

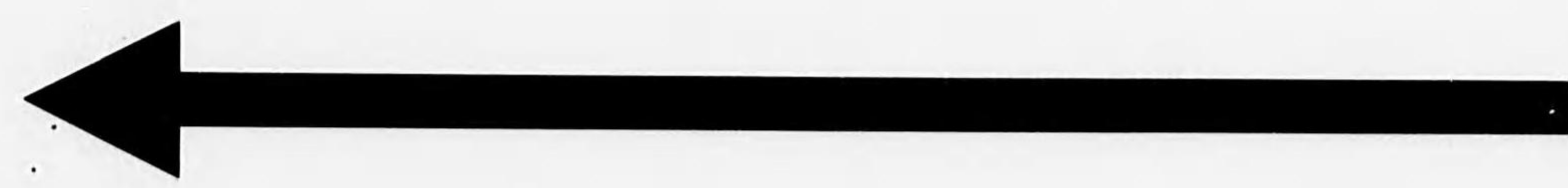
517-Te24ウ
1200500745043
17
24

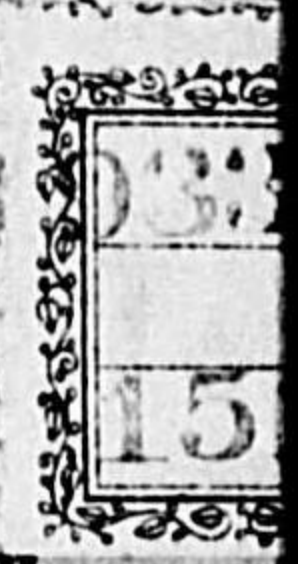
森林の河水調節作用及河水統制の概況

社団法人 帝國治山治水協會編



始





昭和十七年三月

517
TE24

森林の河水調節作用及河水統制の概況

社団法人 帝國治山治水協會

東京市赤坂區溜池町一番地三會堂内
電話赤坂(03)一、四八六番

序

大東亞戰爭勃發以來皇軍は幾多の地障瘴癘を冒して果敢なる作戦により赫々たる戦果を挙げ、今や輝く緒戦時代より愈々一面戦争他方建設の第二の新段階に突入したのである。此重大時局下に於て我國の治水、利水の完璧を期するは高度国防國家體制の確立上必須且緊急なる課題である。而して水源地帯に於ける森林の整備と河水の統制と河川の改修と総合的、有機的の施設によつて始めて治水、利水の萬全を期することが出来るのである。仍て是等に對する一層の一般認識向上の爲森林の河水調節作用並に河水統制の概況に關し理學博士平田徳太郎氏と内務技師水谷鏘氏に是が執筆を依頼し、其稿成つて茲に本冊を發刊し一般に頒布することにしたのである。

兩氏は公務と御研究とに非常に御多端であるに拘らず、其の貴重なる時間を割かれ特に本會の爲御執筆を賜はつたことを茲に謹んで謝意を表する次第である。

昭和十七年三月

東京市赤坂區溜池町一番地 三會堂

社団法人 帝國治山治水協會

電話赤坂(48)一四八六番



933
151

目次

第一 森林の河水調節作用…………… 理學博士 平田 徳太郎

一、緒言…………… 一

二、森林と降水量…………… 六

三、森林と流出量…………… 二

1、各種森林の比較…………… 二

2、有林地と無林地の比較…………… 二

3、森林伐採の影響…………… 三

四、森林と消失水量…………… 三

五、結言…………… 五

第二 河水統制の概況…………… 内務技師 水谷 鏘

一、河水統制事業の必要…………… 五

二、河水統制調査の現況…………… 七

三、河水統制事業の現況…………… 六

四、結 び…………… 七



森林の河水調節作用

名古屋高等工業學校長

理學博士 平田徳太郎

一、緒言

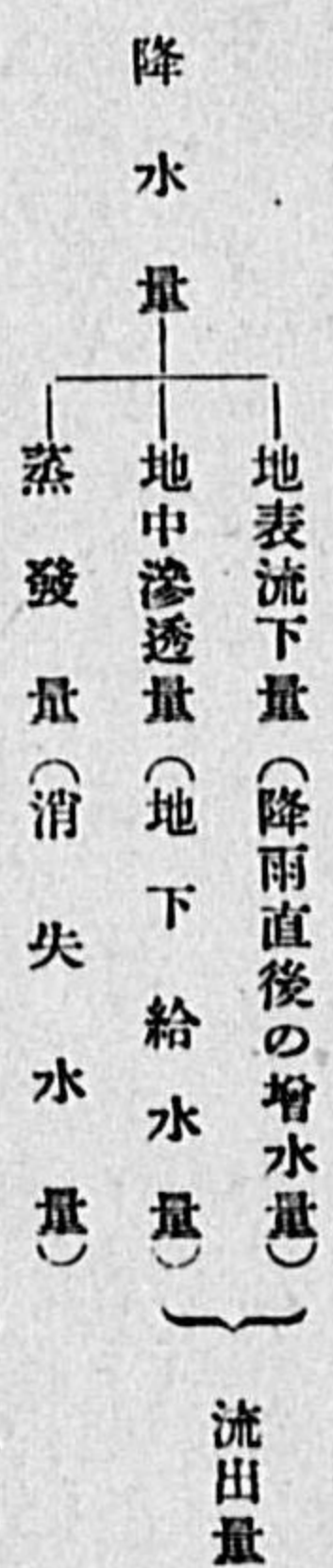
渾々として晝夜絶ゆることなき河水の源は何であるか、言ふまでもなくそれは雨や雪である。河は小さな溪水の集合したものであるが、水源の一つの谷に就いて考へて見ると、雨が降れば直ちに谷に水が流れ出すが、それは雨が降り息めば直ちに絶えるのである。こついふ谷も澤山集まれば河となるのであるが、土は一般によく水を吸収して地下に透下する性質のものである爲に、地表に降つた雨水は一部は次第に低い方に流れ下るが、他の一部は地中に滲透する。地表を流れ下る部分を地表流下量といひ、地中に滲透する部分を地中滲透量といふ。さて一旦地中に滲透した水は何うなるかといふに、土壤の間隙を傳つて次第に深い處に達し、岩盤や、又は水を透し悪い土層に到達すると、此處に溜り所謂地下水となる。岩盤や水を透さない層が傾斜してゐると、傾斜に従つて低い方に流れた地下水は終に谷間に於いて出口を見出して地上に表はれる。之が湧水であつて、河の源は湧水か、又はその水の溜まつた沼や湖である。而して河の流れの途中の谷々から湧出した溪水が加つて次第に大きな河となる。斯く雨水中一旦地中に滲透した部分は、何時かは再び地表に出て河水となるのであるが、地中に於ける水の流れの速さは非常に遅く、一日に一米内外といふ程度で、最も早い場合でも一日五米といふのは稀である。故に降つた雨が地中に浸み込んでから再び地上に表

(4)

はれる迄は、相當に長い日數を費やして居ることが想像される。雪國に於いては一ヶ年間の河の水量が冬の雪の量に支配されることから見ても、水の地中に潜む間の非常に長いものであることが判る。雨の降つた直後の河の水嵩の増すのは主として地表流量に依るので、これは雨の直接の影響であつて、その期間も短かく、上流では數時間に過ぎないが、相當の大河でも一週間以上も増水してゐることは餘程の大雨の場合である。この地表流量の影響の止んだ後は地下滲透量が徐々に表はれて來るので、夏の間一ヶ月以上も雨を見ないときでも水の涸れないのは之が爲である。この地下滲透量を河水の方からは地下給水量といふのである。而して地表流量と地下給水量とを合せて流出量と稱する。

雨水が河の源泉となることは明であるが、しかし雨水の全部が河の水となるのではない。多くの河の例では、一ヶ年間の總流出量は流域に降つた雨や雪の總量の五〇パーセント内外のことが多く残りは河の水とならないもので、この部分を流出量に對して消失水量又は單に消失量といふ。消失量は地上又は河水面や湖水面から蒸發して再び空中濕氣となるのであるが、その内には一旦地中に浸み込んだ水を樹木其の他の植物の根が吸収して、その葉から蒸散する水、即ち植物の生活を營む爲に消費する水量となるのであるが、之を植物の通發水量と稱する。又雨水が草の葉や、樹の葉に留まつてそこから直ちに蒸發してしまふものもある。又地面が乾いて最早直接蒸發する水が地表に

は無いやうになつても、地中に含まれた水が土中の毛管細隙を傳つて上昇して地表に近づいて終に蒸發するものもある。斯く種々の方法で蒸發が行はれるので、このことは甚だ複雑してゐるが、とも角も何んな方法でも雨水が蒸發して再び空中濕氣となる量を消失水量といふのである。尙これまで雨や雪といつたが、その他に雹や霰の如き、又時としては霧の粒の如きも水源の一部となるのである。勿論雨や雪がその大部分であるが、これら空中濕氣が凝結して地上に降下する水量を總稱して降水量といふ。依つて以上述べた關係を要約すると次の如くなる。



さて以上の關係から見て、或る河の流域に於いてはそこに降つた全降水量と、河の全流出量と、流域の全消失量との間には當然次の關係が成立する筈である。

$$\text{降水量} = \text{流出量} + \text{消失量}$$

(b) 但し之はこの流域には地下に於いて流域外に漏れるとか、又は他の地域から水が來るといふことが無い場合である。尙又この關係は長年の平均に於いては成立するが、或期間だけについて云へば、地下滲透量となつてゐてまた流出量にも、消失量ともならない水があるから右の關係は成立しない。しかし次第に地下に水が溜るとか、又は次第に乾き切るとかいふことの爲に地中に保留さ

れる水量が一方に變りつゝある場合の他は長い間には右の關係が成立しなければならぬ筈である。
こゝに述べんとする森林の河水調節作用といふのは、右の關係に對して森林の有無や、森林の種類などが、どういふ影響を及ぼすかを考究することである。

二、森林と降水量

樹冠の遮雨作用 降水量を測るには雨量計と稱する一定口径の圓筒を地上に直立さして、その内に降り溜つた水を測り、深さ幾耗と稱するのである。さて森林がある場合には降水量がどうなるかといふと、樹の間を通り抜けて地上に降下するものもあり、又樹木の枝葉即ち樹冠に降り溜つた雨や雪は、一部はそのまゝそこに留められて蒸發してしまふ。しかし枝葉に留められる量には限りがあるから、それ以上の雨水は滴下して地上に落つる。斯く兎も角も一旦樹冠に留められる量を樹冠保留量といふ。尙又一旦樹冠に保留された雨水も徐々に枝に傳はり、幹を傳はりして樹の根元の地上に達するものがある。これを樹幹流量と呼ぶ。微量の雨の場合には、繁つた森林の内では殆ど全部が樹冠保留量となり、林内はよい雨避け場所となるが、雨が次第に強くあると樹冠から雨が滴つて來て雨避けとはならない。更に雨が長びくか又は強くなると幹を傳はつて流れるやうになる。今熊本縣北小國及び群馬縣伊香保で實測した例を示すと次の如くである。但し北小國はスギ林、伊

香保は潤葉樹林で、共に林内樹冠下に置いた雨量計に溜つた雨量の、林外の雨を遮ぎることない所に置いた雨量計にたまつた量に對する百分率を示すのである。又雨の強度は一晝夜間に降つた量に從つて適宜の階級に區分したのである。

樹冠保留雨量の林外雨量に對する百分率

雨量階級	〇-15耗	15-30耗	30-45耗	45-60耗	60-75耗	75-90耗	90-100耗	100-150耗	150-200耗	平均
北小國(スギ林)	四三	六二	七一	七四	七七	八一	七九	七七	九二	六七
伊香保(潤葉樹林)	八二	八四	八七	八八	八六	八七	八七	八八	八八	八四

これで見るとスギの如き針葉樹は雨の程度に依つて樹冠下に漏れる雨量に著るしい差があるが、潤葉樹はこの差が甚だ僅少である。全體の平均で見ると林内雨量の林外雨量に對する百分率は、スギは六七パーセント、潤葉樹林は八四パーセントで、スギの如き針葉樹林の方は林間雨量が甚だ少ないのである。又右の百分率を一〇〇から差引いた残りは、樹冠保留量の林外雨量に對する百分率となる。右に掲げた例ではスギ林三三、潤葉樹林は一六パーセントとなる。尙各地で觀測したスギ林八ヶ所、潤葉樹林一ヶ所、赤松林一ヶ所、ヒノキ林一ヶ所、スギ、ヒノキ混淆林一ヶ所、赤松、潤葉樹、混淆林一ヶ所の成績を取りまとめると次のやうになる。但しこゝには樹冠下の雨量の林外雨量に對する百分率を一〇〇から差引いた残り、即ち樹冠保留量の林外雨量に對する百分率を掲げる。

樹冠保留量の林外雨量に對する百分率

總平均	一九・九
スギ林の平均	二一
ヒノキ林	二六
潤葉樹林	一七
赤松林	九

但し右は四月から十一月迄の總雨量に就いて計算したものである。こゝに四月から十一月までの量を取つたのは、この期間は各地共に大體降雨の期間で、これに對し十二月から三月までは降雪の期間であるが、雪に就いては別に考へなければならぬ。

右に述べた樹冠保留量と稱したのは、樹冠を漏れて地上に落ちた雨量と林外の雨量との差で、とも角も一旦は樹冠で喰ひ止められた量であるが、その一部は樹幹を傳つて地上に達することは已に述べた如くである。この樹幹下量を測るのは仲々厄介な仕事であるが、東京目黒のスギ林で測つた例に依ると、樹冠保留量の林外雨量に對する百分率は二〇パーセントで、その内四五パーセントは樹幹流下量となつて地上に到着し、結局樹冠に留まつてそこから蒸發してしまう量は林外雨量の一五パーセントであることを知つた。この量を樹冠保留量と區別する爲に樹冠遮斷量と視することにする。

目黒に於けると同様の方法で他地方で觀測したスギ林の樹冠遮斷量は次の如くである。

スギ林の樹冠遮斷量の林外雨量に對する百分率			
東京	北小國(1)	松山	北小國(2)
一五	一四	九	一一
			平均
			一三・二

右の内北小國の(1)、(2)とあるは(2)の方は(1)の觀測を行つてから約十年の後同一の林で、前とは異なつた方法で觀測したので、十年間の樹木の生長を示すと同時に、何れの方法に依つても略同程の値を得られ、之等の數値の信用し得られることを示して居る。

先に各地のスギ林の保留量の林外雨量に對する百分率の平均は二一パーセントであることを見たが右に掲げた結果からその内一三・二パーセントは遮斷量で、残り七・八は樹幹流下量として林地に到達するものと見て大體差支ないであらう。

尙又先きに各地各樹種について樹冠保留量の林外雨量に對する百分率の總平均は二〇パーセントなることを述べたが、極く大摺みに見れば、スギ林の樹冠保留量も、各樹種平均の保留量も略等しいと見て大過なく、大體に於いて右に述べたスギ林の遮斷量と樹冠保留量との割合は概觀的に各樹種の林に就いて平均していふ場合には、略之と同様であると見て差支ないであらう。尤も細かくいへば樹種に依り、又林相に依る相違のあることは勿論だが、大體右のやうに見て大なる誤はないで

あらう。

以上は雨の場合であるが、雪に就いても同様の関係がある。只雪の場合には林内樹冠下の雨量計に入る雪は、一旦樹冠に止まつた雪が、自身の重みの爲か、風の爲か、又は融けた時などに落下して來るので、必しも林外の降雪に伴はないが、結局一降雪期間中に、林間の雨量計に降り溜つた量と、林外雨量計の量との差は、樹冠保留量となる譯である。雪の樹冠保留量の林外雪量に對する百分率を、數ヶ所のスギ林並に濶葉樹林に就いて觀測した平均の値は一九・六パーセントとなり、雨の場合の値と略等しい値となる。又雪の場合に於いても樹冠に止まつた雪が盛に融け出すと樹幹流下量を見るのであるが、その量は雨の場合の如し顯著ではなく測るに困難であるが、雪融け期間の甚だ長いことから考へると相當の量となるものと思はれる。故に極く大體に於いて、雪の場合の樹冠保留量及び遮斷量の林外雪量に對する百分率は、夫々雨の場合と略同程度のもものと推察して大なる誤がないと思はれる。

森林の増雨作用 森林がその地の雨量を増加させるといふことは屢々唱へらるゝことで、之に關する實證として擧げらるゝ事實もあるが、このことは尙疑のある問題として姑くさし措き、事實上降水量を増したと同一の結果となる有力な事實のあることを指摘して置きたい。それは森林が霧滴を捕へて林地に滴下させる所謂樹雨と呼ばれるものである。元來低地では霧は秋の拂曉に懸ること

が多く、霧のかゝるのは風の穩な日で、日出後二、三時間後には晴れて上天氣となるのが普通である。しかし山地ではかやうな霧の外に降雨の前後に起る霧がある。この霧は實は雨雲で、雲の内に居る人には霧と見えるが、山麓から眺めれば雲なのである。雨雲の高さは海拔一千米位以上のものが多いから、この程度の山地では降雨の度毎に雨雲に覆はれる。この種の山霧は風に從つて可なり速さで動いて居り、それが森林を通り抜けると、枝葉に霧滴が附着して次第に林地に滴下するものが樹雨である。この量は可なり多量に上ることがある。大和の大台ヶ原山（海拔一五五六米）のモミ林の内外に雨量計を据ゑて觀測した結果に依ると、四月から十一月迄の雨量の總計に於いて、霧を伴つた場合と、霧の無かつた場合とに分けて林内外の雨量の差を見ると、霧を伴はない場合には、林内外の差、即ち樹冠保留量は林外雨量の三〇パーセントであるが、霧を伴ふ雨の場合には僅に差は七パーセントに過ぎない。即ち二七パーセントだけ霧の爲に林内雨量が増加した結果となる。之は一〇〇〇耗の雨に對して二七〇耗だけ霧の爲に増加した割合となるので可なり重視すべきことである。而して特別な月、例へば四月と七月の如き霧を伴ふ雨の頻繁な月には、林内の雨量が却つて林外の夫れよりも多量であつた。

海拔一五〇〇米の大台ヶ原山は最も雨雲に覆はれ易い高さであり、又同山の天然林はまことに鬱蒼たる見事なものであるから、こゝでは實際に森林の爲に雨量が増した結果となるのであるが、か

やうなことは獨り同山に限つたことではない。霧を捕へて雨となすことは林木に限つたことではなく、草類も同様の作用を爲すが、森林の方は樹冠の擴がりの大きいだけ草類よりもこの作用が著しいのである。しかしかゝる作用の有力なのは大體一〇〇〇米以上の山地で、之を流域全體から見ると一般には小面積に過ぎないから、本篇で流域全體の雨を論ずる上には之を省略して考へることにする。

三、森林と流出量

森林が河水に對してどう影響するかを確めるには、氣候、地質などは同一で、只森林の種類やその面積の異なる。なるべく簡単な流域に就いて、その流出量を測定することが最も直接的な方法である、しかしかやうな比較では實は理想的な結果が必ずしも得られると限らない。それは右の様な條件に當嵌る箇所が實際には得られない爲と、一見氣候や、地形、地質が似てゐるやうでも、地下水の區域が地表の流域の區劃と一致しないことがあり、地域内に斷層などのある爲に流域外に地下水となつて逃げたり、又は流域外から地下水が流れ來ることがある。これらのことは豫め充分に調査すること困難である。そこでかやうな方法と併せて、流量に關係する各要素について別々に實驗して比較試験の結果を補足して正しい判斷をすることが必要である。

今かやうな試験の二、三を擧げて實例について森林がどんな影響をもつかを見ることにする。

1. 各種森林の比較

明治三十九年以來數年間當時の東京大林區署に於いて關東地方に於いて行つた比較試験がある。本邦ではこの方面の最初のもので且つ甚だ有益な成績である。この試験は左の三ヶ所、於いて行つた。

1. 茨城縣太田試験地(久慈郡機初村)本試験地には幼齡樹林區、針葉樹林區、濶葉樹林區の三區を設け、幼齡樹林區は面積二一・〇七ヘクタール、スギ、ヒノキの植栽林。針葉樹林區は面積三六・二七ヘクタール、スギ及びヒノキに多少のモミを混す。濶葉樹林區は面積一五・六七ヘクタール、全區域の七割は濶葉樹、その他は針葉樹林區と同様。何れも平均氣溫一二・五度、年降水量約一六〇〇耗。

2. 茨城縣笠間試験地(西茨城郡岩間町)本試験地には針葉樹林區、濶葉樹林區及び無立木地の三區を設け、針葉樹林區は面積七・三二ヘクタール、スギの單純林。濶葉樹林區は面積五・八一ヘクタール、主として濶葉樹にして多少の針葉樹を混す。全區域の約五分の一は常綠濶葉樹、その餘は落葉濶葉樹。無立木地は面積五・一八ヘクタール、伐採前は全區域の三分の一は針葉樹、殘餘は濶葉樹林であつた。伐根から年々芽を出したが度々之を刈り取つた。本地方は年平均氣溫一四度、

この成績を見ると流出率は同一地方でも地區に依つて甚だまち／＼であり、又太田と笠間とでは降水量は略同量であるのに、流出率は相違する。しかもそれは森林の種類に依つて相違を生ずるのでないことは、例へば太田では針葉樹林區の流出率は、潤葉樹林區よりも小であるのに、笠間では反對に針葉樹林區の方が潤葉樹林區よりも大であることから見ても分る。即ち流出率に對しては森林の種類などよりも一層有力な原因が他にあることを示してゐる。それは土地の關係、詳しく云へば地形、土質、地質構造等の關係である。尙この他に氣温や降水量等の氣候的條件も重要な關係をもち、之等に比較すると森林の關係が流出率に及ぼす影響は比較的輕微であると云へる。

降雨直後の増水量 已に述べた如く流出量は地表流下量と、地下給水量とから成るので、この内地表流下量は降雨中及び降雨直後の出水がそれである。今この地表流下量に對して森林がどう影響するかをこの試験の結果について調べて見る。茲で降雨直後の増水量としては、雨の爲に水位が増してから後、水位が再び増水前に戻る迄の總流出量から、出水前の水位がそのままに繼續したと見たときの同じ期間の流出量を差引いたものをいふのである。尙この外に最高水位に達する迄の時間増水期間の長さなど、増水に關係する事項を太田及び笠間兩試験地の成績について擧げると次の如くである。

降雨直後の増水量

太田試験地の一		太田試験地の二	
降雨時間(時)	幼齡樹林區 八・二九	降雨時間(時)	幼齡樹林區 二・二一
降雨量(耗)	幼齡樹林區 一二・〇〇	降雨量(耗)	幼齡樹林區 二〇・九〇
平均一時間の雨量(耗)	幼齡樹林區 二・二六	平均一時間の雨量(耗)	幼齡樹林區 二・二九
観測回数	幼齡樹林區 二九	観測回数	幼齡樹林區 二九
最高水位到達時間(時)	幼齡樹林區 六・三八	最高水位到達時間(時)	幼齡樹林區 六・一〇
増水期間(時)	幼齡樹林區 二〇・九〇	増水期間(時)	幼齡樹林區 一八・一〇
雨量に對する増水量の割合(%)	幼齡樹林區 一一・五七	雨量に對する増水量の割合(%)	幼齡樹林區 一・五七
降雨時間(時)	針葉樹林區 同上	降雨時間(時)	針葉樹林區 同上
降雨量(耗)	針葉樹林區 同上	降雨量(耗)	針葉樹林區 同上
平均一時間の雨量(耗)	針葉樹林區 同上	平均一時間の雨量(耗)	針葉樹林區 同上
観測回数	針葉樹林區 同上	観測回数	針葉樹林區 同上
最高水位到達時間(時)	針葉樹林區 同上	最高水位到達時間(時)	針葉樹林區 同上
増水期間(時)	針葉樹林區 同上	増水期間(時)	針葉樹林區 同上
雨量に對する増水量の割合(%)	針葉樹林區 同上	雨量に對する増水量の割合(%)	針葉樹林區 同上
降雨時間(時)	潤葉樹林區 同上	降雨時間(時)	潤葉樹林區 同上
降雨量(耗)	潤葉樹林區 同上	降雨量(耗)	潤葉樹林區 同上
平均一時間の雨量(耗)	潤葉樹林區 同上	平均一時間の雨量(耗)	潤葉樹林區 同上
観測回数	潤葉樹林區 同上	観測回数	潤葉樹林區 同上
最高水位到達時間(時)	潤葉樹林區 同上	最高水位到達時間(時)	潤葉樹林區 同上
増水期間(時)	潤葉樹林區 同上	増水期間(時)	潤葉樹林區 同上
雨量に對する増水量の割合(%)	潤葉樹林區 同上	雨量に對する増水量の割合(%)	潤葉樹林區 同上

太田試験地の一		太田試験地の二	
降雨時間(時)	幼齡樹林區 二・三・九〇	降雨時間(時)	幼齡樹林區 二・二一
降雨量(耗)	幼齡樹林區 五三・五〇	降雨量(耗)	幼齡樹林區 二〇・九〇
平均一時間の雨量(耗)	幼齡樹林區 二・二六	平均一時間の雨量(耗)	幼齡樹林區 二・二九
観測回数	幼齡樹林區 三	観測回数	幼齡樹林區 二九
最高水位到達時間(時)	幼齡樹林區 一五・三〇	最高水位到達時間(時)	幼齡樹林區 六・一〇
増水期間(時)	幼齡樹林區 一〇三・二〇	増水期間(時)	幼齡樹林區 一八・一〇
雨量に對する増水量の割合(%)	幼齡樹林區 四六・一〇	雨量に對する増水量の割合(%)	幼齡樹林區 一・五七
降雨時間(時)	針葉樹林區 同上	降雨時間(時)	針葉樹林區 同上
降雨量(耗)	針葉樹林區 同上	降雨量(耗)	針葉樹林區 同上
平均一時間の雨量(耗)	針葉樹林區 同上	平均一時間の雨量(耗)	針葉樹林區 同上
観測回数	針葉樹林區 同上	観測回数	針葉樹林區 同上
最高水位到達時間(時)	針葉樹林區 同上	最高水位到達時間(時)	針葉樹林區 同上
増水期間(時)	針葉樹林區 同上	増水期間(時)	針葉樹林區 同上
雨量に對する増水量の割合(%)	針葉樹林區 同上	雨量に對する増水量の割合(%)	針葉樹林區 同上
降雨時間(時)	潤葉樹林區 同上	降雨時間(時)	潤葉樹林區 同上
降雨量(耗)	潤葉樹林區 同上	降雨量(耗)	潤葉樹林區 同上
平均一時間の雨量(耗)	潤葉樹林區 同上	平均一時間の雨量(耗)	潤葉樹林區 同上
観測回数	潤葉樹林區 同上	観測回数	潤葉樹林區 同上
最高水位到達時間(時)	潤葉樹林區 同上	最高水位到達時間(時)	潤葉樹林區 同上
増水期間(時)	潤葉樹林區 同上	増水期間(時)	潤葉樹林區 同上
雨量に對する増水量の割合(%)	潤葉樹林區 同上	雨量に對する増水量の割合(%)	潤葉樹林區 同上

笠間試験地

	針葉樹林區		潤葉樹林區	
	針葉	潤葉	針葉	潤葉
降雨時間(時)	九・五四	同	同	同
降雨量(耗)	一六・六〇	同	同	同
平均一時間雨量(耗)	一・九八	同	同	同
観測回数	一六	同上	同上	同上
最高水位到達時間(時)	五・八三	五・四七	三〇・五〇	三・二三
増水期間(時)	二五・一〇	二五・一〇	三・二三	三・二三
雨量に対する増水量の割合(%)	二・二一	二・二一	三・二三	三・二三

右に擧げた數字は各観測回数に對する平均數である。太田の成績は一は雨量三〇耗以下の場合、二は三〇耗以上の場合で、三〇耗程度を境として雨量の多少に依つて増水の模様が大に異なる。即ち一の場合には増水量は雨量の二乃至三パーセントに過ぎず、増水期間は降雨時間の二、三倍であるが、二の場合には増水量は雨量の五〇パーセント内外、増水期間は降雨時間の四乃至五倍となる。尙右の成績に依つて針葉樹林と潤葉樹林との地表流量に對する差異は可なり明瞭に認められることが出来る。即ち増水量の降水量に對する割合は即ち増水歩合、針葉樹林は潤葉樹林よりも少く、増水期間にも同様の傾向が窺はれ、地表流量を減じ、地下給水量を増す作用は針葉樹林は潤葉樹林よりも有力なことが明かにされてゐる。尙この事實を一層確める爲に降雨の爲の増水中の一時間最

大流量について各區を比較すると次の如くである。茲では降雨の量の多少に従つて統計した。

一時間最大流量

太田

雨量階級(耗)	〇—二〇	二〇—五〇	五〇—一〇〇	一〇〇以上
雨量の平均(耗)	一・二八〇	三三・四三	六二・六六	一五六・三三
観測回数	二	二三	一一	三
一時間最大流量	一・〇〇	二・五五	六・六三	四二・四三
幼齡	〇・七〇	一・六七	四・六八	三〇・八三
針葉	一・九〇	三・二四	八・八三	四一・二三
潤葉				

笠間

雨量階級(耗)	〇—二〇	二〇—五〇	五〇—一〇〇	一〇〇以上
雨量の平均(耗)	一・二四七	三二・七八	七一・七七	一一九・一三
観測回数	一七	三四	一一	三
一時間最大雨量	〇・九八	一・四六	二・九四	二・五七
針葉	一・二二	二・〇六	三・七六	六・五七
潤葉				
雨量の平均(耗)	七三・四〇			
足尾				

観測回数	一五
一時間 潤葉	三・五二
最大雨量 無立木	五・五九

右の最大流量は、流域面積一町歩當り千立方尺を單位とした一時間の量である。即ち各區共面積一町歩當りに換算したものである。之で見ると一時間の最大流量はその時の雨量の多少に依るのは當然として、太田でも笠間でも針葉樹林區の方は潤葉樹林區よりも少ない。又太田の幼齡樹林區は針、潤兩區の中間にあり、足尾では無立木地區は潤葉樹林區よりも大である。以上を綜合すると雨の直後の増水を緩和する能力は針葉樹林が最有力で、潤葉樹林はそれよりも少く、又針葉樹林でも幼齡のものはその能力が潤葉樹に及ばず、無立木地は最も能力が低いことを示してゐる。

以上の成績に就いて考ふべき點は、各試験區の流出率は甚だ區々であること、太田と笠間の如く降水量の略同量であるに拘らず、太田の各區は笠間の各區の約倍數になつてゐる。已に述べた如く降水量から消失量を差引いた残りが流出量となる關係は、その流域内に降つた降水量が流出量以外には該區域外に出ることがない。即ち地下に於いては區域の内外に水の出入が遮斷されてゐる場合である。

若し地下で水の出入があればこの關係の成立しないことは勿論である。そこで今流域からの消失

水量を知ることが出来れば、地下で水の出入があるか否かを判斷することが出来る。然るに消失量を直接に測ることは殆ど不可能である。しかし種々の實驗資料から綜合して略之を推定することが出来ることは後に詳説するが、この地方では大體消失量は降水量の五五パーセント内外と見るのが至當のやうであつて、太田の試験地では地下に於ける區域外への水の逸出が無く、その他では多少の逸水があるものと推定してよろしいと思ふ。

2. 有林地と無林地の比較

瑞西エンメンタル地方に於ける二溪谷に於いて一九〇三年から一九一五年に亘つて行はれたもので、一方は面積五五・八ヘクタールの九六・九パーセントは森林であり、他は六九・七ヘクタールの面積中森林は始め三〇・九パーセント後三五・一パーセントに増し、平均全面積の三分の一は森林で、その他は放牧地、農耕地及び採草地であつた。この方を便宜無林地と稱することにする。年降水量は一五〇〇耗餘で、恰も吾が太田試験と略同様であるが、氣温の平均は六度内外で太田よりも遙かに寒冷である。試験の結果の概要を略記すると次の如くである。

一、春期の急激な雪融水（雪計）は降雨に依る場合でも、降雨を伴はない場合でも、有林地の方は無林地よりも少ない。これは主として良好な林地の透水性の大なることに依るのである。即ち林地では水は速に吸収されて地中に蓄へられ、後徐々に流出するからである。放牧地では反對に雪計

の大部分は直ちに地表流下量となるのである。

二、雪融期間には有林地の方の流量は無林地よりも少く、且つその変化も前者の方が後者よりも少い。之は有林地はより多く地中に蓄へられること、地中於ける水の運動の遅緩なことに依るがその他に有林地では空気及び土壤の温度の變化の少いことにも關係する。

三、豪雨に依る出水は、同一の降雨條件の下では最大流量は有林地は無林地の三分の一乃至二分の一である。又豪雨に依る流出歩合は兩谷共に比較的僅少であるが、有林地では無林地よりも常に流出歩合が少ない。而して流出歩合は豪雨の來る以前の天候經過に依るので、長い乾燥期、ひきつゝく高温、強い霜などは土地の透水性並に保水能を高め、流出歩合を減ずる。反對にひきつゝき天氣濕潤なること、霜の少ないこと等は流出歩合を増す。

四、豪雨と反對に長雨の場合、即ち地雨や、雨期の雨の際には雨量の大部分は流出し、流出歩合は豪雨の際よりも大である。而してかゝる雨に對しては有林地と無林地と何れに流出歩合が多いかは天候の經過に依つて區々である。故にかゝる雨に對しては有林地の保水能に對して樹冠の遮斷量は關係しないことは明である。寧ろ雨の來る前の土地の含水量及び降雨の經過に依つて保水能が決定せられるのである。而して降雨の經過については、長時間斷へ間もなく且つ次第に強度を増す雨である場合には、森林の流出歩合を減ずる作用は著しくないが、斷續的に降る雨の場合には、森林

の流出歩合を減ずることが顯著である。

五、夏期三ヶ月間は有林地の方は無林地よりも流出量が多い。これは春の雪計は有林地に多く蓄へられ、それが夏に流出するから、有林地は春の流出量が少ないだけ夏に多しと、この期間の土地及び植生からの蒸發は無林地は有林地よりも多い爲である。夏に無林地の蒸發の多いことは放牧地の土壤含水量の少いことから確められる。

六、半月乃至三ヶ月に涉ることある夏秋の乾燥高温期にも、有林地には溪水の絶えることは無いが、無林地には一週間又は一ヶ月に亘つて少しも流水を見ないことがある。

森林土壤は長い夏の高温乾燥期にも當地下に水を供給する。森林樹木の爲に土地が乾き切るといふことはあり得ない。又森林土壤は樹の根の達する範圍では無林地よりも多量の含水量を持つてゐる。

七、森林は寒候期にも流出量を整一ならしむる作用が認められる。寒冷乾燥の天候に際しても有林地の溪水は無林地のそれよりも多量に給水せられる。

3. 森林伐採の影響

既記の本邦の各試験地の内地下に於ける水の出入のないと考へられる太田試験地の潤葉樹林區をそのまゝ利用して、前回に引きつゞき森林伐採の爲に流出量にどう影響が顯はれるかの試験を行つ

た。即ち潤葉樹林區の林木を大正三年八月から伐採し始めて、伐木の搬出を完了したのは翌大正四年七月であつた。林木伐採後は大體草生地の状態となつたが、次第に潤葉樹の稚樹が生へて、大正八年にこの試験を終つた頃には數尺の高さに達したものが處々に見られるやうになつた。已に記述したところに依つて地表流下量に對して、落葉層や表土の状態が重要な關係を持ち、従つて地下給水量についても同様なことが想像せられるのであるが、この試験では單に地上の林木を切り拂つたのみで、林木伐採後僅に四五年間の経過であるから、表土以下には伐採前と大した差異がなかつたと想像せられる。若し差異があつたとすれば地表の落葉、雜草、稚樹などに相違があつたに過ぎない。依つてこの試験は主として單に地上から林木を取り去つた爲に生じた直接の差異を明かにするもので、本來の有林地と無林地との流出量に對する關係の全部を示すことにはならない。次に林木伐採の影響を見る爲に數項に分けて述べる。

流出率に對する影響

林木伐採前の爲に流出率は何う變つたかを次に示す。

年次	明治四四	大正一	大正二	大正三	大正四	大正五	大正六	大正七	大正八
降水量(耗)	一七六・〇	一五二・三	一五四・九 (三五〇・三)	一七二・六	一九二・〇	一四八・三	一四四・九	一四四・九	
流出量(耗)	一〇〇・五	八二・二	八三・六 (七三・三)	九〇・〇	二七・五	九三・五	六四・三	八六・〇	
流出率(%)	五七・〇	五四・九	五二・六 (五〇・五)	五二・五	一四・五	六三・四	五九・〇	五九・四	

右の内大正三年の數字は括弧を附して置いたが、この年には伐採の爲に觀測を缺いた日があつた爲に、他の資料から推算したものである。大正三年と四年、即ち伐採した年と、林木搬出の年とは流出率は急に小となり、大正五年即ち伐採後三年目には又急に大きくなり、その後次第に減少して伐採前の値に戻る傾向を示してゐる。伐採前の三ヶ年間は年々の降水量に二〇〇耗内外の差があるに拘らず流出率は略一定で、三ヶ年の平均は降水量一六〇八耗、流出率五七・五パーセントとなる。而して大正三、四年の過渡期を省いて、伐採後三年目の大正五年から七年迄の三ヶ年平均は、降水量一四八三耗、流出率六四・二パーセントとなる。今伐採前三ヶ年の平均流出率に依り、伐採後三ヶ年の平均降水量に對する流出量を計算すると八五三耗の流出量となり、この間の實際の流出量九六二耗は一〇九耗の過大、之を降水量の百分率にすると七・三パーセントの増加となる。又單に大正五年のみについて同様の計算を試みると一八七耗、降水量に對し一一・六パーセントの増加となる。先々第二節に於いて森林の樹冠遮斷量は各樹種につき降水量の九乃至一七パーセントであり、潤葉樹はこの値は少なる事實を見たが、右に得た森林伐採後の流出量の増加は恰も樹冠の遮斷量に相當することを知るのである。即ち大正三、四兩年は林木の伐採及び搬出の爲に地上を攪亂し一時異常の状態にあつたので姑く問題外とし、大正五年に流出率が急に増し、その増加は丁度林木が有つ時の樹冠遮斷量に相當するのであり、その後次第に減する傾向を示してゐる。之は伐採後に

生へた草や、穀樹などの遮断量が年と共に多くなり、元の森林の有つた場合と同様になる傾向を示すものであらう。

尙之と同様な試験が北米合衆國で行はれたことがある。同國コロラド州ワゴンホイル、ギアツプに於いて、二つの谷を選んで一九一〇年から一九二六年迄比較し、その後一方の谷の森林を皆伐し、一九二〇年秋にその作業を終り一九二六年迄七ケ年間以前と同様の比較を行つたのである。この成績に於いても本邦に於ける結果と同様、伐採後の三年目に伐採した方の谷の水量が急に増加し、その量は丁度樹冠の遮断量に相當する程度であり、その後年を経るに従つて次第に元の關係に戻る傾向を示した。

降雨直後の増水量 降雨直後の増水量即ち地表流量に依る増水を森林伐採の前後につき比較すると次の如くである。茲には雨量の多少に従つて區別して統計した。

降雨直後の増水量比較

伐採前後	観測回数	平均雨量(耗)		雨量に對する増水の割合(%)	伐採前後の比
		雨量(耗)	増水(時)		
伐採前	二二	六・五三	一四・七	一・八八	一
伐採後	一二	七・〇五	二九・一	二・八七	一・五三
雨量		一〇・〇	一九・九耗		

伐採前	一八	一四・〇六	三四・二	三・三〇	一
伐採後	一三	一五・一三	五九・七	六・四五	一・九七
雨量		二〇・〇	二九・九耗		
伐採前	六	二三・三三	五八・五	八・四二	一
伐採後	八	二三・一〇	六六・九	一三・七五	一・六一
雨量		三〇・〇	三九・九耗		
伐採前	一	三三・三〇	七五・〇	二八・一〇	一
伐採後	三	三四・〇三	九九・二	四二・九〇	一・五三
雨量		五〇・〇	六九・九耗		
伐採前	二	六三・六〇	一七五・〇	六六・四五	一
伐採後	二	五七・一五	一八三・〇	三五・一五	〇・五三

この成績は伐採前は明治四十年から大正四年三月迄の八ケ年、伐採後は大正五年六月から同八年迄の四ケ年の資料に依つたものである。表の最下段の数は増水量の雨量に對する比の、伐採前の値を一とした伐採後の値の比である。資料は雨量三〇耗以上の場合には僅少である爲に不正確であるが主として三〇耗以下の場合について見るに増水量の雨量に對する割合即ち増水歩合は、伐採後の方が伐採前よりも大で、一倍半乃至二倍になつてゐる。之は樹冠の遮断量の有ると無いとの爲の外に土地の雨水吸収能の差異も加つて森林の無い方が地表流量が多い爲と思はれる。

無降雨期間の流量漸減 数日間ひきつゞき雨の降らないときの流出量は、全く地下水に依るもので、恰も桶につめた湿めつた砂から水の滲出するのと同様の関係で、日々その量が減じて行く。日々の減じ方は水位が或程度より高い時には急に減じ、それ以下になれば甚だ徐々となるので、この移り變りの境は判然として居る。この溪川では水位一二種は略この境界に當るのである。蓋し水位の高い時の減水の急な間は、土地の表層や落葉層などに含まれた水が滲出するのであるが、減水が徐々となつた時には眞の地下水に依るのであらう。そこで水位一二種以下で数日間降雨の無かつた場合につき、伐採前と後とで數回の資料を採つて、平均の日々の流出量を示すと次の如くである。

流域漸減の例

日次	○	第一日	第二日	第三日	第四日	第五日	第六日	第七日	第八日
流出量	二四・六	一九・五	一四・〇	一七・七	一七・三	一七・六	一六・七	一六・七	一四・六
林木伐採前 (六回の平均)									
流出量	二六・四	一六・七	一三・三	一五・四	一五・五	一五・六	一五・六	一五・六	一四・六
林木伐採後 (七回の平均)									

但し右流出量は各日の平均一時間量で流域十町歩に對する立方尺で表したものである。之で見ると伐採後の方が流出量漸減の度が伐採前よりも急であることが分る。即ち地下水の涸

渇することは森林の無い方が速である。尙又流出量漸減の割合は最初の日の水位と、その期間の温度とに關係するが、この資料から調べた結果に依ると、日々漸減の割合は初日の水位が同一であると、森林伐採前には冬期に大に夏期に小であつたが、伐採後には反對に冬期よりも夏期に大となつた。即ち林木の無いときは夏期直接に地上を太陽に照される爲に日々の減水の割合が大きくなり、林木の有る場合には夏は樹葉の繁りの爲に太陽の照射を遮り、表土を常に濕潤にして置く爲に、日々漸減の割合は却つて冬期よりも少であるといふ結果を來たすものと考へられる。尙地中に於ける水の運動速度は温度の低い時は高い時よりも遅くなるから、他の關係が無ければ、同一の濕めりであれば冬は夏よりも給水の少ないのが當然である。

當月の流出量に對する前月の狀況の影響 或月内に流出する水量は當月の降水量に依ることは勿論だが、同時に前月の流出量や降水量の多寡に關係する。前月の流出量や降水量に關係する程度は流域の地中に水の保留される能力の大なる程關係密接な筈である。今この關係を比較する爲に先づ前月の降水量と當月の流出量との相關係數を比較すると

伐採前	相關係數	(+0.070)	(±0.05)
伐採前	相關係數	(+0.047)	(±0.08)

で明に伐採前の方が關係が密である。次に前月末日の流出量——之は當日に於ける土中に水の保

たれてゐる度合を示すものと見てよい——と當月の流出量との關係は

伐採前	相關係數	(+)0.74	(±)0.04
伐採後	相關係數	(+)0.48	(±)0.08

即ち同様に伐採前の方は伐採後よりも前月の影響が多く残つてゐることを示す。斯の如き差異のあるのはこの試験では未だ地中の状態については伐採の前後に著しい差があるとは考へられぬから主として地表からの蒸發に依つて失はれる水量が、伐採前の方が後よりも少いことに基くのであらう。但し茲に地表の蒸發といふのは植物の消費する水量をも含むこと勿論である。

濕潤抵抗 降雨が始つてから河の水嵩に影響する迄に要する雨量を濕潤抵抗と稱することにする。濕潤抵抗は土地が乾燥して居る程大きく、濕めつてゐる程少い筈である。又一方に河の水位は流域の土地の乾燥の度合を示すものと見ることが出来る。何故ならば水位の高いことは、その水位を維持するに足るだけの水の供給が地中から得られるからで、土地が乾燥して給水力が減れば、それに相應して水位が低下しなければならないからである。故に濕潤抵抗は水位の高低に依つて異なる筈である。今水位一分上昇する迄に降つた雨量を林木伐採の前後につき比較する爲に、水位の階級に分けて統計した結果は次の如くである。

濕潤抵抗の比較

水位階級	觀測回数	平均水位	水位を一分上昇せしむる迄の雨量	水位一分上昇に相當する流量	比
二・三——三・〇	伐採前 一六	二・七五	二・一五	〇・〇〇三〇四	七〇八
三・一——三・五	伐採前 六	三・二七	二・五二	〇・〇〇四一〇	六一五
三・六——四・〇	伐採前 七	三・六九	二・九〇	〇・〇〇四八五	五九八
四・一——四・五	伐採前 三	四・二〇	二・六七	〇・〇〇五八五	四五七
二・三——三・〇	伐採後 八	二・六〇	二・六三	〇・〇〇二八九	九一〇
三・一——三・五	伐採後 一五	三・二八	二・七五	〇・〇〇四一〇	六七〇
三・六——四・〇	伐採後 一三	三・七四	二・三二	〇・〇〇四八五	四七八
四・一——四・五	伐採後 七	四・三一	二・三四	〇・〇〇六〇七	三八五

水位の高低が流域の土地の乾濕の度を示すものとすれば、等しく一分の水位を高める爲に要する雨量は水位の高い時に、即ち流域が濕めつてゐるときに少量なる筈であるが、等しく一分の水位といつても、水位一分に相當する流量は水位が高くなる程多量になる爲に關係が込み入つて來る。水位一分に相當する流量で、水位一分の上昇に要する雨量を除した比は即ち同じ流量の増加に必要な雨量となる。前表の最下段の比はこれを表はす。この比について見ると、水位の低いときに大で、

水位が高くなるに従つて減じて居り、又伐採前後を比較すると、水位三寸五分を境として、之より水位が低いときは伐採後の方が伐採前よりも比が大である。之を詳言すれば流域の土地が比較的乾いて居る際には同じだけの流量を増す爲の雨量は林木の無いときの方が多量であることを要するといふのである。又水位三寸五分以上の場合には反對に伐採前の方が後よりも値が大きい。即ち流域が甚だ濕めつてゐる際には同じだけの流量を増す爲に必要な雨量は、林木の有る場合の方が無い時よりも多量である。之を換言すれば流域の甚だ濕めつてゐるときには、同量の雨の爲に河水の増し方は、林木のある時の方が無いときよりも少ない、といふことである。前の場合即ち土地の乾燥してゐる場合の方は森林の水源涵養の一部を示し、後の方即ち土地の濕潤な場合の方は治水能力の一端を示すのである。元來森林があれば、その樹冠遮断量だけ雨量が餘分に消失するのであるから、濕潤抵抗は森林の有る場合は無い時よりも一般に大きいのが當然のやうであるが、水位が或程度の以下の場合、即ち流域が或る程度以下に乾燥してゐる場合には、この豫想に反して却つて森林の有るときの方が比較的少ない雨量に依つて、森林の無い場合と同程度の増水を見るのである。之は森林が土地を乾かさなないといふ作用は、樹冠の雨量遮断作用を償うて尙餘りあることを示すのである。尙又鳥取縣智頭に於ける有林地と無林地との溪川の比較に於いて、暖候期には有林地は無林地に比し降雨初期には流出率が大大で、降雨末期には却つて流出率が少となることを示してゐる。之は雨

の降り初めに河水に影響することは有林地の方が、無林地よりも鋭敏であるが、降雨が長びくと増水の割合が有林地の方が小となることを意味するので、之亦上記の結果を裏書きするものである。

四、森林と消失水量

降水量の内河水となる流出量以外のもの、即ち消失水量に對して森林が何ういふ關係を持つかを述べる前に、一應消失水量について述べる。消失水量は先にも述べた如く蒸發に依るので、之を實測することは流出量を測るよりも一層困難であるが、種々の實驗の結果から略之を推定し得るのである。

先づ地面からの蒸發は實驗の結果に依ると、土地が相當に濕めてゐる間は、地面からの蒸發は蒸發計からの蒸發と一定比を保つが、或程度以上土が乾くと兩者は全く無關係になる。

然るに本邦のやうに一年の半分以上三分の二位も降雨日數を算し、且つ山地では第二節で述べた樹雨の現象もあり、又一般に山地は平地よりも湿度が高く、蒸發が少く、従つて甚だしく乾燥しないことを考へると、山地では地面からの蒸發が蒸發計の示す蒸發と一定比を保つと見て不都合が無いであらう。次に芝草を植ゑた土からの蒸發は、普通蒸發計の示す蒸發の五六パーセントとなることを吾々は實驗した。依つて今流域が全部芝草に覆はれてゐると考へて、右の割合に依つて蒸發計

に依る資料から流域の蒸發量を計算することが出来る。尤も河の流域は全部芝草であることは實際には無いが、植生の相違に基く蒸發量の差異のことは後に述べることにする。

次に芝草の葉に留まつて、其所から蒸發してしまふ雨量、即ち芝草の遮斷量は實測したものは無いが、他の例から推測して雨量の五パーセントと見て大した間違ひは無いであらう。

最後に降雪期即ち大體十二月から三月迄の間は地面は積雪に覆はれ、雪面から蒸發する。積雪面からの蒸發量は同期間の蒸發計の示す蒸發量の全體四分之一と見て宜しい。以上の資料を基として降水量と蒸發計に依る蒸發量との資料から、流域に於ける消失量を推算することが出来る。今既記の本邦の各試験地の所在地たる關東地方の各地に就き之を計算して見ると次の結果となる。

流出率の推算値

地名	日光	伊香保	妙義	三峯	水戸	東京
海拔高(米)	一二七〇	六九一	四二七	一一一六	三一	六
年降水量(耗)	二二七七・七	一九九六・三	一七九七・七	一九〇二・一	一四七四・七	一五六四・一
消失水量(耗)	四九九・二	五八二・九	四八六・〇	四三五・三	六六一・五	五五五・一
流出量(耗)	一六七八・四	一四一三・四	一三一・七	一四六六・八	八一三・二	一〇〇九・〇
流出率(%)	七七・一	七〇・八	七三・〇	七七・一	五五・一	六四・五

この表の消失水量は右に述べた様な方法に依つて算出したもので、流出量は消失水量を降水量か



ら差引いたもの、又流出率は流出量の降水量に對する百分率である。右に依ると日光及び三峯山の如く一千米以上の山地では七七パーセントであるが、平地の水戸では五五パーセントである。即ち太田試験地の各區の流出率四五、五八、五三パーセント等は右推算の水戸の流出率の前後となる。この種の測定では僅に數年の成績では二、三パーセント程度の差の生ずるのは止むを得ないのである。斯様な推算から太田の試験地では、地下に於ける流域外からの水の出入が無いものと推定されるのである。

さて次に流域が各種の森林や、其の他であつた場合にはこの關係がどうなるかであるが、これに就いて既記瑞西のエンメンタールに於いて前後十八年間、一つの流域は全部森林であり、他の一つは大部分牧草地である兩流域の流出量を測定し、精細な研究を行つた結果次の結論を得た。

流出量	有林地		無林地	
	降水量に對する百分率	量	降水量に對する百分率	量
植生の遮斷雨量	同	一五	同	一〇
植生の通發量	同	二〇	同	六
地表からの蒸發量	同	五	同	二五
合計		一〇〇		一〇〇

即ち氣候、地質、地形等の條件は略相似てゐるが、只地表が、一は主として森林、他は主として

放牧地であるの相違の場合にも流出率は兩者共に六〇パーセントで全く同一で、従つて消失量の降水量に對する百分率も同一であるが、只消失量の内譯が相違し、有林地の場合には遮斷量や、通發量が大部分を占め、地表からの直接の蒸發量は僅少であるが、無林地の場合は、前二者は比較的小なく、地表からの蒸發が大部分を占むるの差異があるのである。

流域の消失量の内遮斷量については先きに詳説し、地表からの蒸發についても芝草の場合について述べたが、地表からの蒸發は林内は林外よりも温度が低く、湿度が高く、その上風力が弱い爲に蒸發は林内の方が少ないことは直ちに想像せられるであらう。例へばスギ林で下木の繁つてゐる場合には林内の蒸發は林外一三パーセントであつたが、下木を切り拂つた林内では二四パーセントであつた。次に植生の通發水量はどうして之を推算するかの一例として、前記の瑞西の試験に於いて行はれた計算例を示すことにする。

有林地の植生通發量の推算

(a) 樹葉量に依る計算、この流域には胸高直径一八種以上の樹木が一ヘクタール當り約三〇〇本あり、その内四五パーセントはモミ、一八パーセントはタウヒ、三七パーセントはブナである。之等の各種の中庸木について樹葉量を測り、ヘーネルが各種林木の樹葉氣乾量一〇〇瓦につき、一生育期間に通發する水量を實驗的に求めた數値を用ひて計算すると、一ヘクタール當りの通發量は約

二、〇〇〇、〇〇〇瓩となり、他に若い下木の通發量として、この量の四分の一を見積り、結局一〇〇ヘクタール當り二五〇、〇〇〇米³となる。

(b) 一ケ年の樹葉生産量に依る計算、エーベルマイヤーに依ればタウヒ、ブナ、マツの林分の一ヘクタールが一ケ年に生産する樹葉量は、乾重として平均約三〇〇〇乃至四〇〇〇瓩である。モミの針葉は一二年、タウヒは八一〇年になるものがある。而して樹冠内部の古い、日陰になつてゐる葉は通發が少い。これらのことからモミに對しては年産葉量の八倍、タウヒに對しては五倍の葉が通發に關係するものと見て、本流域一ヘクタールに就いて計算すると、矢張り一〇〇ヘクタール當り約二五〇、〇〇〇米³の水を通發することになる。

(c) 樹木及び樹葉の一ケ年生産量に依る計算、薪材及び粗朶材の材積の平均一ケ年の生長は少くも一〇米³で、その乾重五、〇〇〇瓩である。樹葉の生産を三、〇〇〇瓩とすれば全生産量は一ヘクタール當り一ケ年八、〇〇〇瓩になる。然るにヘルリーゲルは農作物に就き一瓦の乾重生産量に對し平均三二四瓦の水を通發に依つて失ふことを見た。この値をそのまま、前記の生産量に應用すると矢張り一〇〇ヘクタール當り約二五〇、〇〇〇米³となる。若し葉の乾重を四、〇〇〇瓩とすると二九〇、〇〇〇米³の値を得る。

以上のやうに三様の計算に依つた結果は略同様の値を得られるので、この値は大體に於いて信用

し得るものと云へやう。この外に冬期の通發量を入れて、全一ヶ年の林木による通發量は一〇〇ヘクタールにつき三〇〇、〇〇〇米³、之を雨量に換算すると三〇〇耗となるのである。

無林地の植生通發量の推算

この流域には一部に森林があり、大部分は放牧地で、幾分の採草地及び農耕地がある。放牧地、採草地及び農耕地の通發量計算は前記のヘルリーゲルの値を用いた。採草地及び農耕地では一ヶ年の生の生産量は一ヘクタール當り一六、〇〇〇庇を越すことはない。平均七五パーセントの水を含むから乾重は四、〇〇〇庇となる。放牧地の草の生産量は乾重一、〇〇〇乃至一、五〇〇庇である。又草の外にハンノキ、タウヒの稚樹、シダなどが生へて居り、年産量の乾重は一ヘクタール當り二、〇〇〇庇として大過ない。これらの資料から計算すると無林地の方の通發量は一〇〇ヘクタール當り一三四、三五九米³、之を雨量に換算すると一三四耗となる。

以上のやうにして計算するので、この計算に使用した諸資料、殊にヘルリーゲルの數値の如きは其の後一層精確な値が得られてゐるが、流域の消失水量中植生の消費する水量推算に對する概念は理解し得らるゝであらう。而して流域の全消失量は獨り植生の通發量のみでなく、地面からの蒸發や、遮斷量等をも考慮に入れ、斯くして流域からの全體の消失量は、地上の植生の差異の爲に甚だしく相違を來たすものでないことが理解されるのである。而して現在得られてゐる資料に依ると地

上の植生が森林である場合に消失量が最も多量であるとの事實は擧つてゐないことを附記して置く。

五、結 言

以上各章の記述に依つて森林が河水の上に何んな影響を及ぼすかを實地に行つた試験に依つて知ることが出來た。茲に之を要約し、且つ之に關聯する二、三の事柄を記して本文の結びとしたい。

森林の河水調節作用の要約

一、瑞西の試験の結果では有林流域でも、無林流域でも、平年一ヶ年の流出率は六〇パーセントであり、本邦の太田、笠間、足尾三試験の結果では五八乃至二四パーセントの間にあり、場所について流出率の値は區々であるが、之は森林の種類や、その有無に依るのでなく、専ら土地の地形、地質構造等に依るもので、森林の種類や、有無は平均の年流出率には寧ろ無關係のものと推定せられる。

二、本邦の試験の結果に依ると、降雨直後の増水量は一回の降雨量が大體三〇耗を界として、それ以下の場合には甚だ少量で雨量の二、三パーセントであるが、雨量がこの程度を越すと五〇パーセント内外となる。而して森林の種類に就いていふと増水歩合は針葉樹林に少なく、濶葉樹林に多い。又増水期間中の一時間最大流量に就いても同一の傾向を示し、又無立木地と濶葉樹林地とは、前

者は後者よりも最大流量が多い。又幼齡林地は増水歩合も、最大流量も共に大體針濶兩林の中間にあるやうである。

三、瑞西に於ける有林流域と無林流域とに於ける比較に依ると、春期の雪計でも、又豪雨に依る出水でも、流出歩合も、最大流量も共に有林地の方が少なく、有林地の保水能力の大なることを示す。又夏期及び高温乾燥期に於ける水量は有林地の方に多量で、斯る時期に於ける給水能は有林地の方が優力である。之は林地の保水能力が大であると共に夏期に於ける消失水量は有林地よりも寧ろ無林地の方に多量である爲である。又寒冷乾燥期にも有林地の方が給水能が大である。

四、森林伐採に依る直接の影響は、伐木の搬出を終了した翌年、即ち伐採後第三年目に流出量が増加し、その後次第に伐採跡地の雑木が生長するに従つて増量が減ずる。而して伐採後の流出量の増加は林木樹冠に遮断せられる雨量の程度である。このことは北米に於ける試験の結果でも同様である。

五、森林伐採前後の河水流況を比較すると、降雨直後の増水歩合は伐採後は前よりも多い。又數日間引きつゞき降雨の無い乾燥時期の溪水の減水状は伐採前の方が伐採後よりも徐々であり、又斯る際の日々漸減の割合は伐採前には冬に大で、夏に小であつたが、伐採後には反對に冬よりも夏に大となつた。これは森林のある時は夏は地表が日陰となつて水分を保留してゐるが、伐採後は

直接地面が日光に曝される爲に乾燥するからであると解せられる。又當月の流量の前月の雨量や、前月末の水量との關係は、伐採前の方が伐採後よりも一層密切である。之も森林のある方が無い時よりも土地の保水能が大である爲である。尙又同量の降雨の爲に河の水位を増すことは、濁水の時には伐採前の方が顯著であるが、水位の高い時即ち土地の濕めてゐる時には反對に伐採後の方が顯著である。これは森林があれば土地を乾かすことが少ない爲に少しの雨でも直ちに河水となつて表はれるが、雨天がつゞいて河水の増水してゐる様な時には林地の水を吸収する作用の爲に出水が緩和されるからである。

六、森林樹木の生活する爲に消費する水量即ち通發量は、森林以外の植生の場合よりも多量であるが、この外に樹冠に遮断せられる雨量も流水に加はらないもので、これも森林の場合が多量である。しかし流域の地面から直接に蒸發する水量は森林の場合も少ない。その爲に流域からの全消失水量は森林であると、草地であることに拘らず略同等であるか、少なくとも森林の場合に全消失量が最大であると云へない。

森林の河水調節機構

有林地の地上林木を伐り拂つたゞけでは、單に林木の有無の爲の影響だけしか表はれないが、同一地質、地形の場所を長年の間一方は森林として取扱ひ、他は放牧地等にして置いた場合には最も

よく森林の河水調節の効果が表はれる。蓋し森林の河水に及ぼす影響としては直接林木の有無の爲許りでなく、土地の性質が森林である場合と、然らざる場合とに依つて相違を來たす爲である。森林の影響を一言に盡せば、大雨の際の出水を緩和し、渇水時の水量を比較的豊富にするといふ點にあるので、森林の有無の爲に全一ヶ年の水量が増すか、減するかは、よしあつたにしても大したものではない。要するに河水の全量に對しは影響することはないが、流量を調節して甚だしき極端なことを無からしめんとするのが森林の効用である。この作用に對して林木は林地を日蔭にして地表を甚だしく乾燥せしめないといふ點もあるが、それよりも一層重要なことは良好な森林に於いては土壤の性質が透水性に富み、雨水や雪融水を速に吸収すること、同時に吸収した水を長く地中に貯へて徐々に放出して溪水を培養することに依るのである。土壤の保水能力と透水性とは一見相反する性質であるが、この兩方の性質の程良く調和してゐることが優良な森林の特性である。例へば砂礫性の土は透水性に富むが、只よく水を透すのみで水を土中に保留することが少ない。又土粒の細かい粘土質の土は保水能は大であるが透水性が甚だ悪い。森林土壤が透水性もよく、保水能も大であるのは、細土や腐植質を多く含むと同時に多孔性であるからである。森林土壤の多孔性については二つの意味がある。その一つは樹根の侵入や、枯れた根、又はミ、ズやモグラなどの生物の棲家となる爲に生じた土中の孔隙である。他の一つは土の組織上の空隙で、細土が腐植質の作用の爲

に團粒となり、各團粒が互に軽く接觸した組織になる。土壤學で孔隙度と稱するのはこの方である。前者の孔隙は林内でも箇所によつて甚だしく相違し、且つ之を適當に測定する方法がない。この兩者共に森林土壤の保水能及び透水性に重要な關係を持つてゐる。今斯の如き森林土壤の特性を實證する一例として瑞西林業試験場のブルガー氏の實測の結果の概要を述べる。

同一地方で土壤の性質も同一な地域で、一は保安林として長年の間森林の維持せられた部分、一は放牧地として使用し來れる部分、他は放牧地に造林して四七年を經過せる部分の、三區域に於いて、各區域の土壤について調べた結果次のことが判明した。

一、土壤の一定體積を採取してその内に含まれた細土分の量を比較すると、保安林に斷然多く、放牧地と造林地とは略同程度で、造林地の方が幾分多い。之は降雨毎に細土の流失することが保安林が最も少ないことを示すのである。

二、土壤の試料に水を含めるだけ含ました時の重量から乾燥重量を差引いた値を容水量と稱する。これは土壤の毛管細隙に水が保持せられる量であるが、保安林に最大で、放牧地に最小であつた。

三、土壤の一定體積から、土粒の占むる體積を差引いたものは孔隙量であるが、之は保安林に最大で、放牧地最小、造林地はその中間にあつた。又この孔隙量から前項の容水量を差引いた値は、

孔隙中水を保留する毛管以上の大きい孔隙の量で之を容氣量と稱するが、之又保安林に最大で、造林地之に次ぎ、放牧地最小であつた。

四、面積一〇〇糶、高さ二〇糶の金屬製の底のない圓筒を、一〇糶だけ土中に差し込み、一〇糶は地上に出し、之に一リットルの水を急に入れ、水全部の吸ひ込まれる時間を測ることによつて透水速度を驗した結果に依ると、數回の平均で保安林は二分三七秒、造林地は六分一二秒、放牧地は三時間四分四三秒となり、保安林と放牧地とは格段の相違のあることが實證された。

尙有林地の保水及び透水性に關し落葉の堆積の効果が擧げられる。落葉層はそれ自身に水を保留し、雨水の急激な流出を抑止し、又表土の乾燥を防ぎ、小雨の際にも直ちに河水に影響を表はすこととなるのであるが、近頃米國土地保存局のローダーミルク氏は、落葉の効用はそれのみでなく、寧ろ細土分の移動を防ぐ點にあることを實驗に依つて確めた。即ち細土が雨水の爲に流れると、その爲に土壤の孔隙を塞ぎ透水性を悪くする。落葉層はこの細土の流れることを防ぐことが最も有効な作用であるとした。

森林の土砂扞止作用

森林の治水的効用として土砂扞止作用を擧げられる。この作用は本文の問題とは別に考究せらるべきではあるが、而も一面密接な關聯があるので簡単に之に觸れることにする。降雨に依つて表土

の流出することは崩壞の第一歩である。表土の流出は雨水の地表流下に依るのであるが、地表流下は雨の強度が土地の透水性を超過すれば起るのである。已に記した如く森林土壤の特性の一は透水性の良好なことであり、その上に落葉層は一層の之を助けるから良好な林地では地表流下の起ることが少なく、よし起つても流下の勢が弱い。然るに瘠惡の林地、例へば中國地方などに見る赤松林地で、下草の貧弱な場合などには地表流下が起り易い。地表流下の爲に第一に起るのは地表一面に起る細土分の流出である。之が次第に進むと自から水路が出来てそこが洗堀されることになる。之が更に進むと崩壞に至るのであるが、林相が良好な場合には斯る洗堀の起り悪いことは當然である。

然るに異常な大雨に依る崩壞は之と多少事情を異にして居る。去る昭和十三年七月五日に起つた神戸市裏山の大水害に際し、筆者の觀察したところに依ると、斯る異常の豪雨の際に起る崩壞は斷層等地質の異常でない限り、大體次の三種類のやうであつた。(1)は地表流下雨水の集注落下する地點に起るもの、例へば山腹の流下雨水が先づ道路に流れ出し、之が下の谷に流れ下る途に當るところに先づ崩壞が起るのである。(2)は山腹の地下水の湧出又は滲出する箇所から崩壞の起るもの、(3)は山腹の中途から剝落するものである。凡て之等の崩壞は雨が相當に長びくが、又は可なりの強度に達しなければ起らないことである。而して普通程度の雨に際して斯る崩壞の起るべき素地に對しては、森林は良く之を防止する作用がある。即ち地表流下量を減ずるとか、又は根部作用で土地を

崩落しない様に防ぐとかに依るのである。故に森林は普通の雨の場合に屢々起るべき小崩壊は之を抑止して居る。之に反し森林でない場合には降雨毎に小崩壊が常に之に伴つて起る。水源地の森林が良好なときは河水は濁らないが、森林が粗悪であるか、森林以外である場合には河水の濁るのは即ちこの爲である。然るに數年に一回、又は十數年に一回といふやうな異常の大雨に逢ふと、平常森林の庇蔭に依つて崩壊が起らずに居た箇所も終に持ち耐えなくなつて崩壊する。之が切つかけとなつて次ぎ／＼に崩壊が起るといふので、平常小災害が起らないだけ、非常の場合に起る災害が大きい。故に普通の場合に安全だからと云つて安心しないで、稀に起る異常に對しても大丈夫であるやうに砂防並に造林の施工法に於いて萬全の方法を講究して置かなければならない。

溜池問題

森林と水源の問題に關聯して、岡山縣南部地方では田用水の爲の溜池に對して、池の集水區域に森林の成立することは、池の溜水を少なくするといふことが一般に信せられてゐることであるからこの機會にこの問題に觸れて置くことが必要と考へる。

岡山市に於ける平年雨量は一、一〇〇耗であつて本邦では寡雨の地方であるが、昭和八年には特に雨量が少なく、所々溜池に水が不足を告げた。この際筆者は問題となつた三ヶ所の池の實狀を調査した。その内一は特別な構造で一般の例とならないから除外し、他の二つの池について述べる。

之を假りにA、Bと稱することにする。Aは集水區域四一ヘクタール程の谷の口にある二段の池の奥の方であつた。この直接流域の外に裏側の谷から承水路を設けて降雨の際に水を引き入れる様になつて居り、この間流域の面積は一五・ヘクタールである。但し承水路は山腹を堀り放したまゝのものであつた。Bは山の頂上に近い山腹に堀つた池で、直接流域は一・五ヘクタールに過ぎないが、山腹を廻つて承水路を設けてあり、この間流域の面は三・六ヘクタールである。この兩池の所在地は岡山市から餘り距つて居ないので、今岡山市の年平均雨量一、一〇〇耗、又溜池の水を使用しない期間なる十月から六月迄の平均七〇〇耗の幾割が池に入れば満水するかを、各池の容量から計算すると次の如くである。

	全流域		直接流域	
	A	B	A	B
全一ヶ年	五・七%	九・五%	七・九%	三三・〇%
一〇—六月	九・〇%	一四・九%	一二・四%	五〇・九%

之で見ると全一ヶ年の雨量に對しては間接流域を含めた全流域に就いてはAは六、Bは一〇パーセントだけ入れれば満水し、貯水期間のみならばAは九、Bは一五パーセントで満水する。然るに承水路が不完全で間接流域の効果が少ないものと思はれるから直接流域のみについて考へると、全

一ヶ年に對してはAは八、Bは三三パーセント、又貯水期間のみだとAは一二、Bは五一パーセントとなるのである。本邦の多くの例の如く雨量の五〇パーセント内外が流出するものとする、之等の池は流域に森林の有無に拘らず直接流域のみでも略満水しなければならぬ筈である。然るに二つ共、殊にBは直接流域の二倍の間接流域を取り込んであることから見ると直接流域だけでは多くの場合満水しない事情にあることを示すのである。こゝに第一の疑問があるのである。依つて實測に依つて流域の雨量の何れだけが池に入るかを調べた結果次の値を得た。

	全流域	直接流域
A	七・三%	一〇・〇%
B	六・五%	二三・〇%

即ち全流域に對しては雨量の七〇パーセント内外、直接流域のみについて見るとAは一〇、Bは二三パーセントしか池に入らぬことが分つた。

若し他の地方の如く雨量の五〇パーセント内外が流出するものとする、之等の池では漏水が非常に多いと見なければならぬのであるが、實際にはさやうの氣配も無い。然るに後にAの附近に於いて溪水の流出量を実測したところに依ると、三ヶ年の平均で雨量一、〇〇〇耗に對して流出率は二一パーセントであつた。そうするとA池に於いては直接流域の雨の一〇パーセントは池に溜り、残

り一パーセント程は漏水するものであることが知れた。

而してこの調査中雨の非常に少ない年があつたが、そういふ時には夏期にはその月の雨量に對して流出率は僅に二乃至三パーセントに過ぎないこともあつた。斯くして之等の池に水の充たない理由はこの地方の流出率が非常に少なく、反對に消失率が非常に多い爲であり、殊に雨量の少ない年には當然起り得ることなのであることが分つた。尙又之等の池では前年に雨量が多くて秋の残留水が多い年には、翌年の雨量が多少少なくとも池が満水するが、二ヶ年引きつゞき雨量が少なく、前年の残留水が殆んど無い上に、翌年も雨が少なくと池の水が不足することが分つた。故に池に水の溜る、溜らないは森林の状態の變化ではなく、降雨状態に依るのであると解せられるのである。

尙茲に斷つて置きたいことがある。先に第三節に於いて笠間及び足尾の試験地で、流出率二五又は二四パーセントの値を得たが、之は同地方の他の例と、消失量についての推算から、之等の試験地では流域内の斷層などの爲に地下に於いて水が流域外に逸出するものと判断したが、岡山地方で流出率二一パーセントを得たのは二つの谷で同一方法で測定して、略同一の値を得て居り域外に逸出する水のある爲でないことは確かである。依つて斯ういふ流出率の少ない地方もある一例を得たことは水の利用上注目すべきことである。

以上本問題に關聯する一、二の事項を附加へて本文の結びとする。

河水統制の概況

内務技師
水谷
鏘

一、河水統制事業の必要

河川と云ふ立場から見ると、我が國民生活の歴史は河水との不斷の闘争であり、その大部分は人間側の敗戦の連続であると云ふ事が出来やう。河川は洪水と渇水と云ふ兩極端を以て我國民を悩ましつゝあるのであるが、我國民は古來その不撓の努力にも拘はらず、未だ河水を完全に克服支配するに至つて居ない。雨多ければ忽ち水禍に怯え少ければ即ち渇水に苦しむといふが如く河伯の欲するが儘に翻弄せられて居る昨今のこの事態は、科學が自然を征服したと稱せられる現代に於て之を見れば寧ろ我國民の大なる恥辱であると斷せざるを得ない。洪水と渇水との兩者を克服支配する方途としては河川の上流に貯水池を設け之に洪水を貯溜し渇水の補給に充て、河川の自然流量の平均化を圖ると云ふ一石二鳥の良法が技術上可能なのであるが、今日迄此の事業が世人に顧らるゝことの少なかつたことは誠に昭代の恨事である。

我國の河川はその地勢の關係上數百尺數千尺の高地より直ちに海に至る急流河川が多い。しかも降雨量多く洪水一時的に殺到し來つて附近に氾濫するが、暫らくすると渇水して水がなくなつてしまふといふ厄介なる特質を有して居る。

(53) 又我國は年々颱風と云ふ歓迎せられざる暴君の襲來を受け、しかもその襲來季節が稻の發育期と

一致すると云ふ不幸なる廻り合せになつて居る。

右に述べた様な我國河川の性質は先づ以て之を已むを得ぬものと諦めても、その河川は平素に於て必しも國民の需要に必要な水量を充分には流下して呉れない。往年の中國四國地方の大旱魃、毎年繰返される農民の眞剣な水争ひ、昨今問題となれる都市上水道の水不足、發電の冬季渴水更に進んで時局的なる食糧確保の爲めの開田用水、生産力擴充の爲めの工業用水等々國家の欲しいだけの水が充分に與へられないので動もすれば國民融和の實を害し國防國家の完遂にさへ影響を來すと云ふ實情に在るのである。

我國河川で國民生活に脅威を與ふるこの矛盾した二つの事實を科學の力に依つて克服することは決して難事では無い。即豪雨の際に十數時間乃至數十時間の雨量を水源で貯へ、これを渴水の際、水電なり灌溉なり水道なり舟運なりに必要な量づゝ流出せしめることが可能であるからである。この方法は人爲的に洪水と云ふ暴漢を上流の貯水池に抑制する譯であるから下流に於て兇惡なる危害を完全に防禦することが出来ることとなる。又斯くすれば治水の爲徒に廣大なる河道を設けることも不必要となり又廣い敷地を有して居る河川に於ては之を縮少して耕地其他の利用に之を充てることが出来ると云ふものである。

右に述べた如き貯水池事業は、常に洪水防禦に著大なる効果あるのみで無く貯溜したる水を計畫

的に利用することを得せしむるものであるから、國民經濟上に與ふる利便は甚大である。近時、人口の増加、耕地の増大、各種工業の發達に伴つてその用水を河川に求むる者著しく多きを加へて來たが、限りある河川の水量はこれら各種の需要を満すことが出来ない爲に、何れも満足なる解決を得ることが困難となり、互に血眼になつて水源の獲得に競争すると云ふ現象を呈して居る。洪水調節の爲の貯水池設備は此等の問題を一切解消せしめ得るの效果がある。何となればその計畫に當つては河川全體の治水を考慮するは勿論利用についても豫め全體的なる計畫を可能ならしむるからである。

(55)

尤も從來と雖も、灌溉、水力發電其他の給水事業では貯水池を設けて渴水の場合に具へては居るが、それは固より各自の要求の限度又投資の限度を基として計畫せらるゝものであるに過ぎない。例へば發電の爲に設けられる貯水池、調整池は必しも他の事業に對して良き結果を齎さないのみか、却つて、その障碍となり又紛争の種ともなることもあり更に治水上にも悪い結果を來す場合も尠しとしないのである。之は要するに綜合的立場に於いて治水と利水、更に利水相互間の關係を統制的に考慮するの必要あることを示すものである。洪水調節の貯水池を設置するに當つては豫め全體的考慮を回らしつゝ計畫を立つることが可能である。例へば水電事業は通常冬季渴水に苦しむのであるが、洪水貯溜の大貯水池はその操作によつて充分この冬季の渴水補給に備へることが出来やうし、

調整池の如きも之を設置するの煩勞と經費を省くことが可能とならう。又洪水調整池そのものを直ちに發電貯水池として利用し、地勢が許せば大發電計畫も可能となり得るであらう。

更に農家は、夏季の渇水等に灌漑用水缺乏の憂患を除き土地收穫を増大することが可能であり、又從來高臺に在つて灌水の不能であつた土地に對しても多大の開田を爲すことが出来る。

近時都市の勃興に伴つて各地に上水道敷設の計畫が爲されつゝあるが中小都市が夫々各自に水源や送水設備を有することは、國家的に見て頗る不經濟たるを免れない、此等は共同事業とすれば大いに經費を節約し得るのであつて、此の共同的計畫を前述の洪水調節池の事業と組合せて行ふならば、最も確實にしかも最も經濟的に原水を得ることが出来るのである。又大都會地に於いては近年水不足は大きな社會問題とならんとする趨勢を示しつゝあるのであるがこれに對しても、飲料用防火用都市淨化用等に充分にその需要を満足せしめることが出来るのである。

近時諸工業の躍進的進展に伴つて、河水を利用するもの愈々多きを加ふるの狀態に在るが貯水池によつて洪水を貯溜し治水と利水との双方の目的を達することは、國家資源の開発といふ見地からも、國土計畫の上からも、河水の統制事業は國家に於て全國的に益々擴張を圖らねばならぬものであると考へられる。

人智は空想を實現する。人力は禍を轉じて福と爲すことが可能なのである。今河水統制が如何に

偉大なる効果を發揮せるやは、記載の如く河水統制の調査が漸次進捗するに従つて既に急を訴ふる地方にありては、かゝる事業が續々と着手せられ又は準備せられつゝあるによつても實證せらるゝと思ふ。

以上に於て大體河水統制事業の必要なる所以を概説したのであるが此の事業を國家的見地より一層促進助成するのみならず、進んで國家に於て豫め一定の計畫を樹立することが、治水上も國民經濟上も緊切であり更に進んでは國家に於て、此の事業を遂行するの域にまで進展せねばならぬ事柄だと思ふ。此が爲には各河川の實情について調査研究を必要とする。重要なる河川、湖沼に付いて雨量、水量を調査し計畫の基礎的資料を作ることが先決問題である。又、水源山地の狀況、砂防との關係、各種の利水事業の現在及び將來について可及的詳細なる調査が検討されねばならぬ。洪水貯溜計畫の地點の調査、その地質的調査等も必要である。斯くして幹川支川を通じ水量の分派併合等による河川水量の調節を考案し、治水並に利水を有効ならしむる施設を講せねばならない。此等の技術的調査を基礎として國家百年の大局的立場より、河水統制に關する計畫を國策として樹立する必要がある。

二、河水統制調査の現況

河水統制計畫は前項に述べたる如く我國刻下の急務なるを以て内務省に於ては昭和十二年度より豫算廿五萬圓を計上して全國に亘り緊急を要する主なる河川利根川、木曾川、淀川等六十四河川に就て計畫上必要なる根本的の調査を進むることとなつた。

本調査は内務省に於て行ふと同時に遞信、農林兩省に於ても夫々の立場から併進することとなつた關係上、調査上の緊密なる連絡を圖る爲内閣に河水調査協議會を設け、調査の方法、調査の分擔等に就き各省互に協調して進めた次第である。

昭和十三年度以降調査費は各年度共十四萬七千餘圓に減額せられ、豫定の如き調査を遂げ得ざるに至つたが、現在は主として河川の水利等に就き調査を續行しつゝある狀況である。

又一方昭和十四年夏季に於ける中國、四國、北九州地方の未曾有の旱害に鑑み、新に沼田川、重信川等十七河川を選び、昭和十五年より各年度豫算、拾萬圓を以て同様旱害對策として河水統制計畫樹立に必要な調査を進むることとなつた。

従つて昭和十四年度以降は此の兩者を加へたる八十一河川に關する調査を進め以て今日に至つた次第である。

(一) 調査事項

調査すべき事項が河川全般に屬する廣汎なる範圍に渉るは理の當然なるも、これを要約すれば凡

そ次の通りである。

- (イ) 雨量、河川湖沼の水位並に河川の水量水質等に關する事項
- (ロ) 水源山地、水害並に治水施設の狀況等に關する事項
- (ハ) 貯水池築造地並に堰堤築造個所附近の地形、地質、及地層等に關する事項
- (ニ) 發電用水、農業用水、淨化用水、上水道用水、舟運等河川の利用狀況に關する事項
- (ホ) 風致景觀等に關する事項
- (ヘ) 都市農村等に於ける將來の河水需要の見込に關する事項
- (ト) 前記各項に關する資料に基き河水統制計畫を樹立する事

(二) 調査方法

本調査は大正十三年内務省告示第七八二號内務省土木出張所分掌區域に依り各土木出張所に於て夫々區域内の河川に就き之を行ふこと、定め各出張所に於ては特に調査係を置きこれを擔當せしむることとなつた。但し特に重要な河川又は緊急を要する河川の調査に就ては國土局に於て直轄調査に當ることとし、各河川の流域に係員を駐在調査に當らしむることとなつた。即ち阿武隈川、阿賀野川(猪苗代湖)利根川、木曾川、長良川、揖斐川、淀川(琵琶湖)等はこれである。

(三) 調査狀況

河水統制の調査に就ては前述の如く内務、逓信、農林三省に於て、互に連絡協調の上進行する方針なるを以て、豫め各省間に數次下打合せの上、六月十日内閣の河水調査協議會に諮り始めて調査に着手し其の後も緊密なる連絡を圖りつゝ調査の進行を期しておる情況である。

(イ) 水理調査

河水調査協議會に於て協調せし河川は全國に於て六十四河川なりしも内務省に於ては豫算等の關係上緊急を要する三十七河川を選びこれには雨量水位流量等の觀測設備をして調査することとし、他は豫備的調査に止むることとし、昭和十二年度に於て夫々調査に必要な準備を行つた。

其の結果内務省に於ては雨量觀測所八十一個所、水位觀測所百十二個所、流量觀測所百八個所を設備、觀測人を任命し、且つ各觀測心得を規定して本格的に觀測を開始した。

我國河川に對する此種觀測設備は尙甚だしく不充分にして將來何れの河川も更に擴充を要するものであるが、本調査に於ても昭和十三年度以降年を追つて施設する豫定なりしところ豫算の關係上計畫の如く進むことを得ず、止むを得ず、其後特に調査上必要を生じたる數ヶ所を除き他は觀測上の設備を擴充するに至らずして現在雨量觀測所八十五個所、水位觀測所百十五個所、流量觀測所百十一個所に止まり尙未だ甚だしく不充分を痛感しつゝある現況である。

然れども昭和十三年は關東、關西地方を通じ大水害を生じたる多雨の年であり、又翌十四年は前

記の如く日本西部一帯に大旱害を來したる寡雨の年なる故に、此の兩年の河川に關する記録は將來河水統制計畫樹立の上に重要な資料を提供するものなることを信ずる故に、水位並に流量に就ては速に流量年報として取纏めの上關係方面に報告したる次第である。

(ロ) 堰堤地點の地形地質並に地層に關する調査

貯水池は河水統制計畫の中核をなす最も重要なものなる故に、従つて堰堤地點に關する調査は河水統制調査の内最も精細なる調査を必要とし、河川の水理調査と共に河水統制調査の根幹をなすものである。仍て昭和十二年度内務省に於ては極めて一部ではあるが十四個所に就き地形測量要項及び地質調査要項を定めて測量は勿論試錐試坑等の調査に着手し、同年度中にこれ等の個所に就ては、略其の調査を終へ目下其の結果を取纏め整理しつゝある。

元來貯水池に關する調査は水利の開発並に洪水調節上最も必要にして其の調査を要する個所も全國的に考ふれば其數甚だ多き故に引續き調査を進むる考へであつたが、昭和十三年度以降は豫算の關係上一應之を打切らざるを得ざるの止むなきに至つたのは極めて遺憾とするところである。

(ハ) 利用狀況調査

河水が現在如何に利用せられつゝあるかは將來河水統制計畫を樹立する爲めの基本として重要な調査なる故に昭和十二年度及び昭和十三年に亘り一應上水道、工業用水及び灌漑用水につき調査

した。又水力發電、淨化用水等に就ても目下調査を續行しつつある現況である。

從來灌漑用水は慣習によりて河水を利用し、一般に河川の上流には必要以上に取水するもの多く下流に於ける灌漑用水は常に不足を訴へ渇水時には各種紛争を繰返しつつある状態である。農業用水は現在河川流量の最も多量を利用するものにして河水利用の最も重要な位置を占むるものなるを以て河水統制計畫樹立上先づ灌漑に必要な水量に就て詳細なる調査の要を認め昭和十二年度より調査に着手せる六十四河川中主要なるものに就き昭和十三年以降灌漑面積、灌漑期間及び單位面積に對する水量等を実測し尙引續き調査を行ひつつある。

又事變下吾國生産工業の發達は實に目覺ましきものと共に之等工場に使用する工業用水も亦著しく増量しつつあり。就中驚異的に發展を遂げたる工業地域は一般に河水乏しくして新に多量の水を求むること殆んど困難なる状況である。従つて將來之等工業用水を如何にして豊富に供給し國家の生産力擴充に對處するかは實に重要な問題の一つである。

仍つて本調査に於ては先づ之等工業用水の現況を能ふ限り精査することとし、昭和十二年度及び昭和十三年度に亘りて東京、京都、大阪、神奈川、愛知、福岡等比較的多数の工場を擁する二十一日府縣の主なる工場に就き工業の種類、各敷地面積、工員數、設備、作業方法及び生産額等を調査し且つ用水に就ては各工場別に水源、水質、使用水量用途等の調査を行つた。而して之等調査の結果

は別に取纏め工業用水調査報告書として關係方面に報告した。

由來我國には工業用水に關する充分なる調査資料なく、又各工場にありても是等の調査必ずしも完全ならざりしところこゝに初めて用水量の概要を知り得るに至つた。

以上は河水統制計畫上の基本的調査にして是等は實地に於ける調査を進行すると共に既存の資料を蒐集活用して鋭意計畫の樹立に努めんとするものである。

三、河水統制事業の現況

第一項記述の如く河水統制事業は最も緊急を要する生産力擴充、國民食糧確保等との關係は勿論都市、農村の融和を圖り國家の飛躍發展を遂ぐる爲に、最も意義ある事業なるを以て昭和十二年以降政府これが調査を開始するや、地方に於ても相呼應して協力するに至り既に事業に着手し又は準備中のもの等甚だ多く、現在既に工事中のもの十七河川、工事準備中のもの九河川に及び更に調査の略完了せるものを加ふれば其の數尙多数に上る。

次に現在工事中に屬する主なる河水統制事業の概要を示せば次の通りである。

(1) 淺瀬石川河水統制(青森縣)

青森縣南津輕郡山形村大字沖浦地先に青森縣營を以て淺瀬石川を横斷コンクリート堰堤を築造し

調節池を設け淺瀬石川の洪水量を軽減し併せて渇水時に於ける流量を増加し以て灌漑用水を確保すると共に堰堤による落差を利用して發電をなさんとするものである。

(2) 奥入瀬川河水統制 (青森縣)

青森縣に於ける國立公園十和田湖の風致を損せざる範圍に於て湖水を利用して奥入瀬川の溪流量を統制して風致を増進し、且つ發電を可能ならしめ、増加水量を利用し三本木原に於ける農林省國營開墾を行はんとするものであつて現在發電並に開墾事業共其の工事の大半を終つた。

(3) 玉川河水統制 (秋田縣)

秋田縣雄物川支流玉川及び小支流先達川に夫々取水堰堤を築造し、田澤湖に導入し湖水を利用調節して發電を可能ならしめ、更に増加水量を利用して下流に於て國營開墾を可能ならしむるものであつて現在發電工事は大半を終り、開墾事業も亦進行中である。

(4) 北上川河水統制 (岩手縣)

岩手縣北上川本川及び雫石川、猿ヶ石川等に、洪水調節池を設けて洪水量を貯溜調節し、本川改修費の節約を計ると共に發電を行ひ更に下流灌漑に必要な水量を確保せんとするものである。

本調節池の工事は内務省直轄を以て施行するものである。

(5) 名取川河水統制 (宮城縣)

宮城縣柴田郡川崎村地内に名取川支川碁石川を横斷し、コンクリート堰堤を築造して流量を調節し、下流本川の改修を容易ならしむると共に貯水を利用して本川の渇水を増加し以て上水道、工業用水に充てんとするものにして調節池の工事は内務省直轄を以て施行するものである。

(6) 猪苗代湖河水統制 (福島縣)

福島縣猪苗代湖の水面を更に低下利用し得ることとし、以て猪苗代湖に流入する水量を調節し、安積平野及び其他に於て水田の灌漑用水、水道用水及び工業用水を確保すると共に其の餘水を發電上最も有効に利用せんとするものにして、發電は日本發送電會社 (舊東京電燈會社) に於て擴張を行ひつゝあるものである。

(7) 男鹿川河水統制 (栃木縣)

栃木縣鹽谷郡三依村大字五十里地先に男鹿川を横斷して石塊堰堤を築造し、調節池を設け男鹿川の洪水量を調節し、且つ貯水を利用して本川の渇水量を増加し發電の上、灌漑水量の不足を補ふことが出来る。本調節池は内務省直轄を以て施行するものである。

(8) 鬼怒川河水統制 (栃木縣)

栃木縣鹽谷郡栗山村大字川俣地先に鬼怒川を横斷して、堰堤を築造し、本川の洪水量を減小せしむると共に渇水時に於ける本川の流量を増加し、堰堤による落差を利用して發電所を設け、且つ下

流既設発電所の出力を増加し、更に渇水時に於ける灌漑用水の不足を補はんとするものにして堰堤は発電と共に日本發送電會社に於て施行する豫定である。

(9) 奥利根川河水統制 (群馬縣)

群馬縣利根郡水上村に於て利根川上流を横斷して、コンクリート堰堤を築造し、無效放流せられたる融雪水等を貯溜、利根川の渇水量を増加し、其一部を上水道の原水、開田用水に供給し、又堰堤及び下流の落差を利用して発電をなさんとするものにして、現在群馬縣營を以て工事を進めつゝある。

(10) 江戸川河水統制 (東京府)

東京府江戸川下流、東京市江戸川區篠崎地先に水門及び閘門を築造し、渇水時に於て門扉の調節により水位を高め、以て水門上流の灌漑用水其他の取水に支障ならしむると共に潮止めの目的を達せしめ、上水道用水の原水を供給するものにして下流部に於ける貯水計畫の例である。現在既に内務省直轄を以て大部分工事終了のものである。

(11) 相模川河水統制 (神奈川縣)

神奈川縣津久井郡與瀬町地先に相模川を横斷して、コンクリート堰堤を築造し、貯水池を設け相模川の渇水量を増加し、水道用水、開發用水並に工業用水として夫々分水供給し、更に発電を行は

んとするものにして、何れも縣營を以て工事を進めつゝある現況である。

(12) 安倍川河水統制 (静岡縣)

静岡縣安倍郡玉川村附近に安倍川支流を横斷して、コンクリート堰堤を築造し、貯水池を設け本川水景を調節し、発電に供したる後、農業用水及び工業用水、水運等に利用せんとする計畫にして既に第一期工事たる一部の工業用水路は静岡縣營を以て竣功し、又發電計畫の一部は静岡市營に於て準備中に屬するものである。

(13) 桂川河水統制 (京都府)

京都府船井郡世木村地内に於て桂川を横斷して堰堤を築造し、貯水池を設け本川流量を調節、渇水時に於ける流量を増加し、発電をなしたる後、上水道及び工業用水に利用し、流末は更に河川の淨化、運河用水に利用せんとするものにして、發電事業は京都市營を以て其他は府營事業を以て進めつゝあるものである。

(14) 猪名川河水統制 (兵庫縣)

兵庫縣川邊郡多田村地先に猪名川を横斷してコンクリート堰堤を築造し、調節池を設け、本川流量を調節し、最大洪水量の減小を計り下流改修を容易ならしむると共に其の貯水を利用して上水道原水及び工業用水に充てんとするものにして、内務省直轄を以て施行するものである。

(15) 揖保川河水統制 (兵庫縣)

第一期工事は兵庫縣揖保郡餘部村地内、揖保川下流に於て本川表流水並に伏流水を取水し、主として工業用水等に供給する工事を施行、更に第二期工事として上流宍粟郡奥谷村地内コンクリート堰堤を築造し、貯水池を設けこれを調整利用して本川湧水量を増加し、前記各用水の擴充を期し併せて既設發電の出力増加を計ることとし、目下兵庫縣營を以て進行の途上にある。

(16) 加古川河水統制 (兵庫縣)

加古川下流兵庫縣加古郡氷丘村地内に合同取水堰堤を設け、既許可水道用水、灌漑用水を確保すると共に、上水道原水及び附近に存在する工場に新に工業用水を供給せんとするものにして、縣營を以て殆んど工を竣へたものである。又將來は上流東條川及び鴨川に貯水池を設け、前記揖保川と同様取水量の擴充を圖る計畫がある。

(17) 旭川河水統制 (岡山縣)

岡山縣久米郡鶴田村地内に旭川を横斷して、コンクリート堰堤を築造し、貯水池を設け本川の流量を調節して下流灌漑に必要な水量を確保して旱害の慘禍を除き、開田に要する灌漑用水に充てると共に上水道原水、及び工業用水を供給し、且つ發電事業をも行はんとするものである。本事業は昭和十五年より其の工事費の一部を國庫より補助せるものであつて、目下岡山縣營を以て準備

中に屬する。

(18) 黒瀬川河水統制 (廣島縣)

廣島縣賀茂郡原村地内に黒瀬川を横斷して、コンクリート堰堤を築造し、貯水池を設けて本川の流量を調節し、本川の湧水量を増加し、下流に於ける灌漑用水を確保して旱害を除くと共に、工業用水に供給せんとするものである。本事業は昭和十五年より其の事業費の一部を國庫より補助し、目下縣營を以て工事進行中である。

(19) 錦川河水統制 (山口縣)

山口縣都濃郡向道村地内に錦川を横斷して、コンクリート堰堤を築造し、貯水池を設けて本川の流量を調節し、發電に供したる上、流域を變更し、上水道原水及び工業用水に充てんとするものである。本事業は何れも縣營を以て施行し既に殆んど工事を竣りたるものである。

(20) 木屋川河水統制 (山口縣)

山口縣豐浦郡西市町地内に木屋川を横斷して、コンクリート堰堤を築造し、貯水池を設け木屋川の流量を調節し、上水道原水及び工業用水に充てんとするものにして、縣營にて工事を進めつゝある。

(21) 厚東川河水統制 (山口縣)

山口縣厚狹郡小野村地内に厚東川を横斷して、コンクリート堰堤を築造し、貯水池を設け厚東川の流量を調整し、下流灌漑其の他水利に要する水量を放流して旱害を免がれしむると共に、上水道の原水及び工業用水に供給せんとするものである。本工事は國庫より工事費の一部を補助し、事業は縣營を以て既に進められつゝある。

(22) 香東川河水統制(香川縣)

香川縣香川郡鹽江村地内に香東川を横斷して、コンクリート堰堤を築造し、貯水池を設け、これを利用して香東川の流量を調節し、洪水量を軽減して下流本川の被害を除去すると同時に、其の貯水を下流灌漑及び上水道原水として供給せんとするものにして、國庫補助のものと着々工事を進めつゝある。

(23) 加茂川河水統制(愛媛縣)

愛媛縣新居郡大保木村宇黒瀬地内に加茂川を横斷して、コンクリート堰堤を築造し、貯水池を設け本川の流量を調節し、下流灌漑に必要な水量を確保し、更に工業用水を供給、併せて發電を行はんとするものである。而して本事業は昭和十六年度より其の工事費の一部を國庫より補助し、縣營事業として施行準備中である。

(24) 遠賀川河水統制(福岡縣)

福岡縣遠賀郡方面貯水池を設け、之に遠賀川の河水を揚水貯溜し、之を利用して上水道原水及び工業用水を供給せんとするものにして、縣營事業として施行中である。

(25) 大野川河水統制(大分縣)

大分縣大分郡吉野村地内に大野川支川大筒井川を横斷して、堰堤を築造し貯水池を設け、之に大野川の河水を導水して貯溜、調節し發電を行ひたる後、國營開墾の灌漑用水を供給すると共に、上水道原水及び工業用水等に充てんとするものである。而して本事業は昭和十六年度より其の事業費の一部を國庫より補助することに決定せるものにして、縣營を以て施行の準備中に屬するものである。

四、結 び

以上は單に工事中又は準備中に屬する主なるものゝみに就き、其の概要を説明したるに止まれども、地方に於て既に計畫を有するものは其數相當多く尙又河水統制調査を擴充して一段と進捗したる曉に於ては、我國主要なる河川全般に亘つて計畫を樹立し得られ國土計畫上に資するところ頗る大なるものあるは勿論、刻下差し當り最も急を要する食糧確保、生産力擴充又は動力資源の開發等に要する水の部門に於て、國防國家の完遂に寄與する點も頗る大なるものあることを信じて疑はな

い。依つて河水統制調査は前述の如く各方面の協力を求め、全力を傾倒して其の目的達成に鋭意努力しつつある次第であるが、現在の調査費は極めて小額にして、常に隔靴搔痒の感を取去ること能はないものが甚だ多いのは我等の最も遺憾とするところである。

尙又河水統制事業は着工の見通しのついたものから、急に應じて實現を圖ることが必要である。其の中には事業の必要性や地方の負擔關係をよく審査して政府の助成を要する場合が多い。此の點に就ても河水統制事業の最も重要な事と時局下に於て、最も緊要實現を要するわけを一般によく認識せられて目的の達成に協力を願いたいと思ふ次第である。

以上

昭和十一年四月十四日

製本控

933 函 151 號 年 月 日

森林の河水調節作用及河水統制の概況

備考

（表） 生 所 郎 協 會 八六番



い。依つて河水統制調査は前述の如く各方面の協力を求め、全力を傾倒して其の目的達成に鋭意努力しつゝある次第であるが、現在の調査費は極めて小額にして、常に隔靴搔痒の感を取去ること能はないものが甚だ多いのは我等の最も遺憾とするところである。

尙又河水統制事業は着工の見通しのついたものから、急に應じて實現を圖ることが必要である。其の中には事業の必要性や地方の負擔關係をよく審査して政府の助成を要する場合が多い。此の點に就ても河水統制事業の最も重要な事と時局下に於て、最も緊要實現を要するわけを一般によく認識せられて目的の達成に協力を願いたいと思ふ次第である。

以上

水防部
121



昭和十七年四月十日印刷
昭和十七年四月十五日發行

發行兼編輯人 須山 温 圭
東京市赤坂區溜池町一番地(三會堂内)

印刷所 濱野印刷所
東京市麹町區平河町一丁目五番地

印刷人 濱野英太郎

發行所
東京市赤坂區溜池町一番地
社団法人 帝國治山治水協會
電話號碼(四)一四八六番

133
151

終

