

森 林 と 水 源 涵 養*

(文献に現われた総合報告を主題とし、それに私観察と観測を加える)

鈴 木 清 太 郎**

目 次

- 第1節 目的と要約
- 第2節 集水林の効果
- 第3節 山側よりの湧水
- 第4節 樹雨
- 第5節 南阿の観測
- 第6節 オーストラリア・タスマニアの観測
- 第7節 大台ヶ原の観測
- 第8節 平地檜林内の観測
- 第9節 北海道の防霜林. 乱流伝達
- 第10節 第9節の続き. 霧の統計
- 第11節 山林の霧の捕捉量

1. 目的と要約

本論は次の2事項を説明し、なお進んでその調査の不充分なることを指摘せんとするものである。

(1) 河川を養うものは溪流の多くであり、その溪流は雨水の表面流と地中に滲透した地下水流とではぐくまれる。この2者のうち、ふんだんに河川の水位を保つものは、後者の地下水の流れであるが、この流れと溪流との関係が明らかになっているとは言い切り得ない。然しこの関係は一部少くとも、表面に露出している部分から判断し、推定出来るものである(本文第2節、山側よりの湧水、参照)。

(2) 溪谷水の大源泉はもとより雨水である。然し溪谷水の流量を眺めると、降水のない時にも水の枯れぬことがある。これは降水だけでは到底説明出来ない。事実、山林の降水量を調べると、林内の降水が林外より多いこ

とがある。これは樹雨(キサメ)現象を考えて始めて説明出来るものであるが、その定量関係は充分明らかとされたとは言えない(本文第3節、樹雨、参照)。

2. 集水林の効果

旧約聖書にソロモン大王がレバノンのシーダー(西洋杉)を伐採して、その結果その地方の気候が変わり、シーダーがもはや生長しなかつたと言う。記録的、数量的な研究では、Blanfordは有林は無林より12%降水量が多い結果を得ている。これは南印度で18年間比較観測した結果である。しかし岡田武松博士によれば、雨量計に風の影響をなくする装置をつけねば本当の比較にならぬという。

結局、森林が雨を呼ぶとの古伝説的の科学上の実証はおぼつかないものが多いが、森林を伐採してその前後の出水量を比較したものは相当数ある。その中、岡山県滝ノ口山の国有林で行った水源涵養試験は優秀なもの1つで、伐採前7カ年と伐採後6カ年の溪谷川の流出率(流出水量と全域の全降水量の比率)の比較は、前者が23%、後者が36%を示し、伐採後は著しく流出量が増加している。これは樹木のある場合、葉枝幹よりの蒸発散が裸地よりも多いためと解釈される。

さて蒸散水を補給するものは地下に滲透した水にはかならない。従って以上の論理から溪谷川を養うものは雨水が山の地中に滲透して、緩慢な流れとなって、外に出たものとすべきである。雨水が表面にそって流れ、溪谷に落入するものも多いであろうことは想像されるが、この水は雪国ならばとにかく、暖国の岡山県の南部でしかも比較的低い山地にては、1時的なものであって、恒常的なものとはなり難いであろう。

滝ノ口の試験¹⁾はこれによって、森林が雨を呼ぶか否

* Seitaro Suzuki: The Forest as a Water Reservoir

** 気象庁研修所

かを決定するものでなかった。

これはただ山林が集水域として有効に働くか、どうかを決定するに役立つものである。

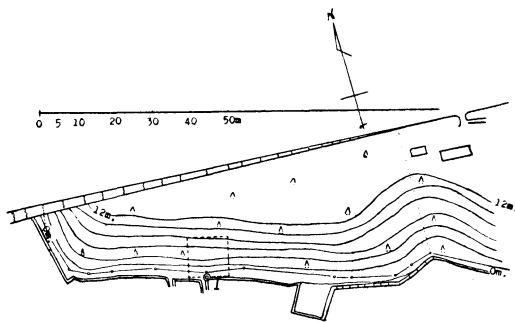
3. 山側よりの湧水

地下水が河川の源流を養う例として次例をあげたい。千葉県東葛飾郡我孫子町妻子原所在の南方の1小丘が、その南側に急斜して地肌を露わして、道に接するところ(道よりの高さ1mばかり、丘頂より12mの低所)に小空洞があり、そこから常に細水流が落ちている。1959年1~6月の半年の実測では1日1.155klすなわち6.399石の水を溢流していることになった(ただし第1表には6月までの湧出量を掲載する)。しかしこの水量は日によって多少の消長があり、次表はその消息を示す。但し10分間を単位として測ってある。

第1表 我孫子町妻子原山溢流の水量(略13時においての10分間の水量) 1959年1月より3月までの実測

(単位 1ℓ)

1月17日	23日	30日	2月4日	8日	20日	3月2日	6日	27日	4月1日	5月22日	6月18日
11.0	11.0	10.0	8.3	9.5	7.4	9.16	7.12	4.01	5.68	5.48	7.56



集水域 (仮想) ● 湧水口

第1図 我孫子町所在農電研究所 敷地

毎日観測でないので、降水との関係は断言出来ないが、大体雨が降ってから2日間隔で影響が現われるのではないかと考えられる。

今1年平均雨量を1500mmとすると、そして、これが地中に全部滲透するとすれば*、この山水は3.21aの面積に降った雨で全部まかない得ることになる。

* 雨水の滲透は裸地では9.2mm時、牧草地、238mm時、腐植土も能く水を吸う²⁾。よって普通の強度の雨はすべて滲透すると考えられる。

このあたりの地質は井戸を掘ることによって、大体、0-5.2m 赤土、5.2-6.4m 白色粘土、6.4-12.2m 褐色荒砂、12.2-12.7m 青色砂質粘土、12.7-14.8m 灰色砂質粘土

となつて、水脈は5.8m厚さの荒砂層と、2.6m厚さの砂質粘土層の境界にあるかと思う。

河川の場合でも一見水あせて、流れが表面に表われていないようでも、河底の粘土層或は岩板上の砂層には水の流れがあるべきである。

4. 樹 雨

上に述べた森林よりの水の蒸散は水の損失を招くわけだが、しかし樹雨と呼ぶ雨は益得であつて樹木あつて初めて起る現象である。その一例は、富士山中で経験するキサメである。森林中で、ばらっと降る雨は時折この種

の雨に属する。「君を想うて松原行けば、松の雨やら、涙やら」の俗謡の松の雨は勿論キサメである。

この樹雨の機構は、空気中の水滴が枝葉に附着し、そのシズクが雨の如くなって落下するにほかならない。

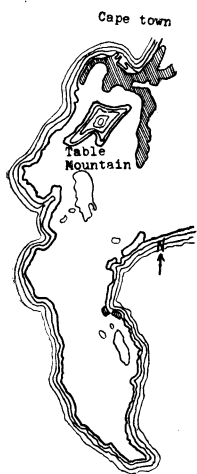
空気中の水滴とは、山にあっては山にかかった霧或いは一般の雲、或いはダシ雲、桁雲、風枕と呼ばれる山嶺に特殊の雲等の中に浮遊する水滴にほかならない。或いは又夏季特に見受る山谷風の谷風が山頂に向つて上昇する時に出来る笠雲もその原因の1つとなり得る。この雲は300m未満の山でも出来ることは午後の登山者の多く経験することである。

この種の霧を形成する水滴は、空気分子の運動の影響或いは乱流のために、己れ自身も運動をするから物体に附着する確率は多きい。しかし風のともなわない雲はキサメの降る量は至って少いであろう。山中に起るキサメで著しいのは、どうしても前記のダシ雲の現われる時で、この時には必ず風を伴う。しかも、多くの場合にフェーンが起り、普通の雨と交つて降る。

5. 南阿の観測

このダシ雲は前記岡山県那岐山脈、愛媛県宇摩郡の法皇山脈に現われる桁雲、風枕以外英国の山脈に現われる

helm cloud, 南阿のケープ・タウン近くの Table Mountain に現われる Table cloth なる雲もそれで、少し調べると、日本全国の1000m近い高さの山脈なら何処でも見受けられることと確信する。樹雨の文献に早く現われたは Marloth, R. なる生物学者で1904年の発表である。これは、既に引用した Table Mountain で見られる現象で、この山で乾いた夏の季節に木陰に下草が早く芽を吹くのは普通の雨のない時なので、解し難い現象であるが、南東貿易風の吹送で流されている雲から植物体が水滴を捕えたものとなれば容易に了解出来る。

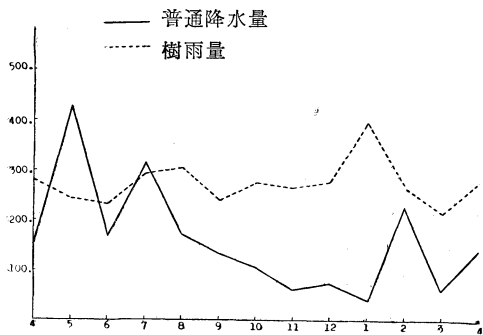


第2図 テーブル山の地図

Betts, A. が1899年に同じ山で、2m余の高さの棒を4本同じ距離に打ち込み、線金のネットを張って下に水受を置いてみた。この装置でネットで霧粒を捕えて落ちて来るシズクを集めてみたが、近くの測候用雨量計は3.3mmを得たに過ぎなかったのに、このネット下の露受は40.1mmにも達したのである。

その後Dieckmann, A. (1931), Grunow, J. (1952) が、ガーゼで作った円筒を雨量計の漏斗上に立て、霧を捕える方法を工夫した。かような種類の測器では、普通の降水と樹雨に原因する雨量の

大小をかれこれ言うのは無意味とも言えよう。然しこの仕掛けによると一般に普通の降雨状態では、両者の差はさほど著しくないが、樹雨のある場合は比較にならぬ程その量が多い。



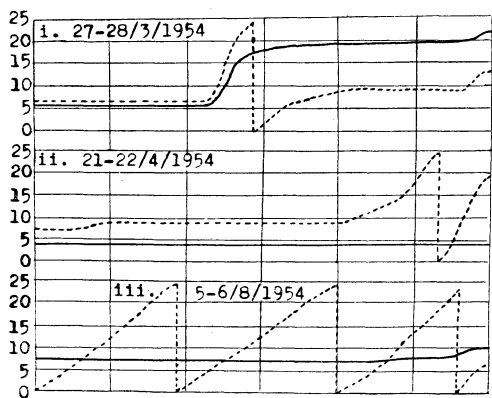
第3図 南アメリカの Table Mountain の普通降水量と樹雨の年変化 (1954年3月1日より1955年2月82日) Nagel より
 全年普通降水量: 1940mm
 // 樹雨量: 3294mm

この Table Mountain 上で同様な研究を更に精細に行なったのは Nagel, J.E.⁴⁾ である。霧捕捉器として、円筒形を用いたのは前同様であるが、網は直径0.25mmの線金を用い、メッシュは1.35mm 四方の正方形であった。ただしその高さは約雨量計の直径程度、その直径は雨量計の約半分。

第2表 3月1日1954—2月28日1955, Table Mountain は高さ1067m, その時 Table cloth 雲が現われていた。

月	降水量 mm	霧降水量 mm (キサメ)
4	146	281
5	426	242
6	169	233
7	315	292
8	172	304
9	135	238
冬	1363	1590
10	109	274
11	62	267
12	73	279
1	44	398
2	227	268
3	62	217
夏	577	1704

注: 1年間の内、116日が無降水日、126日は降水日、又123日が普通の雨は降らず、樹雨のみ降った日。S方向の風はこの種の降水量をとみなわぬを普通とし、SE及びWNWの時に限り非常に多い。



— 降水計 (SA1) 自記 (霧捕そく装置なき時)
 - - - 降水計 (SA2) 自記 (霧捕そく装置ある時)

第4図 Table Mountain の樹雨と普通降雨 (Nagel, J. E.)

以上の樹雨観測は遺憾ながら、既述の如く普通の降雨との数量的比較にはならないことは認めざるを得ない。

しかし、その地方の山河溪流の流量を見ると、SE-Wが長く続くと、その風の吹く区域には降雨がなくても、著しい降水増加がある。又山河の水が Pelton-Rode (モーターか) を働かすに用いられるが、夏は60馬力を普通とするが、晴れた夏の日中では55—54馬力に減却するという。しかし夕方になると上昇し、午後11時には旧状に復するを常とすとある。ところで12月13日より14日にかけて山火事があり、ブッシュ、野草を焼いたところ、それから3日後、溪水は20馬力を供するに過ぎぬことになったという。

6. オーストラリア・タスマニア島の観測

以上は南阿の場合であるが、同様の現象がオーストラリアのタスマニアの Mt. Wellington にあり、 Twomey, S.⁵⁾ の試験によって事実が明らかになった。

雨となって水滴を落さぬとも、雲中の水量は 1 m³ 中に 1 g 位あると考えると、この量は一見少ないようでも秒速数メートルの風にもなると、1時間には1平方メートルについて10~18 lの水を与えることが出来ると著者は考えた。

Twomeyの方法は霧粒を捕えるに6呎長、3呎高の壁を立てるのであって、網は1時について8メッシュの割

第3表 普通雨量と樹雨量 2月13日—21日(1956) Mt. Wellington高さ4160呎、雲はSK型。

2月	1956	ゲージ(I);時 (上方は開いて いる普通の もの)雨量	ゲージ(II);時 (網下におい たもの)樹雨 量	比 1/2
13	1200	—	—	—
	1500	1.5	42	28
	1900	無	4	>16
	2115	< 0.5	17	>34
14	1000	16	96	6
	1230	8	51	6.773
	2000	3.5	35	10
	2145	無	35	> 140
15	1400	165	欠測	—
			>>1200	>> 7.3
	1530	1	30	30
	2000	6.5	167	26
	2200	9.5	欠測	—
16	1500	78	502	6.4
	1615	痕跡	30	>60
17	1200	26	668	26
	2000	16	182	11.4
	2145	1.5	36	24
19	1500	138	363	2.6
	1615	< 0.5	57	> 114
	2015	0.5	112	224
	2130	痕跡	46	> 100
20	1500	15	677	45
	1645	1	49	49
21	1600	95	>1200	>12.5

合のものである。線金はスチールを用い、これをブンゼン燈で焼けば、よく水滴が線金に沿って沁るといふ。このスクリーンの下には8吋の雨量計を置いて計る。

この仕掛は Mt. Wellington の山頂において南北の方向に置かれた。山は4,160呎高で Table Mt. と殆んど同高。標準用として普通の雨量計を並べておく。読み取りは10日毎にした。雲の種類は層積雲型(原文の写真より判断すれば多分ダシ雲)。

7. 大台ヶ原の観測

日本における古いこの種の文献は、真山利雄⁶⁾のもので、「大台ヶ原上の樹雨に就いて」と題し、森林治水氣象彙報第1号(大正12年)に発表された。この山は奈良県伊香郡余呉村にあり、山高1566mである。森林中1間づつ離れたA, B, C, 3点に雨量計を据付けた。Aは枝端と幹との中間、Bは枝端、Cは幹に片寄った点の下に選ぶ。樹木は主としてモミで樹齡40年位、ほかにブナ及びカエデがある。ウッペイ度9である。第4表より濃霧中では風力4以上では、降水量は、

林内>林外

風力3以下では、

林内<林外

となって樹雨は強風のときに多いといえる。

第4表 風力別、濃霧中の降水量(大正11年)(括弧内の数字は鈴木理論上の補正值)

風力	回数	林外降水	林内降水	林内—林外	百分率 (林外に 対する)
5	4	275.3	306.5	+31.2	+11.5
			(408.5)	(133.6)	(48.5)
4	20	608.2	681.2	+73.0	+12.0
			(907.3)	(+299.1)	(49.2)
3	14	249.2	195.8	-53.4	-21.4
			(288.5)	(+39.3)	(+15.6)
2	19	159.0	135.2	-23.8	-15.0
			(194.3)	(+35.3)	(+22.2)

第5表は第4表と異なり濃霧のないときの統計で、この場合、降水は明らかに林内が少くないことを示す。これは樹雨には霧が必要であることを証明することになるのであるが、それでは降水量が負になる理は何故か。

一体樹木は樹冠によって、降水を保有すると同時に樹幹流(Traufe)として地表に到達するが、ここに用いた測雨法ではどう考えてもこの2量を測っていないとは考え難い。故に濃霧のない時の林内外の降水量差は、樹冠保有水量と樹幹流の合計に等しいと見なすべきである。すなわちこの2量は2~32%の間であって、平均は30

第5表 濃霧をともしなわれない降水量の林内外比較 (mm)

月	4	5	6	7	8	9	10	全年
降水 (林外)	55.9	27.0	306.9	26.3	167.4	48.7	99.5	731.7
〃 (林内)	42.4	21.0	209.0	18.7	117.8	35.7	67.7	512.3
差	-13.5	-6.0	-97.9	-7.6	-49.6	-13.0	-13.8	-219.4
の比	24%	22	32	29	30	27	32	30

%である。

大台ヶ原近くの松山森林測候所で、大正4年～9年の6ヶ年間観測した樹幹流量は、林外量に対し12～16%すなわち平均14%であった。但し樹雨測定値と樹種は異なる。

樹冠保有量の程度は Riegler (川口武雄による⁷⁾) によると第6表の如くである。

第6表 樹冠遮断量と樹幹流量

雨量階級 mm	トウヒ林		アカマツ林		ブナ林	
	樹冠	樹幹	樹冠	樹幹	樹冠	樹幹
0～5	70.8	0.0	48.5	0.0	38.0	8.7
5～10	56.8	0.1	38.1	0.0	23.7	15.0
10～15	44.4	0.7	23.3	0.1	19.2	16.3
15～20	30.9	2.1	24.7	0.7	13.3	20.9
20	24.0	4.8	8.4	1.8	10.4	20.7

樹冠遮断量はその性質上、あるところまでは、雨と共に増加し、のち雨量と共に減少して来るが、第6表より見て、通則として樹幹流より多いと見されてよい。今ここでは、大台ヶ原の試験用林は潤葉樹だったから、第6表のブナ林の場合の平均値20.9%を採用し、又樹幹流をも平均の16.3%と仮定すると合計37.2%となる。

第4表中、差が負であるのは、-21.4%及び-15.0%の2項で、この-37.2%より絶対値においてすべて小さい。すなわち樹冠水と樹幹流を合せ考えると、林中の降水は林外のより等しいか或いは多いことになる。今37.2%の補正を加え補正值として第4表中に示すと、括弧内の数字となる。この結果は樹雨は純粋降雨の15.6%～48.5%の量の多きに達す。

真山のこの調査では純粋の霧による樹雨は4月から10月までの7カ月間に僅か4回しかなかったとあり、7月の月だけが林内で林外より39.7mm多かったとある。又7月については4月に樹雨が多かったという。

第7表によると、樹雨は風向 SW の時、断然多く、次ぎはSで、その次ぎはWである。そしてNEの時は至って稀れである。又風速が大なる程多量である。大正11年4月24日は内外差/林外降水量=+20.2/48.2=42%で

相当多い。同年7月8日は 18.2/20.3=90%でこれは非常に多い。この2回共、低気圧或いは台風が、朝鮮海峡近くであって、潮岬は風向南東で強風であるが、大台ヶ原は南西となっている。この時は温暖で湿潤な南寄の風が大台ヶ原の山嶺に吹きつけ、

山越気流が起ってダシ雲が現われる筈で、Table Mountain や Mt. Wellington の Table cloth とか SK 雲とかと同種のものと思像される。この7月7日の高層資料では560mに気温の逆転があり、山越気流の強烈なのが見られる筈である。

大台ヶ原の観測を要約すると、樹雨は、(1)濃雨、(2)強風の時、(3)天気図では低気圧が該地の西方にあり、(4)風はSWの方向のとき起る。

8. 平地檜林内の観測

研修所の南西、運動場に接して、檜の小林がある(10mの厚さの林としてウッペイ度8程度のもの)。風速が5mを林外で示している時、林中に入ると数歩にして無風に近く、ピラムは働かない。これよりみれば、霧を含む風が林に入って直接樹木に与える水滴は殆んど全く林の外縁側だけと見なして差支がない。

然し林内で真上の樹冠を見ると、林の canopy は大いに動揺している。すなわち言うまでもなく、林上で樹冠に接する大気は風のため擾乱を起しているとすべきで、そのため気流中の霧滴は森中に侵入し、そこで葉枝に捕われ、樹雨となるべきである。ただし林は樹高平均7mで梢から4m程度すなわち樹の下から57%の高さから動揺が始まっているように見える。

蒸気吸入器を使って、細水滴のゼットを噴出させ、これを前方に立てた衝立の面積 25cm² のガーゼで15秒間吸収させて、その噴出量を 1.81g/時 と計上した。次にこのガーゼを取りさって、蚊帳の布を同面積とり、これを2枚 3.6cmの間隔に離して同じ場所に立てて同様の実験を試みた。但しこの時の網目は 1.9mm で糸の直径は 0.15mmである。この数字から前方ネットの捕捉率は41%、後方ネットのそれは33%を見出した。同様な試みを漁用網について行い、略同様な結果を得た。

この実験は水滴の障害物による捕捉は非常に甚速に行われることを示す。すなわち風に直面する周辺は水滴吸着が甚だしいが、その効果は深く内部に侵入し得ないことを意味する。

第7表 濃霧中の林内外降水比較表 (大台ヶ原)

大正11年

(真山報告より)

降 水 量 (mm)								降 水 量 (mm)							
月	日	林外	林内	差 (mm)	%	風力	風向	月	日	林外	林内	差 (mm)	%	風力	風向
VII	7	158.1	183.5	+25.1	+15.9	1	SW	V	2-3	23.6	16.9	-6.7	-28.4	3	W-SW
IV	24	48.2	68.4	+20.2	+41.9	4	W	V	19	18.5	14.5	-4.0	-21.6	3	SE
VIII	23	49.8	39.2	-10.6	-21.3	4	E	VIII	26	13.3	14.2	+0.9	+68.5	3	S
VII	1	19.2	15.8	-3.4	-17.7	4	W	IX	27	11.3	14.1	+2.8	+24.7	3	SE
IV	23	135.6	153.0	+17.4	+12.8	4	SW	IV	30	12.2	10.1	-2.1	-17.2	3	E
IX	4	81.1	85.6	+4.2	+6.8	4	SW	IV	11	7.0	6.5	-0.5	-7.2	3	SE
VII	4	67.6	74.6	+7.0	+10.3	4	SW	VIII	27	4.7	5.5	+0.8	+17.0	3	S
VII	6	57.0	62.6	+5.6	+9.8	4	SW	IX	6	1.7	2.8	+1.1	+64.7	3	SW
IX	3	53.4	56.8	+3.4	+6.4	4	S	IX	5	0.3	1.4	+1.1	+37.0	3	SW
VI	25	42.0	42.1	+0.1	+0.2	4	SW	IV	12	0.6	0.6	0.0	0.0	2	SW
VIII	9	44.0	38.9	-5.3	-12.0	4	SW	V	29	32.4	37.2	+4.8	+14.8	2	SE
VII	8	20.3	38.5	+18.2	+89.6	4	SW	IV	22	39.2	28.5	-10.7	-27.3	2	S
VII	3	27.2	30.1	+2.9	+10.7	4	SW	IX	7	18.7	13.7	-5.0	-26.7	2	SW
VII	5	24.5	28.9	+4.4	+18.0	4	SW	V	17	12.7	9.0	-3.7	-29.2	2	SE
V	6-7	21.7	27.7	+6.0	+27.6	4	SW	IX	17-18	12.5	7.9	-4.6	-36.8	2	F
IV	13-14	18.2	21.2	+3.0	+16.5	4	S-NE	VI	16-17	6.0	7.2	+1.2	+200	2	SW
VII	2	5.9	7.2	+1.3	+22.0	4	SW	VII	25-26	2.2	6.6	+4.4	+200	2	SW
V	8	1.5	6.4	+4.9	+32.7	4	SW	IX	30	10.2	5.4	-4.8	-47.9	2	E
IV	3-4	3.7	4.3	+0.6	+16.2	4	NE	VI	22-23	7.2	6.0	-1.2	-16.7	2	SW-SW
IX	21	2.6	1.1	-1.5	-57.7	4	N	IX	10-11	4.7	1.9	+0.2	+42.5	2	S
V	4	—	0.8	+0.8	+∞	4	NE-W-S	V	22	6.2	4.2	-2.0	-32.3	2	W
IX	20	1.0	0.6	-0.2	-20.0	4	N	VIII	10	4.8	3.2	-1.6	-33.3	2	SW
VIII	24	0.4	0.5	+0.1	+25.0	4	NW-SE	VII	15-16	0.2	0.6	+0.4	+200	2	SSW
IV	18	—	0.1	+0.1	+∞	4	NE	V	5	0.5	0.2	-0.3	-60.0	2	SW
V	18	55.4	40.5	-14.9	-26.9	2	SE	VII	13	—	0.2	+0.2	+∞	2	SW
VII	10-11	42.9	29.6	-13.3	-31.0	3	SW-NE	VII	13	1.3	0.2	-1.1	-85.0	2	NE
IX	19	31.9	21.3	-10.6	-33.9	3	NE	IV	8	0.1	0.1	0.0	0.0	2	N
VIII	22	25.8	17.8	-8.0	-30.9	4	NE								

濃霧中における

樹雨量超過回数：普通雨量超過回数：両者同量回数=30：32：2

9. 北海道の防霜林, 乱流伝達

森林の樹冠近くでは平地の場合より乱流が激しいから、ここでの上下の空気の交換は旺盛であり、したがって空中の霧滴の森林内に侵入する量が相当の大きさに達することは明かである。

さて、この方法による水滴の伝達を知るには、(1)直接、実験装置によって測定するのと、(2)乱流論によって数式から、間接に求めるのとある。前者の方法で優れていると思うものは、大浦浩文の装置で樹雨を捕捉する捕捉網と称するものである。もっとも Linke は普通の降雨計を林内の縁近くに、Reubnerは円筒を林内に置いて樹雨を計って、多量の降水を得たというが、完全な装置とは言い難い。Marlothが南亜で使用したのは、降雨計中に草束を網で包囲したものを挿込んだものである。

さて大浦の方法は樹冠を形成する林の上表面を考え、この面を乱流が上から下に運び入れる霧水量Mを知り、又同時に逆に下から上に運び去る霧水量Nを知って、M

—Nを以て林内に入る樹雨の量とした。その装置は線金製のフルイを2個並べて林中に置き、1個は上下両向から来るものを捕え、他の1個は下に袋を垂らし、上より来るものを捕えるのである。すなわち、前者はM+Nを、後者はMを知ることにになり、この2量からM-Nがわかる。フルイとは金網を畝状にヒダをつけて枠に張ったもので、畝の谷に水が集まり、そこを落ちるのを1つ1つV字形のトイで受け、それを更に1本のトイで集めて、全量の水を自記降水計に導いている。この方法以外に洋傘を数多く林内に逆立して、樹雨を受ける装置をも用いた。

一方、Thorntwaite-Holzmanによる法即ち霧滴の上方より樹冠面1cm²を通して1秒間に林内に入る量が

$$P = \frac{(U_2 - U_1)(C_1 - C_2)}{33 \left\{ \log \frac{Z_2 - d}{Z_1 - d} \right\}^2}$$

であることを利用する方法、これが間接で最も理論上正確と言えよう。但し大浦は、

第8表 霧水捕捉量 (kg. m⁻²/時)
場所: 厚岸海岸 (潤葉林) 1952 (直接観測より)

1952 月 日	時 分	場 所 (Y ₁)		場 所 (Y ₂)		裸 地	草 地
		スクリーン	傘	スクリーン	傘	スクリーン	スクリーン
26	07.15	} 5.8	} 1.64	} 7.9	} 0.25	} 0.73	} 0.69
	08.30						
	20.00						
	04.40						
	05.15						
10.00							
合 計	26時45分間	5.8	3.43	7.9	1.62	0.79	0.76
26~27日	1時間平均 kg. m ⁻² /時	0.216	0.128	0.295	0.06	0.0295	0.0283

第9表 霧水捕捉量 (kg. m⁻²/時)

9. A 場所: 落合海岸 (針葉林) 1951, (乱流論より)

月日 1951	時 分	Ch=16.2m mg. m ⁻³	Ch=13.5m mg. m ⁻³	△C/△Z mg. m ⁻⁴	K cm ² . sec ⁻¹	K. △C/△Z kg. m ⁻² /時
6 24	21~22時	170	120	18.5	2.4×10 ⁴	0.16
	22~23時	560	310	92.5	//	0.80
	24~1軸	260	180	29.6	//	0.26

9. B 場所: 厚岸海岸 (潤葉林*)

月日 1952	時 分	Ch=17.8m mg. m ⁻³	Ch=14m mg. m ⁻³	△O/△Z mg. m ⁻⁴	K cm ² . sec ⁻¹	K. △C/△Z kg. m ⁻² /時
8 13	18~19時	420	280	37.0	2.4×10 ⁴	0.32
	20~21時	160	110	13.2	//	0.12

* 潤葉樹 (birch および *Betula ermani* が主体)

$$P = K \frac{\partial C}{\partial z}$$

を用いた。

今、北海道北東釧路、厚岸防風林及根室落石海岸で得た結果を第8表にて示す⁹⁾。

捕捉割合を見ると僅かであるが、針葉樹林が優っている。しかし程度は同じであって 10⁻¹kg. m⁻²/時である。裸地と草地は同程度であるが、森林の10分の1程度となり、至って少ない。

測定法による相違を見ると、スクリーンとタービュレンスは大体一致した捕捉率を示すが、スクリーンと傘ではスクリーンが4倍も多い事がある。

10. 続き、霧の統計

調査場所は根室、釧路の北太平洋に面する霧の多い海岸である。1947~1951年の5ヶ年間の統計では霧は 849 回現われている。但しここで言う霧はその視程 1,000m

以下を指す。日変化は朝時に3~4時、午后に16~18時の2極大を持つ。

年変化では夏時最も多く、冬時最も少い。今1ヶ年平均1200時間霧の出現があったとする。そうして、1時間の森林の霧水の捕捉を平均 3.5kg. m⁻²/時とすれば1200時間には、

$$1200 \times 3.5 = 4200 \text{ kg. m}^{-2}$$

となり、降水量の表現法を用いると、1年間 4200mmの大雨量に達する。

11. 山林の霧捕捉量

山の場合を知りたいが材料が乏しい。今 Conrad 文献より、まず、高所の液状水の量を併記すると、第10表の通りである、

以上の表では中央ヨーロッパの高山は雲の水滴量は最近の日本、北米で得たよりも数倍以上多い事になる。いづれにしても高所では平地よりも同程度かそれ以上に多

地 所	高 度	mg/m ³	季 節	年 代	測 定 者
網 走	(平 地)	420	7, 8 月	1951—1952	大浦浩文, 木下誠一
Schneeberg	1884m	1910	7	1899	V. Conrad ⁹⁾
Schafberg	1798	3190	8	1899	//
Sonnblick	3106.5	1540	6	1899	//
飛 行 機	積 雲 級	510	?	?	W. Lewis ¹⁰⁾
	層 雲 級	134			
飛 行 機	6000~4000m	650	?	1958	Milton Draginis ¹¹⁾

いと見なすべきであろう。故に水含有量は網走のそれよりも多かろうが少くはなからう。従って、下方に向っての含水量の通減率は平地よりも大体として、決して少なくはないとすべきであろう。又一方、渦動粘性係数は高所の北海道では平地の 10^4 よりも大で、多分 10^5 程度のものであろう。すると乱流で森林内に上より下に浸入する水滴量は $3.5\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}/\text{時}$ より大きいに相違ない。

山霧のかかる時数は明らかでないが、本山 372m (高知)、大台ヶ原 1566m (奈良)、十日市 219m (広島)、三峯山1116m (埼玉) の場合は霧日数がわかっていて1ヶ年平均 151日で、相互の間に大差はない。北海道の場合も 170 日程度である。その霧時間数も同程度のものとする、少く見積っても 4000mm 程度にはなりはすまいか。

霧のかかるのは、それ等の山では4月から10月までが最も多い。その中6, 7, 8月の夏期に極大を持っている。しかしこれはただ一ヶ所の三峯山の統計に過ぎない。しかし他の山も大体これに似て夏期が多い。これ等の場所では1ヶ月に20日前後にもなる程のものである。多分これは谷風が発達して、その上昇気流が山に笠雲を造るのが寄与するところ多いと思われる。しかしこの場合は風が強烈ではないから、樹雨としては大したものではないかも知れない。

Nagel も指摘しているように Table Mountain では Table cloth 即ちダシ雲の現われる時に樹雨が降るのであるとすれば、日本においても、このダシ雲は1000m前後の山であるなら、殆んどと言ってもよい程に各山嶺に出現すると想像されるから、日本山岳地帯の樹雨相当のものであろう。但しそれには気象上のある条件を供えなければならぬことは勿論である。

今もし、落合、厚岸など同一程度の樹雨が北海道全道に向って、標高1000m以上の高地で起ったとしたら、樹雨による降雨量はいく程にならうか。

この程度の高地の面積は北海道の全面積 78486km² に対して 3389km² であって、4.3%にすぎない。もし北海道の降雨量を1年間 1300mm とし、又樹雨 4200mm を

全道に等しく分配するとすると、普通の雨に対する割合は14%程度のものである。

もしこれが日本の中部と関東地方、即ち岐阜、愛知以東、福島以西の大区域で所謂日本アルプス山岳地帯を含有する面積 110800km² にあてはめると、1000m 高の地帯面積はその20.3%にあたり、22540km² にも達する。故に中部、関東地方の1年平均降雨量を2000mmとし、樹雨 4200mmをここにも用いて、中部、関東地方に一律に分布していると仮定すると、普通の雨に対する割合は42.6%に達し、普通降水量の半額近くとなる。即ちここでは樹雨は河川の水源としてはゆるがせに出来ない量となる。

文 献

- 1) 白井純郎及びその他; (1954): 滝ノ口水源涵養試験第4回報告, 林業試験研究報告 68, 95—130.
鈴木清太郎; (1956): 森林と水源涵養, 農業と園芸 29, 1485—1488.
- 2) 鈴木清太郎; (1956): 農業気象学 89, 養賢堂, 東京.
- 3) Marloth, R. (Hann, J.による要約); (1906): 灌木と樹木の飛走せる霧, 雲より捕捉せる水量 Met. Zeit 23, 547.
- 4) Nagel, J. E.; (1956): Fog precipitation on Table Mountain, Q.J.M.S. 82, 452—460.
- 5) Twomey, S. (1957): Precipitation by direct interception of cloud-water, Weather 12, 120—122.
- 6) 真山利雄; (1952): 大台ヶ原山上の樹雨について, 森林治水気象彙報 1号.
- 7) 川口武雄; (1956): 森林気象学 67, 地球出版株式会社, 東京.
- 8) Hori, T. and Others.; (1953): Studies on fogs, Tanne Trading Co. Sapporo, Japan.
- 9) Conrad, V.; (1901): Über den Wassergehalt der Wolken, Denkschr. kais. Akad. d. Wissenschaft. 73, 115—131.
- 10) Lewis, W.; (1951): A flight investigation of meteo. conditions, Comp. Meteo. 165—181.
- 11) Draginis, M.; (1958): Liquid water in convective clouds, J.M. 15, 481—485.
- 12) Suzuki, S. and Yabuki, K., (1956): The air-flow crossing over the mountain range, Geophys. Mag. 27, 273—291.