

氏 名 (本 国 籍)	Deepa Dhital (ネパール連邦民主共和国)
主 指 導 教 員 名	岐阜大学 准教授 津 田 智
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 5 3 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 2 2 年 3 月 1 5 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 3 条第 1 項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物環境科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学 位 論 文 題 目	Carbon Dynamics and Budget in a <i>Zoysia japonica</i> Grassland (温帯シバ草原における炭素動態および収支)
審 査 委 員 会	主査 静岡大学 教 授 澤 田 均 副査 岐阜大学 准教授 津 田 智 副査 岐阜大学 准教授 西 條 好 迪 副査 信州大学 准教授 大 窪 久美子

### 論 文 の 内 容 の 要 旨

大気中の二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) は化石燃料の消費や森林伐採といった人為的な要因で増加し続けており、このような二酸化炭素濃度の増加が地球温暖化の進む最大の要因と考えられている。陸域生態系では、二酸化炭素の全放出量の 1/4 から 1/3 が吸収されていると言われているが、陸域のどこに炭素が蓄積するのかは不明確な部分が多い。

陸域生態系のうち草原の占める割合は地球レベルで考えた場合きわめて大きく、生態系内に蓄積できる二酸化炭素の総量も小さくないと推定される。草原生態系は二酸化炭素の重要な吸収源にも放出源にもなり得るが、その収支は温度、降水量、管理状態や人為的な攪乱 (放牧や野焼き) による影響を受けていることが分かっている。したがって、これらの要因が最終的に大気-生態系間の炭素収支をどう調節しているかを理解する必要があると考えられる。

本研究では直接的に大気-生態系間の二酸化炭素収支を調べる手法 (チャンバー法) と生態系内の炭素循環過程を個々に明らかにすることで最終的に二酸化炭素収支を算出する手法 (生態学的手法) を用いて、シバ草地 (*Zoysia japonica* grassland) における炭素循環調査から炭素収支を導きだした。その際の指標として生態系の炭素収支を表す生態系純生産量 (NEP) を算出した。

本研究は、岐阜県高山市に位置するシバが優占する半自然草原 (36° 08' N, 137° 25' E, 標高 1342m) で実施した。このシバ草原は放牧地として利用されており、毎年 6 月から 10 月まで牛 (黒毛和種) が放牧され、11 月中旬から 4 月初旬までは雪に覆われている。気

候帯は冷温帯に属しており、夏には比較的温暖湿潤な気象条件となる。本研究結果の要旨は以下の通りである。

第2章では、シバ草地における生態系純生産量 (NEP) と生態系呼吸 (Reco) の変動要因についての調査をおこなった。チャンバー法を用いて2007年の8月から9月にわたり NEP と Reco を測定した。植物の成長が NEP や Reco に与える影響を明らかにするために、バイオマスや葉面積指数 (LAI) も測定した。NEP と Reco の日変化はそれぞれ光強度と土壌温度によって良く説明できた。それぞれの測定日の NEP の最大値 (NEPmax) は 2.44 (221DOY), 2.55 (233DOY), 3.90 (247DOY) そして 4.17  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (262DOY) となった。光利用効率は NEPmax が大きくなるほど増加し、0.0154 から 0.0515 までの値をとった。単位葉面積あたりの NEP は地温によって影響を受けており、地温が上がるほど大きくなった。NEP の光に対する反応と Reco の地温に対する反応は土壌水分の影響を受けており、NEP については27%以上、Reco については67%以上の変動が説明できた。NEP の変動が植物バイオマスや LAI と強い関係性がみられたのに対し、Reco とは見られなかった。これは Reco が植物の成長よりも環境要因により強く影響されたためと考えられる。NEP と光の関係性と Reco の温度との関係性および気象データを用いて一日の NEP と Reco の推定をおこなった。NEP の値は 0.67 (221DOY), 0.81 (233DOY), 1.17 (247DOY) そして 1.56  $\text{g C m}^{-2}$  (262DOY) であり、Reco はそれぞれ 2.88, 2.50, 3.51, 3.04  $\text{g C m}^{-2}$  となった。一日の生態系総生産量 (= NEP + Reco) はそれぞれ 3.5, 3.3, 4.6, 4.6  $\text{g C m}^{-2}$  となった。

第3章では、生態学的手法を用いて2007年と2008年の2年間にわたりシバ草原における炭素収支を推定した。シバの成長量は5月に増加が始まり、7月から9月に最大となった。土壌呼吸 (SR) と植物の根呼吸 (RR) は地温の影響を受けて季節変化し、年間 SR 量は2007年に 1121.4g, 2008年に 1213.6  $\text{g C m}^{-2}$  であり、RR 量はそれぞれ 471.0 と 544.3  $\text{g C m}^{-2}$  であった。RR の SR に対する割合は33から71%の間を変動した。成長期における純一次生産量 (NPP) は2007年に 747.5, 2008年に 770.1  $\text{g C m}^{-2}$  であり、家畜による被食量 (GL) は 122.1 と 102.7  $\text{g C m}^{-2}$ 、糞による炭素供給量 (FI) は 28.2 と 25.6  $\text{g C m}^{-2}$  となった。放牧牛の糞の分解量 (DL) はきわめて小さく2007年に 1.5 および2008年に 1.4  $\text{g C m}^{-2}$  であった。NPP, SR, RR, GL, FI, DL の値をもとにシバ草地の炭素収支 (= NEP) を推定すると、2007年に 1.7, 2008年に 22.3  $\text{g C m}^{-2}$  であった。

これらの結果から本研究で対象にしたシバ草原では、現在行なわれているような放牧管理下では、生態系-大気間の二酸化炭素収支は平衡していると結論づけられる。

## 審 査 結 果 の 要 旨

大気中の二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) は化石燃料の消費や森林伐採といった人為的な要因で増加し続けており、このような二酸化炭素濃度の増加が地球温暖化の進む最大の要因と考えられている。陸域生態系では、二酸化炭素の全放出量の 1/4 から 1/3 が吸収されていると言われているが、陸域のどこに炭素が蓄積するのかは不明確な部分が多い。

陸域生態系のうち草原の占める割合は地球レベルで考えた場合きわめて大きく、生態系内に蓄積できる二酸化炭素の総量も小さくないと推定される。草原生態系は二酸化炭素の重要な吸収源にも放出源にもなり得るが、その収支は温度、降水量、管理状態や人為的な攪乱 (放牧や野焼き) による影響

を受けていることが分かっている。したがって、これらの要因が最終的に大気-生態系間の炭素収支をどう調節しているかを理解する必要があると考えられる。

本研究では直接的に大気-生態系間の  $\text{CO}_2$  収支を調べる手法（チャンバー法）と生態系内の炭素循環過程を個々に明らかにして、最終的に  $\text{CO}_2$  収支を算出する手法（生態学的手法）を用いている。すなわちシバ型の半自然草原 (*Zoysia japonica* grassland) において炭素循環の調査をおこない、そこから炭素収支を明らかにしている。その際の指標として、生態系の炭素収支を表す生態系純生産量 (NEP) を算出している。本研究は岐阜県高山市に位置するシバに優占された放牧草地 ( $36^\circ 08' \text{ N}$ ,  $137^\circ 25' \text{ E}$ , 標高 1342m) においておこなわれており、この放牧草地は毎年6月から10月まで牛（黒毛和種）が放牧され、11月中旬から4月初旬までは雪に覆われている。気候帯は冷温帯に属しており、夏には比較的温暖湿潤な気象条件となる。

単位葉面積あたりの NEP は地温によって影響を受けており、地温が上がるほど大きくなることが明らかにされた。NEP の変動が植物バイオマスや LAI と強い関係性がみられたのに対し、Reco とは関係が認められなかったので、Reco が植物の成長よりも環境要因により強く影響されたためと指摘している。

シバの成長量は5月に始まり、7月から9月に最大となった。土壌呼吸 (SR) と植物の根呼吸 (RR) は地温の影響を受けて季節変化し、年間 SR 量は  $1100\text{--}1200 \text{ gC m}^{-2}$  で、RR 量はそれぞれ約  $500 \text{ gC m}^{-2}$  であった。成長期における純一次生産量 (NPP) はおおむね  $700\text{--}800 \text{ gC m}^{-2}$  であり、家畜による被食量 (GL) は  $100 \text{ gC m}^{-2}$  程度、糞による炭素供給量 (FI) は約  $30 \text{ gC m}^{-2}$ 、糞の分解量 (DL) は極めて小さかったことが明らかにされた。

以上の研究の一部は、

- 1) Dhital, D., Muraoka, H., Yashiro, Y., Shizu, Y. & Koizumi, H. Measurement of net ecosystem production and ecosystem respiration in a *Zoysia japonica* grassland, central Japan, by the chamber method. Ecological Research (2010) (inpress).
- 2) Dhital, D., Yashiro, Y., Ohtsuka, T., Noda, H., Shizu, Y. & Koizumi, H. Carbon dynamics and budget in a *Zoysia japonica* grassland, central Japan. Journal of Plant Research (2010) (inpress)

の2編の論文として公表されている。

本研究の成果は、主要な地球温暖化ガスである二酸化炭素が、わが国でも少なからぬ面積を占めるシバ草原において、生態系-大気間で収支が平行していることを明らかにしている。アジアの各地にはシバ群落に近い短茎型の草原が多く分布しており、本研究での成果は各地の草原での炭素収支を推定させるに重要な資料を提供していると考えられ、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分に価値のあるものと認めた。