

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

教授 林學士 淵野 旭子

目次

緒言

- 第一章 文獻
- 第二章 地下水
- 第三章 涌泉
- 第四章 雨水の地中滲漏
- 第五章 地下水及び孕泉部の容易に成立する條件
- 第六章 山岳の貯水状態
- 第七章 山岳が水源として適當なる理由
- 第八章 山岳に於ける水源の涵養上森林の有効なる作用
- 第九章 水源涵養上森林の爲す有害作用
- 第十章 水源涵養林の意義と其取扱

撮要

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

森林の水源を涵養する作用は今日尙未解決の問題たり明治三七年余が職を東京大林區署に奉ぜし當時山林局よりの指定林業試験中有林地と無林地との雨水貯蓄量の比較なる一項ありたり此問題たるや之が實行には周到なる注意を要するを以て駒場に恩師を訪ひ其施設につき咨りたることありき而して此種の調査としては到底絶對價を觀測し得べきものにあらざり只比較試験の方法を採用する外途なきなり其試験法としては

甲 各種の適當なる森林貯水比較試験區を設け其有林地時期に氣象と流水量を觀測し或る期間を経て之を無林地となし同様の觀測をなすこと。

乙 短時期間に比較する爲に成るべく各種の事情の類似したる二比較試験區の組合せを作り同一氣象状態にて觀測をなすこと。

の二法あるべし甲法は一區を有林無林として比較する故に試験區の點に於ては比較の正しきを期し得るも前後に於て氣象状態の相違するものあり且つ永き時日を要すべし乙法にては氣象状態は略ぼ同一に比較し得るも類似したる二試験區を選定することは至難にして到底正確なる試験結果を擧げ難かるべし而して甲乙法何れにしても地盤の構造水脈等に関しては之を知るに甚だ困難を感ずるなり此の如く森林の貯水量調査は比較試験に困難多きのみならずこれが實行には少なからざる費用を要すべきを以て當時余は該試験の擔任者なりしも立案に時日を要したりしに盛岡高等農林學校に轉任することとなりしを以て其後右比較試験は同校第一回得業生現同校教授三浦第二郎君の手に移り同君亦轉任により同校第四

回得業生山田熹一君の分擔となり遂に同君主として之が觀測に當り其實行の結果は林業試験報告第一二號に有林地と無林地とに於ける水源涵養比較試験として發表せらるゝに至れり右比較試験は乙法を採用したるものにして林學界の期待を充分に満足せしむること能はざりしも可なり到大規模の試験なりしなり前述の如く余は此試験には關係することなかりしと雖ども此問題に關しては少なからず興味を有し機會ある毎に之が研究には敢て怠らざりしなり彼の露國のオトツキー氏(P. Ostsky)が一八九三年より一八九七年の間に實驗せる森林の地下水面を降下する作用の發表は森林の水源涵養作用に少なからざる混雜を來し余は一時研究の中止をなしたりしも偶、演習林の林道開鑿の任に當り土工を監視するの際森林の消費する水分と水脈との間には關係の密なるもの少なきを發見し爾來見地を地學氣象學の方面に置きて地下水並に涌泉を研究し翻て之を森林の作用に連結し觀測實驗をなせるの結果略ぼ水源涵養作用を闡明し得たるを信ぜり後鹿兒島高等農林學校に轉任し大正三年櫻島の噴火に遇ひ之が降石が短時日に地形の變動を現はし地下水並に涌泉の状態を觀察し得せしめたるを以て愈自説の正確なるを信ずるに至れり由て茲に「山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず」の題下に前後十餘年間に得たる研究の結果を報告し以て水源涵養問題の解決に資せんと欲す。

## 第一章 文獻

農商務省山林局出版の「森林と治水」は植村盛岡高等農林學校教授が歐洲に於ける森林と治水に關し調査せる所に係はり其第三款「森林の水分涵養及消費作用の相殺的結果」及び第四款「森

林が地下水竝涌泉に及ぼす影響(自四六頁至五八頁)は歐洲に於ける水源涵養問題の文獻を知るに足るものなり我國にても歴史的には弘仁一二年大和の國司水相生ずるの理を論じ流れの細大は山の形狀に従ふものなれば水邊の山林は公私を論ぜず伐損を禁すべしとの記載より有名なる熊澤蕃山の松山論の如きのある。あり最近には東京大林區署管内に於ける水源涵養の試験報告の如き文獻の徴すべきものなきにあらざるも多くは我學界に熟知せられたる所なるを以て茲に繁を避け廣く文獻を記述するを止め本章に於ては從來の研究調査が齎らせる未解決の結論を掲げ以て余が研究文の前提となさんと欲す。

今若し森林が水源涵養に關係ある諸因子を思辨し又推測するときは次の如き事項を掲げ得べけん。

甲 森林が河川の絶對流量を増加せしむる作用。

- 一、森林は降雨を促すものなること。
- 二、森林は雲霧を捉へて水滴を生ぜしむるものなること。
- 三、森林は土壤濕氣の蒸發を妨ぐるものなること。
- 四、森林は間接に河底水の成立を妨ぐること。

乙 森林が河川の絶對流量を減少せしむる作用。

- 一、雨水を樹冠上に抑留して之を蒸發すること。
- 二、林内の落葉蘇苔及腐植土が水を吸収して之を蒸發すること。
- 三、樹木の生活作用により水を蒸發すること。

四、樹體の形成に水分を消費すること。

丙 森林が河川流水量を調節する作用。

一、樹冠が一方に於ては雨水の流下を遅からしめ他方に於ては樹根と相俟ちて地下水の生成を助くること。

二、地被又腐植土が雨水の流下を遅延せしめ且つ地下水の成立を促すこと。

三、森林は融雪を徐々ならしむること。

四、森林は土地の凍結するを防ぎ以て保水力を大ならしむること。

(未定稿本多造林學後論の二、保安林造林法自三五頁至四三頁)

以上の森林對水源涵養の諸因子は之を實際に調査し或は科學的の檢證を経るに従ひ其或ものは到底認め得べからざるものあり或ものは事實顯著にして是認せざる可らざるもの、存在するあり而して是が綜合の結果は如何なる斷定を持來すやと云ふに未だ徹底的に森林の有効作用を説明し得ざるなり即ち本田博士も其著保安林造林法頁三七に森林が河川流水量を増減する作用は其何れが大なりや未だ遽に斷定するを得ず加ふるに之を實地に證明すべき具體的調査の完全なるものなければ之が結論は他日に俟つ外なからんと論ぜられ植村教授も「森林と治水四六頁」に森林は水分を保持するの作用と同時に水分を消費するの作用を有するを以て此兩作用の相殺の結果土地の水分に付き如何なる影響を與ふるやを闡明するは森林の效用を斷定するに極めて緊要の事項なり然ども此判斷は前述實驗の數字を單純に加減して得ること能はざるは此等の實驗は單に關係的比例を示す片面的のものにして未だ

森林の實際狀態を審にし之に準據せるものにあらざるを以てなりと論ぜるなり。

東京大林區の常陸國太田、笠間、下野國足尾の各小林區に於ける水源涵養比較試験は明治三九年六月以降大正元年一月に至る七ヶ年の觀測にして其結果は林業試験報告第一二號に發表せられ其最も重要と認むべきは結論の第五項(八四頁)にして曰く

降水量對流水量關係諸因子の作用より推すときは森林の水源涵養能力は主として樹木の存在の爲林地の立體的竝に内容的性質に特種の變化を起すによるものとすを得べし從て水道用水又灌漑用水の給源たる河川の上流域に於ける森林に對し保安林編入を行ふ場合にありても林地表層土壤の崩壞を防止し得るに於ては現行の如く必ずしも禁伐又は極端なる伐採制限を加ふるの要なきが如し。

立體的性質とは専ら降水の滲透し得べき基岩以上の表層土壤の立積關係を言ふ(七二頁)本結論は水源涵養問題に對して鍵鑰を與へたりと雖ども森林の作用は依然として説明せられたるものにあらざるなり。

若し夫地域を廣くとらば我國の如き山岳地にては其森林に富む地帯は然らざるものに比し流水量の多きは是認に難からざるなり(本多保安林造林法四四頁)然ども單に一山一溪をとるに於ては必ずしも表面流水量に於ては然らざるものあるなり我霧島山彙中高千穂白鳥夷守嶽の如き鹿兒島大林區内有數の美林地なるも其輻射狀谷は平時表流を見ざるもの多きなり植村教授は森林と治水(五八頁)に於て本邦の如き火山の噴出に富み山岳の起伏常ならざる地勢にありては地勢地質によりて水源流出の狀況著しく差異あるを經驗し得べし予輩は明治

四四年の頃東京市水道水源なる多摩川上流を踏査し丹波山森林泉水谷に於て山頂の地勢極めて起伏に乏しきものあり之花崗岩及輝綠角閃岩の噴出地にして淙々たる涓泉は泉水谷の名に背かず山頂を下る數百尺の地に涌出するに拘らず山林の状態一層良好なる秩父と甲州との境界をなす雲取山に於ては涌泉は之を山頂より千數百尺の低所に求めざる可らず之同所は所謂秩父古生層にして地勢は谿谷に於て極めて峻峻なりきと水源涵養問題を結びたるを見るなり。

山本徳三郎氏は其著森林の水源涵養論(五〇頁)に於て「岳陵起伏、水源集水區域狹少にして、夏季降雨稀有なる岡山縣南部の如きに於て灌漑反別の廣大なる場合は森林の成立により流量の増加を望む能はざるのみならず流量の調節による恩恵にも浴すること到底不可能なる場合多きものと云はざる可らず」と説けり。

以上最近の文献に徴したる如く森林對水源涵養の問題は未だ其歸着點を發見せざるなりこれ一は水源涵養なる語の明瞭ならざるものあると間接なる森林の作用に執着して山岳並に地下水の研究を度外に置くによらずんばならず既に川瀨博士の如き十餘年前の講義に於て水源涵養の問題は土砂扞止に於て解決せらるゝものならんと述べられたるを記憶す然り余は此點に於て解決せらるべきを信ずるものなり然らば土砂扞止が水源涵養上如何なる作用をなすべきや請ふ章を逐うて之を説かん。

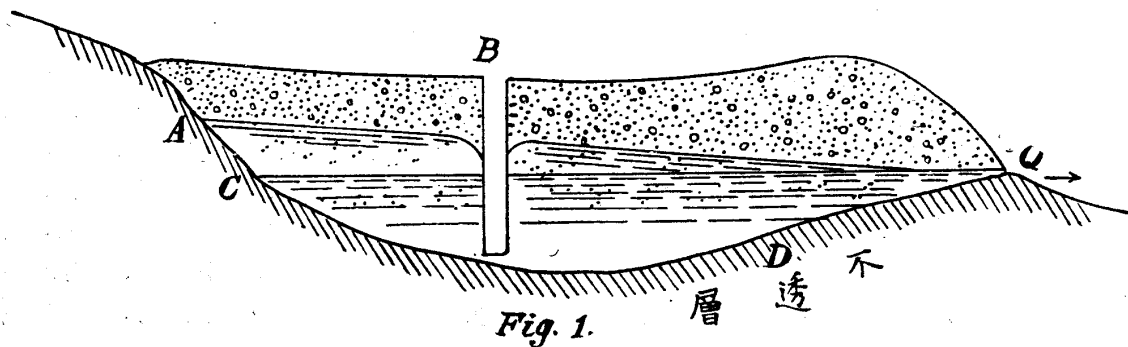
## 第二章 地下水

地中に存する水分を地中水(Bodenwasser)と云ふ主として地上に於ける降水よりなる乃ち雨露

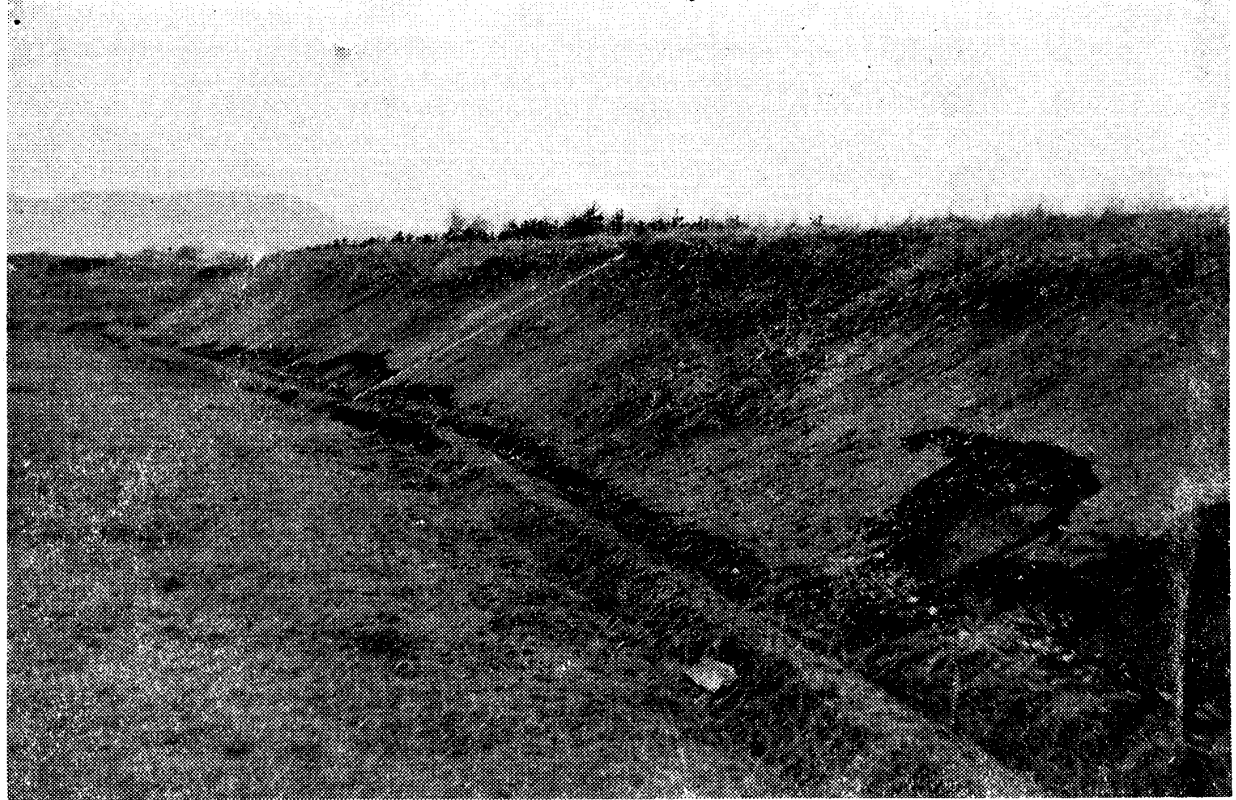
霰雪竝に河海沼湖の水の浸入により成立し稀に地中に於ける空氣の含有する水蒸氣の凝縮に由るものなり其存在の状態たるや多分は地下深からざる砂礫土壤の中に含まれ又其層中に湛へらるゝも岩石に在りても其微粒中に保たるゝ胞含水(Porenwasser)裂罅内に保持せらるゝ裂罅水(Spaltenwasser)石灰岩竝に白雲岩中の空洞を充たせる空洞水(Höhlenwasser)は其量少なからざることあり。

地下水(Grundwasser)とは普通狹意に解せられ地下深からざる新層に於て豊富に湛へられたる地中水を云ふ其存在の普通状態は恰も沼湖を砂礫土壤を以て埋めたる如き觀をなし土中にありて特種の水面を形くり普通の井水の給源をなすものとす。

今地下水の一例を第一圖を以て説明せん不透層地の凹状部に水を能く滲漏せしむる土壤を堆積するものとし且つ上部の給水が充分なりとするときは下底に地下水を形成すべし其地下水面(Grundwasserspiegel)は直接土壤中の空氣に接し此水面がCQの如く水平にある時を湛位(Grundwasserstau)と名く若し給水多量にして湛位以上に貯水せらるれば水壓によりてQ部に涌泉を生ずべし此場合には地下水面はAQの如く一方に傾くなり之を地下水流(Grundwasserstrom)と言ふ其度は給水の大なるに従ひ土壤堆積の状態により或程度迄増加す之れ場所を異にする井水面が平地に於て必ずしも







水平にあらざる所以なり普通の井水はBの如く湛位以下に掘下げられたるものにして地下水面は其井筒に接する部は重力の作用により抛物線を形成すA Q D Cの如く地下水を保持する土壤部を湛水帯又孕泉部(Grundwasserträger)と名く此湛水帯は水を貯藏する部分にして後章説く所の涌泉の場合に於て實に水源涵養の本源たる部分なりとす。

地表に起伏ある如く地下に於ける水の不透層も其存在の状態複雑にして湛水帯竝に上部土壤の堆積状態と相俟ち地下水面は種々に變化すべし或者は沼湖の如く湛位に止まるあり或者は河川の如く不透層の最低部を流るゝあり流速極めて緩なりと雖ども亦地下に瀧の存在をゆるすなり畢竟するに地下水存在の状態は地表に於ける河川沼湖を砂礫土壤を以て埋めたる如き有様にあるものと認むべきなり上寫真一號は盛岡高等農林學校内の河の階段部た

第 二 圖

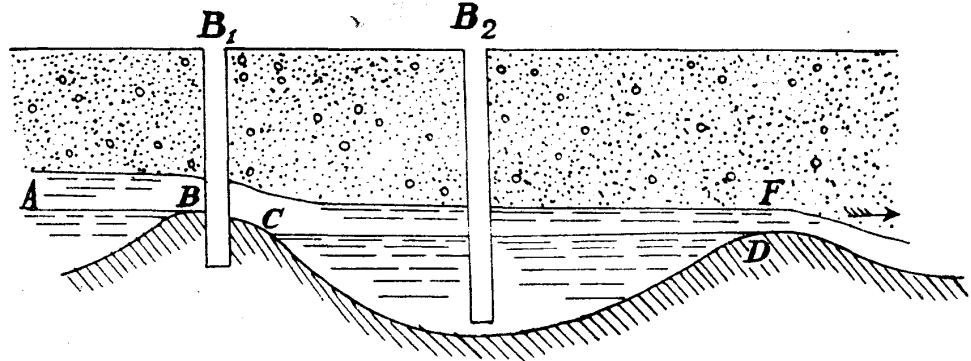


Fig. 2.

る洪積層部の地下水流が下段の沖積層部に浸出する状態にして湛水帯の断面なり之に由てみるに地下水も河川の如く最も抵抗の少なき部を選び重力により最低部に動くものなるを知り得べし従て樹木が土中水分を吸収するも地下水脈とは関係の少なき場合あることを記憶せざる可らず。

地下水存在の状態は多くの鑽井をなして其水量水面を觀測するに より地下水流の方向速度等は食鹽リチウム鹽 (地下水中にはリチウム鹽を含まず此ものは微量をもスペクトロスコープにより發見し得べし)色素竝に電流により之を定め得べし以下井水と地下水との關係状態二三を説明せん

第二圖の如く不透層に凹凸ありて一方に傾くときは地下水湛位はA B竝にC Dの如くなるべく水流はFの方向に流るべし従てB<sub>1</sub>の井水は湛水帯薄く乾期には涸水しB<sub>2</sub>に位置をとる

ときは水量豊なるべし。

井水には屢、近距離にて水質の甚しく相違するものあり此等は第三圖の場合を以て説明し得べしAを不透層としC<sub>1</sub>C<sub>2</sub>を孕泉帶とすC<sub>1</sub>は普通礫層な

第 三 圖

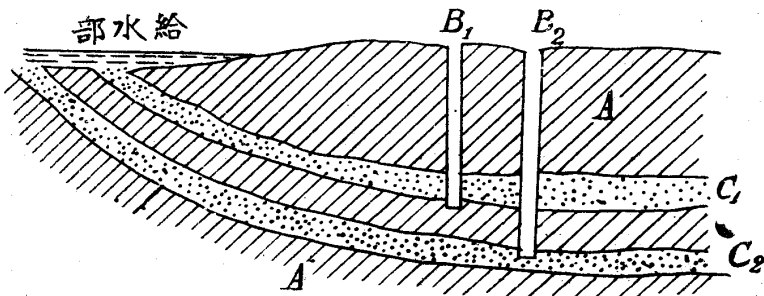


Fig. 3

第 四 圖

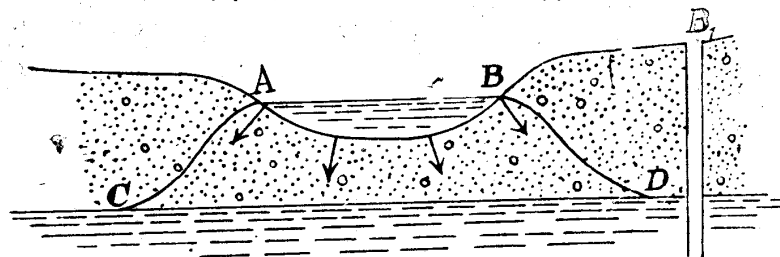


Fig. 4

るにC<sub>2</sub>は含水酸化鐵を多く保持する礫とせばB<sub>1</sub>の井にては清澄水を得べきもB<sub>2</sub>の如く深く掘るときは第二層の爲に悪水の混入を避け得ざるべし河海に近き沖積層地には此の如き孕泉層多きものとす鑽井の際之を檢し悪水層の閉塞又は濾過をなす時は混濁の憂を避け得べし河水は其水量の豊なるときは第四圖に示す如く其潜水帯はA B C Dに擴がるも水量の減ずるに従ひ河底水となり遂にC Dの地下水面に下るべし故に河川に近き井水Bは此川の増減により水面の變化を免れざるべし又第五圖に示す如く洪積層或は第三紀層の臺地に於て下段よりB<sub>2</sub>の如く斜に上に向ふて横井戸を設くるときは豊なる涌泉を生ずるとあり

ども茲には水源涵養に關係ありと思考する部分に止め以下重要な涌泉につき説明を試みんとす。

第三章 涌泉

諸戸博士著理水及砂防工學量水編(二六頁)には涌泉及地下水に養解を與へて地中に浸入する水の一部は土壤に吸収せられ一部分は植物に吸収せらる而して土壤の吸水力は其粒の大小竝に成分に依りて大に異なるもの

第 五 圖

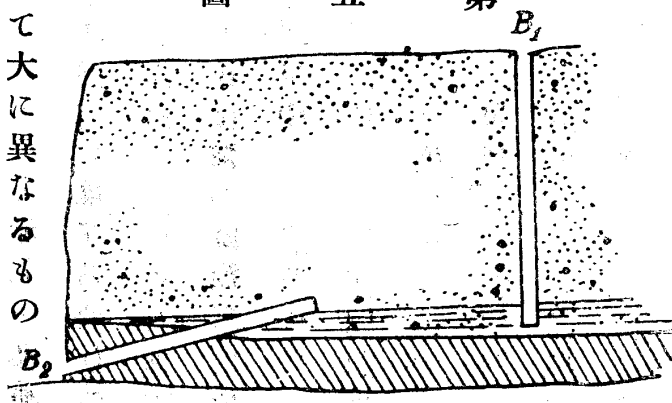


Fig. 5.

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

にして粘土は砂土よりも大きく腐植質に富める土壤は然らざるものより大なり而して此他の部分は地下を流れ重力の法則に従ひ先づ眞直に深く地中に浸入し不透層に達する時は此層に沿うて流れ之が泉水として地上に出づ而して此泉水として地上に出づる前の水を地下水と云ふとせらるる之れ地下水を廣意に解したるものとすハイムハルト氏に従へば涌泉は地中水の地表に湧出したるものなり(Heimhalt: Grundwasser und Quellen: S. 88)涌泉中には岩漿中に含まれたる水分の凝縮よりなり温泉として存するものあるも此の如き涌泉は水源涵養問題には關係する所無く其水量も少なきを以て此處には降水より來る涌泉につき述べんと欲す。雨雪を主とする降水竝に其集積水が地下に浸入して地中水を形くり其孕泉部が地盤傾斜の爲下方に水脈を形くりて流動するに當り之が地表に出づるときは最も普通の場合の涌泉を見るべし之を下降泉 (Abfallenden Quellen) と云ふ若し一旦深く地中に沈下し水壓により他の部分に上昇して湧出する時は之を上昇泉 (Aufsteigenden Quellen) と區別す。涌泉を適當に分類することは困難なり由て山岳に於ける湧出の位置孕泉部の状態地盤の關係よりして次の種類に區別し説明せんとす。

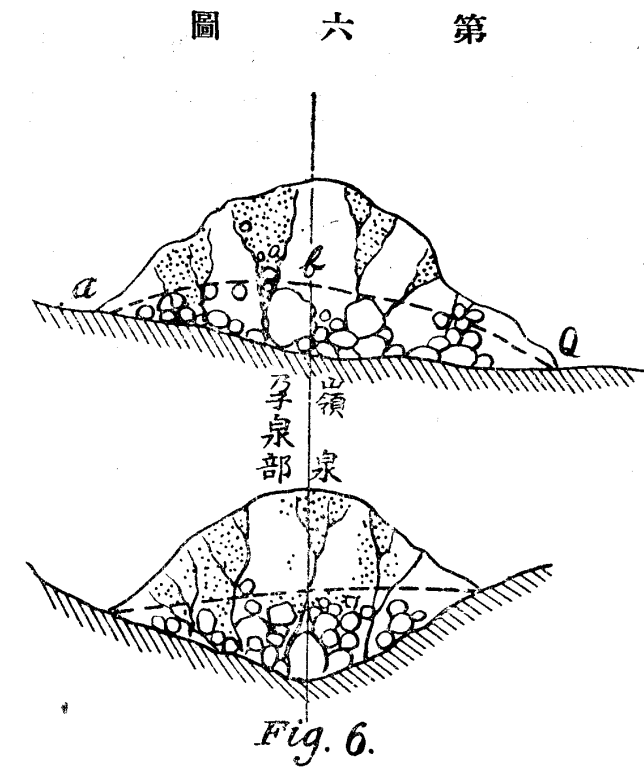
甲 下降泉

一 巔泉 (Gipfelquellen)

山岳の頂上に屢湧水をみることあり世人の奇蹟視する所たり然ども水道の鐵管により設けられたる如く眞の最高點より涌泉を生ずることは自然になし第六圖の如く山頂の不透層盤上に裂罅多き岩塊礫土の堆積が存在するときは降雨又は雪融により  $a$   $b$   $Q$  の如く孕泉部を

生ずることあるべし之に由て或期間傾斜の一方Qに少量ながら涓滴潦水を現はすに至るべし恰も海綿に水を含ましめ之を玻璃盤上に置き少しく傾けて餘滴を一方に流れしむると同一結果によるものにして巔泉なるものも別に奇蹟的のものにあらざるなり其湧出水量は孕泉土砂容積の一〇%内外に達し得べし。

例(イ)岩手縣下閉伊郡門馬村早池峯藥師岳標高一九九六米。



巔泉は殆んど三角點に近き高位にありて貧泉(Hungelbrunnen)なり基岩は橄欖岩にして孕泉部は其上に同一岩塊礫土高さ約六米長さ二〇米を載せたるものよりなる給水は主として雪によるもの、如く其融解後或る時期間少量の潦水を涌出するなり明治三七年八月上旬登山の節には已に涸渴せり尙他に約一〇〇米下位に盛夏にも渴水せざる涌泉あり巔泉の大なるも

のと見るべきなり。

(ロ)大分縣宇佐郡北馬城村御許山雲ヶ岳標高六五三、九米。

泉は頂上より少しく下位なる山祠の傍にあり涓滴潦水なり基岩は安山岩にして其上部に同一岩塊の礫土を載き且樹木を有せり給水は雨の外後章述ぶる所の雲霧の捕捉によるが如し。

(六)鹿兒島縣肝屬郡垂水村鵜岳標高八八五・三米。

鵜岳は鹿兒島高等農林學校演習林中の最高峰にして頂上を去る約一〇米の下位に湧出する  
巔泉あり四季殆んど絶へず地質は中生層の粘板岩及砂岩にして岩盤は凡そ西南南に傾き輕  
石質火山礫の多量を載けり孕泉部は本礫層及基岩の裂隙中にあり雨時特に歩道より集積潦  
水の供給を受く山上には灌木を有するに過ぎざるも雲霧の捕捉量は全雨量の二乃至三割に  
達すべし平時の湧出量は多からざるも二川の水源を形くれり。

巔泉は孕泉部の廣大なるに至れば地下水となり鑿井により水を得べし安房清澄寺附近鹿野  
山讚岐八島等山頂平坦部の多き處に之を見る。

(三)地下水泉(Grundwasserquellen)

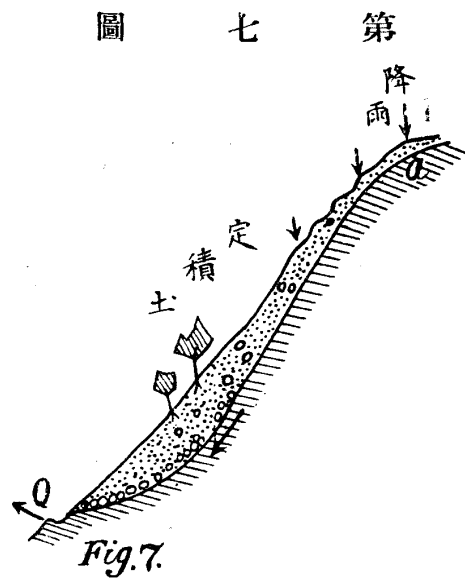
前述せる巔泉の孕泉部が増大するときには地盤構造の如何により地下水は種々の状態を呈し  
傾斜の一方に流れ下り地表に出づるや此處に涌泉を生ずべし之を地下水泉となす其涌出の  
状態を説明すれば次の如し。

積土泉(Schuttquellen)

土壤の自然傾斜は凡そ三〇度なり故に三〇度以下の基岩上には其分解による礫土の定積を  
生じ易き筈なり然ども風雨の節崩壊することあるにより三〇度前後より以上の傾斜地は土  
壤薄きものとす此急斜地に土壤の薄きことは地下に集水すには却て有利なる條件とす傾斜  
地を落下したる礫土は緩斜部に推積すその完全なる傾斜面は富士山に見る如く對數曲線を  
なすも小部分につきては三ツの異なりたる型を生ず若し水と共に峡谷部を出で、平坦部に

堆積するときは扇形錐體又崖錐 (Schuttkegel) を形づくり長さ絶壁下に落下する場合には壁積土 (Schutthalder) を生ず急斜地にても基岩に凸凹多きときは土壤は之れに支持せられて懸崖積土 (Gehängenschutt) として存すべし。

懸崖積土は泉を孕むこと稀なるも定積土、壁積土、崖錐には涌泉を生ずると多く水源涵養上最も重要な貯水部たり其給水源は雨雪並に其集積水にして山岳の谷筋及其兩側に多く成立す畢竟するに河川の流れなるものは積土泉が水量の如何



により或は河床下を潜り或は河床上に溢流するもの、連續するに外ならざるなり然ども山腹の傾斜部には常に孕泉部の生ずるものにあらず之れ土壤厚ければ水の浸入すること充分ならず又浸入したる水も岩盤上に流動し水脈を生じ一部分に集積すればなり彼の夏季に於て少量の涌泉能く旅行者の渴を醫するに足るものが冬季に涸水するは此積土泉に屬し全く孕泉部の小なると雨量の不足するため涸渴を來すなりとす。

積土泉の普通なる場合を第七圖を以て説明せんに地下に浸入する水は多くaの段狀部に存し之が不透岩盤の低處に集積し次第に下方に下り合して泉脈を形くり遂にQに涌泉として現はるべし一般に涌泉は濾水桶の状態を必要としQ部は呑口に當り放水を制限す。  
例霧島山彙大浪池標高一四一一、九米。

大浪池は霧島山彙中の火口湖にして其南方の峰筋に五〇林斑及三七林斑の境界あり此峯筋を挾んで相接近せる二條の輻射狀谷成立す常時は一〇〇〇米附近より水を見るも大正九年五月二五日約五〇耗の降雨を見たる際登山して調査するに頂上より斜面距離六米にして已に潦水を生し涓滴的巔泉成立す谷筋には土砂の堆積ありて積土泉を生じ下方に至るに従ひ水量を増し又谷の兩側にも少量ながら積土泉あり此輻射狀谷につきて云へば降雨毎に谷筋及其左右に孕泉部を生じ水脈を形くり重力のため水は下方へ下方へと動き流れ山麓に至りて全くの溪流となるなり之を或る時間續くるよりして水の貯藏せられたる結果となるべし若し降雨適度に至り水を補ふことおらば四時絶ゆることなかるべきなり凡て火山の裾野又は其下方には扇形錐體其他の積土により生ずる盛なる泉あり魔の泉 (Devilwater) と稱せらるゝことあるもの之れなり又海岸には潮の干満により其砂濱に一時的の泉を生ず即ち満潮時に水壓により陸中に浸入したる潮水が退潮に従ひ徐々に脈をなして湧出するなり之れ亦積土泉の一種とす鐵道の築堤にも一時的泉を見ることあり。

#### 地被泉

森林が長年月間存するときはその落葉枯枝の類夥しく推積することあり曾て岩手縣岩鷲山彙網張溫泉附近にて調査したることありしに落葉及未熟腐植質の厚さ五寸以上に達せる所ありたり此等の地被物は恰も海綿層の如きを形くるを以て積雪の融解又は雨後には飽水して短期間の涌泉を生じ得べし地被泉とも云ふべきものなるが多くは土壤と混合する故に尙ほ積土泉の一種なり落葉類の容水率は歐洲の學者に従へば次の如し。



名 稱	I		II	
	重 量 %	容 量 %	重 量 %	容 量 %
ラ イ 麥 稿	—	二〇、三	三〇四	三二、一
蘇 苔	二八三	二七、九	二五七	三九、五
羊 齒	二五九	一五、四	—	—
ブ ナ ノ 落 葉	二三三	一七、七	二五七	三九、五
ト ー ヒ ノ 落 葉	一五〇	二四、八	一六一	三一、五
コ ケ 、 モ 、 ノ 類	一三一	七、九	—	—
マ ッ ノ 落 葉	一四三	一六、〇	二〇七	二八、九

備考

地被類は乾燥重量の軽きため重量%を以てすれば二倍以上の水を保持し得るも容積%とすれば土壤(平均五五%)より少なし即ち水を保持し得る量實際に少なきなり。

I. Nach Ebermayer: Lehre der Waldstreu Tab. VI.

II. Nach Wollny: Forschungen der Agrilkultur physik 7, S, 315

余は出来得るだけ時間に關係して蘇苔類の容水率を知らんがために二四時間に三〇〇〇耗の割合を以て水を滴下し其飽水量を検したる結果左表を得たり。

名	稱	大	さ	氣乾重(瓦)	水ノ滲漏 ヲ始ムル 時間(分)	採集時ノ 重サ(瓦)	飽水重 量(瓦)	重 量	自然物ニ 對スル%	自然物ニ 對スル容 量%
ジ	ヤゴケ	長サ 幅サ 厚サ	五 四 一	四、九	二、〇	八、九	一九、八	三〇〇	一二二	五五
名	稱 不明	〃〃〃	〃〃〃	六、〇	三、〇	九、三	一七、八	一九七	九一	四三
ヒ	カゲノカヅラ	〃〃〃	〃〃〃	三、〇	一、〇	四、〇	七、四	一一三	八五	六
タ	マゴケ	二〃〃	〃〃〃	六、八	二、〇	一二、九	一七、八	一六二	三八	一二
ミ	ニユーム屬	一〃〃	〃〃〃	三、三	三、五	一五、九	一七、三	四〇二	一四	七
イ	ヨロヒゴケ	〃〃〃	〃〃〃	五、五	二、三	一五、九	一九、二	二四九	三一	一七
タ	マゴケ	四〃〃	〃〃〃	一、七	二、〇	一七、六	二三、二	九八	三二	二〇

前表によるも地被類の含水量は土壤より大ならず假りに或土壤の如く四〇%の保水力ありとしその四分一を放水し得るとせば厚さ一〇〇耗の地被は一〇耗の水分を飽水状態より放ち得るなり若し地被全山を覆ふに於ては其量甚だ大なるべし雨後落葉多き林内に入れば容易にこの状態の地被泉を見るを得べく林地にして降雨による増水時間の長さものは此地被泉の結果によることあるべし平地に於ける水面は年降水量の三分の二以上を蒸發するも林内は林外蒸發量の三分の一内外に減少す之に由て林内の地被泉は水源涵養上森林の特效と思考せられて林木は根を深く地中に入れ表面水分を攝取せざるものを選定すべく推論せられたることありたり勿論此地被泉は森林の成立によりて始めて形成し得らるゝ一の孕泉層

にして短期間なるも降雨の相當間隔を置きて起る場合には良く貯水放出の目的を達し得べきものなるも落葉は空氣溫度濕氣の適當なる場處には黴菌作用盛にして早く分解し全く堆積せざるものなり其堆積するものも一つの孕泉層を形くる迄にして容水量は土壤より寧ろ少なくて下部に潛流すれば集積して水脈となり土壤中に浸入するを以て積土泉と別ち難くなるべし故に地被による貯水放出は第九章に述ぶる如く森林の特效の一部を形くるも其全部とはなし難きなり。

#### 裂罅泉 (Spaltquellen)

山岳丘陵を形くる岩塊が裂隙に富むときは雨雪特に其集積水(河川をも含む)の之に流入して下方に涌泉として現はるゝことあるべし此場合に於ては土砂に於ける如く保留せらるゝ量少なく且つ泉脈明瞭なるを以て泉を形くり易かるべし茲に述ぶる處の裂罅泉は火山岩地方に多きを以て水成岩層に現はるゝものとは之を區別す。

例(イ)脈泉 縦に裂隙多き岩石即ち柱狀節理に富む火山岩の如きが其上部に給水を受くるや脈泉を形くり之を下方に放出す熔岩流よりなる山地に於ては豪雨の際裂隙より盛に一時的涌泉を形くるを見るべし裂隙中には多少の礫土ある故に濾過作用行はれ涌泉は清澄且つ涼冷なり豊後國竹田町清涼窟の涌泉は瀧上の流水が河床をなす阿蘇熔岩の節理に流入して下方に湧出するものとせらる。

(ロ)充溢泉 地中より噴出したる熔岩が凹状をなすこと火口の如き場所に於て岩石裂隙に富むときは豊なる孕泉部を生ず之れ火口湖岸に見る處なり湖邊には扇形錐體の存するを以て

積土泉と互に關係す熊本縣阿蘇郡阿蘇山の陥落火口は數萬の生靈を有する世界第一の火口なるが頗る水に富み各戸涌泉を利用し殆んど井水を用ゆるものなし地下水面の低き時は最低所にのみ湧出するも充溢すると共に各處に泉を生ず。

三層泉

(Schichtquellen)

岩塊礫土が層狀をなす場合特に水成岩に

第 八 圖

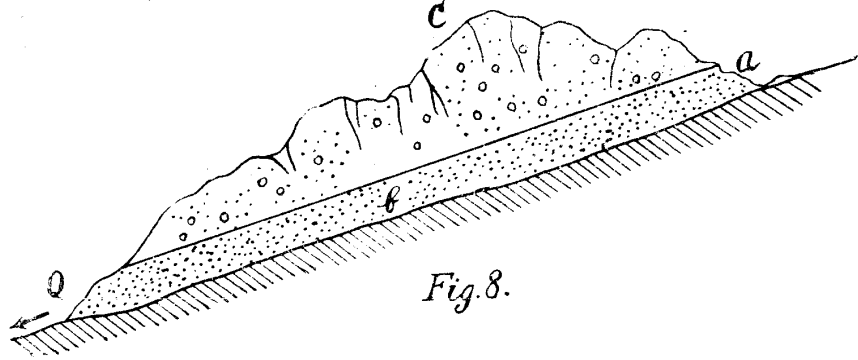


Fig. 8.

第 九 圖

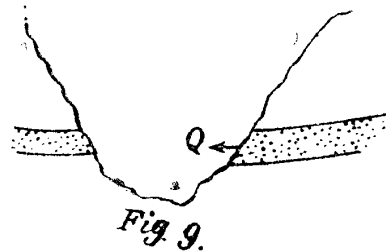


Fig. 9.

第 十 圖

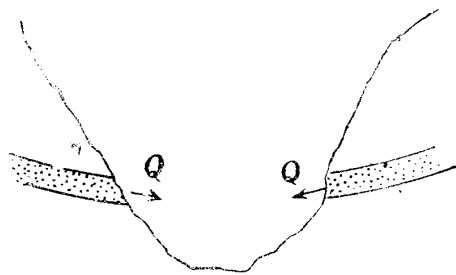


Fig. 10.

第 十 一 圖

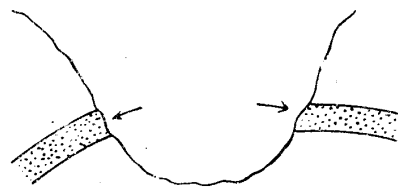


Fig. 11.

は種々の變化あるを以て孕泉層の成立亦種々なるべし第九圖の如く傾斜の中間に谷を生ず

於て水の浸入し難き層上に孔竅多き層の横はるありて之に給水の充分なるときは浸入したる水は傾斜の一方に動き涌泉を地表に現出することあるべし例へば第八圖に示したる如くaなる礫層が水を透し難き粘土上に横はりてc部又はaなる露頭部より給水せらるゝ時はQに涌泉を生じ得べし地層の状態

第二十圖

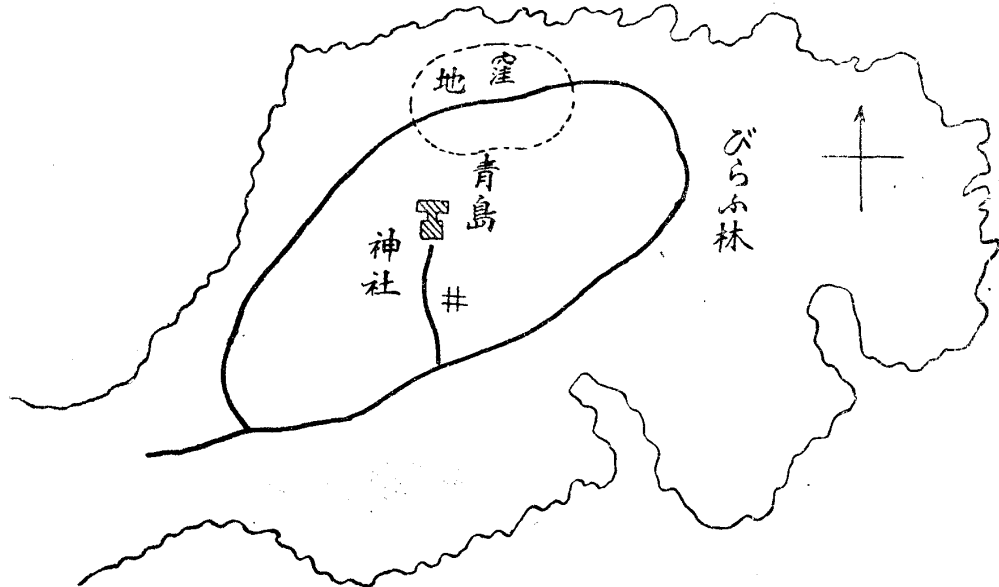
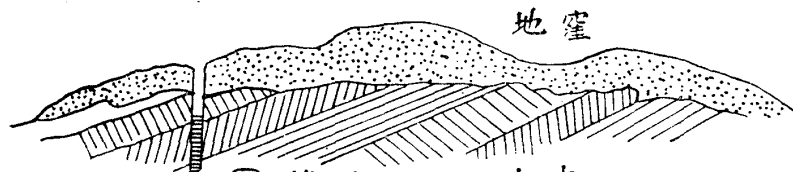


Fig.12



東南断面想像像圖

るときは谷の一方にのみ泉を生じ此側は他に比し植物の生育よし又第一〇圖の如く向背層

間の谷なるときは兩側共に水に乏しく第一一圖の如く向斜なれば前者に反し兩側に泉を生じ得べし前述の如く層泉は地層の褶曲状態により影響せらるゝ故に山岳構造の如何により水に富む場所と乏しき處を生ず。

例(イ)地層水平に近き時は孕泉層の出來難き故に山瘠せ水亦瘠す安房の一部尾張瀬戸等に之を見る。

は第四紀沖積層土の貝殻を多量に有するものを載す給水は雨により特に青島神社の背後に

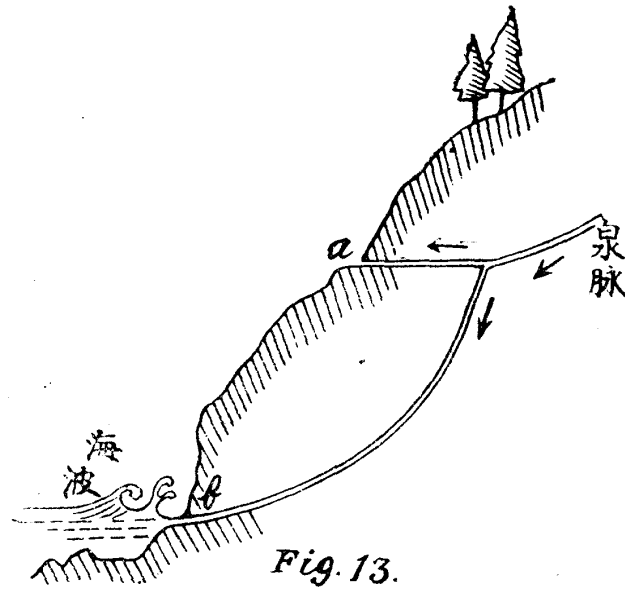
(ロ)日向國宮崎郡青島は周圍五丁高さに過ぎず然も尙ほ井水を有す此井水は鹽味を有する程にはあらざるも鹽分は其存在顯著なり井水の成立は層泉の最も普通の場合にして地層は第三紀の砂岩及頁岩よりなり其上部に

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

窪地ありて集積潦水を供給し孕泉部は地層の裂罅中にあり比重海水より輕きを以て淡水状態を割合に永く保ち得るなり(第一二圖)

(ハ)熊本市外水前寺の涌水は非常に豊富にして平地より直に川を生ず其成立は礫層が白川其他の給水を受けたるものとせらる。

第三十圖



四、空洞泉(Höhlengquellen)

空洞泉は石灰洞を主とし熔岩流出の空隙に生ず場所に制限あるを以て其數多からず然ども其水量は其だ大なるものあり南フランスのボークリースに於けるもの、如き一秒三〇立方メートルの水量を送り一の河川として成立す。

石灰洞泉は含炭酸泉が石灰岩を溶解するよりして該岩の裂隙中に成立する泉脈次第に發達し遂に偉大なる空洞を生じて各部の泉流を綜合するにより大なるものを生じ得るなり而して空洞の状態により間喝泉を生ずるは一般に知られたる所なりとす。

此空洞泉の一種に巔泉の如く奇蹟的に見られたるものあり彼の潮の干満により山腹に泉の生ずる場合之なり此現象は第一三圖を以て説明し得べし今空洞二條に分れa及びに開口するとせよ干潮時には普通の泉の如くりに湧出するも満潮となり海水の口を閉塞し波浪の壓

迫を受くるに至れば涌泉充溢し、口より湧き出づることゝならん。  
乙、上昇泉

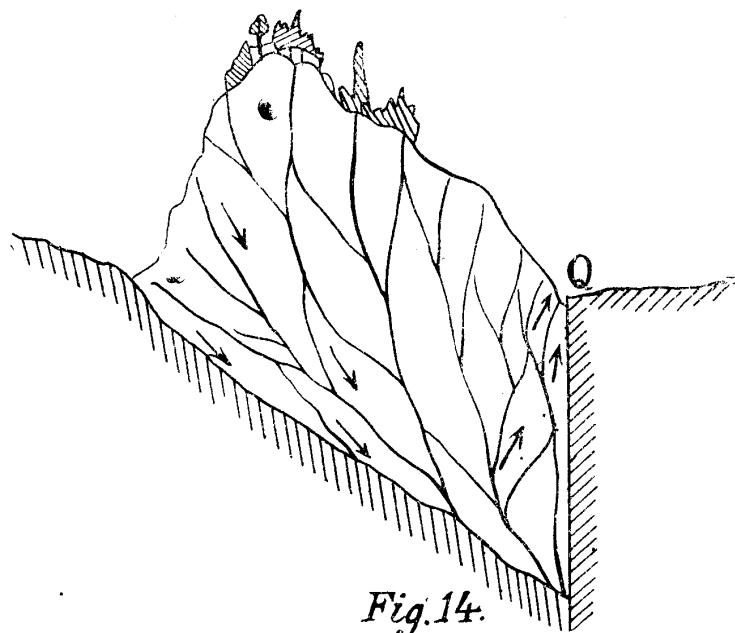
上昇泉の最も普通なるは鑽井又噴水井 (Artisische Quellen) なり平坦地又は緩斜地に於ける人工

的の泉なれば茲には説明せず只岩石の裂隙により生ずる自然の場合を述べんに第一四圖の如く裂隙に富む岩塊が不透層に圍まるときは浸入したる脈水は一旦下底に下り水壓により再び上昇してQに湧出することあるべし。

下降泉と雖ども容易に湧水せざる深源的のものは大體に於て下降するも其一部につきて云へば上昇する場所も存在するは勿論なり。

以上述べ來りたる如く山岳中に形成せらるべき涌泉の種類は少なからず此等が互に關聯して彼淙々たる溪流を生じ此綜合が纏て河川の成立となるなり。

第 十 四 圖



第四章 雨水ノ地中滲漏 (Infiltration)

雨水ノ地下浸入ハ極メテ徐々ナル場合多シ由テ以下滲漏ノ語ヲ用ユ滲透ハOmoseノ譯語ニ用ヒラル、故ニ採ラズ

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

涌泉を形くる所の地下水或は地中水が其給源を主として雨雪に仰ぐべきは今日何人も疑はざる處なりと雖ども其地下滲漏状態たるや決して單簡に説明する能はざるものあるなり之を以て一八七七年地質學者のフアルデル氏(Dr. O. Volger)は“Kein Wasser des Erdbodens rührt her von Regenwasser”の題下に

一、非常なる豪雨と雖ども土中深く滲漏するには不充分なり。

二、地殻の状態は雨水によらざるもよく地下水を湛漑し得べし之れ地中空氣の含有する濕氣は其凝縮によりて水分を貯溜し得べければなり。

の二ヶ條を力説せり(Zeitschr. des Vereins Deutschen Ingenieure ; 21, 480, 1877)フアルデル氏の主張は一應無理からぬことにして余輩も實地の研究をなさざりし間は地下水の形成に大なる疑を挟みしなり何となれば沙漠の如き全く降雨なき處にも地下水の存在することあり又若し土壤が水をよく滲漏せしむるものならば河川を始めとして沼湖の如き一も成立せず水は深く地中に沈下すべければなり我年雨量は一〇〇〇耗乃至三〇〇〇耗にして之が土中に浸入するには種々の障害を受けざる可らず第一に土地の傾斜は降下したる雨若くは融解したる雪の大部分を溢流せしめ土中の粘土分腐植質は其膠狀物質により土粒間の孔竅は毛管現象により水分を保留すべく又天候により蒸發に少なからざる量を失ふべく植物も亦水分の大なる消費者なりとすリスラー(Risler)によれば植物の消費する水分は左の如し。

植物の水分消費量(耗)

名 稱

一日の消費量

名 稱

一日の消費量



牧場	三、一—七、三	玉蜀黍	三、〇—四、〇
燕麥	三、〇—五、〇	穀類	二、二六—二、八
葡萄	〇、九—一、三	樅林	〇、五—一、〇
榲桲	〇、五—〇、八		

前表によれば森林は年四〇〇耗近くの土中水分を消費す然らば如何にして降水は土中に滲漏して地下水を形成すべきや此問題は森林對水源涵養問題に少なからざる關係を有するものにして余の研究せる所にては雨水滲漏状態の闡明は水涵問題の解決に鍵鑰を與ふるものたり請ふ先づ土地の含水量より吟味せん。

大流域にては之を平均するに年雨量三分の一は蒸發し三分一は地中に浸入し残り三分一が流出するものとせらる今茲に二四時間に三〇〇耗の豪雨ありとし其三分一乃ち一〇〇耗が土中に滲漏したりとせば果して幾何の深さに達し得べきや之が計算は土壤の含水量に俟たざる可らず大工原博士によるに我土壤の容水率は次の如し(土壤學上卷一〇八頁—一六八頁)

地質系統	地名	土性(粗)	容水率、容積%
瀬戸内海沿岸花崗岩	香川縣木田郡田中村	砂質壤土	四五、三〇
東北安山岩	秋田縣由利郡鳥海山裾野	腐植質埴上	五九、四八
山陰玄武岩	島根縣八束郡大根島	埴土	四三、九二
東海道片麻片	愛知縣額田郡山中村	壤土	四四、七八
四國結晶片岩	德島縣三好郡山城谷村	礫質埴土	四七、五三

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

關東秩父系輝綠灰岩

埼玉縣入間郡高麗村

壤質砂土

五九、六五

中國三疊系土壤

岡山縣川上郡手莊村

礫質壤土

三七、四九

九州第三紀頁岩

熊本縣玉名郡府本村

壤質埴土

三四、四七

東北第四紀古層

福島縣岩瀨郡吉見根原

壤質埴土

五四、七一

北海道石狩川沖積層

北海道札幌郡江別村

埴土

五九、八五

備考 本邦土壤の容水率測定法は徑約五糎の硝子圓筒二個を繼ぎ合せ底に綿布を張り檢土を盛り下端を水に觸れしめて直立して下方より水を吸収せしむ斯くて二四時間置き土壤の表面全然濕ふを見て水より離し數分間餘滴をたらし繼目より土壤をとりて秤量し後一〇〇度にて乾燥し再び秤量して前後重量の差を以て保持したる水分として計算す。

前表によれば土壤の含水量は容積の四割より五割に至る之を假りに小さく見積りて三割三分即ち三分の一とすれば一立方尺の乾燥土壤は〇三三立方尺の水を保持し得べく高さより云へば一〇〇耗の雨水は三〇〇耗の厚さの土壤乃ち一尺程の深さの間に保持せらるゝなり

地吸着水凋萎係數

水分當量

含水量ノ六〇%

含水量 地下水

重カノ千倍ニ相當  
スル遠心カト平衡  
スル水分

毛管水

表 非有効水分

植生ニ有効ナル水分

非有効水分



三〇〇耗の雨水全部が地に入るとするも三尺餘の深さに暫時保持せらるべき計算となるなり地中に於ける水分の自然的分配は前圖に示す如き状態にして地表は乾燥するときは全く水分なきが如きも尙吸着水を有す其下部は植物の凋萎を來す水分量にて五%乃至一〇%なり最下部は地下水に接し實驗室的含水量と同一にして上下中間は含水量の六〇―八〇%の間であり毛管水分として保持せらるゝものなり然れば三三%の保持水分は二三%となる故に一〇%だけ容水力ありとせん土地の全く乾燥しをることとはなきを以て假りにこれだけが一時土地の保持する水分とするに尙一〇〇耗の雨水は四尺以下には急に沈下せず三〇〇耗全部浸入するとするも一〇尺の間に一時保持せらるゝなり。

キング氏は深さ八呎の筒中に土壤を充たして之を飽水せしめたる後底を取離して漏水せしめたるに次の如き結果を得たり。

時間	土壤ノ種類	砂質壤土	埴質壤土
二一時間目		二、六四〇吋	
二三時間目			一、九五八吋
一〇日 目		五、〇七二吋	二、一一一吋
一〇日 目		〇、九〇五吋	〇、四九三吋
合計二一日と二〇時間		八、六一七吋	四、五六二吋
全土壤容積に對し		九%	五%

(E. H. King: Physics of Agriculture p. 160)

八呎の土壤柱中には少くも一〇〇〇耗の雨水を保持したる状態にあり之が二三時間を経て漏水したる量は埴質壤土にて僅に二吋乃ち五〇耗に過ぎざるなり一晝夜三〇〇耗の雨量は可なりに大にして直に河川溢れ地下水高まることは井水の非常なる増加によりて吾人の知る處なり。

第十圖

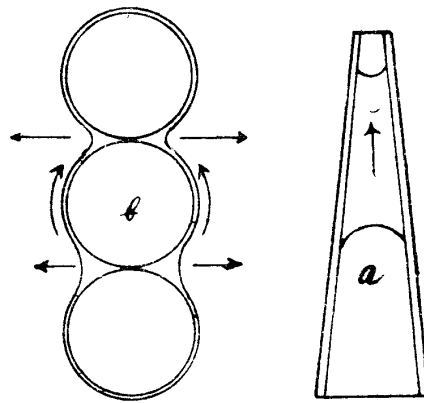


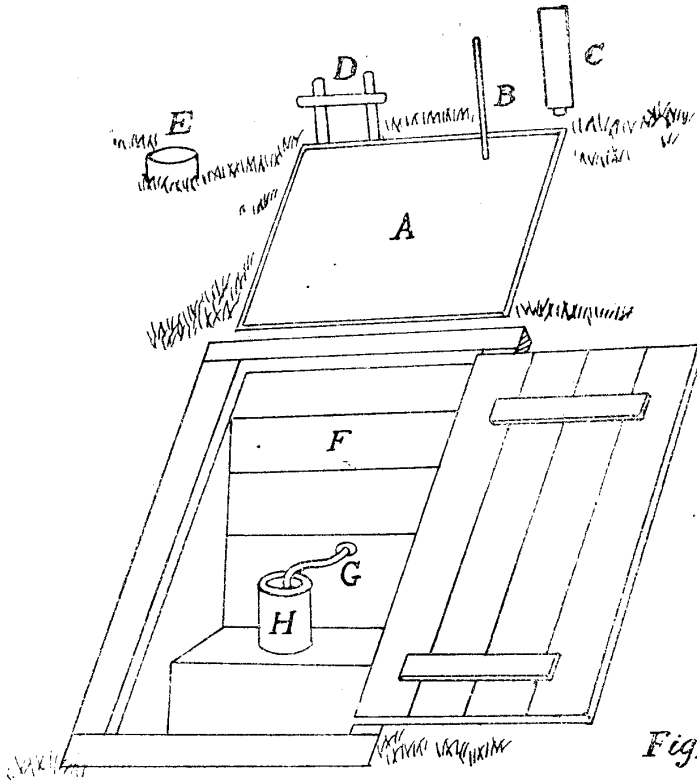
Fig. 15.

水銀は寒暖計に見る如く重力によりて細孔中を下降し得るも水に於ては然らず土壤粒に粘着し其毛管現象は重力に反し上方に水を導くことあるべし即ち毛管水は悉く土壤中を下りて地下水を構成するものにあらず第一五圖のaの如く上下口徑を異にする小玻璃管に下方より水を入るゝ時は上方へ移動するを認むべしこれ毛管引力は管の半徑に反比例すればなり従て土地に於て表面が下部よりも密なればりに示す如く水分の移動起り蒸發せらるべし之れ乾期苗圃面の表土を粗にして毛管現象を反對ならしむる所以なり。

前述の如く雨水の滲漏より生ずる地下水の成立は土壤の含水量よりすれば計算上説明充分ならず始めて實驗室以外に於て此等の觀測を試みたるはエーベルマイヤー氏なり氏は方二米深さ一、二米の水溜を土中に築き内部に種々の土壤を充たし之を林内林外等に設け水溜の底より洩れ来る水量を測定し以て比較をなせり此装置を滲漏計(Lysimeter)と云ふ第一六圖に示すが如し乃ち此装置による比較は地下一、二米の平面を滲漏雨水の通過し行く量なりとす

圖 六 十 第

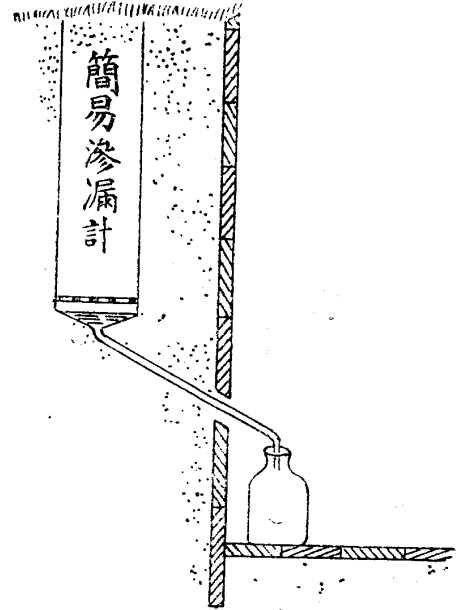
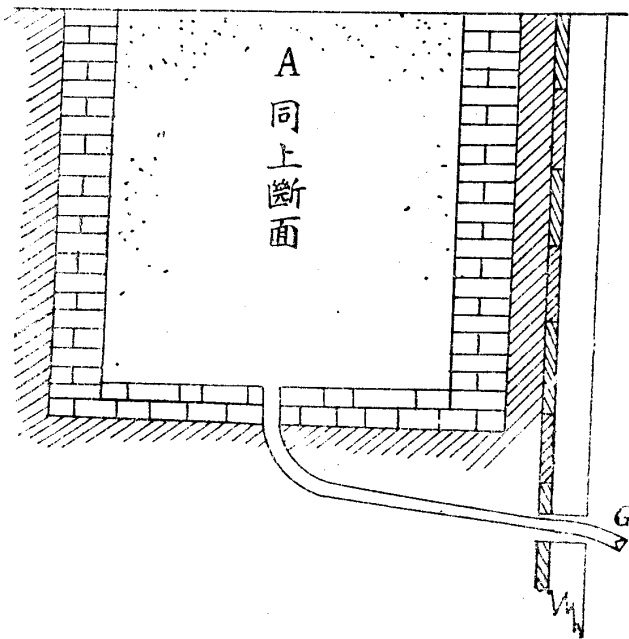
山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず



A 參漏計内土壤  
 B 地中寒暖計  
 DC 空氣中寒暖計  
 E 雨量計  
 F 參漏計、前面  
 G コムパイプ  
 H 水受

Fig. 16.

圖 姿 計 漏 滲



其測定の結果は次の表の如し。

第一表

土壤の種類	雨量ニ對スル滲漏割合%				年雨量(耗)
	春	夏	秋	冬	
泥炭地	六四、〇	一一、〇	四九、〇	九九、〇	五三、〇
腐植質に富める作土	六、九	四、六	二、八	七、〇	五、二
〃	六、七	二、一	〇、六	四、七	三、一
					九五八
					八六五

第二表

土地の種類	一八八六年ノ雨量ニ對スル滲漏%		一八八七年ノ雨量ニ對スル滲漏%	
	八	一	四	一
藓苔を以て覆はれたる土地	七、〇	九、五	六、二	六、三
裸地	五、一		三、五	
榎林内	四、一		二、九	
唐檜林内	三、一		一、五	

前表を見るに泥炭地を除きては滲漏割合甚だ小なり此の調査法は稍、實際に近づきたるものなるも尙地下一乃至二米の比較なり滲漏計以外一層實際的なるは適當なる一地區の泉水量を調査し年總量をQとし其地積をF年降水量をRとし。

$$Q = \gamma PR$$

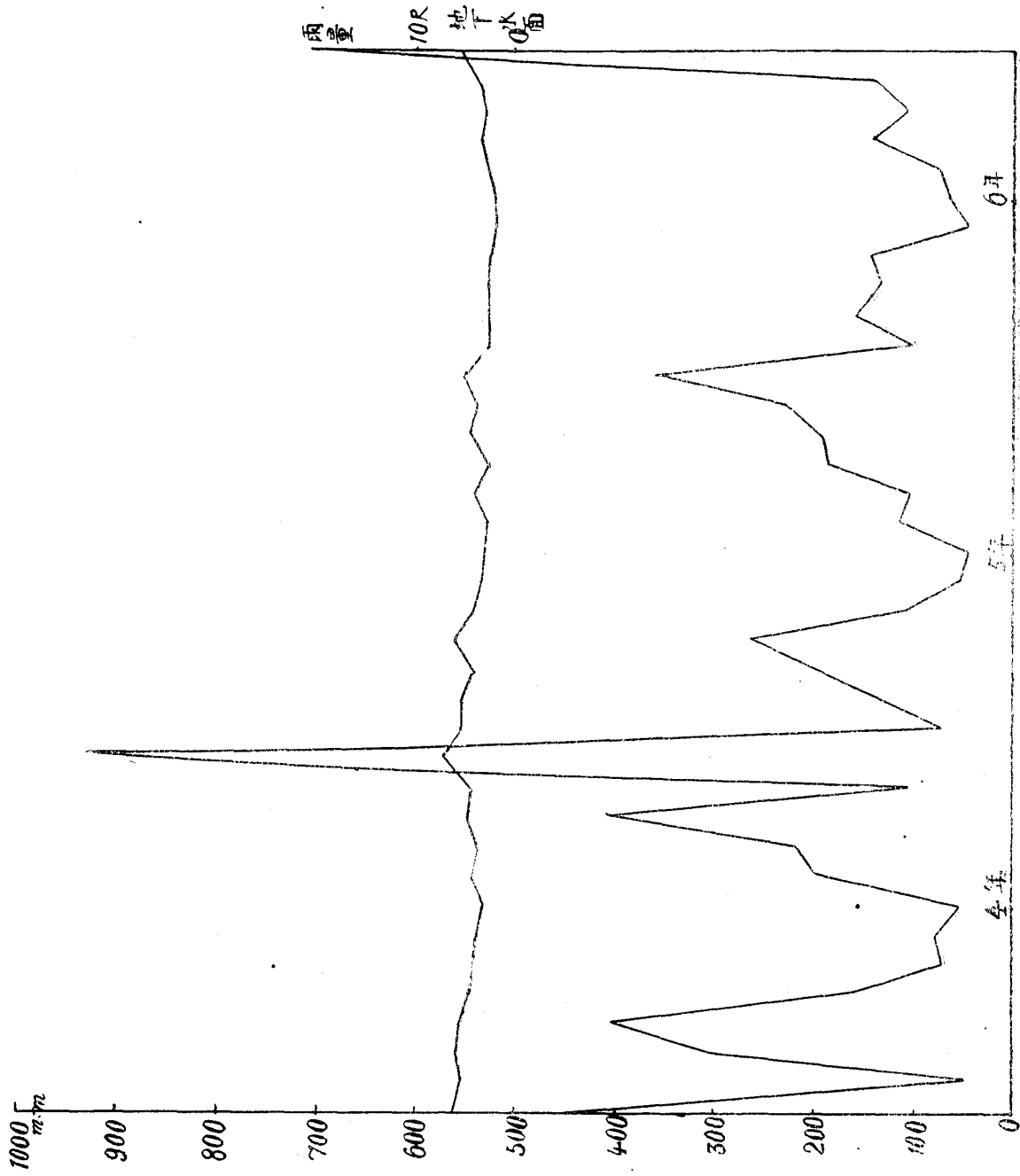
の關係より滲漏係數 $\gamma$ を見出すにあり然るにかゝる觀測をなし得る適當の地區を選ぶことは至難なるべし東京大林區署管内笠原外二ヶ所の降水量對流水量の比較調査は前記の係數を見出す一試驗なるも表面流溢量をも混ざる故に正しからず該林地は時として僅かに二耗の降雨も保持し得ざるが如し如何にして能く地中水脈を養ふべきか(林業試驗報告第一二號四九頁—六〇頁)前述の滲漏係數は中歐及西歐の大區域にて調査したる所にては平均一九、三五八%最大二六、六三九最小一六、一〇九%にして從來の三分の一滲漏說より稍、小なり乃ち約五分の一なり大正四年八月の乾期に於て六、七八の三日に合計七六、八耗の雨量ありし日に鹿兒島高等農林學校内の井水は平均二四〇耗の水面上昇を觀測せり即ち地下水面の高まりたること雨量の三倍以上なり此の如き現象は單純なる雨水一樣滲漏說にては説明し難し乃ち雨水の三分の一乃至五分の一滲漏と地下水の容易に成立する現象の間には特別の説明を要するなり。

### 第五章 地下水及孕泉部ノ容易ニ成立スル條件

前章に述べたるフアルゲル氏の主張たる地下水の成立が幾分土中空氣の包含する濕氣の凝縮によるものなることは之を認め得べしとするも地下水全部を之に歸するは誤りも亦甚しと云ふべし何人も降雨に伴ひ井水に増減あるは熟知する所にして疑なかるべきも一二の例を上げんに別圖は大正三年六月より大正六年五月迄三年間に鹿兒島高等農林學校學生課前の井水に於て其水面を觀測し之を月別に平均し降雨量と比較したるものにして明に關係を

圖 七 十 第

大正三年六月より同六年五月止  
 三年、降水量、地下水面、關係





認むべく早き時は降雨の始まりより四時間の後に井水面に影響するなり次表は足尾銅山に於ける坑道水と雨量關係の一例なり通洞坑を水平として山岳の厚味を概算すれば最も厚き所は七〇〇餘米薄き所にてても一五〇餘米に達す然も降雨量は明に坑道に影響して雨量の多き夏季に坑道水の増加を現はせるなり。

自明治三十七年一月至四〇年二月 足尾銅山各所坑道水量調査表 (一分間立方尺)

年	山 本			小 瀧			洞 通		
	平均	四〇	三九	平均	四〇	三九	平均	四〇	三九
一	二二	二六	二八	四	六	一	二二〇	二五二	二七
二	一八	二〇	一七	三	三	一	二〇四	二二九	二六
三	四九	三三	三二	一六	二五	九	二〇二	二二二	二七
四	七三	四四	五五	三三	二九	二四	二六四	二四四	二七
五	六〇	二七	四七	三三	八	三三	二七〇	二五〇	二七
六	六六	五九	六二	二六	一七	三三	二五九	二三〇	二七
七	一一	七〇	一〇二	四二	四六	三三	三二一	三四四	三二
八	七二	八五	九二	四四	四〇	六六	三三九	三五七	三三
九	一〇四	五七	九〇	四〇	二六	七三	三四三	三六二	三三
一〇	八三	五四	七二	三二	二七	三二	三三〇	三五九	三三
一一	五一	三五	三八	二	一〇	三	二九二	二九七	二六
一二	二二	二六	二二	五	三	七	二六九	二五二	二六
年平均	六〇	四三	五四	三三	二二	二七	二七四	二七二	二七

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

降水量(耗)	
三七	一三、一
三八	四二、一
三九	一七、九
四〇	四六、七
五、〇	八、七
二九、六	一三三、七
一七、一	二〇〇、八
一五七、九	一八〇、九
一二一、六	一八九、八
六九六、五	一三九、七
九三、二	七六七、六
四九九、八	三三七、四
一六九、四	一三〇、一
一八、五	六〇、二
八三、七	三六、一
二〇七四、四	二〇一、七
一四三三、四	一九八、四
六〇、四	二四、一
四四、六	二、八
二六、三	一八七、九
一二四、七	二〇五、四
二四六、二	一七六、二
二四六、二	一七六、二
一九三、二	八五九、四
二五〇、二	一五〇、四
二五五、二	一五〇、四
一二七、五	七六、二
一三三、三	六九、九
八四、一	九二、九
一三三、五	一〇三、三
二九、〇	五、〇

雨水が地下水並に孕泉部を容易に形成し得るものとせば如何にして速に且つ多量に滲漏すべきや前章に於ける此疑問を解くには茲に再び土壤の含水量につき述べざる可らず思ふに容水率よりする推算の結果が實際に遠かるものあるは土壤學に取扱ふ所は多く作土にして容水率の比較的大なるものなり此容水率の大なる土壤は水分を良く保持し植物を養ふに適し水分を下方に通過せしむると容易ならざるものとす従て水源涵養には不適當なるものなり大體に於て土壤間に孔竅の少なきものは水分を保持すること少なく孔竅の多きものは容水量大なり水分を通過せしむるの度は土粒の小となると共に減ず之れ毛管現象の盛となればなり土粒大となれば孔竅は減ずるも間隔大となり毛管力減少して爲に水を良く通過せしむるに至る今土壤を同大の球より成ると假定し各球が他の六個に接して積重ねられたりとせば是を最も粗なる排列法とす球の直径に無關係に四七、六四%の孔竅を有す最も密なる積重法は一つの球は一平面内に六個の球に接し更に上下に三個宛都合一二個に接する場合にて標準堆積と稱し之亦球の直径に無關係に二五、九五%の孔竅を有す此最粗最密の排列が球團を形くりて更に最粗最密に排列すとせば四つの場合を生ず然ども結果は三となるべし。

一、最密の粒團が最密に積重なるときの孔竅率  $25.95 + (100 - 25.95) \times 25.95 = 45.17\%$

二、最粗の粒團が最粗に積重なるときの孔竅率  $47.64 + (100 - 47.64) \times 47.64 = 72.58\%$

三、他の二つの場合  $47.61 + (100 - 47.64) \times 25.95 = 25.95 + (100 - 25.95) \times 47.64 = 61.23\%$

右の如く土壤の理論的孔竅率は最小二五、九五%より最大七二、五七%に至る之を實際に比較するに水底の泥土には二六、二六%秋田縣由利郡鳥海山の腐植質埴土には七七、八六%の孔竅率を有するものありて大體に於て一致す(土壤の理論的排列並に其孔竅率に就きて、淵野、鹿兒島高等農林學校校友會報第八號)水中泥土の如きは之を壓鎮すれば孔竅率は小となるも普通の状態にては毛管現象甚だ盛にして含水量は甚だ大なるものとす乃ち六〇%内外に至り且つ水を容易に放たざるなり孔竅率は大なるも吸水して收縮するもの、容水率は却て減少す林内地被類の如き之れなり(第三條地被泉參照)水源涵養上には容水率の大なるものは却て不適當にして孔竅率容水率小なるも水をよく通過せしむること砂礫の如きを以て適當とするが如し彼の川砂の如きは孔竅率としては四〇%内外容水率は四乃至二〇%なるも此の如きものが雨水を速に且つ多量に地下に送り孕泉部を形成せしむるに適するなり今桶をとり之に乾砂を充たし水を注ぐとせよ此場合には殆んど孔竅率に等しき砂量の四割を充たし得べし之れ水の貯藏にして若し底に小孔を穿たば少くも内容の二割乃至三割の水をば或る時間に放ち得べし之れ人工的の涌泉なり濾水桶に見るが如し若し砂に代ふるに容水率六〇%の粘土を以てせんか此際の水分は前者より多しと雖も水の貯藏と云はんよりは保留なり下部より洩水せしめ得る量は僅かに五%前後なるべく且つ非常に長き時間を要すべし土壤のかかる種類は濾水桶用には適せざるなり後述する如く井水等の孕泉層は何れも砂礫にして山

地たると平地たるとを問はず水脈は砂礫の水をよく通過せしむるものよりなるなり往時森林内に腐植質時に朽土と稱すの増加するは水分の保持量の増加となり水源涵養上有利なるべしと思考せられしも此の如きは森林植物の爲めに有利なる土性條件を呈したるものにて耕地も厩堆肥を施して絶へず此の状態にあらしむるなり余は曾て徑二七糎高さ一米の滲漏計を作り大正四年中砂利川砂作土につき滲漏量を比較したることあり一月より六月迄の降水總量一九二一、八耗が乾燥土壤の状態より滲漏したる割合は砂利八〇、九%川砂六八、一%作土一五、六%なり川砂利の如きは土壤學實驗室にては取扱はざる物なるが川砂と共に容水量甚だ小にして非常に良く水を通過せしめ得るを見るべし前記キング氏は作土に代ゆるに砂を用ひ等しく高さ八呎の筒中に充たし飽水せしめたる後滲漏量を觀測したるに左の如き結果を生ぜり。

砂粒番號	砂粒の大きさ(耗)	孔竅率%	滲漏量	
			始メノ三〇分間	後ノ三〇分間
二〇	〇、四七四五	三八、八六	一〇、二五	四、六八三
四〇	〇、一八四八	四〇、〇七	七、五四九	五、二五八
六〇	〇、一五五一	四〇、七六	五、六七四	四、五二二
八〇	〇、一一八三	四〇、五七	一、五一二	一、二九四
一〇〇	〇、〇八二六五	三九、七三	一、二一三	〇、八四五

一晝夜の通過速度は始めの三〇分間を以て採り二〇號にて四九二吋一〇〇號にて五八、一六吋となる非常に良く水を通過せしむるを知るべし。

(King: Physics of Agriculture p. 159)

外國に於ける滲漏計觀測も土壤によりては良く水を通過せしむるものあるを見る次例の如し。

英國ロシアムステッドに於ける一八七一年より一九〇四年迄三四年間の最大及最小降水量に對する滲漏量

年 度	降水量(吋)	滲 漏 量(吋)		滲 漏 割 合(%)	
		深サ二〇吋	四〇吋	深サ二〇吋	四〇吋
最大(一九〇三年)	三六、九	三三、四	二四、三	六〇、七	六三、〇
最小(一八九八年)	二〇、四	七、三	七、九	三五、七	三七、六

(Hall, A. O., The Book of the Rothamsted Experiments, 1905, p. 23)

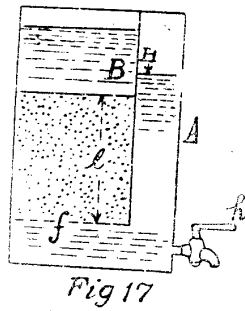
ミュンヘンに於ける地下水の礫層中を流るゝ速度の測定によれば〇・〇六四%の勾配にて一時間に二五米〇・〇四%にて一五米なりと云ふ(E. Ramann: Boden Kunde S. 363)此の如く良く水を通過せしむる土壤の存在するに何故に作土は滲漏の不良なるやと云ふには之は主として細土の多き爲めにして一方に又空氣の存在は水の侵入を大に妨ぐるものとす何となれば水の侵入し得る爲には空氣の先づ逃れ出づる必要あるに一樣に侵入し來る爲に逃れ出づべき途なければなり故に若も其逃れ途を開けば割合に良く滲漏し得るなり明治四二年中盛岡高等農林學校演習林中の自然土の形を成るべく破壊せざる様掘起し落葉蘇苔の存するまゝ之を二五糎平方に切り滲漏計に類似したる葉鐵製の箱に收めマリヲット氏壘を利用し二四時に三〇〇〇耗の割合即ち一分間一三〇、二一立方糎の水を上方より滴下し其吸水状態を試験

したるに左の如き結果を得たり。

備考土壤を土地より切り採るときは水が壓力により之に浸入するに當り空氣は抵抗すること少なかるべし之れ容易に追出し得ればなり。

土壤に於ける水の滲漏速の關係を測定するには第一七圖に示す如き簡單なる装置にて大

圖七十第



例する故に

$$Q = k \frac{H}{l}$$

$$Q = B \text{槽ヨリ放水シタル量}$$

$$K = \text{土壤} = \text{關スル定數}$$

の關係成立すべし此のダルシネの法則は(Darcy's Law)土壤中に於ける水の運動の基本式をなすものなりと雖ども土粒の大きさを一定にし且つ細土を用ひざれば實驗の成績不規則にして水源涵養問題には關係少きものとす

採集の場所 大石野 二方澤 赤瀧澤 同上 館内平

大 さ(糶平方) 二五 " " " " " "

厚 さ(糶) 九 " 一〇 九 一二

重 さ(盃) 五、一七五 五、四〇〇 五、四〇〇 四、一一〇 四、九三五

横溢量ナクシテ水ヲ下部ニ滲漏シタル時間(分) 二五 一五 一四 一四 一五

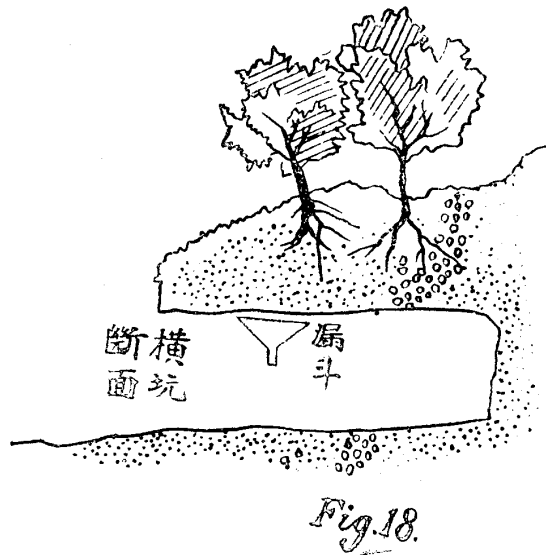
水ヲ滴下シ始メタリ後重  
サヲ量リシ時間(分)

	四	三、五	三、五	四、〇	三〇
水を飽和せる重量(斤)	五、七九〇	六、二二五	六、一六五	四、九〇五	五、七三〇
保 持 量(斤)	六一五	〇、八二五	〇、七六五	〇、七九五	〇、七九五
原土の含水量%	一一	一五	一二	一四	一一

前述の如き幾多の實驗より見るに含水量の少なく孔竅率の少なからざる砂礫の類は良く水を通過せしめ自然土も取扱の如何により水の滲漏容易なるを知り得べし然らば土地に於ても部分により雨水を多量に且つ容易に送るべき場所あることを想像し得べし然ども之を實驗して地下水の成立を證明せんとするは難事なり思ふに此種の證明は自然の適當なる觀察に俟つ外なかるべし即ちフアルゲル氏の所謂雨水は地下に滲漏し難しを逆にとるときは地下水も亦外に出で難きことゝなるが故に涌泉或は井水の湧出状態を觀察せば自ら雨水滲漏状態を推測し得べし余が郷里大分縣直入郡竹田町は山國にして隧道の數甚だ多く又阿蘇熔岩によりて生じたる洞穴も少なからず明治四四年七月此等の穴洞の一〇ヶ處につき其内面に水分の浸出する状態を調査したるに何れも水脈をなし裂隙又は粗粒の礫土よりなる部分にのみ浸潤滴出を見たるなり此状態は多くの鑛山の坑道隧道等にも目撃し得る現象なりとす大正三年中鹿兒島高等農林學校演習林内に於て第一八圖の如く樹林下に横穴を穿ち之に漏斗を當て自然的滲漏計の設置を企てたることあり而して降雨時に觀察するに水分は全體の土壤に於て毛管的に浸潤を見ると雖ども其特に涓滴を早く生ずるは腐敗樹根に依る穴又安永八年の櫻島噴火による砂狀堆積層にして明に脈狀に雨水の沈下するを目撃せり既に

第二章に寫眞を以て説明したる如く地下に於ける水の湛滌並に其運動は尙ほ陸上に於ける河川沼湖の如き状態に存し水の不透層上の最低部に集積し最も抵抗の少なき處に向つて流下すべし故に雨水の地下に滲漏する場合に於ても専ら其容易なる部分より水脈狀に沈下し依て地下水孕泉部を形くり其極めて徐々に滲漏するものは毛管水となりて土壤に保持せられ又之より蒸發し植物を養ふに適する水分たるものなるべし彼噴水井は能く此状態を説明

圖 八 十 第



するものにして第一九圖の如く井水を養ふ水分は其直上部にわらず遠く離れたる孕泉層の露頭 $a$ なりとす。

前説明の如く土地には特に良く雨水を滲漏し得る部分ありて地下水或は孕泉部は主として之に由て養はるゝものとすべきが尙ほ一つの必要なる條件は雨水が集積してかゝる部分を通過することなり若し然らずとせば非常なる豪雨も深く地中に入るには不十分なるべければなり例へば第二〇圖の如き層泉の場合に於て $a$ を礫層とし $a$ の露頭部に給水せられて泉を孕むに年三〇〇〇耗の降水を悉く攝取するとするも一晝夜僅に九耗弱にして礫の厚さの大ならざる以上 $a$ の長さが如何に大なりとも泉としては貧弱なるものなるべし然るに $a$ の部が窪地にして降雨の際此處に集積滌水を生ずるときは僅に一〇耗二〇耗の雨量にても相當量の泉を形成し得べきなり第三章巔泉の例として掲げたる鹿兒島高等農



林學校演習林鵜岳に於けるものも雨時に歩道が水道となり集積雨水を良滲漏部より孕泉部に送ることは食

圖 九 十 第

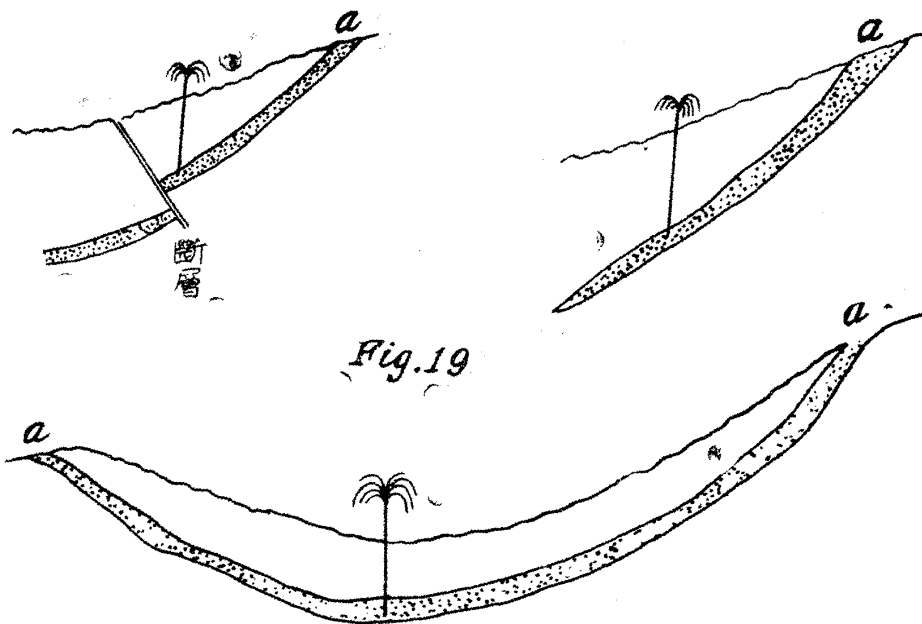


Fig. 19

圖 十 二 第

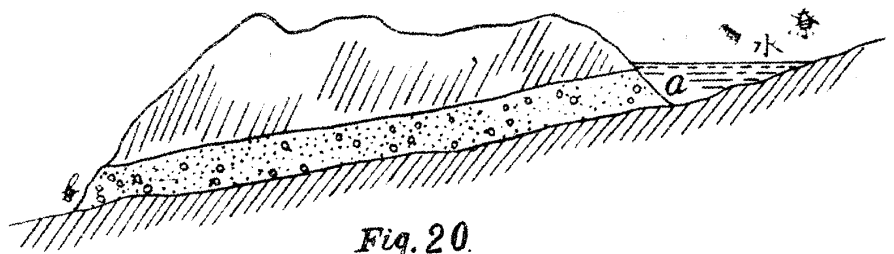


Fig. 20

よりして地下に水を多く送るものなりとす前述の鹿兒島高等農林學校の井水の増加が七六、

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

合河川溝渠窪地  
が其床及び左右  
於ては多くの場  
なるべし平地に  
せらるゝこと速  
は地下水の形成  
が一致するとき  
一致す若し兩者  
岳にては多くは  
一致せざるも山  
水の流下が常に  
滲漏部と集積雨  
平地に於ては良  
證明し得しなり  
鹽を埋めて之を  
に送ることは食

入耗の雨量に對し二四〇耗に達せし現象も亦給水部の特別なるに歸せざる可らず校内地盤の孕泉層は礫よりなりて其數三ヶなり何れも水質等しからず給水は西方高處約四〇〇米を

圖 一 十 二 第

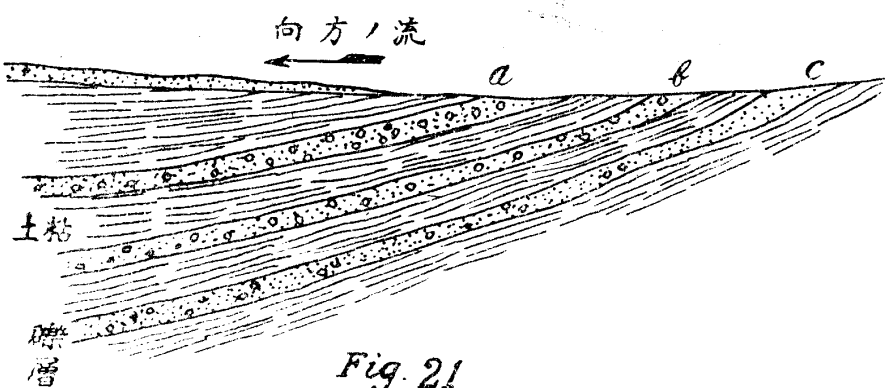


Fig. 21

隔てたる田上川に由るものとせらる平地に於ける井水の泉脈は一條又は數條よりなり必ずしも井底に存せずかく層狀に孕泉部の存するは沖積層地の成立が然らしめたるものとす彼の河川が土砂を湖海に送るや洪水期には砂礫多く平水期には細土なり従て第二一圖に示す如き堆積狀を來す可し然も其露頭 $a$ 、 $b$ 等は河床と關係ありて然らざる場合にも集積雨水の通過を受くべくかくして始めて豊富に地下水の湛へらるゝことが容易となるなり。

以上述べ來りたる處を要約するときは地下水又は孕泉部が容易に成立する爲には次の如き條件あるべし。

一、土地には特に水を滲漏せしむるに容易なる部分ありて砂礫裂隙の如きもの之が給水を受け水脈をなして地下に沈下し其集積が地下水又は孕泉部を形くるなり。

二、少量の降雨の場合に於ても給水の豊なる爲には雨水は集積して窪地の潦水となり或は何川溝渠の水となりて良滲漏部に注がざる可らず。

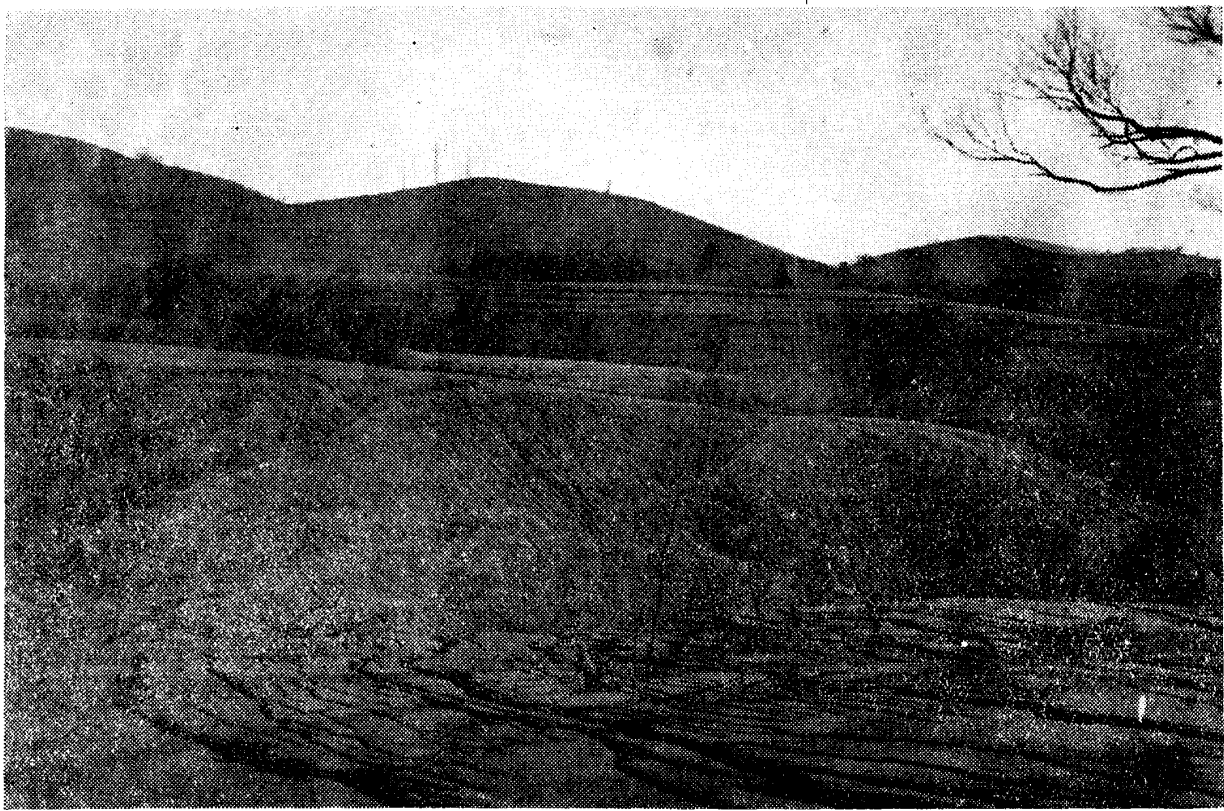
三、良滲漏部以外に徐々に滲漏する水分は多くは毛管水として土壤に保持せられ又之より蒸

發せられ植物を養ふに適するものたりかゝる部分に降りたる雨水は大部分横溢して低所に集積す。

四、降水の三分一或は五分の一が土中に滲漏するものなりとするは良滲漏部と不良部とを平均したる場合を云ひたるものとす而して泉の湧き口は濾水桶の呑口に相當する處なり。

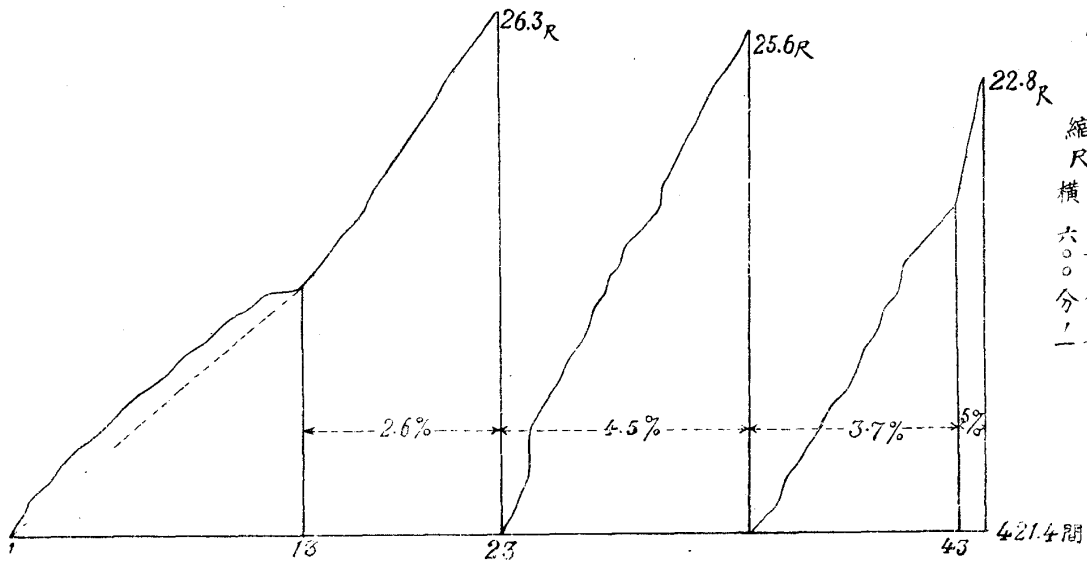
#### 第六章 山岳ノ貯水状態

河川の水源は多く山岳に存す彼の熊本の水前寺淺間山の北麓鬼の押出に存する多量なる泉又沼津浮島沼の富士山の絞水等は平坦なる所より川源を形くるとあり得るも此等は火山附近によく見る處にして尙其本源は之を山岳に歸せざる可らず然らば山岳は如何なる状態にて水を貯藏するや之を論ずるには先づ山岳に於ける溪谷の構造より述べざる可らず谷の最も單簡なるは成層火山の輻射狀谷なり其成立の初めは多數の掘れ溝(Rinosen)なるが浸蝕の度の進むに従ひ合して深谷を生じ左右に岐谷を形くり其發達一定の度に達すれば四時絶へざるの流を生ずるなり寫真第二號は大正三年櫻島噴火の節輕石質火山礫の堆積が降雨に遇ひ掘れ溝を生じたる状態にして溪谷發達の初期たるものとす火山に於ける輻射狀谷は森林なくして表流を見ざる岩手縣岩鷲山柳澤登山口の大堀れ鹿兒島なる櫻島の如きあり森林に乏しきも潺々の水聲を絶たざる大分縣九重山の如きあると共に他方には林相佳良なるも溪流に乏しき霧島山麓中の高千穂白鳥岳の如きあり然ども何れも溪谷の床下には多少の水が貯へられたるものとす故に山麓の下位に至れば豊なる泉を生じて川源をなす場合多し此等の河床の勾配と溪流の成立とは一定の關係あるものにして明治四十一年中盛岡高等農林



第 二 號

岩手縣岩手郡御明神村赤澤川  
 縦断面 縮尺 高二二〇分一  
 横六〇分一



學校御明神  
 村演習林中  
 を貫流する  
 赤澤川の本  
 流につき河  
 床を測定し  
 たることわ  
 り其縦断面  
 は上に示す  
 が如し本河  
 の流れは多  
 からずと雖  
 ども管流を  
 行ふには充  
 分なる水量  
 なりとす圖  
 中の第一點  
 は北上川の

第 二 十 二 圖

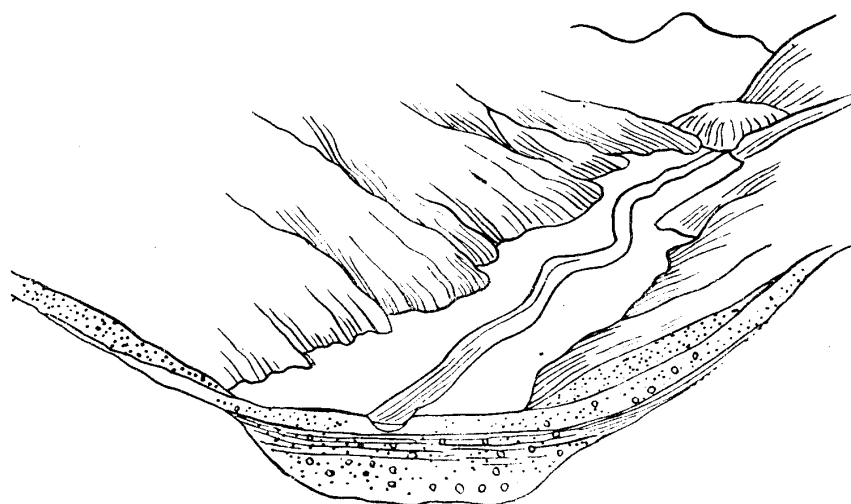


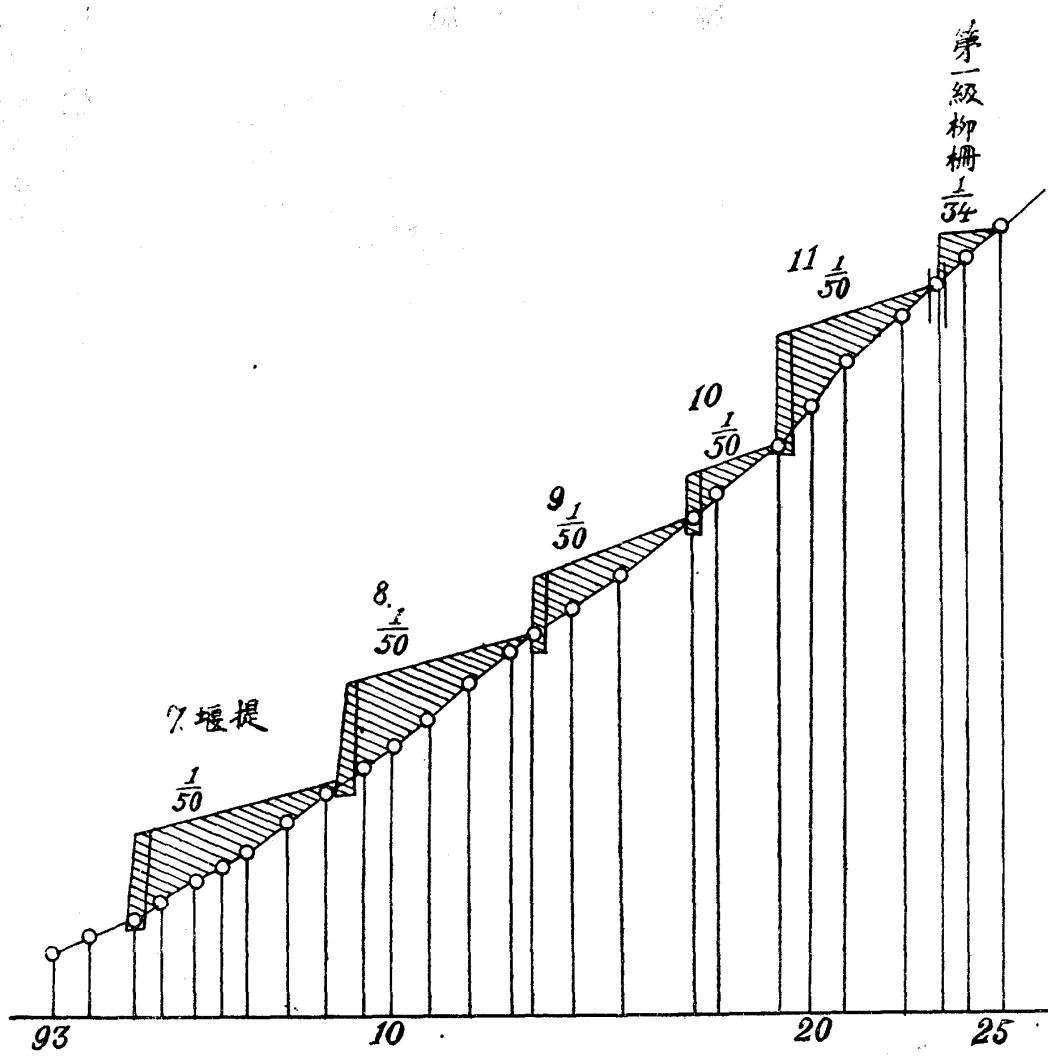
Fig. 22

一大支流瀧川に注ぐ處にして洪水時に流速を制限せらるゝよりして第一三點迄は砂礫の堆積を生じ河床高まり爲に平時には表流なく皆河底水となりて瀧川に注げり第一三點より第三

地下水の泉脈を受け給水せられつゝあるを推測し得べし若し地下水の湛位以下の砂礫量を  
知り得れば其容量の四割内外の水を貯藏したるものと認め得べし由て一時流れを中斷する

二三點迄は平坦部にして普通に見る勾配たり第二三點より第四二點迄は勾配急なるが如きも急湍小瀑の存する所たり第四三點以上は水量非常に減じ流れ絶へ森林地帯の谷筋に入る所なり今本河流につき水の分布を研究するに第一點より第一三點迄の河底水部は表流なしと雖ども一尺内外にて地下の湛位に達すべく此處に水は貯藏せられ絶へず流れを下方に送りつゝあるを見るべく第一三點以上に於ても表流以外に河底水の存するを知るに難からず河床堆積の砂礫の深さは之を調査し得ざりしも架橋坑入の節少くも一米以上に達するものと推測せり其經濟農場に通ずる第一八點前後の想像横断面圖は第二二圖の如し即ち河床なるものは多くの場所に於て流れの方向に河底水として水を貯ふるのみならず其の左右に於て亦

第二號支溪縱斷面 縮尺 橋二〇〇〇分一



も此點より下位にある表流竝に何底水は次第に下方に流れ下り貯藏したる水の幾分を送り得るなり之を以て或る河川に供給せらるゝ水量は全部が特別なる水源に貯へらるゝにはあらず河身全體に亘りて湛へられたるものとなし得べし第二四點以上は河床に多少の段階を見る部分にして各段階間には又砂礫の堆積を見るべく或は淵となりて溜池狀に存することある部分たり此段階狀態の依持は水勢に關係し浸蝕を受けざる程度に於て成立するなり即浸蝕基線に於て存すること野溪(Wildbach)に横堰堤を施工したると同一の狀態

に存す畢竟野溪工事は自然の階段的状態を模倣したるものと云ひ得べし野溪工事により小量ながらも或る期間流れの成立を生じたる例は之を愛知縣下瀬戸の砂防工事に見るを得べし次圖は同所床内川支流に施工せられたるホフマン式堰堤工事の一部を示したるものなり説明書による該部は溪底勾配一〇%に達し暴流を生じ易き所なるを以つて多數の堰堤工事により勾配を一乃至二%にせんとす内部に土砂を堆積せしむる爲には藏臼を設け或は土管を敷設し水の之より漏洩する様にすとあり該堰の大なるものは一〇〇立方米以上の土砂を堆積し得べく柳柵工事にも五立方米内外に至り得べし假りに堰堤の爲に五〇〇立方米の土砂が堆積せられたりとせば雨時には二〇〇立方米内外の水(容水率四〇%として)を貯へ得べく此の水は或る期間徐々に放水せられて流れとなるものにして其量は土砂量の一〇乃至二〇%に及ぶべし即ち五〇立方乃至一〇〇立方米に達すべし大正元年余の調査せし當時は土砂の堆積充分ならず溜池狀に存したる部分ありたり水の貯藏としては溜池狀を以て却て可なりとす畢竟河川の貯水なるものは濾水桶並に水溜桶を連續して其水を最下部の桶より放水せしむる如き状態に異ならざるものとす。

前述せる如く溪流が階段式となり或は人工により横堰堤を設けて之に土砂を堆積せしむるときは下流の河床を著しく埋めたる土砂は或る程度に減少す次表床内川支流の成績に表はるゝが如し之れ降雨毎に流出して堆積したる土砂は工事後水と可淘汰分のみとなり河床を埋めたる砂礫は次第に流失し之を補ふものなきによる櫻島噴火による降石も一時河川を埋めたるも山岳より降雨毎に供給するものなきに至りて舊態に還れり。

床内川支土砂増減表(尺)

河川名	年 度	明治三	三	三	四	四	四	四	大正一	二	三	
矢田川小支川		0.70	2.50	3.00	0.50	0.50	0.70	0.55	0.50	1.30	1.40	1.50
矢作川支川		0.60	0.80	0.80	1.00	1.10	1.30	1.50	2.30	2.00	2.30	2.50

備考 河床上下の順調を缺くは施工年度の異なるものを各支流に有するによるならん

實驗室に於て前述の貯水状態を検せんとせば第二三圖に示す如き漏水計を使用すべし其構造は亞鉛板製の樋に區割を設け金網又は有孔板にて土砂を支へ且つ漏水せしむる様にしたるものにて詮り瀘水装置を連絡したるものとす今一區にV量の土砂を充たし水の飽滿状態より毛管水状態迄に放水する量を容積のV%とす各區に於て放水迄に蒸發する量をm%とし各區同一と假定すれば第六區の水が第一區の末端より放出し終る時の水量は  $V^{0.1-m} \times \dots$  なり之に由て全體の放水量は  $V^{0.1-m} + V^{0.1-m} + \dots + V^{0.1+m} = \frac{V^{0.1-m} \{1 - (1-m)^n\}}{m}$  となるべく一區の放水時間がもなれば全區の放水時間はとの約六倍に等しからん而して水壓は一區のみ限らるれば全體の放水速は一區の場合と等しかるべし之れ上部より失はるゝ所を直に補へばなり彼河川の水量が降雨の減少により影響せらるゝは勿論なるも割合に長く同一水量を持続するは前記の場合と同様なる状態を呈することあるによるならん余の作成したる漏水計は七區にして川砂を使用したるが孔竅率三七%容水率二〇%にして一區の長さは一尺幅八寸深さ三寸とし全體二〇度の傾斜に置きVを三〇〇〇立方糎として試みるに一區の漏水量平均一五%時間三分なり七區全部につきて檢するに漏水量一區の七三倍持續時



第 二 十 三 圖

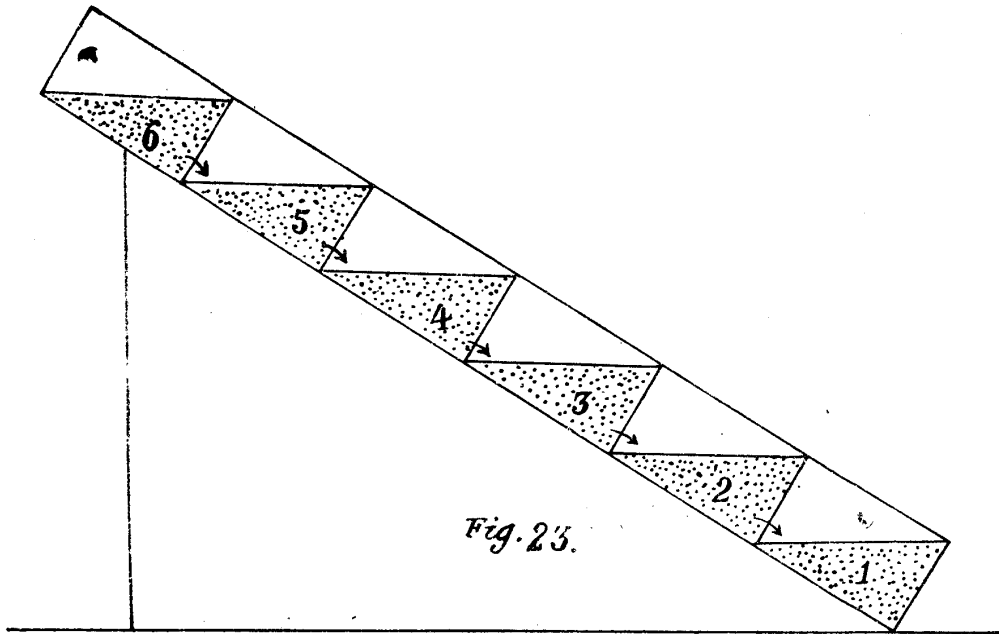


Fig. 23.

間一七分なり其計算と相違あるは各區を均一に飽水せしむること困難にして過量の水を與ふることに傾き各區間に水壓が全く獨立せざるに因るものなるべし。

前掲漏水計の或る區に於て砂量を他區より少なくするときには此區だけは表面に漲水するを見る自然の溪流に於ても一定の堆積土砂が容水量以上の水量を供給せらるゝときは餘分の水量は表面流水となり現はるべし岩手縣岩鷲山彙網張附近の溪流には階段をなす水落の部分のみに表流ありて緩斜部には砂礫著しく堆積し河底水として流水の存するもの多し然れど一般に流量の増し來ると共に河床中には之を全部貯へ難く表流を増加し恰も溜池を連続したる如き状態にて貯水するなり人若し山地を跋涉するに當り溪谷に於ける水の有無を横堰堤式の土砂堆積並に溜池状態にて判断せば山岳の貯水につき思ひ半ばに過ぐるものあらん大體に於て水に缺乏する溪谷は勾配急且つ一樣して河床は大なる轉石岩塊基岩よりなり砂礫少なく又溜池狀部の少なき

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

を見るべし之に反し潺湲の流れ涼々の聲を聞く溪流に在りては時に飛瀑の數十尺に及ぶものあり或は急湍雪を吐くの部分存するも其中間は二%内外の緩勾配にて轉石岩塊の外礫砂等の堆積ありて又溜池狀に小淵の存在するを見ん之れ水を貯藏するに適當なればなり第三章積土泉の場合に實例として掲げたる霧島山麓大浪池に存する輻射狀谷は向つて右に存するものは左に存するものよりも階段狀態の少なき爲めに表流を生ずるに二〇〇米以上の差あるを見る。

抑も溪谷の構造たる成層火山の輻射狀谷と雖ども決して簡易なるものにはあらず況んや地層の褶曲斷層等より成立する水成岩地にては一層の複雑なる地盤狀態を呈すべし然れども山岳に於ける水の貯藏狀態たるや大體に於て横堰堤式の土砂堆積溜池狀部の形成に基き其間に第三章に述べたる各種の孕泉部が湧口を開くにありとす他語を以てすれば溪谷の積土に孕在する泉を主たるものとし之に他の各種の涌泉が連結したるものなり故に山岳の貯水部は谷筋に主として存在す若し流水の持續を望まば谷筋を保護して土砂の流失を防ぐの必要あり之れ既に森林の效用の一部を證明するものと云ふべし其時に森林の存在するも必ずしも流水を存せず或は流量の豊ならざる溪流あるは次章に於て之を説かん。

### 第七章 山岳ガ水源(涌泉ノ貯藏部)トシテ適當ナル理由

河川の水源が多く山地に存するとせば山地が平地よりも水を貯ふるに適當なる理由なからざる可らず請ふ先づ水を供給する降水より之を述べん

地中に存する水分は主として雨雪特に降雨に其供給を仰がざる可らざるは屢述べたる所な

るが此雨の成因につきては未だ充分に闡明せられず現今學者の信ずる所にては空氣中の水蒸氣が雨となるには三段の順序を経るものとせらる乃ち第一に空氣中に含まるゝ水蒸氣が飽和し第二に飽和したる水蒸氣が凝縮して小水滴となり第三に小水滴が結合して大水滴となり時に之が氷結して下降するとするにあり空氣中には或溫度に於て水蒸氣を含み得る極量あり之を飽和點にありと云ふ別表に示すが如し。

飽和水蒸氣一立方厘米の重量(瓦)

溫度	重量	溫度	重量	溫度	重量
—29	0.50	— 9	2.55	11	9.93
—28	0.54	— 8	2.74	12	10.57
—27	0.59	— 7	2.95	13	11.25
—26	0.65	— 6	3.17	14	11.96
—25	0.71	— 5	3.41	15	12.71
—24	0.77	— 4	3.66	16	13.50
—23	0.84	— 3	3.93	17	14.34
—22	0.91	— 2	4.21	18	15.22
—21	0.99	— 1	4.51	19	16.14
—20	1.08	0	4.84	20	17.12
—19	1.17	1	5.18	21	18.14
—18	1.27	2	5.54	22	19.22
—17	1.38	3	5.92	23	20.35
—16	1.49	4	6.33	24	21.54
—15	1.61	5	6.76	25	22.80
—14	1.74	6	7.22	26	24.11
—13	1.88	7	7.70	27	25.49
—12	2.03	8	8.22	28	26.93
—11	2.19	9	8.76	29	28.45
—10	2.36	10	9.33	30	30.04

今溫度二五度の空氣一立方厘米が極量の水蒸氣を含みたりとせば前表により二二、八〇瓦を有するなり然るに此空氣が冷却して二〇度となりたりとせば此溫度にては含有極量水分は一

七、一二瓦なる故に其差五、六八瓦は凝縮水分となり空氣中より分離せざる可からず降雨現象が此の如く空氣の冷却により起るものとせば空氣の冷却を起す原因を知らざる可らず之につきては(一)空氣の直接冷却(二)溫度の異なる空氣の混合(三)空氣の斷熱的膨脹の三を數へ得べし以下此原因につき略述せん。

(一)空氣の直接冷却 水を盛りたるコップに水滴の凝縮する如く空氣が寒冷なる物體に接觸して傳導により熱を失ふて水分を放出する場合を言ふ空氣の大塊を此方法にて冷却するには非常に永き時間を要すべく又二者の溫度は平均し行くを以て早く冷却作用を止め降雨の原因をなすべしとは認め難かるべし山上に空氣の接觸する場合も特に山上が周圍の空氣より冷却したりとは考へ難く事實に於て又然りされれば彼山上に雲を見るは他の原因によるものとせざる可らず。

(二)寒暖兩空氣の混合による冷却 溫度の異なる空氣の大塊が氣流により互に混合するときには高溫空氣の冷却あるべし例へば溫度二五度の飽和空氣と零度の飽和空氣が混合したりとせよ此場合混合空氣の平均溫度は一、二、五度とはならず之れ水蒸氣凝縮の爲に潛熱を發し幾分氣溫を高むればなり計算によるに此溫度は二、四度にして混合空氣は一、四、九度となるべき筈なり此溫度の含有水蒸氣極量は一二、六瓦にして混合空氣一立方米中には一、三、八瓦の水蒸氣を極量とする故に其差一、二瓦が凝縮水分となるべき部分なりとす此が全部雨となりて降るとするに高さ一〇〇〇米の兩空氣柱が混合して僅に一、二耗弱の雨を降すに過ぎず故に霧を生ずることあるも降雨の主因なりとは認め難からん。

(三)空氣の斷熱的膨脹による冷却 凡そ氣體なるものは定壓の下に溫度一度を高むるときは

零度に於ける其容積の二七三分の一を増加す若し反對に温度の供給を絶ち壓力を減じて増容せしむる時はこれが爲に内部エネルギーを減じて幾分温度を低下すべし其割合は氣體の種類により相違あるが空氣の場合は零度の時の二七三分の一の増容により〇、二八六七度を低下すべし此法則は物理学上顯著なるものにて之を斷熱的に膨脹冷却すと云はる今何等かの原因により空氣が上昇して高所に至るとすれば氣壓の減少に従ひ空氣は容積を増大すべし而して此際熱の供給を受くること甚だ少なかるべきを以て膨脹のために次第に温度は下降すべし計算によるに含水蒸氣空氣の斷熱的膨脹冷却は一〇〇米を上昇する毎に〇、九八度なり但し實際には水蒸氣凝縮のために潛熱を出すを以て半ば以下に減ずべし此場合に於ける空氣の冷却は充分降雨の主因となり得べきものにて一例を上ぐれば次の如し。

今温度二五度の飽和空氣一立方米が二〇〇〇米の高所に上りたりとすれば此空氣の温度は約一七度に下るべし二五度の飽和空氣中には二二、八瓦一七度に下れば一四、三瓦の水蒸氣を含むべし二〇〇〇米の高所にては地上一立方米の空氣は膨脹して一、二五立方米となるを以て水蒸氣を一七、九瓦含み得るに至るべし $(14.3 \times 1.25 = 17.9)$ 由て其差四、九瓦の水分は排除せられて水滴となるべく若し空氣の上昇が毎秒一米なれば一時間に分離する水分は一八呎に達し之を悉く降雨となるべきものとせば一時間一八耗の雨量となるなり一時間一八耗の雨量は可なりの豪雨にして普通は一耗乃至二耗に過ぎず故に空氣昇騰速を毎秒〇、一乃至〇、二米と假定するも尙降雨の原因として充分に認めらるべし(以上岡田博士著、雨)

前述の如く空氣を冷却して含有水蒸氣を降雨となすの原因は之を斷熱的膨脹に歸せざる可らず之に由りて降雨を類別すれば(一)低氣壓性降雨(二)地形性降雨(三)對流性降雨の三あるを認

むべし。

(一)低氣壓性降雨 梅雨を始め颱風による豪雨其他大多數の雨雪は氣壓の低下により起るものとすべし我國に於ける低氣壓は其源を遠く南洋南清に發する場合多く氣壓に高低あるときは其周圍に空氣の渦動を生じ風を起すと共に又上部に空氣の昇騰あるが故に斷熱的膨脹により降雨を生ずべし森林に關係する處なし。

(二)地形性降雨 濕氣を帶びたる風が陸上に吹き入るときは摩擦のために速度を減じ多少上昇す殊に山脈に當る時に著しかるべし此場合には空氣の斷熱的膨脹あるを以て山前山腹に降雨あらん風の山を越ゆるや少しく下降すべし然らば氣壓の増加の爲斷熱的收縮を來し氣溫高まり水蒸氣は飽和に遠かるに至らん彼山巔に雲のかゝりて一方に棚曳き消ゆるを見るば之が爲にして直接冷却によるにはあらず北米の西海岸に於てコースト山脈カスケード山脈等が西面に主として森林を生ずるは此方面に濕氣の凝縮すること多きためなるべく日本海方面の降雪量の多量なること有名なる京都の時雨等皆濕風の山脈に對する昇騰によりて説明せらる此場合には森林が多少降水量に關係あらんとせられたることありたり。

裏日本に於ける季節風に伴ふ降雪が何れも山脈に近き陸上に多からずして却て海上二〇哩の處にても多量の降水あることは單に地形に伴ふ降水とは言ひ難きが如し之につき氣象學雜誌第三八年第六號に説明せられたる處を見るに次の如し。

晩秋より中春に互りて優勢なる低氣壓が日本海或は本邦太平洋岸を通過し去り北支那の高氣壓其跡を追ふて頓に發達する時即ち西高東低の等壓線型式の時裏日本一帯の地は優越なる偏西風に伴ひ恒に降雨或は降雪を見ることは既知の事實にして其成因は單

に山脈に對する上昇氣流の斷熱的冷却とのみ見る可からず之れ海上にも非常の降水ありて却て陸上に少なきことあればなり思ふに之は等壓線が西高東低の時裏日本に來る偏西風が陸地に衝突し一部山腹に堆積して鞍狀の高壓帯が出現し從て海上に低壓部を生ずるによるものなるべくこれが爲此處に空氣の昇騰が起りて降雨を來すに至ると説明し得べし。

(三)對流性降雨 夏季には多く積雲を生ず其下部は空氣の上昇する處にして地面の強く熱せらるゝより起るものとす上昇の勢大なるに至れば斷熱的膨脹冷却により降雨を來し得べし熱帶環の無風帯に於ける雨並に夕立は之に由て起るものとなし得べく此降雨亦多少森林に關係あらんとせられたりき。

山岳は高さを増す毎に雨量を増加す但し高山なるときは一定の高さに最多雨帶あり之以上は又次第に減少す例へば筑波山に於ける觀測を見るに左の如し。

山腹	海拔六七〇米	雨量一四一七耗
中腹	同 二四〇 "	同 一五三七 "
山麓	同 三〇 "	同 一二九五 "

此等の現象は顯著なる事實にして既に熟知せられたる事項なるを以て茲に項を分ちて冗言を費すの要なかるべく苟も氣流の昇騰を起し降雨を増加せしめ得べき山岳なる時は森林の存在に無關係に貯水に適當なる一條件を具備するものと云ひ得べし。

山岳は雨量の増加の外に蒸發の少なき條件をも有す乃ち山上の溫度低きことは飽差を小ならしめて蒸發を減すべしかの冬季晴天に係らず霜融の容易に乾燥せざると同一の理由を有

するなり加之山上には積雪の緩慢なる融解を又一の好條件に數へ得べし。

雨量の増加水分蒸發の減少等は山岳が一定の海拔高に達せざれば起らざる現象なるが雨水の集積と貯水部の一致とは小丘陵にも之を實現し得べく之を山岳の貯水に適當なる一大理由として掲げ得べし。

山岳は平地よりも雨の爲に掘れ溝を生じ易く其水蝕の發達は懸て谷筋となり地盤の構造傾斜の状態により一つの集合區域を形くるに至るべし乃ち多くの谷筋は一つの幹線に集合し山麓に近き谷口を通過して平坦部に出づるを常態とす故に山岳に降雨あるや雨水は必ず何れかの集合區域によりて谷口に出づべく喩へ少量の降水なりとも山上より傾斜面を下るに従ひ次第に集積して谷筋に流入し更に相合して少なからざる水量を下方に送り得べきものなり曩に述べし如く山の谷筋は適當の條件下に於ては水の貯藏部を形くる所にして其部に堆積する土砂礫石は間隙に水を貯へ溜池狀部は淵となりて又水を湛へ谷筋の左右には積土基岩の裂隙等ありて共に山上より集積し來る雨水により孕泉部を形くり各種の涌泉を出現し易かるべし要するに降水の集積と貯水部の一致とが存在し得るものと云ひ得るなり若し夫れ山岳の構造一樣にして恰も川砂を盛り立てたる如きものならんか雨水は各部に一樣に滲漏して水分の貯藏はあり得べきも水の集積なきを以て容易に溪流涌泉とはなり難かるべし然るに自然の妙用は少量の降水も集積すべき谷筋を形くり此處に集まりたる降水は一部は流出するも一部は土砂礫石の間隙に豊富に貯へられ或る期間徐々に放水して水源なるものを形くるなり我社會經濟の或ものに酷似したりと云ふべし。

以上は山岳の水を貯藏するに適當なる理由なり従て諸川の水源は多く山岳に存す然ども單



に一山を取りて之を見るに雨量の相當なるに係らず一溪必ずしも流れを有せざるものあり其原因たる地盤の構造地貌の老幼を主とし森林の有無にも關係す森林の關係は之を後章に

譲り先づ水成岩地よりして其關係を説明せんとす。

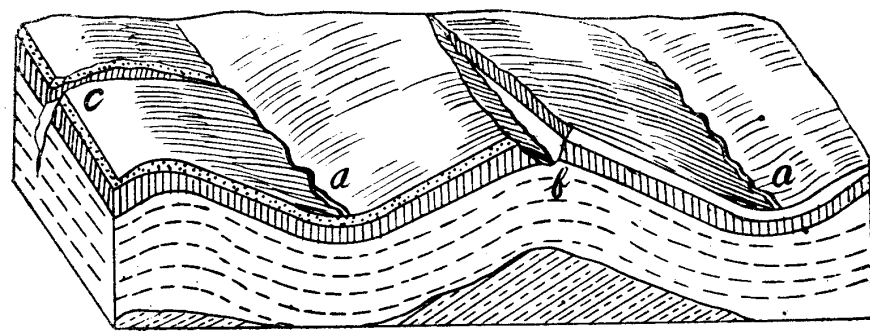


Fig. 24.

圖 四 十 二 第

より結合して生じたるものにして其山岳を形くるは隆起して水蝕を受けたるためにして元來平坦なりしものも谷により縦横に刻まれるれば遂に山岳を生ずこの種の山地は我國にては第三紀の地層尾張の瀬戸の如きに之を見る地層の水平なる爲、水豊ならず若し地層が地殻の收縮による横壓力を受け褶曲を生じ之か水蝕によりて山地を形くりたるものなるときは第二四圖の如く明瞭に區別し得べき三種の谷を生ず褶曲の間に生ずる(a)の如き谷は縦谷と稱し谷廣く水を生じ易きも(b)の如く褶曲の頂部に生じたるものなるときは向背層なるを以て水の沈下し易き場所を生じ谷の兩側と共に水少なきことあるべし又其褶曲を横ざりて裂隙中に生ずること(c)の如き谷は横谷と名け兩側

は絶壁をなし水に乏し此横谷は縦谷に連絡する場合多し四國の吉野川、天龍川等に之を見る地層には褶曲による外に斷層によりて數種の谷を生ず第三章層泉の場合に述べし如く孕泉

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

部の形成は地層の向斜向背に關係するを以て水の貧富に著しき差を生じ得べし水成岩地は上述の如く水に乏しき溪谷を形くることあるも地貌の状態第二五圖の如く銷磨大に至り壯期の終りに至れば水を生ぜざるもの稀なるべし地貌の輪環より見るに谷の發達も之を幼壯老の三期に分ち得べく幼期は斷崖絶壁多きを以て水を貯ふる部分少なく老期に至れば餘りに平坦に近く水を貯ふるも流を生ずるの落差少なきに至らん即壯期を以て溪流に富める時代となすべし。

圖 五 十 二 第

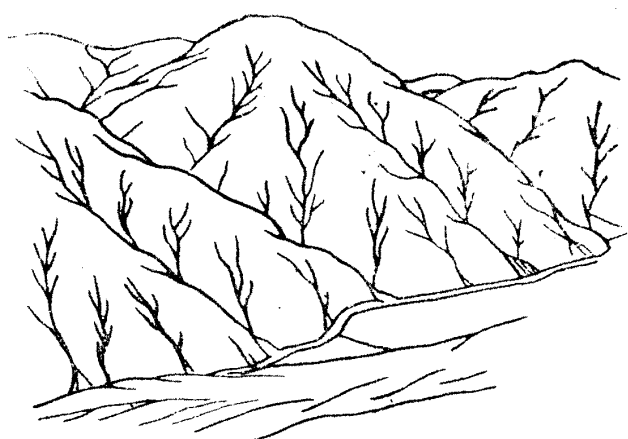


Fig. 25

深造岩たる花崗岩其他の噴出岩にありては地盤に變化少なく積土だにあらば水流を成立せしめ得べく新噴出岩即火山地にては然らず之れ層狀をなせばなりかの厚き火山礫を溪底とする谷筋にありては水の非常に深く且つ容易に滲漏するよりして平時に流れを生じ難く森林の存在に關係せざることあり大正三年の櫻島噴火に際し噴出したる熔炭塊は厚さ三〇乃至五〇米長さ四軒に達す安永八年の噴出物は一五〇年前其上部に幾分の草木を生じ多少谷の如きを形くると雖ども勿論水流あることなし此等の場合にありては水の貯藏なきにあらざり深く沈下するにあり故に谷口を去ること遠からずして魔の泉の如き盛なる涌泉を生じ諸川の源をなすなり。

第八章 山岳ニ於ケル水源ノ涵養上森林ノ有效ナル作用

森林と水との關係其他氣象上に於ける森林の作用を學術的に研究せんには一に比較試験に俟たざる可らず而して比較試験としては成るべく複雑明瞭ならざる因子の輸入を避くるを原則とす従て森林としては平地林を選ぶを可とす之れ碩學エーブルマイヤー其他ラマン教授の如きが山岳に於ける森林の所謂水源涵養作用に一指を染めざりし所以ならんか此の如くして林内外の土壤水分の比較地下水面の高低其他の事項が研究せられ遂に森林は却て著しき水の消費者たる事の明にせらるゝに至れり今後廣く且つ精密に研究するも平地林にありては樹木は水源涵養に有利なるものなりとの結果は到底得られざるべし。

東京大林區署に於ける有林地と無林地に於ける水源涵養比較試験にては山地なる複雑の因子を輸入せりこれ流水量觀測上已むを得ざる事項なるも比較試験の正確を期する爲めには少なからざる苦心の存したるを窺ひ得べく結果として試験の混亂を來すことあるは亦避け難き處なりとす此の如き比較試験を廣く多數に行ふに於ては降水量對流水量の關係或は豫期に反する場處を生ぜん現に太田試験區の如き(林業試験報告第一二號六〇頁)聊か之あるを見るなり要するに森林が水の消費者にして直接に水源を涵養せざる事は最早論なしと見て可なり然るに我國に於ける水源涵養問題は之を山岳と分離して論じ難く山岳林としての森林の作用につき之を研究せざる可らずエーベルマイヤー教授並にハルトマン氏も已に此點に注意を拂ひ山岳林又高峻なる山腹にては地中水分よりも基岩の裂隙に滲漏して集積する水分の水源涵養上重要なるを言へり(Ebermayer u. Hartmann: Untersuchungen über Einfluss des Waldes auf den Grundwasserstand) 我東京大林區署に於ける水源涵養比較試験も該報告書七二頁に於て

土地の立體的性質なる題下に、

此所に所謂土地の立體的性質とは専ら降水の滲漏し得べき基岩以上の表層土壤の立積關係を言ふものにして同一の平面的性質を有する土地にありては表層土壤の立積大なる程降水に伴ふ斜面流下水量を減じ土地保水量を増し平時流水量を増大するの傾向あり。

と述べて森林の有無に關係せずして河川の成立すべきを暗に論結せり之れ第三章に述べし積土泉なり苟も我國にて水源涵養問題を闡明せんとせば先づ山岳より究めざる可らず今や章を重ねること七余が専ら山岳の適當條件下に降水貯藏に適當なる理由を論述したるは一に茲にゐるなり既に此點に立ちて森林の作用を観察するに困難なる比較試験によらざるも自ら分明し來るを發明す之を節に分ちて説かん

### 第一節 森林と雨量及山岳林の雲霧を捕捉する作用

#### Ⅱ 局部的絶對流水量の増加

森林が雨量を増加するや否やにつきては幾多の觀測あり往時世間に信ぜられし如く森林により降雨の多きを望むが如きは今日學者の採らざる處にして其經過は已知の事項なるにより茲に贅言するの要なかるべし(森林と降雨、岡田博士著雨三一四—三二〇頁)(植村教授調査森林と治水三一頁—三七頁)既に第七章に述べし如く降雨の大部分は低氣壓性なり我鹿兒島の如く低氣壓襲來の前面にある所にては天氣豫報の降雨は時に數方里の天地には的中せざることあるも豫報なくして降雨あることは殆んどなし其之れあるは夕立なり此夕立は地面の空氣が熱せられて上昇する場合即ち對流性の降雨なるが山岳森林の多き所に積雲の昇騰

盛なる觀あるも其水分は元來該地面より蒸發したるものなれば、喩へ直下に降水するも別に水分を其地に加ふるものにあらず、況んや直下に降水するが如きことは出現し難きものなるべし。地形性の降雨に於ては我國にては山岳と森林とは分離し難く、平地の大森林は殆んど見る能はず、林内の降水量が林外より少しく多きが如きは、今日にては雨量計による誤差或は風の關係と思考せらるゝに至りては、森林による降水量の増加は最早特に論ずるの要なけん、然ども場所により山岳林が雲霧を捕捉する量に至りては之を等閑に附すべきものにあらざるなり、即ち之に由て局部的なるも河水の絶對流水量の増加が希望せられ得るなり。

山岳に樹木が存するときは雲霧の通過するに當りて之に遮られ地上に多少の降水をなすものなることは、本田博士保安林造林法立の三一頁(森林は雲霧を捕へて水滴を生ぜしむるものなること)及岡田博士著雨の三二〇頁に樹雨の記載あり、實驗としては筑波山測候所の佐藤君が時として木立中に一日一〇耗に近き樹雨あるを觀測したるを見る、氣象集誌第三〇年二三四頁に曰く

降水は雨にても雪にても大小各種の粒滴を成し、其中稍々大なるものは風力の弱き時は可なり、に直下若くは斜下するも其微細なるものに至りては全然降下し能はざるものなり、是れも廣義に於て降水中に計量すべきものなるのみならず、應用上よりするも看過す可らざるものにして、高山觀測所の如き殊に注意すべきものなり、余は是を動霧と稱す、普通の雨量計には全く降下する事なきも何か空間の地物に衝接するときは盛に滴下するものなり、土地の人は是を樹雨(キアメ)と稱す、空間より降るものに非ずして樹より降るが如きを以てな

り余等觀測に於てN三の符號を雲形欄に填充し濕霧となす場合なり試に樹下に滴下する量を測定すれば其一日の量一〇耗に及ぶこと多く且つ普通降雨の際には雨量計にて測りたる外此樹雨を併量する時は一日五耗以上二〇耗の増量となるべし當山頂に冬季現出する樹氷も全く此動霧の作用なり假りに數歩を譲りて此水分を集むべきや否やは降水量として重大の問題にして一朝にして決す可らずとするも水源地としての山林は確かに此樹雨の爲め絶えず涵養せられ且つ暴風雨等の場合には其衝接面の大なる丈風速度の大なる丈著しき多量に上ぼり決して閑却すべきものに非らざるなり云々。

筑波山の降水日數を假りに年一五〇日とし林内雲霧凝縮量を降水日一日中一〇耗なりとせば年一五〇〇耗に達し枝葉の阻止量並に樹木蒸發量を差引くも尙甚だ大なる降水量となるべし。

余は大正三年四月より大正四年四月迄一箇年余一種の捕霧装置を用ひ之を鹿兒島高等農林學校演習林事務所の普通雨量計(海拔五〇〇米)の側に置き其降水量を比較せり捕霧装置としては方二耗目の金網を挿入し高さ三三厘の圓筒狀をなさしめ尙他の一個は六六厘の金網を使用せり二耗目の金網は雲霧を捕捉するには不充分なり其内部に草莽木葉の如きを充たすを可とす然れどもかくすれば著しく降水量を増加し降水の配置を換ゆるの觀を呈し且つ始めより長時間の觀測をなすを企てしを以て金網のみを採用せり我演習林は雲霧の少なからざる所なりされども雨と區別して測定することは困難の位置にありしを以て風の影響少なき所を選び二者を合せ觀測せり其結果高さ一尺の金網にては年降水量に二割三分の増加あり

り高さ二尺の金網にては時に普通雨量計に三倍する量を得たりき(鹿兒島高等農林學校學術報告第二號本校演習林中に於ける雲霧凝結量の一觀測、淵野、岡積)

一九〇三年より一九〇五年の乾夏中マーロート氏が (Dr. Marloth, Hanns Referat: „Ueber die Wassermenge, welche Strücker und Bäume aus treibenden Nebel und Wolken auffangen,“ in Meteorol. Zeitschr. Heft, 12, 1906) 南亞のテーブルマウンテン(ケープコロニーの水源)に於て南東の貿易風が送る雲霧の樹林又は草莽に由て凝結する量を知らんが爲捕霧装置を用ひて觀測をなしたる結果によれば少きも一八日間に一九〇耗多きは五日間に五三九耗に達することありて雨天の節は捕霧装置あるものは普通雨量計に數倍する降水量を得たり而して捕霧装置の捕捉する水量は勿論其位置により相違ありて雲霧の通過自在なる場所に最も多く叢林中にては前者の三分の一草莽中にて四分の一乃至八分の一に減ぜりと云ふ。

ハン氏 (J. Hann: Handbuch der Klimatologie Band I. S. 197) の測定によるに非常なる濃霧も其一立方米中には五瓦の水分を含むに過ぎず故に地上一耗の降水あるためには其二〇〇立方米が通過して悉く含有水分を放下するを必要とす然ども秒速五五耗の風あらば一時間にして能く二〇〇米を通過し得る故に山巔の如く嵐氣動きて止まざる所にては樹林により雲霧の捕捉せられて降水量を増加すること決して少々にあらざるべし之に由てかの河川流水量測定の結果降水量の不足に歸する部分を説明し得ることあるなり。

例(イ)フォレル氏(Forel)がゲンフェル湖の下部ローネーにて流水量を測定したるに降水區域に於て蒸發量を差引きて少くも一一五〇耗の降水あるべき筈なるに雨量計の示す處は七〇

○耗に過ぎず即ち差額四五○耗と蒸發量とは高部アルプスに於て雲霧が捕捉せられて主として之を充たしたるものとせらるゝなり (Gaaga T, 179.)

例(マ)日光中宮祠湖の流水係數は加藤恒三郎氏によれば次表の如し(氣象集誌第三八年第六號)

降水 量  $P \times 10$  (耗)

年 / 月	一	二	三	四	五	六	七	八	九	一〇	一一	年	
大正二年	一一二	一六一	三〇八	四〇六	八五一	一六六三	一三三八	二二七	三二九	一九六〇	一五二二	一一四六	一五〇七
大正六年	九九八	八六四	五〇六	一五〇二	一三六九	一〇三五	一五二五	一〇五三	一〇四〇	二〇八四	四四八一	九九九	一七三六
平均	一〇五〇	七六〇	四二七	九五四	一一〇〇	一三四九	一四三二	二二三五	二〇八〇	二〇三三	二九九七	一〇三八	一六四二

流入 水 量(耗)

年 / 月	一	二	三	四	五	六	七	八	九	一〇	一一	年	
大正二年	一一二	一	一一	三三	四	五	六	七	八	九	一〇	一一	年
大正六年	九九九	八五四	七七〇	七七一	九三三	一三三〇	一四八八	二八〇	二八七	一七七七	一八九〇	一一二〇	一五〇九
平均	一四九	一〇八九	八八八	八六六	一三四二	一五四八	一七〇〇	一六三二	一〇六八	九九七	三三二九	一五八七	一六〇七

流入 係 數(r)

年 / 月	一	二	三	四	五	六	七	八	九	一〇	一一	年	
大正二年	〇、九二	一、三〇	二、二二	一、七三	一、九六	〇、六八	一、〇八	一、〇五	〇、七〇	〇、八七	一、二五	一、〇六	〇、九八
大正六年	一、四一	一、〇三	一、七六	〇、五五	〇、九二	一、四九	一、三三	一、五二	一、〇三	〇、四八	〇、四九	一、七一	〇、九三
平均	一、一八	一、一七	一、九	一、二四	一、四	一、〇九	一、二二	一、二九	〇、八七	〇、六八	〇、八七	一、三九	〇、九六



前表は大正二年以降の五ヶ年中流量曲線を適用し得べき大正二年と大正六年とに於ける流入係数を下式に基きて計算したるものなり茲に一ヶ年としては暦年を採らず代ふるに前年一二月乃至當年一二月の期間を以てす是れ四季別流入係数算出上の便宜によるのみならず一二月が降水の大部分を地上に堆積せしむる初期に屬し其降水量は明に翌年に於て湖に入すべきが故なり降水量並に流量は月の大小に基く増減を避けんが爲に二月に於て之一、〇六大の月には〇、九五を乗じ孰れも之を三〇日間に對する量に改算せり。

$$r = \frac{(Q + Q' + E - P) \pm H}{P \times 10}$$

$Q_{mm}$  = 大谷川の流量

$Q'_{mm}$  = 湖底の滲出量にて毎  
秒150立方尺として計  
算す

$E_{mm}$  = 蒸發量

$P_{mm}$  = 湖面の降水量

$H_{mm}$  = 月中に於ける湖水の  
變化

$P_{mm} \times 10$  = 受水區の平均降水量  
にて湖水面に10倍す

前表による流水係数は月に於て二、二一を最大に最小と雖ども〇、四八を下らず年に於ては大正二年に〇、九八大正六年に〇、九三を示し孰れも一に近し降水の九割以上が流水するが如きは到底首肯し得べき事にあらず雄物川の流域に於て金森工學博士が調査したる所によるに

其年流入係數は一以上を示したりと云ふ(土木學會雜誌第一卷第五號降水量と流出量との關係)此等の理由としては山地に於ける降雪量が觀測に比し一層大なるべきものあらんも降雪融解に關係なき月に於ても流水量の大きなるを見れば之が説明は雲霧の捕捉せられたるもの少なからざるに歸せざる可らざるべし。

遠く之を望めば山巔に於ける白雲の去來の如き何等降水上に影響なきが如きも身一度山上に登りて彼白雲に包まれんか忽にして滿身霜を蒙りたるが如く水滴の裳袖に附着するを見るべし故に山上嵐霧を受くべき部分に樹林の存するときは特に雲霧を捕捉し細雨を停め降水量に増加あるべきなり通常の場合林内は降水の枝葉に支持せらるゝため林外よりも地上に達する降水量少なきは確なるも之れ普通の場合なり雲霧の多く且つ通過する處にては筑波山の觀測に於けるが如く林内の方林外より遙に大なり時に普通雨量計に倍する降水量あるべし我白根山其他の高山の火口湖に於て降水量の少なきに係らず水量の甚だ豊かにして溢るゝが如きものあるは又之を雲霧の凝結に歸し得べく即ち霧池 (Dew pond) の名稱が附せらるゝなり又涌泉の場合に述べし巔泉中には樹木が雲霧を捕捉して之を養ふものあるなり之に由て見るに森林の存在は局部的ながら河川の絶對流量を増加し得る場合あるべきものとす。

## 第二節 森林の土砂扞止作用より來る貯水上の特效

前節に述べたる雲霧の捕捉は山岳が相當の海拔高を有し特に嵐氣を受くる方面に森林の存する場合に限り效力あるべきものにして一部の山岳林を見れば其効大なるものあらんも之

を水源涵養上に於ける特效とは認め難し俗に杉は水を呼ぶと稱す此言たるや濕潤の地に杉は佳良なる生育をなす者なりとの言表はしとのみ見る可らず彼鹿兒島縣下種子島の如き第三紀の小波狀地に於て其小谷は多く山田となり谷頭には杉を仕立て所謂水源涵養林を造りて少量ながらも涌泉を生ずるが如き之を森林の作用として説明せざる可らざるものあるなり此場合空氣の昇騰による雨量の増加又は蒸發の減少の如き皆人をして首肯せしむべき原因にわらず然らば殘る處の森林が水源涵養上に關係ありとせらるゝ作用は流水量を調節すと思考せられたる次の四作用のみなりとす。

一、森林は融雪を徐々ならしむること

二、森林は土地の凍結するを防ぎ以て保水力を大ならしむること

三、樹冠は一方に於ては雨水の流下を遅らしめ他方に於ては樹根と相俟ちて地下水の生成を助くること

四、地被又は腐植土が雨水の流下を遅延せしめ且つ地下水の成立を促すこと

(本田博士保安林造林法IIの三九—四二頁)

森林内に於ては雪の融解が外部より比較的徐々なることは論なし明治四一年四月中盛岡高等農林學校御明神演習林内に於て調査したる一例を掲ぐれば左の如し。

場所の名稱	雪の深さ	下部よりも融解する爲に生ずる地面との空虚
大石野 樹蔭	三尺二寸	二寸
同 原野	二尺四寸	二寸五分

日蔭澤 樹蔭

三尺七寸

一寸五分

洞 伐跡地

三尺

二寸

此作用は高山地帯にては一層有效ならん然ども勿論水源涵養上森林の特效とは云ふ可らず其土地凍結を妨ぐが如きに至りては尙更然りとすべし然らば残る所は樹冠樹根地被物の諸作用のみなり之が地下水の成立を促し或は之を助くと云ふも森林の非常なる水分消費作用と相殺せんとする時は特效を之に認め難きに至るなり之れ樹冠樹根地被物の諸作用が水源涵養に如何なる影響あるやの説明せられざると平地林の場合を直に山岳林に持來すの致す所なり今茲に前述したりし如き泉の貯藏に適する山岳なる因子を加へ地下水を泉脈又は孕泉部として觀察するときは樹冠樹根地被物の諸作用一括すれば即ち森林の土砂扞止作用は實に水源涵養上に特效を有するものなり請ふ先づ土砂扞止の作用を掲げん森林が傾斜地の土砂を扞止し崩壊を保護するには次の諸作用あるべし。

一、錯綜せる樹根は粗鬆軟弱なる土壤を團結せしめ又水蝕作用に抵抗する力を増さしめ深く根の地盤中に入るときは機械的に龜裂崩壊せんとする部分を保持するに至るべし。

二、樹冠は降雨の直接地に落ちて土壤を叩き露骨作用をなすを妨げ雨水を或時間枝葉に保留し餘に之を林下に送り又幹を傳ふて下らしめ林内の落葉蘇苔未熟腐植質は相當の保水力ありて飽和する迄は雨水の流下を幾分防止する作用あり。

三、林内の落葉蘇苔枯枝羊齒類等の地被物は水蝕作用に對して地面を保護す。

四、立木根株並に倒木等は林内の流水をして左折右曲して流れしめ其集積流速を輕減す。

五、樹木は自體の重量により林地を壓鎮す。

以上の土砂扞止作用は勿論程度ありて地被物に保水力ありとも霖雨の後又豪雨に際しては殆んど效なく其他(1)地盤の性質(2)地貌の老幼豪雨に伴ふ風力等は森林の土地に對する保護力を無効ならしむることあり然ども大體に於て(3)高齡林地が比較的崩壊し易からざることは何人も首肯し得る所ならん。

(1)山地崩壊の種類及原因、脇水教授、大日本山林會雜誌第三五六號。

(2)地貌の輪環と原生林地の崩壊、淵野、林學士會報第九號。

(3)明治四〇年山梨縣下に於ける山崩に就きて、渡邊林學士。

前掲森林の土砂扞止力は緒言にも述べたる如く水源滋養問題を解決すべきものならんと想像せられ又山岳林に於て之れ以外に特效を検索すべき者なしと雖ども如何なる作用にて水源涵養に影響あるべきやは容易に説明し難かりしなり然るに大正三年に於ける櫻島の噴火は其多量なる噴出物により種々の水蝕的破壊現象を單時日に現出し遂に余をして彼の『地下水の成立を促し之を助く』なる語をして次の二項に約し森林の特效を認めしむるに至れり。

甲、森林の土砂扞止力は間接に谷筋に於ける水の貯藏部を保護し且つ其成立を助長す。

乙、森林の土砂扞止力は山地に於ける水の良滲漏部を保護し且つ集積雨水の孕泉部に滲漏するを容易ならしめ一方に淺源的積土泉竝に地被泉の成立を促すものとす。

以下之を説明せん。

甲、谷筋貯水部の保護及其成立の助長。

山岳の谷筋が水蝕により次第に發達し傾斜を減じ傾斜急なるも階段的に緩となり適當の深に水の不透層を有して土砂礫石の堆積するときは此處に雨水の集積したるものを貯へ得べし斯して又谷の兩側には各種の孕泉部其湧口を開くときは茲に涇々の溪流を生ずるに至るべし此地的状態と雨量の相當量あらば森林の如きには無關係に永く水源を形くり得べし然ども森林なくしては降雨に由る土砂の流出は前述の地的状態を永く依持せしめ難く貯藏部を深く埋没し或は破壊するの結果を來すならん我山岳の如く傾斜急にして雨量の大なる場合にありては谷筋の破壊は一層著しきものあるべきなり抑も溪流が其傾斜状態を依持するは水蝕を免るゝ爲にして水量の變化甚しからざるによるなり然るに今雨時の流水に關係を有する森林を失ふとせんか左折右曲して流下せし集積雨水は最短距離に暴流を以て下り又降雨を支持すべき枝葉地被物なきを以て山地は土壤を叩起せられ各所に大小の崩壊を生じ土砂の水に混ざること著しく流水量を大ならしめて河床の破壊を來すべくかくして遂には野溪の成立となり集合區域の土砂を流し溪床を一掃し下方に運び去るに至らん即ち茲に水を貯藏すべき部分は失はるゝなり。

大正三年に於ける櫻島の噴火は多量の火山礫を噴出し其大さ豆大より鶏卵大に至り初期には凡そ六〇〇〇米の高空に昇り風に從て遠く之を各地に送り我演習林内鷓岳にては堆積〇、三米より〇、八米に及べり其礫を分類すれば左表の如し。

輕石質火山礫の大さ(耗)	下層	中層	上層	上層火山灰
〇、二五以上		〇、四%	二、二%	五、〇%
				七六、四%

〇、二五—〇、五	〇、七	〇、四	一、五	一、二、〇
〇、五—一、〇	四、五	二、四	七、七	九、〇
一、〇—二、〇	一、二、六	五、八	一、九、七	二、四
二、〇—四、〇	一、六、〇	一、一、四	二、七、一	〇、二
四、〇—六、〇	七、七	七、五	一、一、一	
六、〇—八、〇	七、四	六、四	六、〇	
八、〇—一〇、〇	五、二	五、六	二、五	
一〇、〇—一二、〇	六、八	六、二	六、四	
一二、〇—一四、〇	三、〇	三、二	一、七	
一四、〇—一六、〇	五、一	五、二	一、四	
一六、〇—一八、〇	三、八	六、二	〇、六	
一八、〇—二〇、〇	四、八	四、三	四、五	
二〇、〇—二二、〇	二、七	三、一		
二二、〇—二四、〇	二、七	二、七	四、八	
二四、〇—二七、〇	二、八			
二七、〇—以上	一、三、八	二、七、四		
各層中の最大なるもの	44 × 47	40 × 55	22 × 25	
各層中の最重なるもの	一四、八瓦	二九、五瓦	九、五瓦	

山岳に於ける森林が水源を涵養する作用を論ず

第 二 十 六 圖

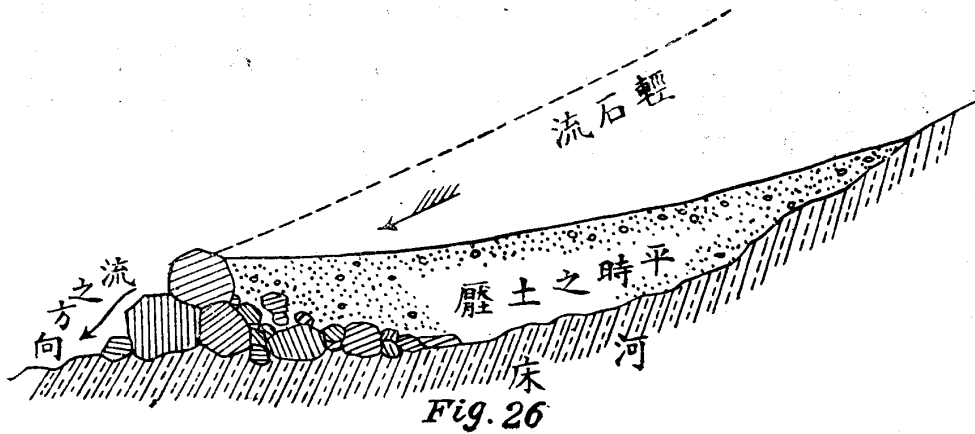


Fig. 26

此等の火山礫が始めて降雨を受くるや火山灰の膠着を生じ無数の掘れ溝を生じ野となく山となく毛上のなき部分は礫により土壤を搔起せられ一種の混石泥流を生ぜり火山噴出物の容水率は種類により四乃至五七%なりしも多孔質にして水に浮ぶもの多かりしより凡そ三分一容の水と共に移動せり其谷筋を下るや一種の音響を發し非常なる土水壓を以て溪流の階段部を破壊し殆んど溪床を一掃せり元來此等の溪流は多年流量に大變化なかりし結果倒れ木崩壊による岩塊等にて第一次又は第二次の段階を生じ内部に土砂を堆積し或は溜池狀をなしたりしに第二六圖に示す如く大なる土水壓を以て働さしより明治四四年の颱風時にも左迄變化を受けざりし河床を大に變化せしめたり爲に肝屬郡垂水より鹿兒島高等農林學校演習林事務所迄に從來河底水なりし溪流の表流となりし者四堆積土砂を失ひ横堰堤式階段を破壊せられて水の涸れる小溪事務附近にて七を數ふるに至れり此混石泥流は短時日に大浸蝕大破壊を行ひしものなるが山地に於ける森林の滅亡は只徐々に同様の浸蝕破壊を行ふものとなし得べし



水の貯藏の減少する又明なりと云ふべし若し森林中齡を過ぎ良く鬱閉して林地に枯枝落葉の堆積するときは林内に生ずる掘れ溝を埋め處々に土留柵の如きを生じ倒れ木は流れに横はり枝條岩塊礫石が間隙を塞ぐときは此處に小横堰堤を形くり土砂の堆積すれば濾水桶狀に水を湛へ斯くして水の貯藏部の成立が促がさるゝなり林業試験報告第一二號が其八四頁結論五に於て『森林の水源涵養能力は主として樹木存在の爲林地の立體的竝に内部的性質に特種の變化を起すに由るものとすを得べし』と豫言せる特種の變化の一は實に此の貯藏部の形成助長に在るなり今之に由て杉は水と呼ぶの事實を説明せん。

今適當なる傾斜地にして水の滲漏なき土壤の谷筋を挾みて相當面積の杉林が造成せられ中年を過ぐるに至れりとせよ夥しき枯枝落葉は林内に地被物として堆積すべし此等のものは降雨の際に林内の谷筋に生ずる掘れ溝を閉塞すべく之に由て階段狀に土砂の堆積を來すならん即ち茲に貯水部の形成せらるゝなり其始めは雨後僅に數時間の放水に過ぎざるものも歲月を経るに従ひ濕性植物の如きを生じて一層貯水部の容積を増し地被泉を形くり數日間の放水に耐へ懸て十數日となり遂に降雨だに適度に繰返さるゝに於ては涌泉と認めらるゝものを出現するに至るなるべし植物の水分消費の如きは降雨だに適當なれば毫も涌泉の成立を妨げざるなり此の如き状態は決して杉に限るものにあらざるべし然れども中年を過ぎてよく鬱閉し且つ枯枝落葉の夥しきものは杉の外少なかるべし之に加ふるに我國の多雨を以てす涌泉の成立比較的容易なるを推測し得ん今此の如くして成立する杉林を伐採せんか日光の直射は水の蒸發を盛にし單に此の原因のみにて泉の涸渴を來す場合あらん然らずと

するも地被類の消滅雨時流量の増加は段階部を破壊し水の貯藏を失はしむるに至るべし即場所によりては確實に森林により水の有無を來すことあるべきなり。

若し水源用として樹種を選定せば赤松黒松の如きは最も不可にして杉扁柏花柏の如きを採らざる可らず此等に關しては更に筆を改めて述ぶる所あるべし。

乙、水の良滲漏部の保護と殘源的孕泉部の成立。

噴出或は土地の隆起により山岳を生じ之が機械的に化學的に種々の作用を受けて茲に谷筋を生じ裂罅空洞を形くり時に此等は埋没して更に新しき谷筋裂隙の形成せらるゝことあるべし此の如くして銷磨作用が一定の度に達すれば遂に土壤に植物を養ひ得べく特に森林を生ずるに至りて銷磨作用は大に減少す故に山岳の内部構造は複雑にして地下に存する貯水状態も平地の如く池狀に湛へらるゝは稀にして大部分は水脈として存すべし此現象は林道を開鑿し山地を旅行するに當りて掘割片崩隧道等に注意するときは自ら明なるべし乃ち水の浸潤涌出を見る部分は谷筋又は地層の粗鬆部或は岩石の裂隙にして何れも水脈をなすを認むるなり此等水脈の成立するには第五章に述べたる如く雨水が集積し良滲漏部に注ぐにより始めて容易なるものとす而して此條件の生ずる爲には實に森林は甚だ有效なる作用をなすものとす乃ち森林が林地の立體的並に内部的性質に特種の變化を起す其の二たる良滲漏部の保護と淺源的孕泉部の成立を持來すなり凡そ山地に於ては草生地は勿論非常によく鬱閉し地被の多き林内にありても集積雨水に對して全く水道みづみちの成立を妨げ得るものにはあらず換言すれば森林内にも雨時に水の集り流るゝ掘れ溝を生ずるなり鹿兒島縣下の如く俗

に白砂しらすと稱する輕石質火山礫の堆積深き森林にては非常に深き掘れ溝を生ずるなり日光男體山に於ても類似の現象ありと云ふ(諸戸博士著理水及砂防工學本論七五頁鹿兒島高等農林學校演習林内寄宿舍用水源地谷筋につき雨時水の集積して流入する水溝を細大となく數へたるに其水頭より本流迄一〇七米間に左方に七右方に二四個を有せり此等の水溝は平時は歩道なるあり野獸の通行路たるあり其幅並に深さ數寸に過ぎざるものも存するなり通常谷筋と稱するときには稍廣く開きたる山地の窪みを云ふも詳細に此谷筋を辿り行くときは何れも掘れ溝に連絡し恰も血脈又は葉脈狀に山腹を刻むを見るべし雨時に際しては水は集積して水溝を辿り森林の良く鬱閉し地被の存在して雨量の非常に大ならざる限り整然として谷に下り行くなり若し夫れ森林を失はんか水溝は斜路をとるものを減じ最短距離を直下し水溝網は極めて簡單となり露骨作用の進むに従ひ集積雨水は暴流を以て下るに至るべし。

山の頂部並に傾斜地の草生地には屢、段狀裸地を存す其成因たるや牛馬の歩行雨水の斜面を直流し難きこと土壤の飽水して重量に堪へず少しく地這りをなすこと等に依る此段狀裸地は高山の頂部には數多く且大なり霧島山彙韓國嶽にては一〇米間に二乃至五を數ふべし草木の根は基岩と上部土壤の間に移行層を形くりて地這りを減ずる筈なるも基岩部に根の入り難き時は恰も植木鉢中に根の錯綜する如く特別なる根層を生じて懸層狀(Hängende Schichte)となるべし風雨の節樹木の根倒れするにより此の如き部の剝落を來すことあるは目撃する所なるべし段狀裸地は雨水を比較的よく滲漏し得べき部にして又雨水の集積する所たり之れ懸層部を幾分露はし居ればなり此處に滲漏したる集積雨水は基岩と根層の間を流下し泉

脈を形りて次第に下方に増大すべし暴風雨に當り地這り崩壊を來すは此の泉脈に由ること多きは往年長野縣下に於ける場合之を良く證明す草生地にて已に此の如し山岳中樹木の根株が蟠屈する所にては地被物と相俟ちて雨水の集積直下が妨げられ之を斜路に導き徐々に流下せしめんとすべし此状態は雨水を地下に送るに甚だ必要な條件にして之に由て基岩の裂隙埋没せる谷筋の礫層等が孕泉部を形くるの機會を多からしむ試に藁を取て之を並行に重ね厚さ五寸内外に藁葺屋根様に壓鎮し之を斜に立て表面より水を注ぎ視よ大部分は流れ落ちて裏面迄は容易に浸入し得ざるべし然るに木口即ち斷面の方より注水すれば其大部分は浸入するを見るべし之れ藁の水に稍濕り難く毛管現象が表裏の方面に大にして且つ逆なるの傾向あるに木口の方は間隙密ならず毛管現象小なるによる彼の藁葺屋根は梅雨の場合にも裏面に漏水せず然れども木口の集まる屋根の頂上は雨の漏下し易き部にして最も意を用ゆる所たるなり林内に於ても落葉蘚苔等の地被物は表面よりは水の浸入甚だ惡し之れ五耗十耗の雨水にて出水を來す所以なり然るに掘れ溝に於ては地被層土層の斷面を露出するを以て集積したる雨水は一層よく浸入し得べく土壤も表面は壓鎮細土の填充空氣抵抗等により雨水の滲漏容易ならざるも其側方斷面よりすれば比較的容易となるなり河川溝渠も其河床の外側面の方よりも水を浸入せしむるなり水門を設けたる場所につき之が現象を觀察し得べし尙森林の永き存在は淺源的孕泉部の成立を容易ならしむべし例へば第二七圖の如く(a)なる樹木の存在の爲に(b)に多くの地被を生じ或は根の浸入により厚き懸層部を形くりり部には雨時集積雨水の通過するときは孕泉層の成立すべくQ部に短期間の涌水を見

圖 七 十 二 第

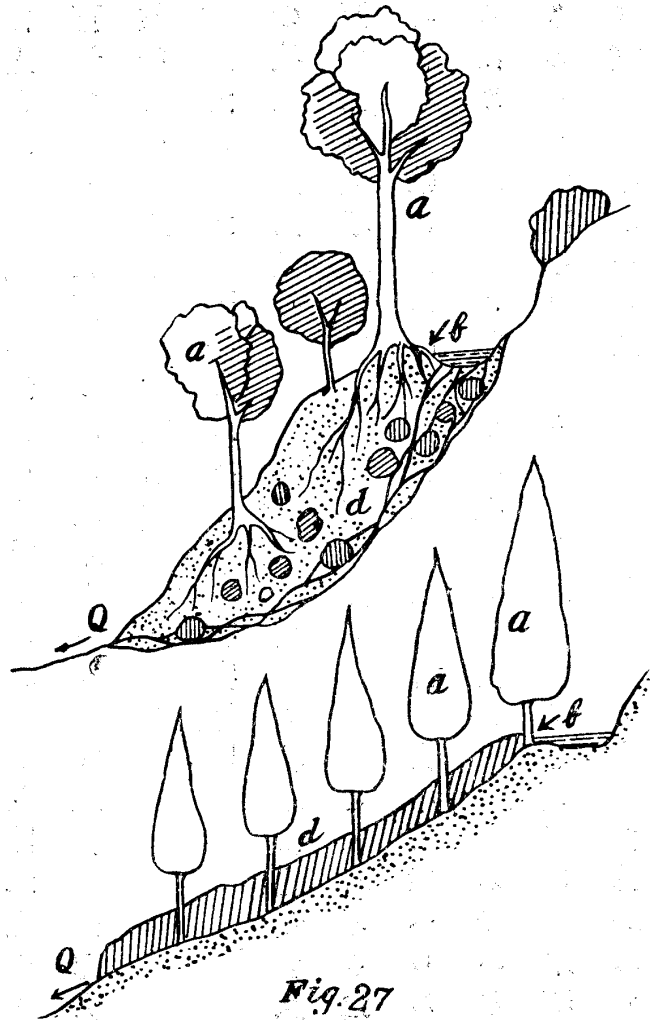


Fig. 27

るに至らん然るに今樹林を失ひたりとせんか(d)部は自然に消滅すべく(b)の集積雨水も亦通過を見ざるに至りQの涌水は遂に現はれざるべきなり森林伐採後長く放棄し草生地とするときは林内の歩道水溝涌泉の消失變更を來すは森林家の經驗する所なり水源の貧弱となる

の理自ら明なるべし此種の淺源的積土泉が樹木の爲其水分を消費せらるゝは勿論なり然ども降水の適當量だにあらば毫も涌泉たるを妨げざるなり元來森林と共存的の涌泉なれば森林なければ又存在せざるべく單に降水量と其の出現期間に關係を有するものなり。

存在するときは雨水の良滲漏部に浸入する機會を多くし更に積土泉地被泉を形りて水源の涵養を容易ならしむるなり之れ一に土砂扞止の效にあらざや。以上説明し來りたる甲乙の二項は山岳に於ける森林の最も主なる水源涵養用と言ふべく之

を措きて他に森林の特效を認む可らざるなり而して彼の樹蔭による水分蒸度の軽減は此特效を大に扶くるものなり従て所謂水源涵養林なるものは此點に留意して取扱はるべきは勿論なるが茲に記憶すべきの一事あり抑も此森林の特效なるものは土砂扞止作用によりて顯著となるべきものなれば雨量多く傾斜急にして地盤の強固ならざる條件下に成立するなり故に山上と雖ども廣き平坦部の森林なるときは其貯水上の作用は甚曖昧なるものとなるべく又雨量多からず強雨を見ざる地方にありては森林の效用大に軽減せられ水源は主として山岳其のものゝ貯水状態に左右せらるべきなり。

### 第九章 水源涵養上森林の爲す有害作用

樹木の枝葉は降雨量の二〇%内外を阻止して林地に送らず又地被物も水分を抑留す此作用は水源の涵養上不利益なる一因子と認めらるゝことあるも之れ平地林にして雨量の多からざる場合なり既に雨水阻止が森林の土砂扞止力中に數へらるゝ以上我國の如き多雨地にして然も山地の急峻なる所にては毫も不利益とならざるのみならず却て有利なる作用なりと認めざる可らず其平地にありても山地に於ても差別なく水源涵養上森林のなす唯一の有害作用は實に地中水分の消費なりとす之に由て從來森林がなすものと認められたる水源の涵養力なるものは平地林にては致命傷を蒙りたるものと云ひ得べく延ひて山岳林の貯水作用をも疑惑の内に措かしむるに至りしなり今茲にラマン、エーベルマイヤー等の諸學者により證明せられたる林内土壤の水分が(表面を除く)林外土壤よりも乾燥せることオトツキー氏により實驗せられたる林内地下水面の低下の如きを新に説明するの要はなかるべく森林は實

に土中水分の少なからざる消費者にして第四章にも略述したる如く樅林の如き年雨量にして三〇〇耗以上を消費し濶葉樹にても常緑樹あるを以て此等は針葉樹に劣らざるべく年高四〇〇耗に達すと見て可ならん然ども總ての樹木が地下水又は泉脈の水分を消費するものと速断す可らず緒言にも述べし如く余は此點を林道開鑿上より觀察し得たりしなり一九〇〇年より一九〇一年に至るエーベルマイヤー並にハルトマン二氏により行はれたる林内外に於ける地下水觀測も亦此點に關し『森林が地下水面を低下し得るは地下水の位置が樹根により直接に若くは毛管作用により攝取し得らるゝ場合に局限せらる』の結論を致せるなり之を林道開鑿に觀るに谷筋を除きては水脈は容易に掘當つるものにわらず樹根も二米に達するは甚だ稀なり彼の路傍に往々長き根を見るは切取後に生長したるものとす論者或は毛管現象が遠く行はれて水脈に影響するならんとせんも毛管現象の及ぶ範圍は割合に低く短距離にては一方に消費あらば之を補ふ爲に下部より昇り行くこと燈心に於ける油の如く或は布片の一端を水面より低くし重力を作用せしむる時の如き(一器の水を布片にて他器に移す場合)ことあるべしと雖ども決して長距離間に作用の及ぶものにわらず今大さを異にする砂粒の毛管水分上昇の高さ及び其移動の速度を表示すれば次表の如し。

(大工原博士土壤學講義中卷九九五頁)

粒子の直徑(耗)	毛管水分上昇の高さ(耗)	同最初ノ二四時間 ニ上昇ノ高サ(耗)	同次ノ二四時間 ニ上昇ノ高サ(耗)
二一五	二五	二二	二
一一二	六五	五四	六

〇、五—一	一三一	一一五	八
〇、二—〇、五	二六四	二一四	一六
〇、一—〇、二	四二八	三〇七	二〇
〇、〇五—〇、一	一〇五五	五三〇	四四
〇、〇二—〇、〇五	二〇〇〇	一一五三	二〇七
〇、〇一—〇、〇二	—	四八五	四三七
〇、〇〇五—〇、〇一	—	二八五	—
〇、〇〇二—〇、〇〇五	—	一四五	—
〇、〇〇〇—〇、〇〇二	—	五五	—

前表に見るに〇、〇二—〇、〇五耗の細土にて六尺餘り吸上げらるゝなり理論的計算にては非常なる細土は數十尺にも吸上げ得るが如きも實際は壓力を受くるよりして普通の細土にては水の不透層を形くるなり通常の土管三四本を縦に連ね内部に土を充たして小苗を植込み土管の下端を少しく水に浸し置くに水の上昇せざる爲苗は容易に枯死す土壤學上遠心分離器を用ひ重力の一〇〇〇倍に相當する遠心力にて土壤の水分を除きたる後該土壤の有する水分を其水分當量(Moisture equivalent)と云ふ乃ち毛管力が重力の一〇〇〇〇倍に相當する遠心力と平衡状態を保てる時の水分なり此状態に至るときは土壤の皮膜水は同一の厚さを有する筈なる故に異種の二土壤を接觸せしむるも水分の移動は起らざるに至るべきが此の如き水分量にても植物は未だ凋萎せず凋萎係數(Wilting Coefficient)は水分當量の $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{4}{4}$ 分の $\frac{1}{8}$ 乃ち約



二分の一なり。

各種の土壤の水分當量は次表の如し。

土壤の種類	最高水分當量%	最低水分當量%	平均水分當量%
砂土	七三	三〇	四九
細砂土	一〇〇	三八	五、六
砂質壤土	一八、六	五、三	一〇、四
細砂質土壤	二一、四	六、八	一三、〇
壤土	二〇、八	七、七	一六、五
砂泥質壤土	二六、九	八、三	一七、一
埴質壤土	三二、四	一五、一	二一、九
埴土	三八、四	一九、一	三二、〇

從來本邦土性調査上採用せられたる容水量檢定法によれば我土壤の平均容水率は五五%なり今之を少なく見積り五〇%とし普通土壤が其八〇%の毛管水分にて存すとせば四〇%となる他語を以てすれば深さ一米の土壤中に四〇〇%の水分の高さの水分を包含するなり前表水分當量に於て埴質壤土をとれば二一、九%にして其約二分の一即ち一〇%迄は植物の凋萎せざるなり一〇%は一米の深さの土壤にては一〇〇%耗の水高なるを以て四〇〇%耗中より三〇〇%耗迄は植物が消費し得るとして可ならん之に由て見る時は樹木が年に四〇〇%耗の土中水分を消費するとするも其水分は深さ一米強の土壤中に包含し得るものたり之れ草莽苗木の類

が乾天續きに凋萎するも樹木は容易に凋萎せざる所以なるべく樹根の一米以上に達すれば地中深くの水分を攝取せざるも樹根近傍には消費すべき充分の水分を保持し居るなり平地に於ては地下水の甚だ近き場所あり此の如き處にては勿論植物により地下水の消費あるべく又山地に於ても大小の谷筋には水濕に耐ゆる樹種を生ずるよりして貯藏水分の消費を否定し難し殊に林内の淺源的積土泉地被泉の如きに於て然りとす但し其消費量は假りに一日二耗(年七百耗強)とすれば一ヶ月六〇耗にして容水率四〇%の土壤は深さ一五〇耗乃ち僅に五寸内外の間に含み得る水分たり我國にては一ヶ月全く降水なき月は稀なるべし其消費の多き春季と降水量少なき同季にては淺源的の涌泉は殆んど涸渴すべし前述の計算は土中より直接空中に蒸發する水分を含まざるも樹木の消費量は比較的少なき土壤中に保持し得らるゝものなるを知り得べし故に降雨量だに相當ならば樹木の水分消費は從來想像せし如く涌泉に影響あるものにあらず之れ樹木の水分蒸發盛なるも降雨多き夏季に流量の大なるによりて推測し得べし。

從來森林の地中水分を消費する點につきては多少の誤解ありたるが如し以上説明せる如く山岳林中大多數の林木は深源的孕泉部竝に谷筋に於ける貯藏水分とは關係する所甚だ少なり其消費水分は土壤の毛管水分にして直接貯藏水分を消費する林木は甚だ少なく其消費水分量は比較的立積の小なる土壤中に包含し得らるゝ量なり故に森林が地中水分の消費者なりとするも雨量多き我國にては土砂扞止作用より來る特效を否定すると能はざるべし。

## 第十章 水源涵養林の意義と其取扱

山岳に於ける雨水の集合區域は適當の狀態に於ては夫自體雨水を貯藏して徐々に放水するに適するものなり森林は其土砂扞止力に由り谷筋の貯水狀態を佳良にし夫自身は水分消費者なるも降雨だに豊かなれば淺源的涌泉を地盤上に形くるを扶くるものなり之を森林の特效とし延いて被蔭を以て溪流其他の蒸發を減ずることも亦一効たるを失はず其雲霧を捕捉して絶對流水量を増加することは高山地帯にては決して輕視す可らざる現象なるも局部的なり故に水源涵養なる語は一般には總流水量の増加を云ふにあらざして平時流量の増加又は依持を意味するものとするを可とす詳言すれば任意の單位時間内に一定流水量の存在又は増加を云ふにありて他語を以てすれば森林により流水の調節を希望するにあるなり山岳林地の水に對する飽滿狀態は決して大なるものにあらざ故に雨量の多きを要せざるも回數の多きを要す又土砂の扞止力は急斜地に於て發揮するものなれば森林により水源の涵養を希望し得る所は制限的なり然れども我國の山地と雨量とを以てしては森林により相當の流水調節を爲し得ざる所は少なかるべし時に山岳林内に溪流を見ざる所あるも山麓の涌泉狀態は必ず佳良なるべく時に造林の爲に溪流成立して或る部分の河床を低下し不利益を來したりとするも全體としては水の調節を得たるを示すものとすべく時に森林成立の爲に降水を支持せられ一時の流水を必要とする溜池の貯水を不良ならしむることありとするも此の如きは尙ほ長時間に亘りて觀察するの必要あるべく谷筋は適當に發達するときは土砂を流入せしめず夫れ自身一つの溜池狀態をなし普通の溜池との差は單に水を満たしたる桶と砂を入れたる濾水桶との差あるのみにしてかゝる場所に溜池を造り始めて貯水狀態の佳良な

るを見るべきものなりとす。

已に森林の土砂扞止力が水源涵養上特効たる以上該森林の取扱は極めて簡單なるべし必ずしも禁伐を要せず直に造林を行ひ土砂の扞止に努むれば可なり然れども是れ大體論にして特に平時流水量の増加を希望し尙ほ經濟的の取扱をなさんとする森林に對しては適當の措置を採らざる可らず云ふ迄もなく森林の依持としては天然林の自然的植物群落状態を以て最も可とすべきも經濟的の取扱をなすに於ては樹種の變更をなす必要あるべし此等に關する從來の學説は森林の特効と毫も矛盾するを認めず本田博士は水源涵養林樹種の選定條件として次の數項を掲げらる。

- 一、最も能く其風土に適し且其地に連續して繁殖し得るもの即ち陰樹なること。
- 二、森林を鬱閉する程度強きものなること即ち雨水を一時枝葉に支持して徐々に之を滴下せしむる作用大なること、地面を庇蔭して水分の蒸發を減少せしむる作用大なること。
- 三、落葉蘚苔等吸水性に富める地被物を生ずる能力多き樹種なること。
- 四、樹根は地中深く侵入し且つ根量多きものなること、即ち地下水の成立を扶くる作用大なること。

五、葉面の蒸發量少なきこと。

六、喬木性樹木なること。

七、能く土地の濕氣に堪ふるものなること。

(未定稿保安林造林法IIの四六頁)

以上の條件よりすれば陰性針葉樹たるノキ、ヒノキ、サワラ、アスナロの如きを以て適樹とすべし。落葉の堆積よりすれば寒冷なる地方又多濕の所にては濶葉樹を可とするも積雪融解の徐なること雲霧の捕捉倒れ木の腐汚し難き點よりすれば針葉樹を以て優れりとすべし。東京大林區署に於ける實驗によるも流水調節力は針葉樹の方稍大なりとす。尙暖帶の南部にては落葉の推積は望み難し是れ分解速かなればなり然れども針葉樹の大單純林は危険なれば谷筋のみ之を用ゆべきなり現に種子ヶ島にては小規模ながら杉を以て此かる状態を呈せしむ取扱としては擇伐法數段林法を可とするも皆伐によるも法正狀の森林として輪伐せば故障少なかるべし。只嚴に根株の採掘を禁じ運材に注意し谷筋を保護し溪流の蒸發を増さしむ可らず。乃ち谷筋には特に保護林を置くを可とす。彼の巔泉にして其の給水を雲霧の捕捉に仰ぐこと大なる場處にては勿論禁伐にすべく尙森林の持續を爲さざる可らず。

森林法上の保安林としての水源涵養林の取扱は實際問題なり然れども是亦土砂扞止に留意して處分せば誤なかるべし。彼の水戸笠原森林の附近に飲料水の爲にする保安林の如き明に土砂扞止林なり元來地下水泉の涌水口を土地の段階下に開きたるものにて給水部は遠く且つ廣きものなるべし。其涌水口附近の森林の如き水分の消費はなすことあるも給水を扶くるが如きは認めらるべきにあらざ然れども土砂の扞止としては必要なり。即掘れ溝の減少水脈の依持涌水の混濁を避くるに關係あればなり一般に云へば先づ水の貯藏状態涌泉の種類を調査すべし。是左迄難事にあらず谷筋につき觀察すれば可なり。大體に於て河川の細流を多く合するものは森林の影響多く低級山地に見るべく細流の少なきものは深源性の涌泉による

こと多き河川にて地盤の關係大なるものとす岩石より云へば水成岩地と火成岩地に區別すべく前者の水は地盤より多く生じ後者は森林による尙火成岩地は噴出岩地(花崗岩、輝綠岩等)と火山に分つべく火山は森林によること比較的少なし地貌上よりすれば幼年期の土地は森林に重きを置くべく尙地貌の變動期にあるものは崩壊し易きを以て森林を重要視せざる可らず土壤よりするに森林の齡壯年以上にして地被に富み土壤厚きものは然らざるものより伐採に注意を要すべし氣象狀態樹種土性土地の位置に關係したるものゝ如き一に土砂扞止を以て之を判定すれば可ならん我國に於ける森林と水の分布關係の調査の如きは個人として容易に行ひ得べきものにあらず宜しく山岳林地の土性調査と共に當局者に於て之を速に實行すべきなり。

#### 撮 要

一、地下に於ける水分の湛滲竝に流動は地表に於けるものと大差なし乃ち恰も地上の河川沼湖を砂礫を以て埋覆したる如き状態に存在し重力の作用に由て最も抵抗の少なき最低所向つて流動す従て地下には水脈なるものが成立す。

二、土地には雨水を速に滲漏せしむるに不適當なる處多し尙又少量の雨水は地下深く滲漏するに不足す故に雨水の溝渠河川窪地等に集積したるものが土地の良滲漏部を通過するに より地下水は容易に成立するものなり。

三、山岳は溪谷が適當に發達するときは横堰堤式に土砂を堆積し或は溜池狀に淵を形くりて之に貯水することを得べし乃ち山岳の貯水部は専ら谷筋に存し其左右に於ける層泉裂罅

泉、積土泉等の孕泉部よりなる。

四、山岳は空氣の昇騰を起し、斷熱的膨脹によりて降水量を多からしめ、少量の降雨も上部より下方に集積するに適し、尙積雪融解の緩遅蒸發の減少等により貯水するに順なるの條件を有す。

五、山岳に於ける森林のなす貯水上の有効作用は蒸發の減少、積雪融解の遲延、雲霧の捕捉及土砂の扞止にして、雲霧の捕捉は局部的に河川の絶對流量を増加し得るものなり、然ども森林の特効作用は一に土砂扞止力に存す。

六、森林の土砂扞止及土地崩壞保護作用は水源涵養上に次の特効を有す。

甲、山岳に於ける谷筋の水分貯藏部を保護し、且つ其成立を助長す。

乙、樹木の錯綜せる根株は林内の地被地盤と相俟ちて淺源的積土泉並に地被泉の成立を促し、集積雨水を左折右曲して流れしめ、良滲漏部を通過するの機會を多からしめ、一般の孕泉部の成立を容易にして之を保護す。

要之、山岳に於ける森林の水源涵養作用は樹木存在の爲めに林地の立體的並に内部的性質に特種の變化を生ずるに由るなり、従て樹種にも關係を有す。

七、土砂扞止作用より來る森林の特効は山地の急斜なること並に雨量の多きことにより顯著の度を増加す。

八、樹木は山岳にありても地中水分の消費者なりと雖ども、山岳林中大多數の林木は水の貯藏部並に泉脈に關係する處甚だ少なく、専ら毛管水として土壤中に保持せらるゝ水分を消費

するものなり而して其消費量は之を年四〇〇耗とするも普通の土壤は植物を凋萎せしめずして四尺前後の厚さに之を保持し得べく比較的立積の小なる部分に包含し得る量たり森林の存在により生ずる淺源的積土泉地被泉の如きは最多く林木により消費を受くべきも共存的のものなるを以て森林なければ存在せざるなり故に樹木は地中水分の消費者なりと雖ども我國の如く降雨の回数多く又量の大なる山地にては森林の特効作用を否定すること能はざるべし。

九、山岳は其地盤が良滲漏性なるときは或る火山地又は水成岩地に見る如く林相佳良なるも溪谷必ずしも表流を有せざるべし然ども山麓に至れば涌水状態は佳良なり之に反して森林を有せざる山地も溪流の存在することあるべし然ども森林に乏しき山地は全體としては水に瘠す。

一〇、水源涵養林の取扱は土砂扞止に留意し谷筋を保護し被蔭を溪流に與ふことに努むべし若し速に造林せば禁伐を要せず然ども巔泉の或者の如く樹林が雲霧細雨を捕捉して之を養ふ場所にありては禁伐の上尙森林の依持を策せざる可らず。

一一、涌泉の成立する爲には水の不透性なる地盤により濾水桶或は水溜桶に相當する凹狀部、裂隙、穴洞、地層が存在するを要とし又此處に湛溜する水は桶の呑口に相當する湧水口にて放水を制限せられざる可らず故に人工にて溪流の成立増加を計る場合には造林の外に谷筋に横堰堤を多く設け藏白の如きにて適度の漏水を工夫すべし。