

野外における植物の同化作用測定法 とそれによって得られた二三の知見

藤原健司

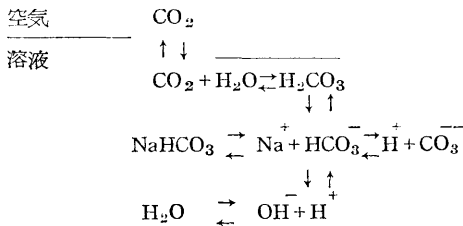
植物の同化作用については、Hesselman, Lundegardh, Boysen-Jensen 等によつて比較的詳細に報告されている。しかし、これらの多くは大抵人工的な条件下でなされて来た。最近、Alvik の考案した方法を、Zeller, Lange が検討し改良した。これを用いて Daxner, Walter, Zeller, Butin 等が植物の同化作用と環境について、優れた業績を挙げている。筆者は此の方法の一部改良を加え、従来殆どその報告をみていない常緑広葉樹林に於て、強い光を必要とするコジイの幼木が、林内の弱光下で如何なる物質代謝を行っているかについて、考察を試みた。

本論を草するに当り、懇切な御指導と御校閲を賜わつた神戸大学中西哲先生、並びに種々有益なる御助言を賜わつた、大分大学鈴木時夫博士に深く感謝の意を表す。

方法

1939年に Alvik が同化作用、呼吸作用を測定するのに比色法を考案したが、1951年、Zeller はこれを改良し、更に1956年 Lange がこの方法に検討を加え改良した。

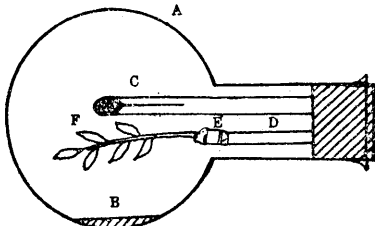
それは次に模式的に示す如く



NaHCO₃ の稀薄溶液の pH は、その容器内の CO₂ 圧と平衡を保つと云う特性を利用している。

使用する装置は Fig. 1 に示した。

Fig. 1 略図 測定装置



0.001N の NaHCO₃ 溶液を予め 8 時間空気中にさらして、外気の CO₂ と平衡せしめたものを、実験前、更に数時間外気にさらした。この液の 3 C.C. を丸型

フラスコに(A)に入れ、指示薬として Phenolred を 3 滴加えた。更にゴム栓に棒状温度計(C)と短いガラス棒(D)を固定する。このガラス棒に、根元を湿つた濾紙(E)で包んだ試料植物(F)をくゝりつける。これをフラスコに封じ込みパラフィンで密封する。NaHCO₃ 溶液の pH 値は、ホウ酸—ホウ砂の混合による緩衝液と比較して決定される。この pH 値と同時に読み取つたフラスコ内の温度とから、Kanko、及び Carlberg の式を再検討した Lange の式

$$1,02 \cdot \log P = a - pH$$

によつて作られた表にもとづいて、CO₂ 量を計算した。この式に於ける P は CO₂ 圧、a は温度の函数である。冬季に於ては、凍結を避けるために食塩を加え 12,3% (氷点降下 9,1°C) にし、これによつてアルカリ側に傾くが、Zeller が実験的に得た表によつて補正した。

葉の面積は青写真にとつたものを、プランメーターで測つた。

此の方法は僅かの装置しか必要とせず、非常に鋭敏であるので野外の実験には好適である。しかし精密な定量的実験には耐え得ないきらいがある。又フラスコ内の微環境は明らかに自然の状態と異つている。殊に CO₂ の欠乏は同化作用中のフラスコ内では避けることが出来ない。但し多くの要因の中で、生態的に 1 つと問題となる場合には、この誤差の可能性はそれ程重要ではない。又僅かの試料植物を用いる事によつて CO₂ の変化を小さくする事が出来る。太陽に直射されている場合は、フラスコが過熱されて同化作用をさまたげるか、或は全く不可能にする。この事はこの方法の生態学的使用法を限定している。

実験地の概況

実験地は、神戸市垂水区伊川谷町太山寺の裏山に発達せるコジイを優占種とする常緑広葉樹林である。地形の概況は、標高 120m、傾斜方向 N30°W、傾斜角度 32°である。

この林は喬木層はコジイが圧倒的に多く、林冠はほぼ連続している。垂喬木層には喬木層の切れた所にアラカシが出現し、灌木層にタイミンタチバナ、ヤブツバキ等が見られ、コジイの幼木もこの層に出現している。草本層にはベニシダ、カナワラビ等が比較的明るい所に見られ、コジイの幼木も亦この層に出現している。

実験地は北西向きであるために、夏季は夕方林床に可成りの直射光が、クローネの間隙から入って来るが、冬季に於ては僅かにクローネが斜の光を受けるのみである。

測定の実行

試料植物は喬木層の最も日当り良い所、灌木層、草木層の3つの層に生育せるコジイを使用した。プラスチックは各生育場所に釣り下げたが、対照実験として各階層のコジイをそれぞれ各場所に設置した。プラスチックは一試料植物毎に2~3個使用した。日没と同時に試料植物をプラスチック内に密封し、同時にpHと温度を記録した。翌朝、日の出直後の第1回の読みと封入時のCO₂量の差を以て夜間の呼吸量とし以後1時間毎に測定した。プラスチック内のCO₂量が前夜のCO₂量と等しくなった時刻を以て日補償点とし、実験を打切った。外界の環境要因として、各生育地に於ける瞬間照度をマツダ照度計で、気温をアスマン通風乾湿度計で測定した。林内12mの高さと林床に接しての2か所に自記温度計を設置した。実験は1956年8月、12月、1957年1月、2月に行つた。

結果及び考察

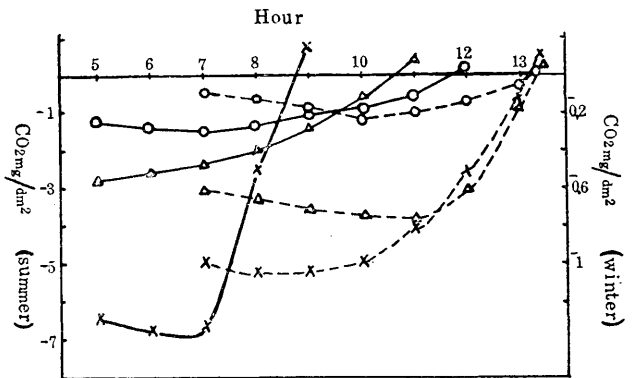
実験結果から横軸に時間をとり、前記のプラスチック内のCO₂量との差を負の同化量として縦軸にとつて同化曲線を書いた。

Tab. 1. 夏季・冬季における各階層の温度・照度の変化。

		時刻																			
		5	6	7	8	9	10	11	12	13											
夏 (8月)	喬木層	温度	22.0	22.9	26.0	31.5	31.9								1000 lux 照度	0.1	1.8	2.5	6	10	
	灌木層	温度	22.7	24.2	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	35.5	照度	0.03	0.30	0.35	0.32	0.75	1	1.7	1.3		
		草木層	温度	23.0	24.2	25.0	25.9	26.8	27.8	28.2	28.7	照度	0.02	0.12	0.17	0.22	0.22	10	1.7	0.55	
	冬 (2月)	喬木層	温度			-3.5	-2.0	0.2	1.0	6.5	6.2	12.3	照度		0.22	2.2	3	4.1	10.4	14.2	20
		灌木層	温度			-2.8	-2.5	-0.2	1.0	2.1	3.2	4.0	照度			0.5	0.54	0.32	1.11	2.6	2.5
			草木層	温度			-1.5	-1.2	0.5	1.0	2.0	2.8	3.7	照度			0.05	0.16	0.1	0.24	0.5

温度はプラスチック内温度、照度は100Lux.

Fig. 2 略図 各材料植物の同化曲線



…冬季 —夏季 ×クローネ Δ灌木層 ○草本層

喬木層のコジイは朝方の弱光下では、呼吸が同化を上まわっているが、或る程度の光(4400Lux)に達すると、正の同化を行い、夏季に於ては日の出後4時間、冬季に於ては5時間程で日補償点に達している。但し冬季に於ける実験では、プラスチック内部の温度が直射光により15°C以上に昇るために、外界の低温に於ける状態を示していない。そこで冬季の日中の大体の気温である6°Cに於ける光の補償点を、室内実験によつて、2500Lux 辺りであることを把握した。随つて、この気温のもとでこれ以上の明るさのあるクローネは、正の同化を行つていると考えられる。冬季に於ける同化曲線がゆるやかであるのは、氷点下の低温のために殆どガス交換が行われて居ない事を示している。5°C 辺りになつて始めてガス交換が見られる様である。夜間の呼吸も冬季甚しく抑制され夏季の20%以下を示すに過ぎない。この僅かの呼吸量を取り返すのに、夏季よりも多くの時間を必要としている。

灌木層のコジイでは日の出後徐々に同化曲線が上向しているのは、比較的弱光下でも正の同化を行つていると考えられる。そしてクローネの間隙から直射光(比較照度1/4)があつた時、急激に日補償点に達した。冬季に於て、明るさが夏季と同じであるにも拘わらずガス交換は見られない。これは低温によつて抑制されていると考えられる。しかも日の出後3時間経つて気温が氷点以上になつても、正の同化を行つていない。但し11時頃から2時間余、2600Lux程の明るさが続いた時、急激に日補償点に達している。更に室内実験によつて掴まねばならないが、Müller が云つている様に、弱光下では低温のもとでの植物の方が高温の植物より強く同化作用を営むこと、又寒帯に於ける針葉樹で低温弱光下で正の同化が観察されているが、暖帯性の喬木であるコジイでは、これは見られない様である。

この灌木層のコジイの結果は、同じ場所に於ける藤原、岡本すきのお神神に於ける森本の行ったアラカシの結果と非常に似ている。鈴木の比較的散光に適した型(半直射光型)であろう。

林床のコジイは日の出後、数時間は200 Lux 以下の弱光下で呼吸が同化を上まわっている様である、但し徐々に同化曲線は上向き、直射光が入った時は急激に日補償点に達している。殊に冬季に於ては太陽高度が低いことと、傾斜方向との関係から光斑さえもないが、反対側の山、及び地面からの反射光が大きな意義を持つて居る様であつて、これによつて林床は比較照度 $\frac{3}{10}$ 位の明るさになつて居る。

草木層のシイの夜間に於ける呼吸量は、喬木層に比し非常に少なく、暗い光条件下でも、晴天であればその日の内に日補償点に達している様である。この時クローネからの光斑を利用している事は勿論である。

光条件の良い喬木層程早く日補償点に達していることは、喬木層が有利な物質生産を行つて居ると考えられる。冬季著しく呼吸が抑制される事及びその事によつて物質消費が少いにも拘らず、日補償点に達する時間が長くなることは、コジイにとつて低温は不利であり、この限界は氷点近くにあると思われる。

対照実験に於て、呼吸はどの実験群でも各階層毎には等しい量を示している。喬木層に設置された草木層の試料は、日の出後2時間余、直射光の当る以前に日補償点に達している。冬季は日の出後2時間以内の氷点下では、積極的なガス交換は見られず、氷点以上になつた10時頃急激に正の同化をなし、1時間後に日補償点に達している。灌木層に設置されたものでは、気温が氷点以上になつて居た10時に、日補償点に達している。

草木層に設置された喬木層のコジイは、夏季、冬季共に曲線が下向きしている。これは100Lux 以下のか明るさのもとでは、呼吸を上まわる同化をなし得ない事を示している。灌木層に設置されたものでは、12月の実験で最も明るかつたものは、午後1時の1300Lux でそれ以外は600Lux 前後の明るさであつて、同化曲線は下向きしている。2月では、プラスチック内温度 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ (気温 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$)で11時30分頃より約3時間2600Luxの明るさが続いた時一度に日補償点に達した。この様に喬木層のコジイは可成り強い光を必要としている。

灌木層のコジイの喬木層、草木層に設置されたもの

は、共に草木層のコジイと全く同じ行動をとり、各それより1時間遅れて日補償点に達している。

以上の何れの実験群に於ても、草木層のコジイ程耐陰性が強く、その暗い不利な光条件下でよく正の同化をなしている。

この様に同一の種が、クローネは陽地植物の、草木層のものは日陰に耐える植物としての経過を示し、これら二者の同化機能に可成りの差が見られる。結局コジイは、その成木自体がつくり出す暗い光条件下でも、よく芽生え、又有利な物質生産を行い、喬木へと成長することが出来る訳で、スタジイ、コジイが暖帯林極盛相の優占種たる原因の一つが、このあたりからも暗示されるのではなからうか。

要 約

1. 1939年に Alvik が報告した比色法によつて、コジイ林の三つの階層(喬木層のクローネ、灌木層、草木層)に生育するコジイの日補償点を測定した。同時に照度、気温との関係について考察した。

2. 夏季、冬季いずれに於ても、喬木のクローネの部分の夜間に於ける呼吸量は、幼木のその約5倍を示していたにも拘らず、前者は後者よりも早く日補償点に達した。したがつてクローネは幼木よりも、有利な同化の条件下に置かれて居ると考えられる。

3. 幼木はクローネから採つた資料が、正の同化をなし得ないような、暗い光条件下に於ても、正の同化を行つて居る。この事は、幼木が耐陰性を持つて居る事を示していると云える。

4. 冬季に於ける低温はコジイの、呼吸及び同化を抑制する様であり、 0°C 以下では殆どガス交換は見られない。コジイの同化作用は 0°C 附近に於ては温度に、適当な温度の時には光条件に影響される。

文 献

Braun-Blanquet (1951); Pflanzensozologie, H. Butin (1954); Biol. Zentbl. Bd. 73; 459~502, H. Daxer(1934) Jahrb. Wiss. Bot. Bd. 80; 363~420, H. Walter (1951); Einfuehrung in die Phytologie, Bd. III, I Teil; 333~401, O. L. Zeller (1951) Pflanta Bd. 39; 500~526, O. L. Lange (1956) Deut. Bot. Gesell. Bd. 69; 49~60, 坂村徹 植物生理学 (1954)、鈴木時夫 東亜の森林植生 (1952)、同生態調査法 (1954)、吉井義次 植物と環境 (1931)。