

第22回試錐研究会

講 演 資 料 集

期 日：昭和59年 3 月 7 日(水)

会 場：東 急 ホ テ ル

第22回 試錐研究会

.....
プログラム
.....

主 催 北海道立地下資源調査所
北海道地質調査業協会
全国さく井協会北海道支部

日 時 昭和59年3月7日(水) (10:00~17:00)

場 所 札幌市中央区北4条西4丁目
東急ホテル(TEL231-5611) 2階 真珠の間

あ い さ つ

北海道立地下資源調査所長 酒 匂 純 俊

特 別 講 演 (10:00~12:00)

森林の変遷に関する年代学的考察

北海道大学教授 東 三 郎

昼 食 (12:00~13:00)

講

演 (13:00~17:00)

1. 温泉ボーリングにおける計測

(株)ドリリング計測 宮田 厚

2. 阿寒地熱井の逸泥対策

北海道立地下資源調査所 高橋 徹哉

3. ポリマー泥水について

(株)テルナイト 佐野 守宏

4. 小口径推進工法およびストレナーカッターについて

(株)利根ボーリング 吉田 興生

5. 深尺ボーリングにおける失策とその対策

北海道立地下資源調査所 鈴木 豊重

質疑 応答

あいさつ

北海道地質調査業協会理事長 伊東 孝吉

懇 親 会 (17:30~19:30)

会 場 札幌市中央区北3条西7丁目(植物園前)

フジヤサントスホテル (TEL 271-3344)

特 別 講 演

森林の変遷に関する年代学的考察

東 三 郎**

1 はじめに

森林に向けられる関心は、しだいに高まっているが、森林の成立過程を、具体的に論じたものは少ない。これは、多くの研究分野が、森林について論ずる場合、すでに存在する森林を、物的対象として取り扱い、おもに内的構造の解明に力を注いできたからである。また、限られた空間において営まれる農業・林業にとって、森林の起源をたずねることは不必要であった。しかし、こんにちのように、自然保護、環境保全の分野において、森林に大きな期待がよせられるようになると、あらためて、その成立過程を問題にしなければならないのである。たまたま、筆者は、砂防学の分野において資源開発の結果生まれた荒廃地や、崩壊地・土石流堆積地・飛砂地などのように、植生被覆を失った土地に接する機会が多く、そのような地表空間において植生の自然回復あるいは人為的導入の成果を観察し、植生の変化が多分に地表の無機物（土と水）の運動に支配されていることを知った。

すなわち、森林の生成・発展・消滅の歴史は、同時に地表空間の変遷を示すものであり、たんに生物相互間の連鎖あるいは累積ではなく、まさしく、時間と空間の問題であると考えるにいたった。しかし、いまにわかに、地球上の森林の起源を明らかにすることはできないし、また、地学的年代にさかのぼって、樹木の進化、森林の出現を論ずる力もないので、現在の問題として万人の接触できる森林を対象にし、比較的短い歴史をもつ森林について年代学的考察を試みた。

方法論と事例研究については拙著「地表変動論¹⁾」に詳述しているので、ここでは中心的な部分の概要にとどめたい。

2 森林の不可逆性

広大な自然である流域を理解し、複雑な自然物である森林を、総体的にみようとすれば、そこになんらかの尺度、あるいは基準がなければならない。これ

は自然のなかからあるひとつの物を取り出して、細かに分析し、その素性を見きわめるだけでなく、全体がどういう部分からなり、各部分がどのように関連し合っているかという点を明らかにする必要性とも通ずるものである。したがって、相当に難解な問題であるが、ひとつの方法として、時間の流れに沿って、自然がどのように経過してきたのかという歴史的な見かたをあげることができる。

すでに地質学や地形学においては、地球の歴史を探るために、時間の軸をたてて地表に起こった諸現象について論じている。林業も治山事業もこれら諸学の理論を援用して、自らの考え方や技術体系を組み立ててきた。しかし、導入されている時間単位の長短にはあまり留意されていないようである。

周知のとおり地学的現象は人間の寿命に比べ極めて大きな時間単位で論じられている。したがって、地学的現象を、われわれの日常的な問題処理にあてはめようとしても、レベルが合わないのである。

年中行事のように起こっている水害や土砂害も、いわば地学的現象にもとづくものであるが、これは人間が現在の時間単位のなかで、地表の動的現象に出合ったのであり、考古学の研究にみられるような遺跡・遺物は地学的な長大時間のなかで、そのくり返しがあったことを物語っている。

遠い過去の地質時代の物語は、その方の専門家にゆずり、ここでは、林業や治山事業にとって、きわめて身近な歴史ということで、沖積世といわれる約1万年のことがらを中心に考察してみよう。

ふつう自然を描写する場合には、地質・地形・植生・気象などが調べられるが、ともすると個々の調査項目は独立して、相互のつながりが無い。つまり、それぞれの専門的研究分野の基準に沿って表現されているが、全体を通じての横断的な論理にならないようである。そこで、時間の軸をとって、それぞれの調査項目を位置づけてみると、長年月の間に地質条件は地形となって存在し、地形を形づくった侵食現象は気象条件に影響され、また侵食作用は地上の生物集団である植物群の生死を支配していることが明らかになる。つまり、われわれの目にする森林は、すでに多岐にわたる自然現象に影響されてでき上っている歴史的所産であると

* Saburo HIGASHI: Chronological study on the dynamic changes of forests

** 北大農学部砂防工学研究室

いうことになるのである。

このような自然の流れや、力の支配と被支配の関係は歴史的に継続するものであり、さらに人間の手が加わることによって、自然本来の流れは変わり、また活発になるのである。しかも、この歴史的流れは、全くもともどることのない一方通行の運動をすとみななければならない。

たとえば、水害の際に各地で山崩れや山津波が起こると、地表の植物群は部分的に壊滅し、そこには、また新しい植生が侵入するが、よくみると質的に異なったものとなる。同じようなことは、山火事の場合にもいえる。うっそうたる針葉樹林が、山火にあつてシラカンバの林に変わるのもその類である。自然はこのような運動の本性があるのに加えて、人間の手で森林が伐採されると、自然のなまの運動は、新しく加速度のついた運動に変わり、時には予想もしなかった森林に変わってしまうのである。かりに積極的な植林が行なわれたとしても、もちろんもとの森林にもどることはない。まして、経済的価値を優先的に考えた人工林の場合はなおさらのことである。ここで、自然のなまの運動に対して、正しい理解がないと、自然に対する人為介入は、二重破壊の結果を招くことになってしまうのである。

わが国の森林は、約1,200年ほど前から伐採され、本格的な社会開発の資源とされたようである。文明を支えるために木材や石材は不可欠の材料であり、その供給源は近郊の山地であつたために、京都・奈良・大阪などの都市の繁栄のかげには、いまでもなお琵琶湖岸の田上山にみられるような荒廃山地が残されているのである。

また、地下資源開発の後遺症は各地にあり、とくに足尾鉾山の煙害地や中部地方のはげ山にその典型をみることができる。さらに沿岸漁業の躍進は、豊かな海岸林を破壊し、東北・北海道の日本海沿岸にみられるような飛砂害をもたらしたのである。そしてこれらの荒廃地は、早くから治山事業の対象地になっているが、森林への復帰はむずかしく最近になってようやく復元したところもある。

自然の一方通行すなわち「不可逆性」に関するこれまでの認識はあまり高くない。かの有名な地形学者W. M. デービスは、侵食輪廻の学説を出し、世人の動的常識を高めたが、その取り扱う時間単位は、最小単位として60万年～100万年というオーダーであつた²⁾。そのことを度外視して、地表の諸現象を解釈するあまり、100年ないし、1,000年程度の出来事については、「動かざること大地の如し」というたとえや、「大樹が土地をがっちり固めている」というような見かたを生み出

してしまい、日常生活における動的現象を誤らせる結果になっている。

むかしから、人間の生活や生産は相対的に安定している土地で続けられてきた。農業・林業・土木業・建築業のいずれも、地表の静的空間にのみ集中していたのであり、濃密な土地利用のなかで、互いに競合し、また自然のなまの運動に出あつて、ひどい災害をこうむるまでは、動的現象を特殊な問題として見のがしてきたきらいがある。人間は意識的に利用しようとする空間を選択したのであるが、天然に生育している植物は、許された土地条件のもとで定着し、一生をその場所で終るから、その後に変地変異が起こると、その影響を全面的にこうむることになるのである。

生物のなかでは特に寿命の長い樹木が、環境の変化に支配されながら生存していることは、このような側面からもうかがい知ることができる。そして生物自身も幼年・青年・壮年・老年と成長し、やがてつぎの世代に移り変わるように、個体としては不可逆の方向をとり、種の離合集散も質的に量的に不可逆の変化するとみななければならない。まさに森林の動的すがたこそ目に見える自然の推移であるということが出来る。

3 樹木年代学の方法

現存している樹木には、それをとりまく環境の総和が作用している。そしてそれらの平均的な効果は、あまり表面に出ていないが、突発的な条件にさらされると、その変化に反応して、生体内に異常現象が起こる。その極端な場合には、樹木は枯死するのである。したがって、存在する樹木個体を、歴史的な記録計として利用することが古くから行なわれてきた。その利用のしかたのひとつに、樹木年代学的方法がある。樹木年代学ということばは、最近ほとんど用いられていない。かわりに年輪年代学という表しかたで考古学研究に使われている。これは古い木材の年輪幅の広さを調べて、予め標準年代の決められた古材との対比によって、年代を決定するのである。したがって、生きている樹木というよりも、生命のない木材を対象にしており、また、樹木集団ではなく単一の木材を扱っているから、生物学的方法というわけではない。また、過去の生物体を中心にして論じていくのであるから、現在の情報に展開することもむずかしく、現実の地表空間の広がりやと直接の関係を見出すこともできない。

もっとも、地学でいう年代決定法は、化石によって地層の古さを求めたり、花粉分析をたよりにして古環境をさぐり、火山灰の同時層を追跡して、地史を明らかにしたりしている³⁾。そして、絶対的年代については、C¹⁴、遺跡・年輪・植生・古記録から求めるように

しているのであるが、人間の寿命に比べると、相当地に大きな時間単位で扱われているために、現実味に乏しい。筆者があえて樹木年代学ということばを復活させようとしているのは、地学的なあるいは考古学的なタイムスケールをもとにして現実的なしかも小空間の環境変化を推論することに、甚だしく疑問を感じているからである。すなわち、現実的にわれわれが目にする事象から、逆に過去の出来事を推論することにしたいのである。

樹木の生育に影響する環境因子のなかで、自然的なものに、気候因子、地文因子、土性因子、生物因子をあげることができる。これらの4大因子は相互にからみあって作用するわけであるが、もっともマクロな範囲で影響をもつのは気候因子であり、逆にミクロな範囲で影響するのは、植物相互の競争であろう。そして中間的影響力は地文因子と土性因子のように樹木の生活圏に不可欠の土地という条件であるということが出来る。

植物の生育に土壌問題が密接にからんでいることは、いまさらいう必要もないが、土壌に関する表面的で一時的な見かたではなく、その土壌のもつ歴史の見かたについて吟味しなければならないのである。すなわち、土壌の肥料効果とともに、土の力学的性質を吟味し、さらに、地形形成の原因である侵食現象そのものを、無機物運動としてとらえ、樹木への作用力を確かめておかなければならないのである。

A.G.タンズレー⁴⁾は、標高や斜面方位・傾斜などの静的地形因子に、地層の性質・侵食・堆積・飛砂などのように動的因子を加え、両方をあわせて地文因子とよんでいるが、現実には起こっている山崩れ・土石流・飛砂の際に、樹木の生育は直接におびやかされ、また、その跡地には新しい植生が形成されている。

このように見ていくと、地表の植物群は、土地の安定している期間に生育し、不安定な状態になると、それに支配されて傷めつけられることがわかる。樹木では多くの場合に、年輪にその歴史が刻みこまれているとみてよいだろう。しかし、影響因子と生体反応の因果関係がひとつおりの検証がなされなければその方法は適用できない。

筆者は治山事業の実施されている現地や、水害や土砂害の発生した被災現場を見学する機会に、地表変動と樹木の生死との関係を直接観察することができた。この両者の関係は、きわめて平凡な形態を呈しているにもかかわらず、自然科学の各分野がほとんど掘りさげていない部分であった。

おそらく学問が専門的に細分化していく過程で、生物科学からも地球科学からも置きざりにされ、結局の

ところ境界領域の現象であるためにこんなにちまで手が着けられていなかったのであろう。

もともと気候変動は地表変動を誘発し、その結果植物群に変化があらわれるから、その痕跡を歴史的に追跡し、現地の時間情報を収集し、それらを組み合わせるとひとつの論理をつくりあげることができるはずである。

それは単木的には、樹形や根系の状態を調べ、なお伐採後に年輪解析を行って、外観と痕跡から歴史を推論し、また群落としての空間的広がりについても、この考え方を応用していくのである。この論法は、つきつめると、森林の起源に係る問題を提起し、自然の流れや森林に対する認識を深める方法になるのである。

4 沖積扇状地の森林

扇状地は山地と平地の接触部に発達する土砂の堆積地である。この扇状地形成の原因は、従来渓床勾配の変化にもとづくとしているが、筆者の野外観察によると、溪流の出口のように、沢幅の急激な拡大にあるとしたほうが、理解しやすいようにおもわれる⁵⁾。これは、溪流内における相対的な拡幅部における堆積地形成と同一傾向であるとみることが出来る。したがって、治山工法の原理は、溪流ならびに沢の出口に、計画的な広がり設けることにあるというのが筆者の考え方である。

斜面の凹みに集まる水は、その部分を侵食して下方に運搬する。この運動形態は流動性を帯び、地質や地形に左右されて、生成・発展・消滅をくりかえす。基本的には風化岩屑の存在量に影響されることになるが、これは水量の大小とは別の関係であるから、下方扇状地の形成過程において、土砂運搬量の多いときと少ないときが交互にあらわれるとみることが出来る。

扇頂部に堆積した土砂は、その後の流水の運動を妨げるために、流路はしばしば変化する。専門家はこれを「首振り現象」と称しており、扇状地特有の地形形成のプロセスであるとしている⁶⁾。このような扇状地においては、土砂が氾濫堆積して、しばらく平静な状態がつづく、自然に植生侵入がはじまる。

周辺がまだ人工的に乱されていないところでは、木本類の侵入もおびただしい。とくに先駆広葉樹はいち早く定着する。これは斜面の場合と同様であって、樹齢の算定によって、土砂氾濫の年代を読みとれるほど明瞭である。

北海道の典型的ななまの扇状地は、知床半島オホーツク海岸のウブシノッタにみることが出来る。「ウブシ」とはアイヌ語でトドマツを意味し、「ノッタ」とは岬のことであるが、ここは硫黄山からの風化岩屑が長

年にわたって大量に堆積した海岸沿いの扇状地である。海上から遠望する限りにおいては、水面に浮ぶレンズ状の緑の岬である。しかし、扇状地内に一歩足をふみいれると、地表はいちじるしく掘り刻まれているのに驚ろかされる。それは、扇状地特有の首振り現象によって、しばしば流路が変わり、洗掘と堆積をくりかえしているからである。

この扇状地の相対的に高い堆積面には、トドマツの小・中木が階段状に生育していて、地表変動の年代差を示している。また、扇中央部の相対的に低い沢型のところに、エゾマツやミズナラの大木（推定樹齢300年）が生育しているが、扇頂部で流路が変わり、旧主流路は古谷となってしまう、その部分に定着した樹木は、そのまま生存し、こんにちにいたったものと推定されるのである。しかし、この形態も、再度流路が変わると、侵食されせつかくの大木も流されてしまう運命にあるとみなければならない。

つまり、土石の移動に支配されて、樹木の生成・破壊が起こっているのである。このような場面は北海道の火山山麓においてふつうにみることができ。たとえば、羊蹄山、有珠山、十勝岳において、一時的な安定地に、カンパ類、ヤナギ類の群落が生立し、引続く土石流の影響で、埋没し枯死している状態がそれである。

通俗的には、樹木が土石流を阻止できるかのようにいわれているが、地形的条件や植生の実態からみると、土石流の氾濫堆積する位置に、たまたま旧堆積地の樹木が存在していたということになる。それを裏づけているのは、埋没に対してもなお生命を維持できる樹種であって、その都度不定根を形成し、やがて、その立地点が洗掘されて、不定根の層が露出するという形態にあらわれている。

一地点におけるこのような埋没と洗掘のくりかえしは、土砂移動の特徴ともいえるものであって、扇状地のどの部分においても起こりうることである。そして、その連続的なくりかえしにであっているところには、植生がなく、周期が大きくなると高齢の樹木におおわれるといってもよいのである。

北海道大学農学部の中庭で、たくましく育っているヤナギやドロノキは、かつて増築された北側研究棟と同じ年齢である。建設工事でむき出しになった跡地に、翌昭和30年(1955年)、さわやかな初夏の風に乗ってヤナギ類の種子が無い下りた。彼らはすぐさま発芽し、たちまち一人前に生長したのである。その姿に毎日のように接していると、ヤナギ類の不思議な生命力に考えさせられることが多い。たとえば、次のような点である。

競争に弱いということになるか、争うことを好きまないといったほうがいいのか、とにかく、ヤナギ類の定着している場所は、初めのうちだれもいない空地である。種子がきわめて軽いので、先住植物の占居している場所に飛んでいっても、完全に着地できないのである。

また、種子の寿命は非常に短くて、わずかに数日しか生きていない。したがって、着地した場所で水分に恵まれなければ、発芽しないことになる。もし適当な水分があれば、1昼夜で発芽するという性質を持っている。このように、空地でしかもただちに生長し始めるというヤナギの特性は、ヤナギ林の規模や年齢から、その土地が乱された年代を裏付けてくれるのである。

たとえば、昭和新山のドロノキ林は、昭和20年(1945年)に生成した新山の生い立ちと同じであり、豊平川砂州のヤナギ林は、最近の護岸工事の跡に生まれたことを物語っている。また、昭和52年(1977年)8月以降の有珠山噴火は、降灰堆積地や泥流氾濫原に新しい森林の芽生えをみせているが、かつて火口原の牧場にそびえ立っていたドロノキの大木は樹齢120余年を数え、嘉永6年(1853年)に大有珠山頂丘が生成したときの年代と符合している。むき出しの新生地に一粒の種が飛んできて、やがて樹林を形成する現実の姿は、これまでの常識では理解できない現象であるかもしれないが、見逃せない事実である。

同じようなことで、有珠山の南西山麓泉地区にあるドロノキ林について、明治新山との関係を眺めてみよう。このドロノキは明治43年(1910年)の噴火に伴って発生した泥流氾濫原に自生しているもので、当時の記念木である。ところで、今回の噴火に際して心配された泥流は、いの一帯にこの泉地区を襲ったのである。特に昭和53年(1978年)秋の大規模な泥流は、おびただしい岩塊を伴って流動し、このドロノキの周辺に氾濫した。つまり、この記念木は土砂害の危険区域を示す警戒標識でもあったということができる。

5 地すべり地の森林

地すべりが起こると、大木にいたるまで、なぎ倒されひき裂かれる。この光景に接すると、大地の動きに関心のなかった人でも、無機物運動と生命現象のスケールがちがうことを認めないわけにはいかないだろう。つまり樹木の根系が地表の動きをひきとめるという考え方に制限をつけなければならない。しかし、いっぽうでは、大規模な地すべり現象が、長期間にわたって持続するものではないことも事実として認めなければならない。その点、樹木の生長や植物群の繁殖は、相対的に平静な期間に起こっているとみることにもの

るだろう。

地すべり地とは、かつて地すべりの発生した場所である。地質条件によって、地すべり地では、長年のあいだ大小の移動がくりかえされているので、一般に波状地形の緩斜面を呈している。この地すべり地に降下時代の明らかな火山灰層があると、その堆積状態から、過去の変動を知ることができる。また火山灰層が乱れていたり、部分的に流亡しているような斜面の場合には、その上に生存している植物群にも特徴がでてくる。約600年前の有珠山起源の火山灰層におおわれた敷生川源流部の大地すべり地においては、大小無数のきれつが発達し、大径木の幹裂や倒壊をみることができ、600年前に侵入した群落は、すでに幾度か交替しているのであろうが、しばしば形成されるきれつやがけ、さらに土砂の氾濫原には、先駆広葉樹はもちろん、近くの針葉樹も侵入している。植物は動物のように自ら移動できないが、種子によって、右に左にと移住していくのである。現在もおおその古い火山灰層が残存しているところもあり、その点地すべりの移動範囲はそれほど大きいものではないといえる。したがって、樹木の存続にとっては、適度の変動であるとみてよいのであろう。

地すべり地の表層移動が、ある期間停止すると、それを契機として、地下茎によって着実に繁殖するササ類のひとり舞台となる可能性が高い。石狩川中流部南幌加の慢性的地すべり地といわれるところでは、部分的にササの侵入が妨げられ、ヤナギ類、ハンノキ類などの先駆広葉樹とオオブキ、ヨブスマソウ、ハンゴンソウなどの大型草本に占領されている。現在の動きをもっている斜面の特殊な群落構成とみることができ

る。このように変動きわまりない自然現象のなかで、複雑な有機体である森林の歴史をたどることは容易なわざではできないが、自然の流れを、現在の時間と日常的な空間スケールでとらえていくならば、単純な森林はそれなりに、身近な歴史を語り、かつそれによって遠い過去を探るのに有効であると思われるのである。

根張りの強い大木といえども、足下が不安定になると、樹幹は激しく揺り動かされ、しまいには倒される。後日年輪をみると、枝葉をふるい落とし周囲の条件に順応した苦闘の歴史が克明に刻みつけられていることがわかる。山火事に遭った樹木の年輪には、そのときの傷跡が残っているように、地すべり地の年輪にも異常性が認められるのである。

この異常な年輪の部分をアテ (reaction wood) と呼んでいるが、木材の価値を著しく低下させるもので、昔から嫌われている。このアテは、何らかの原因で樹

幹が傾いた場合に、元の鉛直位に戻ろうとする樹木自体の運動過程でできる異常材である。

地すべり地から数本の試験木を採り、アテの形成年代について同時性を調べ、年代別のグループにすると、それぞれの立木地点がブロック状に分けられる。この場合、外力の作用年代と樹木の自力による復元年代をはっきり区別することが大事である。ひとつの斜面に年代別のブロックが表されるようになる。地すべり地であるから、その作用力とは土層の下降運動を意味している。つまり年代別の変動区域が、ブロック状に表されるのである。一般に地すべりは、地下の深い層から一斉にひとかたまりになって起こるように思われているが、このように年ごとにばらばらに移動していることも無視できない。

典型的な地すべり地形を呈している北海道大学中川地方演習林の試験地で調べたところによると、尾根は約100年間不動の状態であったのに、斜面では、この間に20回近くも変動していることがわかった。これは、地すべり地帯の農家が安定している尾根に居を構え、動きの激しい斜面を水田耕作に利用している生活形態と通ずるものがある。

変動の激しい斜面の樹木は、前後左右に傾くために、年輪に現れるアテは渦巻き型になる。また、働き盛りの根が切断されると生長が止まり、枝張りが悪く穂先の丸い樹冠となる。我が国有数の地すべり防止事業が行われている静岡県由比町の地すべり地では、至る所に上記のようなスギの生育状態をみることができ、ここは国鉄東海道線、国道1号、東名高速道路などの経済動脈の背後地に当たるから、防止事業も大々的に行われているが、変動の実態はまだ十分に明らかにされていない。東海地震に起因する大規模地すべりも発生するであろうし、現実的には、ブロック状の土層の移動も顕著であると判断される。

そして、柑橘類の生産に適している土地であっても、スギ材の生産には向かない場所であることが、その樹形やアテに示されている。

このような土層の運動は、ちょうど人間の老化現象のようなものである。また、時間の経過につれて材料が疲労するように、かつて生まれた山地も徐々に劣化し、やがて大きく崩れ落ちるといって、不可逆的な見かたをしなければならぬ。我々の生命や財産が脅かされるのは、その劣化の極に達したときである。樹木の年輪には、古老の話や古文書に匹敵するような情報が秘められているのである。

6 森林情報の有効性

自然とは動的なものであり、人間も動物も、植物も

安定している場所、安定している期間にその生存が保証されているのである。したがって、物的資源の開発には、場の安全確保が必要であり、とくに、無機物(土・水・大気)の運動を、総体的に把握しておかなければならないのである。

治山事業ではこの運動の起こりやすい場所を、人工的に安全な空間にしようとしているのであるが、安定した空間においてはじめて豊かな緑を期待することができるのである。往々にして、その緑が安定空間をもたらしたかのような理くつづけられるがこれは転倒した論理であり、あくまでも土地条件の運動を制御することなしに、生物集団を存続させることはできないのである。

このような見かたをすると、現存する樹林はすでにその土地の動静を示す有効な指標であり、造林地の選択や林道路線の決定や、治山ダムのダムサイトの選定の場合に活用できるのである。

さらに土地利用が拡大され、遠慮会釈もなく山間部がひっかき回されるようになると、お互にもう一度自然を動的に認識しなおす必要がでてくる。山岳道路の開設、草地造成、宅地造成などにもその場で得られた

情報を基にして計画されなければならないだろう。

植生を指標とする方法は単純素朴であるが、高度に発達した計器類を駆使するうえにも、基礎的な考え方を与えるものである。これからの自然観察に加えてほしい方法であると思われる。

参 考 文 献

- 1 東 三郎：地表変動論——植生判別による環境把握——北海道大学図書刊行会 1979
- 2 水山・守田訳：デービス，地形の説明的記載，大明堂 1969
- 3 L.B. Leopold, M.G. Wolman, J.P. Miller : Fluvial Processes in Geomorphology, W.H. Freeman and Company, London, 1964
- 4 A.G. Tansley : Practical Plant Ecology, George Allen & Unwin Ltd. London, 1923
- 5 東 三郎：沖積扇状地の土石分散工法に関する研究，北大演報，30，2 1973 pp. 233—295
- 6 東 三郎：低ダム群工法——土砂害予防の論理——北海道大学図書刊行会，1982

(森林立地XXIV (1), 1982より転載)

個 人 講 演

温泉ボーリングにおける計測

(株)ドリリング計測 宮田 厚

温泉ボーリングにおいては、掘削時の逸、溢泥、泥水温度、泥水比重等の記録および掘削終了後の物理検層結果が重要な役割りを果たす。これらの記録は、コアやカッテングスの同定とともに地層対比、帯水層、逸水層、温泉脈および亀裂の位置判定に利用され、坑井の仕上げ方法の決定に大きな資料となる。

掘削時における計測で比較的測定が容易でありかつ重要なものに泥水温度、泥水ピットレベル、掘進率、マッドガス等の連続測定がある。

物理検層は、地層の物理的情報を一種の物理的柱状図として作成するもので、深度に対し連続的に測定がなされる。物理検層には数多くの測定種目があるが、主に温度検層・比抵抗検層・自然電位検層が通常実施される。また状況に応じて、坑径検層・音波検層・放射能検層などが実施されることもある。今回は、これらについて測定方法、現場での測定例および地層対比などへの適用例を紹介する。

(1) 掘削時における計測

(a) 泥水温度

循環泥水は、アニュラス部を上昇するにともない地下の温度分布に従って、加熱および冷却されながら地上へ戻ってくる。地上に戻ってきた泥水の温度は掘進中の地層の性質（例えば地温、地温上昇率、岩石の熱伝導率、あるいは水層、ガス層の有無など）を反映したものとなっている。

測定点は、一般的にフローラインとサクシオンタンク内2ヶ所であり、温度センサーとしては熱電対やサーミスターが用いられる。

(b) 泥水ピットレベル

逸・溢泥の監視は、泥水ピットレベルの変化を一定時間毎に測定することによってなされるがこの方法では小さな逸・溢泥をほとんど見落としがちである。したがって泥水ピットレベルメーターによる連続記録方法は、逸・溢泥量も正確に求めることが可能である。

一例としては、泥水ピットの形状にもよるが、その中に設置されたフロートの上下運動を内装の磁気カップリングによってポテンシオメーターの抵抗値変化に変換し測定する方法がある。

(c) 掘進率

掘進率は、例えば高孔隙性軟質岩層の掘り込み時には急激な増加がみられたり、高緻密硬質岩層に対しては低下するなど、直接岩相変化を伝えるものであり、重要な測定項目である。掘進率測定には、スイベルヘッドの上下運動をシンクロナイズモーターを用いて検出する方法もあるが、簡単な方法として、時間送り記録紙上に1m毎の信号をドリラーが入力し、その信号間の時間を読むことによって掘進率を求めることもできる。

(d) マッドガス

マッドガスの測定はガス井掘削においては不可決の測定であり、ガスショージングのピークからのガス層の深度決定および産出能力の評価になくってはならないものである。測定器は循環泥水に含まれるガスを連続的に分離し検知器に供給する“連続脱ガス装置”と“ガス検知器”より構成される。

(2) 物理検層

(a) 温度検層

温度検層では、単に地温勾配や最高温度を知るだけでなく、流体の出入りによる微細な変化を検出することが重要である。また循環停止後の坑内温度は、地層温度と平衡した温度ではなく、掘削泥水の循環による地層温度の低下および地層から泥水への熱拡散状態にある段階での温度である。

温度検層の応用として、ケーシングアニュラス部セメンチング後のセメント頭部および下部の検知にも利用可能である。その他比抵抗検層の解析計算にも用いられる。

(b) 比抵抗検層および自然電位検層

比抵抗検層の原理は地上電気探査と同様であり、導電性のある液体（水あるいは泥水）の満たされた坑井において、地層に一定電流を流すことによって地層の比抵抗を測定する。自然電位検層は坑内移動電極と地上電極間に発生する自然電位を測定する。自然電位発生メカニズムは複雑であるが、発生原因と考えられているのは、塩分濃度の異なる坑内水と地層水が接触した場合にイオン濃度の差によって坑内に発生する電気化学的な電位で、地層境界面に発生する膜電位と、地層に浸入した坑内水と地層水におきる拡散電位によるものと考えられる。

阿寒地熱井の逸泥対策

北海道立地下資源調査所 高橋 徹哉

昭和58年度、道立地下資源調査所では、阿寒町の依頼により、5月上旬から10月上旬までの約5か月間に渡り、阿寒湖畔地域において、予定深度1,000 m、最終坑径4"(100A仕上げ)の地熱試すい調査を実施した。今まで、この地域で1,000 mクラスのボーリングが実施された例はなく、調査の結果、次の事が明らかになった。

- ① 坑井地質は、深度0～197 mが火山灰、シルト、凝灰岩及び凝灰角礫岩などで、第四紀の堆積物と推定された。197 m以深は、新第三紀中新世の火山礫凝灰岩で安山岩溶岩、および凝灰角礫岩が狹在する。
- ② 坑内最高温度は、当初推定した温度より極めて高く、坑底で210℃を記録した。
- ③ 本坑井では、深度110～170 m間に大規模かつ連続した逸泥層が存在した。
- ④ 揚湯試験の結果、動水位70m程度で、揚湯量400 l/mm、泉温62℃が得られた。
- ⑤ 温泉の湧出か所は、坑内への清水圧入後の温度検層結果から、530、610、680 m付近の3か所が主なものと判断された。
- ⑥ 温泉水中に溶存する全固形物量(T・S・M)は406.5 mg/lと低く、単純温泉に該当する。
- ⑦ 泉質形態は、NaHCO₃型の温泉で、湖畔付近における他の泉源とほぼ同じ型を示し、中でも手塚泉源の自然湧出泉と極めて類似している。

このボーリングにおける最大の問題は大規模な逸泥であり、

- ① 深度110～170 mの60m間に計13か所のほぼ連続的な逸泥か所があった。
- ② その逸泥の80%が全量逸泥である。
- ③ 逸泥対策に実掘さく日数の64%にあたる53日を費した。

など、施工上でも試行錯誤を繰り返しながら、多くの経験をした。

ボーリングにおける逸泥は古くから、その形態や、種々の要因および対策について研究されてきているが、逸泥の形態、規模の違いから、現在でも適確な対策方法を見出すために苦労しているのが現状であろう。適確な逸泥対策は、作業能率を向上させるばかりでなく、施工の安全性の上からも重要な問題と考えられる。

本ボーリングにおいては、

- ① 濃泥水、LCM泥水による方法
- ② セメンチングによる方法
- ③ 混合ソフトプラグ(オイルベントナイト)による方法
- ④ 火山灰、水洗碎石による方法

など、種々の方法を試みた。

今回は試すい調査の概要のほか、特に大規模な逸泥対策をとりあげ、逸泥の原因と対策についての概論を述べ、今回実際に試みたことについて、その経過と結果について発表する。

ポ リ マ ー 泥 水 に つ い て

(株)テルナイト 佐野 守 宏

1) ポリマー・マッド (Polymer Muds) とは

泥水は、一般には、ベントナイト懸濁液をベースとして、これに脱水調整剤や増粘剤、分散剤などが加えられて調整されている。脱水調整剤や増粘剤としては、CMCを初めとする各種ポリマーが使われており、これらのポリマーは泥水中で保護コロイド材的な役割を果している。

ポリマー・マッドとは、ベントナイトの使用量を最小限度(0~4%)にして、固形分濃度を低くし、それに替って、ポリマー類を主体にして調整された泥水の総称である。分散剤は原則として使用しない。

必要に応じて、少量使用することもあるが、非分散系に分類される。

2) ポリマー・マッドの長所と短所

<長所> (1) シェア・シンニング (Shear thinning) 特性が大きい。

(2) 掘進率が高い

(3) 掘屑の運搬能力が大きい

(4) 崩壊防止能力が大きい

<短所> (1) 高比重泥水の管理が困難

(2) 高温下では不安定である

3) 使用されるポリマーの種類

ポリマーとしては、次のような水溶性ポリマーが使われている。

(1) CMC およびその誘導体 (テルセローズ, テルポリマー ……)

(2) スターチおよびその誘導体 (テルスターチ, デキストリッド ……)

(3) ガムおよびその誘導体 (レスター, XCポリマー ……)

(4) ポリ アクリル アמיד

(5) その他 (HEC, CMHEC, HPC ……)

ポリマーには上記のように色々な種類があり、泥水用に開発され、市販されている。これらのポリマーは、それぞれ一長一短があり、泥水タイプと地層条件によって使い分けられている。

4) ポリマー・マッドの基本組成

水	100部
ベントナイト	2~4部
ポリマー	0.5~1.5部

※ 水としては、海水も利用できる。

- ※ ベントナイトは、イールドの大きなAPI規格品を使用
- ※ ポリマーは、一種もしくは、二種以上が単独または、併用で用いられる。
- ※ 細部の配合比やポリマーの種類は、頁岩の特性（鉍物分析、CEC、SSIなど）を測定して決める。これらは、泥水会社のノウ・ハウに属する。

5) K・ポリマー・マッド

K^+ を含んだポリマーマッドをK-ポリマーマッドと云い、 K^+ とポリマーの相乗効果により、頁岩の水和抑制効果が非常に大きい。特にモンモリロナイトやモンモリロナイト/イライトの混合層から成る頁岩に対しては、その崩壊防止能力が大きい。

<基本組成>

水	100 部
ベントナイト	2～4 部
ポリマー	0.5～1.5 部
K^+	30,000～80,000 ppm

6) 泥水タイプと頁岩の安定度

頁岩は泥水に触ると、泥水中の水を吸収して不安定になり、その度合は泥水のタイプによって異なる。一般には、頁岩のSSIと分散度を測定して、頁岩と泥水の適性について評価している。下表はポリマー・マッドと普通泥水に対する頁岩（北海道地区の坑井で採取）のSSIと分散度の値である。勿論、この値は頁岩の種類によってそれぞれ異なる。

<泥水のタイプ>	<分散度>	<SSI>
普通泥水	40.5	55.0
リグネート泥水	52.6	72.0
K・リグネート泥水	90.2	88.8
ポリマー泥水	73.5	80.4
K-ポリマー泥水	91.4	92.2

7) ポリマー・マッドの管理

ポリマー・マッドの管理で最も重要な点は、ソリッドコントロールである。掘進中に混合してくるドリルソリッドは速かに除去しなくてはならない。ソリッドコントロールは、通常、(1)水による稀釈、(2)サイクロンなどによる機械処理などの方法がとられているが、(1)の水の稀釈のみではドリルソリッドの除去が極めて困難である。

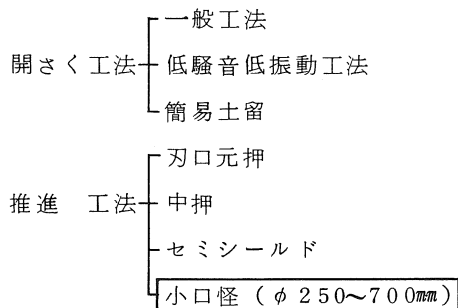
したがってポリマー・マッドの管理には、サイクロンなどの機械処理設備が不可欠である。ソリッド・コンテンツはレトルト分析、MBC測定によってチェックされる。

小口径推進工法およびストレー ナーカッターについて

(株)利根ボーリング 吉田 興生

1. 小口径推進機 PI - CON : TPC700

① 管きょ埋設工法



シールド工法

山岳トンネル

② 小口径推進工法採用の理由

- 地下埋設物ふくそう
- 主要幹線道路，軌道横断，道路狭あい
- 騒音振動の低減
- 埋設深さが深い
- その他

③ 小口径管推進工法の分類

- 圧入工法 : 1 工程方式，2 工程方式
- オーガ工法 : 1 工程方式，2 工程方式
- 水平ボーリング工法
- 泥水工法
- その他

④ PICON工法

2. ウェルストレーナーカッター

温泉・水井戸の完成後，水量が予定より少ないとき上部の帯水層から採水するため，その位置のケーシングにストレーナー加工をすることが必要になる。この目的のために道立地下資源調査所殿の御要望により，ウェルストレーナーカッターを開発した。

任意の位置でケーシングにスリット加工を容易に行うことができる。またスワッピング装置を備えているため，ストレーナ加工後そのままスワッピングを行うことができる。

• 構造及び使用方法

- ① カッターをロッドに装着、ポンプの送水圧によってカッターの刃が開きケーシングに食い込む。
- ② そのまま給圧装置によりロッドを押し下げることにより、ケーシングにスリッドが切込まれる。
- ③ 送水を止めロッドを引上げることにより、カッターの刃が戻る。
- ④ ロッドを廻し、次の位置にセットする。
- ⑤ 所定の長さ、箇所加工が終了後、ロッドを30～40m引き上げ、ロッドをやぐらの高さ分上下することにより、スワッピングを行うことができる。

• 使用例

① 青森県三沢市，温泉

深度 875m，湯量80ℓ/分，湯温40℃

ストレーナー加工位置：690～640m

加工後：湯量860ℓ/分，湯温40.8℃

② 群馬県，温泉

深度562m，湯量0，湯温（孔底50℃）

ストレーナー加工位置：430～344m

加工後：湯量43ℓ/分，湯温30℃

③ 北海道斜里町，温泉

深度1000m，湯量45ℓ/分，湯温54℃

ストレーナー加工位置：580～340m

加工後：湯量125ℓ/分，湯温59℃

3. ダウンザホールハンマー用拡大ビット

玉石・転石混りの埋立層，崖錐層，風化破碎層などに基礎杭あるいはアンカー用の掘削を行うときは，水を使用しないダウンザホールハンマーによる乾式掘削が効果的であるが，固結度の低いあるいは空隙の多い孔壁維持の困難な地層では，同時ケーシング掘削が必要である。

同時ケーシング掘削において，ハンマービットがケーシング外径で先進掘削を行うと，ケーシングの挿入が容易となる。この目的のためにビットの直径の拡大縮小可能なハンマービットを開発した。

• 構造

ビットポデーには旋回可能な2～3個のビットが取付けられている。ビットポデーを右回転するとそれぞれのビットは旋回して最大径迄拡大する。この状態で掘削を行い，掘削終了後左回転することによりビットは最小径迄縮小し，ケーシングを通して引き上げることができる。

• ベースマシン

小口径 ① 2重管専用掘削機：TOPシリーズ

② スピンドルタイプボーリングマシン（ケーシングチャックを別途取付）

大口径 ① 2重管専用掘削機：ドーナツオーガー

② 大口径ボーリングマシン（ケーシング圧入装置を別途装備）

深尺ボーリングにおける失策とその対策

北海道立地下資源調査所 鈴木 豊 重

最近、エネルギー転換を図るべき道内市町村において、地熱水の開発が急激に進んでいる。これらはいずれも深度1000 mを超えるボーリングが多い。当然のことながら深尺ボーリングにおいては施工上の技術的な問題、ケーシングプログラムに基く掘さく施設およびツールの完備など多くの検討すべき問題があり、これらを不十分のまま施工し失敗しているケースも見受られる。こうした状況の中で最近の深尺ボーリングで起きた坑井内失策について

1. どのような状況で発生したか。
2. その原因は何か。
3. どのような処置をしたか。

の3点についてそれぞれ分析をした。

第1表にしめたのは過去4年間、20個所のボーリング現場で発生した坑内失策の一覧である。

第 1 表

失 策 の 内 容	件 数	回復までの所要日数	備 考	
ドリルパイプの切断	19件	44日	回収不能1件	
ドリルカラーの切断	14	36		
ビットのコーン脱落	5	41		
ドリルカラーの抑留	2	7		
コア採取器具の脱落	2	3		
湧 水	3	24		
仕上げ管落下等	4	37		回収不能2件
坑 井 曲 り	1	1		
スタビライザーのウイング脱落	2	2		
そ の 他	1	9		
計	53件	204日		

この表から失策で多いのはドリルパイプ、ドリルカラーの切断遺留である。これらはいずれもネジ部の不良によるものが圧倒的に多く、使用前、あるいは揚管時に厳重な点検をしていれば防止出来たと思われるものも少なくない。つぎに特徴的な事は、発生件数は少ないが、回復までの所要日数が多いビットのコーン脱落、遺留、掘さく中の湧水、仕上げ管の落下等である。これらは一度引起すとその対策が非常に困難であることを物語っている。

これらの失策を原因別に列記すると

① ネジの不良 25件（材質に疑問があるもの 4件）、② ネジ部摩耗 3件、③ ネジ戻り 1件、④ 泥水に起因するもの 3件、⑤ 使用限界をこえた 5件、⑥ 施工上のミス 5件、⑦ 原因不明 1件、⑧ その他 3件である。

また、この処置として① タップによる回収 27件、② ネジ込み回収 1件、③ 左戻し 3件、④ かぶせ切り 4件、⑤ 湧水圧力とのバランス（泥水比重をあげる）3件、⑥ マグネットによる回収 3件、⑦ メタルバスケットによる回収 2件、⑧ オイルスポット 2件、⑨ すりつぶし 3件、⑩ 回収不能 3件である。この中で回収不能となった3件のうち2件はサイドトラック工法で所定の深度に達している。

以上、これらの失策とその対策についてのべるとともに、失策を未然に防止するための事前チェックの徹底や施工上注意すべき問題点を提起する。

