

名古屋市東部における大気中の二酸化炭素の濃度と同位体比の変化

青木 浩¹・吉田尚弘²・中村俊夫³

¹名古屋大学理学研究科地球惑星理学専攻

²名古屋大学大気水圏科学研究所

³名古屋大学年代測定資料研究センター

はじめに

大気中の二酸化炭素は年々増加する傾向にあり、近年、地球温暖化問題がクローズアップされているなかで、温室効果ガスの代表である二酸化炭素の動態を知ることは、地球環境の変化を考える上で不可欠なものである。この大気中の二酸化炭素は経年的に増加する傾向を持つ一方、季節変動をしていることがよく知られており、これが生態系の生産と分解、化石燃料の消費によって説明されている。この季節変動の大きさは、経年変化のものよりずっと大きなものであるが、この季節変動に着目した研究は、あまり進められてきていない。一方、陸域の生態系である森林が二酸化炭素の循環・固定に重要な役割を担っていると考えられており、大気と生態系との間での二酸化炭素動態を明らかにすることは重要な課題の一つである。

都市では、人為的に供給される二酸化炭素が非常に多いことは簡単に予想できるが、森林の寄与がどの程度存在しているのかを明らかにするために、1年を通じて大気のサンプリングを行い、その濃度と同位体比の変化を測定した。

試料・実験方法

名古屋大学内の2次林の樹冠上部の大気をポリフィルム製のテドラーバックにサンプリングした (Fig. 1)。本報告では1997年4月から1998年2月までの期間にサンプリングした試料について報告する。サンプリングは午前9時から午前10時の間に1週間間隔で行った。サンプリングした大気は、直ちに真空ライン (Fig. 2) を用いて二酸化炭素に精製した。精製は、流量

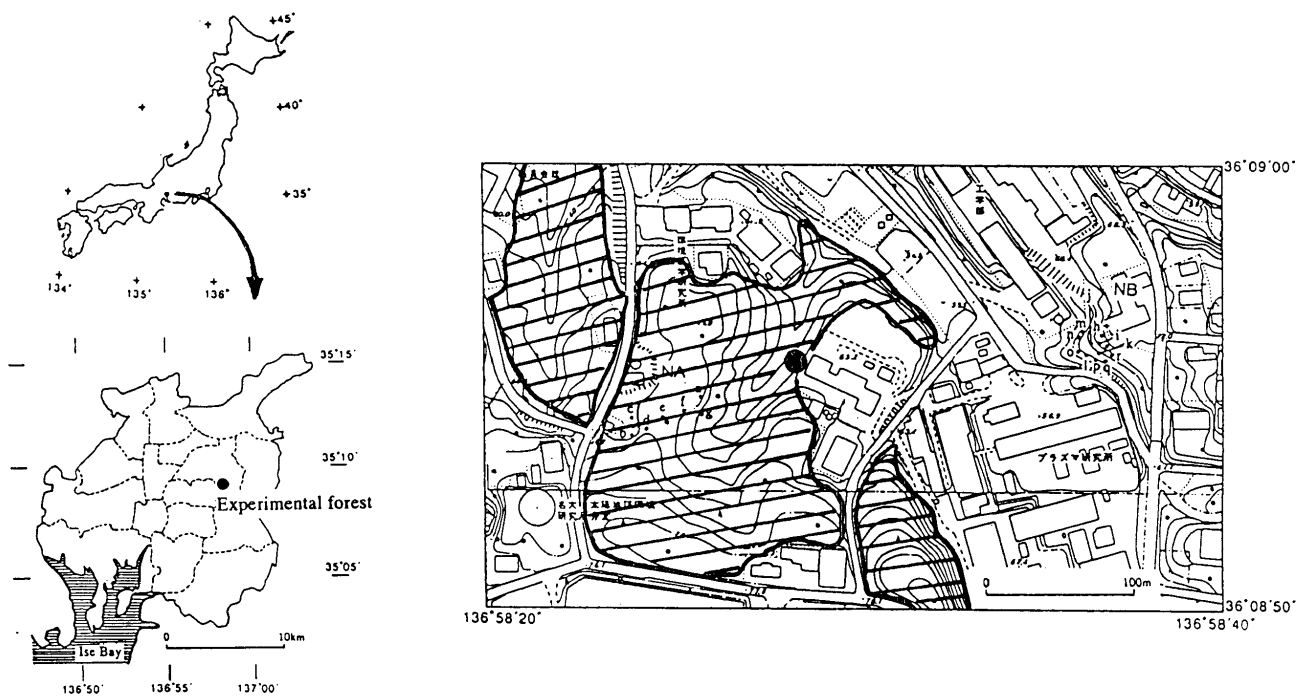


Fig. 1 Location of the air sampling point (●) of a mixed secondary forest (striped zone) in the Higashiyama campus of Nagoya University.

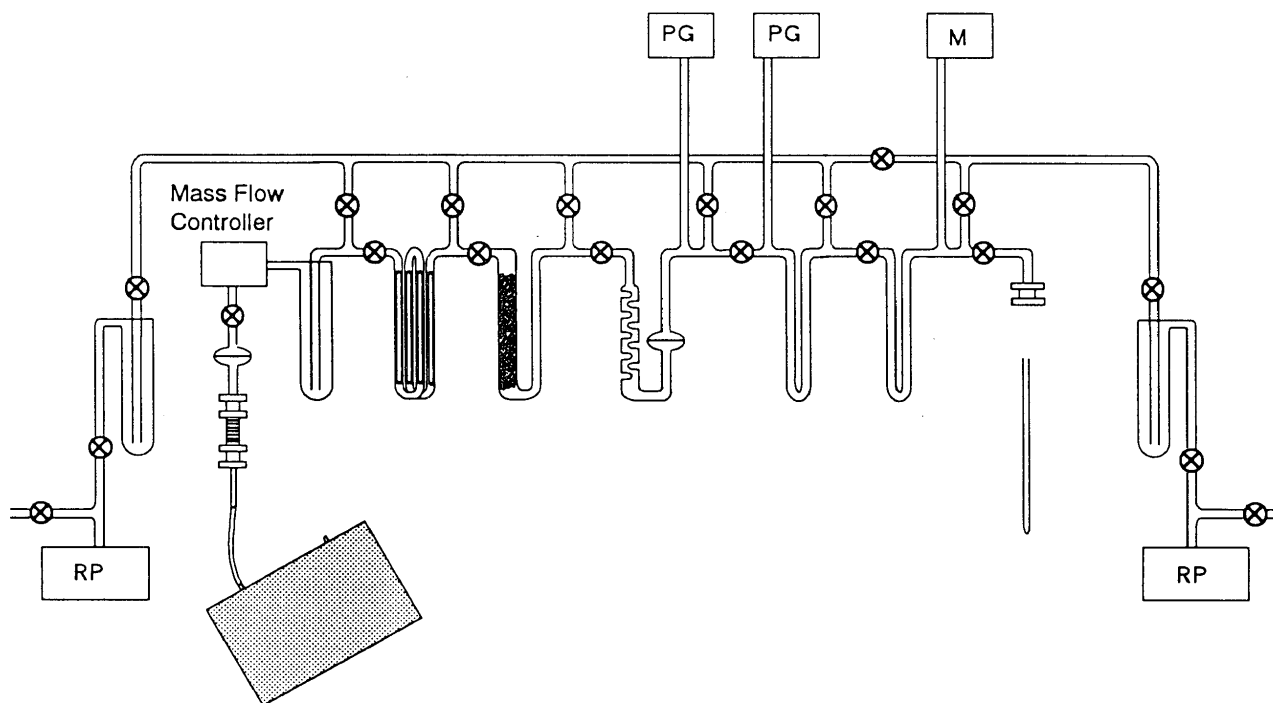


Fig. 2 The vacuum line for collection and purification of atmospheric CO₂.

100ml/minでライン内に導入し、液体窒素で冷却したエタノールを用いて脱水して行った。得られた二酸化炭素量と真空ラインに導入した大気量から二酸化炭素濃度を求め、ガス型質量分析計により炭素の安定同位体組成 ($\delta^{13}\text{C}$) を測定した。

結果・考察

大気中の二酸化炭素の濃度と炭素の安定同位体組成 ($\delta^{13}\text{C}$) の変化をFig.3へ示す。一般に、大気中の二酸化炭素の濃度と $\delta^{13}\text{C}$ の間には逆相関の関係がある。本研究の測定結果もその傾向を示している。

大気中の二酸化炭素が植生の光合成と分解によりその濃度や $\delta^{13}\text{C}$ を変動させるのならば、春季から夏にかけて濃度は減少し $\delta^{13}\text{C}$ は増加する傾向が見られ、冬季へ向けてはその逆の傾向が見られるはずである。しかし、本研究の測定結果からはその傾向はおおまかにしか見ることが出来ず、かろうじて春季から冬季へ向けた濃度増加と $\delta^{13}\text{C}$ の減少が見られる程度である。都市域の大気中の二酸化炭素は時間や地域により大きな変化をするため、試料を採集した時刻の風向や風速などにより、測定される結果が変化すると考えられる。本研究の測定結果はこのような理由で季節変動にさらに大きな時間変動が加わったものと判断される。

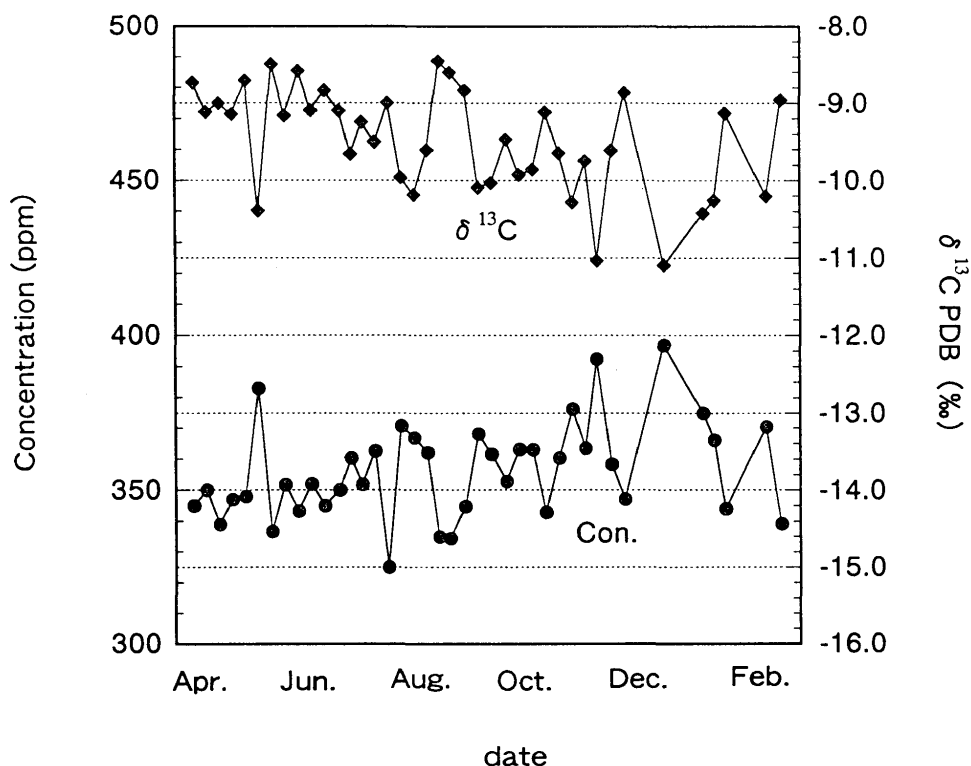


Fig. 3 Concentration and $\delta^{13}\text{C}$ values of the atmospheric CO_2 in 1997 and 1998.

本研究で測定された二酸化炭素の濃度と $\delta^{13}\text{C}$ の関係をプロットしたものが Fig. 4 になる。この両者は 1 つの直線にのる逆相関の傾向を示しているが、1997 年 7 月 23 日の測定結果のみ他の測定結果と異なる関係を示している。この点を除いてプロットをすると (Fig. 4b), 両者の相関係数は 0.96 にまで上昇する。

このような大気中の二酸化炭素のモニタリングから、大気に付加された二酸化炭素の $\delta^{13}\text{C}$ を大気中の二酸化炭素の動態モデルを用いて見積もる。本研究では、上述のように二酸化炭素の濃度や $\delta^{13}\text{C}$ の季節的な変動の厳密な把握が行えなかったため、数値的に整合性の取れる新たなモデルの構築を行わずに、Keeling (1958, 1961) や Inoue and Sugimura (1985) によって提唱されている式 (1) を用いることとした。

$$\delta^{13}\text{C} = I(^{13}\text{C}) + M / (\text{CO}_2) \quad (1)$$

このとき、 M は定数で $I(^{13}\text{C})$ は大気に付加された二酸化炭素の $\delta^{13}\text{C}$, (CO_2) は大気中の二酸化炭素の濃度である。これを本研究の 4~6 月, 7~9 月, 10~2 月の 3 つの期間ごとにあてはめて、大気に付加された二酸化炭素の $\delta^{13}\text{C}$ を計算すると順に式 (2), (3), (4) となる。

$$\delta^{13}\text{C} = -23.49 + 5045 / (\text{CO}_2) \quad (2)$$

$$\delta^{13}\text{C} = -24.69 + 5402 / (\text{CO}_2) \quad (3)$$

$$\delta^{13}\text{C} = -25.03 + 5498 / (\text{CO}_2) \quad (4)$$

よって、大気に付加された二酸化炭素の $\delta^{13}\text{C}$ は、4~6 月で -23.5%, 7~9 月で -24.7%, 10~2 月で -25.0% 程度であったことが推定される。都市域の大気に付加される二酸化炭素は圧倒的に人為起源のものが多く、これらの二酸化炭素の $\delta^{13}\text{C}$ が季節ごとに異なるとは考えにくい。従って、本研究で得た季節ごとの $\delta^{13}\text{C}$ の変化は、サンプリング地点にある二次林の影響であると考えるのが妥当である。

4~6 月は、二次林を構成する樹木が一斉に芽吹くために、樹木の光合成が活発に行われていたと考えられる。光合成に際しては ^{12}C が選択的に取り込まれるために、大気に付加された二酸化炭素の $\delta^{13}\text{C}$ は他の期間と比較して大きな値を取っている。4~6 月期の付加した二酸化炭素の大きな $\delta^{13}\text{C}$ が樹木の光合成によるものならば、7~9 月期の方が 10~2 月期より大きな $\delta^{13}\text{C}$ を示すと考えられるが、7~9 月, 10~2 月の 2 つの期間にはあまり差が見られない。これには以下の 2 つの原因が考えられる。(1) 春期の光合成量は他の時期と比較して、非常に大きなものであるために大気中の二酸化炭素の $\delta^{13}\text{C}$ に影響を与えることとなったが、夏期では大気の循環 (攪拌) によって打ち消されてしまう程の光合成活性であった。(2) 土壌に豊富に存在する有機物は大気中の二酸化炭素より小さな $\delta^{13}\text{C}$ を示す。このような有機物の分解量が、気温と湿度ともに上昇する夏期において増大するために、夏期の光合成と相殺しあった。

本研究での観測により、春季の大気中の二酸化炭素の $\delta^{13}\text{C}$ に、森林が強く影響を与えていることが推測された。これらの考察を裏付けるためには、樹木の成長、葉量、光合成活性などを正確に知ることが求められる。さらに、樹木の葉や幹の同位体比や光合成速度、土壌呼吸などを把握し、生態系としての森林と大気との関連を理解していく必要がある。

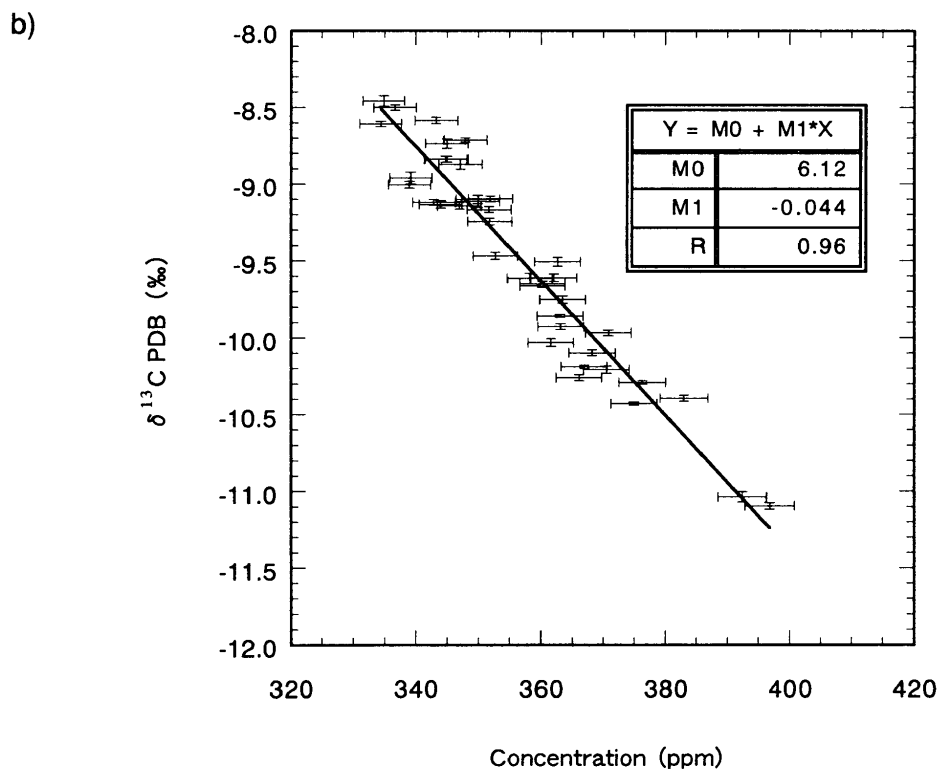
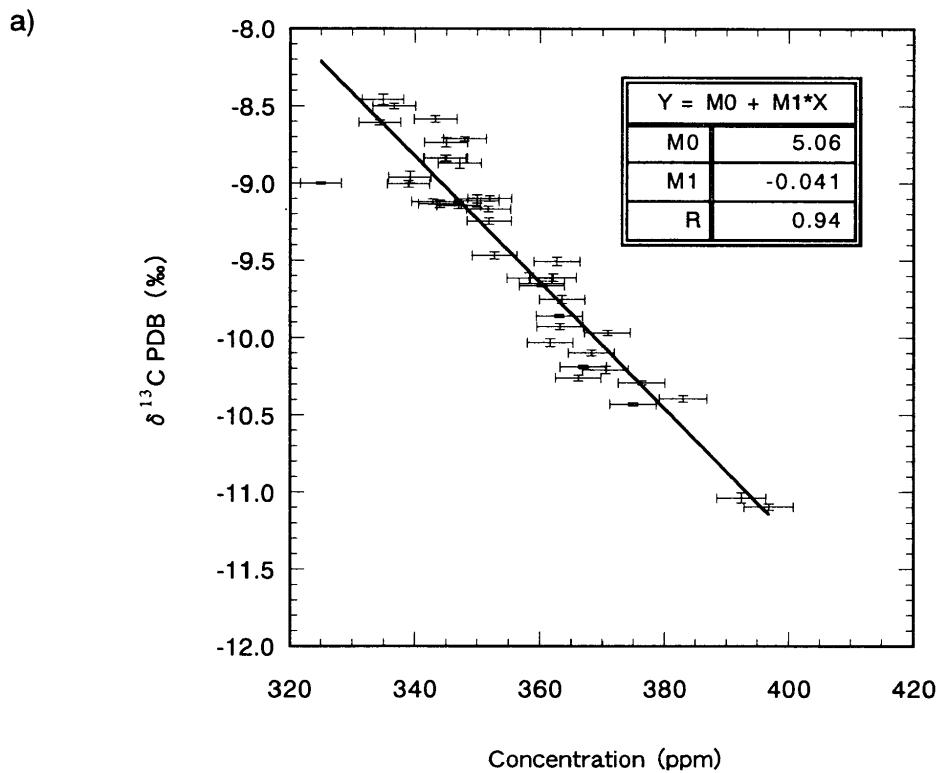


Fig. 4 Relationship between concentration and $\delta^{13}\text{C}$ value of the atmospheric CO_2 .

謝 辞

本稿は、平成9年度の笹川科学研究助成により得た研究成果の一部をまとめたものである。

引用文献

- Inoue, H. and Sugimura, Y. (1985) The carbon isotopic ratio of atmospheric carbon dioxide at Tsukuba, Japan. *Jour. Atmos. Chem.*, 2, 331-344.
- Keeling, C. D. (1958) The concentration and isotopic abundance of atmospheric carbon dioxide in rural areas. *Geochim. Cosmochem. Acta*, 13, 322-334.
- Keeling, C. D. (1961) The concentration and isotopic abundance of atmospheric carbon dioxide in rural and marine air. *Geochim. Cosmochem. Acta*, 13, 277-298.

Concentration and carbon isotopic ratio of the atmospheric carbon dioxide in Nagoya City

Hiroshi Aoki¹, Naohiro Yoshida² and Toshio Nakamura³

¹Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Nagoya University

²Institute for Hydrospheric-Atmospheric Sciences, Nagoya University

³Dating and Materials Research Center, Nagoya University

abstract

In order to understanding about the effect of forest to the movement of carbon in the ecosystem, we measured concentration and carbon isotopic ratio of carbon dioxide of urban air. The air sample was taken into Tedler bag made of polyester film from the canopy of a mixed secondary forest in Nagoya City, central Japan. The experimental term is April, 1997 to February, 1988.

The concentration and carbon isotopic ratio of atmospheric carbon dioxide show a negative correlation and range from 325 ppm to 397 ppm and from -11.1 ‰ to -8.5 ‰, respectively. The seasonal carbon isotopic ratios of carbon dioxide added as an end member of mixing to initial air are estimated to -23.5 ‰ in spring (Apr. to Jun.), -24.7 ‰ in summer (Jul. to Sep.) and -25.0 ‰ in winter (Oct. to Feb.). The heavier isotopic ratios in spring may be influenced with photosynthesis of forest trees with rapid shoot extantion. In summser the isotopic ratio added into the air did not show a heavy value though photosynthesis was active because the decomposition of organic materials in soil increased.

学会等発表

青木 浩・吉田尚弘・中村俊夫 「名古屋市東部の大気二酸化炭素の濃度と $\delta^{13}\text{C}$ の変化」
質量分析学会同位体比部会. 1997年11月. 秋田