

受入ID- 1520030117B00048



圖書室

カウイータ森林理水試験地要覽



02000-00131070-3

昭和31年9月

農林省林業試験場防災部

試
災

正誤表

頁	行	誤及不明瞭	正	頁	行	誤及不明瞭	正
	字裏 2	流域	流域	23	Fos 14	Staked	staked
	4	流域研究	流域研究	24	Fos 12	Precipitation a	precipitation
	字裏 5	土壤	土壤		" 8	Southern	southern
	図 1	Carolina	Carolina	25	7	Staked	staked
	"	Ashe le	Asheville		14	Southern	southern
	"	Nantahala	Nantahala	27	7	Southern	southern
4	6	脈基岩	脈'モナ'3		Fos 7	Permanent	permanent
	7	Schist	schist	28	9	林木	林木
	8	Complex	complex		12	Water	water
	Fos 4	oak-hickory	Oak-hickory		19	Storage	storage
5	11	家畜	家畜		Fos 4	Se-	se-
	12	Woodland	woodland		" 1	Storage	storage
	18	林木	林木	29	8, 9	侵蝕	侵蝕
6	11	試験	試験		Fos 2	Biswell	Biswell
	Fos 12	泉	泉	30	2, 3	家畜	家畜
8	Fos 15	Control	control		3	Yellow	yellow
	" 4	会流域, in	全流域 in		5	侵蝕	侵蝕
9	8	prolific	Prolitic	32	3	Yieldsl.	yields
	Fos 9	林木	林木	33	4	1 ft/s	1 ft/s
10	3	頭目	頭目	34	5	= 1 foo)	= 1 foot
	13	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$				
11	Fos 4	Control	control				
	" 1	Pitch	pitch				
12	Fos 13	Virginid	Virginia				
	" 12	all kinds	all kinds				
	" 7	scarlet	Scarlet				
	" 5	5月18—	5月18日—				
14	14	Pitch	pitch				
	16	chsstnut	chestnut				
16	2	Southern	southern				
	17	林木	林木				
17	4	森木	林木				
18	6	Rhododendron	rhododendron				
	Fos 9	White	white				
19	2	燕散	燕窠				
21	3	溪透	滲透				
	6	Subsurface	subsurface				
22	10	家畜	家畜				
	Fos 12	在 水 中,	在 水 中,				

訳 者 序

アメリカ政府山林局により経営されるカウイータ森林理水試験地では、森林理水研究は言うに及ばず、一般水文研究に関しても、幾多の有益な試験成果を挙げでおり、サンディマス試験地のそれと共に、世界の森林理水研究に指導的役割を果しつつあると言つても過言であるまい。

訳者は、先に、サンディマス試験地要覧を訳して、当部の研究資料としたが、つづいてカウイータ試験地要覧を訳し、これに加えたいと思う。原本は先年東京大学、荻原教授より理水研究室に贈られたもので、同地に於ける試験の概要を知り、その方向をうかがうには好個の資料であろう。すでに、讀まれた向もあると考えるが、拙訳が少しでも大方の参考になれば幸である。

尚、本文中の各種単位については巻末に換算表を附記した。

昭和 31 年 9 月

防災部理水研究室 中 野 秀 章

写真 1



林道 No. 10 流域
流出水汚濁の主原因。林産物搬出のため林道建設が盛である。試験によれば、道路が水質悪化の原因であつた。建設、維持方法の改善が水の価値を保持すると共に、林産物搬出効率を良くするであろう。

写真 2

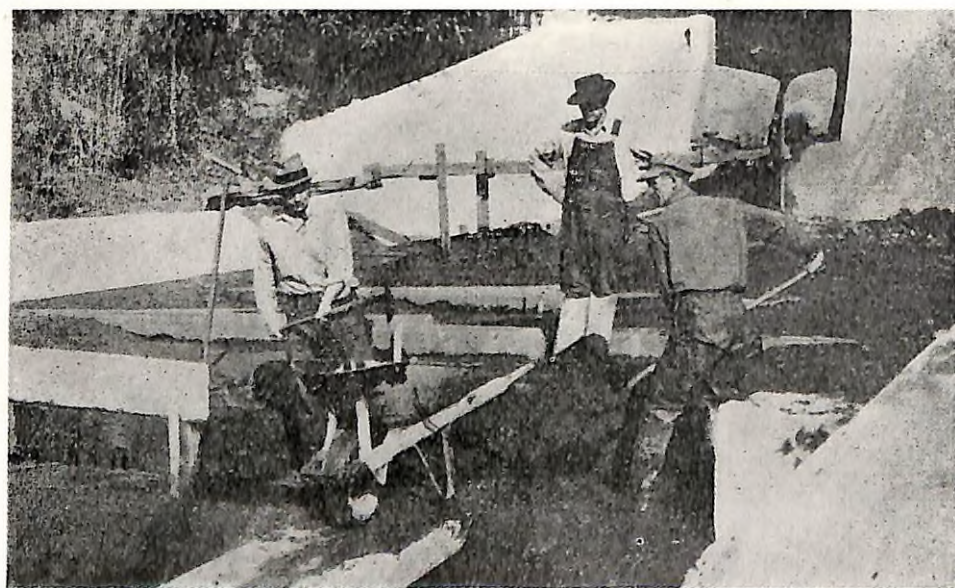


農耕のため開墾される流域 No. 3 流域
急斜林地に於ける農耕と放牧に関する流域研究のための準備

写真 3



写真 4



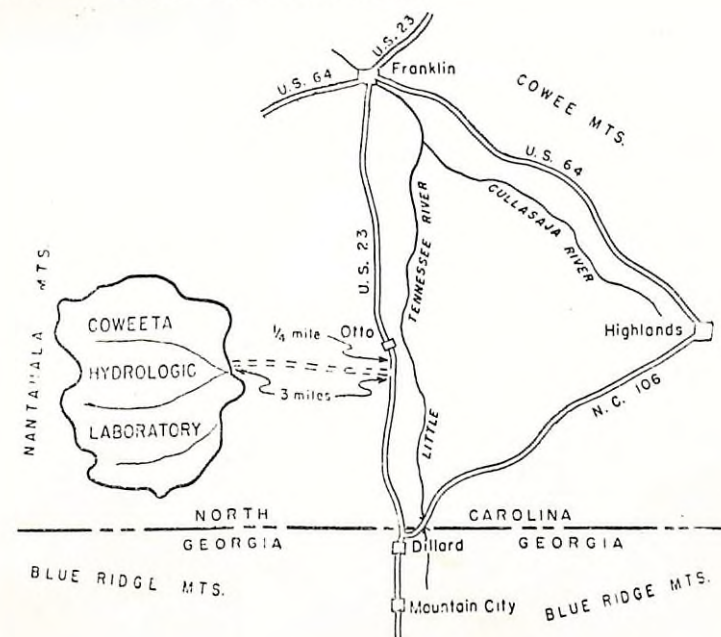
急斜面の耕作 No. 3 流域
とうもろこし畑から侵蝕流出した表土は流路によつて沈泥池に運ばれ、ここで測定される。

写真 5



伐採跡 No. 17 流域
蒸散量を最少にし、同時に森林土壌を保全することにより、流出量は増加する。

図 1 カウイータ森林理水試験地の位置



North Carolina州 Ashevilleの南西約80 M, Nantahala山中にある。Franklinの南11Mの地点で、国道23号から西に入った所にある。

圖 2 カウイータ森林理水試験地の流系

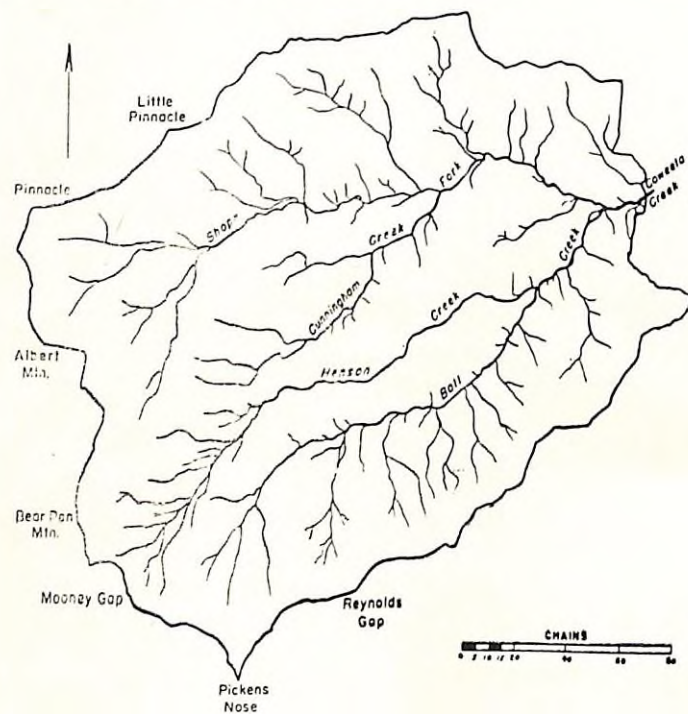
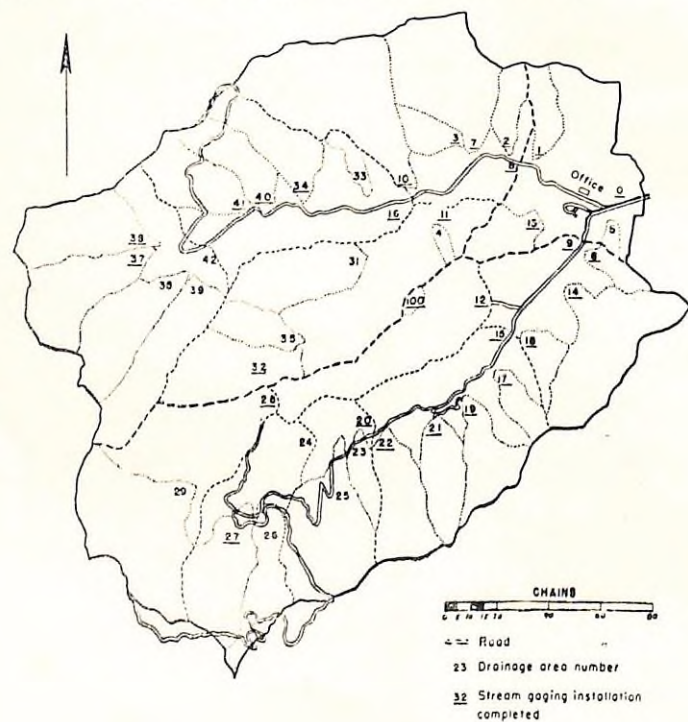


図 3 カウイータ森林理水試験地の流域区分



流域経営研究

カウイータ森林理水試験地要覧

WATERSHED MANAGEMENT RESEARCH

COWEETA EXPERIMENTAL FOREST

MACON COUNTY, NORTH CAROLINA

MAY 1948

中野秀章 訳

FOREST SERVICE

U.S. Department of Agriculture

Southeastern Forest Experiment Station

Asheville, North Carolina

目 次

(訳 者)

訳 者 序

写真 1 - 写真 5

図 1 - 図 3

カウイータ森林理水試験地	3
試験地の概要	
研究計画	
試験の実行	
測水施設	
急斜面農業の影響の研究	8
散樹草原地放牧の影響の研究	11
通常の林木伐採搬出作業が流出水に及ぼす影響の研究	13
森林火災が流出水に及ぼす影響の研究	15
植生による水消費に関する研究	16
皆伐の影響に関する研究 (皆伐後の後生樹も刈払う場合)	
皆伐の影響に関する研究 (皆伐後の後生樹 刈払わない場合)	
流路に沿う帯状地伐採の影響に関する研究	
流域の取扱 (要約)	20
基礎的水文研究	20
流域経営への応用	21
カウイータ試験地関係の刊行物	22
(附) 単 位	33
要水量	34

カウイータ森林理水試験地

国民経済にとって根本問題である天然資源の中で、水は最も分っていないものの1つである。水資源は、明らかに気象に関係があるから、人間が気象を変化できないと同様、水資源に人工的な変化を加え得ないと信じている人が多い。これは全く間違っている。なぜならば、どの地方でも水資源は気象だけでなく、他の因子によつても規制されているからである。それら因子の中で最も重要なのは植生であり、土壌の自然状態である。土地の利用を通じて、吾人は土壌と植生の両方に極めて著しい影響を及ぼすし、また及ぼすことが出来る。かくして、人は水資源をも変化させているのである。しかし、この変化の質と程度が、多くの推測を生み、不確実であつた問題そのものである。

自然の土地に親しい人や、荒されていない林地からの流出状態を見た事のある人は皆、良い森林、良い土壌、良い水は相伴うものであるという強い確信を持つ。長い間に、植生、土壌、水に関する自然の力に釣合がとれてきたと信ずる事は不合理ではない。しかしながら、この自然の調節は微妙な均衡関係にあるらしい事が分っている。この均衡を破ることなく森林を破壊することは不可能である。しかし、均衡が保たれねばならない自然の力関係をよく理解するに至れば、吾人は他の資源を犠牲にすることなく、森林資源のすべてを利用できる様な土地経営方法を発展せしめる事ができよう。

森林の他の生産性に比べて、水関係について余りにも知らなさすぎるのは、主として実験観察データの不足のためである。この欠陥の故に、過去に於ては、天然資源としての水資源の管理に科学的根拠を確立することが不可能であつた。根拠となる科学的資料の必要が認められて、カウイータ試験地が開設された。この基本的な水文研究を通して、山林局は工業用、上水用、およびレクリエーション用の水使用、洪水防止の地方全般にわたる利害関係と両立し、かつ、最も多くの林木および水生産に役立つ実地的な森林経営方法を開拓しつつある。

試験地の概要

いくつかの因子が結合して、基礎的な水文研究に特に適したカウイータ地域が形成されている。雨量は多く、かつ、年間を通じ一様に分配されている。年100回平均の豪雨があるので、僅かの年で大量のデータが得られる。降水の大部分は雨として降り、問題を複雑にする雪は少い。

この地区の広葉樹林は東部アメリカに多い森林の典型的なものである。こゝであげられた成果

はひろく他の地方でも応用され得る。結局、カウイータ試験地に於ける水資源の管理に関する研究は地方的意義と同時に国家的意義をも持つのである。

地質、地形、土壤等

高度は、基地で2200ft、西の境界で5200ftである。傾斜は急で、急傾斜に盛り上った峰筋が試験流域の境界となつている。Blue Ridge 地区の山岳は氷河作用を受けていないが、非常な侵蝕と風化を受けている。Blue Ridge の大部分と試験地全体に対して脈基岩はArchean Carolina gneiss と Schist である。この層の厚さは巨大で、folding で非常に厚くなつている。このComplex folding と open fault のない事から、水が地下を潜つて逃げるための連続的な地下水路は無いと考えられる。

母岩は風化して深い被覆土壌を形成する。高度の高い所で、急斜面にのみ裸出した岩脈の露頭が見られる。山腹斜面は2-4ft深さの残積土壌で被覆されている。そして、普通風化変質した岩石が、その下に数ftよこたわる。これら山腹土壌の大部分はPorters Soil 系のものである。山腹のすそ、山かけ、段丘には斜面から来る土壌の堆積が見られる。これらの押出されて来た土壌は深さ4-8ftであり、Tusquitee 系のものとして分類される。

気 象

中等度の気温と多雨がカウイータ地域の気象の特徴である。平均年気温は55°Fで、通常、霜のない期間は4月17日から10月23日までである。植物生育期間の平均気温は65°Fである。90°F以上の気温はまれで、夏の夜は涼しい。最低温度は平均58°F。12月、1月、2月の平均気温39°F、20°F以下の低温期間は短い。

雨量は年間を通じてよく分配されている。過去10年間で、10月の平均降水量3.2inで、この月が最も乾燥する月である。最も雨の多い3月で7.2inである。試験地の平均年雨量は77inである。試験地の南西部に最も多く、北東部に最少である。両地帯の差は年当り20inである。

植 生

広葉樹が優勢種で、高度の低い峠通りやold field にのみ松が現われる。面積にして60%は1923年以前に伐採され、今は二次生林である。その他は原生林である。胴枯病が発生する以前はchestnut が優勢種で、林分の50%以上を占めていた。森林は典型的な三層林である。上層は喬木が作り、小喬木が中層を作り、灌木、草本類が地表を被覆する。

種々の林型で占められる面積(%)は、

Regional Forest Type	Percent of Coweeta Area
oak-hickory	77
Cove hardwoods	15
Pitch pine-hardwoods	5
Northern hardwoods	3

1部の樹種を示すと、black oak, scarlet oak, chestnut oak, white oak, eastern red oak, yellow-poplar, cucumber, Fraser magnolia, white ash, basswood, red maple, black cherry, black birch, hickory 類, black gum, hemlock, pitch pine である。

土地利用の沿革

ノースカロライナ州、Franklin 町の附近一帯はCherokee Indian Nation の中心地であつた。彼等のキャンプサイトの多くは試験地内で発見された。がしかし、ここに永久的なIndian の居住地があつた証拠はない。最初の白人移住者は1848年に現在の基地に家を建てた。後には、おそらく10カ所位、他の位置に家が作られた。農業のために開かれた面積は200A以下で、大部分がとうもろこし、その他の穀類のためであつた。移住者の家畜の大部分は散樹草原放牧(Woodland grazing)で飼育され、それが森林に影響を与えたことは疑いない。1時は羊1500頭、豚3500頭、牛600頭、馬とらば80頭がいたものと計算される。放牧に都合よくするため、年々、火入が行われた。これはIndian に依つて始められたと言われる。1902年に、土地会社がこの土地を買つたため、住民は移動した。その後、木材会社に転売されたが、放牧と火入れは売買後も継続された。

林木伐採は1909年に始められ、1918年まで種々の小規模な伐採作業が継続された。この時期に材木所有権はそのまま、林地は山林局に売られた。林木は1918年と1923年に伐りつくされた。山林局との申合せにより、根際で15in以下の小さい木は伐採されなかつた。伐り出された材積は約8m. B. F. であつた。国有林になつて以後、大きな山火事はおきなかつた。放牧による土地利用は遂次減り、試験地の設定以後は完全になつた。

研 究 計 画

カウイータ試験地に於ける森林理水試験の目的は、次に表示する如きものである。

1, 基本的に森林と流量の関係をたしかめること。

a) 森林流域からの流出状態はどうか?

b) 水資源は森林および林業上の作業に依つて如何に影響されるか?

c) 流出の一様性を高く、かつ、多量の水を、特に上水源、工業用水源として得るためには水資源は如何に管理さるべきか?

d) 流出の一様性を最も高く、かつ、最多水量を得るべき管理法は、林業以外の土地利用法では如何にあるべきか?

2, 諸種の土地利用法の下での流出率、滲透係数、水保留の割合を知ること。

- a) 局地的、或は一般的洪水に及ぼす森林の効果はどうか？
 b) 林内放牧、伐採、山地農業等の土地使用、或は山火事が水資源に及ぼす影響はどうか？
 c) 資源の枯渇して、かえり見られなくなつた土地の復旧に林業が如何に役立つか？

3, 森林と気象との関係を知ること。

- a) 森林は微気象に如何に影響するか？
 b) 局地気候を改良する様に森林を経営できるか？

4, 林道、公道の側法面、河川堤防、湖水沿岸線の適当な、かつ、実際の土壌安定法をみつ

けること。
 今までの研究は、主として、以上の目的のうちはじめの2項について行われて来た。

試験の実行

試験業務は、1933年に基礎調査ではじめられた。地形図や林相図が作られ、一般的に地域の特徴がたしかめられた。次の段階は、天然には水資源が如何に規制されているかを知ることであつた。雨量測定のため75個の雨量計が全流域にわたつて分配され、そのための歩道は30Mにおよぶ。これらの雨量計は毎豪雨後に読みとられる。降雨強度は13個の自記雨量計で測定される。30区の流域の出口には、それぞれ、コンクリートダムが建設されており、水はすべてこの測水断面を通る。流出レートは、絶えず、これらの堰で器械的に記録される。22本の地下水観測用の井戸が地下水位の変動をたしかめるため設けられており、自記水位計が附設されている。急急資料は14ヶ所の観測所で得られ、これら観測所は、種々の方位、高度の標準地としての条件を具えた地に設けられている。

各流域に対する試験手順には、一定期間の流量、降水量の観測および植生、土壌の調査が含まれる。これらの記録から、各流域の雨量と流量とを対照することができる。豫備、基準観測期間は約5年で、その間に、流量、その他の必要な水収支特性が知られる。それから植生の変更処理が、注意深くたてられた試験手順によつて実行される。その間も観測記録は継続される。この実験計画により、植生の変化前後の試験流域の水収支が計算される。これらの計算により、各試験流域から流出する水の量および質に及ぼす土地利用の変化の影響がたしかめられる。土地の使用にともなう混濁と水質の変化も研究される。

植生処理の前後に於ける流出の変化は、流出量の変数にもとずいて統計的に比較される。加うるに、全観測期間の、或は毎年の気象条件の差をチェックするためコントロール区として別の流域を使用できるようにする。

測水施設

複合流域

流域番号	面積(A)	高度		測水堰	観測起日	流出量	
		最高	最低			最大	最小
		(ft)				(C.S.M.)	
0	4000	5250	2200	Control Section			
8	1877	5250	2292	12-ft. Cippolletti	Oct. 6. 1934	59	0.65
9	1788	5097	2253	12-ft. Cippolletti	Oct. 12. 1934	84	0.49
11	440	4056	2407	5-ft. Rectangle	Mar. 5. 1936	52	0.96
12	501	5097	2412	6-ft. Cippolletti	Mar. 17. 1936	101	0.56
15	940	4887	2352	8-ft. Cippolletti	Dec. 21. 1936	114	0.48
16	943	5250	2423	6-ft. Rectangle	June. 4. 1936	86	0.13
20	511	5097	2423	6-ft. Rectangle	July. 30. 1937	114	0.51

単位流域

1	39	3241	2315	90° V-Notch	June. 13. 1934	86	0.26
2	31	3314	2340	90° V-Notch	June. 22. 1934	80	0.12
3	23	3055	2425	CIA-Deep Notch	July. 5. 1934	397	0.26
6	22	2955	2282	90° V-Notch	July. 10. 1934	155	0.32
7	145	3510	2370	CIA-Deep Notch	July. 31. 1934	42	0.59
10	212	3801	2436	120° V-Notch	Mar. 7. 1936	35	0.31
13	40	2965	2349	120° V-Notch	Mar. 12. 1936	88	0.50
14	152	3125	2318	120° V-Notch	Mar. 26. 1936	113	0.51
17	33	3381	2422	90° V-Notch	June. 6. 1936	124	0.40
18	31	3258	2382	120° V-Notch	June. 3. 1936	114	0.25
19	69	3650	2550	120° V-Notch	May. 17. 1941	62	0.81
21	59	3850	2720	120° V-Notch	July. 22. 1938	113	0.53
22	88	4089	2780	120° V-Notch	Feb. 18. 1937	160	0.36
27	100	4770	3540	120° V-Notch	Nov. 2. 1946	109	0.37
28	350	5097	3162	6-ft. Rectangle	May. 24. 1937	128	0.64
32	102	4050	3050	120° V-Notch	Oct. 25. 1941	49	0.91
34	76	3900	2775	CIA-Deep Notch	Oct. 13. 1938	35	0.76
36	110	5050	3440	120° V-Notch	Apr. 29. 1943	84	0.60
37	100	5250	3440	120° V-Notch	Apr. 15. 1942	170	0.43
40	58	4000	2860	CIA-Deep Notch	Dec. 4. 1938	32	0.46
41	71	4260	2930	120° V-Notch	Aug. 23. 1940	61	0.67
100	7	3185	3025	90° V-Notch	Mar. 14. 1938	40	0.06
I-1	200	4900	3650	2-ft. San Dimas	Dec. 5. 1947		

急斜地農業の影響の研究 (NO. 3 流域) (写真 2, 3, 4 参照)

目 的

Blue Ridge の急斜林地の内、数千 A が、農耕、放牧のため開墾された。かゝる土地を間違ひなく農耕に使用するためには非常な熟練と注意が要ること、又その大部分は全く農耕に使用されてはならないことも分つてゐる。しかしながら、年々、人口増加が新しい土地の開墾を必要ならしめ、古い土地の開墾をも餘儀なくさせてゐる。

流出、土砂流出に及ぼす、これらの影響を考へるには、従来利用されて来たものより一層はつきりした資料が必要とされる。このためカウイータの 1 試験流域が、有林状態で観測された後、開墾され、1 部にはとうもろこしが植えられ、その他は牧場として使用された。もし測水所附近に住民があり、生計上関心を有するならば、流域はできるだけその意向にそつて取扱われる。

流域の概要

面積—22.8 A

高度—2245 (測水所) ~ 3124 (頂上) ft

測水—1934 年 7 月 7 日開始

1939 年 12 月 20 日、90° V 字型鋭録堰を CIA Control におきかえた。

地下水観測井—4 カ所に掘られた。(1941) 内 2 カ所は自記水位計が附設されている。

気象観測所—気温と地温が 1940 年 3 月から 1944 年 10 月まで測定された。

比較観測所が隣接する NO. 7 の有林流域におかれた。

流出土砂—1941 年 8 月 28 日沈砂池設置

土地利用の歴史と植生

この流域の約 10 A が耕作と牧畜のため、1857 年に開墾されたが、1887 年にすてられた。森林植生は 1900 年までには再生した。優勢樹種は black oak と scarlet oak であるが、かなりの yellow-poplar もあつた。1940 年までには、古い開墾地の優勢木は直径 16—24 in になつた。

開 墾

1939 年 11 月から 1940 年 5 月までに、会流域の植生が伐採された。低地部では 16 in 以下の根株は引きおこされ、灌木類は大根株の周囲に積上げて焼かれた。特に山腹上部では、林木は伐採された後枝条、伐木屑は畑の被覆物にするため一面に散布された。

耕 作

5.6 A が、1941 年に囲われ、耕作された。樹根があるので bull tongue、或は single foot plow が使用された。Hickory king corn が栽培され、肥料は施されなかつた。収量は 132.5 bushel、すなわち、1A 当り 23.6 bushel であつた。

1942 年 single foot plow で、再度耕作され、Hickory King corn が栽培された。施肥されなかつた。夏、多雨であつたため、corn は 1 度だけ収穫され、冬、暴風雨が大部分を吹き倒した。その収量は 84 bushel、1A 当り 15.3 bushel であつた。

1943 年 前年同様耕作され、Golden prolific corn が栽培された。field erosion はこの季節の初めに起つた。これは土中有機物の減少と、6、7 月に幾回かの激しい雷雨とがあつたためである。

1944 年—45 年 corn は栽培されなかつた。雑草の育つまゝに放置された。めぐらした垣に沿つては black berry が多く、ragwood と cinquefoil が最も多かつた。yellow-poplar と locust の多くの稚樹や萌芽が現われた。

1946 年 single foot plow で耕作され、Hybrid U.S. 13 corn が栽培された。収穫は 65 bushel、1A 当り 11.6 bushel であつた。このとうもろこしは成績不良で、鹿ややまねずみの害も多かつた。

1947 年 低地は hillside turning plow で、上部は single foot で耕作された。はじめは施肥された。使用量は 4—10—4 の 800 lb. であつた。Hickory King corn が栽培され、収量は 90 bushel、1A 当り 16 bushel であつた。

放 牧

ともろこし畑の外に 17 A があり、その内約 5 A は、灌木が多く家畜のためには荒地すぎる。残部 12 A は牧草に適しており、特に、観測道路下の 9 A は適当である。

1941 年 放牧せず。

1942 年 100 lb の牧草種子が 12 A に播かれた。材木、特にうるしの競合が牧草の増殖に害となつた。しかし、観測道路下の地域約 20% には在来禾本科植物や栽培された牧草が常に生育していた。牛はこの牧草地と隣りの NO. 7 有林流域との間に交互に放牧された。NO. 3 流域に放牧された延放牧日数は 336 頭日 (animal days) であつた。(7 頭 48 日間)。9 月 21 日までに喰用された草量は 80% であつた。踏みつけの形跡は明白であつた。

1943 年 NO. 3 流域に 8 頭が 67 日間放牧された。観測歩道下の sprout は 8 月中に伐倒された。気象観測所下の低地部は、sprout はほとんど摘みとられたが、山腹最上部はもとのまゝであつた。

- 1944年 低地部に集中することを防ぎ、対照標準となる放牧を完全にするために気象観測所のすぐ上に移動垣が設けられた。牛は2区間で交互に放たれた。5頭の牛は5月8日から9月22日まで総計685頭日、継続的に放牧された。喰用できる枝葉は、ほとんど喰いつくされ、低地部では地表は激しく踏みつけられ、圧密された。残存する多年生草本植生は、翌冬、持ち上る霜柱のためかなり減少した。牛の1頭当り平均日体重増加は0.98 lbであつた。最も大きくなつたのは5月と6月で、1日当り1.56 lbであつた。
- 1945年 牛はNO.3とNO.7両流域に交互に放牧された。1942—43年と同様である。NO.3流域に631頭日放牧された。
- 1946年 NO.3, NO.7両流域界の垣は開かれ、NO.3流域の上部とNO.7流域の全部との間およびNO.3流域下部とNO.7流域全部との間に、それぞれ、交互に放牧された。両流域の放牧日数は、計1377頭日であつた。観察によれば、家畜の利用の $\frac{3}{2}$ はNO.3流域に於てであつた。飼料の85%はこの流域でとられた。
- 1947年 3頭の牛がNO.3流域の上部と下部の間に交互に放牧された。延放牧日数は588頭日であつた。平均日体重増加は0.54 lbであつた。下部牧草地では、sprout は5月初めに伐倒された。

ピーク流出レート

開墾前に測定された最大流出レートは110 C.S.M, 1938年11月の4.67 inの雨の結果である。最大降雨強度は2.12 in/hであつた。開墾後は、1943年7月に強度4.00 in/h, 1.65 inの雨で、ピーク流量は398 C.S.Mであつた。開墾前では、この型の雨では54 C.S.M以上のピークを起さなかつた。低強度の雨に対しては、流出の性質に餘り変化はなかつたが、雷雨に対しては、大きな変化が起つた。強い雷雨の結果を開墾前後に比較すれば、この事が明らかになる。

起 日	10分最大強度 in/h	総雨量 in	ピーク流出量 C.S.M
Aug. 22, 1934	4.64	1.91	48
July. 12, 1936	5.46	2.03	43
Sept. 20, 1930	3.72	1.82	54
July. 13, 1943	6.00	1.34	128
June. 14, 1943	4.20	0.86	88
July. 30, 1943	4.00	1.72	398

土砂流出

開墾前の土砂流出レートは沈泥池に堆積したものに依ると、9.4 lb/dayであつたのが、開墾後は次のレートが沈泥池で測定された。

Aug. 28, 1941—May 4, 1943	22.7	lb/day
May. 4, 1943—Sept 8, 1943	767.6	"
Sept. 8, 1943—April 16, 1946	46.3	"
April. 16, 1946—April. 21, 1947	38.5	"

将来の計画

土地の収益が減少して、耕作が不得策となるときまで、同様な調査が継続される。その後に、水資源の価値を復旧する効果的な方法と要する期間を知るために復旧計画と保全的な農耕計画がたてられよう。

散樹草原地放牧の影響の研究 (NO. 7 流域)

目 的

移住の初期には、林内放牧が移住者の主たる生計の道であつた。fence lawの出現や収入の減少が生業の1手段としての放牧の重要性を低下せしめた。しかしながら、普通の山地農業では、散樹草原地 (woodland) は牧草地と一緒に囲み込まれて、激しい使用を受ける。本地方放牧林地の面積は広い。例えば、Macon郡では、農業に関係ある土地の50%以上が散樹草原地 (woodland) の中にあり、この80%が放牧に使用されているものと考えられる。放牧散樹草原地の見積り面積が郡面積の20%であると知るならば、水資源に及ぼすこの生業の影響を理解する必要は容易に察せられる。試験の意図は、典型的な農地林区と比較できるように、故意に過放牧して流域内を踏みつけさせて見ることである。放牧が始まる前、自然状態の流域で7年間の記録が集められた。

地区の概況

面積—145 A

高度—2370 (測水所)—3510 (山頂) ft

測水—1934年7月31日, 90° V字型鋭録堰が施設された。1939年11月1日, C I A Control に変更された。

地下水観測用井—低地部に、1940年6月18日、記録装置附観測井が設けられた。

植 生

この流域の約80%がoak—hickory type であり、14%がPitch pine—hard—

wood, 6%がcove hardwoodである。放牧以前には, cove hardwood地区は密な herbaceous cover を持ち, これに在来のもめ科植物を混えていた。oak—hickory type 地区の約半分には飼料となる種類の地床植物がある。残り半分には, pitch pine hardwood地区の様に buckberryか laurelが密生している。

土地利用の沿革

1940年 133Aが囲われ, この中に, 各0.4Aの垣で区分けされた放牧区 (fenced enclosure) 17カ所が設けられた。

同数の標準区が比較のために設けられ, 標柱だけで区分けされた。牛に利用される総面積は126Aである。植生の詳細な調査は, 標準区間で, コードラート法により行われた。

1941年 平均11頭の牛が104日間放牧された(5月17日から8月28日まで)。牛は8月になって体重が減りはじめたが, それまではよく肥った。上記期間の終りまでには, 飼料に適する枝葉の約90%が利用された。その飼料となつた枝葉, 草類の約60%は若枝, 芽, 葉であり, 残部がherbaceous 類の莖葉であつた。

概算によると各樹種の利用程度は次の様である。%は, 牛の口のとどく範囲内にある枝葉量に対して, 喰用された枝葉量の割合を示す。直径で4 inまでの林木が踏みつぶされ, そのtopが食べられた。

Yellow-poplar	98%	Sourwood	90%
Blackberry	98	Summer grape	90
Virginid Creeper	98	Ferns	90
Annuals (allkinds)	98	Black birch	80
Grasses (allkinds)	98	Sassafras	65
Smilax	95	Dogwood	50
Black locust	95	Chestnut	20
Ash	90	Chestnut oak	10
Witch hazel	90	scarlet oak	1

1942年 牛がこの流域と隣接開墾流域の間に交互に放牧された。2週間交替で, 総計546頭日放牧された(5月18—9月7日)。

1943年 ふたたび, 牛が両流域に交互に放牧された。6月20日から8月8日まで312頭日。

1944年 5—6頭がたえず放牧された。5月12日から9月22日の間753頭日。 $\frac{1}{4}$ lbの綿実粉と $2\frac{3}{4}$ lbのとうもろこし粉の補給飼料が6月1日に始められた。こ

れは家畜の要求するものの1部を供給したに過ぎなかつたが, 家畜のために良好であつた。放牧による土地利用は全面積にわたつて激しかつた。1頭当り平均日体重増加は0.53 lbであつた。

1945年 NO. 3流域とNO. 7流域の内に交互放牧。4月16日からNO. 7流域の8月24日までの内651頭日。

1946年 NO. 3流域とNO. 7流域の間を牛は自由に移動できる様にされた。垣に沿つた線を除けばNO. 7流域の使用は軽度であつた。この流域の使用は450頭日と推定される。

1947年 牛4頭, 5月26日および6月7日導入, 9月29日まで, 計565頭日, 1944年と同様に補給飼料が与えられた。日当り平均体重増加は0.61 lbであつた。

結 果

試験開始以来の流出量観測結果は, まだ計算を終えていない。放牧初年の末に於ける土壌サンプリングに依れば, 土壌の上層4 inに於ける巨大孔隙は10%減少した。流域の約40%が激しく踏みつけられており, 全流域の概観は放牧農用林区の典型的なものになりつつある。

将来の計画

補給飼料を施しつゝ, 放牧は継続されよう。詳細な土壌と植生の調査が囲われた放牧区と囲われていない区との性質の比較のために行われるだろう。かゝる土地利用に依つて起される変化を見るために流出記録が分析されよう。最後には, 放牧終了後の恢復速度もたしかめられるはずである。

通常 of 林木伐採搬出作業が流出水に及ぼす影響の研究 (NO. 10 流域) (写真1. 参照)

目 的

立木を伐倒し, 搬出する作業は困難, かつ, 労力を要する仕事である。トラックに荷積できる地点まで丸太を曳きずり出す必要がある。奥深くトラックを乗入れるために林道が建設されている。これらのずり出し道や車道の建設, 使用に際して, 大量の土壌が荒され, 激しい侵蝕の可能性が生ずる。通常, このことが水に及ぼす影響については餘り考慮が払われていない。しかしながら, 伐採搬出作業が流出水を濁らすというのが普通の考え方であり, 数年かかつて流路中に沈積した土砂が豪雨のため流出されるまでは, 伐採地区での trout 釣りはおもわしくないと

われる。

この試験の目的は、まづ、森林の伐採搬出が水質に及ぼす影響を測定することである。要するに、伐採搬出作業の実施によつて水が如何に濁るかを測定することであり、地表を荒された地区からの流出が、ハイドログラフ上に如何なる結果を示すかを測定することである。

地区の概況

面積—212A

高度—2436—3801ft

測水—120°V字型鋭縁堰、1936年3月完成。

気象観測所—気温、地温の測定、風速、風向、湿度、蒸発の測定。1936年10月より1939年7月まで。

土地使用する沿革と植生

1918年頃、地域の45%が植生を伐採された。残部では、この実験が始つた時、老令林木がたつていた。流域内の低地部で、たゞ1Aだけが農業のために開拓された。oak hickoryは優勢樹種で、流域面積の80%を占める。Pitch pineは12%で、cove hardwoodは6%であつた。売買し得る立木の約200m.B.Fが1942年現在立つていゝと見積られた。加うるにchestnut logの80m.B.Fとchestnutの間伐材の推定1300cordがあつた。

処理の経過

1942—43年 1942年林木売却、伐採搬出は1943年5月11日—9月15日の間と11月30日—3月10日の間に行われた。その後、売却は中止された。主として戦時中、労力を得ることが困難になつたためである。伐採は86m.B.F 530本で軽度の択伐とみなせる。牛馬による曳きずり出しが採用され、車道は建設されなかつた。丸太は測水堰近くの土場まで平均 $\frac{1}{2}$ Mがずり出された。傾斜30%の山腹上に長さ440ftのずり出し道が出来、その部分から流出される土砂を測定するためsilt trapが設けられた。6月25日—8月20日(1942)の間に、250ft³の土壌が捕そくされた。この侵蝕割合は道路100M当り100yd³に達するものである。

1945年 1945年1月5日までは伐採搬出作業は行われなかつた。土壌の流出は曳きずり出し道から引き続き見られたが、その割合は作業実施中より軽かつた。戦争のため労力不足で測定は行われなかつた。1945年1月、chestnutの間伐材が売却され、155cordが伐り出された。古いずり出し道が使用された。

1946—47年 1946年1月、車道0.8Mが、作業を促進するため、請負業者に依つて、流域内にブルドーザーで開かれた。業者は他地方でもやる様に、望む位置に

建設することが許可された。1947年1月、更に0.7Mの建設が行われ、ふたたび、立木伐採が始められた。1947年11月に0.8Mの道路が延長され、路網は計2.3Mで完成された。

1948年 1948年3月までに伐採された総計は原木丸太で161m.B.F、間伐材で950cordであつた。1947年に始つた伐採は1A当りにしてかなり高度の伐採である。それが完成された時は、この地域は商業価値から言えば皆伐されたに等しかつた。

結 果

毎毎日、流路から水をサンプリングした。隣接の荒されていない流域からの流出水との比較が伐採搬出作業による著しい変化を示した。1946年6月10日から、9月21日までの流水の濁りを要約して示すと次の様である。

	伐 採 搬 出 区	標 準 区
	Parts per million	Parts per million
平 均 濁 度	94	4
最 大 頻 度	36	2
最 大 値	3500	80

この要約から、6000P.P.mの最大濁度が伐採区で測定され、標準区では120P.P.mであつた。重要な点は伐採区からの水は常に濁つてゐることであり、飲用水に対する10P.P.mの標準に達しない。

土壌侵蝕とそれにもとづく濁度は、主として、道路建設の不良と維持不全のためである。観測によつて、改良された伐採搬出法が濁度を減らし、また長期間には経営者の経費節約にも役立つだらうということが分つた。他の多くの土地保全方法に等しく、侵蝕を防ぐ良好な作業が、結局安価なものにつくことが証明される。流出に及ぼす伐採搬出の影響のすべてが、完全に分析されねばならないが、道路からの流出がピーク流量になんらかの増加をもたらしたと思われる節がある。

将 来 の 計 画

伐り出しに依つて起る水質悪化の程度を知るために、研究は継続される。伐採搬出が終了した後、この状態が持続する時間も測定されよう。現行の伐採は1948年12月までに終了するだろう。

森林火災が流出水に及ぼす影響の研究 (NO.1 流域)

目 的

猛威をふるう森林火災がSouthern Appalachianに於ける木材資源に大損害を与えていることは分っているが、それが水の問題にどんな影響を与えるかはよく分っていない。カウイータ試験地の1流域に火入れをして、この分野に於ける初歩的な、しかし指導的な研究が行われた。

流域の概要

面積—38.8A

高度—2300—3200ft

測水—90°V字型鋭録堰が1934年8月に施設された。

土地利用の沿革と植生

この流域は、1908年に伐採されたが、開墾されなかつた。この時および1933年の間に林木の多くは枕木として伐り出された。oak—hickory は地域の77%を占め、pitch pine は12%, cove hardwood が11%であつた。

処 理 の 経 過

防火線が境界に沿つて開かれ、1942年4月14日に流域は焼払われた。火入れ中および火入れ前の気候は大変乾燥していた。そのため火災は激しかつた。1A当り15030lb (83%)の地被物が火災で焼さつくされた。直径4in以下の材木は枯れ、高さ14ft以下の枝葉も枯れた。形成層のかなりの部分が枯死したため大林木にも相当な被害があつた。

流出量に及ぼした影響

流出量は火災で影響を受けなかつた。この主たる理由は、(1)湧泉に異常がなく、地被下の土壌自身は極めて湿っている。結局、山火事は土壌構造、或は土中の生物活動にはほとんど影響しなかつた。また、(2)豪雨期前に新芽、新葉が出、萌芽は伸びて、雨の衝撃に対し地表を守る形となつた。かなりのherbaceousも火事後、間もなく再生している事にあつた。

有機物の減少と森林の被害から見て、もし山火事が繰返えされるならば、土壌構造によくない影響を及ぼし、水の滲透、貯溜のために好ましくない状態を作るであろうことは明瞭である。

将 来 の 計 画

火入れを繰返して比較すること、季節を変えて火入れ、比較することが考えられている。第1回の火入れの影響が、すっかり分つた後、繰返し火入れがテストされよう。

植生による水消費に関する研究

目 的

植生、特に、森林植生はその生長のために水を消費し、同時に大量の水を貯え、通過せしめる孔隙性土壌をつくる。これらの事実に関連して、水源涵養と治水問題に対する森林の役割について幾多の推測が行われた。ある権威者は植生によつて蒸散消費される水をなくするために森木を伐採したがよいと唱導する。しかるに、他の者は、森林がなくなると雨水は洪水となつて地表を流出し去り、乾燥期の流量を支える貯溜水分に加わるものはほとんど無くなるという。これら両極論にも共に真実性がある。流域経営者の任務は、この両論の効果的な妥協に到達せしめることである。水の最大量が重要である所では、任務は蒸散を最少限にする様に植生を減らす事である。しかし、土壌を改良し、維持するに充分なだけは残存せしめねばならない。洪水を惹き起す様な豪雨に対して、土中に水分を最大限に貯溜する必要がある場所では、土壌水分を最大限に使用する様、密な植生を維持することである。

すべての疑問に答え得る適切な科学的知識を得るには多くの問題が解決されねばならない。流量に及ぼす植生変化の影響に関しては事実にもとずく資料が大いに必要である。これらに関する何等かの資料を得るため、カウイータの3流域の植生が徹底的に処理された。

2流域では、喬木、灌木が、出来るだけ林床を荒さない様に伐倒された。伐倒された木はそのまま放置され、流域外には何物も搬出されなかつた。伐倒木が地表に密接して横たわるよう樹梢大枝は切取られ、自然の被覆物を形成する様地表一面に、一様に散布された。これは地表を保護し、滲透能力を維持した。そして、陽光、風による過度の乾燥を防いだ。植生を最少限にしておくため、NO. 17流域だけは後生樹も伐り払われた。一方、NO. 13流域は後生樹をそのままに放置された。

NO. 6流域では、流路に沿つて狭い带状地の植生のみが伐り払われた。その目的は、水辺の植生が最も激しい水消費者であろうと考えられるから、これを伐倒して水中に伸びる“足”をも取り去ろうというのが目的である。

皆伐の影響に関する研究

皆伐後の後生樹も刈払う場合 (NO. 7流域) (写真5参照)

流域の概要

面積—32.8A

高度—2422—3381ft

測水—1936年6月6日90°V字型鋭録堰が施設された。

気象観測—1941年6月、A級蒸発観測所が設けられた。チェツクのため、隣接有林流域にも1カ所、同時に設けられた。

土地利用の沿革と植生

この流域は、以前、農耕のため開墾された事がない。1830年頃、激しい山火事で焼きつくされている。材木の伐り出しは行われていないが、1917年にタンニン樹皮採取のため、少数の林木が伐採された。試験が始つた時、oak hickory が優勢樹種で、流域面積の93%を占め、残り7%はcove hardwoodであつた。

Rhododendronとmountain laurelが、面積の60%を占めて、密な下層植生を形成していた。

流域処理の経過

1941年 1941年1月6日—3月31日全植生の伐採。8月4日—9月3日萌芽刈払。

1942年 1942年6月15日—7月25日後生樹伐倒。

1943年—45年 戦時中で、後生樹は放置された。

1946年 2月から7月まで、観測道路以下の1部の萌芽が伐採された。

11月13日から1947年1月9日まで全流域の萌芽を伐倒。

1947年 6月24日—8月22日萌芽伐倒。

結 果

伐採後、第1年目には、流出量は65%増加した。すなわち、17 in (水高)の増加があつた。しかし、滲透に変化はなかつたし、流出水は、なお、地下水に由来するものであつたから、洪水量は増加しなかつた。最大の増水は、晩夏と秋に起つた。最初の年には、8月から10月末までの流出量増加は100%であつた。戦時中、植生の再生(萌芽)があつても、少量ながら増加は持続した。水質に変化はなかつた。流れは処理前後とも綺麗であつた。

将来の計画

3~5年以上、萌芽は放任される。この間に、流域処理の将来の方法が計画される。現在の意向は、この萌芽期間の終りに、white pineを植栽することである。松林分の発達につれて、NO.13流域に生えているcoppice hardwood 林分とwhite pine 林分の蒸散レートについて比較ができる。

皆伐の影響に関する研究

皆伐後の後生樹を刈払わない場合 (NO.13流域)

流域の概要

面積—39.8A

高度—2349—2965ft

測水—90°V字型鋭縁堰1936年3月12日設置。1939年9月21日120°V字型

鋭縁堰に変更。

気象観測 A級蒸散観測施設(1940年5月—1942年6月)隣接対照流域も同じ。

土地利用の沿革と植生

処理前の森林は、約40年生の良好な二次生林から成つていた。ただし、山腹上部や峰通りは、pitch pine—hardwood の原生林であつた。1896年に小規模の伐採が行われたが、それも1900年以前に中止された。流域の70%はoak—hickory 林型が占め、cove hardwood 10%、pine—hardwood 20%であつた。

処 理

全林木が1939年11月から1940年の間に伐採された。その後は何も行われなかつた。再生萌芽はよく生育した。現在、後生樹は20—30ftになつている。

結 果

伐採後、最初の年は、流量は16.4 in (水高)増加し、NO.17流域に於けると同様であつた。8年にわたり、植生の再生するままに放任された後も、なお、流量は約15—20%伐採前より多いが、林木の生長と共に、遂次減少しつつあることが分る。この流域で得た結果は、NO.17流域のものと比較される。NO.17流域では、萌芽は新しい林分の毎年の水消費を見積るために刈払われている。

将来の計画

萌芽による新林分はそのまゝに放任され、林令の増加につれて起るべき蒸散量の変化が研究されよう。

流路に沿う帯状地伐採の影響に関する研究 (NO.6流域)

流域の概況

面積—21.9A

高度—2282—2955ft

測水—90°V字型鋭縁堰1934年7月設置。

地下水観測井—1936年9月以来自記水位計が働いている。

土地利用の沿革と植生

農業のために開墾された事はない。1912年、この流域近くに製材所が設けられた。これが動いている間に、林分は過度に択伐された。oak—hickory は88%を占め、cove hardwood は12%であつた。密生する下層植生はrhododendron である。

処 理

溪床上の高度15ftまでの帯状地の全林木がNO.13、NO.17両流域に於けると同様

に伐採された。この伐採は1941年7月21日—25日に行われた。伐採面積は2.6 A, 全流域の12%にあたる。帯状伐採は60—250 ftの幅で、1600 ftの長さに行われた。

結 果

豫備的な解析に依ると、最初の夏の日流出量は4—20%増加した。10日間で平均約12%であつた。この増加は蒸散による吸上でおこる昼間の流出の“ふれ”が、夏季、完全に無くなることのためである。

将 来 の 計 画

試験結果の解析が完成した時、現在ある帯状地の萌芽を伐払い、“帯”の幅をひろげることが望ましい。それによつて、先に伐採された面積と同じ割合で、水量増加があるかどうかをたしかめることが出来よう

流 域 の 取 扱 (要 約)

流域処理試験の結果から、人間が水資源に如何に大きな影響を持つかが分つた。山間の農地に於ける様な、好ましくない土壌状態を作り上げると、地表流出がおこるだろう。そして、土壌を押し流し、洪水ピークを高くする。不注意な林木伐採撤出は流出土砂を増し、水質を悪化しよう。しかしながら、地表を荒すことなく植生密度を変更することに依つて、使用目的に適する水量を増加することが出来る。なお、不明の点が多いが、それも流域試験によつて解明されよう。これらの流域研究により、初めて「人間は、水資源に対し、建設的にも、破壊的にも影響力をもつ」ことが明らかにされた。試験の価値はこれにある。

基 礎 的 水 文 研 究

応用水文学とともに、基礎的な水文学研究に於ても、森林と流出の関係を理解する根拠を確立し、幾多の基礎的な概念を明らかにする目的で、幾多の仕事が行われた。カウイー試験地は、雨、土壌、地形条件等が流域研究に適しているため、豫想外に短期間に幾つかの重要な研究成果を得ることを容易にしている。

流 路 へ の 降 水

短時間の強雨の際は、荒されていない有林地からの洪水ハイドログラフの一般形は、比較的、不透過性地の地表流出のハイドログラフに形が似ている。或水文学者は、これを林地の透過が不

充分で、はげしい地表流出をおこすためと考える。本試験地の初期の研究によれば、有林地からの流出が急激に増水するのは、ほとんど全部、流路に直接に降る雨の流出のためであり、林地土壌の浸透不十分のためでないことが分つた。流域研究にもとずいて、河道降水の流出への影響を正確に調べることに依つて、森林と流出の関係を相互に理解するために障害となつている前記の誤解を解くことが出来る。

中間流出 (Subsurface storm flow)

同時に、また河道降水のせいとして説明できない、かなりの増水が、荒されていない有林流域にも長雨期間におこることが観測された。カウイー試験地で得た多数のハイドログラフの解析によつて、豪雨による増水は河道降水と中間流出 (subsurface flow) の両方のためであることが分つた。中間流出の性質は、まだ明らかでない。観測井で記録される地下水位の変動から、雨水が土中に入り、次に孔隙に富む土層上部を横に流れ、やがては流路に達して流出量となる事実が確かめられた。かくして、この流出は地表流出 (overland storm flow or runoff) と地下流出 (ground-water seepage)、すなわち無豪雨期間の正常な流出量のもととなる地下貯水からの流出との中間のものであることが分つた。

上記の研究から、従来よりも、一層、流域貯水の見地から森林と流出の関係について現実的な理解ができるようになった。これに依つて、流出水の由つて来る源で区分して、流出を説明することが出来る。すなわち、(1)河道降水と地表流出による流出分、(2)一時的な中間部遅滞による流出分、(3)より永久的な地下貯水による流出分の3である。この区別は、流出現象に及ぼす種々の土地利用法別の影響を理解するために、すなわち、流域の取扱いの影響を比較するために必要である。

年間の水収支

基礎水文学の立場から、特に意義のあるのは、小流域の年間水収支に関する試験地の業績である。これらの発見は次の理論を証明した。すなわち、多雨気候では、或1年間に、或1流域に降る雨は、蒸発散、流出量として流域から出る水量に等しくなる傾向がある。しかし、同時に流域の土壌水分、地下水量は変化する。この仮説は健全である。この事は試験地の刊行物に明らかにされている。

流 域 経 営 へ の 応 用

森林関係者や土地の管理者が、同時に水資源の管理者として、その責任を果たすには如何にすればよいか、その方法が研究されつつある。水は林地の経営経済上支配的立場にある。多くの地方

で、水の経済価値は木材その他の林産物の価値よりはるかに大きい。南部の山岳地は世界で最大のアルミニウム工業と織機業に対して絶対必要な水の供給源である。発展をつづける紙およびレイヨン工業は絶えず水供給の増加を望んでいる。人口増加は、すでに水源流域の争奪をひきおこしている。水力発電事業の発展は重要国策の1つである。東部の人口密集地帯から来るスポーツマン、行楽客は増加しており、レクリエーションのための溪流河川の利用にも要望が強い。

経済上、極めて重要であるにもかかわらず、南部山岳流域は、誤った管理法、無理な伐採、火入れ、土壌の生産力を枯渇せしめる山地農業や放牧で非常な打撃を受けている。1世紀以上にもわたる開拓の結果、水資源は遂次悪化しつつある。水質の悪化は流路によつて運ばれる土砂、不純物で明らかである。水供給の減少は、一層不規則となつた流量と地下水貯留量の低減で明瞭である。洪水は頻繁となり、人は農産物、家畜を失ひ、肥沃な平野の破壊になやまされる。価値ある土地がえぐりとられ、道路、橋の流失、下流平野への石礫の流出を流路の保護工事により、防ぐ必要はますます切実である。

流域研究の終局の目標は水資源に関して、林地の経営管理に対し合理的、実際的な根拠を与えることである。特定の問題の相対的な重要性は試験地のどの部分にも同様とは思えないが、水資源管理の研究問題はすべて直接に土地の使用に関係する。研究成果の具体的な応用は土地利用の改善変更によつて達せられる。今後、水資源の管理について重要な問題は、水と種々の土地利用との関係をたしかめ、理解することである。そして終局的には、有用な水供給を保持すべく計画される土地管理法に、この結果を応用することである。森林と流出との関係が明らかになれば、森林を最大限に利用すべく立てられる森林経営計画は、この関係をも考慮に入れた総合的なものとなる。この総合計画の中で森林生産物の利用は、他の生産物を無駄にすることなく実行される。以上の考えは、カウイータ試験地の研究にもとづいて、急速に、森林経営の実際面に取り入れられるだろう。

カウイータ試験地関係の刊行物 (研究者別、附要約)

Hursh, C. R.

1935, Control of exposed soil on roadbanks.

Tech. Note, NO. 12, Mar.

(道路の露出側法面の保護)

道路側法面の地表が露出しているための害が取上げられている。建設の際の植栽、被覆工に依

り、法面の侵蝕、道路保守作業が、大いに、軽減される。試験の結果に依れば、最も簡単で、かつ、実際的なやり方は植栽、播種、抗打、編削の採用である。植物種類の選択についても論議されている。honeysuckle が、あらゆる点で、要望に応えるものである。

Hertzler, R. A.

1938, Determination of a formula for the 120° V-notch weir, Civil Engin. 8:756-757

(120° V字型鋭縁堰の水位流量曲線式の決定)

26 second-feet までの流量測定のため、120° V字型鋭縁堰の設計と使用について述べられている。水位2 ft に対しては、120° V字型鋭縁堰は、90° V字型鋭縁堰の1.73倍の容量を持つ。これは2.6 ft 矩形堰より僅かに大きい容量である。堰のエッジは3.5 × 3.5 in のアングルでつくられる。流量曲線式は

$Q = 4.43 H^{2.449}$ second-feet, H:水位,

と決定された。

Hursh, C. R.

1938, Mulching for roadbank fixation.

Tech. Note NO. 31, Sept.

(道路側法面安定のための被覆)

1934年春、道路側法面安定に関する試験開始。5年間、諸法の比較。灌木の移植に問題なし。乾燥した、不毛の法面には被覆工が成功率高く、かつ、安価。一般に应用される被覆工は、(1) Staked weed mulches, (2) Staked brush and litter mulches の2種である。材料、装置、労力および施工法の記載。

Hursh, C. R. and Snyder, John

1938, Low cost erosion control on highway slopes in southeastern U. S., Highway Res. Board Proc., Part 1:213-215

(米国南東部に於ける道路側法面の安価な土壌侵蝕防止法)

道路側法面の露出部分を安定させるために考えられるべき因子は、土壌の安定性、水分、肥沃度である。過排水のための水分不足や、日射に直接露出せしめることが道路側法面定着に成功しない大きな理由である。道路はやせ土の心土や基岩を切取つて建設される場合が多くて、植物を生育せしめることが困難である。上述のすべての事が植栽に際して考えられねばならない。その土地にある有機材料で被覆することは、上記の障害を除くため最も適当である。

Hertzler, R. A.

1939, Engineering aspects of the influence of forests

on mountain streams. Civil Engin. 9:487-489.

(山丘溪流に及ぼす森林の影響)

森林と営林作業が流出、土壌侵蝕防止に及ぼす影響の研究について、技術的な面を論議している。120° V字型鋭縁堰やColumbus Deep notch weir の様な特別な測水施設を設ける必要が述べられている。水文学研究に於ける地下水観測井の使用は有用であるとされている。調査中の39の溪流について、生長季節、休眠季節に該当する各6カ月間の降水、流出、その他関連データが解析されたが、その結果、それぞれの一般的性質が示された。諸種の土地利用型の流域で得られた、1550のハイドログラフからピーク流量、或は頻度分布曲線が得られた。観測流出量から地下水流出量を分離する方法、流域の性質とユニットグラフ解析との関係について述べられている。

Brater, E. F.

1939, The unit hydrograph principle applied to small watersheds. Proc. Amer. Soc. Civ. Engin. 65:1191-1215. Sept.

(小流域に適用されるユニットハイドログラフの原理)

ユニットハイドログラフの原理は小流域に適用され得ること、そして、洪水流量を豫知する最善の方法の1つであることが分つた。ユニットハイドログラフとデイスクリビューショングラフが、面積4-1800Aの22小流域に対して作製された。それらの流域はカウイータ試験地、Bent Creek Experimental Forest およびCopper Basin Experimental areaに在る。解析結果が要約されている。将来実施する価値ある研究が表示されている。

Hursh, C. R., and Division of Forest Influences.

1939, Outline for compiling Precipitation and runoff data from small drainage areas.

Tech. Note NO. 34. Aug.

(小流域の降水および流出資料の整理法の要点)

Southern Appalachian の小流域で得られた流出量や降水量の継続的記録資料の体系的な整理手順について述べ、その様式を示す。整理された資料には標準雨量計の記録、個々の流域の加重平均降水量、降水強度の記録、流出量記録、流出資料および豪雨別による流出と降水をまとめたものが含まれる。

Hursh, C. R.

1935, Stream observations and ground water studies. Civil Engin. 9:672. Nov.

(量水観測と地下水の研究)

Hursh, C. R.

1939, Roadbank stabilization at low cost.

Tech. Note NO. 38. Dec.

(道路側法面の経済的な安定法)

道路の切土面や盛土面に植生を定着せしめる経済的な方法が示される。豫備的な安定をはかる事なく植栽したり、播種したりする方法は経費がかかり過ぎて広く採用され得ない。2種の被覆工((1) Staked weed mulches, (2) Staked brush and litter mulches), 或は種々の被覆法を組合せる方法について概説されている。

Hursh, C. R.

1941, The geomorphic aspects of mudflows as a type of accelerated erosion in the southern Appalachians. Trans. Amer. Geophys. Union, 22d Ann. Meeting, Part II: 253-254

(Southern Appalachian 地方に於ける accelerated erosion の1型としての mudflow の地形的考察)

土壌が深く、高度の滲透能の条件の下で、地元に依つて大土塊が動くことは accelerated erosion の原因となろう。この現象の例は、Appalachian 山系の多雨地帯におこる mudflow に見られる。これは急斜山腹の低部で、洪積土層が深いときに、土が飽水すると発生する。長雨の後、土塊が水を含みすぎた時、大きな地表破壊(例えば、大木の根倒し)があると、土塊は動き始める。土塊の動き方は、基岩と接する層の傾斜に依存する。North Carolina, Macon County で、1940年8月30日おこつた mudflow の写真がのせられている。

Hursh, C. R. and Brater, E. F.

1941, Separating storm hydrographs from small drainage areas into surface and subsurface flow. Trans. Amer. Geophys. Union, 22d Ann. Meeting, Part 3: 863-870

(小流域の洪水ハイドログラフから地表流出分と中間流出分の分離)

小流域の洪水ハイドログラフから地表流出や中間流出を引出す方法が述べられている。使用された実験流域はカウイータ試験地の中の1つで、面積は40Aであつた。まづ、正常減水曲線が豪雨中の地下水分の分離に用ひられた。流路への直接の降水は、流路貯溜量と流出量との関係を用ひて、flood-flow routing と同じ方法で route される。(訳者註)(routing とは、流路の或1点に於けるハイドログラフを、上流の或点に於ける既知のハイドログラフ

で決める手順をいう。)更に、ハイドログラフの分離をたしかめるために、ユニットハイドログラフ、地下水低減率、地下水井の観測結果が使用される。地下水位の上昇や地水面の傾斜の増加がもつ水理学的意義が論議される。ハイドログラフに寄与する程度を近似的オーダーで分類した、洪水の5つの源について述べている。

Hursh, C. R.

1942, The naturalization of roadbanks.

Tech. Note No. 51 Feb.

(道路両側法面の安定)

道路の側法面の自然安定に関する問題とその解決法が述べられている。植物の生育に関する因子、土壌不安定の原因、道路の側法面の植栽、種々の傾斜や水分に富む肥沃な土壌と乾燥して、やせた土壌に対する法面取扱いに関する提案が内容である。植生の定着、経済的な肥料の使用、播種、植栽および被覆工の使用について述べられている。

Hursh, C. R.

1942, Naturalized roadbanks. Better Roads 12(6): 13-15.

24-25; 12(7)17-20 June, July.

(安定した道路の側法面)

植生による道路側法面の安定をはかることは道路建設業務の一部である。Appalachian Forest Experiment Stationで、1934年に始められた実験の結果が、被覆や植生による道路側法面の安定の実際的な方法を示している。種々の傾斜をもつ斜面での播種、植栽、肥料の使用、被覆工の適用について記載せられている。

Hursh, C. R.

1942, Naturalization of roadbanks.

Roads and Bridges (Canada) 80: 22-26, July.

(道路側法面の安定)

前論文に同じ。

Hursh, C. R., Hoover, M. D., and Fletcher, P. W.

1942, Studies on the balanced water economy of experimental drainage areas.

Trans. Amer. Geophys. Union. Part 2: 509-517.

(実験流域の水収支に関する研究)

基本貯溜方程式、(流入量=流出量+貯水量)を使つて、水理学的に独立した単位である流域の水収支の各成分を計算する。現実には、地下水や洪水量の季節的収支の成分をきめることが最も重要である。10月から翌10月までの1水年に於ける、上述の各成分の均衡を計算すること

が問題である。流出と降水の関係が論議される。考慮される因子は、降水量、地下水流出量、総流出量、蒸発量、地下水量の変化、土壌保水量、蒸散量である。

Hursh, C. R. and Hoover, M. D.

1942, Soil profile characteristics pertinent to hydrologic studies in the southern Appalachians. Soil Sci. Soc. Amer. Pro. (1941) 6: 414-422

(Southern Appalachian 地方に於ける水文研究に付随する問題たる土壌断面の性質について)

水文研究に付随して、最も重要な問題である土壌断面の2性質は、土壌孔隙の函数で、1つは貯水能(water storage opportunity)、1つは水の移動レート(transmission rate of water)である。土中の孔隙の性質をきめるための、簡単なdrainage technique について述べられている。自然のまゝにとつてきた土塊のサンプルから水で空気を追出す原理を使う。総孔隙量の測定が要求されないならば、サンプルの秤量と乾燥は不必要である。litterを荒すことや耕作が流出に及ぼす影響について述べられ、他の型の流域の洪水と比較されている。

Hursh, C. R. and Hoover, M. D.

1943, Installation of shallow observation wells. Tech. Note No. 56. Nov.

(浅い地下水観測井の設置)

地表から15 ft までにある地下水位を観測するため井戸が設置された、こゝにその手順が述べられている。山地に於ては、valley bottomのすぐ上の山腹低部に設けられる井戸が地下水流出に最も関係が深い。放棄された農地の井戸は、特に設置された井戸の様には役に立たない事が多い。大きさ、器械、井戸穴の掘り方、使われる囲い材料の種類、井戸や器械のカバー、測定方法について述べてある。

Hursh, C. R. and Fletcher, P. W.

1943, The soil profile as a natural reservoir. Soil Sci. Soc. Amer. Pro. (1942) 7: 480-486.

(天然の貯水池とも見られる土壌断面)

カウイータ試験地の内、6.88 Aの流域が、土壌断面の貯水性を解析するために使用された。観測井の水位変動と堰での流量を対照することに依り、地下貯水池の大きさが見積られる。生物があけた孔隙や格子様の集合体から成る土壌構造型が、非毛管孔隙を決めるのに重要であることが強調されている。地下水位の急な傾斜と結びつけて、土中生物の広範な活動で、地下貯溜の急激な増加や減少が説明できる。土塊の貯水能の3つの型は次の様である。(1) Permanent

retention storage, (2) ground-water detention storage, (3) storm water detention storage.

Hoover, M. D.

1944, Effect of removal of forest vegetation upon water yields. Trans. Amer. Geophys. Union. Part 4: 969-977 Det.

(流量に及ぼす森林伐採の影響)

きわめて多雨な Southern Appalachian にあるカウイータ試験地の 32.8 A の流域で、材木のすべてを伐採し、その前後で、流出量が測定された。litter や腐植層は、ほとんど荒されなかつた。同様な隣接流域が対照区として、結果をチェックするために使われた。流出量の増加から植生による水の吸上げは、年々、17-22 in であつた事が分る。流出量の最大増加は、秋、Water replenishment period におこつた。流出に及ぼす土壌の役割の重要性が指摘されている。

Hursh, C. R.

1944, Water storage limitations in forest soil profiles Soil. Sci. Soc. Amer. Pro. 8: 412-414

(林地土壌の貯水限界)

地下に貯溜される水量は、土壌の深さと構造に依る。かりに林木の生長を支えるとしても、浅い林地土壌は深い肥沃な農地土壌より Storage opportunity が低いことが多い。カウイータ試験地と Copper Basin 地域で得たデータが与えられている。

Hursh, C. R. and Hoover, M. D.

1944, Influence of topography and soil depth on runoff from forest land. Trans. Amer. Geophys. Union. (1943) Part 2: 693-697.

(林地からの流出に及ぼす地形と土壌の深さの影響)

小流域からの 6.78-10.85 in の豪雨による流出量が、高度別、地形別に比較された。豪雨は、1942年12月27-29日に降つた。降雨強度は低く、平均 0.15 in/h で、最高 0.46 in/h であつた。面積 40-212 A の流域で高度 3000 ft 以下では 2.2-3.2 Second feet/M² のピーク流量であつた。これらの最大流出レートの差違は、より高い高度に於ける大雨という点に原因の1部があるが、主原因は高々度地域の土壌深さと急傾斜地形にある。この組合せが高々度地域の土壌の貯水能 (Storage opportunity) を減らした。

Hoover, M. D.

1945, Careless skidding reduces benefits of forest cover for watershed protection, Jour. Forestry 43: 765-766,
(森林の流域保全効果を減ずる不注意な曳きずり出し)

Southern Appalachian 地方では、急傾斜で、不規則な地形や伐採木の散在程度で作業事情が変る。通常、2頭だての地面曳きずり出しが行われる。幅 4-6 ft の曳きずり出し道が、流路の附近、或は流路に沿つて造られる。この道路に流出水が集中して、かなりの侵蝕力を持つ。かゝる侵蝕について、1942年夏の実例が述べられている。道路の適当な位置、側溝の採用、古い曳きずり出し道をなくしておくこと等が勧められている。

Hursh, C. R.

1945, Report of subcommittee on subsurface flow. Trans. Amer. Geophys. Union. (1944). Part 5: 743-746.

(中間流出に関する分科委員会報告)

地表流出の問題に比較して、地表流出の少い、従つて、透透能の大きい地域の流出ハイドログラフの解析には、余り関心が持たれなかつた。地下水位が地表に接近している際、横方向の流動レートを増加させる様な物理的、生物学的因子が中間流出の“源”となる。他の因子は、上部土層の土壌構造と生物による水道の形成である。多雨気候では、土層は天然の貯水池と同様な機能を持つと考えられる。

Hursh, C. R.

1945, Plants, shrubs, trees in slope stabilization. Contractors and Engin. Monthly 42 (6): 6, 26-27. June.

(道路側法面安定のための草本、樹木類)

道路側法面の安定法としては植栽が最も効果的である。築造の際、側法面を裸地平滑に仕上げるのは良くない。一般に、自然環境とマッチする美しい道路側法面が望まれている。grass や1年生の lespedeza のような浅根性の植生は、年々繰返される土壌の凍結、融解に抵抗できない。多年性の lespedeza, scotch broom 等の深根性の legume と灌木の在来種が勧められる。

Biswell, H. H. and Hoover, M. D.

1945, Appalachian hardwood trees browsed by

cattle. Jour. Forestry 43: 675-676.

(Appalachian 地方で家畜に好まれる広葉樹)

家畜が好んで喰用した樹種は, Yellow-poplar, black locust, ash, sourwood, sweetbirch, sassafras, flowering dogwood であつた。遍放牧は, これらの樹種にかなりの被害を及ぼすであらう。

Appalachian 広葉樹地帯の放牧能力は利用され得る広葉の herb や grass にもとづいて考えられるべきである。

Hursh, C. R.

1946, water resources of South Carolina. (Abstract of address before Eighth Annual South Carolina Chemurgic Conference, Columbia, South Carolina. April 3, 1946. Published by National Farm Chemurgic Council, 50 west Broad, Columbus, Ohio.) Chemurgic Papers 1946 Series No. 4: 473-1, 2, 3.

(南カロライナ州の水資源)

州の農業発展のため水が重要なことは認められているが, その資源を管理するには, まず, 水の分布や起原について, 考えられるすべての因子を知る必要がある。地下水の不足, 洪水, 土砂流出等の問題が多くなつた事は, 水資源の管理が悪く, 流域条件が悪化した事を示している。州の水資源を保全するためには森林を維持せねばならない事, 農工業の協調がなければならない事が説かれている。

Hursh, C. R. and Lieberman, J. A.

1946, watershed management in the southeastern states. Proceedings 18th Annual Convention Southeastern Section American water works Association 12(1): 62-72.

(南東部各州に於ける流域管理)

水資源の保全, 管理に対する責任と利害関係故に, 水文学上の知識は水関係の技術者にとつて, きわめて必要な事である。多くの水源流域の管理責任を有する山林局にとつて, よりよい流域経営原則を樹立することが根本的な問題である。この方向に沿つて, カウイータ試験地の仕事の説明され, 試験の全般的結果が述べられている。南東部各州に於ける流域経営の資料を要約して, 次の各点が述べられている。

(1) 夏の気温は地面蒸発を多くし, 蒸散量を最大にする。この事から, どんな植生が, 蒸散量

を少なく, かつ, 地面蒸発を少なくするかを知る必要がある。

(2) 年中, 気温高く, 生物活動は盛であるため, 土中に有機物を維持し, よい土壌構造を維持することは困難である。土壌構造がよければ, かならず, 浸透も透水もよくなつて, 地下貯水は正常となる。

(3) 激しい侵蝕が, 流域経営問題に於て, 重要である。その原因は, 起伏度, 急傾斜, 地表をルーズにする土壌の凍結, 融解, 多雨等種々ある。

(4) 農耕の後, 生産力のなくなつた土地をすてることが, 地域的な水資源悪化の主因であつた。深根性の植生を定着せしめ, かゝる土地を恢復することは, すべての水利利用者にとつて利益とならう。

(5) 流域に, ほどほどに林木をたて, 或は伐採することは, 望ましい, かつ, 最も可能性のある土地保全法である。同時に, 極端な蒸散量を防止できる。

(6) もし, 適当な豫防手段がとられるならば, 多くの公共団体は, 水質を悪化することなく公有流域から林木を伐採収穫し得るのみならず, 又, 水量をも増加できよう。

Hursh, C. R.

1946, where little waters write big stories.

American Forests, 52 (12): 574-577. Dec.

(森林理水試験地)

森林と流出に関する試験について述べられている。試験は western North Carolina の Nantahala 山地にあるカウイータ試験地で行われた。高度は 2200-5200 ft, 年雨量は 70-80 in で, 大体 50 回の豪雨から成る。研究流域として 28 区が設けられた。地域の標準化を含む試験の内容について述べられている。植生の伐採, 農地としての使用, 火入れ, 放牧の如き試験の總体的結果に言及されている。

Hursh, C. R.

1946, The eastern forester and his watershed.

Journal of Forestry, 44 (12): 1037-1040.

Dec.

(東部の流域と森林官)

水は, 森林資源でもある。したがつて, 森林官は水問題についても知識がなければならない。水資源と木材資源との類似が指摘されている。測水の単位について述べられ, 水質に言及されている。水収支の基本的な概念は $\text{降水量} = \text{流出量} + \text{蒸発量} + \text{蒸散量} + \text{貯溜量}$ の形で与えられる。

土中の水文関係についての土壌構造の重要性が示されている。水に関する知識は, 森林技術者にとつて正規の技術的素養の 1 部であると結論する。

Dunford, E. G. and Fletcher, P. W.

1947, Effect of removal of streambank vegetation upon water yields. 27th Annual Meeting Amer. Geophys. Union, Trans. Amer. Geophys. Union 28 (1) : 105-110. Feb.

(流量に及ぼす河岸植生除去の影響)

流路から垂直高15 ft までの地域の林木皆伐の影響について述べられている。試験はカウイータ試験地の独立流域で行われた。伐採面積は全流域面積の12%に達した。伐採木はその場に放置された。林地をできるだけ荒さない様に注意された。短期間ではあるが、伐採後の結果から流量の日変化が実質的になくなった事が分つた。そして、夏の基底流量が約20%増加した事が知られた。

Lieberman, J. A.

1947, water resource and watershed management research in the southeast. Jour. American water works Association 39 (5) : 443-454. May.

(米国南東部の水資源と流域経営研究)

水需要の増加、人口増加、水源流域使用の多角化等の影響が、水関係にも切実な問題を提起した。カウイータ試験地で行われつつある試験はこれらの問題の解決に役立つ。5500 Aの試験地の自然、気象、地質等各条件について述べてある。基本的な水文資料は、雨量、流出量、地下水位、気温、湿度、風、蒸発の各要素を測定する設備で蒐められている。今までに得られた結果に加えて、基礎的水文学、土地利用関係、流出関係の研究の現状が述べられている。

Lieberman, J. A. and Fletcher, P. W.

1947, Further studies of the balanced water cycle on experimental watersheds. 27th Annual Meeting Amer. Geophys. Union, 28 (3) : 421-424. June.

(試験流域の水収支に関する研究)

基礎貯溜方程式(流入量=流出量+貯溜量)を用いて、流域の年単位の水収支が研究された。通常、水収支を研究する時の“年”とは、冬、休眠期の終り、すなわち、流域貯溜水量の最大期から、次の同期までの1年を言う。地下水貯溜量の変化が考慮され、土中水分が、丁度、圃場容水量である時に、“年”の始終を撰ぶことによつて、土層中の貯水変化の影響が除かれる。カウイータ試験地に於ける試験流域の実例が示されている。

Hursh, C. R.

1947, water resource management.

North Carolina Engineer. 3 (2) : 9-12, 40. Jan.

(水資源の管理)

水資源を管理するためには、土地利用に対して水文学的の知識を要する。これには土地利用と流出との関係の基礎資料が必要である。この方面の研究、すなわち、南東部林野試験場で行われつつある研究が、水道用水、工業用水の保全のために必要である。カウイータ試験地の独立流域で行われたい連の試験について述べられている。すなわち、林木伐採および種々の土地利用法の影響の研究について説明されている。

Lieberman, J. A. and Hoover, M. D.

1948, The effect of uncontrolled logging on stream turbidity. water and Sewerage Works (Scheduled for March or April Publication.)

(流出水の濁度に及ぼす無制限な林木伐採掘出の影響)

カウイータ試験地の212 Aの流域で、southern Appalachian 地方に典型的な伐採掘出作業が実施された。毎日、この流域からの流水の濁度が測定され、隣接無処理流域のそれと比較された。比較によれば、作業のため、濁度は、ほとんど25倍(4.3 P. P. m. から93.7 P. P. m. に)に増加した。道路設計の不良、位置撰択の失敗が濁度増加の主因であることが示唆されている。可能な救済策について論議されている。

[附]

単 位

1 ft³ (cubic foot) $\doteq$ 7.4805 gallons $\doteq$ 0.02832 m³

1 A-ft (acre foot) $\doteq$ 43560 ft³ $\doteq$ 325851 gallons $\doteq$ 123362 m³

1 A-in (acre inch) $\doteq$ 3630 ft³ $\doteq$ 27154 gallons $\doteq$ 10279 m³

1 ft/s (=cubic foot per second) $\doteq$ 646317 gallons per day $\doteq$ 0.02832 m³/s

1 gallon per minute $\doteq$ 1440 gallons per day $\doteq$ 5.4504 m³/day

1 million gallons per day $\doteq 15472 \text{ ft}^3/\text{s}$
 $\doteq 0043817 \text{ m}^3/\text{s}$

(以下訳者附)

1 in (= 1 inch) $\doteq 0.02540 \text{ m}$

1 ft (= 1 foot) $\doteq 0.30479 \text{ m}$

1 M (= 1 mile) $\doteq 1.6093 \text{ km}$

1 A (= 1 acre) $\doteq 0.40467 \text{ ha}$

1 yd³ (= 1 yard) $\doteq 0.7646 \text{ m}^3$

1 lb (= 1 pound) $\doteq 0.45359 \text{ kg}$

1 bushel $\doteq 36 \text{ l}$

1 animal day = 1頭×1日

1 in/h (= 1 inch per hour) $\doteq 25.40 \text{ mm/h}$

1 lb/day (= 1 pound per day) $\doteq 0.45359 \text{ kg/day}$

1 C.S.M (= 1 cubic foot per second per square mile)
 $\doteq 0.010745 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$

1 m.B.F. (= 1 million board feet) $\doteq 235.97 \text{ m}^3$

1 cord = 4 ft × 4 ft × 8 ft = 128 ft³ $\doteq 13.0248 \text{ 尺}^3$
 $\doteq 13.0248 \text{ 棚 (2 尺 × 5 尺 × 10 尺)}$

1 P.P.m. = 1 parts per million

要 水 量

水 道 150—200 gallons per capita per day

(地方自治体)

紙パルプ (1 ton dry) 60000—90000 gallons

織物のマーサー法処理 30000 gallons

(処理 1000 lb に付)