

## 植物と外界との関係の数量的方法による研究. VII. : 森林生態學的見地より見たる特殊植物の構造及び 生理作用の数量的研究

竹内, 亮  
九州帝國大學農學部植物學教室

<https://doi.org/10.15017/20849>

---

出版情報 : 九州帝國大學農學部學藝雜誌. 5 (3), pp.294-312, 1933-02. 九州帝國大學農學部  
バージョン :  
権利関係 :

## 植物と外界との關係の數量的方法による研究. VII.

### 森林生態學的見地より見たる特殊植

### 物の構造及び生理作用の數量的研究<sup>1)</sup>

竹 内 亮

(昭和八年一月十五日受理)

#### 緒 言

近年に於ける實驗科學の異常なる進展に伴ひ、從來さもすれば抽象的獨斷的に陥入り易い傾向を持つて居た植物生態學が實驗生理學的立場より研究さるゝに至つて、その取扱ひが愈々數量的に精密となり、今や全く舊來の面目を一新しつゝあるこは正に當然なる歸結云ふべきである。

ところで主として CLEMENTS 一派の植物生態學者等によりて體系附けられた指標植物 (Plant-Indicator) (8,26) なる概念はその淵源遠き一般的概念で、屢々農林業の實際的方面に於て利用されて來た (8) ものであるが、元來その内容は甚だ概觀的で主として單なる觀察或は經驗的事實に立脚し、數量的に精密なる實驗的根據に於ては猶不充分な點が少なくない。勿論在來の植物生態學が之によつて著しく精密化し來れるこは見逃すべからざる事で、更に SACHS (72), BONNIER (4), SCHIMPER (76) 等の業績を経て、主として CLEMENTS 一派によつて唱導されるに至つた phytometer なる概念の運用により數量的方面の開拓に一進歩を見 (8,9), 最近には MAXIMOV 一派の耐乾性問題を主とする生態學的研究に於て、(56) 著しくその精密度を加へつゝあるこは注目すべきこである。

元來此の phytometer なるものは植物の個體又は群落の形態的及び生理的諸現象の環境適應性を利用して之を外界條件判定の一種の器械として利用せんとするものであつて、その概念は McLEAN (57) によつて明確に言ひ表はされたものである。随つて複雑なる環境對植物の關係を數量的に取扱ふこを主眼とするがために、その利用に際して方法的に特別なる考慮考案を要する點が多く、これを實際的に利用する迄には猶多くの基礎的研究を必要とするこは云

1) 九州帝國大學植物學教室業績第 45 號。

ふ迄もないことであり、研究的興味も亦その點にかゝるものが多い。

最近日本の造林學界に於てもこの方面に異常の注意を向け、所謂指標植物の重要性が唱道されつゝあることは(26)元來林地の環境が非常に複雑性を有し、それを判斷するために特殊の考慮を必要とすることを思へばむしろ當然なことであり、實際的問題として甚だ重要なことで、その實用化に就いては猶幾多研究の餘地が残されて居る。

一般に指標植物の價値を正しく認識するためには是非とも複雑なる植物生態學的諸現象を嚴密なる實驗的立場から數量的方法によつて研究整理することを必要とするものであり、しかる後その應用を目論むこと云ふ順序に於て、最も徹底した意義を生ずる筈である。

筆者はかねてより九州帝國大學植物學教室に於て恩師瀨瀨教授指導の下に植物と外界との關係の數量的研究に没頭し、その研究結果は逐次發表し來れるものであるが(85—90)、そは一に之によつて植物界に於ける適應現象の微妙さを明かにし、延いては所謂 phytometer の概念の根本的解決乃至その應用を目標として行つたもので、茲に一先づ從來の部分的研究を一括し、併せて先輩諸學者の關係業績を参照して考察を加ふる事により、植物界に於ける環境適應現象の數量的取扱ひの一般を記述し、phytometer としての應用に對する卑見を述ぶる事とする。

## I. 植物の構造的適應とその數量的取扱ひ

一般的に植物の外部及び内部形態がその環境の變化に應じて複雑なる變異を示すことは古くより知られて居る事項で(76)、植物體の適應性はその形態、生理の兩方面に關するあらゆる現象に及ぶが、それを數量的に取扱ふことにより適應現象の理解を精密になすことを得べく、それによつて所謂 phytometer の概念及びその應用を確實ならしむる可能性が生じて來る。今之に關する考察を進むるに當り先づ順序として植物體の構造的適應性の數量的取扱ひについての考察を試みたい。

### a. 外部形態的適應

BONNIER (4) は平地の植物を高山に移植することにより平地植物も高山植物的形態を示し特に莖の高さの著しい減少を示したのを見たが、CLEMENTS 及び GOLDSMITH (9) は北アメリカ合衆國の Pickens Peak (14,142 呎) に於て 1918 年—1923 年に行へるヒマハリ外數種の植物による實驗では、概して高度の増すと共に莖の高さ、太さ、葉の面積にそれぞれ著しい變異を

見たのであり、その一例として 1920 年に於けるヒマハリの實驗結果を見るに、山麓 (6.150 呎)、山腹 (8.600 呎) 及び亞高山帶 (10.800 呎) の三ヶ處では、その氣象は高度の増すと共に概して寒冷、多濕なる傾向が著しいが、生育期間の中期には山麓を 100 公尺せば他はそれぞれ莖の高さでは 60, 30, 莖の斷面積では 87, 73 であり、又 1923 年の實驗による葉の面積では 51, 48 となり、高度の増加に應じ漸減の傾向が著しく、氣象の變化に應ずる變異を認めるこゝが出来り。而してこゝで特に注意すべきは、それ等の構造上の數量的變異は氣象的因子の全體的影響の結果として認むべきであると同時に、又特にその中の或因子との密接なる關係のあるこゝを認め得たならば、生態學的に一層の重要性が増すこゝとなり、同時に phytometer としての應用が可能なるこゝになる。

一般に日照度の差が植物の外部形態に密接なる關係のあるこゝは一般に知らるゝ處であるが (11, 12, 13, 14, 15, 18, 20, 49, 55, 58, 62, 65, 66, 78, 79, 81, 88, 90), CLEMENTS 及び GOLDSMITH (9) によればヒマハリでは生育の中期に於て陽地を 100 公尺せば、中等度の被陰及び高度の被陰ではそれぞれ莖の高さが 228, 210 となり、莖の斷面の直徑では 97, 72 となり、葉の面積は 94, 55 となつて、日照度の減少と共にそれぞれ適應的變異のあるこゝが明かに認められる。

日照度の差による莖の高さの變異に於て中等度の被陰に於て最高の値を示すこゝは深城 (15) も稻に於て認めた處であるが、葉の面積の變異については筆者 (第 4 報 88) の木樺のみの場合 (甲)、二重ガーゼの柵を被ふもの (乙)、四重ガーゼの柵を被ふもの (丙) なる三通りの被陰度で行つた比較試驗の結果を見るに、マツヨヒグサ、シロバナタンポポ、ミヅヒキの 3 種については甲を 100 とするにマツヨヒグサでは乙 187, 丙 173, シロバナタンポポでは乙 257, 丙 876, ミヅヒキでは乙 240, 丙 149 となり、シロバナタンポポでは日照度の減少と共に面積の増加を見るが、他の 2 種では前記の莖の場合の如く中等度の被陰に於て最高値を示し、高度の被陰に於て少しく減ずるのを見た。勿論此の場合甲と乙、丙の平均値を比較すれば後者に大なるこゝが認められる。一般に日照度の減少は葉の面積を増加するに稱せらるゝが (76)、それは植物の種類により異つた限度があつて、ヒマハリの如き強き陽性の植物では被陰過度なるために葉の伸展生長の障害を來し、かへつて面積の減少を來す事顯著なるものゝ如く、同様のこゝは一般に強度の陽性の植物である鹽生植物でも見らるゝ事は第 4 報 (88) に報告する材料に於て認められたところである。WIESNER (93, 94) は植物にはそれぞれ固有の日光需要量 (Lichtgenuss) のあるこゝを實驗的に證明したが、上記の事實もこれによつて一部の説明がつ

くであらう。この例によつても知らるゝが如く、植物の形態的變異は外的條件の變化に應じて可成著しい變異を示すが、その現はれ方、殊にその程度は植物の種類により、又部分により異なるものであり、漫然たる目測的觀察の結果の不確實なる事を示すに充分である。随つてその種の變異を以て外的條件の判別の目安とする場合には、一々その程度についての實驗的考察を施す必要を生ずる場合が決して少なくない。

以上は直接に測定し得る形態的變異に着眼せる場合の一斑であるが、この種の測定値の種々なる組合せによる數値を利用する事によつて興味ある成績を示す場合がある。例へば筆者の(第4報 88)の觀察によれば或種の植物では日照度の變化は葉の長さ、幅、面積等の連關的變異により全體としての葉形に於て著しき變異を結果せしめ、概して葉柄が比較的長く伸長し、その割合に頂部が廣くなる傾向、換言せばへら形となる傾向が著しいが、その程度を數量的に表示するために葉柄と共に全長を三等分し、頂端部の面積と基脚部の面積との比を算出し合目的な値を示すことを得た。即ちマツヨヒグサ外2種での實驗で見ると、無被材料に於ける數値(甲)を100とせばマツヨヒグサでは中等度被陰材料(乙)166、高度被陰材料(丙)505、シロバナタンポポでは乙181、丙241、ミヅヒキでは乙193、丙267なる値を示し、數量的にその程度を明かに示すことが出来る。

SCOTT-ELLIOT (78) 及び McLEAN (58) は葉の細長くなる傾向を數量的に示すために、葉の幅に對する長さの比を求めたが、その値は例へば陰地に於ては葉形の細長くなる傾向と共に大なる値を示し、その逆比は又葉の幅の發達の程度を示すこととなり(第6報 90)、日照度との關係ではその減少はその値を減ずる傾向を示した(第6報 90)。

斯様に莖の高さ、太さ、葉の長さ、幅、面積等直接測定し得らるゝ數値により、或はその二つ以上の組合せにより、種々の形態の概念を數量的に表示し得るものであるが、前にも記した如くそれ等を phytometer として應用する場合には、それが特にいかなる外的因子に影響さるゝかをあらかじめ實驗的に吟味する必要がある。前記の CLEMENTS 及び GOLDSMITH (9) のヒマハリの場合に高度の増加と共に葉の面積の減少を來すことは日照度の減少の場合にその傾向を等しくすることは何を意味するかを考へるに、これは恐らく山地の氣象が概して平地に比して日照度を減ずる傾向(49, 75, 90)を有することを考慮に入れることにより、一部の解釋が可能となるものであり、斯様に生態的な調査事實に實驗生理學的な研究結果を参照することが重要な意義を持つ事となる。

## b. 組織的適應

植物體の組織の適應的變異についてはすでに ARESCHONG (1) も指摘したる如く、植物の葉の外的條件の變化に應ずる適應的變異は外部形態の變異以上に明かな場合が多いことは常に觀察さるゝ處である。

一般に組織細胞の大きさの程度を示すためには時には細胞の直徑を直接測定してその平均によつて示す方法が用ひられるが (97, 98) 又一定面積内に於ける數の多少によつて示される便法も普通に用ひられる (81)。即ち細胞數の大なる場合は細胞の小形なることを意味し、その逆の場合は細胞の大形なることを意味することは云ふ迄もない。

筆者も亦顯微鏡の一定視野内 (直徑 0.31 mm.) に表はるゝ細胞數の大小により細胞の形の大小を示す事によつて、種々の材料に就て比較を試みたのであるが、陽地と陰地との比較では (第4報 88)、表面表皮では例へばシロバナタンポポに於て無被材料 (甲) を 100 とせば、中等度被陰材料 (乙) 94、高度被陰材料 (丙) 48 となり、ミヅヒキでは 甲 100、乙 52、丙 48 となつて、陰地に於て細胞の形の大なることを示し、又内地と海岸では (第1報 85) ツキミサウの表面表皮では 100 : 95 となり、マツヨヒグサでは 100 : 90 で、土壤水分の比較的豊富なる海岸よりは土壤水分の比較的乾燥的なる内地に於て細胞の小なる傾向のあることを示した。KOLKNOV (42—46)、ZALENSKI (97, 98) は一般に乾燥性の環境は細胞の形を小ならしめること云つたが、筆者のこの成績はそれを裏書するが如くである。

又一般に乾燥的環境は葉に於て葉脈の増加を來すことが知られて居るが (27, 48, 70, 77)、その程度は顯微鏡の一定視野内に現はれる葉脈の長さの總和によつて示される (27, 70)。一方に於て SALISBURY (73) は葉の一定面積に對する導管の斷面積の比を以て水分通導組織の發達程度を示したが、一般に葉脈の發達と導管の發達は葉の蒸散作用との間に正比例的關係を有することが知らるゝことを (27, 73, 96)、考慮に加ふることにより、一層これ等の數値測定の意義の重要さを認め得る。

葉肉組織の發達の程度も前記の表皮細胞に於ける如く、環境の變化に應じて可成著しい變異を示すものである。例へば一般に陽地或は乾燥地では陰地或は適潤地又は濕地に比し葉の厚さを増すと同時に柵狀組織の厚さを増し、同時に海綿狀組織の厚さを減ずることが知られて居る (12, 81, 21, 22, 24, 49, 68, 80, 81, 88) が、PAULMANN (68) が柵狀組織の厚さに對する海綿狀組織の厚さの比 (Mesophyllquotient) を求めたところによる、陽地と陰地との比較に

於て陰地は陽地に比しその厚さの絶対値では減じ、この比では増加することを示した。この種の比の測定は單なる絶対値の測定以上に生態學的の意義を示す如くである。

葉の海綿狀組織の良好なる發達はその組織の細胞間隙の増加を伴ふことは周知のことで(28, 56, 63), 随つて細胞間隙の測定は少くも PAULMANN の前記の比に影響する如き環境の差を示す一種の目安として重要な意義がある。元來その數量的測定は組織の斷面像により直接的にも行ひ得るが、實行上に種々の困難があつて良法とは言ひ難い。しかし NEGER (63) の真空下に於て組織内に水を注入する方法によつて之を測定することは、その裝置操作共に比較的簡單であつて、生態學的方法として適切であることはすでに筆者の指摘した如くである(第5報 89)。同時に操作の一層簡便なる點で MOLISCH (59) の所謂浸潤法の應用もその使用液体の新たなる考案に伴つてその實用的價值を高めるであらう。(64, 91)

組織の細胞間隙の測定に伴つて必要を感じる組織の容積の測定は一般に困難さるゝ處で、一部の學者は(64) 厚さ面積を測定して容積の計算を行つて居るのであるが、その精密度に於ては當然不充分であることを免かれない。しかるに筆者(第5報 89)は AFRED J. AMSLER 會社製の水銀を媒劑とする測容計(Volumeter)を使用して比較的精密なる結果を得た。

又陽地と陰地に於て葉の組織に變異が起る中で表皮細胞の側壁の屈曲度の變異は注目すべきものである。即ち同種植物では概して陽地に於て直線狀であり、陰地では波狀に屈曲する傾向のあることが知られて居るが、(88), 筆者(第4報 88)ではそれを數量的に表示するに當り RUDOLF (71) の方法の不充分なることに氣付き、之れよりも一層應用性の廣いと思はれる方法即ち細胞斷面の周圍の長(L)とその細胞の斷面積を圓と見なした場合に於ける圓周の長(L')との比を以て屈曲度(m)なる概念を表はす事にした。これを式で示す

$$m = \frac{L}{L'}$$

で常に  $m > 1$  である。

例へば前にも記した様な 甲, 乙, 丙の如き被陰度の差に於てはマツヨヒグサ, シロバナタンポポ, ミヅヒキの3種を通じ、表裏の表皮細胞を通じ側壁の屈曲度は日照度の減少に應じて數値を増加することが明かに認められる(第4報第4表参照)。即ち今これを表裏の平均で見ると各被陰度毎にマツヨヒグサでは 100, 121, 131 シロバナタンポポでは 100, 112, 158 ミヅヒキでは 100, 110, 124 となり、植物の種類異なることによりそれぞれ數値を異にするが、いづれも日照度の減ずること共にその數値を増すことは同様であつて、この數値が被陰度の差を示す

一の生物的目安として意義のあることを示して居る。又それと同時にマツヨヒグサにより乾濕の兩状態による差を實驗的に觀察したる結果は、空氣中の濕度の増加は日照度の減少と同様の變異傾向を示すことを見た(第4報第9表参照)(23, 88)。

而して以上の數値の變異は土壤中の濕度の差には著しい關係がないことが見られ(第4報88), 随つて前記日照度と空氣中の濕度との二因子の影響に就ての成績に徴すれば主として氣象的因子と密接なる關係を有するものなる事が想像される。

先きに CLEMENTS 及び GOLDSMITH (9) の山地の高度を異にするによる氣象的變化と植物の外部形態の變異との關係を引用したる際、山地に於ては高度の増すと共に日照度を減じ、濕度を増加する傾向が植物の變異に對して密接なる關係を有するものなるべき事を附記したが、筆者(第6報90)が福岡(平地 2 m.) と 50 km. を距たれる英彦山(山地 1200 m.) に於てシロバナタンポポの葉に於ける觀察を行つた結果では、表皮細胞側壁の屈曲度は表面では明らかに高度の増加に應じて増加する事實を見實驗地に於ける溫度、濕度、雨量、日照度、風速等の氣象記録を參考とし、各因子との間の相關係數を計算したる處、其内日照度(+0.62)、濕度(+0.64)、雨量(+0.56)、等との間に割合に高い値を示したのであり、これは前記の實驗の結果から豫期される結果である。しかるに裏面ではそれ等の氣象因子との相關がどれも著しくないことを示したのであり、これは恐らく一枚の葉に於ても表面と裏面に於ける外的因子との關係の同様ならざることを示すもので、表面表皮の變異は一般的氣象因子と比較的密接なる關係を有し、裏面は更に複雑なる局處的氣象因子の影響の加はる事の大なることを暗示するものであらうと思はれる。この事實は局所に於ける生態學的環境の複雑性を示すものとして重要な意義があり、YAPP (95)、KRAUS (47) 等によつて指摘されたる局所的氣象に對する留意の必要なることを示すものであらう。従つて若し葉の表皮細胞側壁の屈曲度の變異を phytometer として利用するが如き時には、それぞれの場合に應じて葉の表裏いづれに於ける變異に重きを置くべきかを充分に考慮する必要のあることを示して居る。

### c. 構造的適應の相關性

以上記したる如き植物體の構造的適應の變異は個々別々に現はるゝことは殆んきなく、常に外部形態の變異には必らず内部の組織的變異の伴ふことが認められ、同時に又數種の變異が同時に略一定の關係を保つて現はるゝことは注意すべきことである。例へば葉の日照度の變化に伴ふ變異では、外形的にはその長さ、幅、面積、厚さ、へら形化の程度等の變異を同時に認め、一

方組織的には組織の部分の發達程度の割合、細胞の大きさ、形（例へば側壁の屈曲度）等の變異を同時に認める場合が多い。今葉について數量的に表皮細胞側壁の屈曲度の變異を主要考慮點として考へるこゝ、葉の面積、へら形化の程度、海綿狀組織發達の程度、細胞間隙發達の程度、細胞の大きさ等の値は概して之に對して正比例的變異を示し、同時に細胞壁の薄いこゝが伴ふこゝを認めるが（第4報第11表及第12表参照）、植物の種類によつてはその中の或る性質はかへつて反比例的變異を示すこゝもある（9, 88）。

而してかゝる變異の相互關係が或場合には正比例し或場合には反比例するこゝは、生態學的には甚だ興味あるこゝであつて、或種の變異形質を phytometer として應用する場合には器械による測定結果では認めがたい生物的の意義を読み取る可能性があるこゝとなるこゝ同時に、異つた變異形質を別々に考慮するこゝによつて生態學的關係の實驗的分析を可能ならしむる點に於て重視すべきこゝである。

## 2. 植物の生理的適應とその數量的取扱ひ

前述の如き植物體の構造的適應と同時に生長現象、蒸散作用、吸水作用、細胞液濃度其他百般の生理現象に關する適應の伴ふこゝは當然なこゝであつて（19, 56）、隨つてこの生理的現象を生態學的領域に於て量的に取扱ふこゝによつて、又一種の phytometer としての應用が可能となる事は言を俟たない。

### a. 生理的量の生態學的表示法の問題

植物生態學的領域に於ては生理學的領域に於けるこゝ同様に生理的量の表示法の問題は甚だ重要である。蒸散作用の強弱を示すために蒸散力（54）なる抽象的な能力を數量的に示すこゝもあるが、蒸散量なる生理的量の表示には一般に植物體の全部又は一部の重量、面積、容積のいづれかの單位量に對比する量が用ひられる。而して重量の場合では生量と乾量との場合があり、容積では組織内の間隙を無視したる粗容積と、組織内の間隙を引き去つた真容積との二つの場合がある。後者の測定は實行困難であるが、前者の測定は或程度測定器械の使用により可成な精密度を期待し得られる（第5報 89）。

瀧瀧（29）は組織内含有物質の比較測定に當り、その數量表示の單位として組織の真容積を用ひるこゝの理論的に正確なるべきこゝを暗示したが、その測定の困難なるこゝによ

り<sup>2)</sup>、その代用法として方法的に簡便でありかつ結果の合理的なるべき組織粉末容積を單位とすることを提議した。この表示法はその後氏及びその門下の研究により (16, 17, 31, 33, 34, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 86, 87) 組織内含有物の表示のみならず、蒸散量の表示 (39, 86, 87) にも役立つことを證明し、その表示法が比較生理又は生態の範圍に於てはその合理的に利用されるべきことが證明された。

元來蒸散量の表示は從來治んご無條件に面積法が最良とされたが、それには面積の正確なる測定と實驗中に於ける面積の不変を前提としてはじめて妥當であるべきであり、面積法によれば重量法による水分含有量の不定性から来る誤差及び乾物比量 (37, 39) の差より當然来るべき誤差を避けるべきことが出来る筈であるが、實際的には種々の形態の葉の面積の測定は甚だ困難であり、又水分含有量の變化に由來する葉の面積の變化も場合により甚だ著しいものがある (34)。しかるに今組織粉末容積法によればその測定操作を一定の規約の下に注意して行へば常に略一定の値を與へ (32) る點に於て、利用可能の範圍が甚だ廣い長所がある。従つて生態學的研究に於ては特に本法による表示の意義の重要なことを認めなくてはならぬ。

次に生態學的に重要なことは常に間斷なく複雑なる變化をなす環境に於て複雑なる生理的適應を示す生理的量の表示には、所謂對無生物對照研究法 (35) の利用の必要が實際的に常に起る問題であるが、蒸散量に關しては LIVINGSTON 及び HAWKINS (52) のアトモメータル (50, 51) の蒸發量に對する比によつて表示する、相對蒸散量なる概念は、その要求に適合するものであるが、筆者は (第2報, 第3報 86, 87) 又吸收量に於ても同様の計算法による相對吸收量なる數値を用ひる事により、その利用効果を認めた。

以上は生態學的領域に於ける生理的量の取扱ひに於てその表示法について必要な考察の一斑を示したものであるが、一般に生態學的に取扱ふ環境は生理學的に取扱はるゝ場合に比し一層複雑である場合が多く、その數量的計算表示の方法についても特別なる考慮を要するべきが多きは云ふまでもない事であつて、その方面に對する基礎的研究は頗る重要な問題であらねばならぬ。

#### b. 水分蒸散及び吸收の生態學的意義

植物と水分との關係は生理現象の根本をなすものとして生態學的領域に於て特にその點を強

2) 葉の組織の眞容積 ( $V_e$ ) は組織間隙 ( $I$ ) と粗容積 ( $V$ ) の精確なる測定により理論的に可能であり、筆者は  $V_e = V - I$  なる豫想によつて實驗を進めつゝあるが、大體に於て葉の組織の範圍内では方法的に可能であることを認めることが出来た (未發表)。

調したるは WARMING (92) 及び SCHIMPER (76) である。水分蒸散量が外的條件の變化に應じて變異するこゝは云ふ迄もないこゝであるが (56), HESSELMANN (22) はポトメーターに裝置せる數種の植物について陽地と陰地との蒸散量を比較し, SAMPSON (74), SAMPSON 及び ALLEN (75) は同種植物を異なる高度の地に置いて蒸散量の比較實驗を行つた。高度を異にする氣象の差による蒸散量の變異については CLEMENTS 及び GOLDSMITH (9) の Pikes Peak に於ける好個の實驗例がある。今ヒマハリに於ける實驗の一例で示すこゝ, 山麓 (6.150 呎), 山腹 (8.600 呎), 亞高山帶 (10.800 呎), の三ヶ所での葉の單位面積に對する蒸散量は, 山麓を 100 とする比數で示すこゝ, 他ではそれぞれ 64, 35 となり, 高度の増加と共に遞減するのを見, 又 Wheat, Oats, Beans のいづれでもそれぞれ之と同様の傾向のあるこゝを示した。

又日照度の差では同氏等のヒマハリの實驗によるこゝ, 陽地, 中等度の陰地, 高度の陰地の三ヶ所では陽地を 100 とせば, 他はそれぞれ 64, 24 となり, 日照度の減少に應じて蒸散量の減少を認めたと, 他の學者の實驗 (3, 7, 10, 20) も同様の傾向を示して居る。

概して植物の蒸散量は BRIGGS 及び SHANTZ (6) によれば溫度, 濕度, 蒸發量等に主として影響せられ, 特に蒸發量及び濕度に密接なる相關を示すこゝを明かにした。而して CLEMENTS 及び GOLDSMITH (9) の實驗では高度の増加に應ずる氣象因子の内で日照度の減少及び濕度の増加は重要なものであるこゝはすでに論じた如くである。蒸散量の變異の phytometer としての意義は構造的變異の場合と同様に氣象因子の總和に關係する處に重要な意義があるこゝ同時に, 或る特別なる因子に特に密接なる關係を有するこゝの明かになるこゝによつて, 一層その重要性を増すべきこゝはすでに記した如くであり, こゝに記せる實驗例に於ても主として日照度, 濕度等に特に密接なる關係のあるこゝを察知し得る。

吸収量の變異は蒸散量の變異と相伴ふものなるこゝは云ふ迄もないこゝで, 理論的には正常な場合に於ける蒸散量: 吸収量或はその逆比は 1 であるべき筈である (25)。しかし或短期間に於てはその比は常に不定であつて内的或は外的の原因によりてその比は 1 以上又は 1 以下に變化する (25 86)。又植物の自然状態では生態的條件の差によつて種々の變化し易き内的條件の差, 例へば細胞液濃度の差等を成立せしめるがため, 今植物を急激に他の状態に移せる場合, 前記の比に於て種々の變化を示すこゝは HUBER (25), MCNTFORT (60) 等の指摘したる處である。筆者は瀧澤教授の考案になれる小形なるポトメーター (第2報 86) を使用し, 生態を異にせる種々の植物の根を有する個體を自然状態より淡水又は海水に移し裝置し室内に於て最初の 24 時間に於ける相對蒸散量及び相對吸収量 (共に主として全植物の組織粉末容積法

によりて表示), 並びに主として吸収量: 蒸散量なる比を算出し特に如上の概念の上に立つ變化に注意した(第2及び3報 86,87)。今相對蒸散量及び相對吸収量を別々に見るに、淡水では概して中性植物に大であり、鹽生植物之れにつぎ、非鹽生多肉植物に最低値を示し、海水ではその順位に於ては大體に於て同様であるが、當然の結果として全體として各々の量を減じ、特に中性植物に於てその程度が著しいのを見た。而して兩者の比では鹽生植物に最大でホソバナハマアカザ外 7 種の平均では 1.86 であり、中性植物なるムラサキミヅホ、ヅキ外 16 種の平均では 1.01 で略 1 に近く、非鹽生多肉植物なるイハレング外 5 種の平均では 1.20 で前二者の中間の値を示した。次に海水では鹽生植物は平均 1.88, 非鹽生多肉植物では平均 1.33 で、淡水の場合に傾向に於て略同様であつたが、中生植物ではいづれも 1 以下で平均 0.85 となり(第3報第5表及び第6表参照), 強く凋萎するこゝが明かに認められた。而して此際非鹽生多肉植物が海水の場合鹽生植物と同様に淡水の場合に大差のないこゝは興味あるこゝであるが、これは主として外見的のこゝで、内部的には組織の軟化及び葉柄の脱落し易い傾向等を示し、明かに異常を示したこゝは兩者の根本的差異を示すものであらう(第3報 87)。

かくの如く吸収量: 蒸散量なる比並びにその海水に於ける變化に差のあるこゝは種々の原因があるであらうが、植物の生態の差による細胞液濃度の差に關係する處大なるものがあるを考へるのは當然であらう(67)。従つて以上の如き數値特に吸収量: 蒸散量の如き比が兩作用を別々に取扱つたものに比し一層生態を異にする種々の植物の環境の差を示す一の目安としての重要性があるであらう。

土壤水分と植物との關係につき生態學的に重要なこゝとして特筆すべきこゝは、種々の植物によりて生理的に實際利用されべき最低含水量の決定に關するこゝである。BRIGGS 及び SHANTZ (5) の土壤の凋萎係數 (Wilting coefficient) 及び LIVINGSTON 及び KOKETSU (5) の限界殘水量 (Critical content residue of soil moisture) の決定に當然植物の永久凋萎點 (Permanent wilting point) (53) なる生理學的規約が利用されたこゝは phytometer の活用の一つの注意すべき例である。植物の永久凋萎點の決定は BAKKE (2) 及び 瀨嶺 (32) によれば凋萎に伴ふ蒸散作用の變化をコバルト紙法によつて追従するこゝによつても可能であるが、實際的には一般に植物の永久凋萎點の決定は甚だ困難であつて相當な熟練を要し、又植物の種類により同一土壤でも必ずしも同一な凋萎係數を示すものでない(53) こゝが認められて居るこゝから、瀨嶺 (30) がネムリグサの凋萎により刺戟反應性を消失したる點を以て種々の凋萎係數を定むるこゝを提議せるこゝは一定の標準植物を提出したる點に於て甚だ注意するべきも

のであり、植物水分關係の生態學的研究場面に於ける此方法の利用は今後漸次擴大さるゝであらう。

### 3. 一般的考察及び結論

植物生態學上に於て取扱ふ環境は純正植物生理學の取扱ふ環境に比し、一層複雑であつて、その取扱ひに特別なる考慮考察を要する場合が多いことはすでに述べた如くであるが、その生態學的環境を正しく認識するためには植物と外界との相互關係を數量的に仔細に觀察することが第一に必要である。

例へば SCHIMPER (76) が提出せる生理的乾燥なる概念は生理及び生態學的方面に於ける大なる警鐘ではあつたが、自然界の實際的現象に於て果してこれだけその概念があてはまるかに就いては多くの疑問があつた。すでに HUBER (25), STOCKER (82, 83, 84) の詳細なる實驗的研究によつて、泥炭濕地及び鹽性濕地の植物が生理的に決して乾燥状態にあるものでないことを明かにせるが如きは、生態學的環境を理解するに當つて實驗的觀察の如何に重要なかを雄辯に物語るものであらう。

かくの如き研究的用意は一般農林學殊に造林學方面に於て植物生育地の環境を論ずる場合に當然準備さるべきもので、特に指標植物或は Phytometer 等の利用を考慮に入れる場合に於ては、あらかじめ充分なる實驗的數量的根據による研究を必要とするところは勿論である。

筆者及び瀨瀨 (第1報 85) がかつて海岸の潮線に近い乙地とそれより 225 m. をはなれたる甲地に於けるマツヨヒグサ及びツキミサウの葉の形態構造を仔細に觀察し、數量的に表示したる結果で見ると (第1報第6及び7表参照) 潮線に近く當然生理的乾燥状態を豫想せらるゝ乙地に於てかへつて外部形態及び組織の特徴に明らかに中性の適潤地であり、潮線に遠き甲地に於てむしろ稍乾性的傾向を示したのであつたが、兩地の土壤水分の状態では乙地は常に適潤状態を持續し、甲地では屢々強き乾燥状態を示すことが觀察された。猶葉の細胞液濃度に於ても明かに甲地に高いことが觀察され、乙地に於ける生理的乾燥状態の存在はその側から認めることが出来なかつた。STOCKER (82) はかつて泥炭濕地の小灌木の葉の乾性的特徴に於て、土壤水分の生理的乾燥なる事實なく、葉の構造的特徴はむしろ風力に對する抵抗を増すに役立つものであることを明かにしたることは、いづれも實地について仔細に數量的研究を行つた結果明かにせられた處である。

又さきに記したる如き異なる氣象條件の下に於てシロバナタンポポの葉の表皮細胞側壁の屈曲度が表面と裏面に於て異なる傾向を示し、表面はむしろ主に一般的氣象因子と密接なる關係があるのに、裏面では局處的な氣象因子と密接なる關係が多いことについて考察したるは、植物に對する外的條件の影響がたゞ一枚の葉に於ても、均等に影響さるゝものでなく、甚だ複雑なる意義を有するものであることを示すことは大いに注目すべきことである。しかしそれ等について外的條件との相互關係を數量的に仔細に研究觀察することにより、それぞれ生態學的に重要な意義を有することを明かにすることが出来る點に於て、實驗生理學的方法に於ける數量的取扱ひによる研究の必要なことを示すものであり、YAPP (95), KRAUS (47) 等が實驗的に明かにしたる局處的氣象の變化に注意することの生態學的に重要なことを認むると同時に、それを實際問題として取扱ふに際して植物の形態、生理の適應性を *phytometer* として利用する上に細心なる用意を以て巧に之れを運用する事の必要が起るのであり、その了解が完全であつてはじめて一般的に指標植物なる概念及びその運用を實地に有効に利用し得べき筈のものである。

### む す び

以上は一般植物生態學的領域に於ける *phytometer* の利用に關する基礎的研究に形態學的、組織學的及び生理學的方面の數量的方法による實驗を行ふことの重要な所以に就いて、主として筆者の業績を例としてその一斑を示したものであるが、造林學界に於ける植物生態學的研究に於て、*phytometer* 或は更に廣義に指標植物の利用が考慮されるに當つて、本研究によつて提供せられたる種々の實驗的成績及びそれを基礎として物されたる如上の言説が、何物かの寄與を齎らすであらう事を待望して本論を茲に結ぶことにする。

(1932年九州帝國大學植物學教室に於て)

## 文 献

1. ARESCHONG, F. W. C., Der Einfluss des Klimas auf die Organisation der Pflanzen, insbesondere auf die anatomische Struktur der Blattorgane. Engler's Bot. Jahrb., 2, 511-526. 1882.
2. BAKKE, A. L., Studies on the transpiring power of plants as indicated by the method of standardized hygrometric paper. Journ. Ecol., 2, 145-173. 1914.
3. BERGEN, J. Y., Transpiration of sun leaves and shade leaves of *Olea europaea* and other broad-leaved evergreens. Bot. Gaz., 285-296. 1904.
4. BONNIER, G., Cultures experimentales dans les Alpes et les Pyenees. Rev. Gen. Bot., 4. 1894 (Schimper's Plant geography. Engl. edit. 1903).
5. BRIGGS, I. J. and SHANTZ, H. I., The willing coefficient and its indirect determination. Bot. Gaz., 53. 20-37. 1912.
6. BRIGGS L. J. and SHANTZ, H. I., Daily transpiration during the normal growth period and its correlation with the weather. Journ. Agr. Res., 7. 155-212. 1916.
7. BURGERSTEIN, A., Ueber die Transpirationgrösse von Pflanzen feuchter Tropengebiete. Ber. Bot. Ges., 15. 154-165. 1897.
8. CLEMENTS, F. E., Plant indicators. Carnegie Inst. Wash. 1920.
9. CLEMENTS, F. E. and GOLDSMITH, G. W., The phytometer method in ecology. Carnegie Inst. Wash. 356. 1924.
10. DIETRICH, MARIE, Die Transpiration der Schatten- und Sonnen-Pflanzen in ihren Beziehungen zum Standort. Jahrb. wiss. Bot., 65. 98-194. 1926.
11. DOI, T., Ueber die Sonnen- und Schattenblätter einigen Bäume. Journ. Coll. Sci. Imp. Univ., Tokyo. 40. I. 1-37. 1917.
12. DUFOUR, J., Influence de la lumiere sur la forme et la structure des feuilles. Bot. Cent., 33. 134-1888 (Ann. Sci. Nat. Bot., Ser. 7, 5. 311-413. 1887).
13. FABRICIUS, MAX., Beiträge zur Laubblatt-Anatomie einiger Pflanzen der Scychellen mit Berücksichtigung des Standortes. Beih. Bot. Cent. 12. 304-342. 1902.
14. FARENHOLTZ, H., Ueber den Einfluss von Licht und Schatten auf Sprosse von Holzpflanzen. Beih. Bot. Cent., 31-I. 90-118. 1914.
15. FUKAKI, S. (深城貞義), 稻の分蘖に関する研究, I. 灌漑水及び日光供給度其他一二條件の影響. 九大農學藝, 2. 340-365. 1927.
16. FUKAKI, S., (深城貞義), 同上, II. 温度及び空中湿度と分蘖度の關係. 九大農學藝, 4, 336-357. 1931.
17. FUJITA, T., (藤田光), 植物の葉内蛋白質含有量と日照射度との關係に就て. 九大農學藝, 4. 358-368. 1931.
18. JAHOW, F., Ueber die Beziehungen einigen Eigenschaften der Laubblätter zu den Standortverhältnissen. Sondr. Abdr. aus Jahrb. wiss. Bot., 15. 282-310. 1885.
19. HABERLANDT, G., Physiological plant anatomy (eng. edit.), London, 1914.
20. HASSELBRING, H., The effect of shading on the transpiration and assimilation of the Tobacco plant in Cuba. Bot. Caz., 57, 257-286. 1914.
21. HENTIG, H., Ueber die Beziehungen zwischen der Stellung der Blätter zum Licht und ihren inneren Bau. Bot. Cent., 12. 415-422; 439-448, 1882.

22. HESSELMANN, H., Zur Kenntniss des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Beih. Bot. Cert., 17. 311-460. 1904.
23. HILLER, G. H., Untersuchungen über die Epidermis der Blütenblätter. Jahrb. wiss. Bot., 15. 411-451. 1884.
24. HOFMANN, ELISE, Der Ausdruck optimalen Lichtgenusses im Blattbau. Bot. Arch. 17/18. 288-296. 1927.
25. HUBER, B., Die Beurteilung des Wasserhaushaltes der Pflanzen. Ein Beitrag zur vergleichenden Physiologie. Jahrb. wiss. Bot., 64. 1-120. 1924
26. KAWADA, M. (河田杰), 森林生態學講義. 東京. 1932.
27. KELLER, B., Halophyten- und Xerophyten Studien. Journ. Ecol., 13. 224-261. 1925.
28. KEMMERZELL, A., Beiträge zur Anatomie des Durchlüchtungssystems. Bot. Arch., 17. 313-346. 1927.
29. KOKETSU, R., Ueber den Gehalt an Trockensubstanz und Asche in einem bestimmten Vorlumen Gewebepulver als Indizium für den Gehalt des Pflanzenkörpers, an demselben Konstituenten. Journ. Dept. Agr., Kyushu Imp. Univ., 1. 151. 1924.
30. KOKETSU, R., Ueber die Anwendung der *Mimosa pudica* als Indexpflanze zur Bestimmung des Wasserhaltungsvermögens verschiedener Bodenarten in Beziehung auf des Welken der Pflanzen. Bot. Mag., Tokyo, 39. 152-158. 1925.
31. KOKETSU, R., Ueber die Brauchbar- und Zweckmässigkeit der „Pulvermethode“ für die Bestimmung des Wassergehaltes im Pflanzenkörper. Bot. Mag., Tokyo, 39. 169-175. 1925.
32. KOKETSU, R., Variation of the transpiring power of leaves as related to the wilting of plants. Journ. Dept. Agr., Kyushu Imp. Univ., 1. 241. 1926.
33. KOKETSU, R. (綱纈理一郎), 組織粉末法を行ふ場合に於ける組織粉末の適量に就て. 九大. 農. 學藝, 4., 227. 1931.
34. KOKETSU, R. (綱纈理一郎), 水分關係の變化に伴ふ葉面積の變化並びにそれに由來する面積法の不確實さに就て. 植物學雜誌, 46. 124-134. 1932.
35. KOKETSU, R. (綱纈理一郎), 生理現象の對無生物對照研究法の理論とその實際. 植物及動物, 1. 1-6. 1933.
36. KOKETSU, R. und YASUDA, S. (綱纈理一郎. 安田貞雄), 植物體內物質含有量の測定に「組織粉末法」を利用する効果に就て. I. 九大. 農. 學藝, 2. 200. 1927.
37. KOKETSU, R. und FUKAKI, S. (綱纈理一郎. 深城貞義), 同上, II. 種子の乾量及び灰分含有量の比較測定. 九大. 農. 學藝, 2. 273. 1927.
38. KOKETSU, R. und KOSAKA, H. (綱纈理一郎. 小坂博), 同上, III. 種々の玄米の「粉末比重」の測定及其意義. 九大. 農. 學藝, 3. 36. 1928.
39. KOKETSU, R. und TAKENOUCI, M. (綱纈理一郎. 竹内亮), 同上, IV. 生理的又は生態的條件を異にする植物體內に於ける灰分含有量の比較測定. 九大. 農. 學藝, 3. 154. 1928.
40. KOKETSU, R. und TSURUTA, S. (綱纈理一郎. 鶴田正造), 蒸散量測定表示法としての「組織粉末法」. 植物學雜誌, 43. 253, 1929.
41. KOKETSU, R., KOSAKA, H., SATO, T., und FUJITA, T. (綱纈理一郎, 小坂博, 佐藤敏夫, 藤田光), 植物體內物質含有量測定に「組織粉末法」を利用することの効果に就て. V. 炭水化物及び蛋白質含有量の比較測定. 九大. 農. 學藝, 3. 232. 1929.)
42. KOLKNOV, W., Contributions to the problem of breeding draught resistant crop plants, I. Anatomical and physiological investigations of the degree of xerophily of certain cereals. Maximov's the

- plant in relation to water. 1929 (Mem. Polytech. Inst, Kiev. 5. no. 4. 1905).
43. KOLKNOV, W., Do. II. Anatomical and physiological investigations of certain races of sugar beet. (ibid. 7. no. 1. 1907).
  44. KOLKNOV, W., The results of the study of some varieties of corn from the point of view of physiological anatomy. ibid. (Chosiastvo, 5. 1541-1555; 1591-1598. 1910.)
  45. KOLKNOV, W., Zur Frage über die Wechselbeziehungen zwischen den anatomischen Koeffizienten und den physiologischen Eigenschaften der Pflanzen. idid. (Russ. Journ. f. experim. Landw., 14. 321-340. 1913).
  46. KOLKNOV, W., Einige Ergebnisse der Untersuchungen über Dürrewiderstandsfähigkeit bei Kulturpflanzen. ibid. (Zeits. Pflanzenzücht, 10. 297-310. 1925).
  47. KRAUS, G., Boden und Klima auf kleinstem Raum. Versuch einer exakten Behandlung des Standorts auf dem Wellenkalk. Jena. 1911. •
  48. LEVEDINCEV, ELIZ., Physiologische und anatomische Besonderheiten der in trockner und in feuchter Luft gezogenen Pflanzen. Ber. Bot. Ges., 45. 83-96. 1927.
  49. LEIST, K., Ueber den Einfluss des alpinen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Bot. Cent., 42. 118. 1890 (Sep. Abdr. auf dem Mittl. Nat. Gesel. Bern. 1889).
  50. LIVINGSTON, B. E., Atomometry and porous cup atomometer. Pl. Wd. 18. 21-30; 51-74; 95-111; 143-149. 1915.
  51. LIVINGSTON, B. E., Spherical porous cup atomometry. Carnegie Inst. Wash. Year Book, 13. 84. 1915.
  52. LIVINGSTON, B. E. and HAWKINS, L. A., The water-relation between plant and soil. Carnegie Inst. Wash., 204. 1915.
  53. LIVINGSTON, B. E. and KOKETSU, R., The water-supplying power of the soil as related to the wilting of plants. Soil Sci. 9. 469. 1920.
  54. LIVINGSTON, B. E. and SHREVE, E. B., Improvements in the method for determining the transpiring power of plant surfaces by hygrometric paper. Pl. Wd. 19. 287-309. 1916.
  55. MACDOUGAL, D. T., The influence of light and darkness upon growth and development. Bot. Cent., 22. 1903 (N. Y. Bot. Gard., 2. 1-319).
  56. MAXIMOV, N. A., The plant in relation to water. London. 1929.
  57. MCLEAN, F. T., A preliminary study of climatic conditions in Maryland, as related to plant growth. Phys. Res., 2. 129. 1911.
  58. MCLEAN, F. T., Studies in the ecology of South Brazil. Journ. Ecol., 7. 5-54; 121-172, 1919.
  59. MOLISCH, H., Das offen- und geschlossenein der Spaltöffnungen, veranschaulicht durch eine neue Methode (Infiltrationsmethode). Zeit. Bot. 4. 106. 1912.
  60. MONTFORT, C., Die xeromorphie der Hochmoorflanzen als voraussetzung der „physiologischen Trockenheit“ der Hochmoor. Zeit. Bot. 10. 347-357. 1918.
  61. MONTFORT, C., Die Wasserbilanz in Nährlösung, Salzlösung, und Hochmoorwasser. Zeit. Bot., 14. 98-172. 1922.
  62. MURINOFF, A., Einfluss des Lichtes und der Feuchtigkeit auf die Zusammensetzung der Pflanzen. Ber. Bot. Ges., 25. 507-509. 1917.
  63. NEGER, F. W., Spaltöffnungschluss und künstliche Turgorsteigerung. Ber. Bot. Ges., 179-194. 1912.
  64. NIUS, E., Untersuchungen über den Einfluss des Interzellularvolumens und der Oeffnungsweite der Stomata auf die Luftwegigkeit der Laubblätter. Jahrb. wiss. Bot., 74. 33-126. 1931.

65. NORDHAUSEN, M., Ueber Sonnen- und Schattenblätter. Ber. Bot. Ges., 21. 30-45. 1903.
66. NORDHAUSEN, M., Ueber Sonnen- und Schattenblätter. Ber. Bot. Ges., 30. 483-503. 1912.
67. OGA, I. (大賀一郎), 大連附近に於ける陸生植物汁液の水點降下度の測定. 植物學雜誌. 41. 407. 1927.
68. PAULMANN, R., Ueber die Anatomie des Laubblattes. Flora. N. F., 7. 227-258. 1915.
69. PICK, H., Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Gestalt und Orientierung der Zellen des Assimilationsgewebe. Bot. Cent., 11. 400-406; 438-446. 1883.
70. RIPPEL, A., Der Einfluss der Bodentrockenheit auf den anatomischen Bau der Pflanzen, insbesondere von *Sinapis alba* L. und die sich daraus ergebenden physiologischen und entwicklungsgeschichtlichen Fragen. Beih. Bot. Cent., 36, I. 187. 1919 (Zeit. Bot., 12. 465-469, 1925).
71. RUDOLF, K., Epidermis und epidermale Transpiration. Bot. Arch., 9. 49-94. 1925.
72. SACHS, J., Ueber den Einfluss der chemischen und physiologischen Beschaffenheit des Bodens auf die Transpiration. Landw. Vers., Stat. I. 1859.
73. SALISBURY, E. J., The determining factor in petiolar structure. Bot. Cent., 125. 563. 1914 (New Phyt., 12. 281. 1913).
74. SAMPSON, A. W., Climate and plant growth in certain vegetative associations. Bot. Cent., 141. 288. 1919 (U. S. Dept. Agr. Bull. 700. 1918).
75. SAMPSON, A. W. and ALLEN, L. M., Influence of physical factors on transpiration. Clements and Goldsmith's Phytometer method in ecology. 1924 (Minn. Bot. Stud. 4. 33. 1909).
76. SCHIMPER, A. F. W., Plant geography upon a physiological basis (engl. edit.) Oxford. 1903.
77. SCHUSTER, W., Die Blattaderung des Dicotylenblattes und ihre Abhängigkeit von äussere Einflüssen. Ber. Bot. Geg., 26. 194-237. 1908.
78. SCOTT-ELLIOTT, G. F., Effect of exposure on the relative length and breath of leaves. Journ. Linn. Soc. Bot., 23. 1881.
79. STAHL, E., Ueber den Einfluss des sonnigen oder schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Just's Jahrb. 1883. II. 425 (Zeits. Nat. 16.)
80. STARR, ANNA, M., Comparative anatomy of dune plants. Bot. Gaz., 54. 265-305. 1912.
81. STOBER, J. P., A comparative study of winter and summer leaves of various herbs. Bot. Gaz., 63. 89-109. 1912.
82. STOCKER, O., Die Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorflanzen am Standort. Zeit. Bot., 15. 1-41. 1923.
83. STOCKER, O., Beiträge zur Halophytenproblem. I. Zeit. Bot., 16. 289. 1924.
84. STOCKER, O., Beiträge zur Halophytenproblem. II. *ibid.*, 17. 1. 1925.
85. TAKENOUCI, M. und KOKETSU, R. (竹内亮, 綱織理一郎), 植物と外界との關係の數量的方法による研究. I. *Oenothera biennis* 及び *Oe. odorata* に於ける二三の觀察及び實驗. 九大. 農. 學藝., 1. 149-168. 1925.
86. TAKENOUCI, M. (竹内亮), 同上 . II. 水分蒸散及び吸收兩作用の相互關係による研究法の植物生態學的價值に就て. *ibid.* 2. 213-231. 1927.
87. TAKENOUCI, M. (竹内亮), 同上 . III. 種々の植物の水分蒸散及び水分吸收兩作用並びに其相互關係. *ibid.* 3. 263-286. 1929.
88. TAKENOUCI, M. (竹内亮), 同上 . IV. 陽地と陰地とに於ける同種植物の葉の表皮細胞側壁に於ける屈曲度の比較. *ibid.* 4. 191-217. 1931.
89. TAKENOUCI, M. (竹内亮), 同上 . V. 種々の植物の葉の組織の細胞間隙の測定並びにその植

- 物生態學的價值. *ibid.* 5. 254-263. 1933.
90. TAKENOUGH, M. (竹内亮), 同上 . VI. 氣象條件の差異に應ずるシロバナマンボボの葉の表皮細胞の側壁屈曲度の變異並びにその phytometer としての價値に就いて. *ibid.* 5. 273-293. 1933.
  91. URSPRUNG, A. und BLUM, G., Zur Methode der Saugkraftmessung. *Ber. Bot. Ges.*, 34. 525-539. 1916.
  92. WARMING, E., *Ecology of plants*. 2. ed. London. 1925.
  93. WIESNER, J., Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischen Gebiete. I. *Bot. Cent.*, 55. 18-19, 1893 (*Stzgb. Akad. Wiss., Wien. 2. I.* 291-305. 1893).
  94. WIESNER, J., Bemerkungen über den factischen Lichtgenuss der Pflanzen. *Ber. Bot. Ges.*, 12. elft gen. Veramm. 78-89. 1894.
  95. YAPP, R. H., On stratification in the vegetation of a marsh, and its relation to evaporation and temperature. *Ann. Bot.*, 23. 275-320. 1909.
  96. YASUDA, S. (安田貞雄), 稻の蒸騰作用と通導組織發達の關係. *九大農學藝*, 1. 1. 1924.
  97. ZALENSKI, V., Materials for the study of the quantitative anatomy of different leaves of the same plant. MAXIMOV's *The plant in relation to water*. London. 1929 (*Mem. Polytech. Inst. Kiev.* 4. 1-203. 1904).
  98. ZALENSKI, V., The indicators of xeromorphy in plants. MAXIMOV's *The plant in relation to water*. London. 1929 (*Proc. 3rd. Pl. Breed. Congr. Sartov (1920)*. 38-40).
-

INVESTIGATIONS ON THE RELATION BETWEEN PLANTS AND  
THEIR SURROUNDING CONDITIONS BY THE QUANTITATIVE  
METHOD. VII. MEANING OF THE QUANTITATIVE STUDIES  
ON THE STRUCTURE AND THE PHYSIOLOGICAL PROCESS OF  
SPECIAL PLANTS FROM THE VIEW-POINT OF FOREST  
ECOLOGY<sup>1)</sup>

Makoto TAKENOUCHI

The author, who, for some years past, has been studying from several angles and in quantitative way the relation between plants and their surrounding conditions, has been able to deduce from time to time some results, which are of some significance from the view-point of forest ecology and which may help support the conception of so-called phytometer.

The subject-matter of ecology, the interrelation of plants with their surrounding conditions, naturally require very careful treatment and is one perhaps that can only be approached with power of inventive conception. To meet such a requirement, very close observation and ample experiments based on exact measurements, such as we now see carried on in the fields of morphology and physiology may be essential.

Just such quantitative studies in ecology are now being fast introduced into the field of forestry, thus giving rise to the conception of plant-indicators or phytometers.

The conception of plant-indicators or phytometers is really one of wide application, and almost any feature of plant life may be regarded as admitting such conception. However, such feature as the variation in histological structure and also of physiological process of plant, as it may easily admit of quantitative treatment, may have the great likelihood of well developing such conception.

Among some new facts of plant life which the author in his study has been able to observe and which may be found useful as phytometer, the value set to wavyness in the lateral walls of epidermal cells in the leaves of some special plants as *Taraxacum albidum* and the ratio of the value of absorption to that of transpiration may stand somewhat prominent. The author fully believes that such quantitative studies as he has carried on will go to add to the practical value of phytometer used in the field of forest ecology.

---

1) Contributions from the Botanical Laboratory, Kyushu Imperial University No. 45.