



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	落葉広葉樹林におけるCO ₂ ガス交換量と生態系呼吸量について
Author(s)	田中, 夕美子; Tanaka, Yumiko
Citation	北方森林保全技術, 第19号, 13-18
Issue Date	2001-11-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/73306
Type	departmental bulletin paper
File Information	2000_1-4.pdf



I-4 落葉広葉樹林における CO₂ ガス交換量と生態系呼吸量について

苫小牧地方演習林 田 中 夕美子

1. はじめに

2000年には大気中の二酸化炭素濃度は378ppmに達すると予測されていた（IPCC報告書1995）、現在、温室効果ガスによる地球温暖化は確実に進行している。北半球の森林は毎年 0.5(GtC yr⁻¹)を吸収するといわれているが、実際に森林がどの程度温室効果ガスを吸収するか、どのようなプロセスで吸収として積算されるか不明な点が多い。国内では乱流変動法を用いた長期間のCO₂フラックスモニタリングとして、安田ら（1998）の研究などがあるが、国内に適当な水平一様の条件を満たす森林が少ないことから、観測が長期間にわたって精度良く行われる例はまだ多くない。

北大演習林は1997年より、IGBP(地球圏・生物圏国際共同研究計画)といわれる組織研究を引き受けて、CO₂フラックスのモニタリングを行なっている。IGBP (International Geosphere Biosphere Program)研究プロジェクトは下記のような国際的な組織が組まれて実行されている。

IGBP 研究プロジェクト

GAIM(Global Analysis, Interpretation and Modelling)

BAHC(Biosphere Aspect of the Hydrological Cycle)

LUCC(Land-Use/Cover Change)

TEMA(Terrestrial Ecosystems in Monsoon Asia)

苫小牧演習林において行なわれている組織研究はTEMAと言うコアプロジェクトに属している。

TEMA コアプロジェクトには4つの研究課題が設定されている。苫小牧演習林においては、森林樹木・林冠におけるガス交換および森林における炭素バランスという課題を実行している。実際に観測を始めたのは1998年であるが、この報告では、1999年から現在までの観測結果について、すでに公表された研究成果からトピックスをいくつか述べる。

研究は北大苫小牧演習林を観測地として、冷温帯落葉広葉樹林において熱、水蒸気および CO₂フラックスの観測を行い、この地域の森林が年間にどの程度の二酸化炭素吸収を行っているかを明らかにしようとしたものである。また、生態系の総生産量推定に関係する土壌呼吸量を見積もって、CO₂ガス交換量に対してどの程度の割合となるかを明らかにしようとした。

2. 観測方法および観測期間

観測期間は1998年4月に開始して現在も継続中である。LAI は LAI-2000 (LI-COR 社製)を用いて、曇りの日を選んで10時～15時の間で観測を行った。PPFD は光量子計 (LI-COR 社製、LI-190SB および英弘精機社製、ML-020P)を用いて観測した。地温は深度0cm～100cm までの6深度で白金抵抗温度計を用いて観測した。PPFD と地温は1時間間隔でそれぞれ積算値と平均値をデータロガーに記録した。土壌水分は Theta-Probe (池田計器社製、ML-2)を用いて、5cm 深度と25cm 深度で観測した。日射、反射および正味放射量をそれぞれ日射計 (Prede 社製、PCM-03)、反射計 (Prede 社製、PCM-03) おおび放射収支計 (Prede 社製、Q*7)を用いて観測した。これらは10分毎の平均値または積算値をデータロガーに収録した。

熱、水蒸気および CO₂フラックスの観測は乱流変動法を用いて行った。水蒸気フラックスをオープンパス方式の水蒸気変動計 (kaijo 社製、AH-300)と超音波風速温度計 (kaijo 社製、DAI-600)によって、また、CO₂フラックスをクローズドパス方式の赤外線分析計 (LI-COR 社製、LI-COR6262)と超音波風速温度計によって観測した。また、チャンバー法による、土壌から大気への CO₂フラックス観測結果と地温との関係式(波多野隆介,1999)を用いて、地温の実測データによって土壌呼吸量を推定した。

赤外線ガス分析計にタイマーおよびフローコントローラーを接続して、毎日24時に3分間づつ

標準ガスを送っている。したがって、標準ガス濃度を用いて分析計出力値の較正を毎日行うことができる。このようにして、CO₂ フラックスと共に大気中の二酸化炭素濃度の観測も同時に行っている。

観測地域の位置、標高、植生および測定方法は下記のとおりである。

位置	42°40' N, 141°36' E
標高	20 m ~ 90 m
植生	落葉広葉樹 30 種以上、針葉樹 20 種以下で合計54種
樹高	平均 13 m
吹走距離	東、西および南方向へ 5 km、北へ 10 km 以上
タワー高度	21 m

ここでデータ処理に必要と思われる、以下のことを行った。

- 1) ローパスフィルターをかける。
- 2) 気温のトレンドを直線回帰にあてはめて除去する。
- 3) 気温変動に対する横風の影響を除く。
- 4) 水蒸気変動に対して、空気密度変動の補正を行う。

水平地形傾斜 (0.5度) に対する座標変換は行っていない。上記の 2)、3) および 4) の補正を行なっても、いずれも補正前とほとんど値は変わらなかった。水蒸気変動計に対する dynamic calibration は行っていない。また、風の傾きに対する風速 3 成分の回転補正は行っていないが、w 成分の変動値は平均値から差し引いて計算した。一般にクローズドパス方式では、乱流変動成分の減衰が問題になり、CO₂ フラックスの過小評価が指摘されて、高周波側のスカラー量を顕熱のコスペクトルで推定するバンドパスコバリアンス法によって評価する場合もあるが、ここでは減衰を考慮していない。

得られた CO₂ フラックスは樹冠への吸収を負で、樹冠からの放出を正で表した。

3. 結果と考察

PPFD は、毎年 6 月下旬から 7 月上旬の間に年最高値が観測される (図-1)。1999 年は 8 月の月最高気温が最近の 10 年間で最高であって、8 月の PPFD の値が他の年より大きい。2000 年の PPFD の年最高値は 7 月上旬に観測されている。

LAI-2000 を用いて測定した LAI は 5 から 6 であって、展葉時期は 6 月上旬である。1997 年は展葉が他の 3 年より約 2 週間遅れた (図-2)。原因は 5 月上旬から中旬にかけての日射量不足である (図省略)。毎年 10 月下旬に落葉する。展葉時期の 6 から 5 の値は層別刈り取りによる実測値と一致する。

図-3 および 4 に土壤呼吸量を地温と土壤呼吸量の関係式 (波多野, 1999) から推定して示した。土壤呼吸量は 1997 年から 2000 年まではほぼ同程度の季節変化を示すが、1999 年と 2000 年は 8 月の値が他の年より大きかった。土壤呼吸量の年合計値は、1999 年に 511、2000 年には 496 (gC m² yr⁻¹) であった。総光合成生産量は 1999 年に 779、2000 年に 715 (gC m² yr⁻¹) と見積もられる。土壤呼吸量は根の呼吸と微生物呼吸の和として見積もられている。この二つをそれぞれ 30% と 70% に分けられると仮定すると、2000 年の NPP の値は 4900 (kgC ha⁻¹ yr⁻¹) と見積もられた。

CO₂ フラックスは 11 月 ~ 4 月の間は放出を示すので、この数値と土壤呼吸量をそれぞれの年で比較すると、1999 年 11 月に CO₂ フラックスが 11.7 (gC m² month⁻¹) と土壤呼吸量が 10.0 (gC m² month⁻¹)、2000 年 11 月に CO₂ フラックス 11 (gC m² month⁻¹) と土壤呼吸量が 7.3 (gC m² month⁻¹) であって、CO₂ フラックスは土壤呼吸量より 15% 程度大きい値を示すがほぼ同程度である。このことは、乱流変動法で観測された CO₂ フラックスが、土壤呼吸量として推定された CO₂ フラックスの値とほぼ一致することを示す。一般に乱流変動法による CO₂ フラックスの観測結果は熱収支項目と異なって、検証の方法がないとされているので、上記に示された値の一致はひとつの検証が行なわれたことを示すものである。

乱流変動法による CO₂ フラックスの値の検証については、他に、積み上げ法による NPP の結

果と比較する、植物成長モデルによって光合成生産量を求める方法と比較するなどの別の方法を用いて同じ値になるかどうか検討する必要がある。

図-5 に二酸化炭素濃度の季節変動を示した。大気中の二酸化炭素濃度は、1993～1996年には350～370ppm の値で季節変化していた(近藤ら, 2000)。図-5によると、1999～2001年には、当時より約10ppm 大きい360～380ppm の値で季節変化を示している。まさに IPCC 報告書が予測したとおりの結果となった。7年間で10ppm 上昇することになり。2070年には470ppm となる。炭素固定を行なう生物がこの急激な環境変化に対してどのような応答をするのか、今後、生物生態系の予測に関する研究が重要になる。

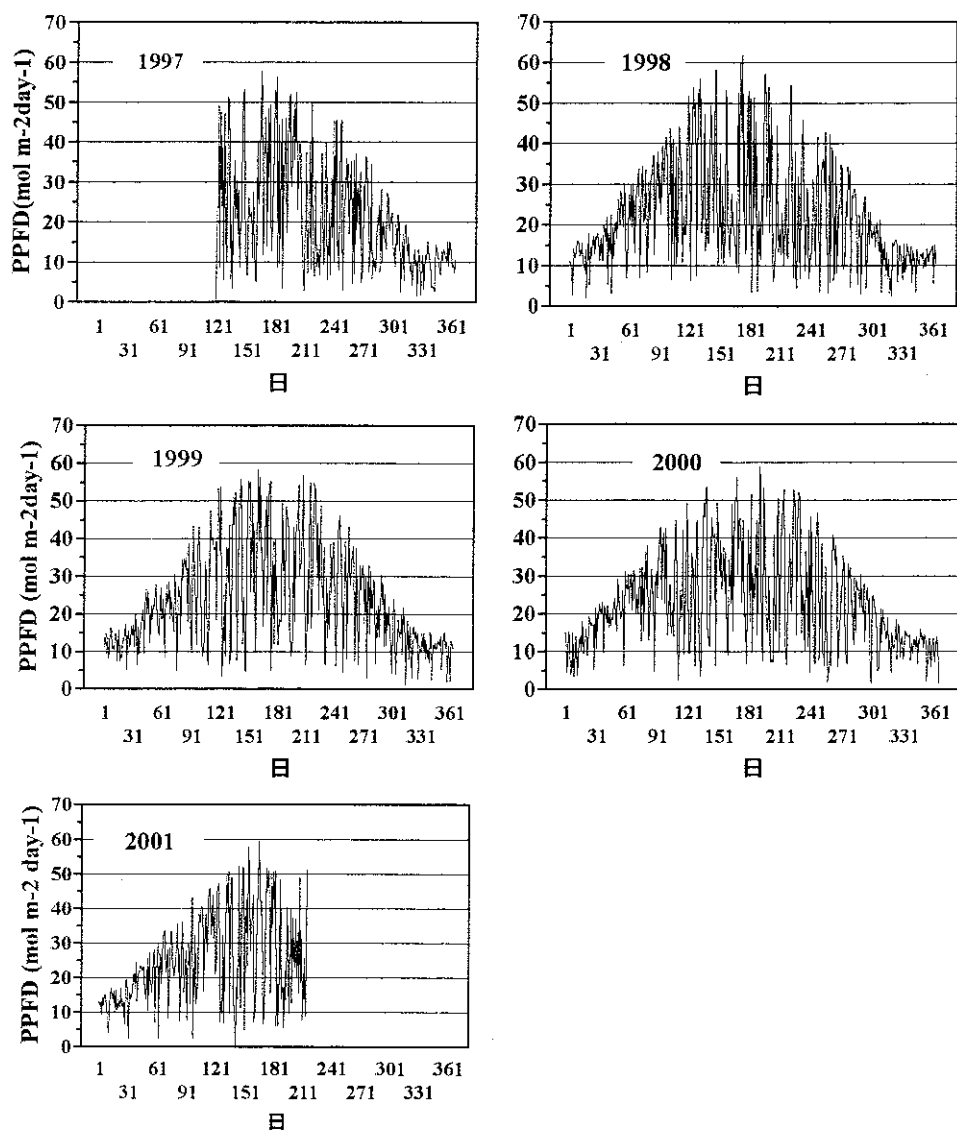
図-6 に CO₂ フラックスの1999年5月～2001年5月までの観測結果を比較して示した。CO₂ フラックスと PPFD の関係は2年間で同様の態様を示した。すなわち、PPFD が40から45 (mol m⁻² month⁻¹) の値に対して、CO₂ フラックスの年最高値が観測され、PPFD の増大に伴って CO₂ フラックスは減少する。また月合計値の季節変化においては、6月下旬に年最高値が観測され、8月以降は減少する。1999年5月から12月までの CO₂ 吸収量合計は268、2000年の1年間の CO₂ 吸収量は219 (gC m⁻² yr⁻¹) であった。この値の差異は経年変動としては大きくないと考えられるが、1999年の吸収量の増大は気温が高かったことが原因と考えられる。2年間で吸収量の月最大値は2000年6月の、106 (gC m⁻² month⁻¹) であった。2000年の6月に CO₂ フラックスが前年同月より大きな値を示した理由は不明であるが、5月からの気温と PPFD の積算が関係していると考えられる。PPFD の5月から7月までの月合計値は毎月、1999年が2000年より数%大きい。また、1999年の月最高気温は過去10年間で最も高かった。降水量、土壌水分の値には特に両年で大きな相違はない(図省略)。10月には両年ともにわずかな吸収を示した。11月には両年とも、年最大の放出量である11.7および11.4 (gC m⁻² month⁻¹) を示した。その後、12月～4月には、わずかな放出を示した。土壌呼吸量は積雪により放出を示さない。5月に CO₂ フラックスは減少しはじめた。この11月と3月に見られた放出量は落葉期の土壌呼吸量が CO₂ フラックスとして観測されていることになる。

IPCC の報告によれば、北半球の森林成長による CO₂ 吸収量の約2.5倍の量が実際に大きく吸収されており、その原因として CO₂ 濃度上昇の効果と、気温上昇の効果および窒素肥料による CO₂ 固定の効果が上げられている。今後は、経年で CO₂ フラックスがどの程度変動するかについてモニタリングすると共に、気温上昇に対する CO₂ 濃度の上昇の効果を何らかの方法で分離した上で、人為起源の CO₂ 濃度の変化が森林に与える影響を予測する必要がある。

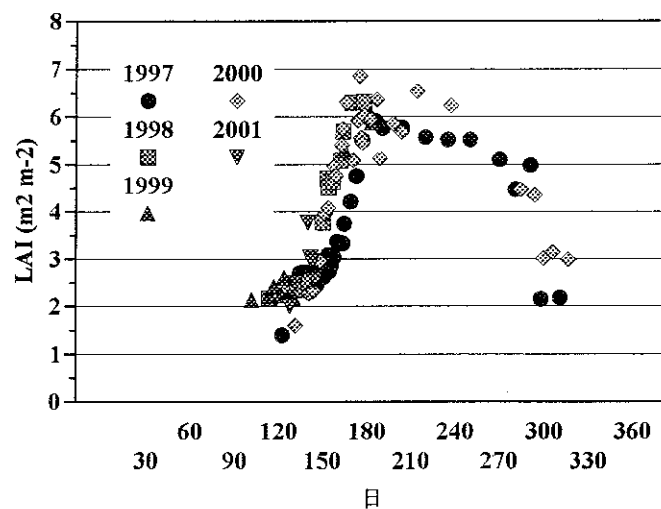
今後の課題として、次のことが挙げられる。今後、得られる観測結果に対して、正しい値が得られているかを検証するために、異なる観測方法、異なる観測地の結果などとの比較を行うこと、また、CO₂ フラックスの年合計値を積算する上で、悪天候、機器の保守点検および故障などでデータが欠落する場合の補充方法を確立することなどである。

参考文献

- 波多野隆介、1999：農林生態系の地球化学的物質循環速度調整能とそのモデル化、平成8年度～平成10年度科学研究費補助金研究成果報告書、247pp
- Houghton, J. I., Filho, L. G. M., Callander, B. A., Harris, N., Kattenberg, A. and Maskell, K., 1996: Climate Change 1995, Cambridge Univ. Press, 572pp
- 近藤洋輝・鬼頭昭雄・北畠尚子、2000：「21世紀の気候変化—予測とそのままの—」の報告、天気、47(10)、3-37
- 安田幸生・渡辺 力・大谷義一・岡野通明・中山敬一、1998：落葉広葉樹林上における CO₂ フラックスの季節変化、水文・水資源学会誌、11(6)、575-585



図一 光合成有効放射量の季節変化、1997年～2001年



図二 1997年～2001年のLAIの季節変化

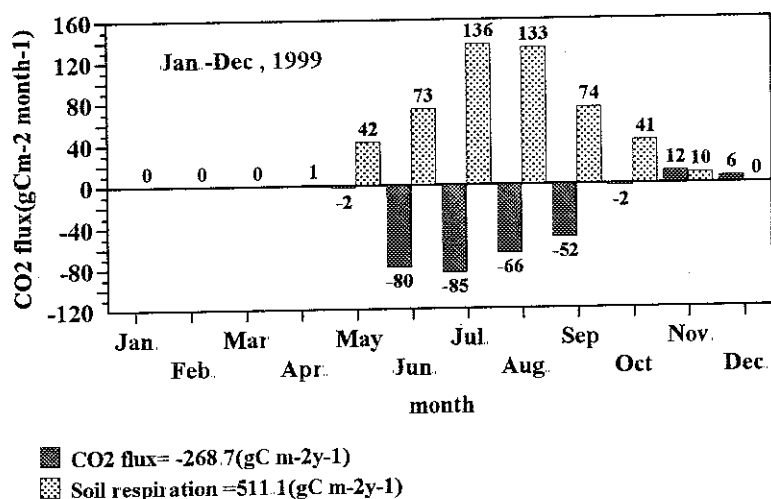


図-3 土壌呼吸量とCO2フラックスの季節変化、1999年

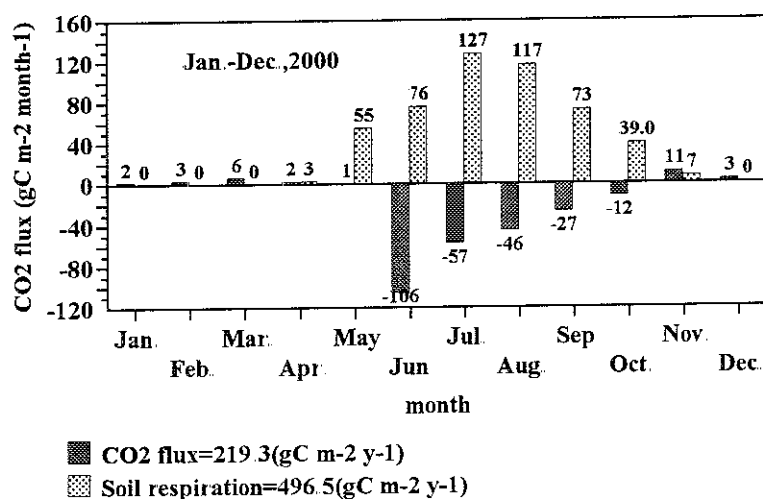


図-4 土壌呼吸量とCO2フラックスの季節変化、2000年

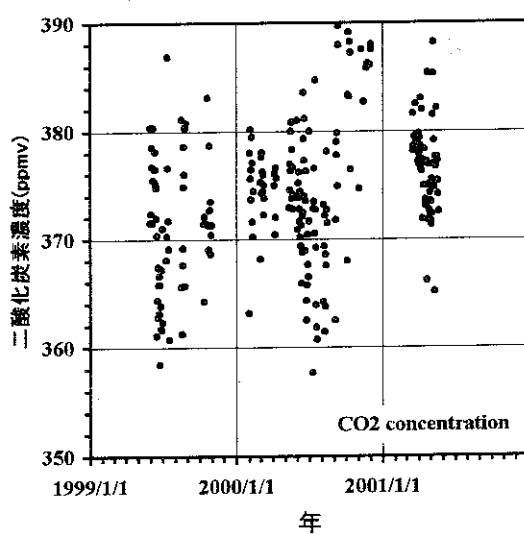


図-5 大気中の二酸化炭素濃度の季節変化および3年間の経年変化

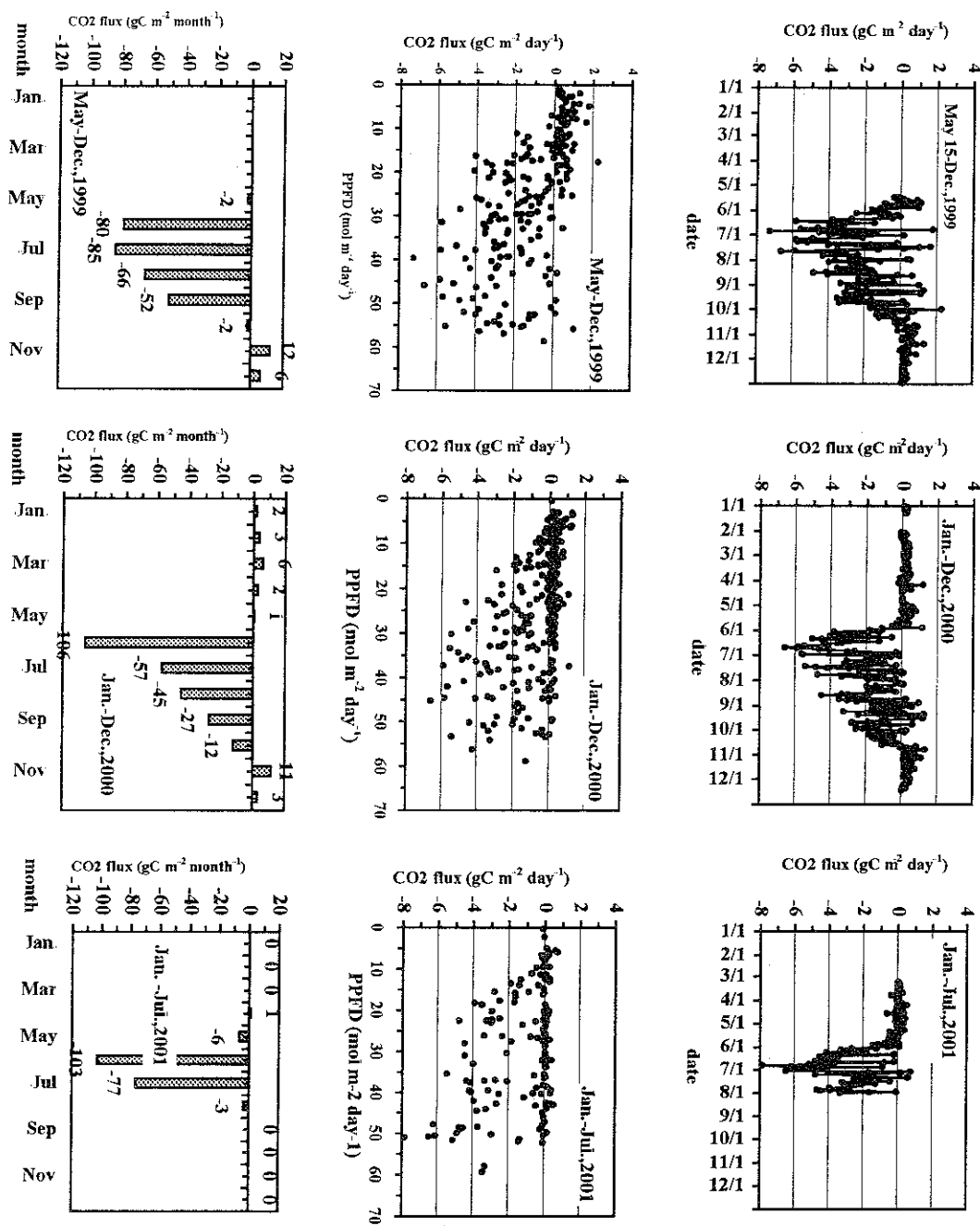


図-6 CO₂フラックスの季節変化
1999年～2001年7月まで