橋梁スパンが非常に大きいことや橋脚長が高いという一般的な特徴があるので、新しい景観形式のモデル橋として、これまで技術発展に大きな役割を果たしてきた。ダム湖に架かる橋梁の設計にあたっては、素晴らしい湖水景観の形成に資するとともに、橋梁の建設技術発展の一里塚としての役割も果たしていくことが望まれている。



事例 53 湖面横断橋としては日本一の延長を誇る弥栄ダムに架かる弥栄大橋

## 5-1 ダム湛水による影響を考慮する

## 湖岸斜面における地すべり・斜面崩壊への注意

ダム堤体が築かれることによって、その上流には貯水池が形成される。貯水池の形成は、貯水面より下位の地形を水没させることであり、このことは即ち地下水位も上昇させるということである。また貯水池の沿岸斜面も、従来以上の地下水位の上昇を経験することとなる。また貯水池の水位は、洪水調節時等には変動し、それに引きずられるかたちで地下水位も変動することになる。したがって、貯水面付近の斜面においては、間隙水圧の変化が生じ、また湿潤状態と乾燥状態とを繰り返す。貯水池の周辺斜面においては、このような条件の変化によって、地すべりや斜面崩壊などが発生することもあるから、道路計画においてもそれに対応した配慮が望まれている。

特に貯水池の沿岸斜面での地すべりの発生は、道路を寸断し、その上流の集落が孤立化するおそれもないわけではない。実際に過去には、湛水によって発生した地すべりによって道路が寸断され、道路が復旧するまでの間、舟運に頼らざるを得なかった事例もある。

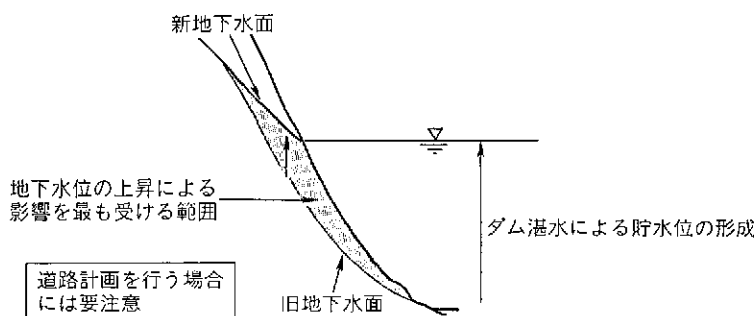


図5-1 貯水池の形成に伴う地下水位の上昇

したがって、貯水池の沿岸斜面に道路を設けようとするときには、一般の山岳道路以上に地すべりや斜面崩壊の可能性について十分な検討を行うことが求められる。

### 貯水面以下のトンネルは要注意

ダム付替道路の場合には、ダム下流部から湛水面上にアクセスするために、ダムサイト部にトンネルが設けられている場合も多い。しかし、このようなトンネルを設ける場合には、地下水位の上昇の影響についても十分に考慮する必要がある。

貯水面より下位にトンネルを設けた場合には、トンネルに地下水が流入し、最悪の場合にはトンネルが水みちとして機能し、トンネルに大きな支障を及ぼすおそれもある(図5-2)。また、このようなトンネルへの地下水の流入を防ぐために、海底トンネルと同様に徹底的な止水対策同様のグラウチングが必要となる。

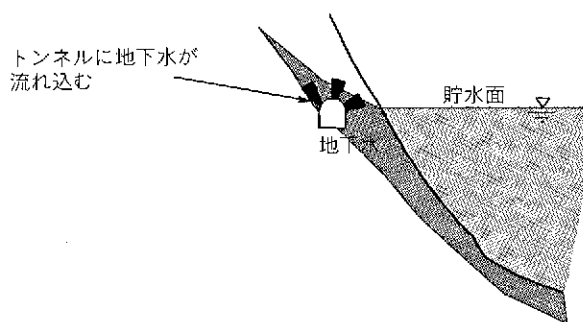
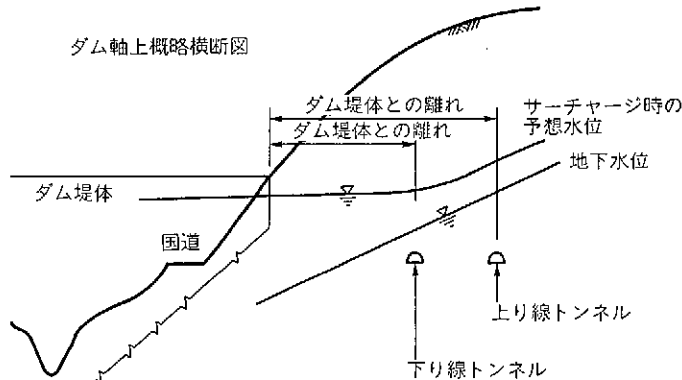


図5-2 貯水面より低いトンネルへの地下水の流入

事例54は、貯水面より低い位置におけるトンネル計画の事例である。付替道路は、当初、ダム軸上のトンネル計画高をサーチャージ水位(100年に1回の割合で予想される流量の水位であり、洪水調節最高水位)以上、縦断勾配 $I=3.5\%$ として検討されたが、これによると付替延長、工費が大となることから、極力短く、経済的なルートということが求められ、ループ案等10数ルートについて検討がなされた。最終的なルートについてはダムサイト付近をトンネルで貫く案が採用された。またトンネルは、①縦断勾配が $I=5\%$ 以上となっていること、②曲線半径が460mになっていること、③トンネル完成後の換気にかかる維持管理費用の低減が可能であることなどから、上下線分離のセパレートルートに決定された。その結果、ダム軸上におけるトンネル位置は、貯水池サーチャージ水位を下回るばかりではなく、現況の地下水位をも下回ることになった。当地域は、地質的にも透水性が高い箇所もあり、トンネルへの漏水対策が設計上、重要な課題となった。そのため、トンネルの工法としては地山の弛みによる水みちの形成を少なくするため、NATM工法を採用し、防水シートによる止水、また支保を地山に密着させ、できるだけ空隙が発生しないような配慮がなされた。また覆工の施工継ぎ目が少なく防水シートを用いることによる止水、支保工や吹付コンクリートが地山に密着することによ

## 5. ダム付替道路特有の計画技術

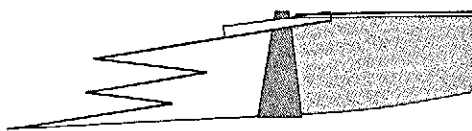
て空隙が生じないように配慮された。さらに漏水対策として、ダム軸のカーテングラウトをトンネル部まで延長し、グラウトゾーンを厚くすること、また透水性の高い箇所に対して周辺グラウトを透水性の高い箇所へ施すこと、止水シートの継ぎ目を溶着とすることなどの対策を施す必要が生じた。



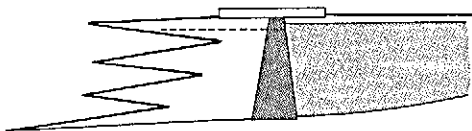
事例 54 貯水面より低い位置へのトンネルの計画事例

また、特に鉄道が付替となる場合には、線路の勾配の制約が厳しく、やむなくこのようなトンネル法線が採用せざるを得ない場合もあるため、このような漏水に対しては十分に注意することが求められる。

このような問題を防ぐためには、湛水による地下水の上昇を考慮し、図 5-3 に示すように、特に貯水面より下位にはトンネルをつくらないような道路を計画することが望まれる。



× 貯水面より低い位置にトンネルを通すと漏水対策が必要となり、できれば避けることが望まれる。



○ ダムサイト付近をトンネルで通す場合は貯水面以上の標高で通すことが望まれる。

図 5-3 ダムサイト部におけるトンネル計画

## 湖岸での洗掘に対する配慮

湖岸部へ道路を建設する際には、波浪による洗掘に対する配慮は不可欠である。しかし、貯水池の水位は変動するという事実を忘れてはならない。このことは、貯水池の水位変動域においては、斜面が洗掘される可能性があることを忘れてはならない。したがって、貯水位変動域に基礎が設けられる構造物については、洗掘に対する配慮が求められる。特に未固結層が厚く表層を覆っている斜面（盛土法面を含む）は、洗掘に対する抵抗力が小さいため、その表層部分は洗掘によって流出する可能性を秘めているという前提において、基礎構造物を計画することが望まれる（図5-4）。

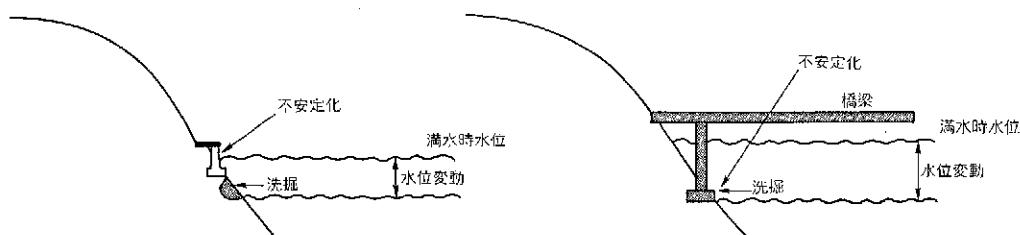


図5-4 湖岸での洗掘

例えば、貯水位変動域に橋脚基礎を設ける場合を考えてみよう。一般の山岳道路の橋脚基礎の設計においては、風化層で基礎としての  $N$  値が確保できれば、風化層へ敷均しの栗石等を施してその上に基礎をアバットさせることが行われる。しかし、貯水池の水位変動域に橋脚基礎が位置するときには、このような栗石が流失し、橋脚の安定性が失われることになる。そのため、橋脚基礎は確実に岩着させるよう設計し、表層物質が洗掘を受けても橋脚が安定した状態に確保されるよう設計することが求められる（図5-5）。

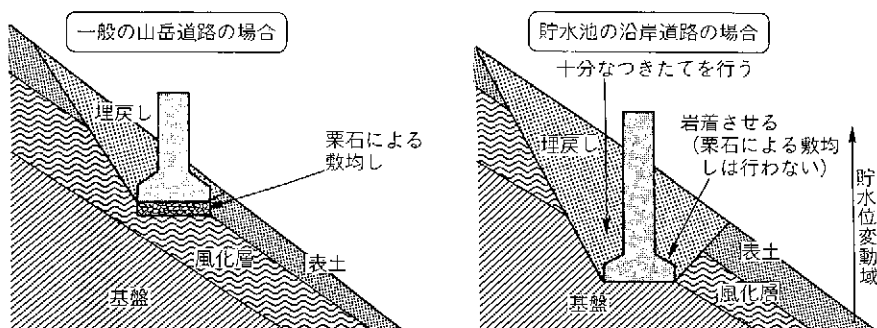


図5-5 貯水池内に橋脚基礎を設ける場合の注意

## 5-2 ダム高低差をかせぐ

ダムができることによって、それまで谷底を走っていた道路は貯水池より高い位置に設置されなければならない。そのため、ダム堤体直下部の道路は、ダム堤体の高度差を短区間でかせぐ必要が生じる。これはダムの堤高が高くなればなるほど、道路計画においては大きな課題となろう。

仮に現道とダム天端の高低差が 100 m あったとすると、その必要距離は、設計速度 50 km/h とした場合には、道路構造令における最急勾配(3種; やむを得ない場合) 9%を適用したとしても、1 111 m の道路が必要となる。しかしながら、実際には 9%を連続的に使用することは不可能であり(道路構造令によればその制限長は 300 m)、平均でも 6%程度が限界であろう。また相応の登坂車線の設置も必要となり、ますます道路計画は難しいものとなる。そう考えると 2 000 m 以上の距離は確実に必要となる。

そのためには、起点を下流側に移動させることが最も有効な方法である(図 5-6)。

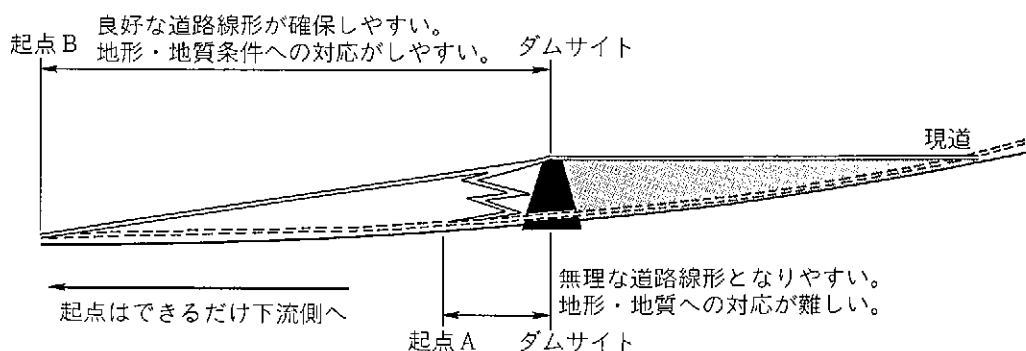


図 5-6 起点の位置をできるだけ下流側へ

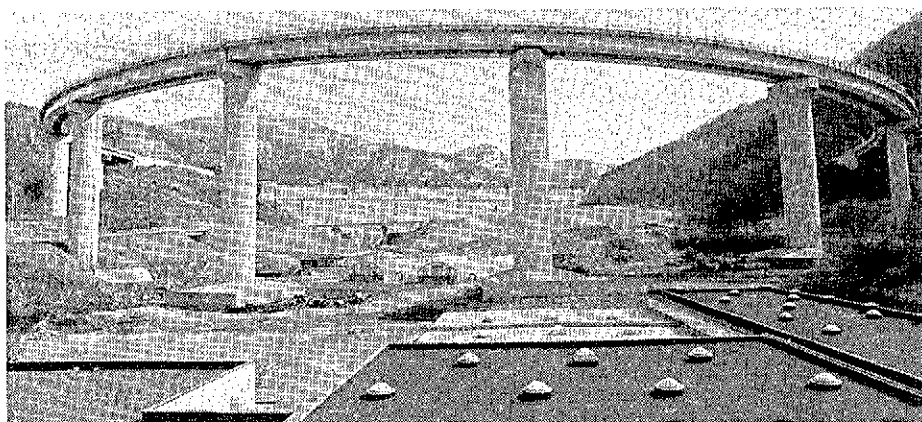
しかし何らかの原因によって、起点の位置や通過すべき位置が制約されることも多い。ダム直下流に集落が位置している場合や地形・地質条件から多くの制約がある場合である。このような場合には、限られた区間において、いかに高度をかせぐかがダムへのアプローチ道路を計画する際の最大の課題のひとつである。

### ループ橋を利用して高度をかせぐ

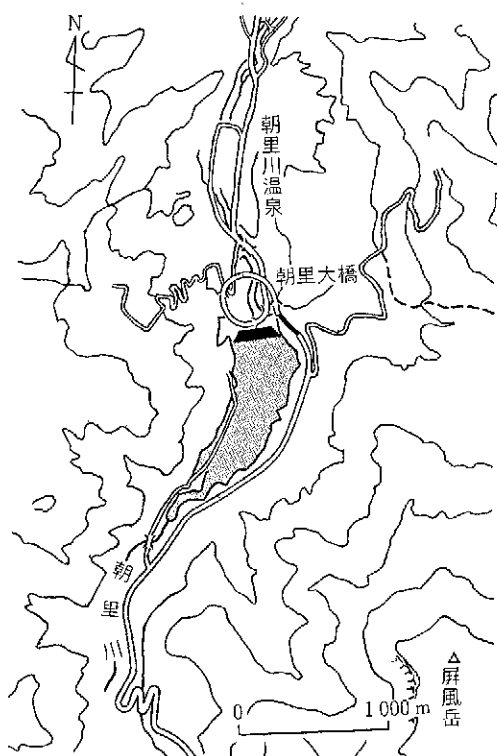
近年は、山岳部の道路においてもループ橋が採用される事例が出てきている。ループ橋は、周辺の自然との接合部が少ないため、地形・地質条件の制約を受けることが少な

い。また地形改変に伴う自然環境への影響を最小限におさえることができるというメリットがある。さらに自動車の運転者にとっても、開放感が得られるとともに、屈曲の多い道路に比べ運転時のストレスが少ない。

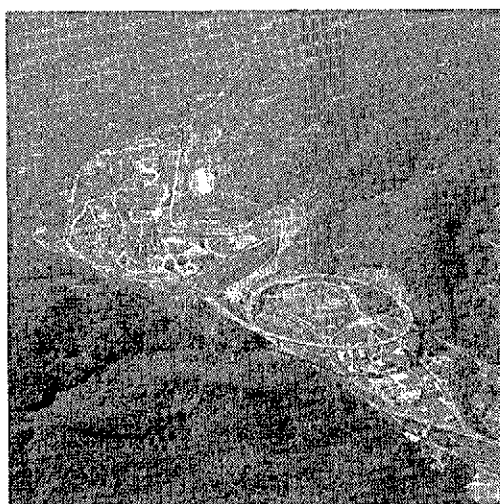
事例 55 は、北海道小樽市の朝里川に設けられた朝里ダム（堤高 74 m、堤頂長 390 m）における付替道路の事例である。ダム直下流には朝里川温泉が位置しており、付替道路



（朝里スカイループ橋；俯瞰）



（平面図）



（朝里スカイループ橋、鳥瞰）

事例 55 ループ橋で高度をかせぐ朝里ダムー

## 5. ダム付替道路特有の計画技術

の計画にあたっては、温泉街を迂回することなく道路をつくることが求められた。そのため、付替道路の起点は温泉街の上流のはずれに制約されることとなり、限られた区間においてダム高低差を克服することが求められた。ルート計画においては、右岸側に土工によって道路を設けることも検討されたが、地すべりなどの地形・地質的制約や施工性、経済性の面からループ橋を採用することとなった。

ただし、ループ橋は、高い橋脚の林立、ループ状の桁など、山岳地帯の自然系の景観とはなじみのない人工系の景観を創出することになる。本来の山岳道路のあるべき姿からみれば、このようなループ橋の利用は当然のことながら、地形・地質などの多くの制約を強く受けた場合の苦肉の策としてのみ採用されるべきものであるということを付け加えておこう。

### つづら折りによって高度をかせぐ

限られた範囲で高度をかせごうとするときに、日光の「いろは坂」のようにつづら折りで高度をかせぐ方法が用いられることも多い（図5-7）。

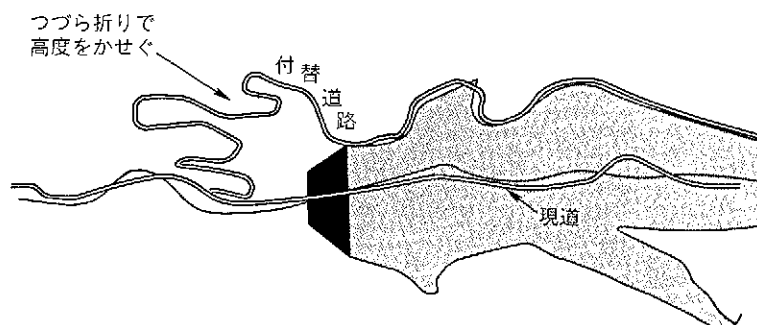


図5-7 つづら折りで高度をかせぐ

ここではさらにもう一工夫して、トンネルとつづら折りとを組み合わせることによって、高度をかせいだ事例を紹介しよう。

**事例 56** は川治ダムにおけるダムアプローチ道路の事例である。

川治ダムの下流側は、地形が急峻で谷幅も狭い峡谷となっている。また谷沿いに国道や鉄道、また温泉街も位置しており、そのルートの計画位置がかなり制約されるかたちになっている。そのため、ダムへのアプローチ道路は、トンネルを有効に利用して、地形条件の良いひとつの尾根を有効に利用し、高度をかせぐような工夫がなされている。

また東側に尾根をはさんで五十里ダムが位置しているが、2つのダム湖を結ぶように道路が設けられており、2つのダムアプローチ道路が有効に利用できるような配慮がなされている。



事例 56 ひとつの尾根を有効に利用して高度をかせぐー川治ダムー

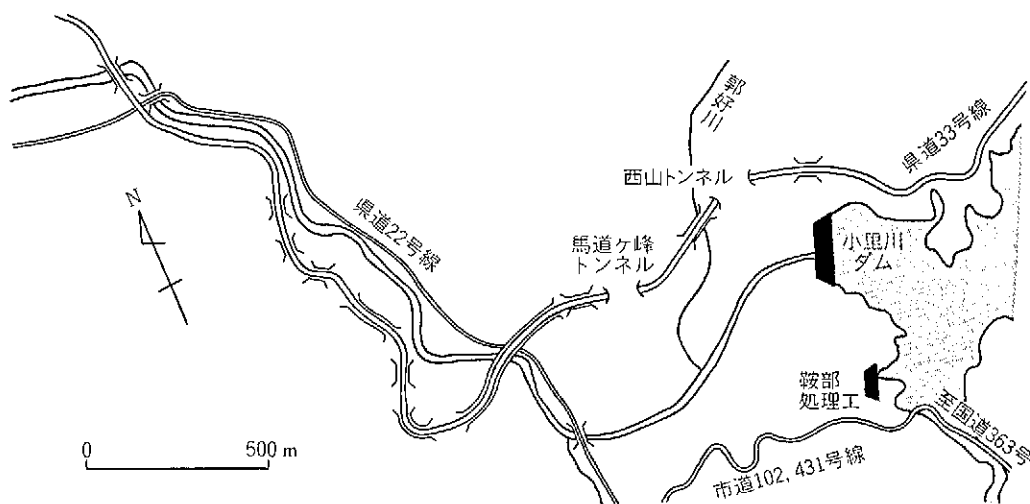
### 橋梁の架橋場所を工夫して高度をかせぐ

事例 57 は、岐阜県恵那郡に建設中の小里川ダム（堤高 114 m、堤頂長 358.0 m、湛水面積 55 ha）の事例である。付替の対象となった主要地方道瑞浪上矢作線（県道 33 号線）は中央自動車道との接続道路として地域の期待が大きな道路であり、道路管理者である岐阜県も付替を機とした改良を望んでいた。そのため、付替となる県道は幅員 7.0 m の道路として整備がなされることになった。ダム堤高が 114 m にも及ぶことに加え、良好な道路線形が求められた。またダム下流部の川折より下流側では右岸側を通すルートについても検討されたが、右岸に道路を通す場合には、人家に対する保全対策や代替補償が必要となる。左岸を通す場合には、橋梁が多くなるため、直接工事費としては割高となるものの、全体の事業費としてはそれほど大きな差も生じない。以上のことから、付替となる県道 33 号線は、谷の左岸沿いに徐々に高度を増しながら、川折付近で右岸側へ横断し、さらにトンネルや橋梁を用いて高度をかせぐよう計画された。谷を横断する橋梁は、緩やかな S 字カーブを描いた PC ラーメン箱桁のコンクリート橋で、小里城大橋と名付けられている。その延長は 420 m、最大橋脚高は 79.5 m にも及ぶ。その施工にあたっては、支保工足場を用いずに移動式架設作業車内の作業床上において左右ブロックのバランスをとりながら張り出していくディビダーク工法が用いられた。

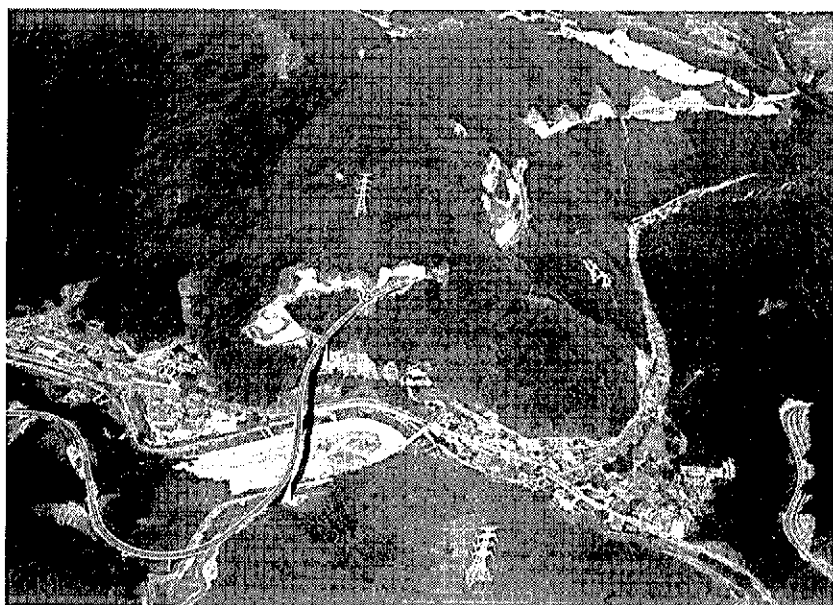
## 5. ダム付替道路特有の計画技術

また県道 33 号線は、谷沿いに走る県道 22 号線とは 80 m 近い高度差をもつ立体交差の形状をとることとなった。また対岸の付替道路である市道 102、431 号線は、鞍部処理工の工事用道路を兼ねて付替が行われた道路であり、本流沿いに設けられることなく、県道 33 号線の下をくぐる県道 22 号線から、鞍部処理工付近を通して、国道 363 号線へとアクセスする道路として設けられている。

このように小里川ダムの付替道路のルートからは、その計画段階においてきめ細かい配慮がなされたことがうかがわれる。



(小里川ダムアプローチ道路平面図)



事例 57 橋梁を利用して高度を稼いだ小里川ダムのアプローチ道路

### 5-3 ダム管理への配慮

#### ダム堤頂道路の公道利用

ダム堤体には、管理の目的から堤頂道路が設けられることが多い。しかし、堤頂道路を公道と兼用することによって、車両荷重によるダム堤体への影響が考えられることや、緊急時のダム管理優先体制をとることに対する支障が生ずることも考えられる。したがって、ダム管理の立場からは、堤頂道路は専用道路とすることが望まれている。

しかしながら、貯水池が形成されることによって対岸とのアクセスが制約されることから、ダム堤頂道路は、兩岸を結ぶ数少ない連絡路であることも否めない。また地形・地質的な制約などから他の場所への橋梁の架設が難しい場合にはやむを得ないこともある。

ダム堤頂道路の公道として利用する場合には、道路管理者に河川法第24条、第26条に基づく許可を得る必要がある。またその管理に関しては、ダム管理者と道路管理者との間で管理協定を結ぶことになる。

河川法（抜粋）

（土地の占用許可）

第24条 河川区域内の土地（河川管理者以外の者がその権原に基づき管理する土地を除く。以下次条において同じ。）を占用しようとする者は、建設省令で定めるところにより、河川管理者の許可を受けなければならない。

（工作物の新設等）

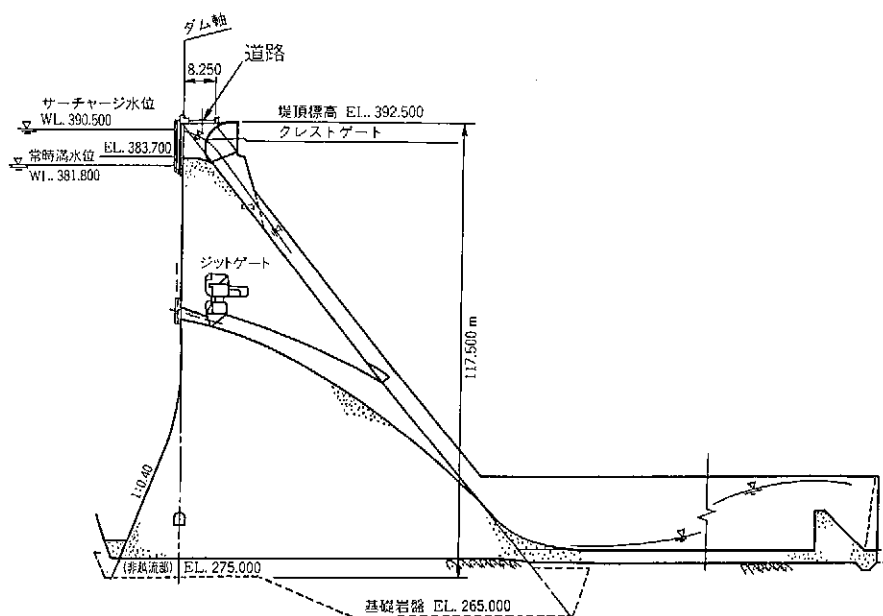
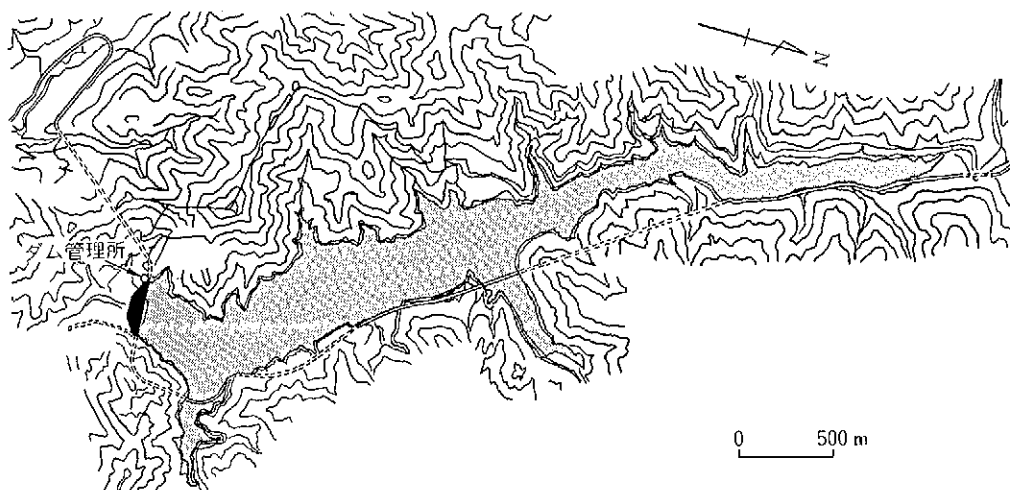
第26条 河川区域内の土地において工作物を新築し、改築し、又は除却しようとする者は、建設省令で定めるところにより、河川管理者の許可を受けなければならない。（以下略）

また基幹となる道路が堤頂道路によって対岸に横断しようとするときには、その取付部分の道路線形が問題となりやすい。どうしても、ダムサイト部の地形的な制約から、屈曲を余儀なくされる。もし道路線形を良くしようとする、大規模な掘削を行い、十分な余裕を確保するか、ダム軸の延長方向からトンネルでアクセスする必要が生じる。このようなことから、できる限り、基幹となるような道路についてはダム堤頂における道路通過を避けた方が望ましい。

事例58は、コンクリートダムにおける堤頂道路の公道利用の事例である。付替となる道路は、自然環境の改変を最小限化するとともに、地すべり地を避けるために、堤頂道路としてその計画がなされている。しかし下流側からアクセスする場合には、直線のトンネルを抜けた直後に急カーブという線形とならざるをえなかった。また管理所にアク

## 5. ダム付替道路特有の計画技術

セスするためには、その急カーブ直後に右折しなければならないことなど、交通安全性からみればあまり好ましいものではない。またダム巡視の際の危険性や交通事故によるダムおよび付帯設備の損傷などが懸念されている。

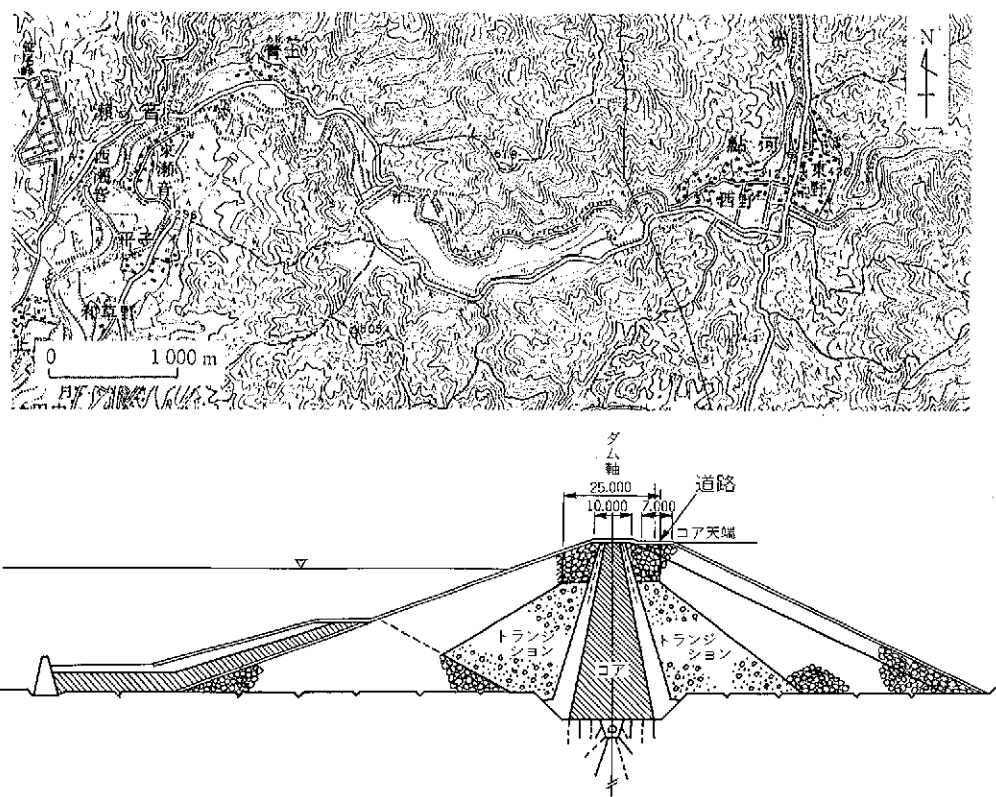


事例 58 コンクリートダムにおけるダム堤頂道路の公道利用の例

またフィルダムの場合には、ダム堤頂道路の設置およびその公道利用に関しては十分な配慮が望まれる。コンクリートダムの場合には、設計段階において十分な配慮が望まれる。コンクリートダムの場合には設計段階において十分な配慮がなされるのであれば、

致命的な問題となることはないが、フィルダムの場合には遮水壁となるダムコアの部分は、車両荷重のような荷重がかかることが設計上配慮されていない。そのため、堤頂道路を公道として利用した場合には、車両荷重の影響を受け、ダムコアの損傷が引き起こされたり、コアの沈下が車道に影響を与えることも考えられる。また地震などの要因によってコアにクラックが入った場合における修繕を行うことも容易ではない。そのため、フィルダムの堤頂道路の公道利用については原則として避けることとされている。

事例 59 は、フィルダムである青土ダム(滋賀県野洲川、堤高 43.5 m、堤頂長 360.0 m、湛水面積 62 ha) の事例である。付替道路となる県道は、ダム湖より上流側においては、左岸の方が地形条件が良いことから、左岸側に道路を設けることになった。そのため、ダム近傍に橋梁を設けることも検討されたが、経済的にはるかに有利なダム天端を利用することになった。道路計画は、当初ダム軸上に設けることが考えられたが、車両荷重によるコアへの影響、沈下による車道への影響、ダム管理と道路管理との間での問題が懸念されたことから、道路はコア軸上を避け、コア軸より下流のロックゾーンに設ける工夫がなされた。

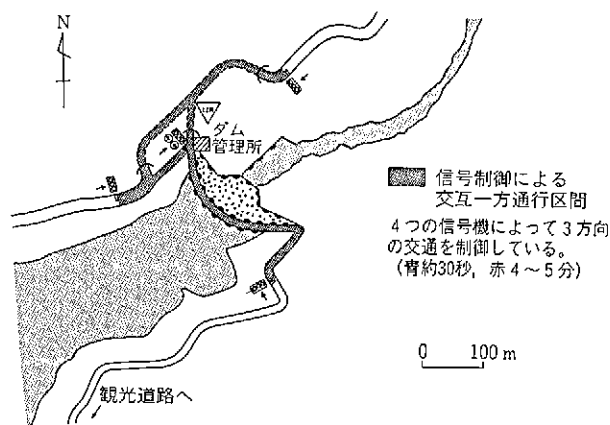


事例 59 フィルダム堤頂道路の公道利用の例—青土ダム—

### 管理所アクセスの確保

ダムの管理を行ううえで、ダム管理所は極めて重要な施設である。そのため、管理所へのアクセス道路についても、その安全性、アクセス性について十分に配慮しなければならない。

事例 60 は、昭和 30 年代に完成したダムであるが、近年の観光交通の増大に伴って、その道路幅員も十分なものではなくなってきた。そこで、ダム建設時に設けられた付替道路を一方通行として、さらにもう一本の道路を設けることによって対処している。しかしながら、ダムサイト部においては、地形的な制約から上下線の分離も難しいことから、信号制御による交互一方通行となっている。4 箇所に設けられた信号機によって、ダムサイトへの 3 方向へのアクセスを制御している。その信号現示も青時間が約 30 秒であるのに対して、赤時間は約 4～5 分となっており、観光シーズンには渋滞のボトルネックとなるとともに、管理所へのアクセスはかなり不便を強いられることとなっている。



事例 60 交互一方通行となっている管理所アクセス道路

### ダム工事跡地と道路計画

ダム完成後には、ダム建設工事の際に利用された原石山や土捨場、工事用道路などの工事跡地が残存することになる。道路計画にあたっては、これらの施設と道路の計画位置との関係、将来の有効利用等についても十分に配慮する必要がある。

#### ①原石山跡地

原石山の跡地には、掘削に伴う大規模な法面が残される。このような大規模な法面については、その安全性の確保が望まれる。



事例 61 原石山直下を通過したため洞門工が必要となった例

事例 61 は、原石山直下に道路を通過させたため、洞門工が必要となった例である。

もしこのような大規模な掘削跡地を道路を通そうとするのであれば、それ相応の配慮が求められる。

## ②土捨て場跡地

土捨て場の跡地は、貯水池沿岸では数少ない平坦地となる箇所であり、地域振興の拠点として有効に活用することが望まれる。そのため、付替道路の計画にあたっては、このような場所を有機的に結合し、地域振興に寄与できるような配慮が求められる。

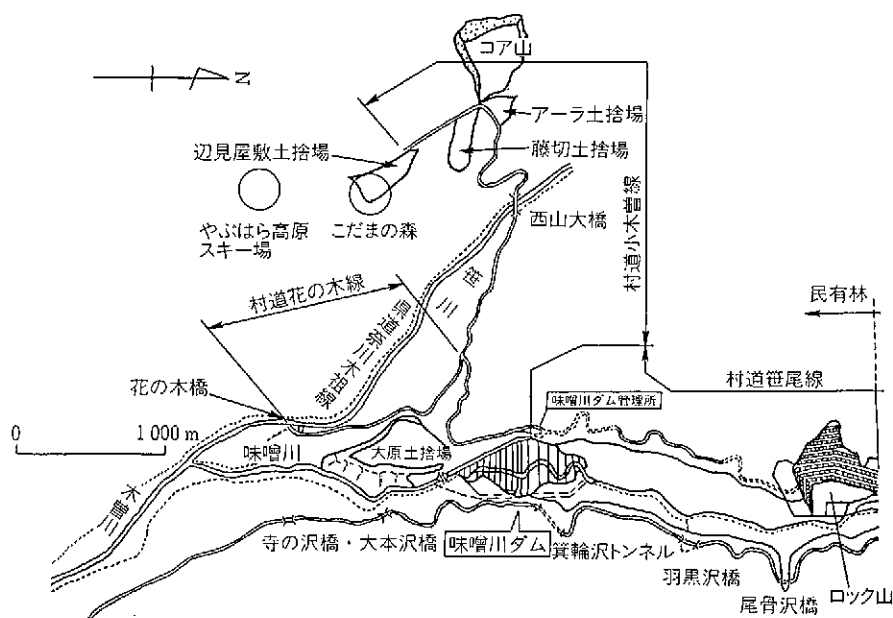
## ③工事用道路

ダム建設および付替道路の建設のための工事用道路も多く設けられる。せっかく設けられるこれらの道路について、将来も有効に活用できるような配慮も求められる。

事例 62 は、長野県に設けられた味噌川ダムの事例である。工事用道路は、工事車両等の走行に伴い住民生活に支障をきたさないよう集落を避けるとともに、工事完成後は村道として、国道 19 号線からダム堤頂道路を経て、木祖村の観光拠点である「こだまの森」、「やぶはら高原スキー場」へと行くことができる観光ルートとしての利用を考慮して計画されている。

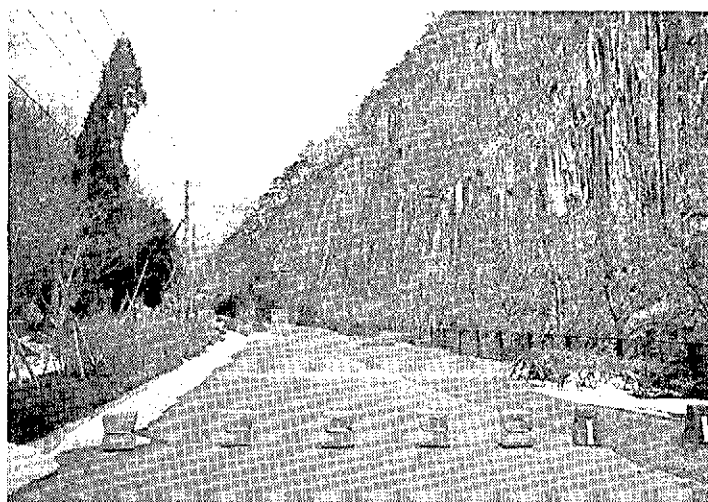
また堤体直下へと至る工事用道路（かつての現道）については、ダム直下にダムの展望広場を設けてそのアクセス路としての利用が図られることが多い。

## 5. ダム付替道路特有の計画技術



事例 62 工事用道路の地域振興のための利用①—味噌川ダム—

事例 63 は、宮城県の大崎町の七ヶ宿ダムの事例であるが、ダム建設の際には工事用道路として利用していたかつての現道を車両進入禁止とし、天然記念物材木岩を眺めながらダム堤体直下でダムが眺望できる遊歩道として整備している。



事例 63 工事用道路の地域振興のための利用②—七ヶ宿ダム—

なお、工事完成後、利用しない工事用道路については、自然植生の回復を図ることが望まれる。

## 6-1 建設主体と管理主体

これまでの道路建設においては、主に建設時におけるコストの低減に主眼がおかれてきた。しかしながら、インフラの整備が進むにつれて、その維持管理にかかるコストも増加し、また老朽化による施設の更新も必要となっており、その将来の維持管理費を含めたライフサイクルコストの低減が求められるようになってきている。

特にダム付替道路はダム建設に伴って使用不能となる道路に対する補償として設けられる道路であるから、その建設についてはダム事業者が行うものの、建設後は従前の道路管理者に引き渡される。そのため、建設事業者と道路管理者とが明確に区分されることが大きな特徴ともなっている。またダム建設に伴う付替工事では、財政基盤の必ずしも強いとはいえない市町村や森林組合などの管理する道路もその対象となる。これらの道路が付替によって、維持管理に手がかかるような道路ともなると、道路維持管理費が財政を圧迫したり、その結果として十分な管理がなされずに荒廃して道路としての機能が低下することにもなる。また付替に伴って道路延長が長くなったり、工事完了後に工事用道路を地域の路線として供用することも多いから、ライフサイクルコストについての配慮が重要である。また通常時における維持管理はもちろん、地すべりや斜面崩壊などの不測の事態についての配慮も考えておかなければならない。

一般にライフサイクルコストの低減にあたっては、とかく維持管理技術のみに着目されがちであるが、これまでの維持管理の経験を生かして、道路計画にフィードバックすることができれば、より手間のかからない道路をつくることが可能となろう。

このような観点から、ここでは建設コストのみならずライフサイクルコストにも着目し、その低減を図ることができる道路づくりについて考えてみたい。

## 6-2 建設コストからみた道路

山岳部に道路を設ける場合には、切土や盛土等の土工とするか、トンネルにするか、あるいは橋梁で渡るかなどのさまざまな法線について検討がなされる。建設コストは、どの法線に決定するかにおいて重要な指標のひとつとなっているが、それでは建設コストからはどのような道路が望まれるのであろうか。

### 山岳道路の建設コストの構造変化

掘削土量を減らすとともに、運搬する量を最小限に抑えることが道路の土工事における基本である。そのため、道路計画時には同一断面で生じる切土量と盛土量を極力均衡させること、つまり切盛バランスを確保することや、ある区間毎で切土量と盛土量の収支をできるだけあわせ、全体として路線外への捨土量を少なくするとともに、捨土の際の運搬距離を小さくすることは、昔も今も変わらない道路計画の基本となっている。

その一方で、道路建設によって生じた法面の処理については、よりハイレベルなものが求められるようになった。より安全な道路に対する社会的ニーズは、より安全度の高い保護工を求めるようになり、保護工はロックネットからモルタル吹付工へ、さらにコンクリート法枠工へと変わってきた。また自然環境と調和した道路に対する社会的ニーズから、法面の緑化が図られるようになった。当初は、種子吹付工などで容易に緑化が可能である外来種を用いていたが、より質の高い緑化に対するニーズの変換から、その場の自然植生の復元を目指したよりハイレベルな緑化が求められるようになった。

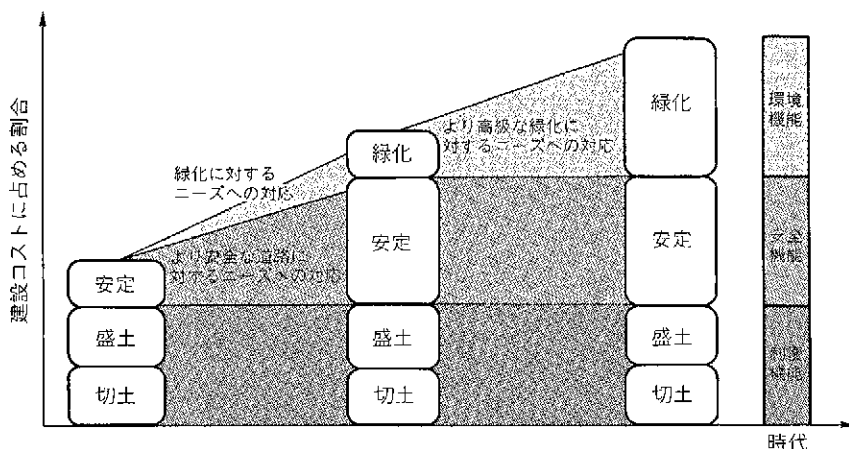


図 6-1 道路建設コストの構造変化

## 6. 経済性・維持管理性からの道路計画

このような山岳道路に対するユーザーのニーズの高度化によって、道路の建設コストの構造も大きく変化しており、図6-1に示すように、法面の安定と緑化にかかるコストが大きなウェイトを占めるようになってきている。

土工にするか？ トンネルにするか？ 橋梁にするか？

—必ずしもトンネル・橋梁の設置が高いとはいえない—

山岳部において道路法線を検討する場合には、土工にするかトンネルにするか、あるいは土工にするか橋梁で渡すか、などの判断が求められることが多い。かつては橋梁やトンネルは土工に比べかなり高価なものといわれてきたが、近年の事情を考えると必ずしもそうとはいいきれない。前項にも述べたように、土工部においては、より安全かつより高級な緑化が求められるようになってきており、その建設コストは以前に比べればかなり高価なものとなりつつある。

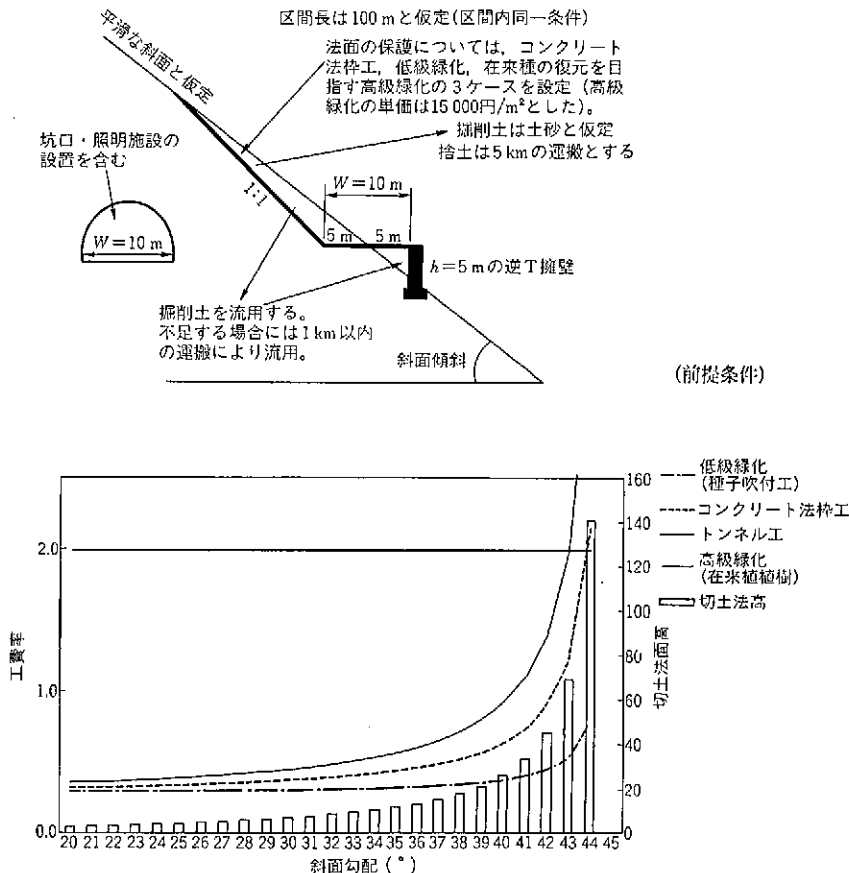
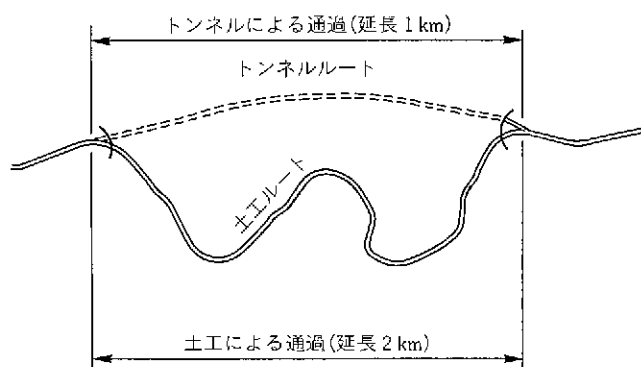


図6-2 斜面傾斜と土工およびトンネルによる工費率との関係

図6-2は、土工によって道路を設けた場合（ただし谷側については擁壁を利用）とトンネルを利用した場合における工費率を、斜面傾斜を指標として比較した結果である。グラフに示されるように、土工によって道路を設けた場合においても、より高い安定性、より高級な緑化が求められるようになったことによって、道路が設けられる斜面の傾斜が急になればなるほど、トンネルとの差は小さなものとなりつつあり、場合によってはトンネルを上回る場合もある。

実際の道路計画においては、トンネルや橋梁を利用することによって、その道路法線を短くすることが可能である。例えば、土工による単位延長あたり工事費がトンネルの単位延長あたりの工事費の1/2となるとすると、トンネルの採用によって道路延長が土工の1/2になるのであれば、両者の工事費はほとんど同額となる（図6-3）。



【トンネルルートの工事費】

トンネルにかかるkmあたりのコストを仮に1億円とすると、  
トンネルルートにかかるコストは  
 $1 \text{ 億円} \times 1 \text{ km} = 1 \text{ 億円}$

【土工ルートの工事費】

土工にかかるkmあたりコストを仮に5千万円とすると、  
土工ルートにかかるコストは  
 $5 \text{ 千万円/km} \times 2 \text{ km} = 1 \text{ 億円}$

したがって、土工ルートの工事費＝トンネルルートの工事費となる。

図6-3 トンネルによるルート短縮と工事費との関係

また必要となる用地についてもトンネルや橋梁を利用すればその縮小が図られることから用地費も安くなる。このようなことを考慮すれば、図6-4に示すように、必ずしもトンネルや橋梁の方が建設費が高いとはいいきれない。

## 6. 経済性・維持管理性からの道路計画

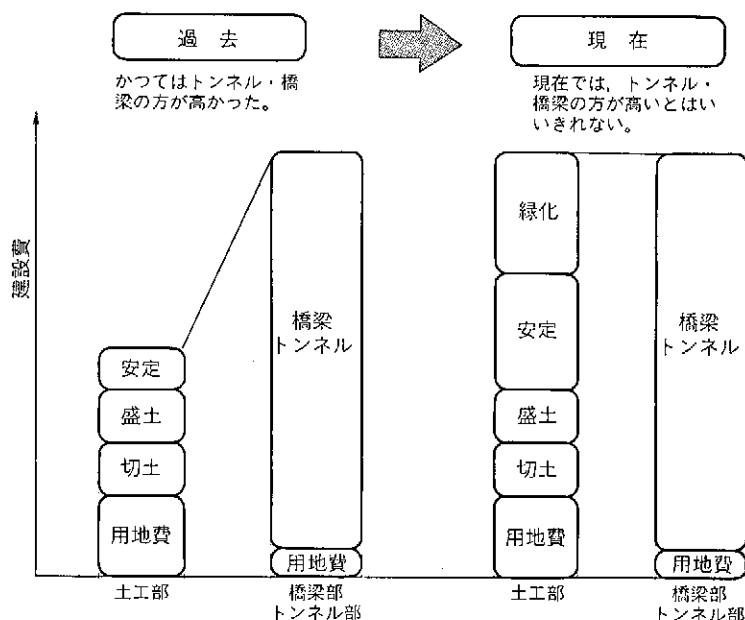


図6-4 過去と現在における土工部と橋梁・トンネル部の建設費の構造変化

### 擁壁にするか？ 栈橋にするか？

急峻な斜面に対して道路を設ける場合には、地山に対する切り込み量を減らせば、掘削によって生じる土量を減らすことが可能である（図4-12参照）。そのためのひとつの方法として、道路法線を谷側へ移動させる方法があるが、このことを盛土によって実現しようとするすると長大な盛土法面が形成されることになる。そこで、盛土勾配を立てるべく擁壁や栈橋を利用することによって、道路法線を谷側に移動させることが有効な手法となる（図4-19参照）。

しかし、これらの方法を用いるとしても、斜面の傾斜が急になればなるほど、その高さが高くなるから、結果として建設コストに反映されることになる。擁壁や栈橋にもいくつかの型式があり、その選択は慎重に行われなければならない。

擁壁、栈橋の型式および高さ、工費率との関係を図6-5に示す。

図に示されるように、高さ5m以下であれば安価な石積み擁壁の利用も可能であるが、それ以上の高さとなるとコンクリート擁壁あるいは栈橋に頼らざるを得ない。またコンクリート擁壁の場合には、高さが10m以上になると、その建設コストも急激に高くなるため、栈橋構造を用いた方が有利となる場合が多い。このように擁壁や栈橋には特性の異なったいくつかの形式があるから、その選択は安全性についても十分に注意を払いつつ、慎重に行うことが望まれる。

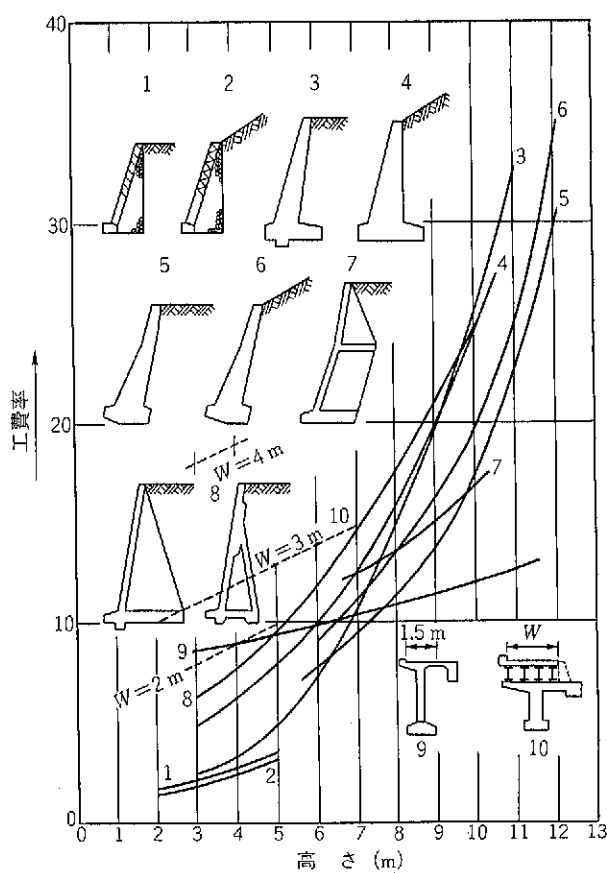


図 6-5 擁壁・棧橋の型式および高さで工費率との関係<sup>38)</sup>

### トンネルと橋梁が連なる道路

ダムの貯水池沿岸や急峻な峡谷、あるいは急峻な海食崖を有する海岸部を走る道路においては、尾根部を貫くトンネルと谷を渡る橋梁が交互に連続することも多い。このような場合には、場合によっては道路法線を山側に移動させて一本のトンネルとした方が道路延長はトータルとして長くなるものの、建設コストからみれば有利になる可能性もある。特に坑口部の地山条件の悪い箇所では坑口部の処理にかなり苦労したり、地山被りの浅いところでは偏荷重に対する配慮が求められることから、短いトンネルほど割高となる場合が多いから、十分に地形・地質条件をふまえたうえでの判断が求められる。

## 6. 経済性・維持管理性からの道路計画

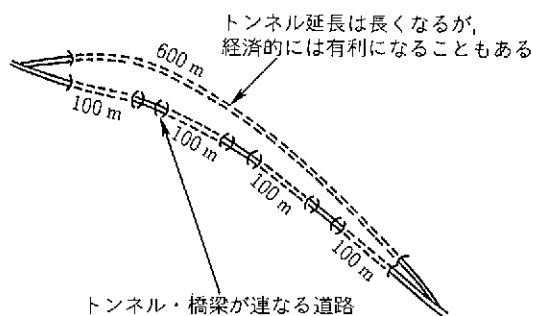


図6-6 トンネルと橋梁が連なる道路

### 橋梁の建設コスト

急峻な山岳部の斜面に対して道路を設けようとするときには、枝谷を横断する橋梁が必要となる。ハイレベルな交通機能が要求されない林道等では谷の奥に入り込み、幅が狭い箇所を選んで横断するようにすれば、小規模な橋梁で谷を横断することが可能である。しかしハイレベルな交通機能が要求される道路においては、道路の平面線形から谷幅の広いところで谷を横断することが求められることから、橋梁の延長も長くなりがちである。またこのような道路を土工によって谷に入り込むように設けたとしても、法面の安定と緑化にかかる経費を考えれば、橋梁を用いた方が安い場合もあることについては前述したとおりである。このようなことから、山岳道路において橋梁が利用されることも多いであろう。特にダム貯水池の沿岸部を走る道路では、谷に対して貯水池が入り込むことになるから、スパンの長い橋梁が一般の山岳道路以上に必要となることも多い。そのため、建設費の低減をはかるためには、橋梁にかかるコストを低減することが有効である。

橋梁の上部工のみの建設コストについて、支間長との関係から比較してみると、図6-7のような関係が得られる。図に表わされるように、支間長が20m以下の場合にはRC桁が利用できるため、かなり安価におさえることが可能となる。特に橋台のみで支えることができる1径間の橋梁とするようにすれば、かなりのコストの削減が可能となる。

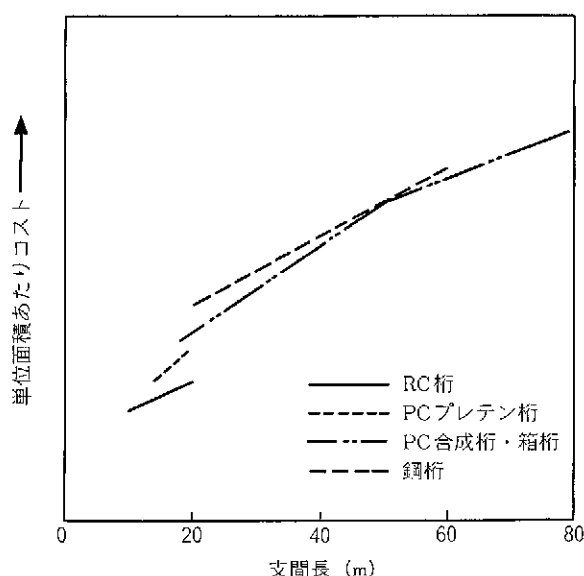


図 6-7 支間長と橋梁上部工コストとの関係（橋脚が不要な場合）

一方、橋脚が必要となるような橋梁の場合には、このような関係は適用できない。それは上部工の重量が大きいコンクリート橋と重量の小さい鋼橋とで、橋脚に求められる設計強度が異なり、その建設コストが大きく異なってくるためである。

同一の支間長を有する PC 橋と鋼橋とで、橋脚高の違いによる工事費についてみると図 6-8 のとおりになる。なお、設定条件は、橋梁延長 60 m（支間長 30 m の 2 径間連続桁）、橋台幅 10 m の橋梁とした。

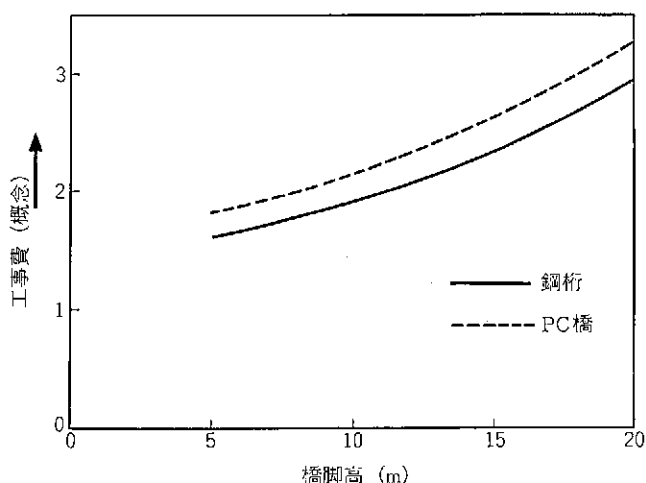


図 6-8 同一の支間長をもつ鋼橋・PC 橋における工費率  
橋梁延長 60 m（支間長 30 m）、上部工幅員 10 m の 2 径間連続桁の橋梁をモデルとして算出

## 6. 経済性・維持管理性からの道路計画

図に示されるとおり、上部工の重量の大きい PC 桁はかなり不利なものとなる。

次に、橋脚高と橋梁の工事費との関係を見てみよう。図 6-9 は、財団法人高速道路調査会（1984）が、当時の高速道路の実施計画策定区間の橋梁について、その橋梁型式と橋脚高（最大高）からみた橋梁  $m^2$  あたり工費について算出した結果である。

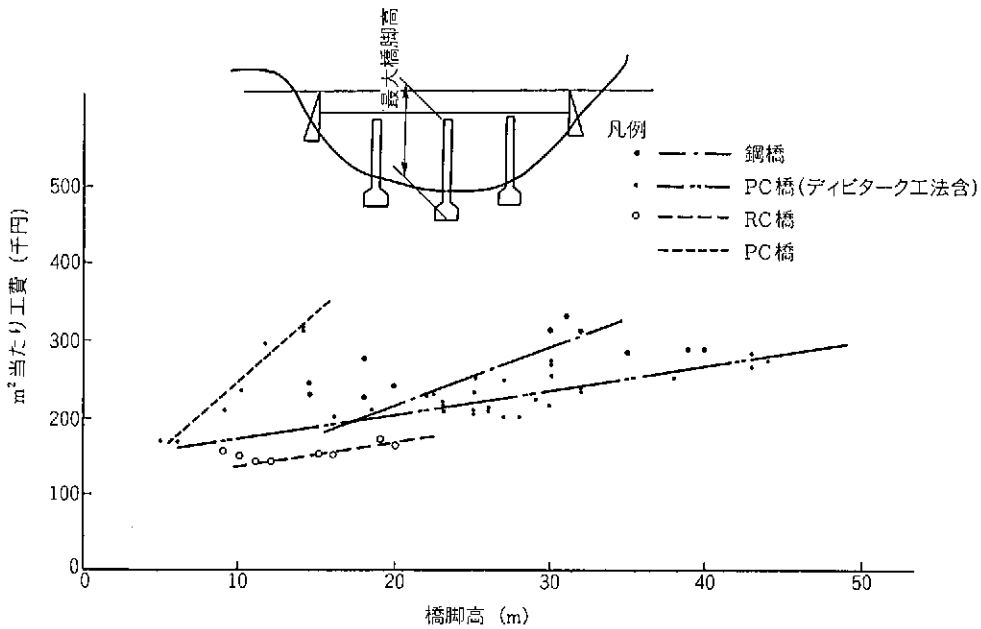


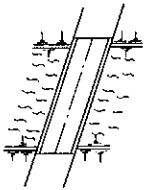
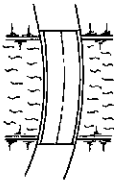
図 6-9 橋脚高（最大高）と橋梁形式との関係<sup>39)</sup>

財団法人高速道路調査会（1984）が当時の実施計画策定区間の橋梁について、その最大橋脚高（最大高）を指標として昭和 58 年度単価によって算出した結果を統計的にまとめたもの

以上に示したように、橋脚高が高くなればなるほど建設コストは高くなることから、できるだけ橋脚高が高くないような道路法線が望まれることは確かである。ただし、適切な型式、工法を選定することによって、橋脚高が高くなったことによる工事費の増加は抑えることが可能となる。

また橋梁の建設コストは、道路線形にも大きく影響される。特に斜橋となる場合や曲線橋となる場合に高価なものとなる場合も多いので、道路線形を犠牲にすることなく、できる限り直橋とするような配慮が求められる（表 6-1）。

表 6-1 橋梁の平面線形による橋梁建設コストの増減<sup>(4)</sup>

| 形 状                                                                                          | 制作費割増率(鋼橋上部工の場合)                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>斜橋</p>   | <p>斜角45度未満：箱桁3%，箱桁以外12%<br/>           斜角45度以上75度未満：箱桁3%，箱桁以外6%<br/>           斜角75度以上90度未満：箱桁3%，箱桁以外3%</p>                                                                                    |
| <p>曲線橋</p>  | <p>曲線半径 <math>R &gt; 250</math> m：箱桁20%，箱桁以外10%<br/>           曲線半径 <math>200 \text{ m} \geq R \geq 100</math> m：箱桁25%，箱桁以外15%<br/>           曲線半径 <math>R \leq 100</math> m：箱桁30%，箱桁以外20%</p> |
| 斜角・曲線が重なるときはいずれかの大きい方をとる。                                                                    |                                                                                                                                                                                                |

以上に述べたように橋梁の建設コストの低減にあたっては、橋梁の設計時の配慮のみならず、道路法線の計画においてもさまざまな条件に対してきめ細かい配慮を行うことによって、建設費をおさえることができる。

## 6-3 ライフサイクルコストからみた道路

道路は適正な維持管理によって、その機能を長い間に渡って確保することができる。もし、維持管理がなされなかったら、道路機能は著しく低下し、道路としての機能を維持できなくなる。

最初の建設のみは建設事業として扱われることから、市町村道などの道路でも補助事業の対象として設けられることも多い。しかしその後の維持管理については、道路管理者が負担しなければならないことから、特に市町村などの管理する道路の場合には大きな負担ともなる。

図6-10は、ライフサイクルコストの考え方を示したものである。図に示されるように、維持管理を行うことによってライフサイクルをのばすことが可能である。ただし、維持管理をしすぎてもいいというわけではなく、やはり適正な維持管理を行うことがライフサイクルコストからみれば望ましい。

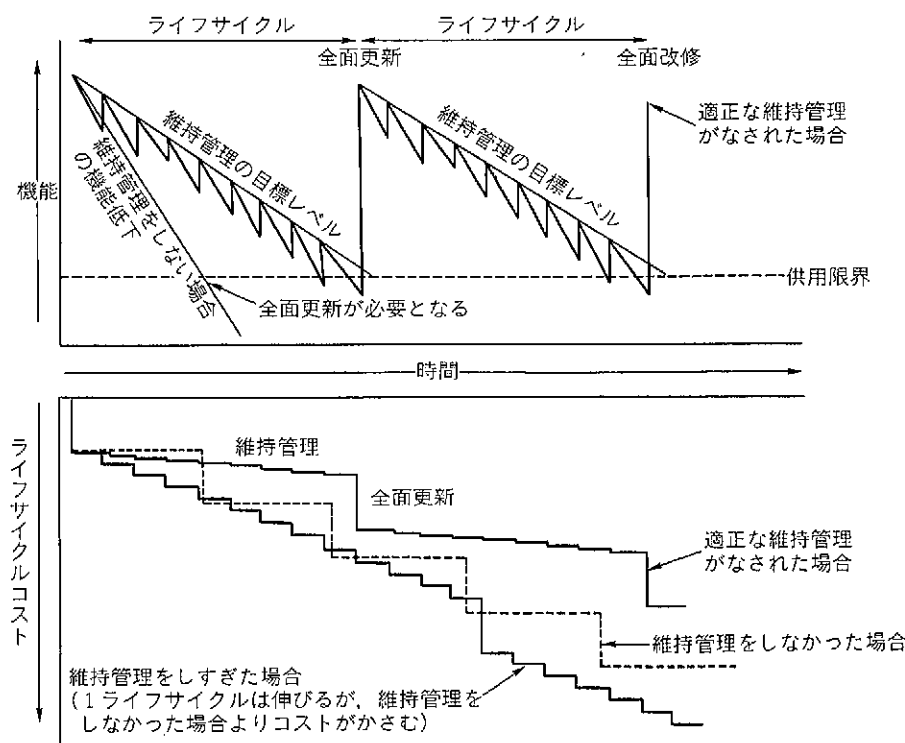


図6-10 ライフサイクルコストの考え方

それではライフサイクルコストを低減させるためには、どのような道路をつくることが求められるのであろうか。

### ライフサイクルの長い道路を築く

築いた道路がそのまま放置したとしても機能を低下しない道路、つまり永久に機能する道路であれば、維持管理は全く必要とされない。しかしながら、現実にはこのような道路を築くことは困難である。そこで、自然状態においてもできるだけ機能の低下率の小さい道路とすることができれば、同様の維持管理を行ったとしても、よりライフサイクルの長い道路とすることが可能となる（図 6-11）。

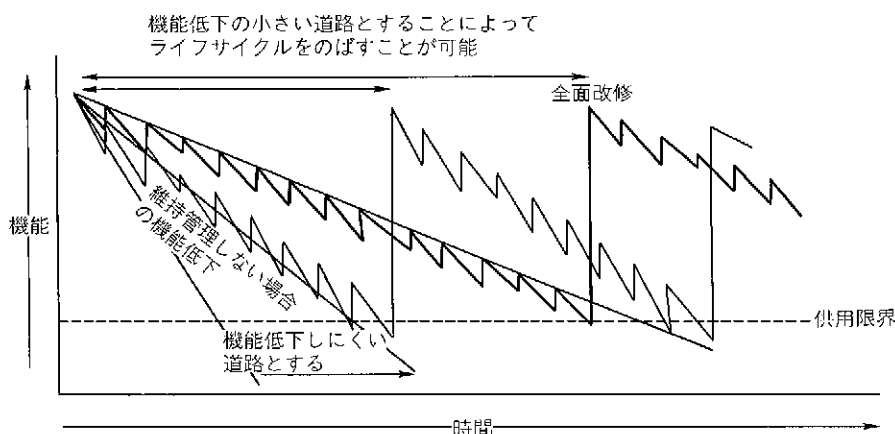


図 6-11 機能低下率の小さい道路としてライフサイクルを長くする

それでは実際にどのような工夫がなされるべきなのかについて、いくつか述べてみよう。

#### ①橋梁型式選定時の工夫

一般に道路橋に多く用いられている材料は、鋼とコンクリートである。橋の材料としてどちらの材料を選ぶのかは、その支間長や耐荷重、建設費などから決定されるが、ここでは維持管理に着目してどちらの型式を選定するのかについて述べてみよう。

維持管理上、鋼の最大の欠点は錆および腐食である。これを防ぐために、表面にペンキ塗装によって錆を防ぐことが行われるが、塗装の寿命は一般に 8～10 年程度であり、潮風などがあたりやすいところではさらに短くなる。

一方、コンクリート橋の場合には、その材料が砂利・砂・セメントなどの自然材料が主体であるため、風化が進みにくいという利点がある。また内部に用いられている鋼材

もコンクリートによって被覆されているため、錆や腐食も発生しにくい。そのため、維持管理については簡易なひび割れの補修程度で、その他はほとんど手のかからない構造物であるといえる。

このようなことから、一般的にはコンクリート橋の方がその維持管理にかかるコストは安くなるといわれている。しかしながら、コンクリート橋の場合にはひび割れの発生が問題となる。これらのひび割れの発生は、コンクリート内部への水分の侵入を招き、内部の鋼材を腐食させることもある。したがって将来の維持管理の負担を軽減させるためには、その施工段階におけるコンクリートの打ち込みと養生にきめ細かい配慮がなされることが前提となる。

また鋼橋を用いる場合には、材料や塗料などを工夫すれば、その維持管理の負担を軽減することが可能となる。例えば、材料として耐候性鋼やステンレス鋼を用いたり、また亜鉛メッキ処理などを施すなどの配慮がなされれば、若干、建設の際にはコストがかかるけれども、ライフサイクルコストからみれば望ましいものとなる。

また橋梁の場合には、伸縮継手の損傷が維持管理の対象となることも多く、このような継ぎ手を少なくするような工夫も必要となろう。

## ②法面処理における工夫

コンクリートやモルタルによって処理された法面は、図 6-10 に示したようにその機能は徐々に低下し、やがて破壊に至ることもあるから、いずれ全面的な改修が必要とならざるを得ない。また排水の処理に関する管理も重要となり、十分な管理がなされていないと、法面の崩壊など災害が発生することもある。

一方、在来植生による緑化復元が図られた法面は、維持管理面からみれば、コンクリートなどを用いた法面とは全く異なった性格をもつ。

在来植生による被覆が図られた法面においては、根が定着するまでの間は、人工的に低い機能を補完するとともに、根の定着を促進させるための維持管理が求められる。しかし、根が定着しはじめると、自らがその機能を高めるように作用することになるから、視距の確保のための枝打ちや落ち葉などの処理を除けば、その維持管理はほとんど不要なものとなる（図 6-12）。

このようなことから、法面の安定が十分に確保できるのであれば、初期的にはコストがかかるものの、在来植生による緑化復元が図られることが望ましい。

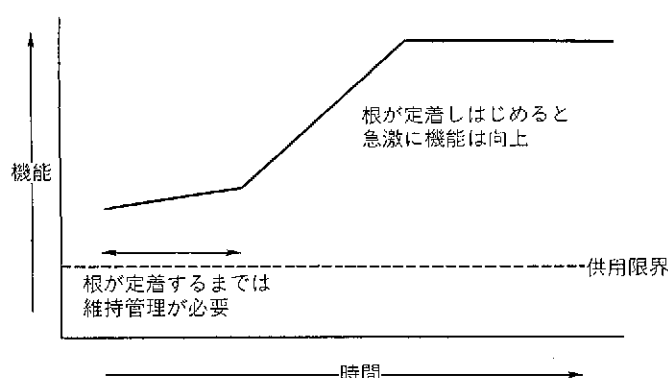


図 6-12 在来植生による緑化復元の図られた法面での機能の向上

また何かと問題の多い長大な法面は、その点検や補修も容易ではないこと、法面の変状も捉えにくいことなど維持管理からみても好ましいものではない。またその改修が必要となった場合には交通を遮断した大規模な工事となることもある。

このようなことから、維持管理上からも、地形・地質になじみ、かつ周辺の自然環境にもなじむ道路が求められているといえよう。

### 災害の発生によるライフサイクルの短縮を防ぐ

地すべりや斜面崩壊などの災害の発生は、道路としての機能を急激に低下させ、その復旧のために大規模な改修を必要とすることも多い。特に地すべりの場合には、その地すべりの滑動を停止させるために、道路建設時以上の経費を費やすこともある。このような災害の発生は、強制的なライフサイクルの短縮であり、ライフサイクルコストを引き上げるものにほかならない（図 6-13）。

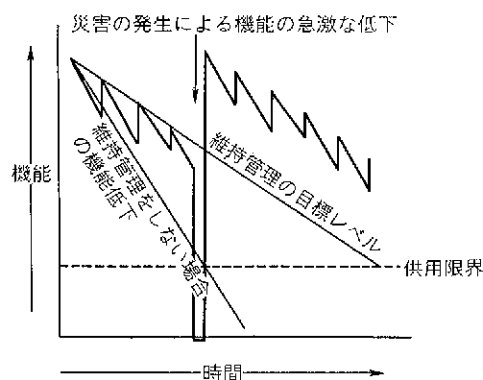


図 6-13 災害の発生によるライフサイクルの短縮

したがって、道路を計画する段階においては、地すべりや斜面崩壊などの災害が発生することのないような道路をつくるのがライフサイクルコストの面からも強く求められている。

#### 維持管理の低廉な道路

山岳部に設けられる道路、特にダム付替道路の場合には、地形・地質的な制約からトンネルや橋梁が多く設けられる。しかし、これらの構造物に関する維持管理費は、一般の道路に比べると非常に高いものとなっている。高速道路の例ではあるが、トンネル・橋梁等構造物の1 kmあたりの維持管理費および改良費は土工部に比べて4～9倍になっているという報告がある。

特にトンネルにおいては照明や換気装置などの日常的な管理にも経費がかかることになるため、十分な配慮が望まれる。

換気施設については、「道路トンネル技術基準」(社団法人日本道路協会、昭和62年)においては、トンネルの延長や勾配、交通条件、気象条件などを考慮して検討するものとされているが、これまでの主な対面交通の道路トンネル延長と交通量との関係からみれば、以下の条件式を満たす場合において機械換気装置の設置がなされている場合が多いとされている。

換気が必要となる条件式：トンネル延長 (km) × 時間交通量 (台/h) ≥ 600

仮に1時間に300台の車が通過するようなトンネルであれば、延長2 kmまでは自然換気が可能であり、それを上回る延長となれば、機械換気装置の設置が必要となるということである。近年は、自然環境への影響を小さくするために、長大なトンネルが用いられることも多いので、十分な配慮が必要となろう。またダム付替道路の場合には、ダム湖へのアプローチ部分において、トンネルを用いて高低差をかせごうという工夫がなされることもあるが、このような勾配のあるトンネルで、さらにS字カーブがあったりすると、延長が短くとも換気が必要となることもあるので注意が必要である。

#### 将来的に道路に求められる機能を満足すること

計画時に推定値を上回る交通需要があった場合など、次の全面更新を待たずに道路の改築が必要となることもある。道路を計画する段階で、将来の姿を見据えた計画を行うことが、ライフサイクルコストからみても望まれる。ただし、将来といっても道路建設後から次の全面更新が必要となる期間を目安とすればいいのであって、必要以上に過大に設計することは、逆に好ましいことではない。道路を計画する際に、どの程度のレベ

ルを目指すかについては、十分な検討が望まれる。

|                                      |
|--------------------------------------|
| <b>切取り斜面は将来の維持管理のために地質図を作成しておくこと</b> |
|--------------------------------------|

道路は、将来の供用時における道路空間の確保のために建設されるものである。法面は、切り取られることにより、その安定性は低下する。その対策として法枠工や法面吹付工等の補強工事がなされる。しかし、それらがなされた後では法面の下の岩盤性状がわからなくなってしまう。道路の維持管理の立場からみれば、法枠工や法面吹付工を実施する前に法面の地質図を是非とも作成しておくことが望まれる。

道路は建設するためにつくるのではなく、供用するためにつくるのであるということを再確認したいものである。

**基幹となる道路をどこに設けるか？**

ダムを建設し、貯水池をつくるということは、ダム下流部と上流部を結ぶ現道の付替道路の設置が一般的には必要となることである。その道路が国道や県道など地域の基幹となる道路として機能している場合には、その道路には十分な交通機能の確保が求められる。基幹となる道路の計画においては、十分な幅員と良好な道路線形が求められるが、ダム周辺地域の地形は極めて急峻であり、その中でも良好な線形を確保しようとする、どうしてもトンネルや橋梁などの構造物に頼るか、あるいは大規模な掘削・盛土等にならざるを得ない場合が多い。

それでは基幹道路を計画しようとするときに、どのような点に配慮すべきかについて述べてみよう。

**①地形・地質条件のできるだけ良い斜面を選定すること**

地すべりや斜面崩壊、雪崩などの発生は、交通を遮断し、ダム湖上流の集落を孤立化させるおそれもある。また基幹となる道路は、広幅員かつ良好な道路線形が求められることが多いから、土工量も多くなりがちである。そのため、基幹となる道路をどの斜面を選んで設けるかは、付替道路の計画にあたっての大きな課題のひとつである。

図7-1は、流れ盤斜面と受け盤斜面との比較を行ったものであるが、受け盤斜面の方が道路としての機能維持に支障をきたすことの多い地すべりに対しては安全である。そのため、どちらかといえば受け盤の斜面に道路を設けた方が無難であることが多い。しかしながら、受け盤斜面においては、風化が深層まで及び、また流れ盤の斜面に比べれば斜面の傾斜が急であることも多いから、法面の施工および維持管理において苦勞することもある。また、受け盤斜面でひとたびすべり面が形成されると、より深いすべり面を形成する場合も多い。一方、流れ盤斜面においても、斜面中にすべり面となるような地層が含まれていない等スライディングに対して安全性が確保される場合は道路とのなじみは悪くない。そのため、どちらの斜面に対して道路を設けるかは、現況の地すべり地形の分布等の地質調査結果をふまえ、十分な検討が求められる。

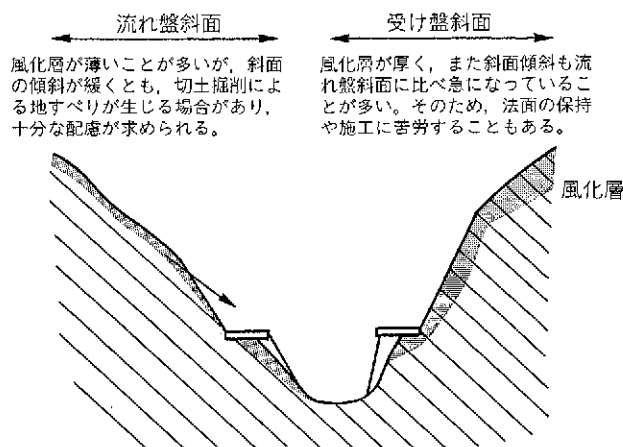


図 7-1 流れ盤斜面と受け盤斜面

このように、基幹となる道路を計画するにあたっては、その予備調査の時点で、マクロな地質図から、リニアメントや断層がないだろうか、破碎帯はないだろうか、どちらの斜面が受け盤でどちらの斜面が流れ盤となっているのだろうか、風化の度合いはどうだろうか、地すべり地形はないだろうか、などさまざまな観点から検討を行い、できるだけ条件の良い斜面に対して基幹となる道路を配置することが求められる。

## ②日照条件の良い斜面を選定すること

冬期の積雪や凍結によって、交通機能が十分に確保できなかったり、また車両走行の安全性が確保できないこともあり得る。そこで、基幹となる道路については、少しでも日照条件の良い斜面を選んで設ければ、冬期の交通機能の確保に役立つであろう。また冬期の雪崩の発生が想定される斜面においては、冬期の交通機能の確保の面から、避けるように計画するか、もしくは十分な対策工を施すことが望まれる。

## ③ダム湖岸の自然景観を楽しむこと

ダム湖の湖岸を走る道路から、対岸に大規模な掘削法面（特にコンクリート吹付工等の場合）などの人工構造物がみえることは、ダム湖の自然景観の観点からはあまり望ましいとは言いがたい。そのため、基幹となる道路からの景観については十分な配慮が望まれる。特に、ビューポイントとなる眺望の良い箇所については、積極的に駐車場や駐車帯などを誘導し、安全性に配慮した整備を行うことが、地域振興のみならず事故防止の観点からも望まれる。

## 7. 総合的なルート計画

### ④既存林道とのアクセスについて配慮すること

ダム付替道路の計画においては、ダム周辺の既存林道とのアクセスが不可欠である。そのため、対岸鉢巻道路を計画するか、あるいは対岸へのアクセス用橋梁で接続するか、そのどちらを選ぶかは重要な課題となる。

#### ダム付替道路の形態分類

ダム付替道路がダム湖に対してどのように設けられているのか、その形態別に分類したのが、図7-2である。

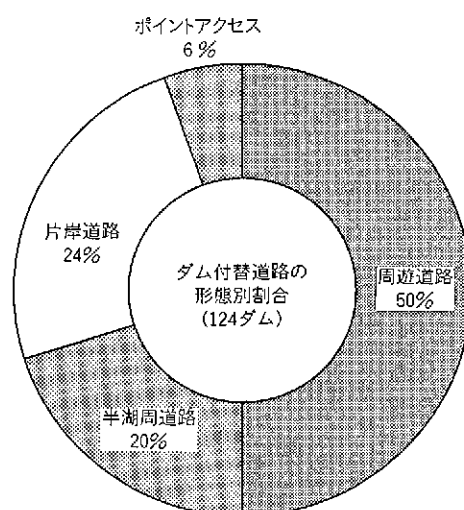


図7-2 ダム付替道路の形態別割合  
(直轄・公団の竣工・建設中のダムを対象としたアンケート調査による)

図に示されるように、ダム付替道路として典型的にみられるのが、周遊道路いわゆる鉢巻道路である。その一方で、片岸のみにしか道路が設けられていなかったり、また湖岸から大きく離れた位置に道路が設けられているダムもある。付替道路は必ずしも湖周に対して設けなければならないというわけでもないが、ほぼ半数のダムが、道路が貯水池を周遊できるように道路を設けている。

それではこのような道路形態による利点と欠点をいくつかの項目で比較してみよう(表7-1)。

表 7-1 ダム湖周辺道路の形態の優劣

| 項目                       | 周遊道路<br>(鉢巻道路) | 半湖周道路<br>(不完全な周遊<br>道路) | 片岸道路 | ポイントアクセス |
|--------------------------|----------------|-------------------------|------|----------|
| 湖岸周辺林野へのアクセス性            | ◎              | ○                       | ×    | △        |
| 周辺道路へのアクセス性              | ◎              | ○                       | ×    | △        |
| 自然環境に対する影響<br>(地形改変の大きさ) | ×              | △                       | ◎    | ◎        |
| 自然景観                     | ×              | △                       | ○    | ◎        |
| 災害時の迂回機能                 | ◎              | ×                       | ×    | △        |
| 建設・維持管理コスト               | ×              | △                       | ○    | ◎        |

### ①湖岸周辺林野へのアクセス性

ダム湖周辺が営林地として利用されていたり、個人や組合などが所有している林野となっている場合には、ダム湖岸に残る林野に対しても、そのアクセスが確保できるよう求められることも多い。そのため、両岸に対して道路を建設せざるを得ない場合も多いようである。一方、片岸道路やポイントアクセスの場合には、周辺の林野へのアクセスがやや問題となる。

### ②周辺道路へのアクセス性

ダム湖周辺の既存の林道などとのアクセスを図るうえでは、両岸への道路設置が有利となる。しかし、片岸道路やポイントアクセスにおいても、対岸へ橋梁で渡すことなどにより、周辺道路とのアクセス性については確保することが可能である。

### ③自然環境に対する影響

地形改変の大きさを指標として自然環境に対する影響をみると、当然、湖岸全周に対して道路を設ける周遊道路の方がその影響は大きい。

### ④自然景観

周遊道路においては、道路上から常に対岸の道路が見えるため、水辺の緑という美しい景観を得ることは難しい。その一方で片岸道路の場合には、対岸の道路が見えることなく、対岸の景観をたのしむことができる。ポイントアクセスの場合には、湖岸へのアクセスポイントに視点を固定できるため、景観計画も容易となる。例えば原石山の掘削跡地などのように景観上そのままではプラス評価しがたいものについては、視覚の範囲外とするような工夫も可能となる。

## ⑤災害時の迂回機能

ダム湖岸においては、湛水に伴う影響を受けて地すべりや斜面崩壊が発生する可能性もある。仮に湖岸の1箇所で災害が発生したときに、両岸に道路が設けられている場合には対岸の道路を迂回路として利用できるが、片岸道路や半湖周道路においては迂回するルートがなく、上流地域との交通は遮断されるということになる。またポイントアクセスについては、湛水の影響を受ける湖岸に対しては道路が設けられることはないことから、その点では安全性は高いが、基幹となる道路が災害を受けた場合にはやはり迂回するルートがなくなる。

## ⑥建設・維持管理コスト

建設・維持管理コストからみれば、できるだけ条件の良い斜面に対して、短い延長で設けられる道路が望ましい。そのため、ポイントアクセスや片岸道路にそのメリットが大きい。一方、鉢巻道路の場合には、地形・地質条件が悪い斜面でも道路を設けなければならない場合もあり、法面の対策工や保護工、あるいはトンネル・橋梁などの構造物の利用によって、必然的にコストの高い道路とならざるを得ない。

なお、ダム湖周辺道路の形態と路線選定の際に重要視した項目との関係を図7-3に示す。住民の意向や交通機能の占める割合は周遊道路→半湖周道路→片岸道路→ポイントアクセスの順に徐々に低下し、逆に地形・地質あるいは施工経済性の占める割合は増加している。また片岸道路においては、自然環境保全の割合が高くなっており、環境保全を図るために周遊道路とはせずに、片岸道路としていることがうかがわれる。

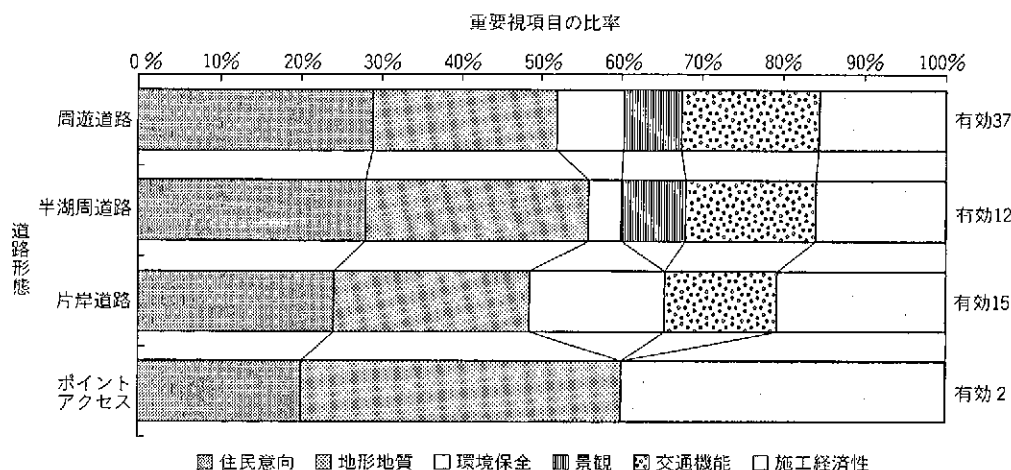


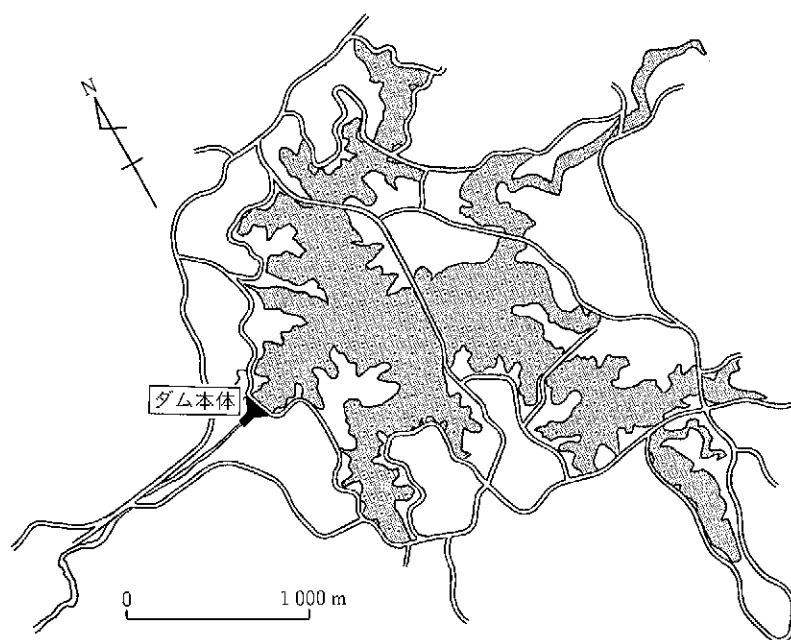
図7-3 ダム湖周辺道路の形態と路線選定の重要視項目との関係

## 山岳ダムと里ダムの違い

ここで山岳ダムとは、急峻な河谷に設けられるダムをいう。山岳部においては、谷は多少の屈曲はあってもかなり直線的に流下するため、ダムが建設されることによって形成されたダム湖の形状も縦長の形状を呈することが多い。付替の対象となる道路は谷底を走る基幹となる道路といくつかの林道とのアクセスが主となる。付替道路の計画にあたっては、その急峻な地形ゆえ発生する斜面災害に対する配慮や、その周辺の原生的な自然環境の保全が課題となる。

一方、里ダムは平野に近い丘陵から山地部に設けられるダムである。地形が緩やかであるため、谷の曲流も大きく、谷幅も広い。ダム湖の中でいくつかの支流が合流することも多く、ダム湖はひとりで状の複雑な形状を呈することも多い。また里ダムにおいては、平野に近いこともあり、既にかんりの道路が設けられている場合も多く、付替の対象路線が多くなる。また都市域にも近いため、身近なレクリエーションの場としての活用についても配慮が求められる。

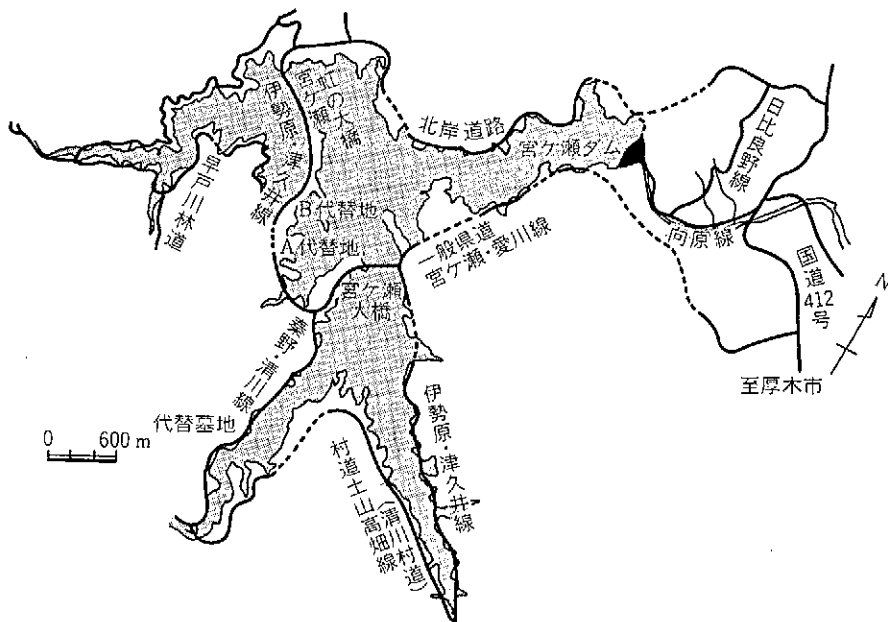
事例 64 は、福島県に設けられた三春ダムの事例であるが、ダム湖は非常に複雑な形状を呈している。現道も多く設けられていたことから、付替となる路線も多く、付替となる道路についても複雑に接続しあっている。



事例 64 里ダムにおける付替道路の例—三春ダム—

## 7. 総合的なルート計画

また事例 65 は、神奈川県に現在建設中の宮ヶ瀬ダム为例である。地形的には丹沢山地の中に位置しており、山岳部に設けられているダムではあるが、都市域に近く、またいくつかの支流の合流地点にあたることから谷幅が広く、集落も存在していた。周辺の斜面のほとんどは営林地として利用されていたことから、林道も多く設けられている。そのため、付替道路の計画にあたっては、林野管理、あるいは観光開発のため、湖岸を周遊できる道路であることが求められ、ダム湖周辺には周辺の道路との接続を考慮した多くの道路が設けられている。



事例 65 都市域に近接するダム—宮ヶ瀬ダム—

### 地域振興への配慮

ダム周辺地域においては、ダム建設を契機としたその地域の振興が大きな課題となる。そのため、水源地対策特別措置法に基づく社会基盤施設の整備、そしてダム周辺整備事業による観光・レクリエーションによる観光開発が行われることが多い。道路計画においては、これらのダム周辺に設けられた施設を有機的に結合するように配慮してその計画がなされる必要がある。そのためには、周辺の整備計画の進捗とも整合をとりながら、道路計画を進めることが望まれる。

地域振興としてダム周辺地域における観光・レクリエーション開発を行うことを前提とすると、道路計画においては以下のような配慮が求められる。

- ①各拠点地域の有機的な結合を図る
- ②眺望の良い箇所への十分な駐車スペースの確保
- ③良好な道路景観の確保
- ④歩道の整備
- ⑤大型バスのすれ違いのできる道路幅員の確保

また土捨場などダム工事施設跡地についても、積極的に地域振興の拠点として整備することや、湖岸の観光拠点への進入のための右折斜面を設置するなど、きめ細かい配慮が求められる。

近年は、一般道路にも「道の駅」として休憩機能、情報交流機能、地域の交流機能の3つの機能を有したパーキングが設けられるようになってきており、特に地域と道路利用者をつなぐふれあいの場としてにぎわいをみせている。ダム湖の湖岸においても、表7-2に示すように実際に「道の駅」が設けられている事例もある。これらの道の駅には、トイレやレストランはもちろん、地元の特産品の販売コーナー、休憩のための広場が設けられている。またキャンプ場が併設されていたり、釣りやボート遊びなどができるようになっていたり、個性的な工夫が図られている。

表 7-2 ダム湖の湖岸に設けられた「道の駅」

| ダム名         | 道の駅   | 路線名      |
|-------------|-------|----------|
| 浅瀬石川ダム（青森県） | 虹の湖   | 国道 102 号 |
| 川内ダム（青森県）   | かわうち湖 | 県道長後・川内線 |
| 二の倉ダム（青森県）  | しんごう  | 国道 454 号 |
| 七ヶ宿ダム（宮城県）  | 七ヶ宿   | 国道 113 号 |
| 寒河江ダム（山形県）  | にしかわ  | 国道 112 号 |
| 北山ダム（大分県）   | 宇日    | 国道 326 号 |

ここではこれらのうち、浅瀬石川ダムと七ヶ宿ダムの事例について紹介しよう。

事例 66 は、浅瀬石川ダムの事例である。

浅瀬石川ダムにおいては、その周辺環境整備計画において、以下のような基本方針に基づいて整備計画の策定を行った。

- ①余暇時間の増大と行動半径の拡大に伴い、貯水池のもつ固有のレクリエーション効果を発揮するための、ダム湖のもつ湖畔の景観とそれをとるまじく山地性豊かな自然を生かした野外レクリエーション空間を創出する。
- ②黒石市・平賀町の振興計画における観光振興上の拠点地区として、周辺景観との調和に配慮し、風紀上問題が生じる施設等は避け、健康的で安全で、かつ魅力の高い施設を計画する。

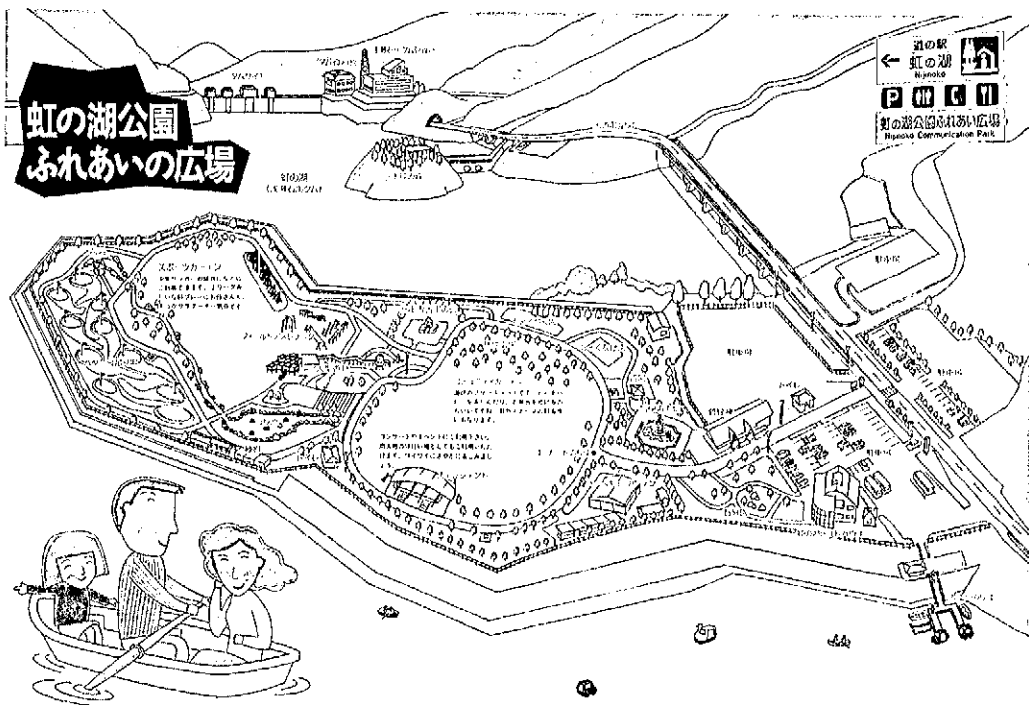
## 7. 総合的なルート計画

③ダム適正管理機能および安全性に対し、問題となる施設の導入は行わないものとする。

④ダム周辺および水没した集落の住民への配慮を行う。

これらの基本方針に基づき、整備計画の拠点として、ダムサイト地区、ダム湖中流右岸の二庄内地区、ダム湖上流左岸の小国地区が選定された。そのうち二庄内地区は、国道102号線沿いのダム工事用沈殿地跡地にあたる。沈殿地跡地はダム湖に大きく突出した岬状となっており、この跡地のもつ地形的な条件を徹底的に生かし、多目的広場「虹の湖ふれあい広場」が設けられた（昭和63年度完成）。園内には、レストハウスをはじめ、無料休憩所、バーベキュー広場、スポーツ広場、アスレチックコース、釣り堀、大型遊具、石庭、野草園などがあり、自然を満喫しながら、スポーツ、レクリエーションが楽しめる憩いの広場となっている。平成5年4月には、このふれあい広場は、「道の駅」にふさわしいものとして、道の駅「虹の湖」として登録され、ダム水源地区における地域振興の拠点となっている。

また事例67は、七ヶ宿ダムの事例である<sup>4)</sup>。七ヶ宿ダムのダムサイト近くには、ダム工事の見学用の駐車場が設けられていたが、駐車場の駐車台数が10台と狭く、またトイ

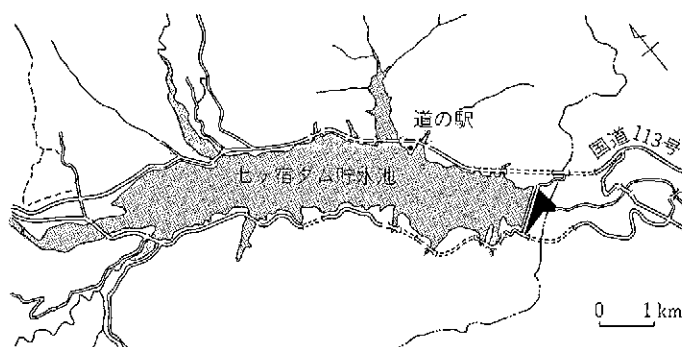


事例66 浅瀬石川ダム湖岸に設けられた道の駅「虹の湖」

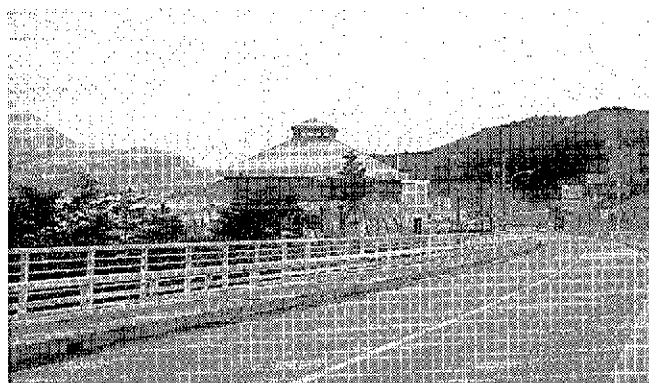
レも仮設的なものであったため、利用者にとっては非常に不便なものとなっていた。ダム誕生に伴う観光客の急増によって、駐車場の整備が急務にせまれ、「道の駅」としての整備が望まれた。

道の駅は、七ヶ宿湖を一望できる岬に選定され、駐車場、公園、レストハウスなどの計画がなされた。この場所は、出島のような形で狭いスペースであることから、駐車場については一台でも多く駐車できるよう、大型車と普通車の割合等についても十分な配慮がなされた。平成4年9月のオープンから平成5年末日までに58,231人の人が施設に立ち寄っており、町の活性化としても有効な施設となっている。

また、ダム上流側においては、貯砂ダムの貯水池水面（広さ約20ha）がダム貯水位に関係なく年間を通じて一定であることを利用して、地元七ヶ宿町が中心となって設立した第3セクター（七ヶ宿観光開発株式会社）がNTT-A型事業による船着場を兼ねた親水護岸を施し、ボートやカヌーの貸し出しや食堂土産品店などの営業を行い、地域の活性化を図っている<sup>42)</sup>



(貯水池付近平面図)

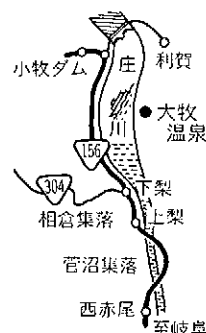


事例67 七ヶ宿ダム湖岸の道の駅「七ヶ宿」

## より個性的な地域振興を求めて

一般に、地域振興を図るうえでは道路整備は不可欠なものと考えられているが、逆に道路を設けなかったことによって地域振興を図っている事例もある。ここではこのような事例を紹介しよう（事例68）。

富山県東礪波郡利賀村の庄川上流に位置する小牧ダムの周辺は、庄川峡県定公園・五箇山県定自然公園に指定されている風光明媚な地域である。大牧温泉は、ダム湖の右岸側に位置する温泉である。付替道路として左岸に設けられたのは国道156号線一本であり、ダム右岸には道路は設けられていない。そのため、大牧温泉には対岸のダムサイト付近の船着場から出る遊覧船（所要時間約30～40分）でしか行くことができないようになっている。大牧温泉はこの条件を逆に利用し、「日本列島最後の秘境」「山峡にひっそり静かな佇まいの秘境の温泉」「船でしか行けない温泉」「山の中の一軒宿」等のキャッチフレーズのもとPRしている。遊覧船による湖上景観の眺望と秘湯とを抱き合わせたたくみなPRである。パンフレットには、「バス、遊覧船は冬でも絶対に欠航しません。」という書き下しまでされている。車社会から隔たった静かな環境のもとに設けられた大



事例68 道路を設けずに地域振興を図った例—富山県小牧ダム—

牧温泉は、昨今の秘湯ブームに乗って地域振興に大きな役割を果たしている。

ダム水源地対策の地域振興のひとつとして、観光やレクリエーションなどの拠点整備が行われることも多いが、とかく画一的になりがちである。今後はより地域の個性を生かした地域振興の方策を図ることが望まれよう。

私はこれまでダムの現地の技術指導におもむく機会が多く、ダムサイトの地質調査のみならず付替道路の地すべりについてもよく相談にのってきました。ダムサイトに行く道すがら、また、付替道路の地すべり箇所を点検調査しながら、非常に景色のよい道路、非常に地形をうまく利用した道路、非常にうまく溪谷を渡っている橋梁、非常にうまい所に位置しているトンネル等々に接するとき、それらの道路を計画した技術者の地形地質条件になじむよう工夫した跡がしのばれ、自ずから頭がさがる思いがしたものです。

反対に、せっかくの素晴らしい景観を台無しにしている道路、あまりにも地形を無視した法線としか思われない長大切取法面とか大規模な擁壁とかで不自然さを感じる道路、もう少し考えて渡せばどんなに素直になるかと思える渡河地点、どう考えても強引につけたとしか見えないトンネル坑口や、土被りのうすい偏荷重が続くトンネル法線、等々に接するとき、もう少し、地形・地質をよく読んで自然となじむ道路をつくってほしいものだと思います、何とも言えない口惜しさを感じたものです。いずれの時か、これらの事例集をもとに、ダム付替の山岳道路についての注意事項をまとめなければならないと思っていたところ、(財)国土開発技術研究センターより「ダム付替山岳道路の検討委員会」を開催すると聞き、委員長としてこれまで私が現地で気づいた箇所を含め、整理する機会を得ました。

私は小学校の頃から山歩きが好きで休みがあればよく山に出かけた。山といっても、大阪から行ける生駒、葛城、北摂、箕面、能勢、六甲などの日帰りのハイキングコースの山ですが、子供の脚力からいえばそれでも大変です。例えば六甲山縦走ともなればいつも途中挫折となってしまう、未だ実現しておりません。山歩きをしてこたえるのが、一気に高度をかせぐジグザグ道であります。

その折、いつも急な登り道をフウフウ息を切らせ歩きながら、このジグザグ道はよくここにつけたものだ、といつもあらぬ感心をしたものでした。登山道は人間の脚力にあわせ、地形をよく読んでつくられている実に見事なロケーションであります。一番の最初は獣道であったかもしれません。それが人が歩くようになり、多くの者がその道を踏み固めながら登っていくとき、自ずと道が形成されていったのです。地形になじまず、人の脚力になじまない山の道は、この山の道形成プロセスからはできてこないのです。

一方、現在の山岳道路はこのような観点からはどうでしょうか。人の脚力に代わるものが素晴らしい性能を保持する自動車であります。スピードも出るし、相当な登坂馬力も優れもっている。そして一方、人間が踏み固める行為にかわるものが土工機械であります。現在の土工機械の掘削能力、運搬能力は 100 m クラスの切取法面をも簡単につくる、人力とはくらべものにならない性能を保持しています。

自動車の性能、土工機械の性能にあわせて、山岳道路をつくとどうしても大自然の地形の方に無理なしを寄せがきます。大自然の地形の急激な改変にあたっては、できるだけ大自然に無理がかからないような配慮がより望まれているのです。

山岳部におけるダム付替道路に要求されている条件は、通常の山岳道路以上に多くの厳しい条件を克服しなければならない。山岳部におけるダム付替道路建設時における注意事項をまとめたものが本書です。

実際の現地の地形など、現地の自然条件は千変万化であり、きめの細かい注意事項というところまでは至りませんが、注意事項の考え方は整理できたように考えます。

おわりに、大地になじむみちづくりの精神は大地からのメッセージに耳を傾けるということであります。大地からのメッセージは大地五則<sup>43)</sup>であります。

- 一、 峨々たる山稜、荒陵たる砂漠、底知れぬ大海底、千変万化の様態を呈し、水循環、大気循環の舞台をつくるは大地なり
- 一、 動かざる態様を呈しつつ、あるときは電光石火の如く、また、ある時は人知れず爾々と古きを新しきものにつくり変える過程を着実に刻むは大地なり
- 一、 生命を育くむ万物に活動の場を与え、その最後を受け入れる広き器あるは大地なり
- 一、 太陽からのエネルギーを態を変え、蓄積し、おごることなく人々に深き恵みを与えてくれるは大地なり
- 一、 地形生誕四十六億年の歴史をいつわることなく克明に記録しそれを追い求める人々に、その度合いに応じ、歴史の一こま一こまをロマン満ちた物語として語ってくれるは大地なり

ここに書かれた注意事項の考え方と判断をもって現地に現われ、その場になじむよう創意工夫を加えれば必ずやより自然に優しい道づくりとなるものと信じます。

ダム付替山岳道路検討委員会

委員長 竹林征三

## 参 考 文 献

- エコロード検討委員会 (1995) : 「自然との共生をめざす道づくりーエコロードハンドブックー」. 大成出版社.
- 遠藤作次 (1987) : 「新版 山地部道路の路線設計」. 地人書館.
- 建設省河川局開発課 (1988) : 「ダム湖のレクリエーション活用ーダム湖活用の促進についてー」.
- 建設省河川局開発課 (1984) : 「ダム建設における第四紀断層の調査と対応に関する指針 (案)」.
- 建設省河川局開発課・財団法人国土開発技術研究センター (1995) : 「貯水池周辺の地すべり調査と対策」. 山海堂.
- 建設省道路局・財団法人道路保全技術センター (1993) : 「道の駅の本ー個性豊かなにぎわいの場づくりー」. ぎょうせい.
- 財団法人高速道路調査会・路線計画基準作成に関する基礎的研究委員会 (1984) : 「高速道路の路線計画マニュアル(案)」 日本道路公団委託
- 社団法人雪センター (1994) : 「雪道ー今日の道路の雪氷対策」.
- 竹林征三 (1981) : 「ダム建設における地質調査の役割」. 第 14 回地質担当者会議資料, 土木研究所資料第 1635 号.
- 竹林征三 (1989) : 「試験湛水について」. ダム技術 No. 29.
- 竹林征三 (1992) : 「ダム・堰とダム湖水の景観」(その 1~3). ダム技術 No. 73~75.
- 竹林征三編 (1995) : 「実務者のための建設環境技術」. 山海堂.
- 竹林征三編 (1995) : 「建設環境ー技術士を目指して (建設部門)ー第 11 巻」. 山海堂.
- 竹林征三・中村康夫, 佐々木靖人他 (1995) : 「斜面の探査技術に関する共同研究報告書 (その 1~2)ー電磁波反射法による斜面の精査技術ー」. 土木研究所共同研究報告書.
- 竹林征三 (1996) : 「ダムのはなし」. 技報堂出版.
- 社団法人日本道路協会 (1987) : 「道路構造令の解説と運用」.
- 廣瀬利雄・竹林征三 (1994) : 「ダム・堰と湖水の景観」. 山海堂.
- 三沢 彰・松崎 喬・宮下修一編 (1994) : 「自動車道路のランドスケープ計画ー環境と景観の立場からみた道路づくり」. ソフトサイエンス社.
- 吉川虎雄 (1986) : 「湿潤変動帯の地形学」. 財団法人東京大学出版会.
- 渡 正亮・小橋澄治 (1987) : 「地すべり・斜面崩壊の予知と対策」. 山海堂.

## 引用文献

### 3. 自然を読む

- 1) 日本第四紀学会編 (1987):「日本第四紀地図」, 財団法人東京大学出版会.
- 2)3)17) 武居有恒監修 (1982):「地すべり・崩壊・土石流—予測と対策—」, 鹿島出版会.
- 4) 江川良武 (1979):「ダムサイトにおける地すべり地形—風化作用としての地すべり—」, 東北地理 31-1.
- 5) 江川良武 (1979):「地形による山地地盤調査法」, 東北地方建設局.
- 6) 江川良武 (1980):「山地地形における岩盤規制の研究—山形県梵字川中流地域を例に—」, 地球科学 34-2.
- 7)8) 江川良武 (1982):「地すべり地形について」, 国土地理院時報 56.
- 9)15)16)19) 建設省河川局開発課・財団法人国土開発技術研究センター (1995):「貯水池周辺の地すべり調査と対策」, 山海堂.
- 10) 熊木洋太・鈴木美和子・小原 昇編著 (1995):「技術者のための地形学入門」, 山海堂.
- 11) 武田裕幸・今村遼平 (1976):「建設技術者のための空中写真判読」, 共立出版.
- 12)18) 今村遼平他 (1983):「画でみる地形・地質の基礎知識」, 鹿島出版会.
- 13) 渡 正亮・小橋澄治 (1987):「地すべり・斜面崩壊の予知と対策」, 山海堂.
- 14) 砂防学会監修 (1992):「砂防学講座第三巻 斜面の土砂移動現象」, 山海堂.
- 20) 社団法人日本道路協会 (1986):「道路土工—法面安定工指針」.
- 21) 勝井義雄 (1988):「1987年北海道層雲峡熔結凝灰岩の崩壊とその災害に関する調査研究」, 第25回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集.
- 22) 日本測量調査技術協会編 (1984):「空中写真による地すべり調査の実際」, 鹿島出版会.
- 23) 竹林征三・藤沢侃彦, 中村康夫, 脇坂安彦, 渡子直紀 (1996):「貯水池周辺の地形・地質情報のデジタル化とその応用 (その1)」, 土木研究所資料第3403号.

### 4. 自然になじむ道路

- 24) 遠藤作次 (1987):「山地部道路の路線設計」, 地人書館.
- 25) 高速道路調査会 (1984):「高速道路の路線計画マニュアル (案)」, 日本道路公団委託.
- 26) 根本二良・奥山雅晴 (1986):「豪雪地域における道路のり面雪崩対策について 人工のり面積雪の活動防止試験報告」, 建設省技術研究会報告, Vol.39, 98-104.
- 27) 日本生態系保護協会 (1994):「ビオトープネットワーク—都市・農村・自然の新秩序—」, ぎょうせい.
- 28)29)30)31)37) 廣瀬利雄・竹林征三 (1994):「ダム・堰と湖水の景観」, 山海堂.
- 32)33) 竹林征三 (1995):「現代のダム建設における環境保全対策のあゆみ—環境保全・創造・回復の視点より—」, ダム日本 No. 600, 15-43.
- 34) 社団法人道路緑化保全協会 (1982):「自然公園における法面緑化基準の解説」, 環境庁自然保護局監修, p 61.

- 35) 北村津太郎・佐藤喜代治・福士広信 (1982):「浅瀬石川ダム付替道路の法面对策について」,  
ダム日本 No.445, 49-58.
- 36) 建設省道路局道路環境課・建設省土木研究所環境部監修, 財団法人道路環境研究所エコロ  
ード検討委員会 (1995):「自然との共生をめざす道づくり-エコロード・ハンドブック-」,  
大成出版社
6. 経済性・維持管理性からの道路計画
- 38) 遠藤作次 (1987):「山地部道路の路線設計」, 地人書館.
- 39) 高速道路調査会 (1984):「高速道路の路線計画マニュアル (案)」, 日本道路公団委託.
- 40) 日本鋼構造協会 (1985):「鋼橋計画マニュアル」.
7. 総合的なルート計画
- 41) 建設省道路局・財団法人道路保全技術センター (1993):「道の駅の本一個性豊かなにぎわ  
いの場づくり」, ぎょうせい.
- 42) 岡野眞久 (1993):「ダム貯水池堆砂排除と環境対策」, ダム年鑑 1993.
8. おわりに
- 43) 竹林征三 (1995):「大地五則」, 土木施工 36-6, 80-83.

## 「ダム付替山岳道路検討委員会」名簿

|     |         |                     |           |
|-----|---------|---------------------|-----------|
| 委員長 | 竹 林 征 三 | 建設省土木研究所環境部         | 部 長       |
| 委 員 | 江 川 良 武 | 建設省土木研究所            | 地 質 官     |
|     | 藤 本 保   | 建設省河川局開発課           | 開 発 調 整 官 |
|     | 小合澤 辰 雄 | 建設省河川局開発課           | 課 長 補 佐   |
|     | 名 波 義 昭 | 建設省河川局開発課           | 課 長 補 佐   |
|     | 鈴 木 篤   | 建設省河川局開発課           | 課 長 補 佐   |
|     | 山 下 武 宣 | 建設省土木研究所企画部         | 前ダム計画官    |
|     | 阿 部 徹   | 建設省土木研究所企画部         | ダ ム 計 画 官 |
|     | 西 尾 新 二 | 建設省近畿地方建設局丹生ダム工事事務所 | 前 所 長     |
|     | 伊 藤 道 明 | 水資源開発公団丹生ダム建設所      | 所 長       |
| 事務局 | 小 林 正 典 | 財国土開発技術研究センター調査第一部  | 部 長       |
|     | 中 村 健 一 | 財国土開発技術研究センター調査第一部  | 上席主任研究員   |
|     | 野 涯 卓 也 | 財国土開発技術研究センター調査第一部  | 上席主任研究員   |
|     | 安 藤 進   | 財国土開発技術研究センター調査第一部  | 上席主任研究員   |

(敬称省略・順不同・平成7年3月現在)

自然になじむ山岳道路 ——ダム付替道路の事例より考える——

平成8年12月17日 発行

(定価はカバーに  
表示してあります)

監 修 建設省河川局開発課  
建設省土木研究所環境部  
編 集 (財)国土開発技術研究センター

発 行 株式会社 山 海 堂  
発行者 石 川 悌 二

〒113 東京都文京区本郷 5-5-18

電話 03-3816-1617

振替 00140-3-194982

検 印  
省 略

乱丁本・落丁本は小社生産部宛にお送り下さい。  
送料小社負担にてお取り替えいたします。

Printed in Japan  
© 1996

ISBN 4-381-01057-4 C 3051

ISBN4-381-01057-4 C3051 P4100E

**自然になじむ山岳道路**  
ダム付替道路の事例より考える



定価4,100円(本体価格3,981円)