

歴史としての森林影響研究(Ⅱ)

第5話 わが国の森林測候所の業績から
初期にどのような先駆的な研究が行われたか

明治(1868～1912)政府にとって洪水は重大関心事の一つ

・治水三法 河川法、砂防法、森林法 明治29,30年に成立

第1期治水事業予算承認 明治44年

・林業試験場手掌事務第5項「森林気象観測に関する事項」により森林測候所
発足

森林測候所の設置目的

- ・河川上流山岳地帯の気候調査
- ・森林によって影響された気候状態を明らかにする森林気象観測
- ・水害の防止軽減のため上流地方の雨量および河川水位を下流地方の測候所その他の機関に通報すること

大正9年末から以下の4項が追加

- ・森林の治水ならびに水源涵養機能
- ・植物および動物の季節観測
- ・林木の雪害・寒害・火災や山地の崩壊・地すべりなど各種災害
- ・微気象で、森林治水事業および林業経営の実際に役立つこと

森林測候所で得られた成果のうち調査研究の業績は

- ・森林測候所特別報告(1-15号)
- ・森林治水気象彙報(1-15号)

に記録されている。

(想像であるが)この中には現在でも知らずに研究が繰り返されている課題も多く含まれているのではないだろうか

→研究の立場からは、研究・調査の結果は万人がアクセス可能な場所に公開されていなければならない

→その成果を理解した上で、何を次に研究すべきかを決めなければならない
(→地球科学や地理学では、このような取り組みがなされていたか)

(1) 利根川流域における気候概況の中から

大正3年(1914)の足尾と伊香保における月最高・最低気温の比較(第9表)

- ・足尾は裸地、伊香保は周囲の森林の影響が考えられる
(田中正造が明治天皇に直訴したのは1901年)
- ・両観測所は93mの標高差があり、気温遞減率のみからは伊香保が 0.6°C たかくなるはずであるが、どうなっているか。

森林の影響を裏付けたものと考えられた

樹林内外の地温(第10表)

エーベルマイヤーの成果をわが国の条件下で追試したことになる

第9表 大正3年中の足尾・伊香保における月最高気温・月最低気温およびその
 較差の比較 (単位°C)¹⁾

観測所	項目	月											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
足尾 ²⁾	最高	12.7	11.2	17.4	24.2	24.6	29.2	34.7	32.2	30.8	25.3	21.8	20.1
	最低	-9.0	-9.6	-7.5	-6.7	0.3	9.1	12.5	15.4	7.4	1.0	-5.7	-5.5
	差	21.7	20.8	24.9	30.9	24.3	20.1	22.2	16.8	23.4	24.3	27.5	25.6
伊香保 ³⁾	最高	12.2	11.0	18.6	23.5	23.3	28.3	31.2	29.6	29.5	21.8	18.9	18.1
	最低	-7.5	-7.3	-5.9	-4.3	2.4	11.4	14.6	16.5	9.2	3.7	-3.8	-5.1
	差	19.7	18.3	24.5	27.8	20.9	16.9	16.6	13.1	20.3	18.1	22.7	23.2

- (注) 1) 森林測候所別報第2号 p. 8~9 (1915) に基づき作製。
 2) 足尾測候所付近は鉱毒被害が大きく当時は金山ほとんど不毛と化していた (海拔 785 m)。
 3) 伊香保測候所は金山森林におおわれた横名山の東端に位置した (海拔 692 m)。

第10表 大正4年伊香保における針葉樹林内外の地温 (単位°C)¹⁾

深さ	項目	季節				年平均
		冬 (12, 1, 2月)	春 (3, 4, 5月)	夏 (6, 7, 8月)	秋 (9, 10, 11月)	
0.3m	林内	2.6	4.8	17.7	14.0	9.8
	林外	2.5	8.9	23.1	16.4	12.8
	差	+0.1	-4.1	-5.4	-2.4	-3.0
1.2m	林内	8.5	5.9	13.5	16.7	11.2
	林外	9.1	8.1	18.1	19.8	13.9
	差	-0.6	-2.2	-4.6	-3.1	-2.7

- (注) 1) 森林測候所特別報告第4号 (1917) p. 23 より。

(2) 樹冠保留雨量についての平田の報告

第11表 わが国森林測候所の樹冠保留雨量 (ただし4月から11月までの8ヶ月間観測値)¹⁾

(1) 観測 年数	(2) 測候 所名 ²⁾	(3) 海拔高 m	(4) 樹種	(5) 林齢 年	(6) 林外雨量 mm	(7) 林内雨量 mm	(8) 樹冠保 留雨量 mm (6)-(7)	(9) $\frac{(8)}{(6)} \times 100$ ³⁾ %	(10) (d) (別に説明) ⁴⁾ %
8	沼宮内	310	スギ	20	820	644	176	21	41
9	伊香保	691	スギ	60	1815	1328	487	27	43
9	妙義	427	スギ	25	1711	1398	313	18	26
8	周山	362	スギ	30	1278	1068	210	16	30
8	北小国	433	スギ	30	1901	1464	437	23	33
8	松山	442	スギ・ ヒノキ	28~29	1234	995	244	20	34
6	本山	372	ヒノキ	22	2607	1760	847	32	38
9	伊香保	691	ナラ・ クリ	10~70	1815	1566	249	14	16
7	勝山	169	アカマツ	27	1706	1554	152	9	18

(注) 1) 平田徳太郎(29)に基づき作製。

2) 原著ではこの他に三峯、大箕山、小石原、森山の各測候所の分の記載があるがここでは省略した。

3) 8ヶ月間の樹冠保留雨量の同林外雨量に対する百分率。

4) まず24時間毎の林外雨量を階級別(第12表参照)にして林内雨量の林外雨量に対する百分率(a)を月毎に求め、その各月毎の出現回数を重さとする重さつき平均値(b)(第13表参照)を求め、さらにそれらを4月から11月まで、出現回数を重さとして平均したものを(c)とし、(c)を100から引きその残余を(d)とする。これは近似的には一降雨毎の樹冠保留雨量の百分率の平均値と見做される。

大正10年(1922)に「樹冠保留雨量について」と題する発表

・樹冠保留雨量とは林内雨量と林外雨量の差

(ここで、林内雨量には樹幹流
下雨量は含まれていない→そ
の後の定義では含む→過去の
文献を読む際には定義に注
意)

注)遮断量は(9)欄の値より小さい

(9)と(10)欄の数字はどちらが優れているとは言えない

第12表 わが国森林測候所における林内雨量の林外雨量（24時間量）に対する百分率（その1）（雨量階級別——ただし4月から11月まで）¹⁾²⁾

地名(樹種)	雨量階級								
	mm 0.1~5	5~10	10~20	20~40	40~60	60~80	80~100	100~150	150~200
北小国（スギ）	43%	62	71	74	77	76	79	77	92
伊香保 （ナラ・クリ）	82%	84	87	88	86	87	87	88	83
勝山 （アカマツ）	75%	82	87	88	88	88	93	93	—

(注) 1) 森林測候所特別報告第6号に基づき作製。

2) 本表の値を100から差引いた残は、樹冠保留雨量の林外雨量に対する百分率である。(階級別雨量の出現回数に記載を省略した)。

第13表 わが国森林測候所における林内雨量の林外雨量（24時間量）に対する百分率（その2）（季節別——4月~11月）¹⁾²⁾

地名(樹種)	月								
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
北小国（スギ）		58%	55	66	57	52	59	64	53
伊香保（ナラ・クリ）		86%	86	81	83	83	80	85	85
勝山（アカマツ）		78%	77	81	85	80	88	83	82

(注) 1), 2) 前表の注に同じ。

平田報告(1922)の結論

①樹冠保留量の雨量に対する比は、雨の強度を増すに従って減少し、ある程度においてその比は一定値に達する。一定値に達する雨の強度は、スギ林は60mm内外/24hであるが、広葉樹およびヒノキ等は20～30mm/24hくらいであり、これは主として樹冠の空隙の粗密による。

②本邦各地の雨量に対しては、スギ・ヒノキは雨量の約1/3(35%内外)、広葉樹は約1/4(24%内外)、アカマツは約1/5(18%内外)は樹冠に遮断される。

1922年当時において、これだけのことが観測に基づきわかっていたことを忘れてはならない。

(3) 男体山気象観測の成績から

流域雨量を正確に把握する

・現在でも重要な課題

森林測候所特別報告第8号(1922)の記述

・観測は大正3年から7年

第14表 男体山の各観測地点の雨量¹⁾

地 点	海拔高 (m)	雨 量 (単位 mm) ²⁾						備 考
		6月	7月	8月	9月	10月	合 計	
菖 蒲 浜	1,270	186	235	379	415	219	1,434	南 面
二 荒 神 社	1,296	203	308	505	538	281	1,835	
中 宮 祠	1,270	209	275	448	396	310	1,628	
二三合目間	1,495	189	311	456	494	256	1,706	
中 腹	1,798	195	300	465	472	260	1,692	
七八合目間	2,133	177	263	431	427	240	1,538	
八九合目間	2,273	191	274	457	458	264	1,644	山 頂
山 頂	2,480	145	217	366	357	168	1,253	
太 郎 神 社	2,453	175	238	407	422	213	1,455	
対 面 石 東	2,480	186	242	321	387	213	1,349	
対 面 石 上	2,484	139	209	334	302	157	1,141	

(注) 1) 森林測候所特別報告第8号(1922) p.35より。

2) 大正3年~7年の5ヶ年間平均値(ただし観測開始の遅れなどの理由により4ヶ年平均に補正を行なったものを含む)。

男体山の暖候期の降水量はだいたいにおいて南面が最多で、南東面がこれに次ぎ、南西から西方に向かって減じる

→流域内の降水量は少し場所が離れると異なる

高度に伴って減少するようにも見える(高度に伴い増加が一般的)

ただし、

「一考を要することは、高度を増すにしたがって、風勢もまた増すため、雨量計内に入る受雨量が小さくなり、見かけ上雨量が小さくなる現象を呈するということがある。この関係は多くの場合強烈な風勢を伴うから、豪雨の際に一層その影響が大きいことにもよるようである. . . .」

この問題は現在では研究自体は進んでいるが、解決されたとは言えない

- ・流域降水量の問題
- ・雨量計の受水効率の問題

(4)大台ヶ原山上の樹雨について

流域水収支に占める樹雨(濃霧時の林地正味雨量)は極めて重要
 ・特に熱帯雲霧林

大台ヶ原(特設気象観測所)において大正11年(1923)に観測が行われている(眞山利雄,1923)

→この研究は平田(1929)を通じ、Penman(1963)やKittredge(1948)でも引用されている

第15表 大台ヶ原で濃霧を伴わない場合の林内外降水量の比較 (大正11年)¹⁾

事項	月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合計
(a) 林外降水量 (mm)		56	27	307	26	167	49	100	732
(b) 林内降水量 ²⁾ (mm)		42	21	209	19	118	36	68	512
(c) = $\frac{(b) \times 100}{(a)}$ (%)		75	78	68	73	71	73	68	70

(注) 1) 眞山利雄(32)に基づき作製。ただし原著の数値の小数点以下は四捨五入し、その結果を用いて(c)を計算した。原著では(a)と(b)の差の百分率を求めている。

2) ここでは林内降水量には樹幹流下量を含まない。樹種は40年生ぐらい(樹高7 m程度)のモミを主とし、そのほか樹高10 m程度のブナが混る。

濃霧のある場合に、それが樹雨となって林内に水を供給する傾向があることが伺われる

第16表 大台ヶ原で濃霧を伴う場合の林内外降水量の比較 (大正11年)¹⁾

事項	月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合計
(a) 林外降水量 (mm)		265	182	56	469	100	230	607	1909
(b) 林内降水量 ²⁾ (mm)		293	167	55	517	81	216	450	1779
(c) = $\frac{(b) \times 100}{(a)}$ (%)		111	92	98	110	81	94	74	93

(注) 1), 2) 第15表の注に同じ。

(5) 智頭森林測候所における流出量の調査

森林測候所のその後の経緯

- ・第一期治水事業の終了によって昭和11年(1936)に廃止
- ・第二期治水事業発足により14カ所が森林治水試験地(今日の森林理水試験)
→釜淵、高島(その後の竜ノ口山)試験地

森林測候所時代に森林流域試験といって良いものが行われていた

→鳥取県八頭郡智頭町

勝谷稔(1933):「有林地溪谷と無林地溪谷との溪水量について」

- ・水位観測は昭和元年(1926年)から行われていたようであるが、発表は後に述べるアメリカのワゴンホイールギャップの報告(1928)より遅れた

第17表 智頭の流出量調査地の流域状況¹⁾

流域名	混林流域		森林流域		
	面積(百分率)	備考	面積(百分率)	備考	
流域面積	10.25ha (100%)		4.92ha (100%)		
土地利用内訳	ヒノキ造林地	4.38 (42.7)	ヒノキ20年生 ~80年生	4.92 (100)	ヒノキ新植 ~50年生
	スギ造林地	0.15 (1.5)	スギ約20年生	—	
	クリその他	0.68 (6.5)	天然林 10~20年生	—	
	原野	4.93 (48.1)	—	—	
	崩壊裸地	0.11 (1.1)	—	—	

(注) 1) 勝谷修(35)に基づいて作製。

第18表 智頭における2流域からの流出量と、それに基づく草地流域流出量推定値、森林流域流出率と草地流域の流出率推定値¹⁾

事項 月	降水量 p (mm)	流出量 (mm)				流出率 (%)		
		m 混林流域	f 森林流域	算出値		森林流域 $100f/p$	草地流域 (推定) $100g/p$	差 $100(g-f)/p$
				g ²⁾	$g-f$			
1	132	63	36	91	55	27	69	42
2	219	80	49	112	63	22	51	29
3	160	100	76	125	49	48	78	30
4	101	61	57	65	8	56	64	8
5	60	41	46	33	-10	77	60	-17
6	305	49	53	45	-8	17	15	-2
7	215	68	72	64	-8	33	30	-3
8	197	61	67	54	-13	34	27	-7
9	178	49	57	41	-16	32	23	-9
10	189	43	47	39	-8	25	21	-4
11	80	44	45	43	-2	50	48	-2
12	109	39	36	42	6	33	38	5
年	1955	698	641	757	116	33	39	6

(注) 1) 勝谷修(36)に基づいて作製。

原著の数値の小数点以下を四捨五入し、その結果を用いて算出値(g 以下)を求めた。

2) g は全流域が草地のものについて推定した流出量。

全流域が草地の流域は設定できなかったため、計算により草地流域の流出量を推定している

→消失量が以外に多い

もちろん、気候条件、土壌条件、森林と草地の分布の偏りが少ないということが条件であるが

混林溪谷、森林溪谷、有林地、無林地
... 当時の森林影響研究の重点がなにであったかを示唆しているかも知れない

第6話 ワゴンホイールギャップの森林流域試験

1909年にアメリカ合衆国山林局は、中部ロッキー山系のもつ諸条件下での流出量、および侵食に及ぼす効果を研究するために、コロラド州ワゴンホイールギャップ近くのリオグランデ国有林下に試験流域の選定を決めた

第19表 ワゴンホイールギャップ試験流域の状態¹⁾

流 域 名	A (対照流域)	B (処理流域)
面 積	90.05ha	81.10ha
焼跡地	9.5%	6.6%
裸地・岩石地	2.7	3.0
草生地	9.4	6.1
Aspen (針葉樹なし)	34.3	43.8
同 (針葉樹を混ず)	14.4	17.1
Douglas fir	8.8	11.4
主として Spruce	11.9	12.0
Bristlecone pine	9.0	—
計	100.0	100.0
標高範囲	2857m ~ 3461m	2818m ~ 3338m

(注) 1) ペイツ・ヘンリー(30)に基づき作製。

1911年6月までに主要測器の設置が終わり、1926年まで続けられた

これより以前に、アメリカ合衆国気象局の長であったムーアが、
「森林は気候や河川の流量にほとんど影響しない。・・・また、河川の流出量は、
降水量以外の如何なる因子によっても実質的に影響されるものではない」

→ミシガン大学林学科長(前内務省森林部長)のロスが痛烈な反駁



その後、山林局と気象局がワゴンホイールギャップにおいて協力関係を確立

日本は？

- ・緑のダム論争
- ・森林の水源涵養機能

第19表 ワゴンホイールギャップ試験流域の状態¹⁾

流域名	A (対照流域)	B (処理流域)
面積	90.05ha	81.10ha
焼跡地	9.5%	6.6%
裸地・岩石地	2.7	3.0
草生地	9.4	6.1
Aspen (針葉樹なし)	34.3	43.8
同 (針葉樹を混ざ)	14.4	17.1
Douglas fir	8.8	11.4
主として Spuruce	11.9	12.0
Bristlecone pine	9.0	—
計	100.0	100.0
標高範囲	2857m ~ 3461m	2818m ~ 3338m

(注) 1) ペイツ・ヘンリー(30)に基づき作製。

この実験は、後に対照流域法(paired catchment method)と呼ばれる方法の最初のものであった

- ・キャリブレーション期間 8水年
- ・1919年6月からよく1920年秋までにB流域の森林が伐採
- ・その後、7年間の観測

第20表 ワゴンホイールギャップの流域試験による年毎の水文学¹⁾

期間	流域 事項 ²⁾	A (対照流域)		B (処理流域)	
		P	R	P	R
キャリブレーション期間 ⁴⁾	1911—12	542mm	213mm	546mm	213mm
	1912—13	474	121	499	132
	13—14	575	143	555	141
	14—15	507	136	504	137
	15—16	577	142	588	141
	16—17	581	245	579	250
	17—18	480	81	479	90
	1918—19	537	151	537	152
1919年夏から1920年秋までにB流域のみ伐採					
処理後の期間 ⁴⁾	1919—20	571	200	553	217
	20—21	576	175	571	212
	21—22	545	173	521	223
	22—23	618	155	605	182
	23—24	432	180	426	204
	24—25	556	108	569	126
	1925—26	465	111	459	128

- (注) 1) ベイツ・ヘンリー(38)に基づき作製。
 2) P: 年降水量, R: 年流出量。
 3) 水年は10月1日～翌年9月30日。
 4) 期間中の平均値は第21表参照。

報告書のはしがきから
 ①森林はまず土壌を緊縛し、腐植やリターで土壌を被い、侵食を押さえ、そのつぎに、
 ②河川の流出量あるいは流況に対して、ある程度改変を加える効果を及ぼす...

②は仮説の段階であった
 →実証的検証を必要

気候・土壌・地形および森林の種々異なる条件の差によって、どれだけの量的差が、どの季節に生じるかを明らかにする必要がある

→その後、Coweeta等の試験によってかなり明らかにされたが...

定性的な結果しか示していないエンメンタールの試験(並列流域法)に対する疑問もあった

第21表 ワゴンホイールギャップ試験流域の伐採前後各期間の平均的水文量¹⁾

期間 ³⁾	流域 事項 ²⁾	A (対照流域)				B (処理流域)				2流域のR の比 R_B/R_A
		P	R	L	$\frac{100R}{P}$	P	R	L	$\frac{100R}{P}$	
伐採前 8年平均		mm 534	mm 154	mm 380	% 28.8	mm 536	mm 157	mm 379	% 29.3	1.02
伐採後 7年平均		537	158	379	29.4	529	185	344	35.0	1.17
伐採前後の差		+3	+4	-1	+0.6	-7	+28	-35	+5.7	+0.15

(注) 1) ベイツ・ヘンリー(38)に基づき作製。

2) P: 年降水量, R: 年流出量, L: 年消失量, $100R/P$: 年流出率。

3) 期間は前表参照。

考えるべきことは、

・「並列流域法」と「対照流域法」では、流出に及ぼす影響の原因の種類・内容が違う

試験の結果は、

・森林伐採に伴う年流出量の増加
 ・侵食量は伐採によって大いに増加

第7話 エムメンタールの森林流域試験(その2)ーブルガーの報告とその後ー

第2回目の報告

「林況良好なS谷は、林況不良なR谷に比して流出量が5%少ないことは事実である。しかし、その主たる原因は恐らく降水に対して樹冠層の遮止能力が大きいいため」

平田(1935)は言う

「流出率の差は1923/24年以降格段の差→何か変化？」

	S谷	R谷
1916～1923年	58.1%	63.4%
1924～1927年	51.2%	65.0%

ブルガーに手紙

「1921年以降雨量計に雨よけ→観測雨量増加」

平田

「様々な誤差要因があり、5%の差異を強いていずれかに片づけるのは不穩当」

第22表 エムメンタール第2回報告における水文諸量¹⁾

水年 ⁴⁾	流域 項目 ³⁾	スベルベルグラープン (97%が林地) ²⁾				ラッペングラープン (35%が林地) ²⁾				雨流域の 100 R/P の差
		P	R	L	100R/P	P ³⁾	R	L	100R/P	
		mm	mm	mm	%	mm	mm	mm	%	%
1915/16		1687	1076	611	64	1826	1256	570	69	5
1916/17		1590	1012	578	64	1771	1167	604	66	2
1917/18		1490	856	632	58	1528	926	602	61	3
1918/19		1488	1105	383	74	1559	1166	373	76	2
1919/20		1557	850	707	55	1642	1043	599	63	0
1920/21		1016	350	666	34	1066	462	604	43	9
1921/22		1924	1068	856	55	1966	1239	727	63	8
1922/23		1580	956	624	61	1595	1051	544	66	5
1923/24		1691	1014	677	54	1865	1245	620	67	13
1924/25		1430	673	757	47	1458	917	541	63	16
1925/26		1571	847	724	54	1631	1091	540	67	13
1926/27		2133	1056	1077	50	2109	1324	785	63	13
平均		1614	906	708	56	1668	1076	592	65	9

(注) 1) プルガーの報告(ただし誤謬抄訳(訂))に基づく。
 2) 1915年現在、林地以外は第4項のものを参照のこと。
 3) P: 年降水量, R: 年流出量, L: 年消水量, 100 R/P: 年流出率。
 4) 水年は10月1日～翌年9月30日。
 5) 年降水量の实测値である。プルガーはラッペングラープンの年降水量をスベルベルグラープンのそれの4%増として計算したものを掲げているがここには省略した。平均値だけについて見れば P=1679 mm, L=603 mm である。

第23表 エムメンタールにおける水収支表 (1915/16～1926/27の12水年平均値)¹⁾

流域	項目 ²⁾ 期間	P	R	L	ΔS
			mm	mm	mm
スベルベル グラープン	冬(10月～3月)	662	414	120	+128
	夏(4月～9月)	932	492	588	-128
	水 年	1614	906	708	0
ラッペン グラープン	冬(10月～3月)	712	486	89	+137
	夏(4月～9月)	956	590	503	-137
	水 年	1668	1076	592	0

(注) 1) プルガー(ただし誤謬抄訳(訂))に基づく。
 2) P: 降水量, R: 流出量, L: 消水量, ΔS: 地裏(主に雪として)および地表下(主に土壌中)の貯留量の変化量, P=R+L+ΔS。

・確かに我々は数値から安易に結果を導きがちである

・明治の研究者の眼の厳しさを学ぶ必要がある

その他のブルガー報告の重要点

・無降雨が続いた後の総流出量並びに最大流出量は、S谷の方が大きい

・雨天が続いた後の降水の場合や、異常な融雪時の最高水位はR谷の方が30～50%も多い

第24表 エムメンタール2流域の1927年秋以降の試験流域面積とその土地利用別面積百分率¹⁾

事項	流域名	流域	
		スベルベルグラーベン	ラッピンググラーベン
流域面積 (ha)		55.8	59.2
土地利用別面積百分率 (%)	森林	99.1	30.7
	放牧地	0.9	5.4
	農耕地	—	63.9
	計	100.	100.

(注) 1) ペンマン(44)に基づき作製

第25表 エムメンタールにおける時期別にみた水収支の長期平均値 (単位: mm)¹⁾

期間	流域 事項 ²⁾	スベルベルグラーベン			ラッピンググラーベン		
		P	R	L	P	R	L
		1903—15	1590	940	650	1660	1030
1916—27	1610	900	710	1680	1080	600	
1927—42	1690	840	850	1740	1080	660	
1942—52	1560	680	880	1650	890	760	

(注) 1) ペンマン(44) p.103 による。

2) P: 年降水量, R: 年流出量, L: 年消失量, いずれも長期間平均値

第26表 エムメンタールにおける推定年蒸発散量 (単位 - mm)¹⁾

方法	流域	流域	
		スベルベルグラーベン	ラッピンググラーベン
ゾーンスイート法		547	536
ペンマン法		<611	<541

(注) 1) ペンマン(44)による。

蒸発散で有名なペンマンもエムメンタールの報告を残している

「質的に言って、森林地は草地よりも蒸発散量が大きいことは間違いないであろうが、エムメンタールの雨量または流量観測の精度については、まだ釈然としない疑問点もあるので、データの量的な解釈にあたっては誤りないように注意しなければならない」

→現在でも水収支による蒸発散推定が必要