

林業試験場時報

第18号

昭和41年3月

The Bulletin of Fukuoka-ken Forest
Experiment Station

No. 18

March 1966

福岡県林業試験場

福岡県八女郡黒木町

Fukuoka-ken Forest Experiment Station

Kuroki, Yame, Fukuoka, Japan

目 次

地形による福岡県周辺の年降水量分布の推定 竹下敬司・福島敏彦・野中重之..... 1

年平均風速と蒸散条件の推定について 福島敏彦・竹下敬司.....21

林地生産力（林分材積）に関する立地解析とその分布推定
..... 竹下敬司・福島敏彦・萩原幸弘・斉城 巧.....41

地形による福岡県周辺の年降水量分布の推定

竹下敬司・福島敏彦
野中重之

Topographical Analysis concerning Estimation of
Annual Precipitation in Fukuoka Prefecture.

Keiji Takeshita, Toshihiko Fukushima
and Shigeyuki Nonaka

1. ま え が き

降水量の問題は近年、水資源、治山治水の面から大きくとりあげられているが、これとは別に農林業にとつては、その生産力をなう立地的な要因として重視されている。本邦では林業の生産の場の殆んどが山地となつているのであるが、山地における降水量の分布は狭い地域内でも地理的な変異が大きく、また、雨量観測所の多くが低地に偏して山地に少い関係上、降水の量的な把握が困難視されており、重要な立地因子としては一応、想定されながらも、実際上の報文等においては最寄りの低地観測所の降水量をアクセサリ的に表示する程度にとどまつて、総合的な立地体系内の要因としての降水量の活用は殆どなされていないのが現状である。しかしながら最近、竹下(1964)等の報告によつて、降水量を代弁すると思われる地形的定量因子が他の立地因子との総合的関連のもとに、スギの成長を大きく支配していることが重回帰式によつて示されており、降水量を立地上の直接因子として定量する必要性が強く感じられるようになって来た。

降水量を直接の立地要因として吟味し、その役割を活用するためには、山地における高精度の降水量の推定法式を求め、それによつて分布の定量的把握を行なうことが必要である。

降水量の分布は可成り複雑なものであるが、その間に規則性があり、特に地形の状況と密接な関係にあることが知られている。降水現象は水蒸気を含んだ空気が上昇して断熱冷却され、その結果、凝集した水滴が地上に降下するものと説明されているが、この気流の上昇、下降・集束・発散が地形によつて強く規制され

るものと想定されている。したがつて、この間の法則性を解明すれば、観測値のない地点の降水量やその分布をも推定することが可能になるはずである。

幸い、最近、気象学・気候学の分野で地形要素による降水量分布の推定方式が開発され、各地における実用例も報告されている。この方法としては川畑(1961)によると次の二つのものが紹介されている。その一つは Spreen の方法とも呼ばれるもので、いくつかの地形要素と降水量の関係を共軸座標系を用いて相関解析をなし、その関係を用いて未知の地点の降水量を地形的に推定する気候学的方法である。もう一つは、風向・風速と地形から気流の上昇性を算定し、それに気流の蒸気量を組み合わせ、気象学的に、未知の地点の降水分布量を求める方法である。筆者等はこれらの方法を参考にして福岡県一帯の年降水量の分布を主対象に検討を試み、その結果別の方式を考案して降水分布図の作成を行なつたので、ここに報告を行ないたい。

本報告の作成にあたり、種々御教示を賜つた九州大学気象学教室武田京一教授、資料蒐集上の御便宜を得た福岡管区気象台、御鞭撻御助力を得た当場毛利伊右衛門場長に対して深甚の謝意を表します。

2. 降水統計資料の調整

本報告は福岡県下及びその周辺92箇所の資料をもとにして検討を行なつたものであるが、このうち40~50年以上の永年継続された資料を有する観測所は比較的少なく、その過半は観測期間が短く而もその年次を異にしている。

第1表は1912年から1964年までの長期間の観測資料をもつ観測所のいくつかを例にとり、全期間を大略12

第1表 観測統計期間の相違による
年平均降水量の差違

Table 1. The difference of annual mean precipitation by the difference of statistical periods.

観測地 ①	年次② (期間) 1912~ 25' (14年間)	26'~38' (13年間)	39'~50' (12年間)	54'~64 (10年間)	全平均 ③
福岡	1606 -45	1579 -74	1655 +4	1766 +115	1651
曲淵	2296 -68	2394 +30	2220 -114	2548 +184	2364
前原	1676 +79	1528 -69	1359 -236	1825 +228	1597
東郷	1666 +1	1568 -97	1551 -114	1875 +210	1665
八幡	1832 +132	1586 -114	1468 -232	1915 +215	1700
小倉	1636 -51	1660 -27	1627 -60	1825 +139	1689
飯塚	1660 -94	1725 -29	1770 +16	1863 +109	1754
後藤寺	1810 -8	1776 -42	1746 -72	1943 +125	1816
添田	1820 -32	1806 -46	1779 -73	2004 +152	1852
甘木	1790 -21	1773 -38	1620 -191	2062 +251	1811
久留米	1916 +46	1785 -85	1831 -49	1948 +78	1870
新港	1620 -28	1659 +11	1379 -269	1935 +287	1648
羽犬塚	1776 -71	1754 -93	1849 +2	2007 +160	1847
黒木	1924 -41	1956 -9	1912 -53	2069 +104	1965
矢部	2454 -111	2535 -30	2394 -171	2889 +324	2565
星野	2242 -75	2193 -124	2057 -250	2777 +460	2317

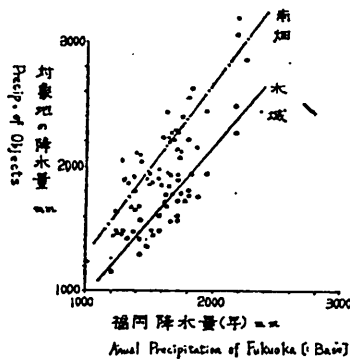
(注) ① observatory,
② years,
③ mean value of total.

年程度毎に4つの期間に区切つた場合の平均年降水量を示したものである。夫々10年以上の一応長い期間と

みなされる平均値であるので、当初の予測としては、同一地点では各期間とも大略似通つた値が出るものと期待していたのであるが、表の数値は可成りの変動を示し、大きなものでは星野の+460 mm, -250 mm, 都合710 mmの大差がみられる等、観測年代による降水量の相違が非常に大きいことが認められた。

この場合、観測期間・年次の同じ資料だけを用いて検討するならば、上記の変異を問題にする必要はないのであるが、これだけでは資料が不足して解析が困難なため、期間・年代を異にする資料をも活用する必要がある。このためには、年代・期間の差による数値のかたよりを同一条件におさねばならず、この間の調整を行なうことが必要である。

一般に、高い山脈でさえぎられていないような、同一流域内にある比較的近い距離の観測所の降水量は、その相互間に可成り密接な相関関係があるのが普通である。第1図は、福岡市とそれから南に約15kmの山中にある南畑、南東15kmの平地にある水城との年降水量の関係を、福岡を基準にして示した相関図であるが、可成り密接な関係を示し、もし一方に欠測があつたとしても、他の地点の資料を利用して推定を行なうことが可能なことが認められる。福岡県周辺の観測所の分布はこのような補正基準になりうるだけの永年観測地点を適度に包含しており、これを基準にした降水量の相関性を利用して、その周辺にある観測所の欠測年次の降水量をも推定することが出来るわけである。このようにして求めた推定値を利用して各観測所の統



第1図 福岡市を基準とした周辺観測地の年降水量相関図例

Fig. 1. Example of annual-precipitation-relations between observatory of Fukuoka city and relatively near points.

計年間を同一条件におき、その上で算出された平均値を用いれば、夫々の地点の気候的特性を代弁する降水量として取扱つても差支えないものと考えられる。

本報告においては、上記の方法にしたがつて1912年から1964年に至る間の各地の平均降水量（年、4月～9月の6ヶ月、3月～11月の9ヶ月）を算定して検討を行なつた。

3. スクリーンの方法による解析

この方法は B. H. Russler と W. C. Spreen (1947) がアメリカ合衆国コロラド地方で試みて、好結果を得たもので、共軸座標系による図相関解析法を用いて、地形要素と降水量との関係を解析し、降水分布の推定を行なつたものである。

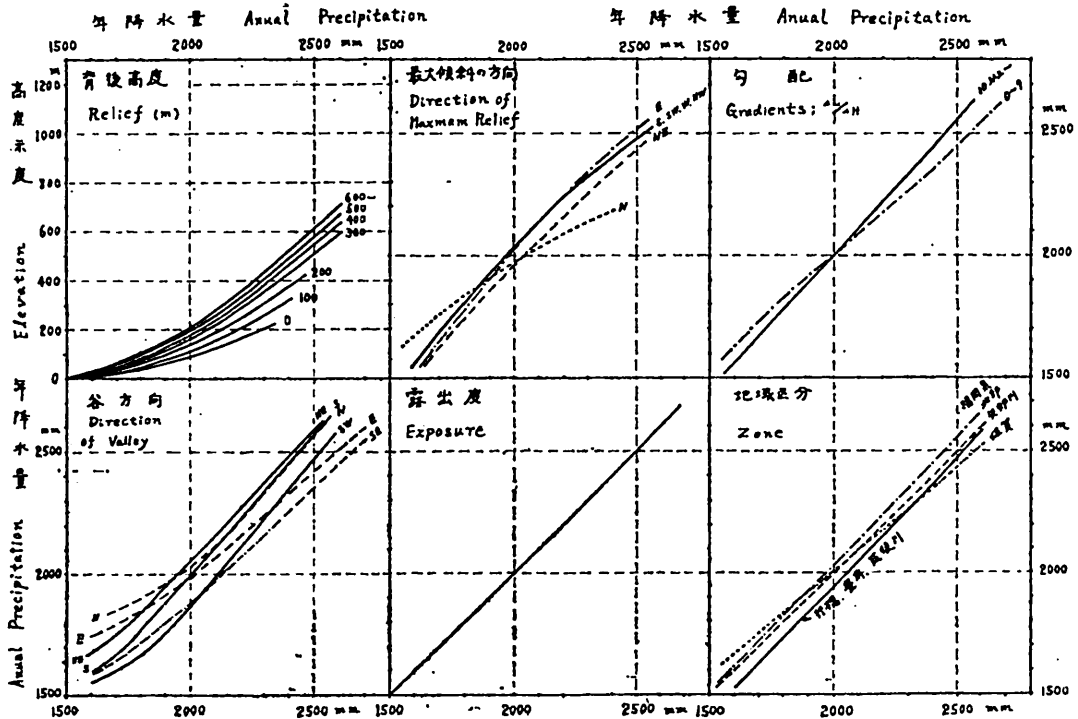
同様な方法は我国においても関東北部山岳地、関東中部、伊豆、三重、四国地方等で試みられ、かなりの成果が得られているという。その概要は川畑 (1961)、関口 (1962)、気象学ハンドブック (1959)、小沢・吉野 (1965) 等の著書に紹介されているが、月別・季節別・年別平均雨量のような長期間のものについては効

果があるが、或特定の年次・月・日・時のような短い期間のものになると効果がみとめられないようになると言われている。森林立地関係では安藤 (1962) により山梨県周辺における平均降水量の推定に応用されているが、余り好い結果は得られていない。

降水量と地形要素との関係は対象とする地域・期間により若干異なるところから、具体的な地形要素の選定、個々の要素の計測法は調査者によつて若干異なつてはいるが (吉野 1965 に各場合が記載されている)、本報告においては四国地方で高精度の成果を得た関口等 (1957) の方法によつて解析を行ない、検討を加えることにした。

とりあげた地形要素は次の通りである。

- ① 高度示度＝観測点を中心にして半径 5 km の円をかき、その円周上の 8 方位の点の高度と、観測点の高度の 2 倍を合算し、それを 10 で割つた平均高度。
- ② 背後高度＝半径 5 km の円内の最高点の高度と観測点の高度示数との差。観測点を通る気流の上昇の強さに関係する。
- ③ 谷方向＝半径 15 km の円内における、付近の主



第 2 図 スクリーンの方法による諸要素と年降水量の重相関関係
Fig. 2. multiple Correlation among factors of Spreen's methods and annual precipitation.

な谷の方向、主風の方向を規制するものである。

④ 露出度=半径15kmの円内で、高度差300m以上の山にさえぎられていない水平角度。風の集束の程度に関係する。

⑤ 最大傾斜の方向=半径5kmの円周上の最高点の方向。

⑥ 分水嶺への勾配=一番近い分水嶺までの距離を比高で割った値。

⑦ 地域区分=降雨に関する性質がほぼ同じと思われる地域。

上記の地形要素と降水量の関係を第2図で示すような共軸図により図相関解析を行なった。その手法を略記すると次の通りである。まず降水量を横軸に、高度を縦軸にとり、背後高度の大きさをグループ別けた資料について、夫々の相関図を作り曲線を描く。これが第1段階で、次にこの曲線を利用して、各観測点の高度と背後高度に相当した降水量の近似推定値を読みとる。そしてこの第1段階の図で得られた第一次推定

値を横軸にとり、実測値を縦軸にとつて、谷方向によつてグループ別けた資料別に、その間の方位別相関曲線を求め、第2段階の相関図を作る。そして、この段階で谷方向によつて修正された第二次の推定値を縦軸にとり、更に露出度で修正する。このような操作で順次、最大傾斜の方向、勾配によつて推定値を修正し、最後に地域によつて修正されたものが求める最終推定値である。

第2表は福岡県周辺の観測所の地形要素、年降水量とその推定値を記したものである。推定値の精度は共軸図の収斂性の個所をみても明かなように可成り高いものであり、第2表の値を計算しても相関係数0.86、標準誤差94mm、と一応満足出来そうな結果となっているが、相関解析の経過を眺めてみると次のような可成り重要な欠陥がみとめられる。

○ 高度 一般に降水量は成程度の高さまでは高度の増大と共に増加すると言われている。本節の解析では観測点の高度だけではなく、周囲の山の高さも考慮

第2表 スプリーンの降水量推定法に用いた地形要素と年降水推定値
Table 2. Topographical factors to the Estimation of annual precipitation (Spreen's methods).

観測所 Observatory	高度示度 X_1 (m)	背後高度 X_2 (m)	谷方向 X_3	露出度 X_4 (°)	最大傾斜 方位 X_5	勾配 X_6	地区 X_7	年降水量 Y (mm)	同推定値 \bar{Y} (mm)	差 $\bar{Y}-Y$
福岡	10	47	S	210	S	19.2	福岡	1651	1665	14
	35	250	S	210	S·W	18.6	"	1699	1730	31
日	60	350	S·E	110	W	17.0	"	1710	1740	30
	115	300	S·E	90	E	16.0	"	1750	1830	80
日	150	650	S·E	30	N·E	8.0	"	1789	1770	-19
	140	300	S·E	60	S·W	14.0	"	1970	1980	10
形	170	590	S·E	90	N·E	7.0	"	1790	1795	5
	37	260	S·E	110	S·E	13.0	"	1645	1630	-15
入	50	540	S	180	S·W	9.0	"	1817	1670	-197
	250	450	S	15	S·E	5.0	"	2122	2110	-12
形	155	440	S	60	E	9.0	"	1830	1985	155
	280	680	S	60	S	8.0	"	2340	2210	-130
入	510	400	S	180	S·E	0.0	"	2505	2540	35
	55	170	S·E	80	S	16.0	"	1665	1690	25
形	40	260	S	180	S	18.0	糸島	1595	1560	-35
	45	300	S	120	N·W	13.0	"	1597	1570	-27
形	160	600	S	160	S	6.4	"	1740	1800	60
	100	780	S	180	S	5.0	"	1690	1640	-50
形	380	360	S·E	40	E	11.0	"	2061	2015	-46
	60	440	S·E	60	S·W	12.2	北九州	1714	1700	-14
形	30	330	S·E	170	S	13.0	"	1701	1620	-81
	40	447	S·E	60	E	21.0	"	1687	1600	-87
形	35	265	S	180	W	12.2	"	1643	1645	2
	70	560	S	90	S	16.0	"	1700	1700	0
形	80	555	S	30	S·W	15.0	"	1949	2045	96
	120	430	S	15	S	12.3	"	2090	1910	-180
形	270	630	S	60	S·W	6.0	"	2139	2190	51
	260	640	S	50	W	6.0	"	2157	2165	8
形	75	420	S	150	E	10.0	"	1684	1740	56
	35	70	S	120	S·W	22.0	"	1629	1270	91

観測所 Observatory	高度示度 X_1 (m)	背後高度 X_2 (m)	谷方向 X_3	露出度 X_4 (°)	最大傾斜 方 X_5	勾配 X_6	地区 X_7	年降水量 Y (mm)	同推定値 \bar{Y} (mm)	差 $\bar{Y}-Y$
之	15	50	S	180	S.E	22.7	"	1541	1620	79
	105	441	S	90	E	8.0	飯塚	1675	1765	90
	50	370	S	40	S	13.0	"	1617	1670	53
	45	380	S	60	W	12.9	"	1724	1660	-64
	85	270	S	60	S	18.0	"	1720	1825	105
	155	640	S.E	20	N.E	7.0	"	1650	1640	-10
	100	470	S	60	E	22.0	"	1688	1785	97
	80	340	S.E	70	S.W	33.0	"	1754	1745	-9
	85	340	S	60	S.W	14.7	"	1818	1825	7
	205	280	S	90	S.E	19.0	"	1852	2025	173
藤彦	350	500	S	15	S.E	10.0	"	2195	2205	10
	590	600	S	180	S	5.0	"	2569	2610	41
	55	300	S	120	W	24.7	"	1754	1715	-39
	145	500	S	70	S.E	10.0	"	1809	1850	41
	65	360	S	120	E	16.0	"	1867	1705	-162
	135	840	S	90	S	9.0	"	1904	1820	-84
	210	440	S	15	S.W	9.0	"	2182	2115	-67
	7	140	N.E	210	E	23.5	矢部	1648	1680	32
	40	180	N.E	210	E	15.0	"	1645	1780	135
	40	180	N.E	210	E	24.0	"	1599	1770	171
犬	10	5	N.E	290	N.E	27.8	筑後	1759	1695	-64
	3	10	N.E	210	N.E	38.5	"	1734	1695	-39
	10	18	N.E	210	E	35.0	"	1782	1695	-87
	18	80	N.E	210	S.E	21.4	"	1811	1700	-111
	55	250	E	150	S	20.0	"	1858	1865	7
	190	400	E	90	E	15.0	"	1965	2045	80
	350	590	E	0	E	9.0	"	2308	2215	-93
	415	520	E	15	E	8.0	"	2317	2330	13
	630	330	E	15	E	7.0	"	2570	2625	55
	20	10	N	150	N	18.0	佐賀	1851	1865	14
留	40	90	E	180	N	27.0	"	1941	1915	-26
	60	340	N	70	N.W	13.0	"	1920	1960	40
	45	180	N	210	N.W	11.0	"	1964	1920	-44
	230	610	N	140	N	8.0	"	1940	1995	55
	390	400	N	10	W	6.0	"	2341	2345	4
	510	450	N	120	N.E	7.0	"	2467	2480	13
	20	300	N.E	210	S.W	26.4	甘木	1870	1725	-145
	80	470	E	40	S.E	11.0	"	1901	1820	-81
	25	100	N.E	210	S	14.0	"	1857	1800	-57
	30	20	N.E	210	N	22.0	"	1863	1905	42
刀	70	330	E	210	N	12.8	"	1811	1905	94
	195	720	N.E	60	N.E	5.0	"	2182	2100	-82
	120	520	E	30	N	10.0	"	1940	1935	-5
	145	660	E	90	S	8.0	"	1898	1935	37
	220	500	E	0	S	8.0	"	2021	2100	79
	340	360	E	0	N	8.0	"	2034	2110	76
	412	340	N	15	E	13.0	"	2518	2455	-63
	180	220	E	10	S	11.0	日田	1907	2000	93
	570	600	S	0	S.W	10.0	"	2351	2380	29
	450	350	S.E	0	S.W	14.0	"	2297	2220	-77
泉城良	25	380	S.W	180	N	36.0	行橋	1699	1620	-79
	180	430	S.W	30	S	12.0	"	1961	1840	-121
	295	400	S.E	15	S.W	13.0	"	2034	2175	141
	40	177	S.W	180	S.W	25.3	中津	1549	1520	-29
	105	560	S.W	180	S.W	16.3	"	1543	1590	47
上伊八唐中	30	480	S	160	S	13.0	"	1527	1520	-7

(注) X_1 =elevation, X_2 =relief, X_3 =direction of valley, X_4 =exposure, X_5 =direction of maximum relief, X_6 =gradients, X_7 =region, Y=annual precipitation, \bar{Y} =estimated value.

すべく5km 円周上の8点の高度をも算定したのであるが、たまたま山塊の中が10km 以下の場合などは、山の中心部から描いた5km の円が、山地からハミ出

して平地や海を覆つて、算定された高度示数が意外に低いものとなり、或いはその逆に、山麓低地の観測点の高度示度が、却つて異常に大きく算定される等の現

象がみられ、この高度示度の矛盾が、図相関解析の最後まで消去されず、数個の観測点の降水量が誤差の多い推定値に終つてしまつた。

この種の矛盾は山岳規模に帰因するようであり、福岡県周辺では、背振・筑紫・英彦山・八女山塊等のような大きな規模の山地周辺では比較的好結果がえられたが、北九州・玄海灘方面に派生するこれより規模の小さな、油山・三郡・犬鳴・福智・企救山地の周辺では低精度の推定に終つた。

Spreen の方法そのものは、高度示度に観測地点の実高度をそのまま利用しているが、この場合も矛盾が認められた(後節で検討を加えたい)。

○ その他の要素の計測。背後高度、最大傾斜の方位の計測に当り、小さな規模でも突出した山の高度や位置が計測を支配し、これに対して規模が大きく、気流の動きに対しては明かに影響力が強いと思われるが、たまたま低いために計測されないとする矛盾が往々見受けられた。また、方位の場合、僅かの高度差で全く正反対の方位表示が計測され、更に主な分水嶺の位置、高度の認定に客観性が得られぬうらみが感じられた。

○ 図相関曲線の形状。図相関解析で得られる相関曲線は、求めようとする推定値と、諸要素との間に法則性がある場合は可なり整然とした形状を呈するのが普通である。即ち各曲線の係数、定数項の違いを表わす、傾き具合、間隔、或点への収斂性等には或種の規則性が認められ、不規則な交叉やからみ合いなどはないのが原則である。しかしながら、第2図の相関図を検討してみると、地域区分の場合とはかくとして、可成り規則的であるべき、谷方向、傾斜方向、勾配等の場合に變則的な曲線のからみ合いがみられ、この点、非常に不満足な解析経過をたどつていることが認められる。この不整性を検討してみると、前記の高度をはじめとする計測上の矛盾、非客観性が強くひびいているためと想定される。

○ 季節降水量の場合。第2図の解析は年降水量について行なつたものであるが、同様な地形要素を使つて、4月から9月までの6カ月間及び3~11月迄の9月間降水量について解析を試みたと、年降水量の場合と同様な矛盾性、相関曲線の不整性が認められた。

○ 分布図の作成法。Spreen の方法は、或縮尺の地形図(たとえば20万分の1図)上に、或大きさ(た

たとえば2 km 相当の1 cm)の方眼をかけ、その各方眼区の中心点毎に計測した地形要素をもとにして降水量分布の推定を行なうわけであるが、これにより図化を行なう場合、求められた降水値を図上に記入して、内挿法により等値曲線図を作成するのが普通である。この方法によると地形要素の計測と推定値の算定を一点毎に求めるため、かなり煩雑である上、更に算定された推定値が隣接点でありながら非常に大きな差を示す等のことがあつて、等値曲線の図化が必ずしも機械的に行ないえないうらみがある。

以上が Spreen の方法を準用した場合の欠点であるが、これらのことから次のような改善すべき問題点があげられるようである。

(a) 解析を行なう場合、最も大きな役割を果しているのは高度因子である。高度としては直接実高度を使うより、何等かの形で平均化したものを利用した方がよいが、その平均化の手法に偶然性が入らぬことと平均化すべき範囲が問題となる。

(b) 気流の方向、上昇性に対しては、単に高い山が影響するだけでなく、その規模が問題になるので、その間の取捨選択を行なう機械的操作を必要とする。

(c) 等値線図化を機械的に且つ連続的に行なうためには、地形要素の計測値そのものが連続曲線化されていることが望ましい。

(d) 雨をもたらす主風の方向を或程度客観的に把握し、その方向に従つて地形要素の計測を行なうことが必要である。

以上の問題点の具体的解決を次節以降で検討したい。

4. 高度の計測法

気流が地形の高度増加に伴なつて上昇し、これによつて雨がもたらされるわけであるが、この場合、気流の動きは、一つ一つの山や谷を遣い上り、遣い下るわけではなく、或程度の谷は飛び越え、逆に或程度の小さな峰は無視されて影響を及ぼしていないのが実情と考えられる。地形により強制された気流の上昇速度は、山岳規模が小さいものによるものほど減衰が早く、大規模なものによるものほど減衰が少ないことが理論的に知られており(川畑1961)、降水の大局的な分布は大きな規模で平均化された地形に支配され、その中の局部的変異が、小規模な地形で修飾されているものと解されるようである。このような気流の動きに

対してどの程度の規模の地形が影響を及ぼしているかは、夫々の地方における山岳規模とその配置構成によって定まるようである。北アルプスなどのような大きな山岳地内では、余り小さな山体の規模構成は問題にならず、20 km 程度の範囲を最小規模と考えた平均高度を用いて好結果の降雨推定が行われているが（川畑の著書に紹介された清水重喜の例）、これより山岳規模の小さな福岡県周辺では、20 km より可成り小さな規模での地形の平均化が基礎となるものと考えられる。

このような平均化すべき地形の規模を定める客観的な方法は現在わかっていないので、具体的な検討を必要とするが、その前に、平均高度の求め方について考えてみたい。

平均高度の求め方として、一般に用いられているものは、地図上に方眼をかぶせ、その方眼区に「最高点と最低点の平均」、或いは、「特定規模の円周上～円周内の平均高度」を算定する方法であるが、これらの方法は煩雑で、而も求められた数値が不連続であり、図化に際して必ずしも器械的操作を行い得ない等の欠点がある事は前節で述べた通りである。このような不連続性に対して、連続曲線で得られる地形の平均化の方法として、地形学上で利用されている「埋積接峯面」「切削接谷面」が考えられる。前者は、或る一定距離の巾より小さな谷を埋めて、現存の高い凸出部の影響を強く表現した等高線図であり、気流の動きが、尾根筋等の高所の影響を強くうけるものと考えられる場合有利な作図法である。これに対して、後者は或一定巾以下の高凸所を無視すべくこれを削りとり、谷を強調した形ちで平均化した等高線図である。谷を上る気流の影響が強い場合に有利な平均高度の作図法と考えられる。

一般に谷は平野或いは海岸部まで広く開口し、高い山地に入る程巾を減ずるのが普通である。この場合、谷をのぼる気流は奥に入るほど集束し、地形的な上昇の他に、力学的にも上昇して降水をもたらすことが考えられる。一方、谷巾が狭まるにつれて、接峯面の高度も増大するのが普通であり、接峯面高度は、単に地形性の気流の動きだけではなく、集束・発散に伴う気流の動きをも指標している高度と言えるようである。

地形諸要素の解析に際して、たとえ高くても規模の小さな単独峯の影響を無視し、群状～塊状の規模の山地の影響を強調する必要がある（前節で述べた）、こ

の場合に、同じく接峯面・接谷面の操作を利用することが出来る。まず、群状の峯を強調するため、1 km 以下の小さな規模で接峯し、次に単独峯、小規模な山塊の影響を無視すべく接谷作業を行う等、接峯・接谷の巾を伸縮することによって或特定規模の山峯を強調したり、軽視したりすることが出来る。

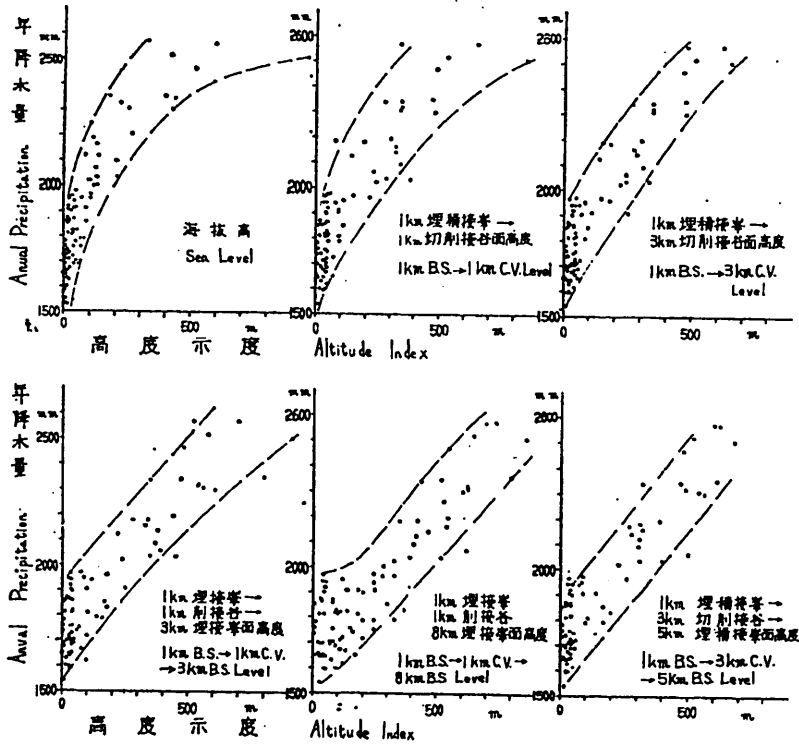
前節で触れた、或地点を中心にして、数 km の方眼或いは円をかけて平均高度を求める方法は、たまたま方眼や円が山の外にハミ出したり、ヒッカかつたりすることによって、中心点の示度が動くことがあつたが、接峯作業では、埋積の巾を増すことによって示度がふえることはあつても、減ずることはなく（接谷では逆）、円や方形区でみられるような、平均化の規模によって示度が不規則に増減するおそれがないことが長所としてあげられる。

上記のように、埋積接峯面・切削接谷面図は、○計測高度が連続曲線で得られること、○或特定規模の山塊を無視したり、強調したり出来ること、○地形性の上昇気流の他に集束気流の上昇性を接峯面高度で指標出来ること、○計測規模の大小により、高度示度の辿る大小の傾向が規則的であること、……等のすぐれた特性をもっているため、本報告の高度の平均化は、接峯・接谷面の作成操作を利用することにした。

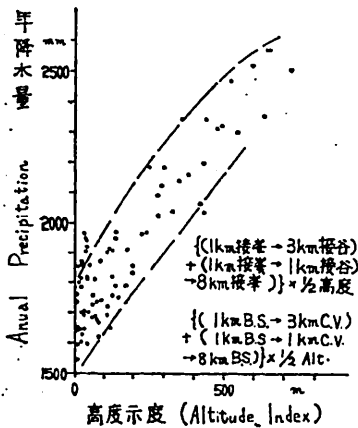
ここで問題になるのは、平均化の規模、即ち接峯、或いは接谷の巾をどの程度にして図化を行うかであるが、以下、数種の計測高度と降水量との関係を試行錯誤的に検討したい。

第3図は福岡県北部（背振・筑業山系北部）地域の観測所の年降水量と5万分の1地形図上での各種の計測法による高度との関係を示したものである。

① 実海拔高度 第3図(1)で明らかなように、高度200m迄の間に雨量が急増し、その後、高度がますますつれ、相関曲線は急に彎曲して頭打ち状態を示している。このため、高度0～100mの間で降水量は1550～2200mmと大きく変化し、この間の関係は誤差が大きいものとなつている。この相関関係が正しいものとするれば、周囲の地形の状況は全く無視され、平野に近い100mの丘陵地も、1000mの山々のなかにある100mの山間の低地も全く同じ降水量があることになり、この点「上昇気流は、大きな規模で平均化された地形によって強く支配される」という前提理論に反することになる。



第3図(1) 各種の計測法による高度示度と年降水量の関係
 Fig. 3. (1) Relations of annual precipitation to altitude-index measured by various operations.



第3図(2) 高度示度と年降水量の関係
 Fig. 3. (2) Relation between altitude index and annual precipitation.

② 1 km 接峯—1 km 接谷高度 (50m 等高線)

或程度、近接している山峯の群一塊としての規模を強調するために 1 km 埋積接峯面図を作成し、次に、この操作後なお巾 1 km に達しない小規模な高凸所を無視すべく、埋積接峯面図をもとにして 1 km 切削接谷面図を作成した。

この図から読み取つた高度と降水量の関係は第3図(2)に示す通りである。実海拔高の場合よりも、曲線がY軸より早くはなれ、彎曲度が弱くなるなど係数・分散の上では正された面が認められるが、大略の模様は海拔高の場合に近似しなお不満足である。

③ 1 km 接峯—3 km 接谷高度 (50m 等高線)

前記の 1 km 接峯→1 km 接谷図はなお局局部性が強く、全体としての地形の平均化があらわれていないので、更に、第2段での接谷の度を強め、「1 km 接峯→3 km 接谷図」「1 km 接峯—5 km 接谷図」を作成して、降水量との関係を検討した。第3図(2)は、3 km 接谷の場合を示したものであるが、高度 300 m

以下の関係図が、実海抜高の場合よりY軸を離れて緩くなり、周囲の地形の影響を反映していることは、②の1 km 接谷の場合と同様であるが、3 km 接谷によつて英彦山中腹・背振山頂等にある観測所の高度が低く示されるようになり、相関図全体が可成り直線相関に近くなつて来ている。5 km 接谷の場合は(図省略)図が更に直線的にはなるが、地形図そのものが低くならされすぎる傾向がみられた。

3 km 接谷・5 km 接谷により相関関係が次第に直線化される傾向はみとめられるのであるが、Y軸との離れ具合が少く、換言すれば高度値の関数にかかる系数が過大にすぎ、周囲の山の影響が余り強く表示されていないことが欠点として認められる。

- ④ 1 km 接峯—1 km 接谷—3 km 接峯高度
(50m等高線)
1 km 接峯—1 km 接谷—8 km 接峯高度
(50 ")

前記の③の場合は3 km, 5 km 等の接谷によつて、周囲の高凸所を無視し、谷の高度を重視した解析を行ったのであるが、ここでは逆に、②図を基本図として、3 km, 5 km, 8 km, 10 km の埋積接峯面図を作成して、その高度と降水量との関係を検討した。第3図(3)(4)はこのうち3 km 接峯と8 km 接峯の場合を示したものである。

埋積巾の大きさ(接峯の規模)と降水量の関係は、3 km, 5 km, とその規模が大きくなるほど相関関係の係数値が小さくなり、周囲の山の高さが順次都合よく影響して、谷間或いは低地の高度を修正して行くことが認められる。相関図の形状は係数値の低化と共に凸曲線から、次第に直線化し、8 km 接峯高度で最も直線に近くなるが、これをこして10 km 接峯以上になると凹曲線を呈するようになり、更に50~100 m 高度附近で相関が不連続となつて乱れが認められるようになる。また一方、相関図の分散の巾は3 km 接峯の場合は、大きな高度での変異が小さく、比較的まとまつた図形を呈しているが、埋積規模が大きくなるほど、分散がまして8 km, 特に10 km となると過大になつて図形がみだれてくる。このように係数、分散と接峯規模による一長一短があり、3 km 接峯ではややその規模が小さすぎ、10 km では大きすぎる等のことが綜的に判断され、5~8 km 埋積接峯面高度が、適当と判断される。

- ⑤ 1 km 接峯—3 km 接谷—5 km 接峯高度

③と④の場合の長所を活かす目的で、⑤で取扱つた1 km 接峯—3 km 接谷図を基図としてこれに更に5 km 埋積接峯操作を行つた。第3図(1)で明かなように、若干、係数の改善がなされたようでもあるが、余り顕著でなく、却つて分散の増大が目立つて、相関図が悪くなつている。これとは逆に、④の接峯図をもとにして、接谷を行つた場合は、接峯の影響が強く残り、同じく好結果が得られなかつた。概して、一度可成りの規模で接谷或いは接峯した図を、再び大きく接峯・接谷することにより、③、④の長所を活かすことは無理なように感じられた。

⑥ 「1 km 接峯—3 km 接谷」+「1 km 接峯—1 km 接谷—8 km 接峯」1/2 面高度(25m, 50m 等高線)前記の場合と同様、接谷面図と接峯面図の長所を活かす、もう一つの方法として、両図面の平均高度を求めて、降水量との相関関係を検討した。複合せる接谷面としては、前記の結果から3~5 km の切削を行つたもの、接峯面としては5~8 km の埋積を行つたものが適当と考えられるが、幾つかの組合せを検討した所、第3図(1)に示す、3 km 切削接谷面と8 km 埋積接峯面の平均高度の場合が最も好結果を収めた。図についてみると係数関係、分散の状況も一応満足され、而も、高度が余り高くなると降水の増加率が減衰する状況もあらわれているようである。

なお、二つの等高線図の複合による平均等高線図の作成は、一見煩雑な操作を伴うようであるが、両図面を重ね合せて、等高線の交点、等高線の間隔等を見れば、手軽な操作(フリーハンド)で、曲線図化を行うことが出来る。

以上の試行錯誤の結果を検討し、本報告では、↑1 km 接峯—3 km 接谷」と「1 km 接峯—1 km 接谷—8 km 接峯」面の平均高度を高度示度として採用することにした。この操作によつて作成した等高線図が折込みの「降水量分布に関する地形解析図」である。

5. 主風の方向と背後高度

前掲の第3図での相関図を細部的に検討すると、或特定の方向に対して、山塊の山かげになつている地点に相対的に降水量が少く、これとは逆に後方に山塊を控えている地点に多くなつていることに気付かれる。このことは気流の上昇方向に、急な山塊がある場合、気流は山塊のかなり前方から、急上昇して、山塊の前面麓部に相対的に多量の雨をもたらす、逆に気流がか

なりの山塊を乗越した場合はその上昇性が休止、更には下降～発散気流となつて、乾燥しその山塊の後方の降水量が相対的に少くなることによつて説明されるようである(或いは気流は山塊を迂回して谷を通り、山塊の後方で発散すること等によつても説明出来る)。このような前面での急上昇、後面での下降発散等は、或距離内での地形の勾配を示表する、高度差が関係しているようであり、本研究では、この起伏計測値を上昇に対しては正の背後高度、下降に対しては負の背後高度と呼ぶことにした。

いま、「1km 接峯—3km 接谷」面と「1km 接峯—1km 接谷—8km 接谷」面の平均高度 H 、主風の方向に沿つた背後高度を h とすれば、降水量 R は

$$R=f_1(H)+f_2(h)$$

で示され、 H によつて大局的に定められた降水量に、

h による局部的降水量が正～負の形で上積みされ、それによつて現実の降水量が定るものと考えられる。

背後高度の計測は、前節 (Spreen の方法を準用した場合) では、地点を中心にして 5 km 相当の円を描き、円内の最高点とその点との標高差を読むことによつて器械的に求められたのであるが、ここでは、主風の方を考慮して、その風上、風下方向での起伏差を求めることが必要であり、計測に先立つて主風の方を把握することが前提と考えられる。

雨をもたらす主風の方角は、出来うれば、観測資料を利用するのが、最も容易であり、且つ實際的である。しかしながら、この目的で利用しうる資料は、現在気象官署でも不備であり、その上、福岡県周辺での官署は福岡・飯塚・佐賀・日田の4カ地点があるだけで、全域の傾向を知るのは極めて不満足な状態であ

第3表 各種の計測法による高度示度 (埋積接峯及び切削接谷作業による)
Table 3. Some Altitude-Index by different topographical-operation to estimation of precipitation.

観測所名 (地名)	年降水量 (m)	高度示度 Altitude Index						
		海拔高 (m)	1接峯— 1接谷 (m)	1接峯— 3接谷 (m)	1接峯— 1接谷— 3接峯 (m)	1接峯— 3接谷— 5接峯 (m)	1接峯— 8接峯 (m)	$\frac{((1峯-3谷)+(1峯-1谷-8峯))}{2} \times \frac{1}{2}$ (m)
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
福岡 平尾 春日 水御 日 二篠 大屋 南東 曲背 東今 前深 福七 門下 小若 八大 河 中 項 上 中 芦 直 大	岡尾	1651	3	5	5	10	20	10
	原城	1699	62	40	25	25	40	20
	笠市	1710	20	30	30	35	110	65
	栗川	1750	39	45	35	70	245	150
	原畑	1789	62	95	45	160	100	245
	部	1970	45	45	45	75	90	240
	淵	1790	40	50	45	140	170	330
	振	1645	16	30	20	30	30	40
	郷	1817	35	45	45	40	45	90
	津	2122	80	140	135	220	310	420
	原	1830	34	45	45	180	200	370
	江	2340	170	275	265	350	320	440
	吉	2505	960	850	650	910	680	860
	山	1665	25	40	40	80	40	130
	司	1595	5	30	10	30	20	50
関	1597	6	35	20	30	30	90	
閩	1740	4	20	15	60	20	160	
倉	1690	3	40	16	10	20	70	
松	2061	120	230	240	390	500	620	
幡	1714	8	50	50	100	50	200	
藏	1701	46	40	40	40	40	80	
内	1687	6	20	10	50	55	200	
谷	1643	4	30	20	30	20	45	
吉	1700	7	40	20	50	20	70	
役	1949	64	110	80	90	85	120	
間	2090	200	340	305	370	305	410	
屋	2139	132	320	280	380	280	470	
方	2157	120	320	270	330	320	540	
浦	1684	59	40	40	40	40	90	
	1629	10	25	20	20	25	75	
	1541	11	10	10	10	15	25	
	1675	14	30	30	10	30	110	
	1617	25	45	40	100	50	120	

観測所 (地名)	年降水量 (m)	高度示度 Altitude Index							
		海拔高 ③ (m)	1接峯— 1接谷 ④ (m)	1接峯— 3接谷 ⑤ (m)	1接峯— 1接谷— 3接峯 ⑥ (m)	1接峯— 3接谷— 5接峯 ⑦ (m)	1接峯— 1接谷— 8接峯 ⑧ (m)	[(1峯—3谷)+ (1峯—1谷— 8峯)]×½ ⑨ (m)	
電福方 勾田後 添落英 飯山嶺 大内新 大銀若 神柳羽 福黒大 星矢佐 立三鳥 小古三 久山北 大甘秋 志吉小 宝小日 中小	徳丸	1724	25	70	40	40	40	95	60
	1720	20	45	65	30	60	140	110	
	1650	45	70	55	40	40	170	120	
	1688	36	40	55	40	40	90	70	
	1754	66	35	45	40	35	150	130	
	1818	50	50	50	45	40	110	130	
	1852	82	110	95	170	170	300	200	
	2195	260	300	300	440	390	545	430	
	2569	600	650	620	700	620	700	650	
	1754	36	40	35	35	80	60		
藤彦	1809	85	90	85	105	110	180	140	
	1867	35	45	45	40	40	80	85	
	1904	42	90	70	100	90	180	130	
	2182	100	75	180	280	270	350	250	
	1648	2	2	0	0	5	10	10	
	1645	3	10	15	15	15	40	30	
	1599	12	15	20	20	20	45	20	
	1759	4	5	5	5	5	5	5	
	1734	3	3	3	5	5	5	5	
	1782	4	5	5	10	5	10	20	
犬	1811	3	15	15	15	20	25	20	
	1858	31	35	35	35	40	80	50	
	1965	105	145	145	260	260	330	240	
	2308	250	340	345	560	540	625	475	
	2317	220	345	345	540	490	625	490	
	2570	335	340	480	520	600	740	640	
	1851	4	5	5	5	5	5	10	
	1941	20	30	30	30	30	40	35	
	1920	14	45	35	35	40	50	40	
	1964	14	35	25	35	35	35	30	
留	1940	35	40	40	40	45	50	40	
	2341	195	345	345	470	430	520	440	
	2467	395	485	465	480	490	550	520	
	1870	12	15	15	20	20	30	25	
	1901	14	40	30	35	35	45	40	
	1857	10	15	15	15	20	30	25	
	1863	10	20	20	30	30	35	25	
	1811	38	45	40	40	40	45	40	
	2182	110	190	150	340	310	425	300	
	1940	36	75	60	120	75	245	115	
刀	1898	27	40	30	40	45	200	110	
	2021	100	240	220	240	230	325	280	
	2034	130	280	240	350	310	390	325	
	2518	425	530	510	580	520	650	590	
	1907	87	90	110	250	140	250	180	
	2351	400	470	470	800	610	800	630	
	2297	433	480	475	605	560	605	540	
	1699	4	5	5	30	10	30	15	
	1961	115	210	180	180	220	280	230	
	2034	210	380	330	450	400	520	430	
泉城良	1549	3	2	5	5	5	10	5	
	1543	32	30	35	50	35	45	35	
	1527	5	10	15	20	30	30	35	
	1487	15	40	35	80	40	80	60	
	1467	15	35	30	60	40	60	35	
	1690	215	250	225	300	290	300	260	
	1762	174	250	230	500	350	500	370	

① observatory ② annual precipitation ③ sea level ④ (1km (width) buried-valley summit level) → (1km cutting-off valley level) ⑤ 1 B. S. L → 3C. V. L ⑥ 1 B. S. L → 1C. V. L → 3B. S. L ⑦ 1 B. S. L → 3C. V. L → 5B. S. L ⑧ 1 B. S. L → 1C. V. L → 8B. S. L ⑨ (⑥+⑧)×½

る。従つて、何等かの方法によつて雨をもたらす主風の方向を客観的に把握することが必要であり、その目的で次の解析を行った。

前節の背後高度の測定法を利用して、5 km 円内の最高点との高度差と方位、更に副因子としてこれと異つた方位にも可成りの高度の山がある場合はその高度差と方位をも計測しておく。そして、高度差が或程度以上（たとえば100m以上）の地点を方位別に色別し、その上で降水量と高度 H （接谷+接峯高度）との相関図を作成すれば、どの方位の高度が相対的にプラスに働き、また、マイナスに働いているかが図上の点の位置から判定され、これにより主風の方向が帰納的に把握される筈である。

第3表は、各観測値地点別の年降数量、3~11月の9ヶ月降水量、同対年比、4~9月の6ヶ月降水量、同対年比、「接谷+接峯」高度、各種の計測法による背後高度、高度と背後高度による年降水量推定値を示したものであるが、以下その数値を利用して検討を行いたい。

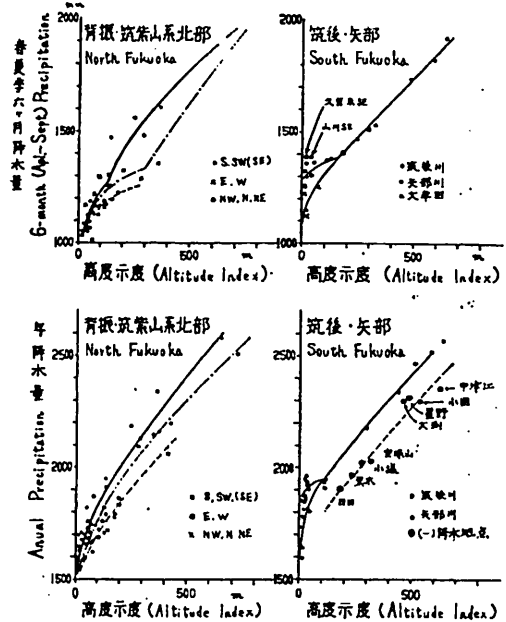
主風の方向は、季節と地域によつて異なるのが普通である。そこで先ず4月から9月迄の半年降水量と「接谷-接峯」高度との関係を背後高度方位（5 km 円内最高点）で識別した相関図を次の地域毎に作成して検討を行った。

背筑 振業 山系 北部	糸島地域 福岡地域 北九州地域 筑豊地域	筑後 後部 川流 域	筑後川下流域 日田・津江地域 矢部川流域 佐賀地域				
				豊前 地域	行橋地域 中津地域 四日市地域		

第4図(1)(2)は夫々、筑業・背振山系北部と筑後・矢部流域における、半年降水量の相関図を示したものであるが、これによつて次のことが判断される。

○ 背振・筑業山系の北部での3月~9月の降水量は、N~NE方向に高い山塊を控えた地点に相対的に少くあらわれ、逆にS~SW方向に高起伏の山塊を控えた地点に多くあらわれている。従つて、この季節における主風は大略、北N乃至北東NE方向から吹いて来るものと判断することが出来る。

○ 筑後川・矢部川流域では、北部の場合と異つて、方位による規則性が明かでない。ただ、耳納山脈の西端、北西面にある久留米、山川の2地点に相対的



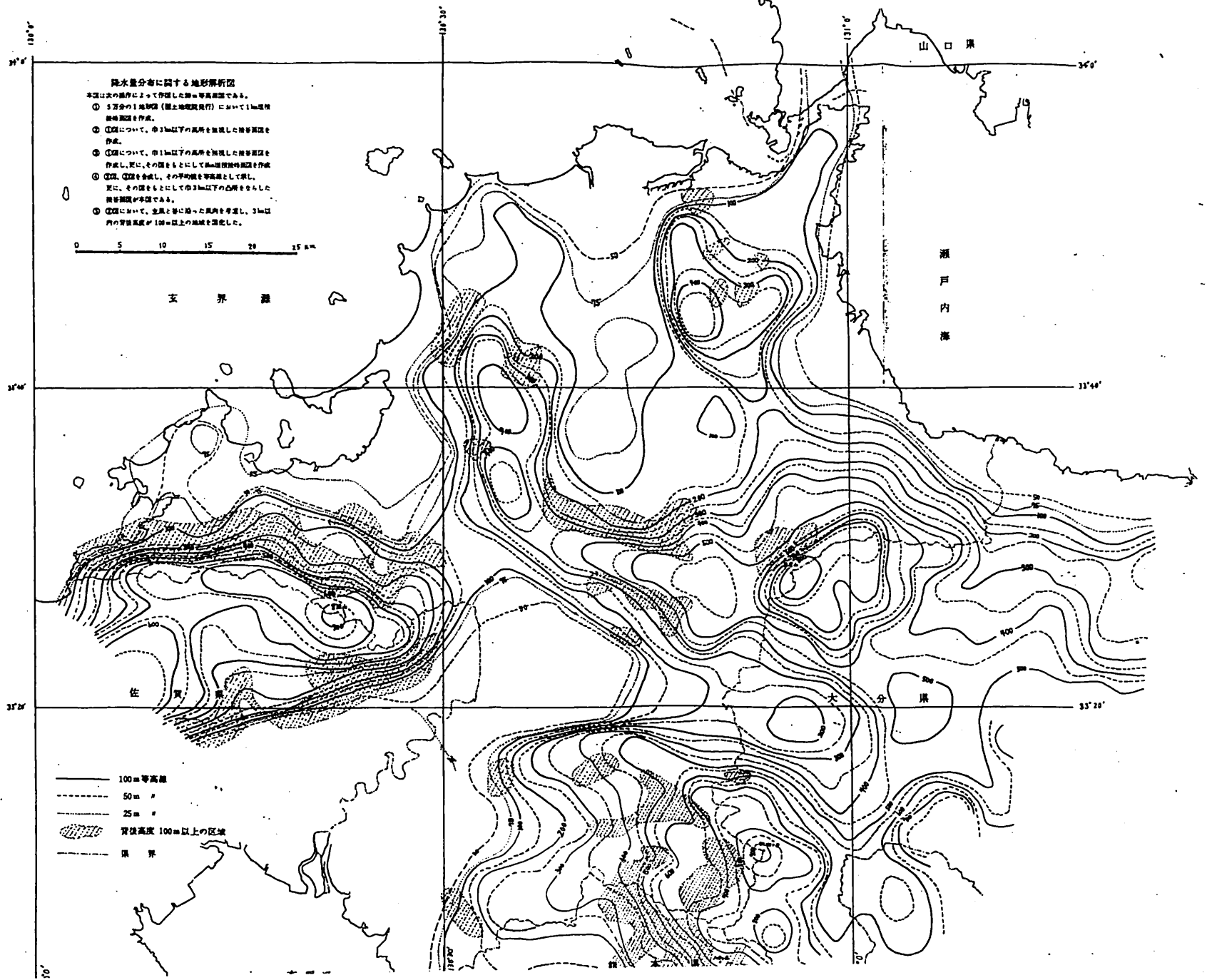
第4図 背後高度方位別、降水量（年及び半年）と高度示度の関係
Fig. 4. Relations between altitude-index and precipitation (annual and 6-months) by relief direction.

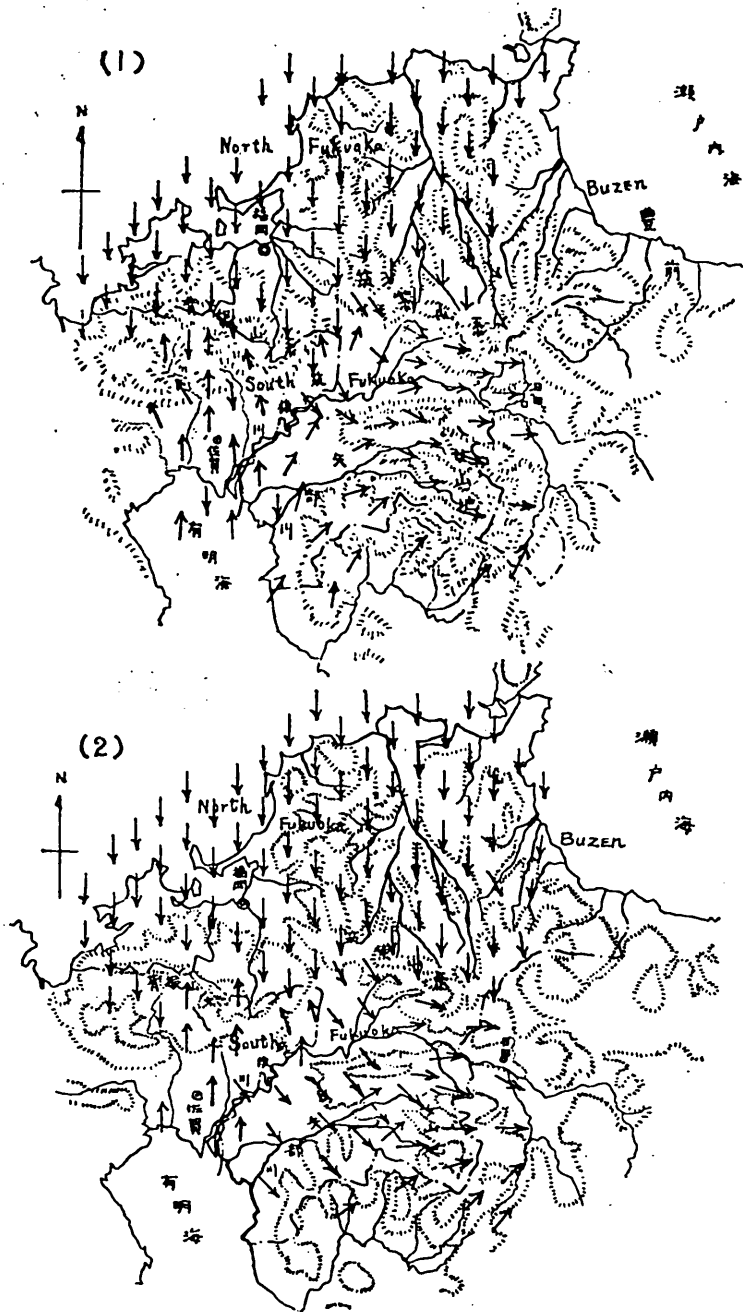
に降水が多く、筑後川中流部で、W方向に高起伏の山塊を控える宝珠山、小塩に降水が少くあらわれていることが認められる。この地域では、北方の玄海灘方面からの気流と、南西の東支那海方面からの気流が想定されるが、春夏季の場合、大部分の地域で、N, Sの方向の気流が交互して正負を打消し合い、結果として、接谷-接峯面（折込みの地形解析図）の流線方向に沿つて気流が上昇するものと解される。ただ、北から筑後平野に吹込んだ気流が耳納山脈を急上昇する場合に、影響をうける久留米、山川に降水が多く、また、吹き込んだ気流が谷の方向に従つて、西風となつて集束する可能性のある筑後川中流域では、西側の山塊によつて負の背後高度の影響がもたらされているものと考えられる。

以上を総合すると、春夏季において、背後高度による分布変動をもたらす主風の方向は大略、第5図(1)に示すようなものと想像される。

次に、秋~冬季の主風の方向を解析することが必要であるが、既に、前記の通り春夏季の状況がわかつているので、年間降水量を直接検討しても、この間の事

降水量分布に関する地形解析図
Topographical Analysis Map concerning Precipitation





第5図 降水分布の変異をもたらす主風の方角

(1) 春～夏季 (2) 全年

Fig. 5. main wind-direction by which distributional variation caused. (1) Apl.~Sept. (2) annual

情を大略推定出来るはずである。なお、所謂、暖季に相当する3~11月の9カ月間の状況をも把握する必要性が感じられるが、此の期間の降水量の対全年百分率が地域毎に大略似通つた数値を示すところから(第4表)、年降水量の場合とほぼ同様に取扱えるものと判断して、検討を省略することにした。

年降水量と「接谷+接峯」面高度との関係を、春夏半年降水量の場合と同様、背後高度の方位別に識別した相関図が第4図(3)(4)である。この図を、前記の春夏季の状況を考慮して検討すると、大略、次のようなことが判断される。

○ 背振・筑紫山系北部では、全年を通じて、北方向に高起伏の山地を控える地点では、下降~発散気流の影響をうけるものと解されて降水量が相対的に少くあらわれており、南方向に高起伏の山を控える地点では逆に、上昇気流の影響が強くあらわれて、降水量が多くなっている。従つて、この地域における、雨をもたらす主風は北N方向から吹いて来るものと判断される。

○ 筑後川・矢部川流域では、内部地区によつて若干異つた様相が認められる。筑後川流域では、いずれの山からも遠い筑後平野の中心部にある北野や、北方向に筑紫山系を控える甘木において、若干降水量が少く、南方に耳納山地を控える久留米、山川に多くなつており、また、平野に吹込んだ気流が、地溝谷に從つて西風となつて集束する中流域では、南或いは北方に山地を控える吉井・志波の低地では背後高度の影響があらわれず、山地で、西側に山を控える、宝珠山・小塩等では、下降気流の影響で降水が少くなっている。筑後上流域では、周囲を山でかこまれた日田・中津江・小国等、いずれの方向の気流によつても、下降~発散の影響をうける地点が、相対的に矢張り少くなつてることが認められる。矢部川流域では、相対的に降水の多い地点は認められないが、四囲を山で囲まれた、盆地性の黒木・屋野・大淵で降水が少くあらわれている。筑後平野の状況から、北東の主風を考えた場合、いずれも、北東に可成りの起伏を有する地点となつている。佐賀・背振山系南部では、北と南の気流が交互して雨をもたらすようであり、背後高度による正負の影響は認められない。従つて、筑後・矢部川流域では、北~北東方向とそれが地形によつて西方向から集束する地点で、主として背後高度による負の影響が強くあらわれているものと解される。

以上を総合すると、必ずしも常風的なものではないが、背後高度により正負の局所変異をもたらす気流の方向は、年間及び春夏秋(9カ月)の場合、大略第5図(2)に示す通りになるものと推定される。

このようにして推定された主風の方向に從つて、その風上、或いは風下側にある高所への起伏量を計測し(この場合、風向に対して直角に近い方向にある高所は、もはや、気流の上昇・下降に無関係のものとなり、起伏量計測の対象にはならない)、風上側のものを下降気流をもたらす地形因子として負、風下側のものを上昇気流をもたらすものとして正の背後高度として取扱う。これによつて各観測地点を識別し、あらためて降水量と高度示度との関係を検討すれば、より密接な相関性が求められる筈である。

6. 降水量の推定と分布図の作成

これまで述べて来たところから、降水量分布を地形的に解析する因子として、高度示度と背後高度をとりあげることが出来、これらによつて、降水量との重相関性を求めることが出来るはずである。

高度示度=「1km埋積接峯→3km切削接谷」面高度と「1km埋積接峯→1km切削接谷→8km埋積接峯」面高度の平均高度。

背後高度=主風の方向に沿つて5km以内にある最高点と、その地点との起伏差、風上側のものを負、風下側のものは正、なお、計測図としては、小規模な地形の影響をさけるため「1km埋積接峯→1km切削接谷」面図を使用した。なお、谷間の地点などでは正と負の背後高度の両方が計測される場合があるが、仮に、谷の中心線から2km以内にある地点については、負の背後高度を優先して用いることにした。

降水量=調整を行つた平均年降水量。上記の各計測値は、第4表に示すとおりである。

第6図(1)(2)(3)は、背後高度区分によつて識別した、各地域別「降水量-高度示度」の相関図である。

○ 背後高度区分

{	-101m 以下
	-20m~-100m
	(-19m~+149m)
	+150m 以上

○ 地域区分

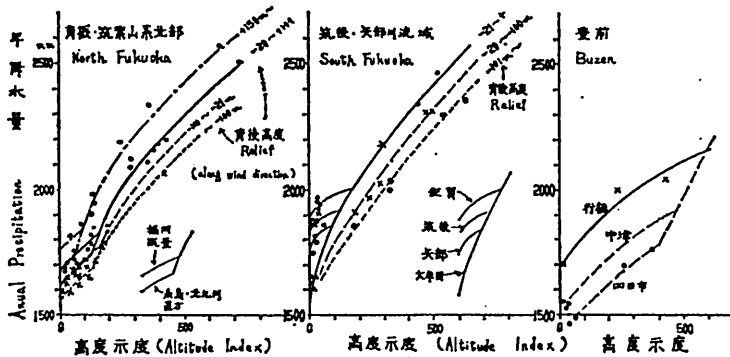
背振・筑紫山系北部=玄海灘・響灘に面した、県北部地域、細区分として、糸島・福岡・北九州・筑豊地

第4表 全年及び9ヶ月、6ヶ月降水量推定要素及び推定値
 Table 4. precipitation (annual, 9-months and 6-months), factors of our estimating methods and estimated value.

地域①		観測所②	年降水量 Y ③	4月～9月 降水量④		3月～11月 降水量⑤		接谷十 接峯⑥ 高度 X ₁	5km 円内 背後高度⑦		主風方向 背後高度 X ₂ ⑧	年降水量 推定値 Y	差⑨ Y - Y		
大地域	地区			半 年 降水量	対全 年率	9ヶ月 降水量	対全 年率		高度 X ₁	背後 高度				同方位	背後 高度
			(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			
筑 背 振 山 系 北	福 岡	福平	1651	1123	0.680	1417	0.858	10	50	S	50	N	1650	-1	
		日原	1699	1161	0.684	1466	0.863	20	40	S	20	N	1680	-11	
		春日	1710					65	270	E	10	N	1735	20	
		水城	1750	1200	0.698	1523	0.870	150	270	N·E	-80	N	1770	20	
		御笠	1789	1229	0.684	1567	0.876	175	640	N·E	-110	N	1775	-14	
		二日市	1970	1472	0.745	1738	0.882	140	280	W	160	N	1940	-30	
		篠栗	1790					180	570	N·E	-200	N	1780	-10	
		大川	1645	1090	0.682	1410	0.857	15	120	N	-100	N	1630	-15	
		原形	1817	1127	0.620	1623	0.893	40	380	S·W	270	N	1770	47	
		南東	2122	1484	0.699	1842	0.868	290	540	S·W	490	N	2190	68	
		入都	1830	1287	0.704	1565	0.855	200	350	E	140	N	1890	60	
		曲背	2340	1605	0.685	1998	0.854	360	500	S	430	N	2300	-40	
		東郷	2505	1993	0.685	2188	0.874	720	50	E	0	N	2510	5	
		津原	1665	1157	0.695	1437	0.863	80	90	S(W)	-30	N	1680	15	
		今深	1595	1068	0.670	1369	0.858	10	90	N·W	30	N	1600	5	
		前江	1597	1066	0.668	1369	0.857	40	160	N·W	-30	N	1600	3	
		九州	北	吉山	1740				90	650	S	650	N	1800	60
		司馬	1690	1058	0.630	1484	0.878	30	630	S·E	550	N	1690	0	
		門司	2061					420	450	N·E	-290	N	2070	9	
		下小	1714	1163	0.672	1488	0.868	75	280	S	250	N	1720	6	
		倉松	1701					30	70	N·E	50	N	1650	51	
		松嶺	1687	1160	0.688	1446	0.857	110	400	E	30	N	1710	-77	
		大幡	1643	1142	0.694	1416	0.862	20	50	W	30	N	1620	-23	
		河内	1700	1180	0.694	1457	0.857	45	400	S·W	120	N	1700	0	
		中谷	1949	1255	0.644	1688	0.866	140	320	S·W	210	N	1940	-9	
		上津	2090	1283	0.614	1793	0.858	280	120	S	120	N	2050	-40	
		津役	2139	1370	0.642	1833	0.857	350	300	S·W	130	N	2130	-9	
		間屋	2157					380	380	S·W	60	N	2170	13	
		方清	1684	1000	0.595	1453	0.863	60	390	E	30	N	1660	-24	
		浦徳	1629	1063	0.653	1365	0.838	25	80	W	-10	N	1630	1	
徳丸	1541	1032	0.670	1313	0.852	10	40	E	10	N	1590	59			
城金	1675	1124	0.677	1434	0.856	75	290	E	20	N	1670	-5			
川金	1617					80	130	S·W	-50	N	1640	23			
寺田	1724	1133	0.657	1467	0.851	60	50	N·W	0	N	1670	-54			
山田	1720	1187	0.689	1483	0.862	110	180	S	-60	N	1720	0			
田川	1650	1170	0.709	1432	0.868	120	580	N·E	-430	N	1680	30			
島川	1688	1166	0.691	1462	0.866	70	230	N	-230	N	1680	-8			
寺田	1754					130	120	S·W	60	N	1790	36			
合山	1818	1304	0.717	1596	0.878	130	130	S·W	70	N	1790	-28			
飯山	1852	1320	0.713	1619	0.874	200	300	S·E	100	N	1890	38			
塚田	2195	1688	0.769	1914	0.872	430	320	S·W	90	N	2220	25			
山田	2569	1863	0.725	2253	0.877	650	320	S·E	300	N	2570	1			
大田	1754	1216	0.693	1519	0.866	60	70	E or W	-20	N	1730	-24			
山田	1809					140	370	S·E	-80	N	1760	-49			
生野	1867	1299	0.696	1621	0.868	85	130	S·E	70	N	1750	-117			
隈野	1904	1259	0.660	1691	0.888	130	230	S	230	N	1920	16			
大内	2182	1596	0.713	1909	0.875	250	240	S·W	170	N	2150	-32			
筑 後 川 矢 部 流 域	矢 部	新大	1648	1230	0.746	1483	0.900	10	50	E			1630	-18	
		水津	1645	1127	0.708	1474	0.896	30	180	E			1650	5	
		若柳	1599	1153	0.722	1420	0.888	20	120	E			1640	41	
		沖柳	1759					5	10	N			1730	-29	
		犬塚	1734	1322				5	10	N·E			1740	6	
		島木	1782	1301	0.732	1591	0.893	20	10	N·E			1780	-2	
		黒木	1811	1363	0.753	1630	0.900	20	20	S·E			1790	-21	
		大星	1858	1365	0.735	1661	0.894	50	140	S·E			1830	-28	
		野野	1965	1473	0.750	1763	0.897	240	320	S·E	-120	N·W	1960	-5	
		佐賀	2308					475	450	N·E	-70	N·W	2300	-8	
		佐賀	2317	1740	0.752	2057	0.888	490	480	E	-100	N·W	2320	3	
		佐賀	2570	1920	0.748	2290	0.891	640	400	S·E			2570	0	
佐賀	1851					10	20	N			1870	19			

地域 ①		観測所 ②	年降水量 Y (mm) ③	4月~9月 降水量 ④		3月~11月 降水量 ⑤		接谷十接峯 ⑥ 高度 X ₁ (m)	5km円内 背後高度 ⑦		主風方向 背後高度 X ₂ ⑧ (m)	年降水量 推定値 Y (mm) ⑨	差 Y-Y (mm) ⑩
大地域	地区			半年降水量 (mm)	対全年率 (%)	9ヶ月降水量 (mm)	対全年率 (%)		背後高度 (m)	同方位			
甘木	立石	石沢	1941	1402	0.724	1685	0.868	35	40	N·W	1930	-11	
	"	"	1920					40	120	N·W	1940	20	
	"	鳥栖	1964					30	140	N·W	1930	24	
	"	小古	1940					40	370	N	1940	0	
	"	城瀬	2341					440	320	S·W	2360	15	
	"	瀨川	2467					520	230	N·E	2450	-17	
	"	久留米	1870	1393	0.745	1674	0.895	25	30	S·E	1865	-5	
	"	野川	1901	1387	0.730	1696	0.892	40	320	S·E	1880	-21	
	"	北野	1857	1255	0.675	1668	0.898	25	60	S	1865	8	
	"	大刀洗	1863	1340	0.719	1656	0.889	25	90	N·E	1860	-3	
	"	甘木	1811	1307	0.723	1601	0.884	40	200	N·E	1880	69	
	"	秋月	2182	1515	0.694	1944	0.891	300	540	N·E	2180	-2	
	"	志波	1940	1375	0.721	1723	0.888	115	360	N·E	1920	-20	
	"	吉井	1898	1374	0.725	1680	0.885	110	560	S	1920	22	
	"	小塩	2021					280	300	S·W	2040	19	
	"	小石	2034					325	290	N	2030	-4	
	日田	小石	2518	1824	0.724	2216	0.880	590	100	E	2520	2	
		日田	1907					180	170	N	1910	3	
中津		2351					630	450	S·W	2390	39		
小国		2297					540	540	S·W	2290	-7		
豊前	行橋	泉	1699	1264	0.733	1482	0.872	15	20	S·W	1725	26	
	"	上城	1961	1398	0.701	1698	0.866	230	210	S	1950	-11	
	"	伊良原	2034	1372	0.626	1737	0.854	430	240	S	2080	46	
	中津	八唐	1549	1104	0.714	1366	0.882	5	130	S·W	1540	-9	
	"	原	1543	1176	0.763	1364	0.884	35	130	S·W	1550	7	
	"	津市	1527					35	70	S	1550	23	
	四日市	中	1487					60	200	S	1490	3	
	"	高田	1467					35	270	S	1460	7	
"	津房	1690					260	220	S	1670	-20		
"	南院	1762					370	270	S	1760	-2		

(註) ① region ② Observatory ③ Annual Precip. ④ Apr-Sept 6-months precip. ⑤ March~Nov 9-months precip. ⑥ Altitude Index ⑦ Relief within 5km circle ⑧ Relief along wind direct. ⑨ estimated annual precip.



第6図 地域別降水量と高度示度、主風向方に沿った背後高度との関係
Fig. 6. Correlation between altitude index ranked by relief (measured along wind direction) and annual precipitation in individual region.

区。

筑後川・矢部川流域＝有明海にそそぐ河川流域，筑後川（含日田・小国）・矢部川・大牟田・佐賀地区に細区分。

瀬戸内（豊前）地域＝瀬戸内海に面する，行橋・中津・四日市地区。

第6図を検討することによつて大略次のようなことが言える。

○ 背後高度による影響を控除した場合，各地域の降水量は高度示度と夫々特徴ある相関性を示し，特に瀬戸内を除いた地域では，可成り広大な範囲が，夫々一本の相関曲線によつて示されている。

○ 夫々の地域内において，高度示度が大略150m以上の高い地点では，一本の相関曲線で示されるが，それ以下の低い地点では，内部の地区毎に若干異つた様相を呈している。即ち，各地区毎に或高度を境にして，相関曲線は分岐一急変して，その変曲点以下では，高度の増減の割には降水量変化がみられない。たとえて表現すると，A地区では平野部で1800mmの降水量があるが，それから若干高い地点に移つても，或高度示度までは降水量の目立つた増加がみられず，その高度以上になると，はじめて，地域の相関曲線に従うようになり，高度と共に降水量の増加がみられるようになる。これに対して平地における降水量が1600mmとA地区よりも少いB地区では，しばらくはA地区同様，高度変化に伴う降水の増加がみられないが，A地区よりも低い高度で，地域の相関曲線に乗りうつり，高度と共に降水の増加があらわれ，或高度以上になるとA・B両地区とも同じ高度変化をたどるようになる。

○ 150mの高度示度以下であられる地域内の細部地区の特性は，これまで述べて来た計測規模よりも大きい，50～80km範囲の高度の平均化によつて，その間の関係が解析出来そうであるが，ここでは実施しなかつた。

第6図の相関図を利用して各観測地点の降水量を推定することが出来るわけであるが，これによる推定値は第4表の末項に示す通りである。この表の数値をもとにした相関係数は0.967，標準誤差66.6mm，同誤差率3.54%であり，また，実測値と推定値を対比した相関図は第7図に示す通りで，非常に高い精度で，推定が行いえたことが認められる。

従つて，地形図をもとに連続等高線図として解析された「1km埋積接峯—3km切削接谷」面と「1km埋積接峯—1km切削接谷—8km埋積」面との平均高度と，1km埋積接峯—1km切削接谷面図を利用して計測された，主風方向の背後高度（-100m，-20m，+150mの等値線図として図化される）値を，第6図の相関図によつて降水量に読みかえれば，器械的操作によつて可成り高精度の降水量分布図が作成される筈である。

本報告の附図として記載している20万分の1年降水量分布図は，このような操作によつて作成したものである。なお，前掲，折込みの地形解析図には，類似法として，1km接峯—3km接谷面図による，正の背後高度の分布図を併記している。

7. 考 察

現在，利用されている Spreen の方法による地形計測法の欠陥と，計測因子の不連続分布に伴う図化操作を改善し，より少い因子で，而もより客観的，より器械的操作で，降水分布の推定を行うことを目的にして，新たな方法の提示をなしたのであるが，高度示度が150m以下の低地附近がやや狭い地区毎に相関曲線が多岐に分岐したり，また瀬戸内方面の相関曲線が多本数にわかれる等，未だ，解析因子の不備が感じられる点があるようである。

本報告では取扱けなかつたが，福岡県に隣接する大分県で，海岸から遠く，開折熔岩台地や高原が広く広がる玖珠地方においては，降水量と高度示度の相関性が低く，而も多岐にわかれることが認められた。このような山にかこまれた内陸，同じ高度で広がる高原，同じ高さの山脈が幾列にも配列する山地等では，たとえ高度示度，背後高度等の因子が同値の場合でも，内部の地点ほど降水量が少ないのが普通である。このような場合，簡便法としてその地域を細区分し，その区分毎の相関性を検討する等の方法が考えられるが，このような地形では区分界や主風の方向を客観的に認定することが困難であり，且つ，観測資料も少く，解析が進めにくい実情にある。この他の方法としては気流の上昇速度や蒸気量の減衰を考慮して，これを指標する客観的な地形計測値を考慮する必要性が感じられるが，現在海岸からの距離，「接谷+接峯」面上での勾配・露出度・露出度内の海面率等の計測が念頭に浮ぶ程度で明かでない。

このような難点は本報告で提示した方法でも、Spreenの方法でも同じく未解決の分野に属するものと判断され、新たな因子・方法による解決が必要と考えられる。

従来、降水量を推定する方式として、標高と降水量の関係を数式化して、それにより算定する例がいくつか報告されているが、福岡県周辺に適応した場合、いずれも不合理な結果に終るようである。ただ、安藤(1962)が山梨県で利用しているMathiasの方法が、単に標高を利用するのではなく、これを更に地域と標高の関数で定まる数値によつて修正している点に興味もたれたが、本報告で最も重視した地形的な面(気流の動きに関連)での検討がないのが不満に感じられた。いずれにしても気流の動き、ひいては降水の分布は、ある規模でならされた地形によつて規制されるものと考えてよく、この点、因子として直接標高を扱うのは、理論的にも、また實際上、降水分布を図化する上にも欠点となるものと想定される。従つて本報告で提示した方法が、必ずしも普遍的なものとは言えないにしても、方法的な結論として、今後、降水量推定に地形因子をとりあつかう場合、その平均化の手法、平均化の規模、平均化された地形図上での計測法が問題になることを示したと思われる。

8. 要 旨

福岡県周辺における年降水量と地形因子の相関性を検討し、その結果をもとにして降水量分布図の作成を試みた。従来、行なわれているこの種の方法として、Spreenの図相関解析法があげられるが、この方法に利用されている地形因子内に偶然性その他、計測法による若干の矛盾が認められ、更に計測因子の分布が方眼区内の中心点だけで表示されるため、連続的な等値線図としての把握が困難であり、降水量分布図の作成が必ずしも器械的操作で行い得ない等の難点がみうけられた。この種の欠点を補い、より器械的な操作で、因子の計測・解析・図化を行うため、観念的な論議をもとにして若干の試行錯誤を行い、次の推定方法を考案した。

$$R=f_1(H)+f_2(h)$$

R: 降水量 H: 高度示度

h: 主風の方向に沿つた背後高度

(a) 高度示度の計測と図化。

降水量の大小が、次の操作で平均化された高度示度

に強く規制されていることが見出された。

① 地形図上で、1 km 埋積接峯面図を作成する (50 m 等高線図)。

② ①図について、1 km 切削接谷面図を作成する (50 m 等高線図)。

③ ①図について 3 km 切削接谷面図を作成する (50 m 等高線図)。

④ ②図について 8 km 埋積接峯面図を作成する (50 m 等高線図)。

⑤ ③④図を合はせて、その平均値等高線を図化する (接谷+接峯面図, 25.50 m 等高線図)。

⑥ ⑤図の高度を高度示度とする (折込み地形解析図)。

(b) 背後高度

雨をもたらす主風の方向に沿つて、地点から 5 km 以内にある最高点とその地点の高度差で示す。風下側にあるものを、気流の上昇を促して多雨をもたらす因子として正の背後高度、風上側にあるものを、気流の下降・発散を促して少雨をもたらす因子として負の背後高度とした。

主風の方向は、観測地点をとりまく主な斜面の方位を計測し、どの方位が相対的に多雨、或いは少雨値としてあらはれるかを相関図により検討し、帰納的に定めた (第5図 p.13 参照)。

(c) 相関図

高度示度と年降水量との関係を背後高度によつて識別し、地域 (背振・筑紫山系北部、筑後・矢部川流域、瀬戸内・豊前) 毎に相関曲線を作成した (第6図 p.16 参照)。

(d) 降水分布図

上記の相関曲線を利用して、地形解析図に示された高度示度・背後高度を降水量に換算し、器械的操作により降水量分布図を作成した。

(e) 方法に対する検討

雨をもたらす気流の動きは、或程度の規模で平均化された地形によつて強く規制されるものと考えられ、本報告では、種々の規模の埋積接峯面・切削接谷面作成操作を利用して地形の平均化を試み、一応の好結果を得たものである。この方法は、決して完全なものではなく改良すべき点が多いが、方法的な結論として、今後、地形要素を利用してこの種の解析・推定を行う場合、地形を平均化する操作~手法、平均化の規模、更に、種々の平均化された地形面上での地形計測因子のとりあげ方等が重視されるべきものと言えるよ

うである。

文 献

- 1) 安藤愛次：(1962) 中部山地の林地生産力に関する研究。農林出版。
- 2) 川畑幸夫：(1961) 水文気象学。地人書館。
- 3) 気象学ハンドブック (1959) 技報堂。
- 4) 小沢行雄・吉野正敏：(1965) 小気候調査法。古今書院。
- 5) Russler, B. H. and W. C. Spreen: (1947) Topographically Adjusted Normal Iso-hyetal Maps for Western Colorado, Technical Paper 4, U. S. Weather Bureau, Washington.

- 6) 関口 武：(1962) 小気候 (気候学のうち)。古今書院。
- 7) 竹下敬司：(1964) 山地の地形形成とその林業的意義。福岡林試報 17。
降水量算定資料として利用した文献。
- 1) 福岡管区気象台：(1950~1965) 気象月報。
- 2) 福岡管区気象台：(1960) 福岡県の気象。
- 3) 福岡県：(1951) 福岡県の気象。
- 4) 大分地方気象台：(1960) 大分県の気象。
- 5) 佐賀地方気象台：(1962) 佐賀県の気象。
- 6) 熊本地方気台：(1961) 熊本県の気候。

Summary

We have considered and discussed the estimated method of annual precipitation from topographic elements, which are measured or analyzed by topographic contour maps (1/5000.....1/20000), for the purpose of drawing up of distributional map.

(1) First, we investigated, as a usual method, Spreen's one, by which the precipitation is predicted by following elements; elevation, relief, exposure, direction of main valley, direction of maximum relief, inclination and zone (Table 2, Fig. 2). Estimated result is all well so far as it goes, but it is dissatisfied that analyzed curves in co-ordinates of individual elements are unsystematic and each of the tendencies are not clear.

(2) It seems that movement of air current which bring precipitation are not obey micro-topography but correspond to averaged macro-topography, such as summit level or valley level, and analysis of topographical elements which regulate to movements of air necessitate the consideration of direction of air current. Under these consideration, Spreen's methods are not always satisfactory.

(3) We have examined average methods of topography for distributional regulation to precipitation by investigations of relations between each of the average altitude which are measured by various operations, such as buried-valley (in different width) summit level or cutting-off-mountain (in different width) valley level, and precipitation (Fig. 3, Table 3). As a results, it is recognized that closely correlation between average altitude of "1 km-buried-valley summit level → 3 km-cutting-off-mountain valley level" & "1 km-buried-valley summit level → 1 km-cutting-off-mount valley level → 8 km-buried-valley summit level" and annual precipitation exist (Fig. 3-2).

(4) In the northern part of Fukuoka prefecture, precipitations are relatively large at front area of northern direction of large relief, and relatively small at back area of southern direction of relief. In the basin of Yabe river, precipitations are relatively small at back area of north-western direction of relief, and in the else places the effects of relief are not recognized; - where, relief is expressed by difference of altitude between the maximum point within 5 km along the direction of main air current and objective point on the contour map of 1 km-cutting-off

valley level. (Fig. 4, Fig. 5)

(5) Correlation between topographical elements and annual precipitation of individual observatory (Table4) is expressed as following function;

$$P=f(H\pm h)$$

H =altitude index above-mentioned in (3),

h =relief; above-mentioned in (4)

and, their correlation curves in each of the regions are showed by Fig. 6.

coefficient of correlation; $r=0.967$,

number of datum (observatory in Fukuoka pref. and surrounding);

$$n=90,$$

standerd error;

$$s=66.6\text{mm (3.54\%)}$$

As a result obtained, we shall be able to estimate the annual precipitation, and to draw up the precipitation map by the above mentioned two factors. (reference to supplement maps)

年平均風速と蒸散条件の推定について

福島敏彦・竹下敬司

Estimations of Wind Velocity and Evaporation Condition.

Keiji Takeshita and Toshihiko Fukushima

1. ま え が き

一般に、空中から地面に対する水の供給は、プラス因子としての降水量と、マイナス因子としての蒸散量を考えることが出来る。このような水に関する問題は、近年降水量を中心にして、水資源、治水、農林立地の生産力の面で検討されており、蒸散量については大きな地方的な変異については関心がもたれながらも、狭い地域内ではむしろ定数的に取り扱える因子として地理的に等閑視されている傾向が感じられる。しかしながら、山岳地を主体として分布する林業立地においては、その微地形的变化が大きく、これに対応して蒸散量も大きな変異分布を示すことが想定されており、林業立地の上では無視することの出来ない大きな要因と考えられている。筆者等の1人竹下(1964)は、さきに山体による水平的な閉鎖度を微地形的に計測して蒸散条件指標因子と考え、林木成長との関係を(他の立地因子との関連において)検討しているが、その結果、蒸散条件因子が、非常に大きな役割を示していることを報告しており、蒸散量乃至は蒸散条件を、立地的な直接的因子として定量する必要性が強く感じられる。

筆者等はさきに福岡県における降水量分布の推定を試みたのであるが(1966a)、林地生産力、更には山岳林地における水の流通機構を明確化する観点から、これに対応すべき蒸散条件の推定を試みることにした。

蒸散量は風速・温度・気圧・湿度等と関数関係にあることが既に知られているが、これらの因子が、いずれも地形的に密接な関係にあることが想定されるので、主として地形要素による条件の推定を行うべく、本報告の取纏めを行った。

本報告の作成に当つては九州大学気象学教室武田京

一教授からは御批判を賜り、福岡管区気象台からは資料蒐集にあつての御便宜を、当场毛利伊右衛門場長、萩原幸弘研究員、加藤岩男研究員からは御助力を得た。ここに記して深く謝意を表します。

2. 蒸散条件に関する考え方

蒸散量 E は風速 W 、温度 T 、気圧 P 、湿度 H と関数的関係にあることが知られている。

$$E=f(W, T, P, H)$$

この関係を更に検討してみると次のように分けて考えることが出来る。

○ 外部的な条件

水が蒸発しようとするとき、それを促進するか、抑制するかを規制する外部環境的条件があるが、更に次のようにわけて考えることが出来る。

① 空気の蒸気未飽和条件(静的な外部条件)＝蒸発面をとりまく空気が蒸気で飽和されていないほど蒸発は促進される。飽和されているほど蒸発は抑制される。この蒸気未飽和の条件は、湿度・気温・気圧等と関数関係にあると考えられる。

② 気流の動き(動的な外的条件)＝たとえ、空気の未飽和条件が同じでも、蒸発面 E を過ぎる空気の動き方が活発なほど、蒸発は促進される。即ち、蒸発は気流の動き(≒風速)と比例関係にあると考えられる。

従つて、外的な条件は、静的な蒸気未飽和条件と気流の動きの相乗積と密接な関係を示すことが考えられる。

○ 内部的な条件

蒸発面内の温度、たとえば水温が高ければ蒸発量が增大するが、このような内部的な条件が蒸発の大小を規制している。林地を対象にした場合は地温、植物体温、植物の通気性等がこのような内部的条件として考

慮される。温度条件はその斜面の方位等の地理的条件の他に、媒体の吸熱性、熱容量等が問題になり、植物体からの通発は、植物体自身が地面から突出して蒸発面を増大させているという形状的な問題の他に、樹種・成育・着葉状況等が問題になる。これらの内部的条件は、最近かなり、調査研究が進められているが、要因が多元にわたり、現在のところ林地全部を検討するに足るほどの資料の提示がなされておらず、また、方位的な条件の他はその地理的分布が把握しにくい要因となっている。

上記のように蒸散条件としては、外的な条件と、内的な条件とに大別されるが、外的な条件が何等かの規則性を以て地理的に分布しているものと想定されるのに対して、内的な条件は一部要因を除いては、複雑で、地理的な規則性がいまいちなものと想定される。従つて本報告では、内的な条件を、偶然性が強いものとして近似的に定数的なものとみなし、専ら外的な条件について検討を加えることにした。

なお、林地の場合、森林の内外、ひいては森林の状況によつて、外的な条件も局部的に変化するが、ここでは、これを無視することにした。

以下外的な条件を、気流の動き、蒸気未飽和条件にわけて検討を加える。

3. 年平均風速の推定

(1) 解析に必要な条件因子。

風速を規制する条件を次の基本概念をもとにして検討した。

$$Q=P/R \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$v=Q/S \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{従つて } v=P/S \cdot R \quad \dots\dots\dots (3)$$

P =気圧差、若しくは風力源の大きさ

R =抵抗条件

Q =気流量

v =気流の速度；風速

S =気流の流路断面

○ 風力源としては次の2つの場合を考慮した。

① 高気圧と低気圧……これの配置規模によつて、風向・風力が定るわけであるが、年間を通じて見た場合、どこにどのように分布するかは不明なので、本邦を幾つかの地方に区分し、その年間を通じての分布構成は地方的には夫々その特色があるが、同一地方内では風は一応どこからでも吹いて来るものとした。即

ち、地方差によつて、風力源の配置規模の差を指標することにして、個々の地方内では、これを不問にすることにした。② 海洋風……常風的な風を、陸地の側から検討した場合、陸と海との気流の交換が活発に行われる海岸が最も風が強く、これから内部に入るほど弱くなるのが普通である。即ち、陸地の側から見た場合、海洋は一つの風力源とみなされる。③ 海拔高による風の遡増……上記の風力源とは異なるが、海拔高の増大と共に風速が増大することが知られており、見方をかえれば、高海拔高の地点ほど、一つの風力源に近づくものと想定されうる。

○ 抵抗条件としては、極端な場合次の2つの場合が考えられる。風を全くとおさぬ遮へい物的な抵抗と、風は一応通すが、そこを長く通ることによつて風力を減衰させる抵抗である。前者の場合是一種の防風垣のようなもので、その防風垣(遮へい物)の高さと、それによつて周囲がどの位い囲まれているかによつて抵抗の大小が判定され、これに対して後者は風が吹き通つてくる場合にうける一種の摩擦抵抗で、地表の粗度と距離の大小が抵抗の大小を指標するものと考えられる。

○ 気流の流路断面の大きさは、普通の場合は問題にならぬものとして考慮しないことにしたが、急に聳立している起伏差の大きい山岳斜面や、山の配置の関係で、急に狭くなつている地峽部や谷奥等を、気流が通過～急上昇する場合は気流が集束して風速が加速される(逆の場合は発散により減速)ので、この場合に気流の垂直的・平面的流路断面要素を考慮する必要性が感じられる。

以上の条件を考慮して、本研究では、年平均風速と次の6つの要素(殆んど地形要素)をとりあげて、その間の関係を検討することにした。

① 年平均風速

長期間の風速観測資料は、気象庁関係官署のものしか得られず、狭い一地方だけを対象にした場合、資料の数が少なくて満足な解析が行ないえないので、全国の気象官署観測資料(気象庁1961)126個を用いて、全国的でも小地域、微地形的条件をも反映した関係を求めるべく解析を行なうことにした。

② 露出度 A

一般に気流が、山岳等の障害物を乗越した場合の流線を考慮すると、或る角度をもつて吹き降り、吹き上

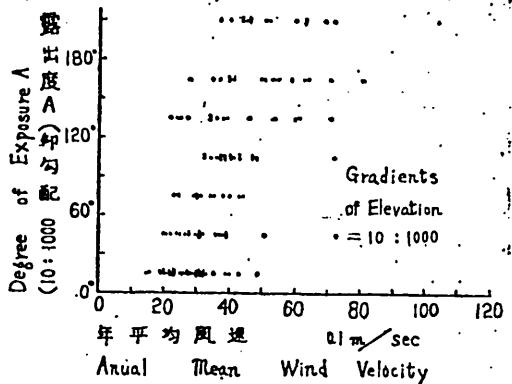
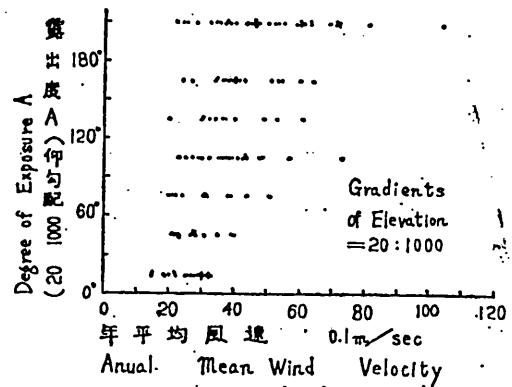
げることが考えられる。そして、この吹き降り面より低い地点（吹き降り角より大きい俯角度の地点）は、山の防風作用によつて、風から保護され、風速が小さく、これに対して吹き降り面より高い地点は、この防風作用をうけず、前者より相対的に風速が大きいたことが想定される。またこのような風が、四方八方から吹いて来ることを考えると、このような防風作用を及ぼす山地で包囲されている場合、立場をかえると包囲されていない露出度合によつて風速の大小が、規制されることになる。

このような露出度合は、山で包囲されていない水平角度で示すことが出来るが、ここで問題になるのは吹き降り角度である。

厳密に考えると吹き降り角度は、風速によつて異なるものであるが、ここではそれらの平均的な値を求めて、地形解析を行なう場合の計測上の吹き降り角度とすることにした。そこで全国の気象管署の風速資料でこの間の平均吹き降り角度を求めるべく次の解析を行なつた。

夫々の観測地点を中心にして、夫々 10/1000, 15/1000, 20/1000, 25/1000, 30/1000 の仰角を以て、四囲を一周して眺めた場合、夫々 5 万分の 1 地形図上で表示される山でさえざらねぬ、対空解放度を、水平角度で読みとり、夫々の場合の露出度とした。そして、夫々の仰角別露出度と風速との相関図を作成して、各測値の分散状況を検討した。第 1 図 (1) (2) は夫々 20/1000, 10/1000 の場合を図示したものであるが、概して、仰角の大きな 30/1000 の場合には、数多くの地点が、大きな露出度で表示されて、局所的な地形特性が反映されず（たとえば、周囲を高山で囲まれた盆地までが高露出度で表示される等の矛盾があり）、そのために、高露出度での分散が過大になることが認められ、これに対して 10/1000 の低い仰角の場合は、余りに低い山の影響があらわれ過ぎて、低露出度値の分散が過大になることが認められた。このような観点から検討した場合 20/1000（ついで 25/1000）の仰角で計測された露出度が、適度に山の高さの影響を表示し、相関図が、最も均一化された分散を示すことが見出された。

従つて本報告では 20/1000 の仰角で計測される露出度を以て、5 万分の 1 地形図上で表示される最も局所的な速へい抵抗条件を指標する因子と考え、これを露出度 A と呼ぶことにした。



第 1 図 計測仰角別、年平均風速と露出度 A の関係

Fig. 1. Relation between annual wind velocity and local exposure by individual rank of elevation gradients.

③ 露出度 B

今、同じ規模の防風垣で、同じ程度に包囲されている 2 つの地点を考えてみると、これら 2 つの地点が属する地域が異なる場合、たとえ防風垣という局所的な条件が同じでも、夫々の地域が風をうけやすい環境にあるか、否かで、夫々の地点の風速は異なつてくるはずである。即ち、前記の局所的な露出度だけではなく、更に、夫々の属する地域が広い意味でどのような防風条件下、逆に表現すると露出条件下にあるかを知ることが必要となつてくる（地域的な風力源の差は地方差で後述する）。

このような、地域的な露出度は、前記の露出度 A が局所的微地形を考慮したのに対して、大きな地形を対象にして計測することが必要であり、そのためには、

規模の小さな山々を無視する操作を施すことが必要となってくる。この目的で幾つかの試行錯誤的検討を行なった結果、次の方法によつて地域的な露出度を計測することにした。

○ 使用地形図=20万分の1地形図。○ 小さな山を無視する前作業として、孤立峯と同じ操作で、高さは同じでも群状の山が無視されるのを防ぐ意味から、3 km 埋積接峯図を作成した。○ 次に、この3 km 埋積接峯図で表示されている山で、巾10 km にみたくないものを無視すべく、10 km 切削接谷面図を作成した。○ この接谷面図を原図として、半径100 km 以内で、高い山でさえぎられぬ、水平角度を計測し、これを地域的な、露出度合を示す因子と考へて、露出度Bとした。

④ 前面比高

一般に地点が周囲より相対的に高い個所にあるほど、その前面から吹いて来る風に対する抵抗が少ないことを意味し、また気流が急傾斜を上昇する場合の収束の度が大きいことを意味するものと考えられる。即ち、相対的に高い地点ほど、風速の減衰が少なく、更に加速される条件下にあることが考えられる。このような相対的な高度は、その地点を中心とした一定距離内に起伏差で表示されうるものであるが、ここで考える風の動きは、微地形的なものよりも、やや大きな平均化された地形に影響されることが想定されるので(竹下・福島・野中1966 a)、この点を考慮して、次の地形図上の操作によつて前面比高の計測を行なった(風は、その径路の概括的な地形によつてその風向を決することが多いが、この地形の平均化操作によつて、計測される前面比高が、主風方向にも対応するようになることが多い)。○ 使用地形図=20万分の1地形図、○ 群状の山塊を強調する意味で、3 km 巾埋積接峯面図を作成、○ この接峯面図で巾3 km にみたくない小規模の山塊を無視して地形の平均化を行なうため、3 km 巾切削接谷面図を作成。○ この接谷面図を原図として、その地点を中心にして3 km 以内の最低点の高度を求め、これと地点の実標高の差を以て前面比高とした。

⑤ 海拔高

前記の風に対して或種の条件を与える相対高度とは別に、絶対的な海拔高の増大と共に風速が増加することが知られている。そこで前面比高というやや局所的な高度条件を更に大局的に補正する意味で気象官署の

海拔高を求めた(気象庁1961 a)。なお一般的な他の地点の計測には20万分の1地形図を用いることにした。

⑥ 海岸比距

常風的な気流の動きを考慮した場合、さきに述べたように、海洋が一つの風力源と考えられる。従つて、海岸から遠い地点ほど、この風力源から遠ざかり、その間の地表の抵抗によつて風速が減衰することが考えられるので、地点から海岸までの最短距離を計測して、海岸比距とし、一種の抵抗条件と考へた。

⑦ 地方

本邦は東西、及び南北に長く、風力源を構成する気団の規模、配置状況が、地方によつて異なることが想定される。しかしながら、この構成を数量的に把握するのが困難なので、その他の地方的な要因を含めて、内容を不問のまま地方差として表示することにした。地方区分は次の通り、太平洋・日本海等の海洋と、一般的な地方区分を考慮して行なった。北海道オホーツク海側、北海道日本海側、北海道太平洋側、東北地方日本海側、同内陸(盆地)、同太平洋側、北陸、中部山岳(内陸)、山陰、関東、東海、南海、瀬戸内、四国、九州太平洋側(東南九州)、同東支那海側、同朝鮮海峡側。

(2) 図相関解析

前項で述べた諸要素をとりあげて、風速との関係を共軸座標系による図相関解析法を用いて検討することにした。この解析に用いた因子及び、その順序は次の通りである。

Y : 年平均風速=各気象官署の観測値を0.1 m/sec 或いは m/sec 単位で表示。

X_1 : 露出度A=局所的な地点の露出度合20/1000の仰角で、地点を中心にして眺めた場合、山でさえぎられぬ対空・水平角度で表示。

X_2 : 露出度B=地域的な露出度合3 km 埋積接峯→10 km 切削接峯図上で、その地点を中心にして100 km 以内で、山々にさえぎられぬ水平角度で表示。

X_3 : 前面比高=3 km 埋積接峯面→3 km 切削接谷面図上で、地点を中心にして3 km 以内に計測される最低点の高さと、その地点の実標高との差をもつて表示。

X_4 : 海拔高=m単位で表示。

X_5 : 海岸比距=その地点から海岸までの距離を

第 1 表 風速解析に用いた諸因子値と風速推定値
Table 1. Analysis factors to the estimation of wind velocities, and estimated value.

地名 (観測所)	露出度 A	露出度 B	前面比高	海拔高	海岸比距	地 方	年平均風速	推定風速	$X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$ による推定風速	$ \bar{Y} - \bar{Y} $	
	X_1 (°)	X_2 (°)	X_3 (m)	X_4 (m)	X_5 (km)		X_6	\bar{Y} (m/sec)			\bar{Y} (m/sec)
留旭	165	150	22	22	1以下	北海道日本海	6.1	4.90	1.20	4.20	1.90
川	45	0	-14	111	63	"	2.1	2.80	0.70	2.80	0.70
羽	195以上	165	8	8	1以下	"	4.5	5.30	0.80	4.60	0.10
見	195以上	50	7	17	16	"	3.4	3.60	0.20	3.50	0.10
札	125	10	18	47	30	"	4.0	3.30	0.70	3.25	0.75
岩	135	90	24	24	1以下	"	3.2	4.40	1.20	3.80	0.60
小	15	0	-25	175	21	"	3.2	2.40	0.80	2.30	0.90
俱	135	30	16	16	1以下	"	7.3	4.55	2.75	3.85	3.45
寿	165	130	30	30	1以下	"	6.4	5.30	1.10	4.60	1.80
江	105	180	68	68	1以下	東北日本海	4.8	5.50	0.70	4.50	0.30
深	195以上	115	9	9	4	"	4.6	4.70	0.10	4.10	0.50
秋	195以上	160	2	2	2	"	5.9	5.00	0.90	4.35	1.55
酒	135	65	1	9	16	北 陸	3.0	3.00	0.00	3.20	0.20
福	195以上	140	12	27	7	"	3.7	4.40	0.70	4.55	0.85
金	105	195	34	34	1以下	"	5.7	4.90	0.80	4.50	1.20
相	195以上	110	2	2	2	"	4.4	4.00	0.40	3.85	0.55
新	75	40	5	13	8	"	2.1	2.80	0.70	2.95	0.85
高	75	50	12	12	2	"	3.1	3.10	0.00	3.10	0.00
伏	75	45	4	9	6	"	3.1	2.75	0.35	2.90	0.20
富	105	170	6	6	1以下	"	4.3	4.10	0.20	3.80	0.50
輪	165	0	3	3	2	東北内陸	3.9	3.55	0.35	2.95	0.95
名	15	0	5	155	70	"	3.3	2.85	0.45	2.55	0.75
盛	15	0	-49	151	78	"	1.9	2.60	0.70	2.30	0.40
山	15	0	-33	67	44	"	2.7	2.70	0.00	2.30	0.40
福	45	0	-56	354	55	"	3.1	2.70	0.40	2.35	0.75
白	15	90	-90	860	42	中部山岳	2.9	2.85	0.05	2.50	0.40
船	15	0	-42	418	55	"	3.0	2.60	0.40	2.30	0.70
長	15	160	-49	934	97	"	3.2	3.00	0.20	2.70	0.50
井	15	0	40	610	80	"	3.0	3.20	0.20	2.90	0.10
松	15	0	1	760	105	"	3.1	2.70	0.40	2.40	0.70
歌	15	0	-18	482	95	"	2.2	2.60	0.40	2.30	0.10
飯	15	0	-140	560	75	"	1.5	2.60	1.10	2.30	0.80
高	195以上	360	1875	3775	25	"	17.5	17.70	0.20	15.00	2.50
富	195	285	1000	1376	35	"	10.4	10.30	0.10	10.30	0.10
伊	15	5	2	87	52	"	3.2	2.80	0.40	2.50	0.70
彦	45	65	-70	30	1以下	山 陰	2.7	2.75	0.05	2.65	0.05
舞	15	5	-70	32	12	"	2.6	2.30	0.30	2.30	0.30
壺	45	155	2	2	1以下	"	2.8	3.25	0.45	3.20	0.40
境	165	150	17	17	2	"	3.4	4.05	0.65	4.35	0.95
鳥	165	105	7	7	2	"	3.7	3.60	0.10	3.85	0.15
米	105	100	26	26	1	"	4.3	3.70	0.60	3.80	0.50
西	75	130	-2	17	5	"	3.1	2.85	0.25	3.00	0.10
松	105	170	18	18	1以下	"	4.1	4.00	0.10	4.05	0.05
浜	135	110	46	46	1以下	朝鮮海峡	4.9	4.10	0.80	4.20	0.70
下	45	15	0	36	23	"	2.2	2.30	0.10	2.40	0.20
飯	165	80	2	2	1	"	3.4	3.15	0.25	3.40	0.00
福	135	140	21	21	1以下	"	3.7	4.10	0.40	4.20	0.50
殿	195以上	195	58	58	1	"	4.7	5.20	0.50	5.65	0.95
平	195以上	195	2	2	1以下	オホーツク海	5.1	4.40	0.70	4.55	0.55
稚	165	170	6	6	1以下	"	4.1	4.10	0.00	4.25	0.15
北	195以上	170	14	14	1以下	"	4.6	4.60	0.00	4.80	0.20
見	135	75	32	38	1以下	"	4.0	3.80	0.20	3.90	0.10
雄	165	195	28	28	1以下	"	5.3	4.40	0.90	5.05	0.25
綱	165	115	32	32	2	北海道太平洋	4.0	4.80	0.80	4.35	0.35
根	195以上	0	-9	41	45	"	2.4	2.75	0.35	2.75	0.35
銅	195以上	75	7	7	2	"	4.4	4.10	0.30	3.75	0.65
帯	165	195	34	34	1以下	"	5.1	5.85	0.75	5.15	0.05
苅	105	25	11	11	1	"	3.8	3.45	0.35	3.05	0.75
森	105	40	33	33	3	"	4.8	3.75	1.05	3.50	1.30
八	195以上	130	27	27	1以下	東北太平洋	4.6	4.30	0.30	4.80	0.20

地名 (観測所)	露出度A		露出度B		前面 比高 X ₃ (m)	海拔高 X ₄ (m)	海岸比距 X ₅ (km)	地 方 X ₆	年平均 風速 Y (m/sec)	推定風速 Ȳ (m/sec)	Y-Ȳ (m/sec)	X ₁ ·X ₂ · X ₃ による 推定風速 Ȳ (m/sec)	Ȳ-Ȳ (m/sec)
	X ₁ (°)	X ₂ (°)	X ₁ (°)	X ₂ (°)									
宮古	75	140	42	42	42	1	東	2.4	3.25	0.85	3.90	1.50	
石巻	165	115	43	43	3	3	東	3.8	3.50	0.30	4.40	0.60	
仙北	195以上	105	18	38	8	8	東	2.8	3.20	0.40	4.30	1.50	
小浜	135	145	3	3	1	1	東	3.4	3.10	0.30	3.70	0.30	
水沢	195以上	140	6	29	18	18	東	3.2	4.10	0.90	4.30	1.10	
波宮	195以上	225	849	869	37	37	東	6.9	8.20	1.30	8.70	1.80	
中宮	40	180	-65	1335	100	100	東	2.8	2.70	0.10	2.95	0.15	
前熊	195以上	65	20	120	66	66	東	2.5	3.80	1.30	4.10	1.60	
秩父	105	40	12	112	115	115	東	3.9	3.00	0.90	3.25	0.65	
鉢谷	195以上	10	5	30	64	64	東	2.2	2.95	0.75	3.20	1.00	
藤子	15	0	-82	218	75	75	東	1.5	2.10	0.60	2.30	0.80	
藤東	195以上	225	27	27	1	1	東	6.0	6.05	0.05	5.60	0.40	
藤東	75	195	12	12	1以下	1以下	東	5.1	4.30	0.80	3.85	1.25	
藤東	195以上	10	1	4	9	9	東	3.7	2.95	0.75	3.00	0.70	
藤東	195以上	80	40	40	1	1	東	5.0	4.80	0.20	4.30	0.70	
藤東	105	30	3	13	35	35	東	2.5	2.70	0.20	2.80	0.30	
藤東	105	15	10	20	8	8	東	2.7	2.95	0.25	3.00	0.30	
藤東	105	60	67	67	1以下	1以下	東	3.2	4.05	0.85	3.65	0.45	
藤東	135	75	14	14	4	4	東	3.0	3.70	0.70	3.65	0.65	
藤東	195以上	145	32	32	5	5	東	4.0	4.90	0.90	4.90	0.90	
藤東	195以上	195	45	45	1以下	1以下	東	6.3	6.10	0.20	5.50	0.80	
藤東	195以上	225	55	55	1以下	1以下	東	7.1	6.50	0.60	5.90	1.20	
藤東	135	0	40	51	17	17	東	3.6	3.25	0.35	3.35	0.25	
藤東	195以上	120	1	1	1以下	1以下	東	5.5	4.10	1.40	3.70	1.80	
藤東	105	40	19	69	12	12	東	3.6	3.20	0.40	3.30	0.30	
藤東	45	0	0	159	36	36	東	2.3	2.30	0.00	2.35	0.05	
藤東	165	40	2	2	1以下	1以下	東	3.6	3.35	0.25	3.20	0.40	
藤東	15	95	-42	14	1	1	東	2.0	2.85	0.85	2.75	0.75	
藤東	105	40	14	14	3	3	東	3.7	3.15	0.55	3.25	0.45	
藤東	195以上	225	73	73	1以下	1以下	東	5.2	6.50	1.30	6.05	0.85	
藤東	75	40	50	50	1以下	1以下	東	4.4	3.65	0.75	3.45	0.95	
藤東	195以上	35	1	1	1	1	東	3.8	3.75	0.05	3.25	0.55	
藤東	45	100	1	9	7	7	東	2.3	2.95	0.65	2.85	0.55	
藤東	195以上	150	185	185	1以下	1以下	東	6.3	6.35	0.05	5.60	0.70	
藤東	45	155	2	2	1以下	1以下	東	4.0	3.60	0.40	3.10	0.90	
藤東	15	0	4	154	26	26	東	3.0	2.55	0.45	2.50	0.50	
藤東	165	5	1	4	8	8	東	2.4	2.55	0.15	2.90	0.50	
藤東	195以上	225	418	668	4	4	東	6.0	7.25	1.25	7.45	1.45	
藤東	105	180	27	27	1以下	1以下	東	4.3	4.35	0.05	4.20	0.10	
藤東	165	195	443	1143	45	45	東	5.4	5.95	0.55	6.70	1.30	
藤東	75	5	15	40	10	10	東	2.2	1.80	0.40	2.95	0.75	
藤東	15	0	-100	146	27	27	東	1.9	1.90	0.00	2.30	0.40	
藤東	75	180	30	30	1以下	1以下	東	3.8	3.50	0.30	4.00	0.20	
藤東	15	0	-150	87	40	40	東	2.2	1.90	0.30	2.30	0.10	
藤東	180	150	38	38	1以下	1以下	東	4.3	4.85	0.55	4.65	0.35	
藤東	75	0	5	4	1以下	1以下	東	3.9	2.70	1.20	2.70	1.20	
藤東	135	195	30	30	1以上	1以上	東	5.3	5.00	0.30	4.80	0.50	
藤東	165	195	23	23	1以下	1以下	東	6.0	5.20	0.80	4.95	1.05	
藤東	195以上	225	191	191	2	2	東	8.1	6.85	1.25	6.65	1.45	
藤東	195以上	285	36	9	1以下	1以下	東	7.1	6.30	0.80	5.70	1.40	
藤東	195以上	285	80	80	1以下	1以下	東	7.2	7.40	0.20	6.70	0.50	
藤東	195以上	360	81	81	1以下	1以下	東	7.2	8.40	1.20	7.65	0.45	
藤東	195以上	195	14	14	1以下	1以下	東	5.3	5.60	0.30	5.05	0.25	
藤東	45	195	3	3	1以下	1以下	東	3.9	3.70	0.20	3.30	0.60	
藤東	75	0	1	42	10	10	東	2.0	2.50	0.50	2.55	0.55	
藤東	105	25	7	7	9	9	東	2.9	2.90	0.00	2.95	0.05	
藤東	165	10	7	17	7	7	東	2.7	3.10	0.40	3.15	0.45	
藤東	165	25	58	58	1以下	1以下	東	4.0	4.10	0.10	3.70	0.30	
藤東	15	0	0	145	44	44	東	2.5	2.20	0.30	2.30	0.20	
藤東	135	15	1	4	11	11	東	2.0	2.75	0.75	2.80	0.80	
藤東	45	25	29	29	1以下	1以下	東	3.5	3.40	0.10	3.05	0.45	
藤東	105	50	3	3	3	3	東	3.5	3.10	0.40	3.00	0.50	
藤東	105	25	9	9	4	4	東	3.0	3.05	0.05	3.00	0.00	
藤東	195	25	4	4	1以下	1以下	東	3.5	3.70	0.20	3.35	0.15	

地名 (気観測所)	露出度 A X_1 (°)	露出度 B X_2 (°)	前面比高 X_3 (m)	海拔高 X_4 (m)	海岸比距 X_5 (km)	地方 X_6	年平均風速 Y (m/sec)	推定風速 \bar{Y} (m/sec)	$ \bar{Y}-Y $ (m/sec)	$X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$ による推定風速 \bar{Y}' (m/sec)	$ \bar{Y}-\bar{Y}' $ (m/sec)
松山	105	20	2	32	6	"	2.3	2.80	0.50	2.80	0.50
宇和島	15	0	42	42	1	"	2.8	3.20	0.40	2.90	0.10

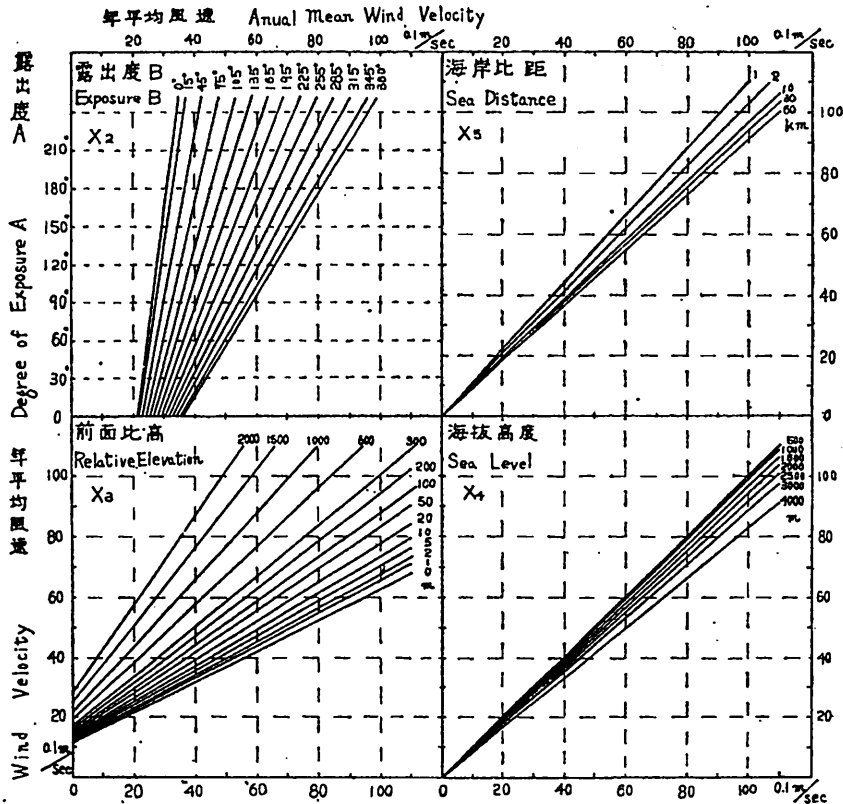
where X_1 local exposure X_2 regional exposure X_3 relative elevation X_4 sea level
 X_5 sea distance X_6 districts Y annual-mean wind velocity \bar{Y} estimated value
 \bar{Y}' estimated value by X_1, X_2, X_3

km 単位で表示。
 X_6 : 地方=全国を18地方に区分。

以上の計測値は第1表に示す通りである。

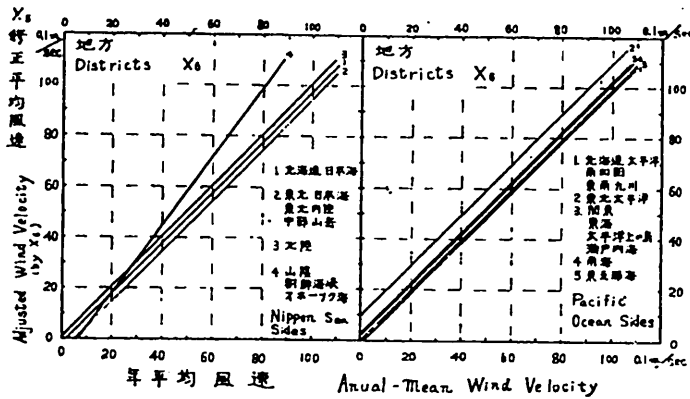
これらの因子を用いて、図相関解析をした結果は第2図(1)(2)に示す通りである。解析法を略記すると次の通りである。○ X_2 の露出度Bを用いて、これにより30°毎のグループに分け、このグループ毎に

X_1 の露出度AとY風速の関係を求め、各グループ毎の相関曲線を求める。この場合各曲線は規則的な形状と配列を示すが普通なので、この間の調整を計って決定する。○ $X_1 X_2$ によつた相関性を正しいものとして、夫々の地点の $X_1 X_2$ に対応した Y の値を求め、これを $X_1 X_2$ による修正値とする。そしてこの修正値と Y との関係を、 X_3 因子である前面比高のグループ毎に区分して、前面比高の階級別相関曲線を求め



第2図(1) 露出度 A, 露出度 B, 前面比高, 海拔高度, 海岸比距及び地方差と年平均風速との重相関関係

Fig. 2. (1) multiple correlation of local exposure, regional exposure, relative elevation, sea level, sea distance and regions to annual-mean wind velocity.



第2図(2) 露出度A, 露出度B, 前面比高, 海 高度, 海岸比
距による修正年平均風速と実測年平均 風速との関係

Fig. 2. (2) Relation between annual-mean velocity and adjusted wind velocity (by local exposure, regional exposure, relative elevation, sea level and sea distance)

る。これが、 $X_1 X_2 X_3$ による関係を示すことになる。
○ 以下 X_4, X_5, X_6 因子を用いて Y と修正値との分散と誤差を減ずる操作を施して、各相関曲線を決定し、解析を終る。○ この結果、最終的に修正された値が、これら全因子の総合による推定値となるわけである。

このようにして得られた推定値は、第1表に併記している通りであるが、これと観測値との関係は第3図に示す通りであり、一応良好な収斂性を示している。

第1表に示した推定値 \bar{Y} と実測値 Y との相関性を検討すると次の通りであり、

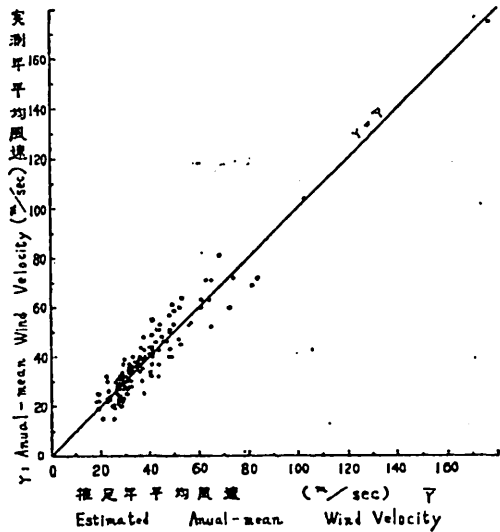
相関係数 0.942 資料数 126
標準誤差 0.64m/sec 同誤差率 15.9%

矢張り満足出来る結果を示している。

また、第2図の相関図で明らかなように、富士山のような高山を除いた場合、風速と地形要素間の分散は、大略、露出度A, 同B, 前面比高の3因子によって修正されているようにみうけられるので(この過程で、修正値と Y との関係は既に可成りの収斂性を示す)、これらの3因子のみによる推定値と、実測値との相関性を検討したところ、

相関係数 0.904 資料数 126
標準誤差 0.83m/sec

となつて、可成り高い相関性を示し、近似的に(特に1地方内では高精度で)は、露出度A, 同B, 前面比高の3因子によって風速の推定が可能なが想定される。



第3図 推定年平均風速と実測年平均風速の収斂性

Fig. 3. Astringency of relation between estimated wind velocity and researched velocity.

(3) 各因子及びその総合的關係の検討

上記の解析結果をもとに、解析に用いた諸要素の役割・性向、総合結果の普遍性、欠点等について検討を加える。

a) 風速観測値……各気象官署の風速観測は、一応、周囲の建物・林木等の影響を受けぬよう、微細な

環境条件を同一化するように努力が払われている。しかしながら、現実にはこの間の規正がうまく行かず、周囲の人為的地物の影響が強く、各観測所の風速観測値が、正しくその自然地理的環境を表示していない場合が多いとされている。このためここに用いた風速値も観測上の誤差がかなり含まれているものと解釈してよく、前記の解析結果が、相関係数の割合に、標準誤差がやや大きい嫌いがあつた一因をも、この辺に求めることが出来るようである。逆に表現するとこの解析結果が、見かけよりも、更に高精度の相関性を示していることをも想定され、満足される総合関係を示すものとも解される。

因みに、次記諸要因中、局部的露出度、僅少な相対高度が、風速条件に対して最も大きな役割を果しており、この点、観測所周囲の小さな建物・樹木の影響が、意外に大きき攪乱要因となつていることがうかがわれる。

b) 露出度A……局部的には最も大きな条件を指標する因子となつており、狭い地域を対象にした場合、相対的な風速はこの因子だけでも十分に把握されうる可能性を示している。この因子は大略21°程度までは風速と比例関係を示すが、それ以上の角度になると明かでない。

このような微地形的な要素を利用して局部的な相対風速を求める方法として、従来次のような方式が紹介されている(吉野1965)。

$$D = \frac{d}{d+b} \cdot \frac{d}{t}$$

ここで、 D =相対風速 d =谷の上面の巾
 b =谷底の巾 t =深さ。

この式の適用は、比較的広い浅い谷とされており、その応用範囲がせまいうえ、因子が多様で、分布凶化が困難と想定される。この点、露出度Aの方が単一で、しかも、よく局部的条件を反映しており、便利な因子と考えられる。

c) 露出度B……内陸・盆地・内海等の周囲が包囲された地域や、周囲より高い山岳地、海洋上の島・半島等の突出した地域の露出条件をよく表示する因子となつており、これらに対する風速の強い規制を行なつてることが認められる。大略、この露出角度と風速との間に比例関係がみとめられる。

d) 前面比高……前記の露出度A、Bと共に風速に対する最も大きな条件因子となつている。風速との関

係は一つの「べき指数関数」で表示されるようであり、

$$W = KX_3^n + C_3$$

但し、 W =風速 X_3 =前面比高
 $n < 0.5$ =定数 C_3 =定数。

小さな前面比高が意外に大きな役割を果していることが認められる。

前面比高の計測にあつて、周囲が山でかこまれているような地点では、マイナスの指標値がえられるが、この場合は、零の場合と同等に扱つても差支えないようであつた。

このような相対的高度を利用して、山頂附近の年平均風速を知る方法として従来次の方法が紹介されている(吉野1961)。

$$V_2 = V_1 \left(\frac{H_2}{H_1} \right)^{0.54}$$

但し、 V_1, V_2 = 地点1, 2における風速
 H_1, H_2 = 地点1, 2の海拔高。

本報告で利用した前面比高と風速の関係は、これと若干類似した関係を示しているが、山頂に限らず、任意の地点に適用しうる点が、利点となつている。

e) 海拔高度……これまで述べて来た因子に比較して、やや役割が小さな因子となつている。風速との関係は比例関係に近い指数関数となつている。

$$W = X_4^m$$

但し、 X_4 =海拔高 $m \leq 1$ 。

従来、海拔高と風速との関係は、対数もしくは「べき指数」的な関係にあるものと報告されているが、これとは、やや異なつた結果となつている。この解析結果はこの種の高度の気象物理現象を論議するには、かなり精度の低いものであり、ことの是非を検討するのは少々場違い的な感があるが、本報告では、高度因子を、風に対する抵抗、収束条件としての前面比高と絶対海拔高に分けて考えており、この点、立場の違いが感じられる。

f) 海岸比距…… X_1, X_2, X_3 の各因子に較べると可成り役割の低い条件因子となつているが、若干の規制性が認められる。風速との関係は、

$$W = X_5^l \quad l < 1 = \text{定数}$$

X_5 =海岸比距

となり、前面比高の場合と似ている。

g) 地方差……当初18個所にわけた地方差が若干統合されて、9つの地方差が認められる。そして山陰、

朝鮮海峡沿岸、オホーック海沿岸を除くと、地方差は極めて僅少なものとなっている。また、太平洋側と日本海側の性格が夫々強く出て、その両者に属する地方は夫々平行な直線で示されている。この点、地方差が非常にスッキリとした関係であらわれており、これまでの諸要素の働き方が、かなり規則的なものであつたことを裏書きしているものと解される。

b) 不足因子……この解析で最も大きな欠点として次の2要因があげられる。

- 平面的な風の収束条件を考慮しなかつたこと。
- 風の方向を考慮しなかつたこと。

前者については、風の吹き集る面積と、その収束角度(45°が最大)が考慮されるが、地形図上での操作が難解なことから、次の風の方向が重要なポイントになるため、これを行ない得なかつた。

後者については、気象官署での成程度の主風方向の資料はあるが、風力と風向との関係がまちまちなので、これを正当に把握することが出来ず、利用を断念した。この風向の如何によつて、これまで述べて来た各因子の働き方が大巾に変ることが想定されるが、致し方がない。ただ年平均風速の場合、風がどこからでも吹くという前提条件が、成程度容認されるので、かなり高精度の解析がなされたものと思われる。

i) 解析結果の普遍性……前項でも述べたように、平面的な風の収束条件、特に、風の方向を考慮にいれていないのが欠点となり、成程度長期間の平均的な風速を推定するには応用しうが、短期間の風速推定には応用しがたいものと思われる。

また、各種の因子について検討してみると、一応その意義を検討した上で、因子の採用を行なつたので、風速に対する単独及び相互的な関係はかなり明かなものとなつており、その点一応の普遍性を肯定することが出来るが、因子の計測上の操作が、成程度の試行錯誤的検討は行なつているものの、未だ客観性に乏しい面が多分に感じられ、この点改良すべき面が多いものと思われる。

この種の風速の推定に関する図相関解析については、さきに齊藤(1959)の報告がなされているが、本研究の場合と因子のとり方がかなり異なつており、方法的な是非を検討することが出来ない。ただ、最終的な修正因子である地方差が、本研究の場合の方が少なくなつていふことと、地形図上での分布図作成上の操作を考慮した場合、本研究の方が有利な点が、長所と

してあげられる。

綜括的にみて、とりあげた因子が、微地形的なものから大地形的なものにまで及んでいるので、全国的資料によつた結果ではあるが、5万分の1地形図程度の縮尺に対応した。微細な尺度での風速分布の推定にも活用しうるものと考えられる。

4. 蒸散条件の推定

蒸発量 E はさきにも述べたように、風速 W 、温度 T 、気圧 P 、湿度 H との関数関係にあるものと考えられる。

いま、これら諸因子と風速との関数関係が既知であるならば、逆にこれら諸因子の分布を把握することが出来る筈である。しかしながら、現実には、この間の関係は可成り複雑なものであることが知られており、また、後記するように観測上の問題もあつて、明快な関数関係を知ることはやや無理な状態にあるように想定される。従つて厳密な関係は一応不問にして、蒸散条件の推定を行なう前提条件として、まず、諸因子と蒸散量との近似関係を求めておく必要がある。

(1) 年蒸散量と諸因子との近似関係の検討と解析因子の選定。

年蒸散量と諸因子との関係を次記の年平均観測値によつて検討する。観測資料としては全国146個所の気象官署のもの(気象庁1961a, b)を利用した。

○ 蒸発量=蒸発量の観測は主として、降水量に対するマイナス因子としての対比を計るため、降水量の測定と同一露場で行なわれている。降水量は、風による斜方向の受水をさけるため、なるべく無風の環境下にあることを良とされており、このため蒸発量の観測も強い風の影響をうけぬ環境下にあることが前提となつているものと想定される。もしこのような無風環境下で観測されているものとするれば、蒸発量は専ら、静的な条件である。温度、気圧、湿度(風速の影響は受けずに)因子だけの規制をうけることになり、この間の関係を解析するのが単純化されるわけであるが、現実には第4図、第5図に示すように強い風速の影響をうけており、理論的な検討をするには、ややあいまいな値となつていふ。従つて、現実の観測値は、厳密には、その地点の動的な風速にも、静的な温度、気圧、湿度にも対応しないことになり、精度的には極めて不満足なものであるが、この点を一応考慮において、解析対象因子として用いることにした。

○ 風速＝前節での風速推定法を利用した場合、分布推定法が概知の因子として取扱うことが出来る。

○ 温度＝温度分布の推定は試みていないが、一応、客観的な方法で推定分布が可能な因子（小沢・吉野1965）と考えられるので既知因子として取扱うことにした。温度因子は空気中の蒸気飽和条件を規制する因子として働く他、蒸発面内のエネルギー源としても働くことが想定され、この辺の吟味をも必要とするようである。

○ 気圧＝蒸気圧との関係が最も明かな因子となっているので、その関係を用いて蒸気圧を直接修正する因子として用いる。ここでは解析因子としては用いないことにした。蒸気圧の修正は数表（気象ハンドブック1959）を利用し、次のように概算した。即ち、気圧と海拔高度との関係が非常に密接な関係にあることを利用して、海拔高100mにつき概略0.01mbの蒸気圧調整を行なったものである。

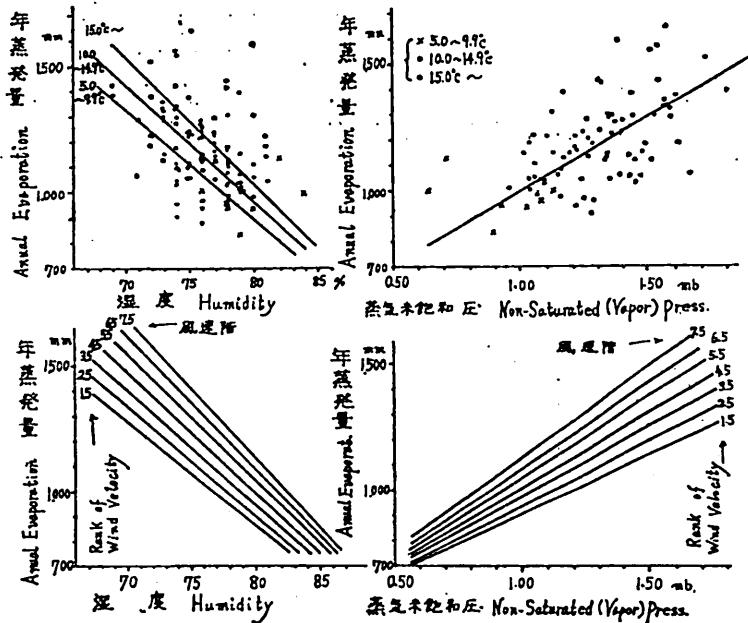
○ 湿度及び蒸気未飽和圧＝前記の気温・気圧因子が比較的容易に推定しうる因子となっているのは異なり、推定が困難な因子と考えられる。本節の蒸散条件の解析も、この因子の推定を重点事項としている。

蒸発量は大気中の水蒸気の飽和状態に最も強く規制され、水蒸気が飽和状態に近いほど蒸散が抑制され、逆に未飽和の度が大きいほど、これが助長されるものと考えられている。水蒸気の飽和度合はたとえ絶対的な蒸気量が同じでも気温によつて大巾に変動することはよく知られていることであるが、相対湿度がこの温度条件を考慮した相対的な飽和度合を意味するのに対して、蒸気未飽和圧は温度とは無関係は絶対的な未飽和量を意味する因子となつている。ここで問題になるのは、蒸発量が相対的な未飽和度と絶対的な未飽和量のどちらに強く影響されているか、また、どちらの因子の方が解析上便利であるか等である。この点については他の因子と共に次に検討する。

以上のような諸要素の内容を検討すると大略次のような要点がとりあげられる。

○ 風速因子は、蒸発に対する動的な条件を与えるものであるので、蒸発量に対する関係は他の因子と共に総合的に検討する必要があるが、温度、湿度等との因子相互間の関係は検討する必要性はない。

○ 気圧因子は、計算による具体的な修正因子とし



第4図 温度階別、風速階別、年平均湿度と年蒸発量、年平均未飽和蒸気圧と年蒸発量との関係

Fig. 4. Correlations ranked by temperature and wind velocity of annual-mean humidity and annual-mean vapor-non-saturating press to annual evaporation.

て用いたので、解析因子としては用いない。

○ 温度及び湿度或いは蒸気未飽和圧は静的な条件の構成因子として、蒸発量との関係を総合的に検討することが必要である。また、温度については蒸発面内のエネルギー源としての役割を、また、湿度と蒸気未飽和圧についてはどちらが有利な因子であるかを選定することが必要性である。

以上の事項について、検討すべく次の相関図を作成した(数値は第2表に記載)。

各地の観測資料を風力階(0~0.9m/sec, 1.0~1.9m/sec……等の1m毎に区分)によつてグループ分けし、その各風速グループの資料を更に気温階区分(5.0~9.9°C, 10.0~14.9°C, 15.0°C以上)によつて識別(図上では点のマークを変える)する。そしてこの風速グループ毎に、湿度と蒸量、及び蒸気未飽和圧と蒸発量との相関図を作成した。第4図(1)(2)(3)(4)はこれを図示したものであるが、風速階毎の相関図は、各図ともその模様が類似しているため省略し、風速階毎の相関直線だけを示した。

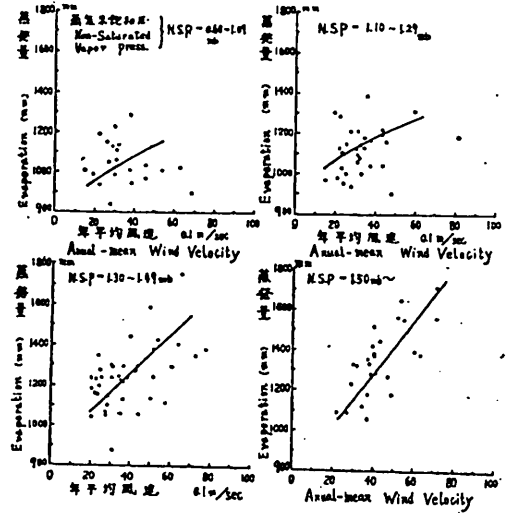
また、これとは別に全資料を蒸気未飽和圧階でグループ分けし、そのグループ毎に風速と蒸発量との相関図を作成したものが第5図である。

これらの相関図によつて次のようなことが読みとられる。

○ 蒸発量の観測露場が、風速の直接的影響をうけないような地点に設置されているという、前記の想定に反して、風速が大きいほど、蒸発量も増大して、蒸発条件が風速によつて強く規制されていることが認められる。ただ観測地点によつて露場が風から保護される状況が異なるためか、相関図の分散は著しく大きなものとなつている。

○ 気温は、湿度と蒸発量との相関図では、気温階による区分(同じ湿度でも気温が高いと蒸発量は多くなる)が認められるが、蒸気未飽和圧と蒸発量の関係では気温階による識別が認められない。即ち、湿度を利用すると更に気温を考慮して静的な蒸発条件を検討することが必要と考えられるが、未飽和蒸気圧を利用すると気温因子は最早考慮しなくてもよく、単一因子で蒸発の静的条件を指標しうると想定される。

○ 蒸気未飽和圧と蒸発量との関係で、気温因子の役割が認められないことは、気温による蒸発面内のエネルギー指標をも一応無視しうることを物語つていと解される。



第5図 未飽和蒸気圧階別の年平均風速と年蒸発量の関係

Fig. 5. Relations between annual-mean wind velocity and annual evaporation by individual rank of non-saturated (vapor) pressure.

以上の検討結果を総合すると、蒸発量は近似的に風速と蒸気未飽和圧の2因子によつて規制されることになり、風速分布は既におさえられているので、ここでは未飽和蒸気の推定方式がえられれば、蒸散条件の推定をも器械的になしうることが当然想定されうる。いま第4図の相関関係を正しいものとして、蒸発量と風速・蒸気未飽和圧との関係を求めてみると次式であらわされる。

$$E = V_F \times (a + W) \times b + c \dots\dots\dots (1)$$

E=年蒸発量 (mm)

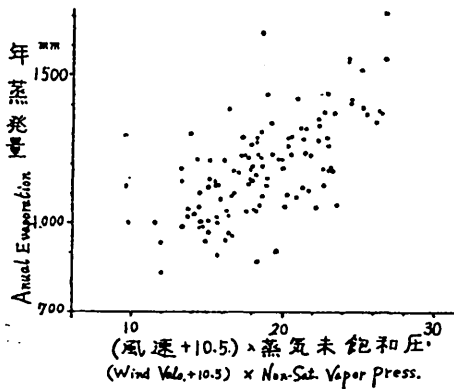
W=年平均風速 (m/sec)

V_F =年平均蒸気未飽和圧

a=定数=10.5, b=定数=42, c=定数=700

ここで、 $V_F \times (10.5 + W)$ を風速と未飽和圧との総合因子と考え、これと蒸発量との関係を求めたものが第6図である。この相関図は一見かなりの分散を示しているが、この資料数5名に相当する6~7個の過大分散値を除いて検討してみると、図上の各点の収斂度が強くあらわれており、この間の密接な相関性をうかがうことが出来る。

この分散が大きな原因は、前記の蒸発量の観測条件と風速観測条件との差異が各地点で大巾に異なつてい



第6図 風速と未飽和蒸気圧の相乗因子と年蒸発量の関係

Fig. 6. Relation between $V_p \times (10.5 + w)$ and annual evaporation, where V_p = non-saturating press, W = wind velocity.

ることによるものと思われる。このような観測上の条件を考慮すると、第4図の風速の影響は過少にあらわれていると解してよく、いま相関図の点の上限を風速の影響が強い場合、下限を風速の影響の少ない場合として、その分散状況から風速の直接的影響を判断すると(1)式の定数 a の値いは

$$a = 4 \sim 7 \quad b = 70 \sim 50$$

となり、近似的には(理論的根拠に乏しいが)

$$E = V_p \times (5 + W) \times 60 + 400 \dots\dots (2)$$

で表わされようである。

(2) 蒸気未飽和圧の推定

前項の結果として、蒸気未飽和圧の推定を行なうれば、蒸散の静的条件の推定を行なえることが、ほぼ明かとなつたので、本項ではこの推定法について検討を加えることにする。

第2表. 年蒸発量に関する気象因子と蒸気未飽和圧の推定因子
Table 2. (1) factors concerning annual-evaporation condition, and (2) estimation factors to vapor non-saturated pressure.

地名 (気象観測所) observatory	年平均風速 (1) (m/sec)	年平均気温 (2) (°C) X_2	年平均湿度 (3) (%)	年平均蒸気未飽和圧 (4) (mb) Y	年間蒸発量 (5) (mm)	(1) + (10.5) × (4)	年間降水量 (6) (mm) X_1	海洋度 (7) (%) X_3	地方 (8) X_4	推定蒸気未飽和圧 (9) \bar{Y}	
見知	留旭	6.1	7.2	78	0.96	—	15.87	1341	46	北海道日本海	1.10
	川	2.1	6.0	79	0.86	—	10.90	1144	6	"	0.83
	帆	4.5	7.0	80	0.86	—	12.87	1361	45	"	0.89
	札	3.4	7.6	76	1.08	—	14.97	1136	34	"	0.98
	岩	4.0	6.9	79	0.91	—	13.22	1251	23	"	1.05
	小	3.2	8.2	73	1.24	—	14.74	1214	51	"	1.04
	俱	3.2	6.1	80	0.82	—	10.57	1587	52	"	0.78
	寿	7.3	8.2	68	1.05	—	18.24	1284	68	"	1.05
	江	6.4	9.4	76	1.15	—	19.46	1242	32	"	1.10
	深	4.8	10.5	74	1.28	907	19.64	1514	33	東北日本海	1.12
名	秋	4.6	10.7	78	1.09	1028	16.46	1789	43	"	1.05
	酒	5.9	11.7	78	1.13	1312	18.57	1916	47	"	1.11
	福	3.0	13.8	80	1.07	983	14.56	2421	42	北 陸	1.13
	金	3.7	13.5	77	1.24	1041	17.64	2559	48	"	1.09
	相	5.7	13.0	75	1.34	1113	21.74	1623	83	"	1.41
	新	4.4	12.9	77	1.22	1165	18.22	1841	48	"	1.21
	高	2.1	12.8	78	1.16	983	14.64	3037	36	"	0.91
	伏	3.1	13.3	80	1.06	1105	14.42	2287	48	"	1.13
	富	3.1	13.2	80	1.06	1052	14.42	2370	35	"	1.10
	官	4.3	12.7	79	1.10	1043	16.33	2278	84	"	1.19
井	輸	4.3	14.2	77	1.27	1198	18.66	2491	32	"	1.14
	致	3.9	9.0	78	1.03	938	14.87	1377	36	東北内陸	1.04
	田	(2.3)	9.1	80	0.93	936	11.97	1300	50	"	1.06
	青	3.3	9.5	76	1.13	1000	15.63	1275	13	"	1.07
	盛	1.9	10.8	78	1.07	984	13.28	1236	16	"	1.18
	山	2.7	12.1	74	1.36	1046	18.19	1156	19	"	1.30
	福	3.1	11.0	75	1.22	1096	16.63	1448	15	"	1.15
	白	2.9	9.8	77	1.04	1121	15.02	1686	19	中部内陸	0.99
	船	3.0	11.1	76	1.17	1130	15.81	1001	17	"	1.28
	長	3.2	7.9	82	0.71	1129	9.72	1404	0	"	0.91
松	3.0	11.0	73	1.31	1294	17.73	1063	4	"	1.25	
	(2.4)	13.5	74	1.39	1191	17.99	1207	7	中部内陸	1.38	
甲	3.1	10.4	76	1.11	1215	15.14	1468	0	"	1.08	

地名 (気象観測所) observatory	年平均風速 ① (m/sec)	年平均気温 ② (°C) X ₂	年平均湿度 ③ (%)	年平均蒸気未飽和圧 ④ (mb) Y	年間蒸発量 ⑤ (mm)	(①+10.5) ×④	年間降水量 ⑥ (mm) X ₁	海洋度 ⑦ (%) X ₃	地方 ⑧ X ₄	按定蒸気未飽和圧 ⑨ Y
飯高	2.2	11.9	73	1.36	1290	17.29	1624	4	"	1.16
彦	1.5	10.1	79	0.96	1003	11.54	1779	8	"	0.98
舞	3.2	13.8	79	1.13	1145	15.52	1650	17	"	1.30
舞	2.7	14.1	81	1.04	1045	13.76	2264	37	山 陰	1.20
費	2.6	13.6	81	1.02	1147	13.35	2090	48	"	1.20
境	2.8	14.5	76	1.35	1146	17.98	1971	57	"	1.34
	3.4	14.5	77	1.28	1184	17.85	2036	47	"	1.30
鳥米	3.7	14.1	78	1.21	1170	17.03	1853	47	"	1.30
	4.3	13.7	77	1.25	1221	18.53	1912	94	"	1.37
西松	3.1	14.2	79	1.15	1021	15.67	1980	51	"	1.29
	4.1	14.7	73	1.53	1287	22.37	1655	50	"	1.39
浜下	4.9	15.4	74	1.50	1177	23.15	1701	52	朝鮮海峽	1.46
	2.2	15.0	78	1.24	1129	15.78	1899	43	"	1.37
飯福	3.4	15.4	76	1.38	1238	19.24	1703	54	"	1.44
	3.7	15.1	72	1.62	1182	23.04	2126	95	"	1.45
嚴平	4.7	15.7	74	1.51	1268	23.00	2320	77	"	1.39
	5.1	6.2	76	1.03	—	16.10	1161	83	オホーツク海	0.98
椎北	4.1	5.4	79	0.85	—	12.44	1239	50	"	0.82
	4.6	5.2	80	0.81	—	12.23	960	48	"	0.86
雄網	4.0	5.9	79	0.87	—	12.63	845	45	"	0.93
	5.3	5.7	80	0.82	—	13.00	1081	74	北海道太平洋	0.93
根根	4.0	5.3	81	0.77	—	11.18	1122	48	"	0.82
	2.4	5.7	77	0.96	—	12.40	942	18	"	0.87
銅茶	4.4	7.0	79	0.91	—	13.61	1207	41	"	0.93
	5.1	7.5	78	0.97	—	15.15	1110	65	"	1.02
苦浦	3.8	8.0	75	1.15	—	16.77	1082	62	"	1.07
	4.5	8.1	78	0.99	—	14.60	1177	63	"	1.06
函八	4.6	9.4	77	1.09	964	16.46	1112	51	東北太平洋	1.14
	2.4	10.4	74	1.29	954	16.70	1288	54	"	1.21
宮石	3.8	11.0	79	1.04	1006	15.10	1110	49	"	1.26
	2.8	11.3	76	1.22	940	16.27	1232	34	"	1.24
仙小	3.4	12.6	76	1.27	1132	17.72	1398	52	"	1.32
	3.2	12.8	78	1.16	1081	15.94	1396	36	北 東 関	1.32
水筑	6.9	9.5	79	0.90	893	15.66	1286	21	"	1.07
	2.8	6.7	79	0.90	834	11.97	2234	0	"	0.61
中宇	2.5	12.5	77	1.20	1149	15.15	1522	9	"	1.23
	3.9	13.4	69	1.70	1422	24.50	1246	0	"	1.38
前熊	2.2	13.7	73	1.49	1153	18.98	1294	3	"	1.38
	1.5	12.7	76	1.25	969	15.03	1413	3	"	1.27
秩鉄	6.0	15.0	77	1.30	1290	21.30	1715	71	関東太平洋	1.47
	5.1	15.2	76	1.37	1239	21.44	2074	73	"	1.39
富東	(5.1)	15.7	75	1.45	1376	22.65	1928	72	"	1.46
	3.7	14.7	71	1.66	1063	23.65	1563	25	"	1.40
横岐	5.0	14.5	74	1.46	1130	22.65	1665	36	"	1.38
	2.5	14.5	75	1.40	1236	18.25	1857	10	東海内 部	1.40
三網	2.7	14.8	78	1.22	1213	16.09	1893	39	"	1.35
	3.2	15.7	73	1.57	1322	21.53	2099	51	東 海	1.48
静浜	3.0	15.6	73	1.57	1327	21.21	2426	39	"	1.36
	4.0	15.1	72	1.61	1375	23.39	1933	53	"	1.50
御長	6.3	16.0	75	1.46	1403	24.55	2195	63	"	1.54
	7.1	16.2	74	1.52	1712	26.79	1930	74	"	1.61
名伊	3.6	14.4	76	1.34	1125	18.92	1546	19	"	1.48
	5.5	15.8	74	1.52	1550	24.30	1829	43	"	1.54
龜上	3.6	14.4	74	1.45	1293	20.47	1972	21	"	1.34
	2.3	13.3	79	1.10	1029	14.08	1525	20	近畿内 陸海	1.32
津歌	3.6	14.7	75	1.41	1214	19.93	1704	39	"	1.48
	2.0	15.2	78	1.25	1180	16.65	4186	50	"	0.91
尾和	3.7	15.5	73	1.57	1354	22.31	1435	31	"	1.52
	5.2	16.7	74	1.55	1558	24.36	2581	77	"	1.49
潮宿	4.4	16.5	75	1.48	1051	22.20	1987	72	南 四 国	1.62
	3.8	15.3	75	1.43	1233	20.48	1625	47	"	1.55
德高	2.3	15.8	76	1.39	1150	17.85	2646	46	"	1.35
	6.3	16.3	74	1.52	1377	25.58	2512	72	"	1.47
室足	4.0	17.7	72	1.73	1519	25.17	2571	78	"	1.58

地名 (気象観測所) observatory	年平均風速 ① (m/sec)	年平均気温 ② (°C) X ₂	年平均湿度 ③ (%)	年平均蒸気未飽和圧 ④ (mb) Y	年間蒸発量 ⑤ (mm)	(①+10.5) ×④	年間降水量 ⑥ (mm) X ₁	海洋度 ⑦ (%) X ₃	地方 ⑧ X ₄	推定蒸気未飽和圧 ⑨ V
宮崎	(3.8)	15.7	78	1.26	1277	18.24	2571	52	南九州	1.36
都津	3.0	15.7	81	1.06	1218	14.33	2710	48	"	1.21
油津	(4.2)	15.5	76	1.38	1267	20.35	2810	64	"	1.31
佐保	(3.5)	(16.2)	73	1.52	1121	21.32	2151	68	九州東支那海	1.44
佐賀	(2.7)	16.5	74	1.54	1096	20.36	1957	61	"	1.50
温泉	2.4	15.6	76	1.38	1268	17.86	1884	45	"	1.41
富岳	6.3	11.3	82	0.82	1022	13.76	2597	37	"	0.79
富江	4.3	16.6	74	1.55	1441	22.97	2144	97	"	1.56
阿蘇	5.4	9.4	84	0.64	1004	9.76	3255	22	"	0.58
熊本	2.2	15.7	76	1.39	1226	17.71	1869	13	"	1.39
人吉	1.9	15.2	80	1.12	1305	13.93	2504	30	"	1.21
牛深	3.8	17.4	74	1.56	1333	22.38	2198	65	"	1.50
日田	2.2	14.5	81	1.04	1188	13.24	2007	28	"	1.27
阿蘇	4.3	16.7	77	1.37	1294	20.34	2342	59	"	1.49
鹿根	3.9	16.8	78	1.31	1437	18.91	2337	60	"	1.42
枕崎	5.3	17.2	78	1.32	1424	20.90	2228	79	"	1.52
種子島	6.0	19.5	76	1.53	1391	25.28	2563	87	太平洋上島	1.65
大嶺	8.1	15.0	78	1.22	1187	22.73	3019	74	"	1.14
新島	7.1	17.7	75	1.52	1564	26.79	2583	92	"	1.52
三八島	7.7	17.8	76	1.46	1378	26.57	3333	97	"	1.44
八重島	7.2	18.1	76	1.47	1348	26.08	3018	100	"	1.45
名瀬	5.3	19.2	75	1.58	1644	18.47	3969	95	"	1.29
京大	3.9	21.2	76	1.59	1278	22.95	3033	99	"	1.67
大宮	2.0	14.6	74	1.46	1038	18.27	1579	21	瀬戸内	1.39
姫路	2.9	15.5	72	1.63	1233	21.88	1359	17	"	1.51
神戶	2.7	14.7	75	1.40	1060	18.53	1375	21	"	1.45
洲本	4.0	15.3	69	1.81	1383	26.34	1337	22	"	1.49
津山	(3.1)	15.0	76	1.35	871	18.39	1592	31	"	1.43
岡山	2.5	13.5	79	1.12	1003	14.60	1525	31	"	1.36
山形	2.0	14.5	75	1.40	1231	17.55	1138	18	"	1.48
永島	(2.3)	14.5	78	1.23	1106	16.78	1211	15	"	1.46
松島	3.5	14.7	75	1.41	1222	19.78	1596	31	"	1.41
具	(2.2)	15.6	72	1.64	1091	20.86	1407	28	"	1.52
防府	3.5	14.8	79	1.17	1390	16.40	1932	48	"	1.33
高松	3.0	15.1	77	1.31	1231	17.73	1242	30	"	1.53
多度	3.5	15.4	75	1.43	1051	20.06	1137	25	"	1.56
松山	2.3	15.3	74	1.49	1344	19.13	1379	37	"	1.52
宇和	2.8	16.1	76	1.40	1093	18.67	1714	61	"	1.52
大分	3.0	15.1	77	1.35	1295	18.25	1655	38	"	1.43

- ① wind velocity, ② temperature, ③ humidity, ④ vapor-non-saturated press.
- ⑤ evaporation, ⑥ precipitation, ⑦ degree of sea area, ⑧ districts
- ⑨ estimated non-saturated press

蒸気未飽和圧の推定に関する解析因子としては、若干の試行錯誤を行なった上、次の要素をとり上げた。なお気象関係資料はこれまでと同様、気象庁資料(1961)によつた。

① 年降水量 X₁=降水量が多い地点ほど、降水時及び曇天時の高湿度期間が長く、また、空中への蒸発源である水の量も多い可能性が想定され、総括的に年降水量が大きいほど年平均蒸気未飽和圧が小さくなるものと考えられる。

② 年平均気温 X₂=気温の上昇に伴つて、大気の飽和容量が増大し、逆に気温の下降に伴つて、飽和容量が減少することが知られている。このような飽

和容量の増減に対応して、蒸気未飽和圧も増減する可能性が大きい。

③ 海洋度 X₃=一般に海洋に近いほど気団の交換移動が活発で、雨天と晴天とのうつりかわりが早いとされている。即ち、たとえ降雨量が大きくても、乾燥天候への変化が急速に行なわれるため、比較的蒸気未飽和圧が大きいことがうかがわれる。このような点を考慮して、地点を中心にして半径 100 km 円内における面積内で海洋の占める面積百分率を算定して、海洋度とした。

④ 地方 X₄=地方によつて暖寒の海流、高低気圧配置が異なり、これによつて、蒸気未飽和圧が影響

をうけることが想定される。年間を通じてのこのような差を地方差で示すことにした。

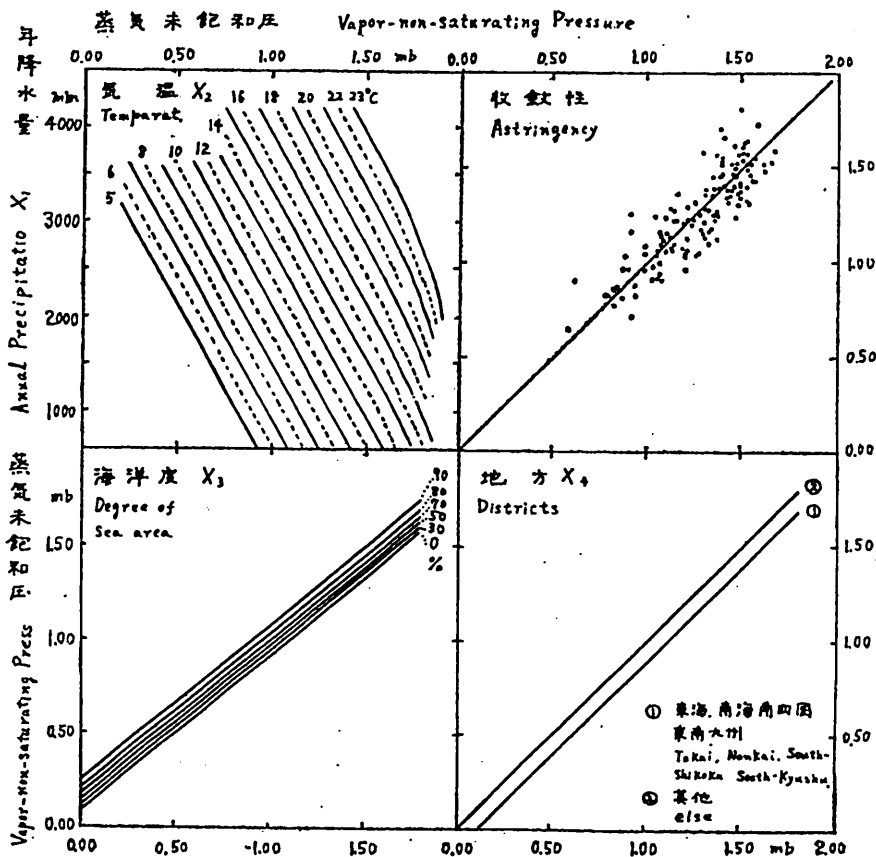
以上の諸因子と蒸気未飽和圧 Y との重相関関係を共軸座標系によつて示したのが第7図である。また、諸因子と未飽和圧、同推定値は第2表に併記している。

図相関解析の手法は風速推定の場合と同じであるが、その結果としての推定値と実測値は可成り良好な収斂性を示しており、これら諸因子を用いることによつて蒸気未飽和圧の地理的分布の推定が可能なが認められる。これらの因子の役割を検討してみると、未飽和圧の殆んどが、気温と降水量によつて規制されており、海洋度、地方差による明確な影響は認められ

るが、その役割上の比重はやや小さなものとなつている。

特に地方差は、当初可成り細分化された差違が出るものと想定したのであるが、解析の結果、黒潮と夏季の太平洋高気圧からの東南風の影響を直接受ける東海、南海四国、東南九州の沿岸（大きな山塊のかけになる個所を除く）地方と他地区とに2分されただけで終つた。

本解析はやや取り纏めを急いだので、因子の吟味・採用にやや不足が感じられるが、大略これらの要素を用いることにより蒸気未飽和圧の推定が可成りの精度で行なうものと信じられ、更に風速推定値との総合を計ることによつて蒸散条件の推定も行なうものと考えられる。



第7図 図相関解析による年降水量、年平均気温、海洋度及び地方差と蒸気未飽和圧との重相関関係

Fig. 7. multiple correlation of annual precipitation, annual-mean temperature, degree of sea area and districts to vapor-non-saturating pressure.

5. 福岡県の場合の蒸散条件の概略推定

以上は、全国的な検討を行なったものであるが、これよりも面積的に可成り小さな福岡県の蒸散条件の簡易推測について検討してみよう。

蒸散条件は風速と蒸気未飽和圧によつて推定されるわけであるが、その各々について概況を眺めると次の通りである。

風速は局部的な露出度Aと地域的な露出度B、前面比高、海拔高、海岸比距、地方差の諸因子によつて推定されるが、局部的な露出度Aを考慮すると非常に複雑な構成になるので、概況を把握する目的で露出度Aを便宜的にその平均に近い値である90°として定数として取扱ひ、それ以外の因子によつて推定を行な

う。次の蒸気未飽和圧との関連を求めるため、県下の各地区の降水量階別に風速を推定すると第3表に示す通りである。

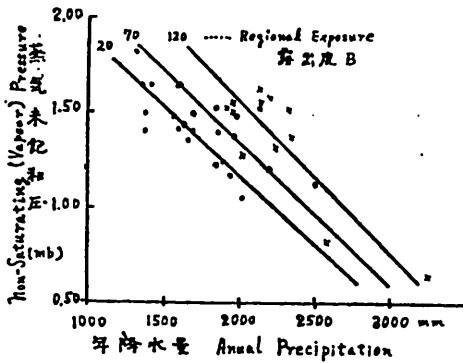
未飽和蒸気圧については気温と海洋度・地方差が問題になるが、気温条件を無視するため、地方的気温差の少ない西日本地区（南四国、東南九州を除く）の観測資料を用いることにした。また、海拔高による気温変化も、この管内の阿蘇山、雲仙岳の資料をそのまま用いることによつて無視することにした。第8図は、これらの資料を海洋度と類似した露出度Bによつて階級区分し、降水量と蒸気未飽和圧との相関性を求めたものである。この関係を利用して県下各地の降水量階別蒸気未飽和圧を概算したものを第3表に併記している。

第3表. 福岡県下における年降水量階別の地域的風速、蒸気未飽和圧と蒸散条件概況
Table 3. Regional wind velocity, non-saturating press. and evaporation condition corresponding to precipitation in Fukuoka pref.

地域 ④	福岡周辺			北九州市周辺			筑豊周辺		
	風速 ② (m/sec)	蒸気未飽和圧 ③ (mb)	(②+5) ×③	風速 ② (m/sec)	蒸気未飽和圧 ③ (mb)	(②+5) ×③	風速 ② (m/sec)	蒸気未飽和圧 ③ (mb)	(②+5) ×③
1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1600	3.50	1.63	13.9	3.65	1.60	13.8	2.85	1.50	11.8
1700	3.70	1.56	13.6	3.90	1.53	13.6	3.20	1.44	11.8
1800	3.90	1.49	13.2	4.05	1.47	13.4	3.50	1.38	11.7
1900	4.10	1.42	12.9	4.20	1.40	12.9	3.80	1.32	11.6
2000	4.35	1.35	12.5	4.25	1.33	12.3	4.10	1.26	11.5
2100	4.45	1.28	12.1	4.30	1.26	11.7	4.45	1.20	11.3
2200	4.60	1.22	11.7	4.35	1.20	11.2	4.60	1.14	10.9
2300	4.65	1.15	11.1	4.35	1.13	10.6	4.65	1.09	10.5
2400	4.70	1.07	10.4	—	—	—	4.70	1.02	10.6
2500	4.75	1.01	9.8	—	—	—	4.70	0.97	9.4
2600	—	—	—	—	—	—	4.70	0.91	8.8
2700	—	—	—	—	—	—	—	—	—

地域 ④	行橋周辺			筑後川流域			矢部川流域		
	風速 ② (m/sec)	蒸気未飽和圧 ③ (mb)	(②+5) ×③	風速 ② (m/sec)	蒸気未飽和圧 ③ (mb)	(②+5) ×③	風速 ② (m/sec)	蒸気未飽和圧 ③ (mb)	(②+5) ×③
1500	3.35	1.60	13.4	—	—	—	—	—	—
1600	3.65	1.54	13.2	—	—	—	—	—	—
1700	3.90	1.49	13.3	—	—	—	2.40	1.43	10.6
1800	4.15	1.44	13.2	3.10	1.35	10.9	2.90	1.37	10.8
1900	4.40	1.39	13.1	3.45	1.29	10.9	3.30	1.31	11.5
2000	4.65	1.34	12.9	3.60	1.24	10.7	3.65	1.25	10.8
2100	4.85	1.28	12.6	3.75	1.18	10.3	4.00	1.19	10.7
2200	5.00	1.22	12.2	3.80	1.13	9.9	4.25	1.13	10.5
2300	5.05	1.14	11.5	3.85	1.10	8.9	4.50	1.07	9.8
2400	5.05	1.08	10.9	3.90	1.01	8.2	4.60	1.01	9.7
2500	5.05	1.01	10.2	3.95	0.95	8.5	4.70	0.95	9.2
2600	—	—	—	3.95	0.89	8.0	4.70	0.85	8.6
2700	—	—	—	—	—	—	4.70	0.73	7.1

① annual precipitation, ② annual-mean wind velocity, ③ Vapor-non-saturating pressure, (②+5)×③...Index of evaporation condition, ④ regions



第8図 西日本における年降水量と年平均蒸気未飽和圧の関係(露出度Bで区分)
Fig. 8. Relation ranked by regional exposure between annual precipitation and non-saturating pressure in West-Japan.

第3表に示す風速と未飽和圧との蒸散に対する総合的影響要因を前記の(2)式に記載した $V_p \times (W+5)$ の関係で表示し、これを用いて算定した数値を同表に併記しているが、この数値が蒸散条件を指標するものとして検討してみると次のようなことが言える。

○ 厳密には各地区、各降水量階毎に異なつた蒸散指標数値となつているが、大略似通つた数値を示している。これは、各地区共、高度がますにつれて風速が増大するが、他方では降水量の増大によつて蒸気未飽和圧が減少しており、この両者が拮抗して、どこでも比較的似通つた数値を示しているものと考えられる。

○ この結果は、風速の局部的規制要因である露出度Aを、便宜的に一定と仮定して解析を進めたものであるが、このように地域的な風速因子の影響が少なくなると、蒸散条件の大小は専ら露出度Aによつて規制される局部的風速の影響を受けることが想定される。即ち、福岡県下だけを対象にした場合、近似的には、露出度Aの計測を行なえば蒸散条件を推定しうるものと考えられる。

要 旨

山岳地における森林立地の蒸散環境を推定する目的で、これに関連する因子の吟味を行ない、そのうちで最も有力な役割を果している風速と蒸気未飽和圧の推定法を検討した。

蒸発量は風速・気温・気圧・湿度と関数関係にあるとされているが、近似的には風速と蒸気未飽和圧の2

因子によつてこれを推定しうるようであつた。

風速は地形的な要素の規制をうける面が強く、次の諸要素との重相関関係によつて推定することが出来た(第2図)。

露出度A=局部的な風に対する露出関係を指標(防風抵抗の逆)。

露出度B=地域的な風に対する露出度合。

前面比高=周囲からの聳立程度を指標し、風に対する抵抗条件、収束条件を与えるものとした。

海拔高度=高高度ほど風速大。

海岸比距=海岸からの距離、抵抗指標。

地方=全国を9地方に区分。

この結果、相関係数0.942(資料数126)というかなり良好な関係が得られた。

年平均蒸気未飽和圧は次の諸因子との重相関関係によつてこれを推定することができた(第7図)。

年降水量=分布推定可能因子として、ここでは既知因子として取扱つた。

年平均気温=同上。

海洋度=地点を中心にして半径100kmの円内において海洋の占める面積百分率。

地方=黒潮と夏季東南風の影響を直接受ける東海以西の太平洋岸が区分されただけで他は一括。

露出度B=海洋度の代替因子としての利用が可能。

文 献

- 1) 川畑幸夫(1961):水文気象学。地人書館。
- 2) 気象学ハンドブック(1959):技報堂。
- 3) 気象庁(1959):観測所一覧表。気象庁。
- 4) 気象庁(1959):観測所配置図。気象庁。
- 5) 気象庁(1961a):日本の気候表の1……月別年値(1931~1960)。気象庁。
- 6) 気象庁(1961b):日本の気候表の2……地点別月別年値(1931~1960)。気象庁。
- 7) 小沢行雄・吉野正敏(1965):小気候調査法。古今書院。
- 8) 齊藤鍊一(1959):任意地点の風速を推定する方法。災害の研究5(小沢・吉野)。
- 9) 竹下敬司(1964):山地の地形形成とその林業的意義。福岡県林試報17。
- 10) 竹下敬司・福島敏彦・野中重之(1966a):地形による福岡県周辺の年降水量分布の推定。福岡県林試報18。
- 11) 吉野正敏(1961):小気候。地人書館。

Summary

We have analyzed the mutual relations of topography and topographically predictable climate-factors to the annual-mean wind velocity and evaporation condition, and investigated the estimated methods of them in Japan.

(1) We have selected topographical factors concerning estimation of wind velocity by following consideration;

$$W=k \cdot P/R \cdot S$$

where, W =wind velocity, P =scale of wind origin, R =resistance, S =topographical section to air current.

Selected elements are as follows;

X_1 : local exposure: exposure A; horizontal angle, which is not closed by surrounding mountain of over the inclination of 20/1000, to the objective point. Where, the inclination value is decided by examinations of relation between various inclined exposure angle and wind velocities (Fig. 1). This element is a kind of local resistance.

X_2 : regional exposure: exposure B; horizontal angle, which is not closed by surrounding mountain of over the same altitude within 100 km on the contour map of 10km (in width) cutting-off-mountain valley level, after operation of 3 km buried-valley summit level, to the objective point. This element regulate wind velocity as a regional resistance.

X_3 : relative elevation; difference of altitude (in meters) between the level index of lowest point within distance of 3 km on the contour map of 3 km cutting-off-mountain valley level, after operation of 3 km buried-valley summit level, and the sea level of objective point. This element shows a kinds of resistance for wind velocity and sectional condition for air concentration.

X_4 : sea level; wind velocity absolutely increase according as increase of sea level.

X_5 : relative distance from sea; distance between sea shore on the contour map of 3 km buried-valley (sea) summit level and the objective point. This element is a kind of resistance.

X_6 : districts; wind velocity is regulated by distributional construction and scale of atmospheric mass, whose constructions and scales are characteristically different on individual districts.

The multiple-correlation between above mentioned 6-elements and wind velocities are shown in Fig. 2 (1) (2), and values of them are shown in Table 1.

coefficient of correlation; $r=0.942$,

number of datum for statistics; $n=126$.

The results obtained by graphical analysis show high relation, so it is presumed that these elements are synthetically effective for the estimation, prediction or distributional drawing of the wind velocities.

(2) It is usually known the evaporation is regulated by wind velocity, temperature, air pressure and relative humidity. But, as a results, after investigations of relation between each of the elements and evaporation, it is recognized that non-saturating pressure of vapour in air is independently effective factors for the estimation of evaporation, in the case of wind velocity is constant (Fig. 4, Fig. 5).

(3) We have considered the predicted methods of annual-mean non-saturating pressure of air-vapour from annual precipitation, temperature, degree of sea area or

regional exposure, and districts (Fig. 7, Table 2). In the correlations of each of the factors, the roles of precipitation and temperature, which are topographically predictable, are most effective, and degree of sea area (percentage of sea area within 100 km diameter circle around the point) or regional exposure is sub-effective. The astringency between the estimated value and the observational value is high tendency, so we shall be able to predict the non-saturating pressure by above mentioned factors.

(4) Annual evaporation is roughly regulated by both annual-mean wind velocity and non-saturating pressure. Ordinarily, wind velocity increases accordance with increase of mountain elevation, but, on the contrary, non-saturating pressure decreases according to increase of elevation by reason of precipitation increase and temperature decrease. Therefore, in the consideration for regional area, it is occasionally recognized that the former effect contradict in opposition to the latter. In such regions, the evaporation is mainly regulated by only local exposure which largely related to local wind velocity.

林地生産力(林分材積)に関する 立地解析とその分布推定

— 福岡県下のスギ・ヒノキ林の場合 —

竹下 敬 司・福島 敏 彦
萩原 幸 弘・斉 城 巧

Stand Analysis Concerning Estimation of Forest-land Productivity

Keiji Takeshita, Toshihiko Fukushima,
Yukihiro Hagiwara and Takumi Saijoh

目 次

1. 緒 論
2. 森林土壌型分布と地形要素との概括的検討
3. 地力因子の選定とその考え方
4. 図相関解析による林地生力因子の総合と吟味
5. 林地生産力分布の推定とその効用

要 旨

林地生産力に関する立地因子の総合的把握を目的として、森林立地に関する考え方、因子の意義とそのとらえ方、計測法、それら因子の多元関数的関係とその在り方を検討し、その結果として求められた重相関関係を利用して、林地生産力分布図の作成を試みた。

1. 緒 論

最近、35年～40年林木の樹高、或いは、材積を用いて、林地生産力上の地位指数と考え、これをめぐる森林環境諸因子を総合的にとりあげることによつて、地位指数と環境因子の関係を求め、更に、未知の林地の生産力をも推定しようという、普遍的推定方法の案出が試みられるようになった(安藤1962, 竹下1964, 西沢・真下1965等)。

従前の森林立地学の辿つて来た道を極端に表現すると、理想的には気候・地質・地形・土壌・生態等の多元因子によつて立地が構成されていることを知りながらも、現実には、数ある因子を総合的に見るのを面倒

がり、何か万能薬的な単元的な因子を見出して、それによつて、簡単に地力を代表させることは出来ないものか、といった面に力が注がれていたように感じられる。この場合、これまで最も重宝がられて来たのは土壌因子であるが、これは林木が根をおろして直接養分を吸収する場所が土壌であるという単純な理由の他に、土壌がその生成過程において環境因子の総合的反映をうけているものと考え、逆に土壌を調べれば、その地点の森林立地ひいては生産力の総合的性質を読みとることが出来るといった立場が主張されていることによるものと思われる。このような根拠から主として視感的に総合されたものが森林土壌型(林試土壌調査部1957等)による適地適木判定技術であり、他方、土壌の化学性、理化学性についても有効な因子の発見のために努力が払われて来ている。

しかしながら、最近、森林立地あるいはこれに関連する研究調査が進むにつれ、森林土壌型については、やや大づかみの嫌いがあるとして精度上の不満が、土壌の化学性・物理性等の単独因子を重視することに対しては、精度上の問題と種々の矛盾点が見出されて来ており、これらにかかわるべき技術の開発が望まれるようになって来た。このような精度の改善、矛盾点の解消をはかることを目的として現在いくつかの動きがみられるが、大略次のように大別されるようである。

(a) 土壌は環境の総合指標であると言う、伝統的な立場を擁するもので、調査あるいは分析で得られる多くの土壌因子を客観的(数量化)に総合し、より普

遍的な指標を得ようとするものである。

(b) 土壌のもつ総合的な立地性を容認しながらも、そのすべてを土壌因子から読みとるのは技術的に困難であり、それよりも土壌生成に加担していると思われる気候・地質・地形等の要因を直接把握し、これらと土壌の有効因子とを並列させて総合(数量化による)を行なつた方が有利であるとするものである。

(c) 土壌の立地に対する総合性にやや批判的な立場である。本邦のような山岳林の森林土壌は、平坦～農地の土壌と異なり、侵蝕・運搬・堆積、流亡・溶解・集積を行なう地形変形の作用や水の流動が激しく而も複雑な斜面上に分布しており、森林土壌の生成に加担した環境要因が、時によつてはそのまま破壊要因となつて土壌の諸性質の構成分布を複雑にしている。従つて平坦土壌で得られた、「逆もまた真なり」の概念を、斜面の土壌に適用するのは無理であると考えられ、土壌とは別個に、気候・地質・地形等の要因を考慮し、これら全ての総合によつて地力指標を得ようとするものである。

(d) 従来の立地学が、上記のように林木を取囲む環境を、やや無機的に取扱つて来たのに対して、林木～林分の物質生産に対する同化能力を中心に考えて、生態的な見方から生産力の総合を計ろうとするものである。

以上が大略の動向であるが、筆者等は主として(b)(c)の立場にたつて、この報告の作成を試みた。なお、この立場をとつた副的な理由として次のようなものがあげられる。

○ 林地の生産性を経営上の技術として役立つためには、その地理的な分布構成を知らねばならない。この点、土壌に偏重した場合は、どうしても現地の悉皆調査によるのが原則であり、普遍的な分布の把握には膨大な経費と労力を要する。このような煩雑さを避けるためには、何等かの客観的な推定方法をとるべきであるが、その場合、利用されるのは地形・地質・気候といった要因であり、いずれにしても土壌以外の要因に頼ることが必要になるものと考えられる。従つて、土壌の内部因子で総合化を計るよりも、他の要因との総合的關係を求めた方が、より利用度が高くなる可能性が想定される。

○ 従来、土壌偏重の傾向が生じた理由として、土壌因子が化学分析なり物理分析等によつて、可なり精

細な数値まで求めることが出来たのに対して、気候・地質・地形等の因子は記載的に流れて、土壌分析値に対応するほどの細部的な解析値を求めることが困難であつたことが挙げられる。しかしながら、気候・地質・地形・生態等の問題は、最近、関連諸科学の進歩に伴つて、可成り細部的な検討が出来る段階までに進展して来ており、全ての要因を同格に扱つて総合することが、そろそろ可能になつて来ている。

○ 数理科学の応用面での開発、高速計算機器の利用が進み、多くの因子を総合的にとりあげる課程において、性向が明かでない未知の因子の偏関的性格、総合的構成内での他の因子との結びつき方、数量化、そして、その上での総合化が行なえるようになった。従つて、客観的な手法で求められるものならば、既定の方法にこだわることなく、新しい因子の計測手法の開拓とその利用が可能になつて来たと考えられる。この点、たとえ森林立地面で直ちに役立つ応用因子の開拓は遅れていても、各自その専門内での理論化が進んでいる。気候学・地形学・地質学的な知見を活用するのが非常に便利になつたと解される。

○ 林分～林木の物質同化を主体とした、生態的な生産構造の問題は、最近、可成り理論化が進んでいるが、現在、林木を中心とした、偏関数的な総合がなされている段階である。これをもう一つの生産力の見方である自然的な立地因子を中心とした理論と組み合わせれば、ほぼ満足される林地の基本的生産力が把握される筈である。しかしながら現在、自然立地的な面での生産力に関する偏関数的な理論は提示されておらず、この点、非常に不満な状況下にある。このため、最終的な総合をはかる前段階として、まず、自然立地要因での総合化を計ることが急務と考えられる。また、生態面との総合化を計りえないとしても、林地生産力の地理的分布を把握する鍵は自然立地要因の側にあると想定されるので、ここでは生態的な生産理論は一応考慮しなくてもよいものと判断される。

以上の点を基本的な態度として、本研究の解析を進めることにした。

2. 森林土壌型分布と地形要素との 概括的検討

森林土壌型は前節で述べたように、その精度の上で概括すぎる嫌いがあるが、適地適木とその地位の判定上、普遍的な因子としての価値が認められる。従つ

て、地形要素を林地生産力推定上の指標として用いる場合、その因子の取捨選択を行なう予備作業として、土壤型分布との相関性を検討すれば、どの因子が有効であり、どの因子が無効であるか、またどのような考え方で因子を選択したらよいか等の大略的な判断を下すのに役に立つものと考えられる。

幸い福岡県には林野庁の指針のもとに実施された適地適木調査の報告資料（1954～1960）があり、これによつて、県下全般にわたつて、団地地区（200～300 ha）毎の土壤型分布を知ることが出来るので、その資料を用いていくつかの地形要素との関係を検討することにした。

(1) 土壤型分布の表示法

現在、常法的に用いられている地形解析因子の大部分は、地点を指標する計測値ではなく、或程度まとまった面積区域の代表値或いは平均値となつている。このため、土壤型分布も、地点での土壤型を直接資料として用いるのではなく、面積的な平均表示をとる必要がある。

ここでは、1 km²の平均的分布状況を把握すべく、 $B_A \cdot B_B \cdot B_{D(d)} \cdot B_D \cdot B_E$ 等の各森林土壤型の出現面積（1 km²内の）をもとにして、

$$S = \left(B_E + B_D + \frac{B_{D(d)} + B_C}{2} \right) + (\text{全土壤型}) \times 100\%$$

を算出し、この1 km²当りに算出したSの値いをもとにして、

- 100% > S > 80% I型（湿性）
- 79% > S > 55% II型（やや湿性）
- 54% > S > 0% III型（乾性）

の3区分を行なつて検討を加えることにした。

(2) 定法的な地形解析因子と土壤型分布

土地利用区分的な分野で取り扱われている地形解析因子としては傾斜度、谷密度、起伏量等の因子があげられるが、森林土壤型関係では、谷密度、起伏量が利用されていることが多いので、この2因子について検討してみよう。

谷密度 = 1 km²面積内の水系本数。

起伏量 = 1 km²面積内最高点と最低点との標高差。

使用地形図 = 地理院発行5万分の1地形図。

これら2因子がとり上げられている理由を考えると、「多くの場合、山地の尾根筋に乾性土壤が出現し、尾根筋から斜面を降つて谷筋に近づくにつれて湿

性土壤が分布するようになる」といつた常識的な概念を基礎として次のような解釈が行なわれているようである。

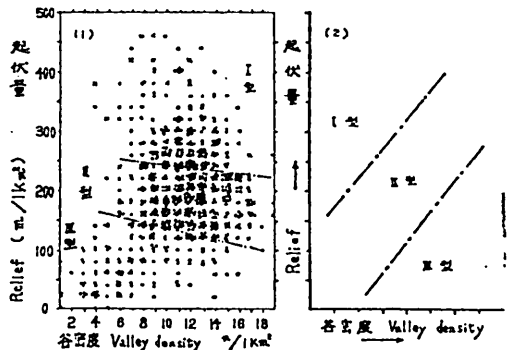
○ 谷密度……一般に谷密度の増減は、尾根密度の増減と比例関係にあると想定されている。従つて、谷密度が高い地区ほど乾性土壤の分布する尾根筋の占める割合が多くなり、逆に谷密度が低い地区ほど、尾根の占める割合が減少して、相対的に湿性土壤が多くなる筈と考えられている。

○ 起伏量……起伏量に富む山地ほど、所謂山アシの長い、長大な斜面が分布する割合が多く、従つて湿性土壤の分布する面積が大きくなり、起伏量が小さい山地ほど、この逆の現象がみられることが、想定されている。

以上の観点から上記2因子が有力視されているものと考えられるのであるが、上記の想定が正しいものとするれば、谷密度を横軸に、起伏量を縦軸にとつて、夫々の計測値に該当する地区の点を、I、II、IIIの土壤型分布区分によつて識別した相関図を作成した場合、当然、第1図(2)に模式化したような、点の集まり方が予想される筈である。

しかしながら、実際に、同様な方式で相関図を作成してみると（福岡県南部の場合）、第1図(1)に示す通りとなり、その間に有意な区分線がひけず、強いて描いたI、II、III区の区分線は予想と全く異なつたものとなつている。

このような悪い結果に終つた理由を、主として地形



第1図 谷密度と起伏量との相関図における土壤型分布 (1) 調査値 (2) 概念上の区分
Fig. 1. Distribution of soil-types on correlation graph between valley density and relative relief. (1) actual (2) schematic case by usual imagination.

解析法の面から検討すると、大略次のような欠点が挙げられる(因子のもつ理論的な役割については後述)。

○ 現地における土壌型の分布は、可成り微細な起伏に規制されているものであるが、この点5万分の1地形図では、このような微細な起伏は殆んど平均化されて図示されておらず、現実にひびいている起伏差や谷密度が地形図上では読みとりえない場合が多いようである。起伏量は1km²以内の最高点と最低点との差といった、大づかみな計測であるため、地形図による精度の差は余り問題にならないようであるが、谷密度では、地形図の精度の問題が強く影響している。第2図は、背振山系北部の花崗閃緑岩山地(約3000ha)における、空中写真から得た谷密度と、同地区の5万分の1図から得られた谷密度とを対比した相関図であるが、両者の間に全く相関性が認められず、目的によっては、現在市販の地形図で谷密度を測定することに強い不安が感じられる。

○ 一般に丘陵地は高い谷密度の乾性地であることが多いが、この部分は谷密度の低い平野に近接するのが常であり、而も、起伏が余りに小さいため、地形作図上、凹凸を平均化する作業が特に強く行なわれている。従つて1km²内の画一的な地形解析作業上では、かえつて低い谷密度で表示されることが多くなる。

○ 開析山地では谷密度が小さい地区ほど山形が大

きく、湿性土壌の分布が広がる傾向があることは背ずけるが、同じく小谷密度の地域でも、山頂、山腹緩斜面や、山麓階が介在する地区では逆に乾性土壌の分布が広がるのが普通であり、この点の矛盾を画一的解析作業で把握するのは困難である。

○ 起伏量が同一値を示し、而も谷密度も同じ1km²区画でも、場所によつて非常に急な山地と、緩い山地がある場合が決して珍らしくなく、前者には比較的湿性土壌が、後者には乾性土壌が出現して全く異なつた様相を示すことが多い。そして、この間の矛盾は、この種の作業だけでは解析されえない。

○ 現在、一般に用いられている起伏量、谷密度等の解析は、非常にスケールの大きい大地形的見地から、地形の発達階程を知るために開発された手法であり、このような大地形と、土壌型分布を規制しているような微地形との関係は、現在、余り吟味が進んでいない段階である。この点、目的を問わず、同一手法を用いることに、若干無理が感じられる。

このような、見地から、筆者等は、定法的な谷密度・起伏量等の解析手法をとることを断念し、次記のような、これとは異なつた要因による解析を試みることにした。

(3) 水分環境に関連した地形因子と土壌型分布

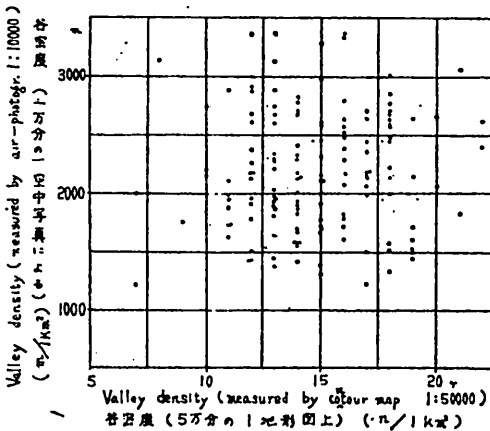
森林土壌型は数多くの因子の総合によつて性格づけられているものであるが、その中でも特に、水分環境によつて規制されている面が大きいとされている。

$$B_A \rightarrow B_B \rightarrow B_{D(d)} \rightarrow B_D \rightarrow B_E = (\text{乾性} \rightarrow \text{湿性})$$

いま斜面上の或る地点に影響を及ぼしている水分環境を検討してみると、まず第一に、降水量・蒸散といった周囲をとりまく水分気象条件によつて支配され、更に、第二に、斜面の形状に対応した表面及び内部の水の集散配分状況に強く支配されていることが想定される。

この種の水分環境に比較的密接な関係を持つ地形解析因子として、筆者等の1人竹下(1964)がスギの成長との対比を行なつて好結果を得た因子があるので、これを利用して検討を加えることにした。それらの因子は大略次記の通りである。

○ 3km埋積接峯面高度=降水量は或程度の規模で平均化された高度に従つて増減することが知られている。この高度を求める簡便法として、5万分の1地形図上で300m以下の中の高所を無視した上で、巾3km以下の谷を埋め、埋積接峯図を作成し、その高



第2図 5万分の1地形図上で計測した谷密度と1万分の1空中写真上で計測された谷密度の関係

Fig. 2. Relation between valley density measured by topographic map (1:50,000) and measured by air photograph (1:10,000)

度を以て、降水量の大小を指標する因子と考えた。

○ 保護度—一般に周囲を高い山で囲まれている地点ほど、気流の動きが少なく、過度蒸散が抑制されて、いわゆる、保護された環境を形成することが想定される。この高い山で囲まれた地形的な閉鎖度を保護度と考えることにした。5万分の1地形図上で、市300 m以下の高所を無視した上で、周囲5 km以内で高い山々で囲まれた、水平閉鎖角度を計測して、便宜的に保護度とした。

○ 接峯面高度×保護度+360=スギの成長に対する、接峯面高度と保護度の複合関係が、近似的「接峯面高度×保護度+360」で表示されるので、この場合も、この複合因子をとりあげ、その地区をとりまく水分気象的な指標と考えた。

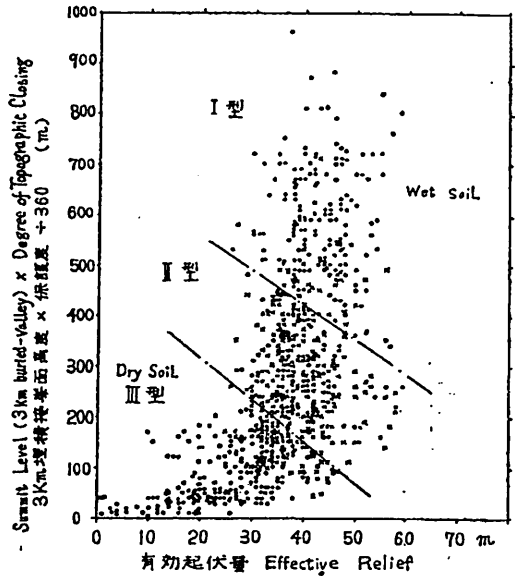
○ 有効起伏量—斜面の表面での水の集散と、山体に滲透して地中に貯留された水が、側壁斜面に滲出する量を規制する指標因子。5万分の1地形図上で150 m以内の最高点とその点との標高差を計測して有効起伏量とした（現地調査では100 m以内の計測を行なっているが、5万分の1図では、地形が可成り緩く表示されている面があるので150 mとした）。これら各因子の1 km²内の平均値を求め、第3図に示すような、「接峯面高度×保護度+360」と有効起伏量との相関図（第3図）を作成した。

相関図上の各点は第1図の場合と同様、I、II、IIIの土壌型分布区分によつて識別しているが、その間に可成り明瞭な区分界が認められ、更に、図全体の分散が減少して曲線としての相関性がうかがえるようになっていく。即ち、これらの水分環境を指標する地形因子を利用することによつて、その地域内の土壌型分布を可成り高精度に測定しうることを物語っている。

(4) 計測因子に関する吟味

上記の結果としてあらわれていることは、土壌型が主として水分環境に支配されて、乾湿系列によつて区分されているという概念があるのに対して、計測法自身の中に、水環境因子としての意義が漠然としている定法的な谷密度、起伏量等の因子を使った場合にも面白い結果が得られず、当然のことながら、その辺の意義が若干なりともはつきりしている接峯面高度等の因子が効果的であつたことである。ここで、このような水環境という面を主題にして谷密度、起伏量を検討してみると次のようなことが言えそうである。

谷密度……谷密度に計測される谷の認定は、地形等

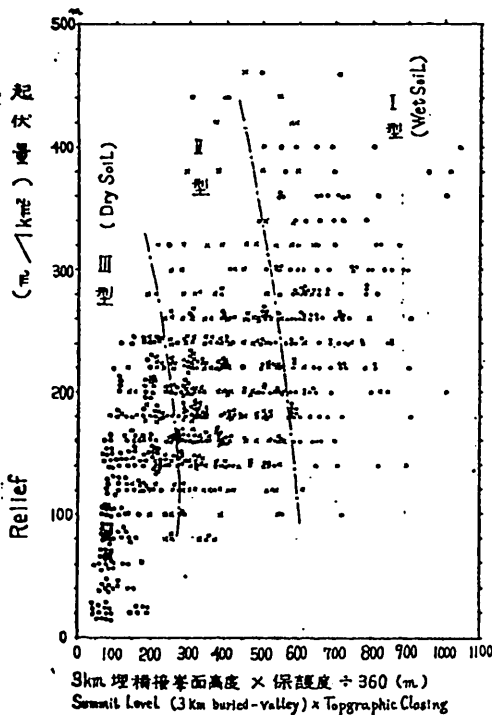


第3図 有効起伏量と「接峯面高度・保護度」との相関図における土壌型分布の状況

Fig. 3. Distribution of soil-types on correlation graph between effective relief and "summit level x degree of topographic closing", where closing=360°-exposure.

高線の凹み具合等の形状を規格化して行なわれていることが多い。普通、山岳斜面の凸所は凹所にくらべて乾性の土壌が分布することが認められるが、これは、飽くまで相対的なものであり、たとえ凸形であつても傾斜の急な部分になると可成りの湿性土が分布し、いわゆる乾性の尾根筋とは異なつた様相を呈する。このように、等高線の凹凸は必ずしも絶対的な土壌の乾湿に結びつかぬことがあり、この分布を指標するためには、単に等高線の凹形の形状に着目して谷の認定を行なうだけではなく、たとえば、それを更に傾斜によつて区分し、その上で谷密度の計測を行なう等の工夫が必要と感ぜられる。筆者等は、別の目的で、傾斜20°以下の谷密度分布図（第15図 p. 73）を作成したのであるが、これを土壌図と対比した場合、定法的な谷密度の場合よりも、かなり密接な関係が認められた。

起伏量…第1図の相関図では、谷密度よりも有効と判断される因子であるが、水条件を考えた場合、たとえば、同値の起伏量の山地でも、降水量の多い個所に分布するものと、少ない個所に分布するものとは、土



第4図 「接峯面高度・保護度」と起伏量との
相関図上における土壌型分布の状況

Fig. 4. Distribution of soil types on correlation graph between "summit level x topographic closing" and relative relief.

壤の乾湿分布が異なる等のことがあり、この点、因子としての不足が感じられる。そこで、降水量・蒸散条件を考慮すべく、先述の接峯面高度×保護度を因子としてとり、これと起伏量との相関図を土壌型分布で識別して検討を加えた。作図前の予想としては、可成りの好結果を期待したのであるが、第4図で明かなように、起伏量は意外にふるわず、専ら降水指標因子である接峯面高度×保護度だけで分布が定まっているように感じられる。この間の理由を検討してみると次のようなことが考えられる。一般に普通の傾斜の山地では、尾根からの斜面長が50~100mにもなる沢筋の位置とは無関係に、湿性土の分布がみられるが、それ以上の斜面長になつても、特に湿性土分布の増加が目立たなくなるのが普通である。即ち、湿性土の分布に必要な起伏量は、せいぜい、100~150m程度もみておけばよいとも感じられ、それ以上の起伏量が計測されても、それに伴つて湿性土の分布がますますわけはな

く、むしろ、他の要因の方がひびいてくるものとも解される。定法的な起伏量は、単位面積内の最高点（尾根か峯）と最低点（谷）の差を求めているが、土壌の分布規制要因としては、測定単位面積が大に過ぎる場合が多く、小さな面積を採用すべきと考えられる。この点、150~100m内の計測を行なつた、有効起伏量が効果的な役割を示していたことの一つの理由を認めることが出来る。

因子の意味と方法……例を接峯面高度にとつて検討してみよう、接峯面図は、地形学では地形の発達程度を把握するための地形復元図として考え出されたものであり、その後、応用面では或種の平均高度を指標するものとも解されてきている要因であるが、本節では、これとは異なつて降水量を指標として扱っている。いま、土壌型分布という森林立地的な検討を加える場合、この接峯面高度を教科書の定義通り、地形復元高度と表現したのでは説得力のない因子として関心がえられないが、平均高度、更には降水量指標因子と表現すれば、次第に意味がはつきりして来て理解し易くなつてくる筈である。このように従来、定法的な解析法で定義づけられている地形要素を、応用面からみた場合、地形学自身の側からみた定義以外の性格をもつていることが多いものと考えられる。最近、土地を取扱う応用面で、地形解析を利用することが多く、これに関する参考～教科書も可成り出版されているようである。しかしながら、その内容は大地形的な面での定義や効用をそのまま記載していることが多く、地形学内でも微地形的な面、更に応用面については余り触れられていないように感じられる。これまで述べて来た諸因子の功罪を検討すると、単に教科書的な定義にこだわることなく、○ その因子内にかくされている応用面での性格をひき出すこと。○ 応用面での実情を考慮して、計測法を修正～改良すること。○ 全く新しい計測法を案出すること。等が必要と考えられる。応用面での地形解析が無統制な方法で行なわれることは決して好ましい現象ではないが、現在体系化された權威をそのままのみにするには、未だ未だ欠陥が多い段階にあるように思われる。その手法さえ客観的なものであれば、応用面での目的に合致し、その意味をうきほりにするような地形解析法の開発が必要と考えられる。

3. 地力因子の選定とその考え方

端的に考えた場合、林木は養分を吸収して成長し、養分量が多ければ、また養分を吸収しやすい条件であれば大きな成長をとげ（余り養分が多くなると無効分がふえたり、過剰による障害が出て来て、成長の増大がこれと対応しなくなるが、ここでは、その限界以内の場合が多いと考えて論議をすすめる）、逆に養分が少なく、また、養分を吸収しにくい条件下では小さな成長しか行なえないと考えられる。

林木成長 \propto 栄養分の量 …………… (1)

(1) 直接吸収される養分

常識的に考えてみて、植物はそこにどれだけ養分があつても、固体のままでは、それを摂取することが出来ず、それが、水にとけた状態で、はじめてこれを養分として吸収することが出来る。即ち、林木の直接吸収しうる養分は水溶液の状態にあることが必要である。水溶液となつている養分の量は、その養質の量を示す濃度と水の量によつて示される。

水溶液養分量 = 濃度 \times 水分量 …………… (2)

ここで、問題になるのは水の量である。水分量は一般の土壌分析では土壌中の含水率で示されていることが多いが、現実の場合、水は不動のものではなく絶えず動いており、土壌中を動いている水の、或る時間的断面での単位体積当りの量を表示した含水率では、その動的な量を表示しておらず、流動する水の量を示す別の量を考慮する必要がある。

また、他方、土壌中の水は、これが停滞すると酸素や炭酸ガスの混入する割合が減り、養成分が水に溶ける傾向も弱まり、更に悪いことには林木の成長を阻害する成分濃度が増加するといはれている。従つて、林木の成長のためには、水が動いているほどよく、停滞するほどわるいと言えよう。

ここで、養分の量的把握、停滞水の悪影響の面からも、水の動き、動いている水の量をとらえなければならないことになる。動いている水の量は「流量」で表現されるのが普通であり、従つて (2) 式の水分量は流量量におきかえられ、

水溶液養分量 = 濃度 \times 流量量 …………… (3)

と表示される。

(2) 流量量（水溶液流量）

土壌中の流量量、ひいては水溶液の流量は現実には非常につかみにくい因子であるが、この量は間接的に

は次のようにして把握することが出来る。

単位時間内に水の流れる量は、まず、その流路の抵抗によつて規制される。これは、水が通り易いか、通りにくいか等の条件で、土壌の物理的諸性質がこれに関係する。

流量 \propto 1/抵抗 …………… (4)

一方、林木が水を吸収する場合、どんなに大きな流量があつても、それが短時間に流れてしまつては、吸収するひまがなく、養分を吸収するためには、長い時間、間断なく流れてくれた方がよい。

総流量量 = 流量 \times 時間 …………… (5)

この時間が、永いためには、前述の場合とは逆に、抵抗が大きく保水性がよいことも問題になるが、大局的にはそれよりも、水の給源である、貯水量或いは給水源量が大きさが関係する。

流水時間 \propto 給水源量（貯水源量）… (6)

また、単位時間当りの流量も、水圧的な性格をもつ、給水源量に比例する。

流量 \propto 給水源量 …………… (7)

従つて、

総流量量 \propto $\frac{\text{給水源量}}{\text{抵抗（物理性）}}$ …………… (8)

結局 (3) 式の水溶液養分量は、

水溶液養分量 \propto $\frac{\text{養分濃度} \times \text{給水源量}}{\text{抵抗}}$ … (9)

といった関係式で示されることになり、林木の成長は (1) (9) 式より、

林木成長 \propto $\frac{\text{養分濃度} \times \text{給水源量}}{\text{抵抗}}$ … (10)

この (10) 式が、成長を規制する地力の基本式となるわけで、即ち、濃度、給水源量、抵抗の三つの要因がわかれば、成長に関する地力の問題を概括的に把握出来る筈である。これらの三要因のうち、どれが欠けても、解答は求められないのであるが、濃度と抵抗に関することは土壌化学、土壌物理学、応用地質学の面で古くから研究されているのに対して、養分の担い手である水、給水源の量的問題は殆んど追求されておらず、この点、これまでの森林立地学は、やや片手落ちの進み方をしてきた感がある。

(3) 給水源量

自然条件下の水の供給を考えると、先ず念頭に浮かぶのは雨であり、更に雪、霧を含くめた降水量を考えることが出来る。降水は地表に達して、一部は再び空中

に蒸散するが、一部は地表を流れ、更に一部は地中に滲透して、土壤水、更に地下水となつて流れ去る。

一般に平地では起伏がないため、地表水の地形に対応した集散や、地下水から地表への滲出水量の分布が問題になることは少ないが、山岳地の場合、斜面の凹凸傾斜が異なるため、地表水の集散分布が地形的に強く行なわれており、また、地下水は、起伏のある山体に内蔵され、斜面の位置によつては、地下水はその地点よりも上位にあることになつて容易に地表へ滲出することが考えられる。即ち、水の給源量としては、降水量だけでなく、それが、2次或いは3次に変転した幾つかの給源を想定することが出来る。

ここで問題になるのは、夫々の給水源の性格とその量の計測法であるが、直接的にこれを把握するのが困難なもの、次のように間接的な推定が可能である。

i) 降水量……水の第1の給源であり、比較的短時間ではあるが、最も大きな給源量を示す。この量は現実には気象観測によつて計られているが、観測所のない地点の降水量はこれを地形によつてかなりの精度で推定することが可能である(竹下・福島・野中1966)。

ii) 蒸散量……降水がプラスの給源であるのに対して、蒸散はこれにマイナスの影響を及ぼしている。

蒸散量の観測は、その測定資料が少ない上、観測方法が、特殊であるため、自然野外での蒸散の量的推定を行なうのは困難であるが、別の因子を使つて蒸発大小の条件を推定することが可能である。蒸散量は風速、温度、気圧、湿度等の関数的因子であり、その間の理論性も可成り明確に説明されている。従つて、風速、温度、気圧、湿度等の地理的分布が把握出来れば、蒸発量をも間接的に表示出来る筈である。これらの因子はいずれも地形的に推定が可能であり、特に九州地方程度の範囲では風速によつて規制されている面が強い。一般に風の通りがよい個所ほど、また日当たりがよい個所ほど乾燥しやすいことはよく知られている。このようなことと同じく、山々でかこまれた地点や、北向き斜面では蒸散が少なく、逆に直接、平地や海に面した眺望のよい地点や南向き斜面で蒸散が大きいことが想定され、蒸散条件としては、気流の動きに対する地形的な露出度合と、斜面の向きに支配される面が大きいようである(福島・竹下1966)。これらの因子は、いずれも解析が可能であり、地形図さえあれば、その精度に応じて、かなり微細な地点の蒸散条件をも推定することが出来る。

iii) 地表流……降水は、或る地域については、比較的に平等に供給されるのであるが、これが地表に達すると、一部は地表面流、或いは地表に平行した土壤内流となつて集散する。この場合、地形の形態によつて、凹所では沢山の水が集り、凸所では水が拡散する等のことは常識的に考えられている概念である。地表流分布の実測的な量の把握は困難であるが、このような地形との関係から間接的な推定を行なうことが可能である。地表流～地表に沿つた水の流量は、斜面形、傾斜(更にその点より上位(集)、下位(散)の起伏差、曲率等)等の地形因子と密接な関係を示し、間接的には堆積物の状況からも推定することが出来る(竹下1964)。

iv) 山体貯水量

降水及び地表流の大部分は、地中に滲透して山体内に地下水乃至は中間水として貯溜される。そして前記のようにこれらの水は、斜面の部位によつては、その上位にあつて、一部は斜面の状況に応じて再び地表に滲出し、林木の成長に役立つことになる。

これまで述べて来た、降水、表面流等はいずれも降雨時乃至はその直後の短時間、且つ年間を通じては断続的な給水源となつているのに対して、地中～地下部の給水源になるほど、その給源としての供給は長時間にわたる傾向が強く、表面流よりも土壤中の流れ、更に土層～地下貯水量による流量と移行するにつれて、常時的な供給を行なうものと想像される。

さきに述べたように、林木の成長を大にするためには、単位時間の流量が大きいくこと、その時間が長いことが大切と考えられるのであるが、流量的には直接的な降水が最も大きいものに対して、山体貯水量からの供給は、量こそ少いが長時間持続され、その上、滲透、滲出の間に溶出した養分を含む水溶液として供給される点に非常に重要な意味がある。

山岳森林立地における、土層乃至は山体貯水量の土壤表層への再滲出の現象は、従来あまり気付かれずにいた問題で、この水の動きを考慮することによつて森林立地のとらえ方が大巾に変化する可能性がある。

山体貯水量の大きさは、或地点よりも高い部分を占める山体の体積、或いは貯水を行う風化層～山体の体積と、その山体の貯水能に関係して来る。山体の体積はいはば、貯水タンクの外観的な大きさを示すものであり、それが林木成長～森林土壌型分布に役立つ規模は、斜面の測量によつて得られる有効起伏量に(近似

的に) 比例するものと考えられている(竹下1963, 1964)。

次に考えられることは、たゞ外観が同じ規模のタンクでも、山体の場合、中に岩石なりその風化物がまつているわけであるから、その石のつまり方、風化物の性状構成、即ち、山体～土層の地質構造、風化構造、堆積構造やその理化学性によつて、貯水能が大きく異なることが問題になる。しかしながら、概括的にみて、地質基岩が同じ場合は、一応有効起伏量によつて、貯水量の大小が指標されうものと考えられる。

(4) 抵抗条件

抵抗条件としては水が通過する媒質自身の内部的な抵抗と、地形的に排水が、しやすいかしくいか等の外的な条件にわけて考えることが出来る。

○ 内部的な抵抗……降水や、表面流に対する物理的抵抗は余り考慮する要は感じられないが、降水、表面流が地中に滲透して土壌内流、更に地下水化する場合には、土壌、土層の透水性、またこれとは逆の保水性等が問題になる。更に地下水や中間水が山体から斜面側方に滲出する場合は、地下の岩石の水の動きに対する抵抗、滲出に際しての土層、土壌の物理性が問題になる。

従来、土壌の物理性として重要視されていた諸因子や、地質基岩の構造因子が、この地表と地下部との間の水の滲透、滲出に対する抵抗因子として大きな役割を果していることが理解される。

このような、水の動きは、地下のかなり深い部分までの状況を考慮する必要が大きいのであるが、従来の土壌学では、地表下60cm程度の浅い表層のみを主対象として研究が進められており、この点では甚だ不満足な状態にあると云えよう。この点において、今後は、地質基岩的な部門、また土層下部を含んだ、全堆積層、風化層の物理性を強く検討して行く必要性が感じられる。

なお、若干本題とはなれるが、従来重視されている表層の膨軟性と林木成長との関係は、水の滲透、滲出に関連している面は一応肯定されるが、これよりも空気の流通性に対して大きな動きをしているのではないかと想定される。

上記の水の動きに対する内部抵抗因子は、現地調査によつて正確な値を得ることが出来るが、その分布を求めるためには、物質の移動堆積機構を規制もしくは反映している斜面形、傾斜、堆積区分、地質基岩区

分によつて、その条件を概括的に推定することが出来る。

○ 外的条件……地形には、水の動きに対して堰止作用を及ぼすような閉そく形のものや、それとは逆な開放的なもの、或いは傾斜が緩く排水が悪いもの、逆に急で排水が容易なもの等の種々の条件を示す場合が認められる。これらの条件は、前記の給水源量の場合に、その点より上位にある地形を重視したのとは逆に、その点よりも下位の傾斜・起伏差、斜面形(谷形)によつて間接的に推定することが可能である。

(5) 養分濃度

これまでの記載によつて養分の運び手である水に関する考え方が明かになって来たが、ここで溶液の質に関する養分濃度が問題になる。

林木の成長に対する土壌の化学性に関しては、成長に対する各種の有効態成分の分析法が既に規定化されており、一般の場合、この方法によつて分析された各種の分析値と、成長量を対比することによつて検討が進められている。

これらの化学分析値は、乾土1g中の成分含有率で示されていることが多く、これまで述べて来た水に直接に結びつく水溶性の成分、或いは土壌水溶液中の成分含有率(濃度)に関しては余り資料が提出されていない。

ここで問題にしたいのは自然の森林土壌水における養分濃度であるが、この場合、従来分析されている乾土含有率との関係、夫々の分析値の意味を知ることが必要となつてくる。

i) 可吸態成分(乾土)と水溶性成分

可溶性物質を水に溶かす場合、或程度までの量は溶解して水溶液をつくるが、それにも限界があり、それ以上の量があつても溶解しないことが知られている。このような、簡単な原理ではないかも知れないが、現在分析されている乾土中の可吸態成分と、水溶性成分の間にもこれに似た現象があり、乾土含有率がある程度を越すとその水溶濃度は頭打ちを示して、近似的にはほぼ一定値を示すことが報告されている(竹下1963, 1964)

このような溶解度は、同じ養分でも市販の肥料等は非常に高い値を示すが、自然の可吸態成分はこれに較べると非常に低いものらしく、一寸水にとけても濃度はすぐ頭打ちとなり、あとはいくらとける物質があつても殆ど一定であるといつた傾向が見られるよ

うである(この間の詳細な機構は不明であり、可吸態成分と水溶濃度との見かけ上の関係を記したものである)。

いま、この水溶性濃度の斜面上の分布を成長のよいI等地から、悪いV等地までの地位別に区分して検討してみると、一般にスギ・ヒノキの造林地となつているI~III等地程度の斜面では、水溶性濃度が、どこでもほぼ一定の値を示し、IV~V等地といつた悪い林地では、溶解濃度がまだ頭打ちに達せず濃度の場所による分布変異が認められるようになると想定される。

まゝに(10)式によつて、林木の成長が、養分濃度と流量によつて支配されていることを示したが、いま、スギ・ヒノキの造林地を主体に考えた場合、流水中の養分濃度はどこでも余り大差ないことになり、従つて濃度因子は常数として無視されて、専ら流量の大小によつて地力の大小が規制されているとも云えようである。

なお、これは自然状態下における概括的な濃度の問題にふれたもので、この種の問題をこう簡単に割り切るのには、可成り危険なことであるが、従来分析されていた有効態成分が直接養分ではなく、また水溶液の量を検討する場合、濃度よりも、水溶液の流量の方が大きな役割を果たしている可能性があることは一応肯定出来ようである。

ii) 貯蔵養分と養分の給源

土壌中の水は、目にみえるほどのスピードではないが、絶えず動いていることはこれまで述べてきたとおりである。前記の溶解度的な考え方は、水が動いていない場合を述べたのであるが、いま入れ替り立ち替りに新しい水がやつてくると、たとえ、溶解限界はあつても、新たな水溶液が次々に作られてゆくことになり、静水では溶け得なかつた量も、やがては溶解し去ることが考えられる。

この場合、用意されている養分の貯蔵が多いほど、また別の個所にある養分の給源量が多いほど、永続的な水溶濃度がたまため、貯蔵乃至は給源量が少いほど濃度の低下が早く、従つて林木の成長も維持され難いことになる。

この種の問題は地力の維持問題にも関係するが、成長に長年月を要する林木に関しては一般的な地力要因として取扱う必要性がある。

まず、土壌中を流通する水が、他からの養分給源の影響をうけていないものとして考えてみよう。この場

合の水溶液に対する養分の供給は、土壌層内にあることになるが、従来、土壌の化学分析で得られている有効態成分が、これに該当する一種の貯蔵成分と考えられる。そして、この貯蔵成分の倉庫が、土壌層であり、これらは落葉落枝等の有機物の分解や風化によつて逐次補給されているものと考えられる。この間の土壌の貯蔵性については従来、可成り研究が進められており、静的に考えた場合、森林では、木材として林外にもち出される物質以外は、大畧プラスの方向にむかつていると考えられている。

次にここで主題として扱つている水の動きを追跡して、その流動経路における、他の給源をも検討してみる。降水が空中でイオン化している成分を溶解するもの、樹冠に降つた水が木の枝葉表面から溶出するもの、地表水が地形に対応して集散する経路で溶解するもの、滲透水が、中間水、地下水となつて貯蔵され、再び地表に再滲出する流動経路において土壌・土層・風化層・基岩から溶出して来る成分等、数多くの給源が考えられる。この間最も長時間の溶出経過を辿る。中間水、地下水への給源が最も重視されるようである。従来、やや軽視されている地質基岩、風化層の化学性が強く評価されてくるように感じられる。

以上を検討してみると静的な土壌生成機構による貯蔵成分の補給の他に、水の流動過程に伴う空中、土層、風化層、基岩という大きな補給源があり、土壌侵蝕等による削削がない限りは、スギ、ヒノキの造林地の場合、貯蔵成分の永続性についてはさほど心配が要らぬように感じられる。

(6) 土壌侵蝕

土壌侵蝕による地力の低下は、水と養分貯蔵源としての土壌の喪失、腐植膨軟層の喪失による土壌の物理性の悪化、根系が水溶液吸収に際しての媒体の喪失を来し、これらの面でこれまで述べてきた水の流通機構、成分濃度問題の機能的低下を来す。従来、土壌侵蝕の問題は養分貯蔵源としての腐植層の喪失について重点的に取扱われており(これによつて濃度を単純に取扱えなくなる)。また、土壌の物理性についても静的な場合の検討が加えられている。

土壌層の構成は、A層(腐植層)、B層といつた構成が一般的に取扱われているが、この他に水の動きに伴う堅乾層の構成がみられる。水は滲透に際して微粒物質を下層に運ぶが、斜面の場合、下部(側方)からの滲出水の影響によつて、これが逆に表面に運び上げ

られようとする。このような断続的ではあるが強い雨による滲透水と地下部からの普断の滲出水の作用が拮抗する個所に、微粒物質が沈積し、表層よりも下層よりも相対的に堅密な層が出来ることが想定される。このような層は普通は表層下 20 cm 程度のところに見出されることが多いようである。即ち、水に伴う物理的機構により土壌は、表層の膨軟層、中間堅密層、下層の相対的軟質層、心土 (C~D 層) 堅密層といった構成を示す。

この中間堅密層は、腐植層の中に介在することが多く、最表層の膨軟層が喪失しても、一応、色感としては A 層としての様相を示しているが、ただ堅密であり、このため通気性の低下、透水性の低下を来し、特に後者の場合は山体貯水量の低下（表面流下量が増すため）を来して、環境を乾性化に導き、地力の低下をもたらしている（この種の地力低下は鬱閉が過度なヒノキ林においてよくみられる）。この種の現象は、心土の堅密層が露出した場合も同様であるが、中間堅密層の露出は養分貯蔵庫としての腐植層が喪失する以前に発生する点が異っている。また、このような場合、或種の地形環境下では、他からの給源による水溶液の補給が期待されて、地力の低下がふせがれる場合があるが、通気性の悪化により空気の混入度が低下して、矢張成長は劣つて来る。

このように、水の流通機構を考慮した場合、土壌侵蝕の影響はより多元的な意味を以て地力の低下を来している。この土壌侵蝕の発生の難易、安定個所、不安定個所の分布は地形的に規制される面が多く、推定を行うことも可能であるが、広大な面積を占める不安定個所に実際に侵蝕が発生しているか否かについては全く推定を行うことが出来ない。これまで述べて来た、流量、抵抗条件、濃度の問題はいずれも、地形的な推定、或いは定数的な取扱いが出来る因子として考えられたのであるが、これらに対する攪乱因子である土壌侵蝕は、その性格の多元さと共に、現実の発生分布の推定が困難な要因となつている。

(7) 総括

林地の生産力分布の解析を目的とした場合、生産力要因として栄養成分を含む流量、それに対する抵抗条件、濃度の問題がとりあげられるが、このうち濃度はスギヒノキ林地については大畧、定数的に、また、流量、抵抗条件はいずれも、各種の地形要素や地質区分によつて分布構成の推定が可能であり、精細な地

形図等があれば、その間の解析と推定法式の樹立が可能と考えられる。

しかしながら、これらに対する攪乱因子である土壌侵蝕は、その発生分布の推定が困難で、この点林地生産力分布の推定上の障碍因子となつている。

5. 図相関解析による林地生産力因子の総合と吟味

前節の考え方によると土壌侵蝕等による林地の破壊現象がないものとすれば、スギ・ヒノキの造林を対象とした場合、地力因子の総合とそれによる地力分布の推定が可能と考えられる。

これに類した林木成長の推定を、3 km 接峯面高度（降水指標）、3 km 以内の地形保護度（蒸散条件）、有効起伏量、堆積区分（斜面形と傾斜指標）、斜面方位等の因子を利用して行つている例が、筆者等の一人竹下によつて報告（1964）されているが、これを参考にして次の因子を選定し、図相関解析を行つた。

(1) 解析に用いた因子

X_1 ; 降水量=福岡県年平均降水量分布図（竹下・福島・野中 1966 a）を利用し、10 mm 単位で読図した。林木の成長に必要な降水量としては、従来、春・夏・秋の暖季の降水量が重視されている傾向があるが、次の理由で年降水量を用いることにした。① 林木の成育に関与する給水源が 1 次的な降水量のみならば、所謂成長期間に該当する暖季間のみを重視することが必要であるが、山岳林立地の場合は、山体に貯水される 2 次的給水源の役割が大きいと考えられ、この貯水量の補給源としては、冬季の降雪水の量が有効視されることから、結局、全年降水量を利用するのが妥当と考えられる。② 暖季（3 月～11 月）9 箇月の降水量の対全年比率が、福岡県周辺の場合ほぼ一定であり（竹下他 1966 a）年降水量を用いても暖季間のそれを指標することになる。

X_2 ; 露出度 (A^*)=局所的な気流の動き（風速）を規制する因子であるが（福島・竹下 1966 b）、ここでは蒸散指標因子として取り上げている。蒸散量の大小は、風速、気温、湿度・気圧等の要因の関数として表示されるものであるが、九州地方程度の地域を対象にした場合、気温・気圧・湿度等の条件は近似的には定数として取扱つてよく、蒸散量の地理的分布は専ら風速によつて規制されているものと考えてよい。従つて風速分布の推定上、最も有力な影響を示した露出度

(A) を指標因子として、蒸散量の指標因子とした。

露出度 (A) は 5 万分の 1 地形図上で地点を中心に、25/1000 の仰角で四囲一周して眺めた場合、山々でさえぎられぬ対空水平角度であり、この値をもつて、その地点の露出度とした。

X_4 ; 有効起伏量 (m) = 地点を中心にして 100 m 以内にある最高点とその点との標高差 (m) をもつてその点の有効起伏量とする。5 万分の 1 地形図の場合は起伏が緩く表示されている傾向があるので 150 m に相当する 3 mm 以内の有効起伏量を計測した。山体貯水量を指標する因子と考えられる。

X_4 ; 斜面形 = 凹型要素の多い谷型斜面、凸型要素の多い尾根型斜面、これらの中間の直線斜面に区分し、地形に対応して集散する水の量と、表層堆積物を指標する因子とした。凹型、凸型の判断は、5 万分の 1 地形図上で斜面の縦断形と横断形とを総合して行う。

X_5 ; 方位 = 5 万分の 1 地形図上で、斜面の方位を N, NE, E, SE, S, SW, W, NW の 8 方位区分によつて判読し、温度、日射、蒸散、風化 (堆積物) 等の局部的影響を反映する複合要因とした。

X_6 ; 地質 = 20 万分の 1 福岡県地質図 (九大理 1953) より判読、山体貯水能、堆積物に関する物理性等を指標する因子と考えた。区分としては、安山岩、凝灰質角礫岩、花崗閃緑岩、古生層、第三紀層、洪積層、結晶片岩、の 8 区分を行った。

X_7 ; 地域 = 福岡県下を、背振・犬鳴山塊北部の福岡地域、北九州市周辺地域、筑豊地域 (遠賀川中～上流)、豊前地域 (瀬戸内)、筑後川流域甘木地方、矢部川流域の 6 地域にわけた。

Y ; 35 年生林分材積 (m^3/ha) = 福岡県適地適木調査報告 (福岡県林業試験場 1954～1960) を資料とし、それに記してある材積階 ($150m^3/ha$ 単位であるが $75m^3/ha$ まで読みとれる) を利用して材積とした。樹種としてはマツを除き、スギ・ヒノキが適地適木植栽されている場合を想定し、35 年生林分材積を求めた。

Y' ; 土壌型 = 上記の適地適木調査報告書の土壌図を利用して森林土壌型を判読した。

調査対象地 = 上記の適地適木調査を実施した区域 (全県下に 200 ha～300 ha の団地を 137ヶ所延べ 37,000 ha)

解析地点数 = 上記の区域内から 1300 点の地点を無作為に選定し、これを 5 万分の 1 地形図上におとし

て、各種立地要素を計測した。

(2) 図相関解析

共軸座標系による図相関解析法は、気候学方面をはじめ立地的な応用面で若干利用されている方法であるが、次のような特性を有する。

一般に多元因子を用いて重相関関係を求める場合

○ 個々の因子 X_n が求める数値 Y に対する関係 (偏相関関係) がどんなものか、即ち個々の因子の持つ意味は、どんな形ちの曲線式、或いは直線式で表わされるものか。

○ 因子と因子の相互関係、いわば結びつき方が、乗除関係か、加減関係が、それとも、もつと複雑な関数関係であるか。

これらが、前以つて、判つていない場合が多い。

従来、造林関係の総合式の多くは、このような因子の単独或いは相互関係の 1 方または双方が未知のまま、あらかじめ、単純な加算式或いは乗算式の形ちで数式を想定し、其後は統計的な処理で、その係数・定数を決定して重相関式の提示を行つているようである。この点かなり無理をした近似化が行なわれているものと解釈される。

これに対して図相関解析は因子毎に逐次目視的な最小 2 乗法によつて相関曲線を描いて行く方法であるが、その資料点数が充分に多く、而も、一番はじめに取り上げる因子が有力で而も客観的な数値で表示されている因子であるならば、あとの因子が、たとえ数量化されていなくても (しかし客観的な階級区分がなされている場合)、解析途上において因子の単独的、相互的關係が決定されて行き、比較的矛盾のない、重相関関係が提示出来る方法となつている。

このように共軸座標系による解析は、その運用さえ正しければ、かなり有意義な総合式の提示を行いうるはずであるが、解析上描かれる曲線が、多分に目視的な方法によるため、少数の資料点数では曲線の決定をしかねるような場合が多いようである (因子のかなり理論的な機構がわかつていない限りは)。従つて、本報告では、この点に留意して 1300 点の多数資料をもつて解析を行うことにした。

本解析法は、偏相関性の高いと思われる因子、そして客観的な数量化が明示されている因子を第一にとりあげ、逐次、役割の低い或いは性格な不明な因子に移行して解析を行つて行くのがよいとされている。そこで本報告では、さきの竹下 (1964) の報告を参考にし

て次の順序で35年生林分材積 Y (m^3/ha スギ, ヒノキ) に対する解析を行った。

- X_1 ; 降水量, X_2 ; 露出度, X_3 ; 有効起伏量,
- X_4 ; 斜面形, X_5 ; 方位, X_6 ; 地質
- X_7 ; 地域

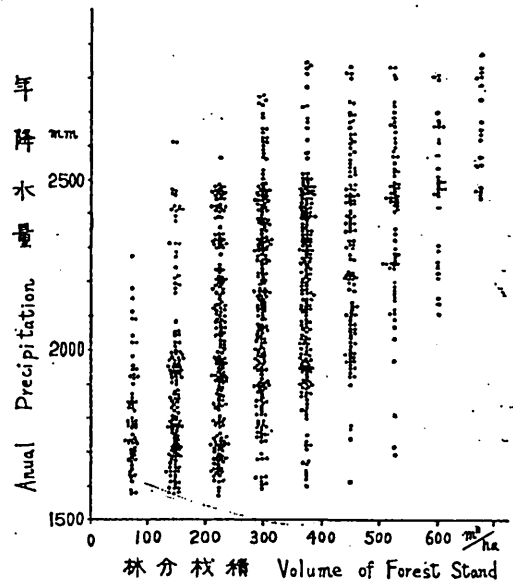
次にこれらの因子による解析経過を述べてみる。

① 降水量 X_1 と材積 Y との関係のみをみる。第5図はその相関図であるが、 X_1 の増大にともなつて Y の増加が認められはするが、分散が著しく、その相関性は漠然としている。

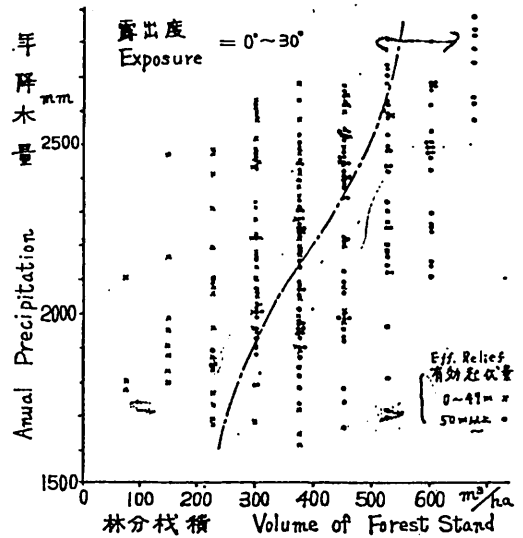
このままでは相関性が不明なので、この図を次の因子である保護度 X_2 によつて $0\sim 30^\circ, 31\sim 90^\circ, \dots, 151\sim 180^\circ, 181^\circ$ 以上と 30° 毎に7階級区分し、夫々の区分毎に X_1 と Y の相関図を作成する。第6図は X_2 が $0\sim 30^\circ$ の場合の相関図を示したものであるが、区分をしない場合に比較して相関性がかなりはつきりして来てその間の関係曲線が描きやすくなつてゐる。普通の場合ならば、このまま最小二乗法的な曲線を描いてもよいのであるが、 X_2 と次の解析因子である X_3 の間に何等かの相関性があつたり、或いは偶然の原因で、 X_3 の条件が X_1, X_2 と Y の相関図上に平等にあらわれていない場合がある。即ちもしも X_2 で区分した夫々の相関図上に X_3 因子の条件が平等に包含されておれば、単純な最小二乗法的計算によつて曲線を決定して差し支えないのであるが、多くの場合は X_3 因子がかたよつたあらわれ方を示している危険性が多く、この場合は曲線を単純には決定しえないことになる。

そこで、 X_2 で区分した相関図を、あらかじめ、次の有力因子である有効起伏量 X_3 の大小で識別しておく必要がある。有効起伏量は大量 $0m\sim 80m$ まで変異することがわかつてゐるので、これを2段階 ($0\sim 40, 41$ 以上) 或いは3段階 ($0\sim 30, 31\sim 60, 61$ 以上) 等の階級に識別して、夫々の $X_1 X_2$ の Y の相関図を作成する。この場合求める相関曲線は、識別した点の $X_3 = 40$ 程度の部分をぬつて描かれる必要がある。このため、相関曲線は目視的方法に頼ることになるが、因子間の相互関係が調整出来るので有利と考えられる。

このようにして出来上つた X_2 階級別相関曲線を同一の X_1 と Y の相関図上に描きとる。この場合 X_1, X_2 と Y の関係が規則的なものならば、 X_2 の区分毎の各曲線は当然規則的な配列を示すはずである。しかしながら、上記の操作で得た曲線をただ書きならべた場合、線の交叉、上下逆転、間隔の不規則がみられる



第5図 調査林分材積と年降水量の関係
Fig. 5. Relation between investigated volume of forest stand and annual precipitation.



第6図 露出度 $0\sim 30^\circ$ の場合の調査林分材積と降水量の関係、但し有効起伏階で識別
Fig. 6. Relation marked by rank of effective-relief between investigated volume and annual-precipitation.

のが普通で、これを全体の曲線の状況或いはその間の理論性を考慮した上で、規則的に配列しなおすことが必要である。この配列と曲線形の修正によつて、夫々の相関曲線がより客観的な意味をもつて来るようになるはずで、この調整後得られた曲線群を $X_1 X_2$ と Y の関係を示す第一次の近似的相関曲線として取扱う。

$$y_{12} = f_{12}(X_1 X_2)$$

② この求められた曲線群を正しいものとして夫々の資料の $X_1 X_2$ に対応した材積値 y_{12} を読みとる。そしてこれらを有効起伏量の値によつて 0~9 m, 10~19 m, …… , 100~109 m といった 10 m 毎の階級区分によつてグループわけを行う。そして、この各グループを更に X_4 因子である斜面形(谷型・直線型・尾根型)によつて色別して、夫々修正材積値 y_{12} と実材積値 Y との相関図を作成する。各相関図について斜面形の色別を考慮しつつ曲線を描き、更にこれを同一図上に描いて有効起伏 X_3 階毎の調整を計つたのち、規則的な曲線群としての各相関曲線を決定する。この曲線が $X_1 X_2$ による修正値 y_{12} を更に X_3 で修正した y_{13} と実材積 Y との関係を示す第1次の近似相関曲線と考えられる。

$$y_{13} = f_{13}(X_1 X_2 X_3)$$

③ 各資料毎に $X_1 X_2 X_3$ に対応した修正値 y_{13} を求めて、これを斜面形 X_4 区分の谷型、直線型、尾根型にグループ分けし、前と同様な手法で、

$$y_{14} = f_{14}(X_1 X_2 X_3 X_4)$$

の関係曲線を求める。

以下同じ手法を繰返して、方位 X_5 でこれを修正して、逐次地質 X_6 、地域 X_7 で修正を繰返して、

$$y_{1n} = f_{1n}(X_1 X_2 X_3 \dots X_n)$$

の関係曲線を決定し、最後に地域で修正した

$$y_{17} = f_{17}(X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7)$$

の曲線を決定して第1次の近似解析を終了する。

④ 第1次近似解析の最終結果を正しいものとして、各資料毎に夫々の因子に対応した y_{17} を求め、再び最初の因子にかえつて、資料を露出度 X_2 区分毎にグループわけして相関図を作成する。もしも、これまでの解析が正しかつたものならば、 y_{17} と Y の関係は $y_{17} \doteq Y$ となり、各グループの相関図の点が、係数 1.0、即ち 45° の線上に収斂するはずである。

しかし、このような目視的な解析は一度で間違いない相関曲線をうるのは、むしろ稀れであり、 y_{17} と Y の関係は 45° の線を離れた別の直曲線になるのが普

通である。そこでこの新しいグループ毎の曲線の配列、形状を全体について調整し、その後にあらためて、グループ別の曲線を決定する。この曲線を正しいものとして y_{17} の値いを修正して y_{172} を読みとる。 X_2 の各グループ毎に、 $(y_{172} - y_{17})$ と X_1 の関係を求め、その相関図から得られた曲線をもとに、 $y_{12} = f(X_1 X_2)$ の曲線を修正する。この曲線が第2次の近似曲線であるが、本報告ではこれをもつて X_1 (降水量)と X_2 (露出度)による最終的な曲線とした。

$$Y_{12} = F_{12}(X_1 X_2)$$

⑤ y_{172} と y_{17} の関係を有効起伏 X_3 の階級毎にグループ分けして検討する。この場合も各相関図の点は 45° の線よりも若干ずれるのが普通であり、このずれた曲線を全体で調整して直線を決定する。これによつてえられた修正値を $y_{173} - y_{172}$ と y_{12} の関係を利用して、 $y_{13} = f_{13}(X_1 X_2 X_3)$ の曲線を修正し、 $X_1 X_2 X_3$ による相関曲線を決定する。

$$Y_{13} = F_{13}(X_1 X_2 X_3)$$

同様な手法を、斜面形、方位、地質、地域について繰返し、各々の場合の相関曲線を決定し、最終的な結果、

$$\bar{Y} = \bar{Y}_{17} = F(X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7)$$

をうる。

この操作によつて $Y \doteq \bar{Y}$ の関係は、最も密接になり、その相関図は 45° の線上に収斂し、もはや、因子による修正を行う必要性がなくなることになる。

この結果、得られた共軸座標系による図相関解析図が第7図に示す通りのものである。そしてこの図を読みとることにより、各因子の単独、相互的な関係と総合的な関係を知ることが出来、更にこれを利用して地力未知の地点の材積を推定することが可能になる。

この図相関解析の結果、得られ関係式は次の通りである。

降水量 X_1 と露出度 X_2 の場合

$$y_{12} = 3.74 \tan^{-1} \left\{ e^{\frac{X_1 + 0.534 X_2 - 1036.5}{977.18(1 + 0.0815 X_2)}} - 3 \right\} - 0.482 X_2 + 366 \dots\dots\dots(11)$$

有効起伏量 X_3 で修正した場合

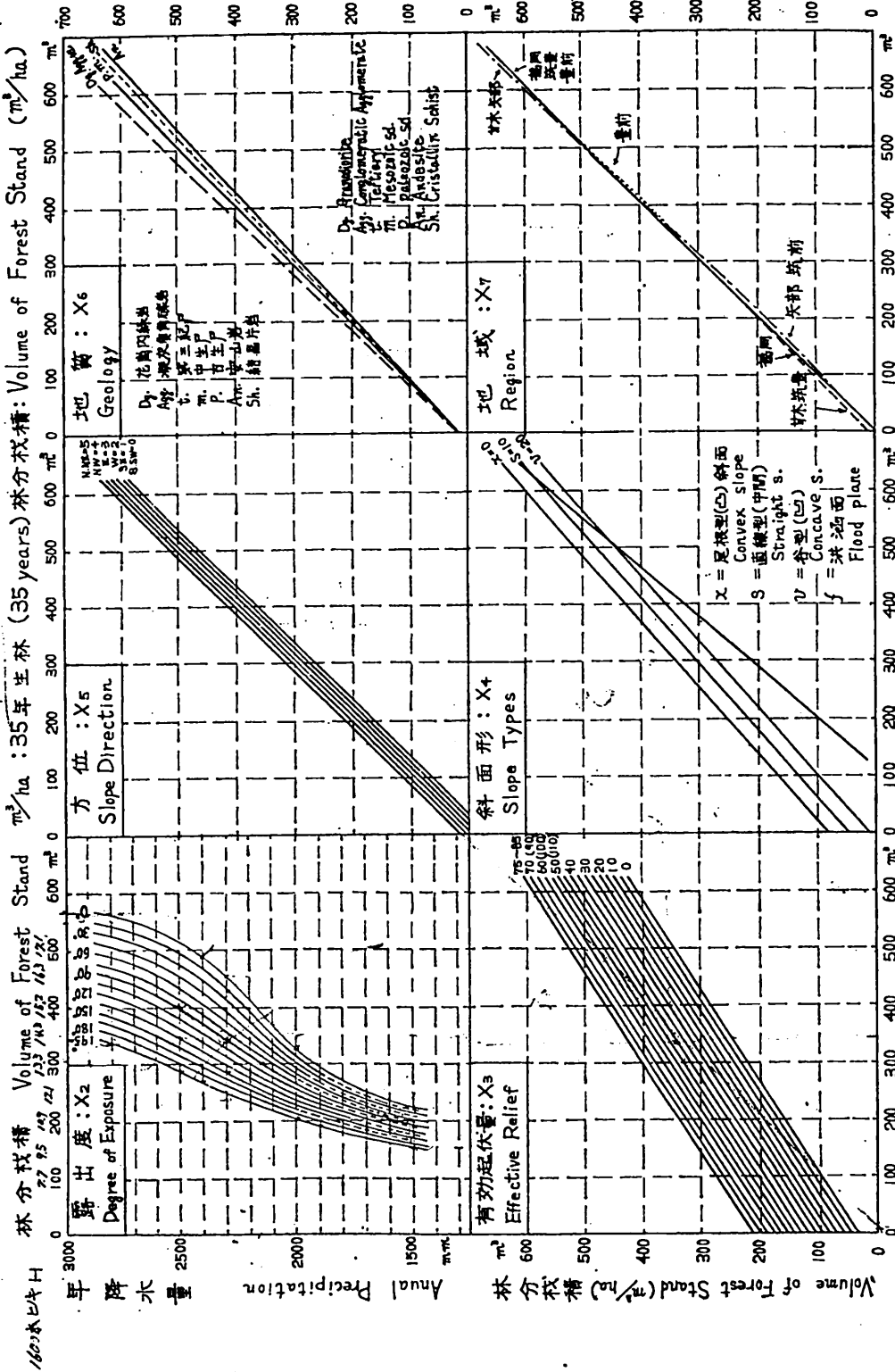
$$y_{13} = 0.635 y_{12} + 2.4 X_3 + 30 \dots\dots\dots(12)$$

斜面形 X_4 で修正した場合

$$y_{14} = 1.15 y_{13} + 40 X_4 - 90 \dots\dots\dots(13)$$

方位 X_5 で修正した場合

$$y_{15} = 1.0 y_{14} + 10 X_5 - 35 \dots\dots\dots(14)$$



第7図 共軸座標系上における林分材積と降水量、露出度、有効起伏量、斜面形、斜面方位、地質基岩との相関関係
 Fig. 7. multiple correlation marked by graphical curve of annual precipitation, local exposure, effective relief, slope types, slope direction, geology and regions to volume of forest stand.

地質 X_6 で修正した場合

$$y_{15} = X_6 y_{15} - 15 \dots \dots \dots (16)$$

地域 X_7 は殆んど差がなく、また不規則なのでこれを無視し

$$\bar{Y} = y_{15} \text{ とする} \dots \dots \dots (17)$$

従つて

$$\bar{Y} = 0.73025y_{12} + 2.76X_2 + 40X_4 + 10X_5 - 90.5 \times 6 - 15 \dots \dots \dots (18)$$

$$\bar{Y} = \left[2.731 \tan^{-1} \left\{ e^{\frac{X_1 + 0.534X_2 - 1036.5}{977.16(1 + 0.0615X_2)}} - 3 \right\} - 0.352X_2 + 2.76X_3 + 40X_4 + 10X_5 + 177 \right] X_6 - 15 \dots \dots \dots (19)$$

但し X_1 =降水量 (mm) X_2 保護度 (°) $\tan^{-1}(f(X_1, X_2)) = \alpha^\circ$, X_3 =有効起伏量 (m) X_4 =斜面形 (尾根(凸)型=0, 直線型=1 谷型(凹)斜面=2) X_5 =方位 (S, SW=0, SE=1, W=2, E=3, NW=4, NE, N=5) X_6 =地質 (安山岩=1.10, 結晶片岩=1.06, 中生層堆積岩=1.03, 花崗閃緑岩(深層風化), 凝灰質角礫岩, 第三紀層, 洪積層他=0.98)

この間の

相関係数=0.943 資料数=1300
標準誤差=50.3m³ 同誤差率=9.8%

となり、かなり高精度の結果となつている。特に対象にした Y の実測単位が 75 m³/ha であることや、地形図を利用したことを考慮すると、非常に満足出来る総合関係が得られるものと解される。

(3) 各因子の性格と役割

上記の解析曲線の状況から各因子の性格とその役割を判断すると次のようなことが云える。

i) 各因子の役割

図上より各因子が全体の分散を修正した割合を読みとつて、その大きさをもつて因子の果たした役割と考えると次の通りである。

(因子)	(役割m ³)	(役割%)	(順位)
降水量	200~330m ³	33.9~34.4%	1
露出度	70~230m ³	11.9~24.0%	3
有効起伏量	180m ³	30.6~18.7%	2
斜面形	80m ³	13.5~ 8.3%	4
方位	50m ³	8.4~ 5.2%	5

地 質	10~70m ³	1.7~ 7.3%	6
地 域	0~20m ³	0.0~ 2.1%	7
計	590~960m ³	~100%	

(* 但し降水量 1500~2800 mm の地域内)

第1次の水の供給源である降水量が最も大きな役割を果し、ついで山岳斜面での不断の給水源を指標する有効起伏量が第二位をしめ、蒸散(保護度)、水の集散と物理性(斜面形)、方位、地質(物理性)の順序でこれにつづいている。そして地域差は殆んど問題になつていない。

ii) 降水量

降水量の増加と共に材積の増加がみられるのは勿論であるが、その関係が複雑で、1900mm から 2600mm 程度の間が最も強く影響し、2600mm 以上、1900mm 以下では、降水量と材積成長との対応が、いずれも目立っていない。しかしながら、この傾向も蒸散環境の相違によつて異り、蒸散が激しい地点ほど、降水の効果率は低いが、その頭打はあらわれにくいようである。

iii) 露出度(蒸散)

気流の動きが活潑な個所ほど、たとえ降水量は同じでも無効水分が増大し、それに伴つて成長が低下するものと考えられる。いま、その無効量を、成長量が指標するものと仮定すると、180°の露出度の地点(峯や尾根)は0°の露出度地点(谷間)と比較して、500mm ~750mm の無効水分があることが読みとられ、単に成長問題ではなく、広く水収支を算定する場合も、無視され得ぬ要因と考えられる。林木生長との関係は降水量との関連において複雑な傾向をしめしているが、降水量が同一の場合は、露出度の増大と共に逆比例的に地力の低下がみとめられるようである。ただ、露出度が190°以上になると成長の低下はそれほど目立たなくなるが、これは、或る地点における、気流の動きに方向性があるため、たとえ、190°以上の露出度がある地点も、主風方向に面した、一方の側だけの露出度(大畧180°)のみが強く物を云うことに原因するものとも解される。

ここで計測した露出度は風速分布解析因子のうち最も有力な因子であるが、厳密には更に2~3の因子を考慮する必要があり、更にことを蒸散量に結びつけるためには、その気流の未飽和蒸気圧等を知る必要がある。福岡県下では、ここで解析に用いた露出度以外の因子によると、風速分布は平均高度の高い地方は

ど、高い風速値を示すが、一方、未飽和蒸気圧量は、降水量に比例して、高い高度地方ほど少くなり、この両者の作用が相拮抗して、両者の相乗積は概括的にはどこでもほぼ一定になる、ことが判つている（福島・竹下1966b）。従つて本報告ではこれらの要因を無視したのであるが、厳密には、これらの分布が必ずしも関連せず、局部的地域によつては可成りの変異を示すことがわかつており、この点大局的には影響はないとしても、不満足な欠陥を残しているものと云えよう。

iv) 有効起伏量（山体貯水量）

有効起伏量が70~75 m位までは、成長と比例関係を示すが、75~85 m程度で頭打ちとなり、それ以上の起伏では却つて成長が低下する。山体の貯水源としては地下水と中間水が考えられるが、有効起伏が90 m以上の急斜地になると、その貯水媒体である、土層、風化層の分布が薄くなって、中間水の貯水能が減少し、更には透水性の低化による、地下貯水能全般の機能が低下するためと解される。また一方では、土壤堆積に対する安息条件が低下するため、土壤層が有効深度以下に浅薄化し、これによつても地力の低下が生ずるものと想定される。有効起伏85~90 mは平均勾配になおして、40°~42°に相当するが、自然状態での土砂の崩落安息角は40°以下とされており（竹下1964他）、この間の理由をこの点から了解されようである。特に土壤侵蝕等の擾乱因子や、地質構造的な不規則性がない限りは、有効起伏による強い地力規制力を認めてよいようである。

v) 斜面形

斜面形は、水・堆積物の集散を規制する因子であり、凹凸構成のほかには安息条件である傾斜因子を関連させて検討すべき因子であるが（竹下1964）、5万分の1地形図の精度を考慮して、本報告では、単に凹凸構成だけに着目して谷型、直線型、尾根型斜面の3区分を行つた、従つて厳密には若干の欠陥を残していると云えよう。

vi) 方位

先記したように他の因子が、比較的単元的な立地要因を指標する因子となつているのに対して、方位因子は、温度、日射、風化、降水、蒸発等、多元的要因の複合的指標をなす因子となつており、この点、福岡県~西日本周辺等の似通つた暖帯気候区下では、一応、普遍性がある結果が得られたものと解されるが、温度気候の異なる広域的な適用を考慮した場合は、あいまい

な欠陥を有するものと想定される。即ち、本報告では北面斜面ほど、スギ・ヒノキの成育が良いと云う結果が得られたが、この原因としては、北面の方が日射が適量、北面ほど日射、温度が低く蒸散が少い。北面ほど福岡県では降水が多い（竹下他1966a）等の利点があげられるため、これらの利点は、他地域にも共通とは云えず、福岡県では寧ろマイナス要因となつて温度や日射が、逆にプラス要因となつて働く寒冷地域が想定される等、広域を対象にした場合は矛盾を包含しているものと云えよう。

vii) 地質

林木の成長に対する、地質基岩の優劣順位はこれまでも数多く報告されているが（小出1953他）、本解析によつて、その具体的な効果を数量的に示し得、且つその機能が他のすべての立地要因の役割に対して係数的に働くものであること示し得たのと考えられる。ここで取扱つた基岩中、安山岩（1.10）、結晶片岩（1.06）、花崗閃緑岩（深層風化）、凝灰質角礫岩（0.96）等は、その資料数が多く、数値の信頼性が高いが、古生層、中生層、第三紀層の堆積岩については資料数が少なく、数値の信頼性は低いものと解される。これとわ別に、地質基岩の分布は、福岡県内でもや・地区的に偏在分布しているため、前記の地区的な風速・蒸散に関する解析不備が、地質基岩の評価に影響を及ぼすことが考えられ、基岩別評価数値が若干動くことが懸念される。

viii) 地域

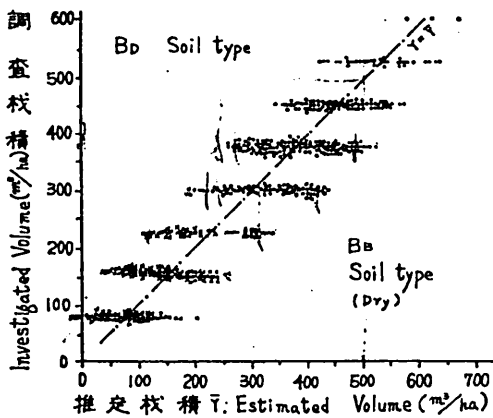
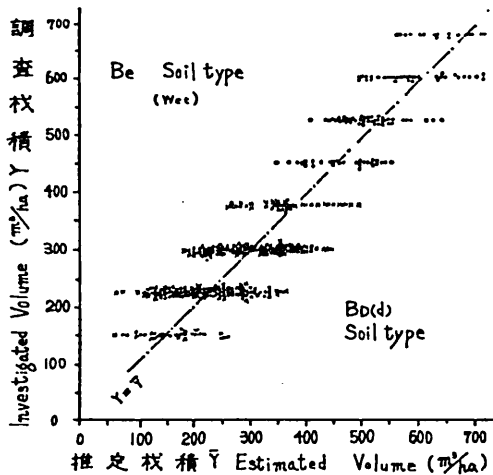
地域差は、殆んど、認められず、本解析の結果が、かなり普遍性が高いものであることが認められる。筆者等の1人竹下が以前に降水量のかわりに接峯面高度を用いて同様な解析を試みた報告例（1964）があるが、この場合は大きな地域差が認められており、本報告において直接降水量を利用した結果、地域差が消滅している。多くの場合、地域差は、気候、地質要因の差によつて生じていることが多いが、本報告では、この面での要因把握に特に留意した結果、地域差を小さくすることが出来たものと考えられる。元来、地域差は、地理的分布が大きく異なる立地要因が未知の場合生ずるものであり、地域差が大きいほど、まだ解決すべき大きな要因がかくされていることを意味する。この点、本解析結果は未知の大きな要因は既にあることになり、かなり適応範囲の広い普遍的成果が得られたものと解される。そして、この解析精度をより向上するために

は、マクロ的な立地要因よりも、ミクロ的な立地要因の開発に努力すべきことが示唆されよう。

ix) 森林土壌型分布との関係

本解析による推定値の、実測値に対する収斂性を、土壌型別に識別したものが、第8図である。土壌型を立地の良否を反映する一つ総合的因子と考えた場合、本解析で不備な未解析要因があるならば、さらに土壌型によって推定値の修正が解析可能なわけであるが、図で明かなように、もはや、土壌型はその効力をもたず、全く、45°の線上に収斂していることを読みとることが出来る。

このことは、土壌型の立地因子としての総合的機能



第8図 調査値と推定値の土壌型別収斂性

Fig. 8. Astringency of correlations between estimated volume and investigated volume by individual soil type, where $B_E \rightarrow B_D \rightarrow B_{D(d)} \rightarrow B_B$; wet \rightarrow dry.

が、既に、降水量その他の解析因子によつて、より微細な指度で代弁されていることを物語つており、一つには土壌型のもつ意味の裏付け資料として、一つには土壌型よりも精度の高い立地把握の要因として、また見方を変えれば、土壌型分布を器械的に把握する手段、土壌型よりも高い精度での林地生産力分布を器械的に推定する手段として、本解析結果が利用しうるものと考えられる。

x) 地形図の精度との関係.

本解析は5万分1の地形図(戦前版の修正版)を利用したものであるが、この地形図の微地形的な表示精度はかなり低いものとされており、この点、因子のなかには非常に不満足な計測値で表示されているものがある(竹下1961)。一般にこの地形図では主稜線の尾根筋が巾広く強調されているために、その側方の等高線間隔が圧縮され、特に側枝的な尾根筋が現実よりもかなり急に表示されている場合が多い、また、微細な谷や屋根を無視して、これを平均化した図法がとつてあるため、急な谷斜面が緩く、緩な尾根斜面が急に表示されているといった矛盾点が見出される(而もこの図法が、図面によつて必ずしも一定していない)。このような図面の精度上の影響を最も強くうけるのは有効起伏量であり、ついで斜面形と考えられる。等高線の緩急の矛盾性は、そのまま有効起伏量の大小表示の矛盾性(現実地形と対比して)に連ることが多く、また、尾根型の丸味を強調した図法は、斜面形の認定上に矛盾を生じている。これらの因子の解析結果は、可成り規則的な相関曲線で表示されているが、これは1300点という膨大な資料数を利用した「質より量」といつた解析法が偉力を発揮したもので、この計測もつと高精度に計測され得ておれば、逆に、これほどの資料点数を必要としなかつたものとも云えよう。これらの微地形的二因子に対して降水・蒸散・方位等の因子は、5万分の1図の精度上の影響をうけることが少い因子と考えられ、地形図の精度の影響は専ら、有効起伏、斜面形等微地形因子に関連しているようである。幸い資料数の大きさによつて、かなり明快な解析結果が得られたのであるが、この間の大巾な分散は、微地形因子の計測誤差に主因するものと解されるので、解析精度の向上、結果の実用的利用の上でも、更に高精度の地形図の利用、或いは空中写真の利用が望ましい。

xi) 排水条件因子の不足

本解析で取扱った因子は、いずれも或点に水の集る条件を考慮したものであるが、厳密には、更に、その点の排水条件を考慮する必要がある。いま、極端な例として、峯の頂上と、平野の地点を対比すると、有効起伏量（水の集る条件）は相方共、零であるが、排水条件を考えると、頂部は水が逃げ易く平地は逃げにくい。また、林木の成長は頂部に悪く、平地で高いのが普通である。即ち、この場合の立地の良否は、有効起伏等の集水条件だけではなく排水（保水）条件をも考慮した微地形因子をとりあげないと、普遍的な総合結果が導びけないことを意味している。

本解析は一応、開析山地を想定して、因子の選択を行ったので、山岳地に適用出来る好結果は得られたのであるが、これに、平坦～緩地形にまで適用出来る普遍性をもたせるためには、更に、排水条件その他の微地形因子の追加を必要とする。

(4) 因子とその総合に関する検討

数多くの因子を組合せて、普遍性の高い総合化を計る場合、因子のとりあげ方が問題になる。

1) 因子の吟味と普遍性

結果の普遍性を高めるためには、ただ数多くの因子をとりあげるだけではなく、因子のもつ内容・性格・理論性を知った上で、その総合化を計るのが有利と考えられる。

いま、個々の因子の吟味がなされていないまま、統計的にある高精度の総合式が得られたものとする。その結果をもとに、帰納的に因子の内容、総合式の意味を求めることは出来るのであるが、因子の意味がその1部でも前以て判っていない限りは、それにも限度があり、仲々明瞭な意味づけが出来ないのが普通である。そして、この方法を現実に応用してなにか大きな矛盾におつかつた場合、或いは他の関連現象との関係を検討する場、どの点が悪いのか、良いのか、何の因子が不足しているのか、余計なのか、どの因子が強く関係するのか、しないのか等の吟味がつきかねることが多いものと想定される。即ち、このような因子の吟味なしの総合は、その普遍性の適応範囲を（立地的な問題とすると）、厳密な自然地理的な意味合いにおいては表示出来ないものとなり、また、たとえ高精度の結果がえられたとしても、それをもとに考え、これを応用的に発展させることが無理な、いわば、見掛けだけの結論に終るおそれが多分にあるわけである。

現在、森林立地に関する全因子について夫々の意義

を理論的に把握することは、到底無理な段階であるが、それでも、立地的な総合をはかる場合に上記のような欠陥におちいらぬようにするためには、その採用する因子の出来るだけ多くのものが、理論的意味の明瞭なものであることが望ましい。

理論性が既知の因子と未知の因子の組合せである総合結果が出来た場合、既知の因子による演繹性が、未知の因子の帰納的解明、ひいては総合結果の意義の解明を助けるのが普通であり、このような解明が出来たことによつて、はじめて、結果の客観的な普遍性（範囲）の明示、吟味、修正、補足、開発、応用等が可能になる筈である。

いま例を高度にとつてみよう。高度は、数量的に把握出来る最も手軽な立地因子として広く用いられているが、高度のもつ意味を検討してみると、気温、降水、雲霧、気圧、風速、蒸散、光線等と気象的にも多元的な意味をもっていることに気付かれる。いま、これらの多元因子と高度との関係が、全部同じ関数関係で表示されるものならば、問題はないのであるが、実際には皆、夫々異つた関係にあるのが普通である。従つて、たとえ高度が一定であつても、場所によつてどの因子が、どのような値を示しているかは全く不明であり、この点、林木の成長を、単なる高度と結びつけて検討がしてあつても、立地的には応用性のとほしい結論しか得られないことが想定される。このような欠点を補うためには、高度が関連している気温なり、降水量なりの因子を直接把握することが必要であり、このような意味のはつきりした単元因子を利用し、高度のようなあいまいな混合因子を排除することによつて、問題の解明がより明快に行なわれる筈である。

混合的な意味をもつ因子は、感覚的には多言を必要としない便利な因子として、古くから親しまれているものが多いが、これを客観的な技術開発と総合化に役立たせるためには、この混合的多元性を、夫々の場合の有効数値的観点からの単元因子に還元することが必要と考えられる。

このような混合因子ではないが、従来用いられている立地要因の中には複合的な総合因子がある。たとえば、森林土壌型がその1例としてとりあげられる。森林土壌型が一つの有力な立地総合指標であることは肯定出来るが、その総合性の内部構成が全くわかっていない。即ち、土壌型は気候・地形・地質等の総合因子とはなつていないものの、その細部因子が、どのような

関係で結びついているかは全くわかっていない。この総合化されている諸因子の内部構成がわかっていないということは、さきに述べた、矛盾に出会ったり、応用化、精度の向上化を狙ったりする場合に、理論的に打つ手段がないことを意味している。

いま、このような、内部構成のわかっていない複合因子を、さきに述べた理論性のはつきりしている単元因子と並列させて、総合化をはかった場合を想定すると、折角、有効精度の高い因子の役割が、あいまいな低精度の複合因子のために打消されて、あらわれず、綜合式そのものの意義も精度も低下してしまうおそれがある。たとえば、本研究の結果として、森林土壌型が大畧30%以上の割合で降水量に規制されていることがわかつたのであるが、このことを知らぬまま、土壌型と降水量とを並列させて綜合解析を進めたとすると、 10 m^3 単位の精度で材積生産力を規制しうる降水因子の役割が、 150 m^3 単位以上の低精度の土壌型因子のために消去されて、極端な場合、土壌型は地位指標として効果があるが、降水量は効果がないといった困つた結論が出て来る場合が想定される。

このような、欠陥を排除するためには、混合因子の場合と同じく、構成因子の単元化を計ることが必要であり、それが出来ぬ場合は総合化の目的と有効数値の精度を考慮して取捨選択すべきものと思われる。

上記の複合～混合因子の場合とは逆に、他の因子の有効性に比較して、極度に細分化された因子については、そのレベルをあわせる意味合いからの複合化も必要と考えられる。

即ち、因子の総合化にあつては、その目的とする有効数値を考慮した上で、理論的な意義の明瞭な単元因子を選択することが必要で、理論的な内部構成が不明な複合～混合因子は、それを単元化するか、余り影響の大きい因子は、捨てるか、副次因子として取扱うことが必要と考えられる。

以上のような観点から、本報告の解析因子を検討すると、方位因子があいまいな混合因子として指摘されるが、他は直接因子、間接的な指標因子（指標精度上の問題はあつたが）の差はあるが一応意味のはつきりしたのものとなつている。

ii) 因子の数量化

因子の総合化は、所謂、勘によらぬ限りは、数式的な表現を利用することになるが、この場合因子の数量化が問題になる。数量化は、因子内の階級区分が、客

観的な基準にもとずいておれば、何等かの方法でこれを普遍的な数値になおすことが出来るものであるが、このような基準が、やや感覚的～主観的に流れているあいまいな任意性因子は、たとえこれを数量化したとしても、意義があいまいであり、総合化をめざす場合の構成因子として不適格な場合が多いものと解される。

iii) 本解析法の普遍性

これまで、述べて来たように、各因子のとらえ方に、未だ不満足な面は感じられるが、本解析にとりあげた因子の総合によつて、山岳立地における一応の普遍的結果が得られたものと解される。しかしながら、温度因子が全く取り扱われていないこと、福岡県だけのことを考えて風速・蒸散に関する要因を一部無視したこと、微地形的な排水条件を無視したこと、地質基岩の種類が少いこと等が、本結果の広域的普遍性に対する大きな障碍となつているものと考えられる。逆に表現すると、温度・風速・蒸発・気圧・排水条件、多数の地質基岩、更には、日照・気圧等の要因をとりあげて、広域資料をもとに解析を行えば、同様な解析手法を用いて、全国的にも普遍性の高い立地因子の総合が可能と思われる。これらの因子分布の数量的把握は従来、ややもすると困難視されているが、現在、一応、その有効数値の把握が技術的にも可能になつているものと判断される。

本解析は、土壌乃至は土層が一応、普通の厚さで分布していることを前提にして、机上解析を行つたものであるが、実在の土壌侵蝕の状況、土層の厚さ、古土壌（赤色土）、火山灰の分布等は、或程度の類推は出来ても、矢張り現地調査の資料が必要であり、この点、机上解析に加えて現地要因による調整が必要と考えられる。

5. 林地生産力分布の推定とその効用

前節の解析結果をもとにして、逆に未知の地点の材積生産量の分布を推定することが可能と考えられる。

(1) 既往調査団地の材積地位の推定

これまで行つた解析は、地点毎に計測された因子とその点の材積との関係を検討したものであるが、この結果を面積的な拡りをもつ団地に応用する場合、その団地の平均的生産力の推定に対しても、同じ解析結果が適用出来るか、各因子の団地毎の平均値を求める場合の計測法をどのようにするか等が問題になる。それで、且つて、概括的な材積地位の判定が行われてい

る。適地適木調査団地（福岡林試1954~1960）を対象にして、この間の検討を行った。

調査材積地位（実材積）=適地適木調査報告書より平均材積を概算（ m^3/ha ）

各因子の計測=各団地（200~300ha）に相当する区域を、5万分の1地形図上に写しとり、その区域内に7.5mm方眼をかけ、方眼の交点毎に各因子を計測した。

材積地位の推定法=第7図の図相関解析図を利用

第1表は、上記の方法によつて求められた、各団地別の立地因子と推定材積を表示したものである。

推定材積と実調査材積との相関性は

相関係数=0.869 資料数=134

標準誤差=31.5 m^3/ha 同率=8.98%

となり、前節の解析結果よりも、相関係数がおちているが、一応満足される推定が行いえたものと解される。

この相関性と各団地毎の推定値を検討した場合、次のような計測上の問題点がとりあげられる。

○ 降水量、地質基岩等は、微地形による小さな分布変異がないので、計測も容易であり、計測上の誤差も少ない因子であつた。

○ 露出度、有効起伏量は微地形的な影響を強く受けるため、その分布が小さく変異し、従つて7.5mm方形区の交点数程度の資料数では、団地の平均値を表

示しえぬようである。特に、これらの二因子は立地的な役割が大きいだけに、別の計測法を考慮する必要性が感じられた。

○ 斜面形・方位も上記二因子と同じく、計測点数の不足が感じられたが、その役割が小さいので、露出度、有効起伏量ほどに神経をとがらす必要性はないようであつた。

○ 5万分の1地形図の表示精度が低いため、現地ではかなり急峻な山が、意外に緩い指標値（特に有効起伏量）で計測されたり、逆に緩い山が、急な指標値で計測される等の矛盾点があり、これが推定値に影響して精度の低下を来している面が強く感じられた。この点、前節の地点的な解析の場合よりも、面積的な平均計測値の方が、地形図の縮尺的な精度の影響をうける面が少い筈であるが、この場合は、図法の優劣の差が影響しているようであつた。

○ 推定値と実調査値の差を検討してみると降水量が少い低山地帯で、実調査値が高く出ている傾向が強い、この地帯は土壤侵蝕の受蝕地帯が多く、前節で行つた地点を主体にした解析資料に土壤侵蝕地の資料が数多く入つていたためとも解されるが明かでない。またこの地区ではマツの造林地が多いが、マツの材積地位を、やや無理をしてスギ・ヒノキの材積地位に換算したための誤差とも解される。

第1表. 共軸相関図による調査団地の材積推定
Table 1. Stand factors of investigated area and its estimated value by correlation graph.

調査地 investigated area	年 降水量 (mm) X_1	露出度 (°) X_2	有効 起伏量 (m) X_3	修正有 効起伏 (X_3) X_3	斜面形 X_4	斜面 方位 X_5	地質基岩 X_6	地 域 X_7	推定材 積 (m^3 /ha) \bar{Y}	(X_8) の場合 の推定 (\bar{Y})	平均林 分材積 (m^3 / ha) \bar{Y}	$Y -$ (\bar{Y})	間接有 効起伏 (m) X_9
総 無 田	1600	108	40	37	8.0	2.1	m-sd	北九州市	217	208	211	3	64
北 井 崎	1610	143	41	39	8.5	1.6	Dg	福 岡	192	186	193	7	68
田 原	1660	102	27	27	10.0	1.4	"	"	171	171	201	30	48
可 也	1670	105	49	38	8.0	0.7	"	"	210	179	241	62	65
官 地	1680	103	52	44	8.5	1.3	"	"	231	213	277	64	75
横 武	1700	92	30	33	9.0	1.7	Agg	豊 前	174	183	206	23	58
像 用	1710	97	35	39	7.5	1.6	t-sd	福 岡	191	204	248	44	67
宗 山	1730	103	55	47	7.0	0.5	p-sd Dg	北九州市	228	208	221	13	80
足 立	1740	99	30	36	7.5	2.0	t-sd	筑 豊	191	207	203	-4	63
西 川	1750	120	29	32	7.5	1.9	Dg	福 岡	172	180	199	19	55
東 山	1750	117	42	41	7.0	1.2	"	福 岡	184	182	211	29	70
池 師	1760	120	44	46	7.5	2.1	R	北九州市	223	228	154	-74	79
三 風	1760	80	34	37	8.2	1.1	Dg	福 岡	190	198	208	10	64
吉 武	1770	90	46	52	10.0	2.2	m-An	北九州市	251	269	287	18	89
岡 山	1770	132	43	35	7.0	1.7	Dg	福 岡	192	172	237	65	61
黒 武	1770	84	50	43	8.0	0.7	"	豊 前	228	209	251	42	74
高 山	1770	77	36	37	9.5	2.1	Agg	豊 前	211	214	184	-30	64
上 河	1780	77	36	37	9.5	2.1	Agg	豊 前	211	214	184	-30	64
簡 野	1780	82	31	38	8.0	2.2	t-sd	筑 豊	208	226	246	20	66

調査地 investigated area	年 降水量 (mm) X_1	露出度 (%) X_2	有 起伏 量 (m) X_3	修正有 起伏 量 (m) (X_3)	斜面形 X_4	斜面 方位 X_5	地質基岩 X_6	地 域 X_7	推定材 積(m ³ / ha) \bar{Y}	(X_9) の場合 の推定 (\bar{Y})	平均林 分材積 (m ³ / ha) \bar{Y}	$Y - (\bar{Y})$	間接有 起伏 量 (m) X_8
山場	1780	102	44	39	7.5	1.4	Dg	豊前	206	191	242	51	68
田馬	1790	70	39	39	7.5	2.2	Agg	部	218	218	191	-27	67
池(大間)	1790	137	43	42	7.5	1.6	Dg	矢部	194	192	193	1	72
三金	1810	106	52	46	10.5	1.6	Sh	筑福	279	263	250	-13	79
横須	1810	105	59	55	11.0	2.2	Dg	福	290	280	332	52	94
宗像	1820	100	49	45	8.5	1.2	Sh	部	259	248	262	14	78
野坂	1820	106	34	35	8.5	2.4	m-sd	部	226	229	215	-14	61
石河	1820	87	54	56	9.5	1.6	Sh	筑福	279	284	321	37	95
山崎	1830	64	47	50	10.0	1.7	Agg	豊前	246	255	287	32	85
山下	1840	118	55	44	10.5	2.0	Dg	筑福	273	244	236	-8	76
西下	1840	89	32	36	8.0	1.8	部	筑福	203	215	213	-2	62
西上	1840	66	50	44	10.0	1.7	Agg	筑福	254	236	233	-3	76
内須	1850	85	46	48	8.5	1.2	Sh	筑福	257	263	219	-44	83
東須	1860	72	41	42	8.0	2.4	Dg	筑福	247	250	236	-14	72
小若	1860	88	48	50	11.5	2.2	Sh	筑福	286	291	238	-53	86
山官	1870	84	40	40	9.0	2.3	Agg	部	233	233	269	36	68
上西	1870	113	46	45	7.5	1.8	m-sd	筑	244	241	220	-21	77
嘉穂	1870	77	24	33	7.5	2.2	Dg	部	203	222	217	-5	57
山野	1880	85	40	50	8.5	1.9	m-sd	北九	247	277	228	-49	86
山長	1880	123	44	45	8.0	2.8	Dg	九州市	245	248	281	3	77
御子	1890	98	39	33	9.5	1.6	部	筑福	228	213	224	11	57
立花	1890	79	44	49	8.0	2.1	Sh	筑福	265	281	236	-45	84
真岩	1890	76	46	46	7.5	1.1	部	筑福	247	247	266	19	79
上津	1900	82	39	36	7.0	2.5	Agg	部	228	219	216	-3	62
元福	1900	105	50	49	9.0	1.5	m-sd	北九	266	264	285	21	84
山原	1900	120	61	51	9.5	2.3	Dg	北九	296	268	238	-30	88
平伏	1910	99	41	40	7.5	1.4	部	筑福	229	219	262	43	69
大木	1910	73	42	48	9.5	2.3	部	筑福	249	267	219	-48	82
山本	1920	65	61	54	10.0	1.4	Agg	部	291	272	292	20	92
油松	1920	68	43	47	7.0	2.0	Dg	部	241	250	264	14	80
入山	1925	61	34	38	9.0	1.7	Sh	部	240	253	270	17	66
山黒	1930	97	50	48	7.5	2.5	部	筑福	299	293	247	-46	83
方田	1930	103	49	43	8.5	2.1	Dg	部	267	252	299	47	74
安勾	1940	72	41	39	9.5	1.6	部	筑福	251	245	252	7	68
福岩	1940	69	46	40	9.0	1.6	部	筑福	263	246	262	16	69
後矢	1940	95	49	47	7.5	1.5	部	筑福	253	247	233	-14	81
高米	1940	65	45	45	11.0	2.0	Sh	部	301	301	234	-67	77
久田	1950	114	51	44	6.0	1.1	p-sd	部	252	235	234	-1	75
猫實	1950	115	63	53	12.0	2.2	Dg	部	321	295	238	-57	90
嘉久	1950	87	49	48	10.0	1.9	Sh	部	301	299	231	-68	83
串上	1960	100	55	47	11.0	2.4	部	筑福	329	307	307	0	81
桂牛	1970	108	45	49	8.0	2.2	Dg	部	258	269	287	18	84
草舟	1970	86	52	47	8.5	1.5	部	筑福	275	261	224	-37	80
三福	1970	83	43	42	9.0	1.6	部	筑福	254	251	243	-8	72
中神	1970	75	58	59	9.0	0.7	Sh	部	297	301	269	-32	100
	1970	68	60	58	10.0	1.7	部	筑福	335	330	259	-71	98
	1970	80	46	43	8.0	1.6	部	筑福	283	275	297	22	74
	1970	68	54	50	9.5	1.0	部	筑福	310	298	282	-16	86
	1975	98	40	42	9.0	1.1	Dg	部	233	238	254	16	73
	1980	78	47	53	9.5	2.4	Sh	部	318	334	306	-28	91
	1980	111	55	48	9.0	2.6	Dg	北九	295	277	291	14	83
	1980	83	33	33	9.5	1.6	部	筑福	230	230	239	9	57
	1990	83	58	59	9.5	1.4	Sh	部	324	327	257	-70	101
	2000	42	40	46	9.0	2.0	部	筑福	292	310	277	-33	79
	2000	70	48	48	10.0	2.2	Dg	部	283	283	287	4	82
	2000	90	59	58	13.0	1.2	Sh	部	335	332	284	-48	99
	2010	90	55	46	11.0	1.9	Agg	部	305	281	296	15	79
	2010	92	38	38	9.0	2.3	Dg	部	255	255	232	-23	66
	2010	95	59	57	10.5	2.3	Sh	部	347	342	291	-51	97
	2020	80	45	46	9.5	1.9	部	筑福	292	296	318	22	79
	2030	76	46	39	8.0	2.0	部	筑福	304	284	232	-52	67
	2040	106	51	50	7.5	2.6	Dg	部	291	288	264	-24	86
	2060	70	39	39	9.0	2.2	部	筑福	276	276	239	-37	68
	2075	119	59	50	9.5	1.3	Sh-An	部	313	287	302	15	86

調査地 investigated area	年 降水量 (mm) X_1	露出度 (°) X_2	有 効 起伏量 (m) X_3	修正有 効起伏 (X_3) X_3	斜面形 X_4	斜面 方位 X_5	地質基岩 X_6	地 域 X_7	推定材 積 (m^3 / ha) \bar{Y}	(X_3) の場合 の推定 (Y)	平均林 分材積 (m^3 / ha) Y	$Y -$ (\bar{Y})	間接有 効起伏 (m) X_8
鎮西	2080	104	50	51	10.0	1.5	p-sd	筑	299	302	250	-52	88
曾根	2080	83	45	47	9.0	1.2	Dg	甘	277	283	243	-40	81
大柴	2080	66	53	48	10.5	1.6	Agg	"	314	301	268	-33	82
柴鳥	2080	70	46	43	10.0	1.5	Sh	"	315	307	324	17	74
井山	2090	68	44	55	9.0	1.7	Agg	矢	308	308	382	76	94
山口	2090	85	55	48	12.0	2.0	Dg	福	297	308	311	3	82
山水	2100	116	62	56	9.5	2.6	"	甘	330	316	345	29	96
添田	2110	87	54	50	7.5	2.4	Sh	筑	343	331	340	9	86
岩屋	2110	58	46	47	10.5	2.0	Dg	甘	333	336	348	12	80
黒清	2120	110	48	47	8.0	1.3	Sh	甘	293	291	315	24	81
勝	2120	80	68	61	12.5	1.3	"	福	387	368	381	27	104
大	2120	45	40	45	7.0	2.1	"	矢	316	330	299	-31	77
神	2130	64	54	56	7.5	2.1	An	筑	367	374	366	-8	96
原	2140	88	48	47	10.0	1.4	Dg	福	294	291	294	3	80
長	2150	100	56	49	8.5	2.3	"	"	325	304	334	30	84
雷	2150	90	51	50	11.0	2.3	"	"	325	322	354	32	85
香	2150	67	49	47	9.0	2.1	"	"	322	315	286	-29	80
小	2150	60	50	45	10.0	1.3	"	"	316	303	347	44	78
熊	2160	96	60	48	11.5	2.0	"	筑	344	310	301	-9	83
安	2160	83	62	56	10.5	2.2	"	"	361	345	305	-40	100
久	2170	101	52	53	9.0	0.9	Sh	"	316	319	312	-7	91
千	2170	62	46	48	9.0	1.2	"	矢	323	329	354	25	83
平	2170	91	42	49	7.5	2.1	Dg	筑	286	304	285	-19	84
内	2170	80	35	38	9.0	1.7	"	福	273	281	303	22	65
北	2170	75	46	49	10.0	1.8	"	筑	312	320	328	8	84
馬	2180	72	49	45	10.0	0.8	Agg	矢	293	283	266	-23	77
土	2180	95	44	54	8.0	1.3	Dg	筑	278	304	271	-33	93
吉	2180	39	46	47	8.0	1.1	Sh	矢	337	339	325	-14	80
無	2190	65	53	48	10.0	2.0	"	福	373	359	330	-29	82
四	2200	100	52	47	9.0	2.6	"	"	356	345	366	21	81
石	2210	92	48	44	10.0	1.8	Sh-An	福	341	327	341	14	76
松	2210	92	45	51	9.5	1.7	Dg	矢	303	318	299	-19	87
納	2220	60	50	48	10.0	1.4	"	"	335	329	306	-23	82
添	2230	61	56	56	8.5	2.1	Sh	甘	389	389	338	-51	96
田	2240	100	54	58	10.0	1.1	"	矢	344	356	362	6	99
一	2240	77	58	53	9.5	2.0	Dg	筑	359	346	335	-11	90
戸	2260	90	49	44	10.5	2.4	"	福	341	327	321	-6	76
成	2280	100	59	50	10.0	2.3	"	"	363	338	272	-66	85
古	2280	97	54	57	8.5	1.0	"	甘	319	328	389	61	97
本	2280	25	49	40	9.0	1.8	Agg	矢	380	358	311	-47	69
津	2300	74	49	48	7.0	2.2	"	甘	343	340	361	21	82
野	2310	100	41	42	10.0	0.9	"	矢	280	283	258	-25	72
合	2310	84	49	46	8.0	1.9	"	甘	335	328	283	-45	79
鹿	2330	107	48	54	10.0	2.0	Dg	福	331	348	293	-55	92
苗	2380	106	54	53	7.0	2.5	"	"	359	356	304	-52	91
南	2430	49	64	61	7.5	1.7	An	甘	480	470	416	-54	103
面	2430	60	55	53	10.0	1.6	Dg	福	399	393	370	-23	90
木	2475	64	59	56	13.0	2.2	An	矢	498	485	506	21	96
五	2480	56	60	63	12.0	1.0	"	"	475	485	421	-64	107
石	2530	61	62	62	11.5	2.2	"	"	508	508	503	-5	106
柏	2630	39	55	53	10.5	1.6	Sh-An	"	503	499	425	-74	90
宮	2800	64	58	58	12.0	2.0	An	"	541	541	537	-4	99
コ													
ミ													
ト													

(2) 5万分の1林地生産力分布図の作成

前項までの結果から、地形計測法上の問題点がほぼ明かとなり、この改良を行えば、5万分の1地形図を利用して、可成り高精度の林地生産力（材積 m^3/ha 表示）分布の推定が可能と考えられる。

本節では次の要領に従って、5万分の1林地生産力分布図の作成を試みることにした。

○ 図示の方法……1cm (500m相当) 方形区毎の平均材積数値記入図。地点の微地形的な特性をいかした、精細な分布図、(等材積曲線図) の作成も可能であるが、さきに述べたように、地点を表示するためには、微地形的な地形図の精度が不満であるのでこれを取り止めた。このような微地形的な因子は或程度平均化するとそれなりに、その面積地区の地形的特性を指

標するようになるものと解されるので、本報告では500m×500m=25 ha の平均因子を用いて、その区内の材積を表示することにした。

○ 表示する樹種・林令……スギ・ヒノキが適地適木植栽されている場合を想定し、その35年生林分材積を以て、林地生産力指標とした。

各立地要因の計測は各区を更に5mm方眼に分割して、その各々の交点；都合9ヶの測点をとつて夫々の点を中心にして計測を行つた。原則としてこの9個の計測値を平均し、各方形区の指標値とした。各因子の具体的な計測法は次の通りである。

○ 降水量 X_1 、地質基岩 X_2 、=夫々の20万分の1分布図を拡大して、5万分の1地形図上に写しとり、これを原図として計測を行つた。

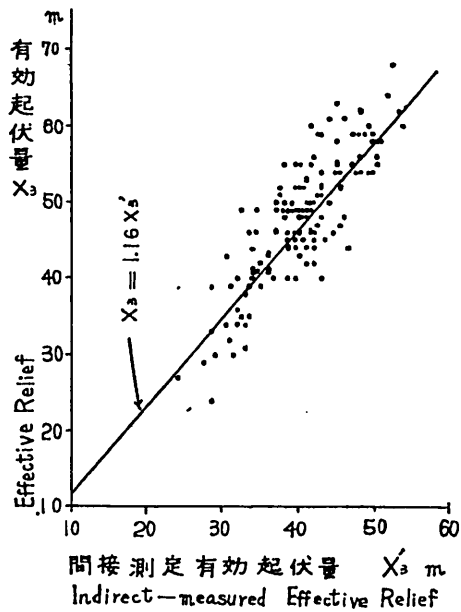
○ 有効起伏量 X_3 、=その地点だけの計測値では、平均値を算定するのに不安が感じられるので、各測値を中心にして、直径4mmの円をかぶせ、その円面積内の等高線を算定して、有効起伏の代表因子とした。円内の20m等高線の算定法は、直径2mm未満の閉曲線は1、2mm以上の閉曲線は2とし、同じ等高線が2度以上同一円内にあらわれる場合はいずれも2、また10m等高線については0.5として算定を行つた、そして、これらの合計値の合計値の10倍を以て、その点を中心とした間接有効起伏量 X_3' とした。この間接有効起伏量の計測例は、第1表の右端に示しているが、第1表から得られる間接有効起伏量 X_3' と有効起伏量 X_3 の関係は第9図に示す通りであり、次のような関係式で表示される。

$$X_3 = 1.16 X_3' \dots\dots\dots(15)$$

さきに検討を行つた第2表において、団地林分別の材積を、この X_3' の値によつて補正した有効起伏 (X_3) によつて推定しなおした場合、推定値は (\bar{Y}) に示す通りとなり、結果は \bar{Y} よりも若干良好となっていることがうかがえる。

○ 斜面形 X_4 =谷型を2、直線(中間)型を1、尾根型斜面を0として計測したが、計測の偶然性を防ぐ意味で、平均値はすべて0.5~1.5の範囲内にあるべきものと仮定した。

○ 方位 X_5 =S, SW=0, SE=1, W=2, E=3, NW=3, N, NE=5 として平均値を算定したが、計測の偶然性を防ぐ意味で、平均値はすべて0.5~4.5の範囲内にあるべきものと仮定した。



第9図 間接測定による有効起伏と直接測定による有効起伏との関係
Fig. 9. Relation between effective relief measured by indirect operation and measured by direct operation.

○ 地域 X_7 =矢部川流域に限定した。

推定方式としては、(13) 式を (15) 式によつて変形して

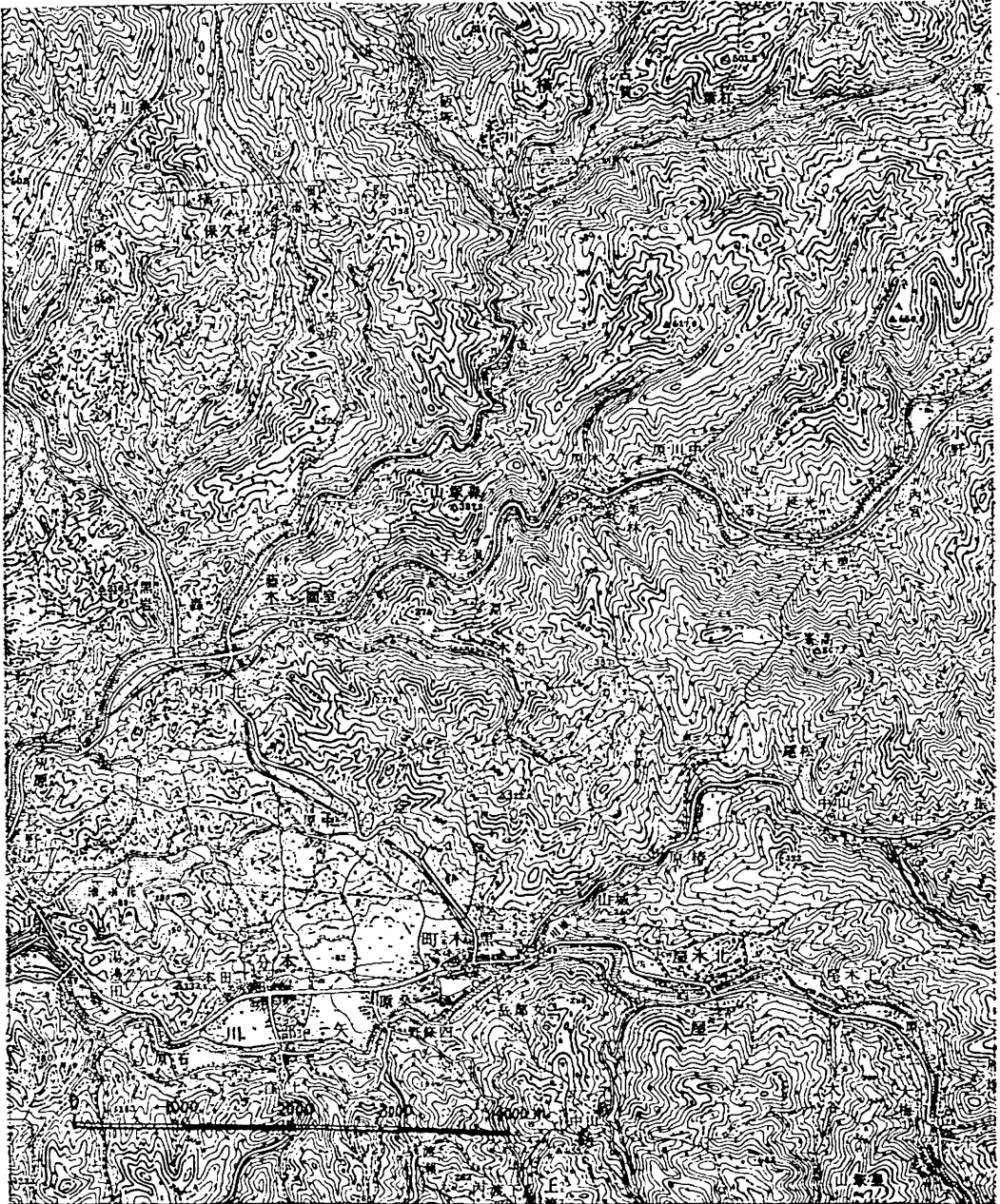
$$\bar{Y} = (0.725y_{12} + 3.20X_3' + 40X_4 + 10X_5 - 90)X_6 - 15 \dots\dots\dots(16)$$

y_{12} のみは X_1, X_2 と材積との相関図から読出し(第7図)、 $X_3 \sim X_6$ については、計算によつて算定した。

第10図から第16図までは、福岡県下矢部川流域の一地区における地形図と各因子の計測实例、その結果としての林地生産力分布図を示したものである。

また矢部川流域全体の5万分の1林地生産力分布図を付図として別製している。

第17図は、同じ地区内での土壤型分布図を示したものであるが、その分布模様は、有効起伏量と斜面形の複合分布図と相酷似し、また第18図に示す傾斜角を考慮した谷密度・尾根密度分底図と似通つており(常法的な谷密度・尾根密度分底図と対比のこと)、この間に密接な関係が想定される。

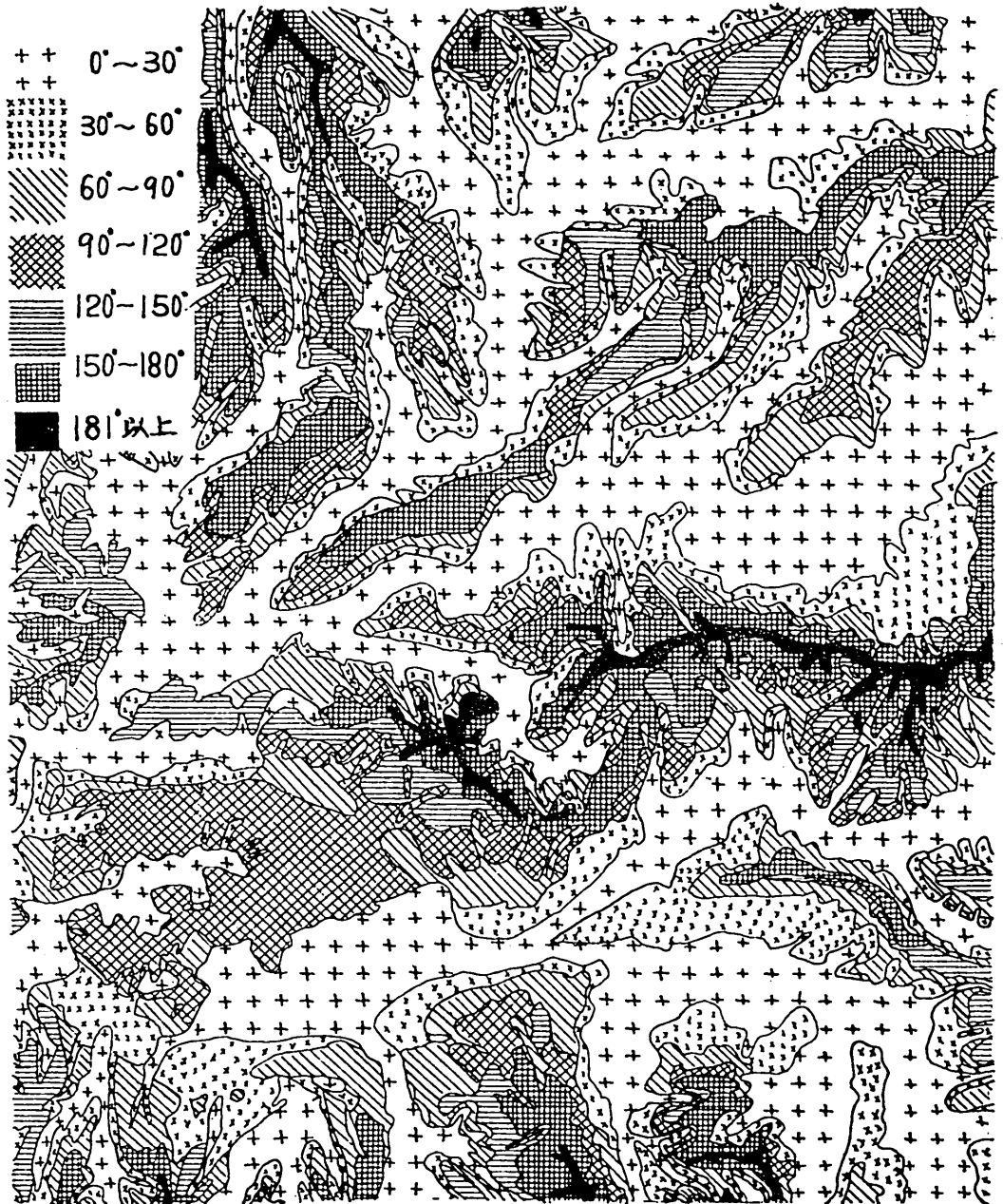


第10図 矢部川流域，上隔町，黒木町周辺地形図
Fig. 10. Topographic map of Yabe basin.

上段 upper	2100	2120	2130	2140	2150	2160	2170	2190	2210	2220	2250	2260	2270	2280	2290
	70	90	140	50	40	150	130	80	30	40	60	100	130	140	30
	2100	2110	2130	2140	2150	2170	2180	2190	2210	2230	2260	2270	2270	2280	2290
	90	120	130	90	50	70	60	50	50	80	110	60	60	50	30
年降水量 Annual Pre- cipitation (mm)	2100	2110	2120	2140	2160	2170	2180	2190	2200	2230	2250	2260	2270	2280	2290
	140	70	100	90	10	40	50	40	50	40	30	30	60	90	90
	2090	2100	2120	2140	2150	2160	2170	2180	2200	2230	2240	2260	2260	2270	2270
	110	120	90	110	60	10	40	10	40	60	10	50	120	90	160
下段 lower	2080	2100	2110	2130	2150	2160	2170	2180	2190	2200	2220	2240	2240	2240	2250
	110	160	70	70	90	50	40	110	100	150	150	2240	2240	2240	2250
	2060	2070	2100	2120	2140	2160	2170	2170	2170	2180	2190	2200	2210	2220	2230
	100	100	70	80	110	50	50	110	90	100	50	50	70	80	50
露出度 Degree of Exposure	2040	2050	2070	2110	2120	2140	2150	2160	2170	2170	2170	2170	2180	2190	2200
	120	120	90	70	90	50	40	50	100	50	70	70	100	50	10
	1980	1980	1990	2000	2020	2050	2070	2090	2100	2120	2130	2140	2150	2160	2170
	60	70	60	60	70	100	90	50	40	40	100	70	40	70	10
1970	1975	1975	1975	1980	2005	2030	2060	2075	2080	2100	2125	2125	2150	2150	2175
60	80	40	50	110	120	60	30	100	100	30	10	50	40	30	60
1940	1950	1950	1960	1970	1980	2000	2030	2040	2060	2070	2080	2110	2120	2130	2160
60	50	30	80	70	70	90	80	80	10	30	40	30	10	10	60
1930	1930	1940	1950	1960	1960	1980	2000	2030	2040	2060	2070	2080	2100	2110	2130
110	130	60	90	60	90	70	60	30	60	80	60	70	50	50	40
1920	1930	1930	1940	1940	1960	1970	1990	2010	2030	2040	2060	2070	2080	2110	2120
110	130	40	40	10	40	60	60	70	120	140	120	160	160	140	130
1920	1920	1930	1930	1940	1940	1960	1980	2000	2020	2030	2060	2070	2090	2110	2130
80	70	60	60	80	60	90	70	100	50	140	160	160	110	120	120
1910	1920	1920	1930	1930	1940	1940	1960	1980	2010	2030	2040	2070	2080	2110	2130
50	30	50	70	80	110	110	130	140	60	50	100	110	40	70	140
1900	1910	1920	1920	1930	1940	1940	1950	1970	1990	2030	2040	2070	2100	2120	2130
50	80	80	90	90	90	100	100	150	100	100	160	40	20	30	130
1890	1900	1910	1920	1920	1930	1930	1940	1970	1980	2030	2050	2070	2100	2130	2150
70	110	90	80	90	110	100	90	110	100	70	40	40	90	90	40
1880	1890	1910	1920	1920	1930	1940	1940	1950	1980	2020	2050	2080	2120	2140	2160
70	60	70	90	110	100	80	50	60	60	40	40	50	70	60	90
1890	1900	1910	1920	1920	1930	1930	1940	1950	1980	2020	2060	2100	2120	2140	2170
40	90	70	70	60	30	10	20	30	50	60	30	30	20	30	50
1880	1900	1910	1920	1930	1930	1940	1940	1960	1980	2020	2070	2100	2120	2140	2160
70	60	70	60	10	20	30	50	80	100	60	10	40	40	40	10
1890	1910	1910	1920	1930	1930	1940	1960	1970	2000	2030	2070	2160	2120	2140	2160
60	60	60	50	50	60	70	60	100	130	70	30	90	90	40	40
1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	2000	2030	2050	2080	2110	2120	2130	2140
90	40	70	50	50	50	90	60	60	140	120	40	130	70	40	40
1910	1920	1930	1940	1950	1970	1980	2000	2020	2030	2060	2080	2110	2120	2130	2150
80	70	110	100	50	60	90	40	70	150	160	60	90	110	70	40

第11図 年降水量及び露出度の分布

Fig. 11. Distributions of annual precipitation and degree of exposure.

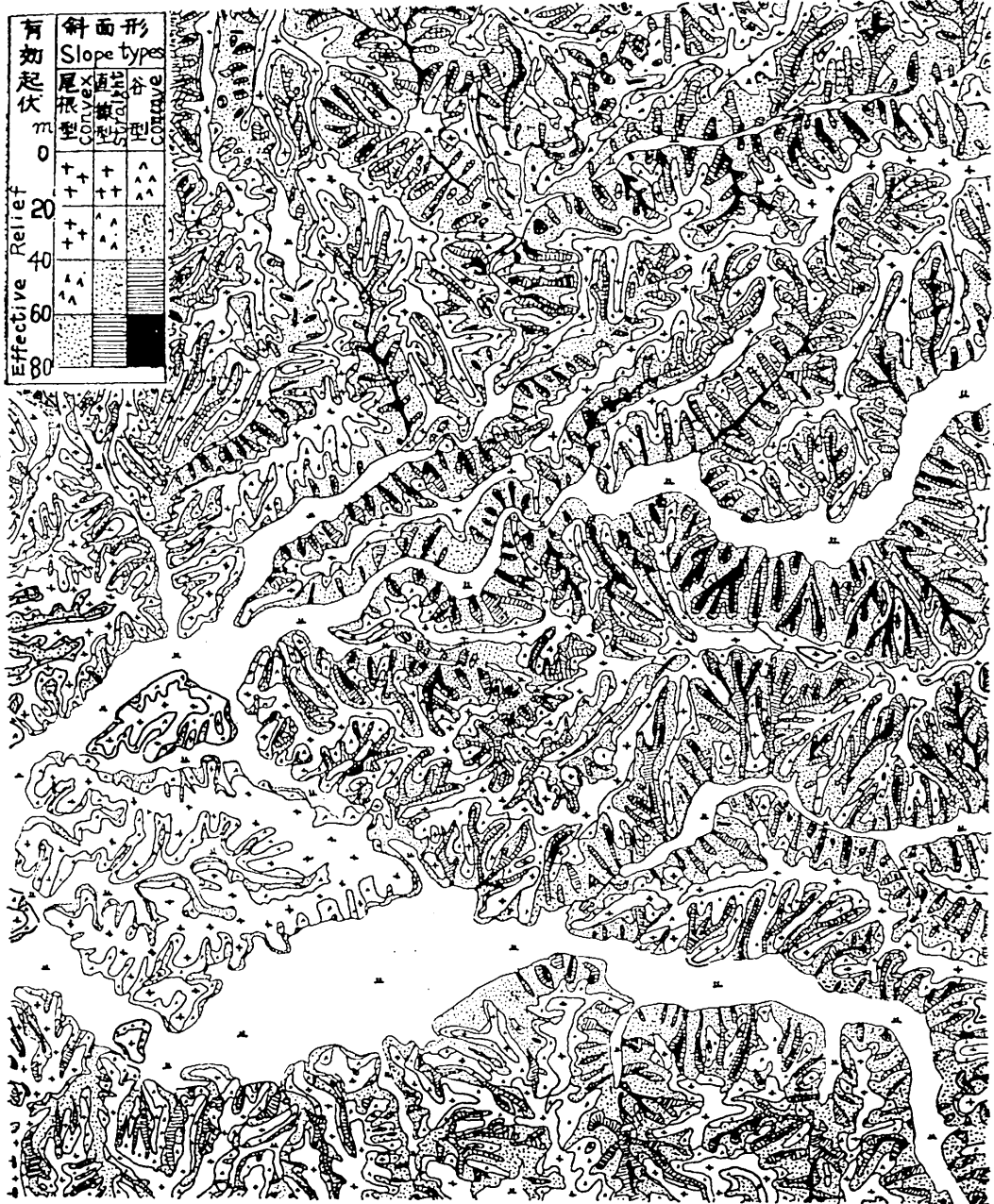


第12図 露出度の分布図

Fig. 12. Distributional map of local exposure.

上段 upper	43 1.5	43 1.3	43 0.8	46 0.9	50 1.2	40 0.6	43 0.9	37 1.0	33 0.9	32 1.0	34 0.9	40 0.6	47 0.9	48 1.1	48 1.4		
平均有効起伏 Mean Effective Relief (m)	43 1.5	41 1.2	41 0.7	42 0.6	44 1.2	47 0.6	46 0.8	44 0.9	48 0.7	41 0.8	38 0.8	42 1.2	46 1.3	42 1.2	38 1.3		
下段 lower	40 0.9	34 0.9	31 0.9	26 0.8	33 0.7	38 1.1	37 1.2	44 1.3	49 1.2	47 1.0	46 1.0	41 0.9	32 0.7	34 1.3	34 0.7		
平均斜面形 Mean Slope type	34 1.1	30 0.8	31 0.6	33 1.1	36 0.7	41 1.1	43 1.3	41 1.5	39 1.0	40 0.6	39 0.6	36 0.6	41 1.3	38 1.4	41 0.9		
尾根型 x=0	36 0.9	30 1.0	30 0.6	36 0.5	38 0.5	36 0.9	39 1.1	41 1.5	44 1.2	38 0.6	41 0.7	41 0.5	41 1.2	41 0.9	44 1.2		
直線型 S=2 谷型 V=3	27 0.9	29 0.9	30 0.7	37 0.6	39 0.9	37 1.2	39 1.4	42 0.8	40 0.8	40 0.5	43 0.8	48 1.1	44 1.1	47 1.4	41 1.5		
41 0.9	33 0.8	33 0.9	30 0.9	38 1.2	39 0.5	40 0.7	51 1.2	41 1.5	43 1.1	46 0.8	44 0.8	41 0.5	47 0.8	44 0.6	42 0.9	41 1.5	37 1.0
33 0.7	28 0.7	36 1.1	38 0.7	39 1.0	32 1.0	37 1.0	50 0.9	40 1.1	44 0.8	49 1.1	43 1.0	47 1.3	43 0.8	37 0.7	45 1.4	46 1.4	44 1.0
33 1.0	36 1.1	44 0.9	39 0.5	31 1.1	35 1.5	41 0.9	49 0.5	44 0.9	47 1.3	44 1.2	47 1.0	44 0.9	38 1.3	34 1.3	40 1.0	43 1.0	41 0.8
35 0.9	36 1.3	39 1.0	31 1.2	34 1.2	39 1.3	40 1.0	47 0.8	39 1.3	47 1.0	42 0.8	43 1.0	43 0.9	53 1.0	57 0.9	44 0.9	47 0.9	40 0.7
32 0.7	34 0.9	42 1.1	25 1.5	30 1.5	31 1.5	40 1.3	43 1.3	38 1.0	37 0.7	40 0.5	37 0.8	39 1.1	49 0.8	52 0.6	50 0.9	50 0.5	47 0.5
測点と計測値 Measured spots and value																	

第13図 有効起伏量及び斜面形の分布
Fig. 13. Distribution of effective relief and slope-types.



第 14 図 斜面形の影響を考慮した有効起伏量分布図

Fig. 14. Distributional map of effective relief adjusted by slope types.

上段 upper 平均方位 Mean Direction	1.3 Sh	2.4 Sh	3.2 Sh	3.8 Sh	2.1 Sh	1.8 Sh	2.0 Sh	2.9 Sh	2.8 Sh	3.6 Sh	3.6 Sh	2.0 Sh	0.9 Sh	1.4 Sh	1.1 Sh
S.SW=0 SE=1 W=2 E=3 NW=4 NNE=5	2.4 Sh	2.2 Sh	2.0 Sh	2.6 Sh	0.9 Sh	1.5 Sh	1.5 Sh	1.7 Sh	2.5 Sh	2.3 Sh	1.5 Sh	1.8 Sh	1.9 Sh	2.0 Sh	3.0 Sh
下段 lower 地質基岩 Geology Sh 結晶片岩 Agg 凝灰質角礫岩	2.6 Sh	2.4 Sh	1.8 Sh	3.2 Sh	2.3 Sh	2.7 Sh	1.4 Sh	2.1 Sh	1.8 Sh	2.0 Sh	2.1 Sh	3.6 Sh	2.5 Sh	2.8 Sh	2.7 Agg
	1.8 Sh	2.5 Sh	1.7 Sh	1.9 Sh	3.5 Sh	3.0 Sh	1.8 Sh	3.2 Sh	3.4 Sh	3.8 Sh	4.2 Sh	2.7 Sh	2.3 Agg	2.3 Agg	1.5 Agg
	2.2 Sh	2.2 Sh	2.7 Sh	1.8 Sh	2.4 Sh	3.3 Sh	2.8 Sh	2.2 Sh	1.5 Sh	1.4 Sh	1.9 Sh	2.4 Sh	2.2 Sh	3.6 Agg	2.2 Agg
	2.2 Sh	1.9 Sh	2.0 Sh	2.2 Sh	1.6 Sh	3.0 Sh	2.6 Sh	2.3 Sh	1.7 Sh	2.3 Sh	2.4 Sh	2.2 Sh	3.3 Sh	1.8 Agg	1.5 Agg
	1.0 Sh	1.0 Sh	2.4 Sh	2.6 Sh	2.0 Sh	2.0 Sh	2.4 Sh	3.0 Sh	2.3 Sh	2.2 Sh	2.0 Sh	2.3 Sh	2.4 Sh	1.5 Sh	1.3 Sh
2.1 Sh	1.3 Sh	1.3 Sh	1.6 Sh	2.2 Sh	3.2 Sh	4.4 Sh	2.8 Sh	1.8 Sh	3.2 Sh	3.0 Sh	2.6 Sh	2.3 Sh	1.7 Sh	3.0 Sh	3.3 Sh
2.7 Sh	1.5 Sh	1.7 Sh	2.0 Sh	3.3 Sh	1.7 Sh	2.2 Sh	3.2 Sh	3.4 Sh	2.7 Sh	1.8 Sh	2.8 Sh	2.0 Sh	1.5 Sh	1.7 Sh	3.1 Sh
3.0 Sh	2.6 Sh	2.8 Sh	2.2 Sh	1.5 Sh	2.6 Sh	2.3 Sh	2.0 Sh	2.3 Sh	2.4 Sh	3.6 Sh	4.0 Sh	4.2 Sh	2.7 Sh	1.0 Sh	3.6 Sh
1.8 Sh	1.8 Sh	2.5 Sh	2.4 Sh	2.6 Sh	2.0 Sh	2.2 Sh	3.1 Sh	3.0 Sh	2.9 Sh	3.2 Sh	2.9 Sh	3.8 Sh	4.2 Sh	4.2 Sh	4.1 Sh
1.5 Sh	1.8 Sh	2.2 Sh	1.2 Tf	2.4 Sh	3.7 Sh	3.0 Sh	3.0 Sh	2.0 Sh	2.7 Sh	1.6 Sh	1.8 Sh	2.6 Sh	2.1 Sh	3.0 Sh	3.8 Agg
方位.測点 Measured Spots of Slope Direction	N . NWSE SW W W NENE N NNW W SWE SE SW S SWS SE SWSW NW SE SW S S NE W NE NW NE W S S W N E SE NNW SW SE NW S SW SE SE SE W SWSW SE SW SW S SE S NE E SW SW S . SW SW E NE NW S NN NW SE W SE S SE E SW SW SE NW S S SE N NE N N . NNW S SW S SE SW E NE NE NW E SW SE SW SE SE S S SW SW SW SE SW SW NW S SW NW NN NE N SW NE NE NW SE W NW S SW NW NE W SE SE SW SE . NNW . S S SW SW S SE W S SW SW S E S SE SE N . SW W SE W SE SE S SE SE SE S E SE W NE NE SE S S N W SE SW SE . W W W W S S NW NE SW SE SW W SE SE SE S SE NNW NW SW NE N NE NW NW S SE . E . N W SW NE W B SW SE SW SE SW SW NW B SE SE NW N NNW W B S S N NE SW N NE SW N NE SW N NE SE SE S S S S SW . W SW SE NW NW SE SE B SW SW SW SW SE S NW NE S SW SW W SW NE NE S S SE SE S S S S S SE SE SW S B SE NW SE W NE NE NW N . SW SW SW SW SE SE E SE NW N W SW SE S SW NW B NW SW N N NE . SW NW NW SE SE N NW N NE SW S S SW S NW W N . SW SE NNW SW N SE SE NW NW NE NW NE NE . SW SW W NE NE E E W SW W NE NE NW NW NW NE NW NE W NE W NW E NE NE NE NE N N SW NW N NE W SW NW NE NE NE NW NW NE NW NE W NE NE SW W SE NE NW N NE NW NW NW SW NE N SW W N W N E NE W SW SW S SE N E N SW NE N NW N NE NE N NE E NW SW NW SW W NE NE W SW NW SW NW SW NE . N NW NW S SE N E W NW NE NE SW N NW SE NE N NE E NW S N NW W SW NE NW N W SW NW NW SE W NW NW N N NW NE SE NW SW E NE NW NW N NE NW SW N N E NW E W NW E SE NW SW N SW W B NE NE NE SW SW SW S S SE NW SE N NE NE SW														

第15図 斜面方位及び地質基岩の分布
 Fig. 15. Distribution of slope direction and geology where sh=crystallin schist, Agg=conglomeratic agglomerate.

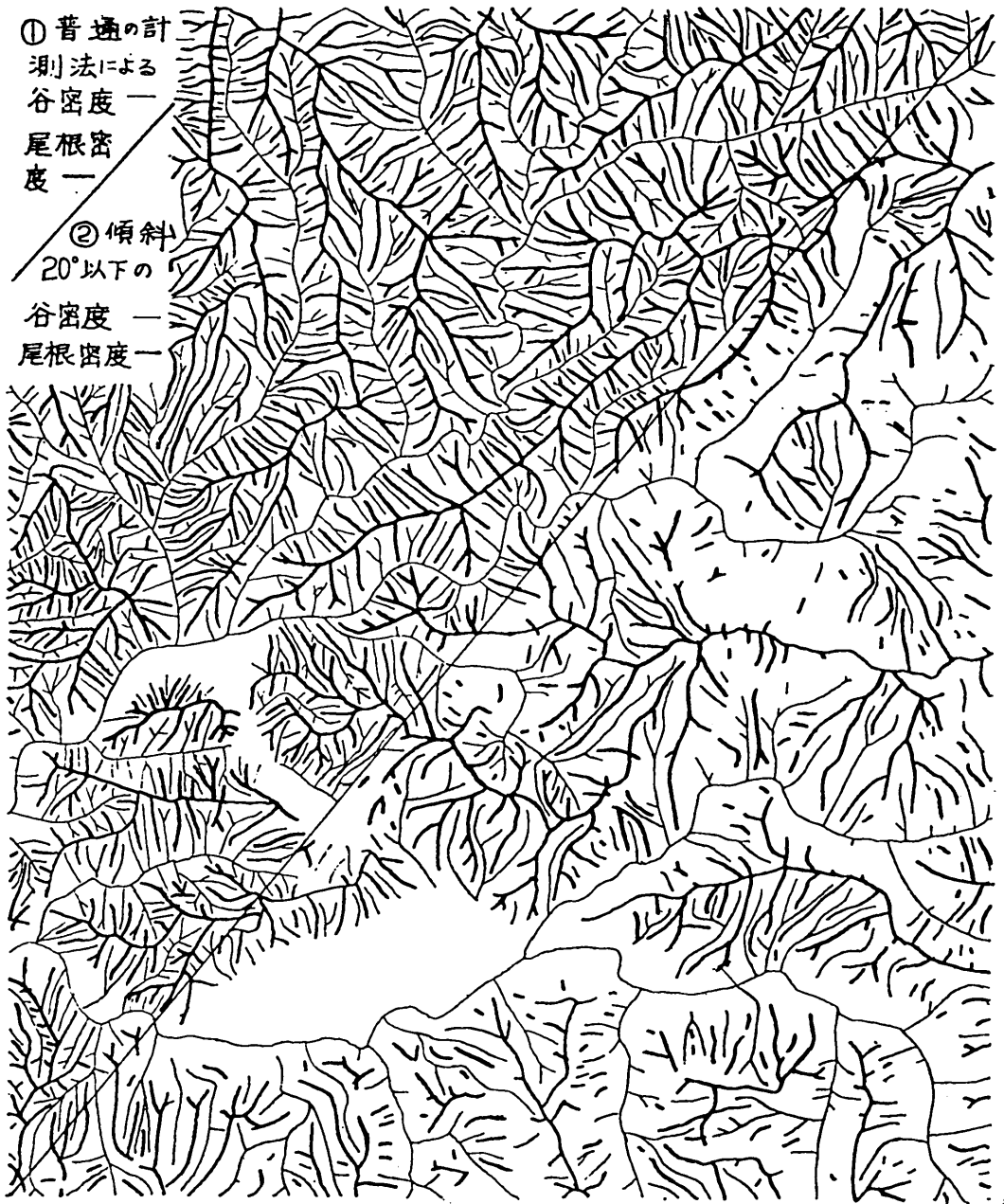
林地生産 力分布図	336	338	295	376	396	267	298	328	354	356	347	322	318	312	440			
	342	300	273	294	355	332	349	356	379	335	298	379	400	393	410			
	294	332	276	312	385	316	291	376	395	434	428	442	375	323	286			
35年生林分 材積 (m ³ /ha) で表示	281	265	264	264	307	382	341	428	422	401	456	379	246	302	224			
	269	220	270	295	288	366	388	336	306	260	380	300	377	374	332			
	270	251	255	279	262	335	355	331	324	289	346	337	336	334	379			
スギ・ヒノキ を適地適木 植栽の場合	212	219	250	292	299	336	368	354	305	316	330	366	338	390	410			
	292	246	255	249	301	274	310	384	358	316	328	338	314	362	338	325	417	383
	257	233	288	274	282	235	294	378	312	308	389	358	414	335	329	360	429	368
270	288	321	259	251	246	285	306	310	386	378	378	382	377	346	367	377	344	
263	250	289	254	277	255	289	323	344	342	327	332	329	399	414	379	380	288	
215	225	306	260	296	307	318	330	285	255	239	254	268	286	312	341	336	316	
263	298	207	194	263	251	273	321	310	303	238	197	221	310	270	273	239	287	
301	255	179	159	195	219	221	234	244	288	266	245	257	297	288	281	267	341	
212	164	182	122	119	155	253	255	228	229	265	275	301	323	343	255	295	337	
169	128	134	144	133	126	136	188	198	263	299	365	298	253	297	351	354	357	
275	165	161	162	124	112	114	140	150	283	340	324	272	280	268	275	307	306	
223	157	168	180	144					308	363	316	287	299	353	363	293	336	
269	267	195						244	242	288	355	331	318	314	357	309	343	
260	269	265	268	293	266	262	303	235	224	244	365	269	285	328	323	337	344	
241	263	294	299	299	298	283	343	288	272	283	348	324	362	400	336	377	340	
310	280	269	308	331	331	304	357	305	270	271	363	339	326	344	393	380	368	

第 16 図 林地生産力（スギ，ヒノキ35年生林分材積）分布図

Fig. 16. Distribution of productivity of forest land (case of Cryptomeria forest-stand-volume at 35 years).



第17图土壤型分布图
Fig. 17. Distributional map of soil types.



第 18 図 常法による谷密度と傾斜 20° 以下の谷密度の分布
Fig. 18. Distribution of valley densities measured by ordinary operation and adjusted by gradients, ① case of ordinary ② case of under 20° in gradients.

(3) 林地生産力分布図の効用

一般に個々の生産業のあり方を検討する場合、個々の生産体のもつ生産能力と、それをとりまく経済～社会的環境を対比検討し、それに対応した技術、施策の評価がなされ、その上での上での適切な運営が企画実行されるのが常道と考えられる。

しかしながら、林業の場合をふりかえてみると、外的要因であるこれをとりまく市場等との関連については、一方的に検討されているが自己にとつては、最も根本問題と思はれる林業の内部的な力、即ち生産能力、その性能と構成の把握をもとにした検討は全くなされていないように思はれる。

林業にとつては、工場の機械や施設に相当する土地の生産力～性能、また機械施設の数、規模、配置構成に相当する立地の地理的分布構造等はほとんど把握されておらず、このため、個々の地域、林地の特性に対処した検討はなされていないのが現状であろう。従つて、専ら外的な経済社会環境にふりまわされるだけで、産業体としての攻撃力、防禦力に相当する技術や経営施策が内部的に提起されることは稀れであり、それらの是非判断がつかぬまま、一応無難そうな画一的運営がなされているのが現状と解される。

産業の近代化は、その産業内の生産力体系を総合的に把握した上で、それと外的環境との対比を行い、あらためて、その生産力体系を形成する個々の生産要因の重点的～適正な改善をなすことにより推進されるべき筈のものであるが、自己の生産力要因とその体系構成が把握されていない林業の場合は、この点非常に不満足な状態にあるといえよ。

従つて、現在変換を迫られている林業の近代化、構造改善等を掛声だけで終らせないためには、林業生産力の把握が第一の基本問題であり、特に最も大きな比重を占め、しかも地理的変異の大きな林地生産力分布の把握が重要と考えられる。そして、その区分と分布構成を基本として、個々の地点、地域の特性に応じた、技術～経営計画の樹立が可能になるものと思われる。

林地生産力の評価とその地理的分布要因の決定は、

技術的にかなり困難な問題であり、従来は「自然は複雑で、人力をもつてはよくこれを知ることが出来ない」といつた。逃げ口上のな、風潮が強かつたわけであるが、幸い本報告の結果として、福岡県全県にわたつて一応満足しうる精度での、普遍的な地力判定法が見出されており、国土地理院発行の地形図、空中写真を利用して、器械的操作による地力分布図の作成が可能なることを示し得たものと考えられる。

謝 辞

本研究の取纏めに当り、當場毛利伊石衛門場長からは御鞭達を得、吉泉圭子さんからは御助力を得た。また、解析上の基本資料は、適地適木調査報告を利用したが、この報告は筆者の他、當場中島康博、長浜三千治、樋口真一各研究員の協同調査によるものであり、その業に負うところが多い。ここに記して深甚の謝意を表します。

文 献

- 安藤愛次 1962；中部山地の林地生産力に関する研究 農林出版。
 福岡県・九大理，1953；福岡県地質図。
 福岡県林業試験場，1955～1961；民有林適地適木調査報告書 1～7。
 福島敏彦，竹下敬司，1966b，年平均風速と蒸散条件の推定について，福岡林試報 18。
 小出 博，1953；応用地質—岩石の風化と森林立地，古今書院。
 西沢正久，真下育久，川端幸蔵，1965；数量化による地位指数の推定法，林試研報 176。
 林業試験場土壤調査部，1957；林野土壤とその調べ方，林野共済会。
 竹下敬司，1961；微細地形及び地形解析と土壤に関する森林立地学的研究；福岡林試報 14。
 竹下敏司，1964；山地の地形形成とその林業的意義，福岡林試報 17。
 竹下敬司，福島敏彦，野中重之，1966a；地形による福岡県周辺の年降水量分布の推定，福岡林試報 18，

Summary

We have considered and discussed the stand-elements concerning forest-land productivity, and examined the estimated distributional drawing methods to productivity by graphical analysis of multiple correlation between forest volume (m³/ha. at 35 years; *Cryptomeria* and *Chamaecyparis*) and stand-elements. Still more, the factor's character to the synthetic method of relation are investigated.

(1) Our point of view concerning forest-land productivity to the growth of *Cryptomeria* and *Chamaecyparis* are expressed as following function;

$$P = kG \div k \cdot D \cdot Q / R$$

where, P : forest-land productivity, G : growth of forest, D : density of nutrients in soil water solution, Q : supply quantity of water to soil, R : resistance to circuration of water.

In the natural forest-land of over the moderate productivity, it seems that densities of nutrients in solution are nearly constant.

therefore $G \div k \cdot Q / R$

(2) The factors related to above mentioned function are as follows;

Y : Volume of forest; growing stock (m³/ha.) of *Cryptomeria* and *Chamaecyparis* forest at 35 years,

X_1 : Annual precipitation; annual precipitation is effective to the growth, under the consideration of water-storage-periods in mountain body,

X_2 : Degree of local exposure; index of annual evaporation; it is so difficult to catch the evaporation quantity, that we have used topographical condition, such as local exposure which regulate wind velocity, in exchange for evaporation. Measurement method: horizontal angle, which is not closed by surrounding mountain of over the inclination of 25/1000 to the objective point,

X_3 : Effective relief; index of storage capacity of mountain body to water; difference of altitude (in meters) between the objective point and the highest point within horizontal distance of 100 m (but 150 m on the contour map of scale 1/50000) from the objective,

X_4 : Types of slope; index of concentration or dispersion of surface (layer) water and resistance of deposits; slope types are divided as follows; ridge-type (convex) slope, straight type slope, valley type (concave) slope sub-division by gradients, such as 0°-10°, 10°-20°-40°-60°, over 60°, in each of them,

X_5 : Direction of slope; compound index of local evaporation, temperature, sunlight, weathering etc.; division $N, NE, NW, E, W, SE, SW, S$,

X_6 : Geology; compound index resistance and chemical tendencies concerning rock, structure, weathering layer, deposits,

X_7 : Region; index of mainly climate.

(3) Multiple correlation among the above mentioned factors and the forest volume are graphically shown in Fig. 7, and expressed by following equation;

$$\bar{Y} = (0.725\bar{y}_{12} + 2.76X_3 + 40X_4 + 10X_5 - 90)X_6 - 15$$

$$\bar{y}_{12} = 3.74 \tan^{-1} \left\{ e^{\frac{X_1 + 0.334X_2 - 1038.5}{977.2(1 + 0.0615X_2)}} - 3.0 \right\} - 0.482X_2 + 366.0$$

where, X_4valley type slope=2.0, straight slope=1.0 and ridge type slope=0.0

X_5 $S, SW=0.0, SE=1.0, W=2.0, E=3.0, NW=4.0, NE, N=5.0$,

X_6grano-diorite, tuffs & breccias, tertiary, diluvium=0.96

mesozoic and paleozoic sediment=1.03
 crystalline schist, andesite-tuffs & breccias=1.06
 z lesite=1.10,

correlation coefficient; $r=0.943$, number of datum; $n=1300$, standard error: $s=50.3$ m³/ha. (9.8%)

(4) The results obtained are very good, so we shall be able to estimate the forest-land productivity (in m³/ha. at 35 years) based on above equation or graphical curves.

Geographical distribution of each of the factors are able to catch on the maps, therefore distribution of productivity will be predicted by mechanical operations. We have drawn the distribution map of forest-land productivity in Yabe basin (southern part of Fukuoka prefecture).

(5) Distribution of types of brown-forest soil (Ohmasa's system), which are widely known as a effective means of general prediction for the forest-land productivity in Japan are estimated or predicted by the same operations above mentioned on the maps.

(6) Stand elements which are used to as a factors of land productivity will be analyzed by unit factor which resemble to dimention, and they are classified as follows;

unit factor; it accomplish effective role as a unit to the objective environment on the common and effective accuracy all over;

compound factor; {internal constitute of unit-factors is unknown,
 {internal constitute of unit-factors is well-known,

Theoretical characters and universalities of multiple correlations will be more excellent in the case of synthesis by unit factors and compound factors whose internal constitute are well-known than in the case of synthesis by compound or mixed factors whose internal constitute are unknown.

It is so difficult to know the internal constitute about the whole factors or to do the unit decomposition of the whole at present, that we examined the decompositions of only most geographically effective factors concerning water circuration, such as precipitation, evaporation, storage water in mountain body, and concentration and dispersion of surface water. Some factor's internal constitute such as direction of slope which is compound index of temperature, sunlight etc., types of slope and geology, are yet unknown, and some factors are not used in spite of effective such as temperature (macro factor) or drawing condition (micro factor) etc.. Thus, the results obtained have some defects to be exact, but they contained almost regional and effective factors, therefore, it is presumed that regional universalities of the results are very high.

昭和四十一年三月二十五日印刷
昭和四十一年三月三十日発行

福岡県八女郡黒木町
発行所 福岡県林業試験場

福岡市渡辺通り五丁目
印刷所 秀巧社印刷株式会社

Contents

Keiji Takeshita, Toshihiko Fukushima and Shigeyuki Nonaka ;
Topographical analysis concerning estimation of annual precipitation in Fukuoka
prefecture. 1

Toshihiko Fukushima and keiji Takeshita ;
Estimations of wind velocity and evaporation condition.....21

Keiji Takeshita, Toshihiko Fukushima, Yukihiro Hagihara and Takumi Saijyoo ;
Stand analysis concerning estimation of forest land productivity.41