

自然教育園四林分の土壌呼吸について

坂巻 義章* 伊野 良夫* 大島 康行*

Soil Respiration of Four Representative Forests in the National Park for Nature Study

Yoshiaki Sakamaki,* Yoshio Ino* and Yasuyuki Oshima*

はじめに

国立科学博物館附属自然教育園は、都心の数少ない自然林として保護され、古い武蔵野の面影を残し、学術的にも、社会教育のうえからも貴重な場所である。

園の総面積は約20万 m² あり、大部分はスダジイ林やコナラ、クロマツを主とした二次林、ミズキの雑木林で覆われ（野外自然博物館後援会編 1966・1968）、また湧水池、湿地などもあり、生物相はかなり豊富である。

自然教育園内の生物群集の総合的な調査は、園の一部を横切って建設された高速道路の工事の始まる1964～65年（昭和39、40年）におこなわれた（奥田・宮脇 1966、手塚 1970）。その後も園内の生物相、環境調査などの研究は引き続き行われてきたが、1976年に第2回目の総合調査が計画、実施にうつされた。著者らはこの総合調査の一環として、1976年9月から1978年3月まで、園内の代表的な林分であるスダジイ林、コナラ林、クロマツ林、ミズキ林の林床で土壌呼吸を測定したのでその結果の一部を報告する。

この研究にあたり園内の気温の測定資料を快く提供していただき、また多大の御援助、御協力を頂いた自然教育園の方々に深く感謝いたします。

1. 測定地の概況と実験方法

土壌呼吸速度の測定は園内の代表的なスダジイ、コナラ、クロマツ、ミズキの四つの林分で行なった。各林分の測定地は坂上ら（1978）が土壌と水分環境の調査のため選定した地点から数m離れた比較的平坦な場所を選んだ。測定地点の位置と概況については坂上ら（1978）がすでに報告しているので、これを参照されたい。

土壌呼吸速度の測定は Walter（1952）の密閉吸収法を一部改変した方法で行なった。この装置は桐田の密閉吸収法（桐田・穂積 1966、桐田 1971 a・1971 b・1971 c）による測定法の検討に関する一連の研究を参考にして検討を加え、作成した。図1にその概要を示したように、高さ30 cm、直径15 cmのブリキ製

* 早稲田大学教育学部生物学教室

Department of Biology, School of Education, Waseda University, Tokyo.

本研究の一部は昭和51年度文部省科学研究費の助成による。

円筒容器を下部 5 cm を土壤構造を損わぬよう地中に埋め、内部に鉄製の三脚を置き、三脚の中段と上部にそれぞれ底面の直径 11 cm のアルカリ溶液を入れる浅いポリエチレン容器を設置できるようにした。これは CO_2 の吸収面を大きくするためである。

この装置を各林分の測定地に 6 個ずつ並べて設置した。このうち 2 個の装置は手で有形のリターを取り除き L 層を除いた土壤呼吸の測定にあてた。測定時以外は蓋をはずしてあるので、新たに落ちたリターは測定の都度除いた。

測定はほぼ一カ月に 1 回 2 日間 1976 年秋から 1978 年 3 月まで行った。このうち 1976 年秋から 1977 年 3 月までは装置の検討など予備的な測定にあてた。

測定の際はポリエチレン容器に合計 50 ml の NaOH 溶液を連続分注器を用いて入れ、さらに蒸留水を適量加え、容器の底面全体に液面が広がるように

し、各装置に 2 個ずつ設置する。以上の操作後手早く円筒の蓋を閉じ、ビニールテープで密閉する。約 24 時間後、NaOH 溶液を 0.5 N BaCl₂ 溶液 5 ml を入れたポリエチレン瓶に回収する。この測定は 2 日間連続して 2 回行ない、NaOH 溶液は実験室に持ち帰り測定した。予備的な測定から NaOH 溶液の濃度は土壤呼吸による CO_2 放出量に応じ、約 0.5~1.2 N のものを用いた。

測定日には同時に地下 5 cm と 20 cm の地中温度の最高、最低を地中最高最低温度計で測定した。

2. 結 果

(1) 各林分の土壤と呼吸速度

四つの林分の各調査地点で測定した土壤呼吸速度の 1977 年 4 月から 1978 年 3 月までの各月の値を図 2 に示した。この値は各月連続 2 回の各測定装置の測定値を平均したものである。すなわち、全土壤呼吸速度は 8 測定値の平均、L 層を取除いた土壤呼吸速度は 4 測定値の平均である。これらの値のうち、同じ地点で同じ場所で測定した L 層を除いた土壤呼吸速度が全土壤呼吸速度よりやや高い値を示している例が見られるが、測定上の問題からであろう。

全体的にクロマツ林で最も高い呼吸速度を示し、スダジイ林とミズキ林ではほぼ等しく中間の値を、またコナラ林は最も低い呼吸速度を示した。季節的にはどの林分も最高の値を示し、クロマツ林で $14.2 \text{ g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ の値を、最低値を示す月は各林分によって 2 月と 3 月に分れる。全林分の最低値はコナラ林の 2 月の呼吸速度で $3.6 \text{ g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ であった。

(2) 各林分内の地中温度

各月の測定期間中の地下 5 cm の地温の最高と最低の平均した値を前図と同様に 1977 年 4 月から翌年 3 月まで図 3 に示した。どの林分も 7 月に最高、2 月に最低の地温で、土壤呼吸速度とかなりよい対応がみられる。

1977 年 8 月は雨が多く、気温が低く、地温も 7 月をかなり下まわっており、土壤呼吸速度も 7 月のそれよりかなり低い。

各林分間の地温のちがいはわずかではあるがみられた。

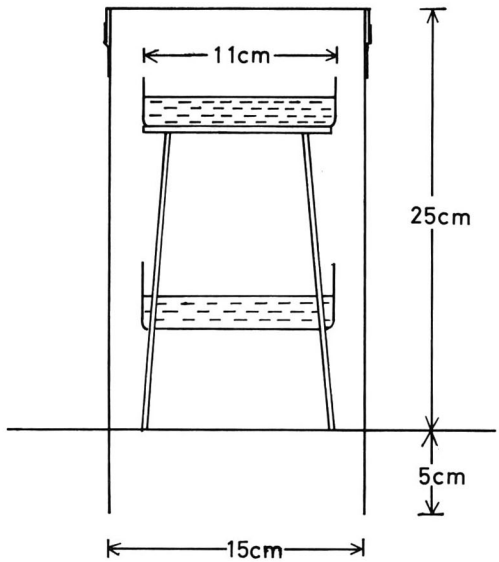


図 1 土壤呼吸速度測定装置の概略図

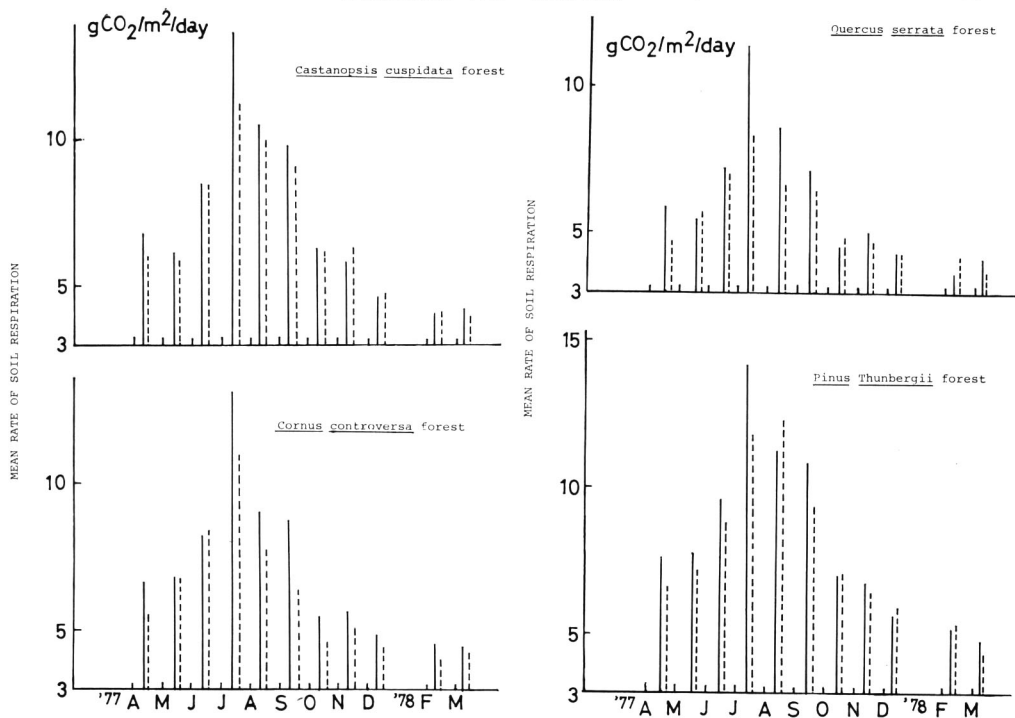


図2 スダジイ、ミズキ、コナラ、クロマツの各林分内における全土壤呼吸速度 (実線) と落葉層を除いた土壤呼吸速度 (破線) の各月の測定値の平均

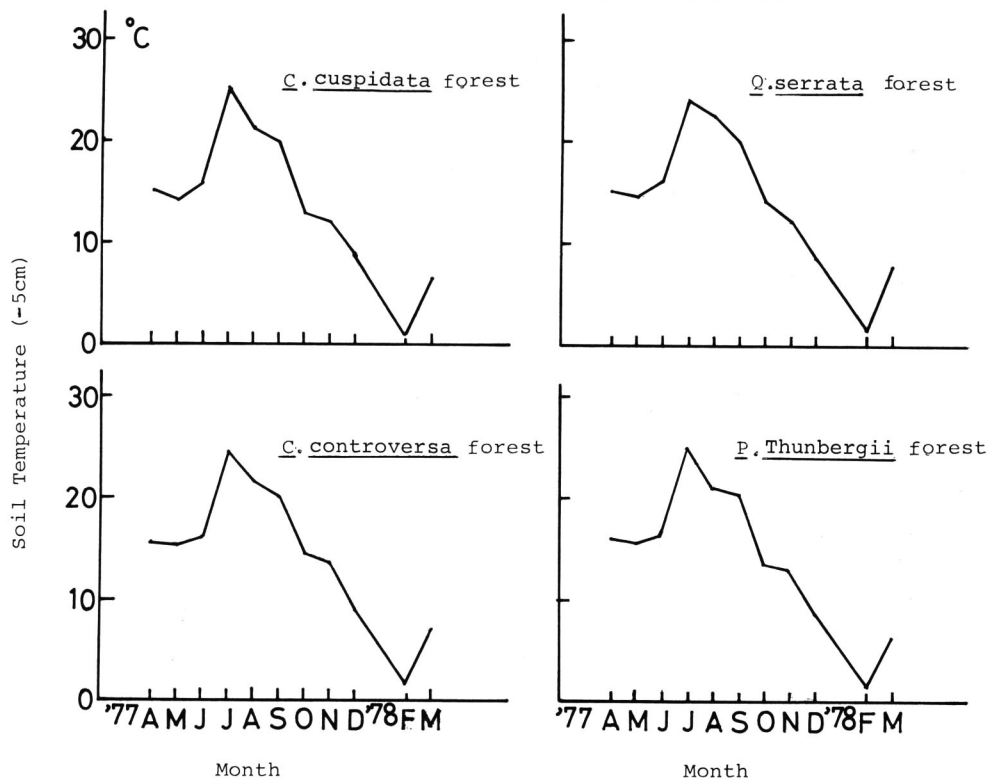


図3 四林分内の地中5cmの地温の月変化

(3) 土壌呼吸速度と地温

それぞれの林分で全土壌呼吸速度およびL層を含めない土壌呼吸速度の対数と地温の間には図4, 図5にみられるようにほぼ直線で回帰できる。しかし高温域, 低温域では土壌呼吸速度は回帰直線をやや上まわる傾向がみられる。またどの林分でも全土壌呼吸速度にくらべ, L層を除いた土壌呼吸速度の地温との回帰直

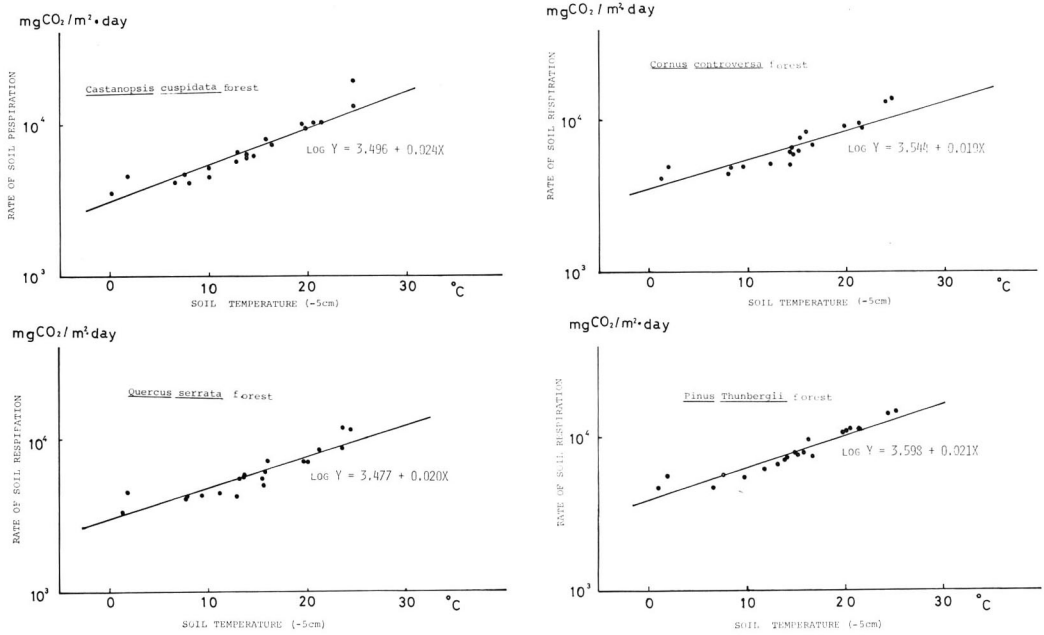


図4 各林分内の地温(-5cm)と全土壌呼吸速度の関係

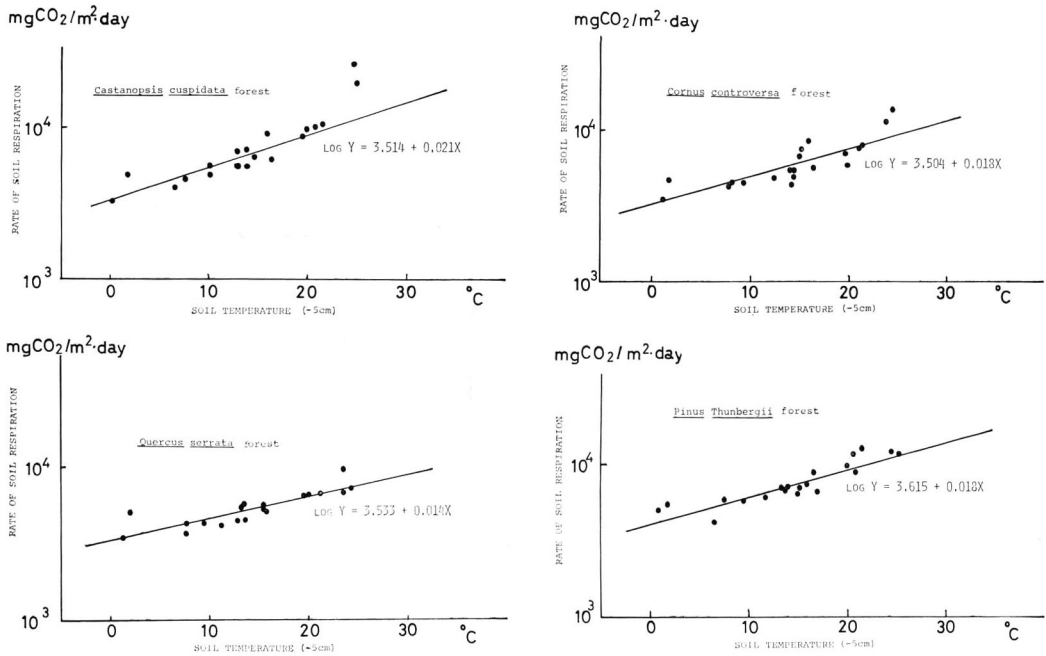


図5 各林分内の地温(-5cm)と落葉層を除いた土壌呼吸速度の関係

線の勾配はやや小さく、相関も高温域でやや悪い。

(4) 土壌呼吸量の推定

各林分の毎月の土壌呼吸量の推定は次のような方法で行なった。

自然教育園内で測定している気温の資料を園の好意で使わせて頂いた。この資料から1977年4月から1978年3月の毎日の気温の最高、最低と各月の測定時の気温の最高と最低を読みとり、毎日および測定期間中の最高と最低気温の平均を出し、この期間の各月の平均気温を求め、また測定期間中の気温と地温の相関を出した。地中5cmおよび20cmの地温と気温の相関は前者のほうがはるかに良いので、各林分毎に回帰直線を土壌呼吸量の推定の計算に用いた。次に各月の平均気温から図6に示した回帰直線によって-5cmの地温を求め、さらにこの地温にたいする土壌呼吸速度を図4、5を用いて求め、計算して各月の土壌呼吸量を推定した。

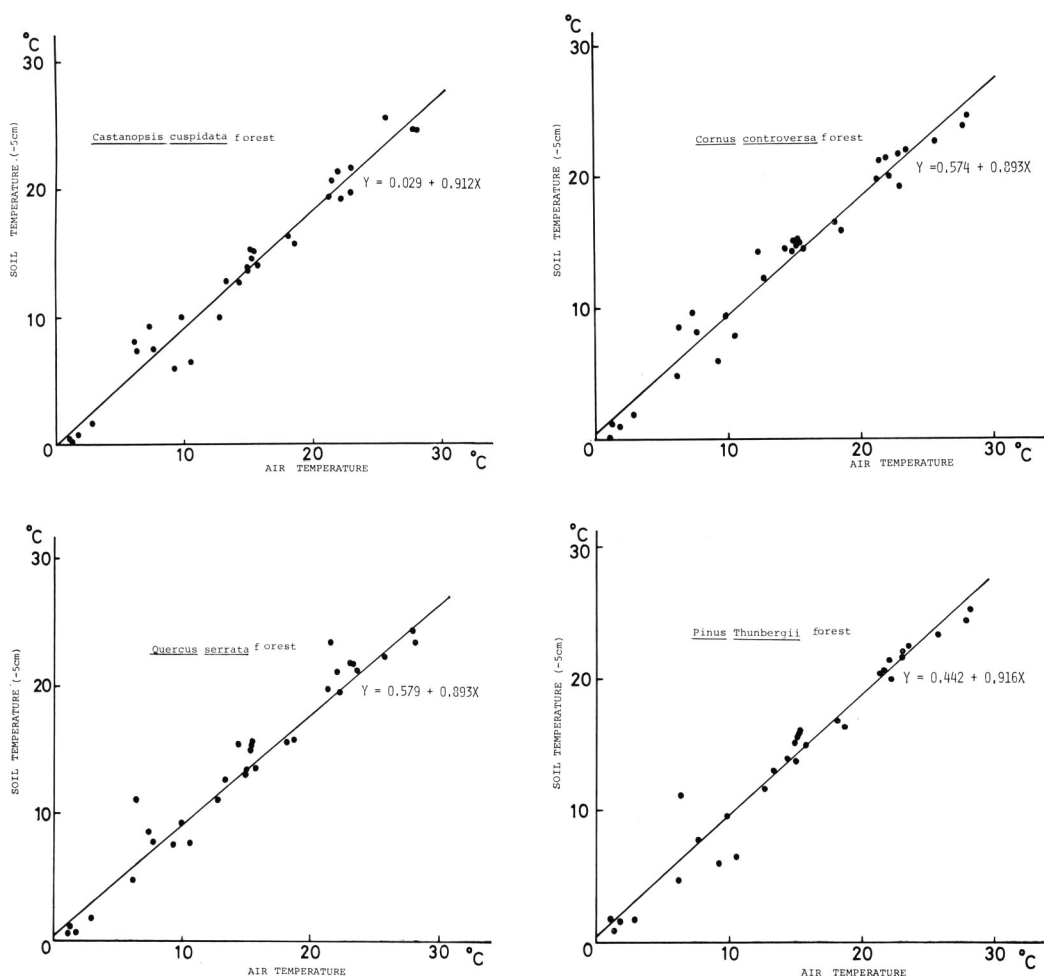


図6 各林分内の地温（-5cm）と園内の気温との関係

各林分の土壌呼吸量は、気温の高い5月から10月までは、林分の間でちがいが大きく、クロマツ林で最も高く、次いでスダジイ林、ミズキ林となり、コナラ林は最も低い。月間の土壌呼吸量の最大はクロマツ林の7月の値で、約 $378 \text{ g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$ となる（図7）。これらを積算した年間の各林の全土壌呼吸量と落

葉層を除いた土壤呼吸量は表1に示した。落葉層の呼吸量の占める割合は全土壤呼吸量の6~13%程度であった。

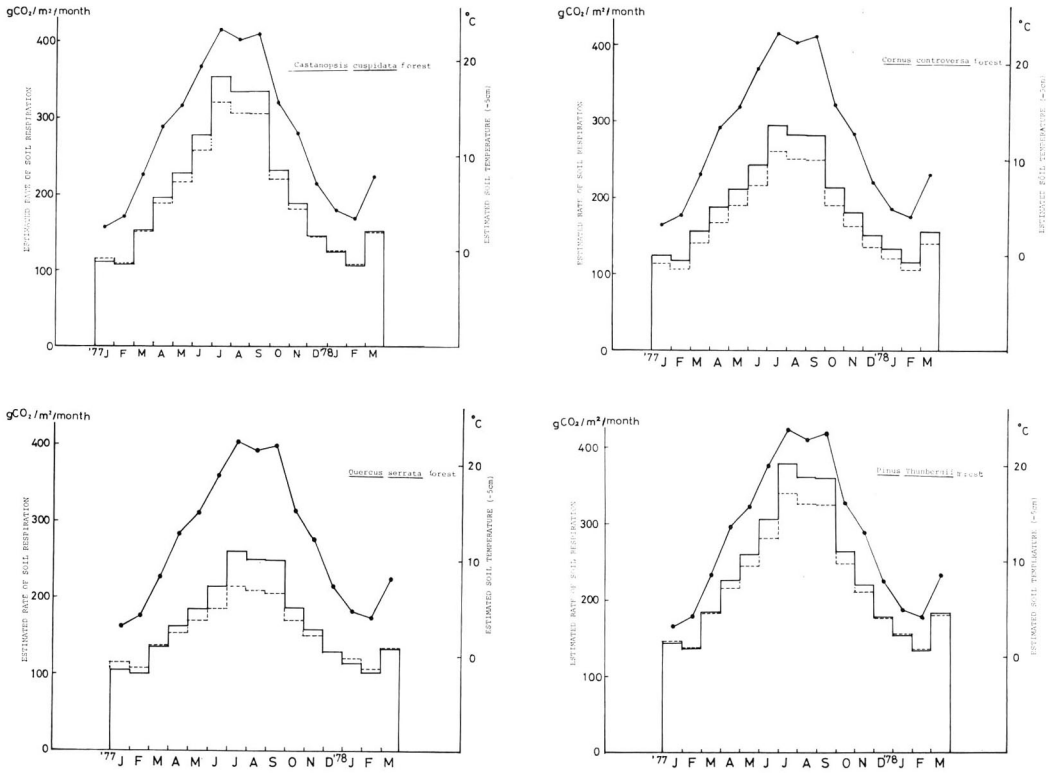


図7 各林分内の月土壤呼吸量と月平均地温（-5cm）の季節変化 実線は全土壤呼吸量，点線は落葉層を除去した土壤呼吸量，—●—は地温を示す

Station	Amount of CO ₂ per m ² .year	Litter
<u>Castanopsis cuspidata</u> f.	2.66 Kg	With
	2.52 Kg	Without
<u>Cornus controversa</u> f.	2.44 Kg	With
	2.19 Kg	Without
<u>Quercus serrata</u> f.	2.16 Kg	With
	1.95 Kg	Without
<u>Pinus Thunbergii</u> f.	3.02 Kg	With
	2.83 Kg	Without

表1 自然教育園内の四林分年間の全土壤呼吸量（上段）と落葉層を除いた土壤呼吸量（下段）

3. 考 察

自然教育園内の四林分の年間の全土壌呼吸量はコナラ林、ミズキ林、スダジイ林、クロマツ林の順に高く、コナラ林はクロマツ林の全土壌呼吸量の70%であった。林分間の-5 cmの地温はあまり変わらず、スダジイ、ミズキ林でやや高く、土壌呼吸量との相関は認められない。一方調査地点の土壌は坂上ら(1978)によって調査が行なわれ、報告されている。これによると、Ao層はミズキ、スダジイ、コナラ、クロマツ林の順に厚く、A層はクロマツ林で最も厚く、スダジイ、ミズキ林はほぼ同じでこれに次ぎ、コナラ林が一番薄い。またクロマツ林ではA層とB層が第2、第3層で逆転がみられ、第3層に厚い有機質に富む埋没表層土があることが明らかにされている。

ミズキ林の落葉層の呼吸量は高く、またAo層が少ないのはミズキの落葉の分解が早いためであると考えられる。また各林分の全土壌呼吸量はA層の厚さと正の相関が認められる。このことは呼吸の基質である土壌有機物量が全土壌呼吸量の大小に深くかかわっていることを示している。

四林分で推定された全土壌呼吸量 $2.16 \sim 3.02 \text{ kg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ は春日山と水俣で桐田(1971 d)によって推定されたそれぞれ $4.66 \sim 5.70$, $3.36 \sim 4.59 \text{ kg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ の値に比べ、かなり低い。このちがいは自然教育園の気温がやや低いことのほか、L層の呼吸量が影響していると考えられる。自然教育園の林床は他の森林に比べ全体に年間を通じて落葉層が厚く、前年秋の落葉が、そのまた翌年の夏まで殆んど同じ形態で残っている。教育園内の植物の葉は汚れた都市の大気の為、真黒に汚れ、落葉した葉の表面に付着した汚染物質が分解を遅らせていることも考えられる。

一方この調査ではL層を除いた土壌呼吸速度は初めから落葉を除いて測った。このため過大な測定値が得られたことも考えられる。

現在測定時のみ落葉を取り除く方法との検討、リターバック法による同じ樹種の自然教育園内の落葉と、他の葉の汚れの少ない落葉の分解速度のちがいを調べているので、これらの問題は結果が得られ次第、稿をあらためて検討したいと考えている。

最近植物の枯死体、すなわち土壌有機物のダイナミックスの解析に有効なすぐれたフローモデルが中根によって報告され(中根 1975・1978, Nakane 1978), 土壌有機物のダイナミックスにかかわる各要素の役割、季節変動の解明に重要な手がかりを与えた。

引 用 文 献

- 1) 桐田博光・穂積和夫(1966) 野外における土壌呼吸の測定—密閉呼吸法の検討。1. KOH量が測定値にあたる影響。生理生態14: 23—42.
- 2) 桐田博光(1971 a) 同上Ⅱ 測定容器の大きさが測定値にあたる影響。日生態会誌 21: 37—42.
- 3) 同上(1971 b) 同上Ⅲ カバーの底面積とCO₂吸収面積が測定値にあたる影響。日生態会誌 21: 43—47.
- 4) 同上(1971 c) 同上Ⅳ スポンジを利用した密閉吸収法の開発。日生態会誌 21: 119—127.
- 5) 同上(1971 d) 照葉樹林の土壌呼吸に関する研究。日生態会誌 21: 230—244.
- 6) 中根周歩(1975) 森林斜面における土壌有機物のダイナミックス。日生態会誌 25: 206—216.
- 7) Nakane, K. (1978) A mathematical model of the behavior and vertical distribution of organic carbon in-forest soils. Ⅱ. A revised model taking the supply of root litter into consideration.

- Jap. J. Ecol. 28 : 169—177.
- 8) 中根周歩 (1978) 大台ヶ原ブナ—ウラジロモミ林における土壌有機物のダイナミクスとその季節変動. 日生態会誌 28 : 335—346.
- 9) 奥田重俊, 宮脇昭 (1966) 自然教育園の植生と現存植生図. 自然教育園の生物群集に関する報告書, 第1集 : 1—14.
- 10) 坂上寛一, 山崎美津子, 平山良治, 浜田竜之介 (1978) 自然教育園の代表的植生の土壌と水分環境. 自然教育園報告, 第8号 : 20—38.
- 11) 手塚映男 (1970) 自然教育園のミズキ群落の組成と構造. 自然教育園報告, 第2号 : 1—7.
- 12) Walter, H. (1952) Eine einfache Methode zur ökologischen Erfassung des CO₂-Faktors am Standort. Ber. deutsch. Bot. Ges. 65 : 175—182.
- 14) 野外自然博物館後援会 (1966) 自然教育園の生物群集に関する報告書 第1集 : 154pp.
- 15) 同上 (1968) 第2集 : 22pp.

Summary

Daily rates of soil respiration were measured periodically through the year from April in 1977 to March in 1978 in four representative forests in the National Park for Nature Study. These forests were dominated by *Castanopsis cuspidata*, *Quercus serrata*, *Cornus contouversa* and *Pinus Thunbergii*, respectively.

CO₂ evolution from forest floor was determined by modified Walter-Haber's absorption method with NaOH solution as a absorbent (Fig. 1) and soil temperature in 5 and 20 cm below the surface of each horizon was measured by maximum and minimum soil thermometer.

Fairly good correlation between the rate of CO₂ evolution and soil temperature of 5 cm soil depth investigated with log-normal relation in each forest. Maximum and minimum rates of soil respiration were 14.8 of *Pinus* forest in July, 1977 and 3.6 mg CO₂ m⁻² day⁻¹ of *Quercus* forest in February, 1978.

Monthly amount of soil respiration in each forest was calculated from soil respiration and soil temperature relation, air and soil temperature relation and daily mean air temperature. Total amount of annual soil respiration in each forest was 3.02 of *Pinus* forest, 2.66 of *Castanopsis* forest, 2.44 of *Cornus* forest and 2.16 kg CO₂ m⁻² yr⁻¹ of *Quercus* forest, respectively. Soil respiration of litter-layer contributed only 6.1 % of *Pinus* forest, 5.3 % of *Castanopsis* forest, 10.6 % of *Cornus* forest and 9.4 % for total soil respiration of *Quercus* forest.

These different values of annual soil respiration in four forest type were due to the characteristics of litter and depth of A horizon. These annual values were also discussed in contrast to those of other evergreen broad leaved forests in Japan.