

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 20 日現在

機関番号：10105

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22405022

研究課題名（和文） モンゴル北部永久凍土地帯における森林動態に与える火災の影響

研究課題名（英文） INFLUENCE OF FIRE TO FOREST DYNAMICS IN PERMAFROST REGION, NORTHERN MONGOLIA

研究代表者

武田 一夫（TAKEDA KAZUO）

帯広畜産大学・畜産学部・教授

研究者番号：80374768

研究成果の概要（和文）：モンゴル北部のシベリアカラマツ林において、火災が森林に与える影響を調べるため、現地調査を実施した。火災は、春と秋に集中して発生し、林床への枯枝集積が激化原因であった。火災後の再生は、激化の程度によって母樹の残量が決まり種子と光の量が変ることから、中程度の火災で最も活発に起こった。この場合、森林バイオマスの回復も速い。しかし、火災が繰り返されると、菌根菌の働きが弱まって森林は衰退する。また年輪解析から、小さい年輪幅が、1950年以降頻繁に出現し、20世紀終わりの大規模火災発生と一致した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research was to investigate the influence of fire on larch forests in northern Mongolia. Wildfires occur especially in spring and autumn intensified by the accumulation of branch shedding on the forest floor. After fire, regeneration depends on disseminated seeds and light potential determined by the density of remaining adult trees. Thus, the moderate intensity fire, regeneration is the most active. In such situation, forest biomass recovers rapidly, but decreases due to weakening of fungi after repeated fires. After 1950, tree-ring growth indicates that since the late 1950's, the occurrence of smaller has increased coinciding with the largest fire occurrences at the end of 20th century.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2010年度 | 8,100,000 | 2,430,000 | 10,530,000 |
| 2011年度 | 3,600,000 | 1,080,000 | 4,680,000 |
| 2012年度 | 2,500,000 | 750,000 | 3,250,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 14,200,000 | 4,260,000 | 18,460,000 |

研究分野：農学 A

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：モンゴル・森林火災・カラマツ・永久凍土・年輪解析・森林バイオマス

1. 研究開始当初の背景

地球レベルの気候変動に果たす北方林の役割を明らかにしようとした学術研究（Boreal Ecosystem- Atmosphere Study,

BOREAS）は国際的によく知られ、1980年代以降北アメリカやスカンジナビアを中心に行われた（Seller et al., 1995）。こうした流れの中、シベリアでもドイツに続き、日本

の研究グループが森林生態系での CO₂ などのフラックス研究を行ってきた (Kajimoto et al., 1999, 高橋, 2000, Ohta et al., 2001)。

一方、モンゴル国フブスグル県北部では、地元気象台の観測から年平均気温 -6°C、年降水量 210mm の寒冷で乾燥な気候であるため、連続した森林は本来形成されにくい、永久凍土の融水によって丘陵の北向き斜面に形成されている。モンゴル北部森林地帯では、カラマツ林で CO₂ フラックスが通年観測され (Li et al., 2005)、森林/草原境界にあるエコトーンの移動に及ぼす放牧の影響 (Sankey et al., 2006) など一部が報告されているが、森林の実態はほとんど未解明である。

モンゴルの森林は、市場経済に移行した 1991 年以降減少の一途をたどり、減少の要因となる家畜数の増加に伴う森林放牧、木材の需要増加、頻発する火災によって特徴づけられる (Tsogtbaatar, 2004)。過去の研究成果と現地火災跡地での予備調査の結果を総括し、(1)森林火災激化原因の究明と火災後の再生状況、(2)森林バイオマスの評価、(3)気候変動のプロキシとしての年輪情報取得、(4)カラマツの窒素栄養獲得機構の解明の課題について、研究成果が期待できることから本研究の申請に至った。

2. 研究の目的

モンゴル国北部・フブスグル県は、気候変動の影響を受けやすい東シベリアに広がる永久凍土地帯とタイガ地帯の南端に位置し、森林の実態が未解明な研究空白域である。この地域で、主にシベリアカラマツ (*Larix sibirica*) 林の森林動態に与える火災の影響を自然的・人為的要因について因果関係を明らかにする目的で、上記 4 課題について現地観測や現地調査を実施した。

3. 研究の方法

本研究では、モンゴル北部・Darhad 盆地に調査地を設定して (図 1)、つぎの方法によって情報を収集し、解析を行った。

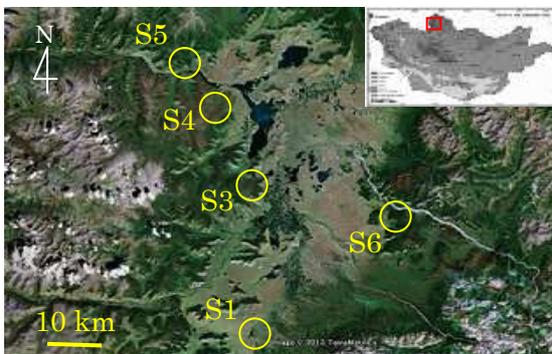


図 1 モンゴル国内の調査地の地図

(1) 森林火災激化原因の究明と火災後の再生状況：

① 火災発生時期：Darhad 盆地北部の Tsagaan nuur 村に観測ステーションを設置して気象観測を行う一方、気象台で過去の気象情報を、森林管理局や地元の県庁・村役場で過去の森林火災情報を収集した。上記の情報を基に、火災発生時期を分析した。

② 火災激化原因の究明：過去の火災跡地、火災直後の跡地で調査を行うと同時に、地元民から火災原因や森林管理状況を聴取した。以上から激化原因を検討した。

③ 火災後の森林再生状況：森林再生の条件を得るため、毎木調査や各種現地調査を通して、焼け残った母樹密度、散布種子数、稚樹密度、年輪、光量子・土壌水分・気温を調査した。これらの情報から、森林再生条件を分析した。

(2) 森林バイオマスの評価：火災前後の森林バイオマスを評価するため、毎木調査、樹木試料採取、光量子調査を行った。これらの情報を基に、X 線年輪解析、樹幹解析を行った。

(3) 気候変動のプロキシとしての年輪情報取得：年輪試料採取と気象台から過去の気象情報取得を行い、年輪解析を WINDENDRO、同調性を COFECHA、標準化を ARSTAN の各ソフトを用いて、年輪指数と気象データとの相関を調べた。

(4) カラマツの窒素栄養獲得機構の解明：Darhad 盆地の森林内のカラマツ、火災跡地に残ったカラマツおよび共存する数種の植生から葉試料や、根系に共生する菌根菌を採取する。日本国内で試料の窒素安定同位体 ($\delta^{15}\text{N}$) を計測し、窒素循環機構を解析する。

4. 研究成果

上記の調査から、以下のような成果が得られた。

(1) 森林火災激化原因の究明と火災後の再生状況：

① 火災発生時期：フブスグル県内で発生する森林火災は、夏期に発生するロシアの中央タイガとは異なり、4・5月に 49%、9月に 25% と集中している。この時期、気温が 30°C 以下であることを考慮すると、乾燥度と風速を気象指標として扱えることが判明した。

② 火災激化原因の究明：火災原因は、地元民によると、自然発生的なものより人為的なものによることが多いとされている。火災の激化は、森林の粗放管理による林床への枯枝の集積が原因とみられる。

③ 火災後の森林再生状況：火災後残ったカラマツ母樹密度が、火災激化程度の定量的な指標となった。火災後の幼木密度で表した再生は、種子の供給量と光量子に依存することが示された (図 2)。再生の度合いは、火災激

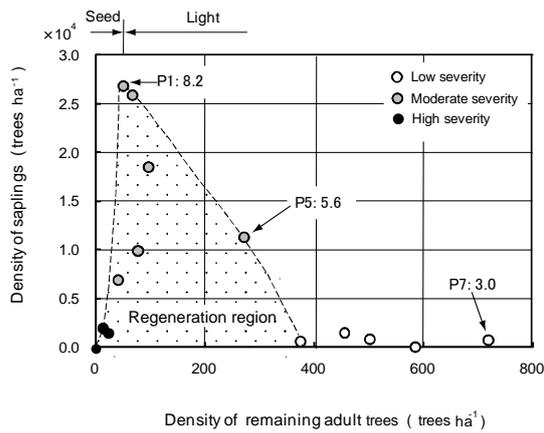


図 2 火災激化の違いによる母樹密度と再生状況を示す幼木密度との関係。再生領域は散布種子と光量子によって決まる。

しさ中度 (42~271 本 ha⁻¹) で再生がよく、50 本 ha⁻¹ で幼木密度が最大 2.68×10^4 本 ha⁻¹ となった。重度では、光量子は十分にあるが種子量が少いため、再生は少ない。一方、軽度では、種子量は満たされ多くの発芽がみられるが、生育に必要な光量子がないため再生が起り難い。

(2) 森林バイオマスの評価：現地調査データを基に、火災前後の森林バイオマスを推定した。ここでは、火災激化程度の軽度・中度・重度および伐採区の 4 区分を設定して検討した。中度では、一時的にバイオマスは減少するが、再生によって森林構造は維持される。軽度では、再生は制限されるが、バイオマスは増加する。重度や伐採区では、バイオマスは大きく減少し、再生には長期間を要する。また、シミュレーション結果から、バイオマスの回復に軽度では 25 年、中度では 123 年 (図 3)、重度では 170 年以上を要する。

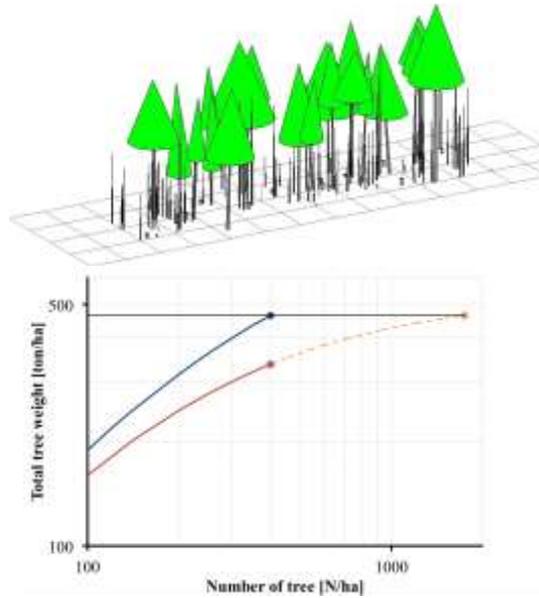


図 3 火災強度によって変化した森林構造 (上) とシミュレーションによる収量密度図の時間変化 (下)。

(3) 気候変動のプロキシーとしての年輪情報取得：モンゴル北部では、過去 100 年間に年降水量の変動が少ないのに対して気温の急激な増加があり、カラマツは乾燥状態にさらされてきた。年輪解析の結果、100 年間に 3 つの特徴的な期間が存在した。20 世紀の初めは樹木の成長が最大に、1920~1950 年は安定的に、その後は狭い年輪幅の発生が頻繁に起こって 20 世紀の終わりには最大の火災と同時に発生している (図 4)。

(4) カラマツの窒素栄養獲得機構の解明：繰り返される森林火災によって、土壌-森林間の窒素循環が促進される結果、外生菌根菌に由来する窒素獲得が減少することが窒素安定同位体比の解析から明らかとなった。

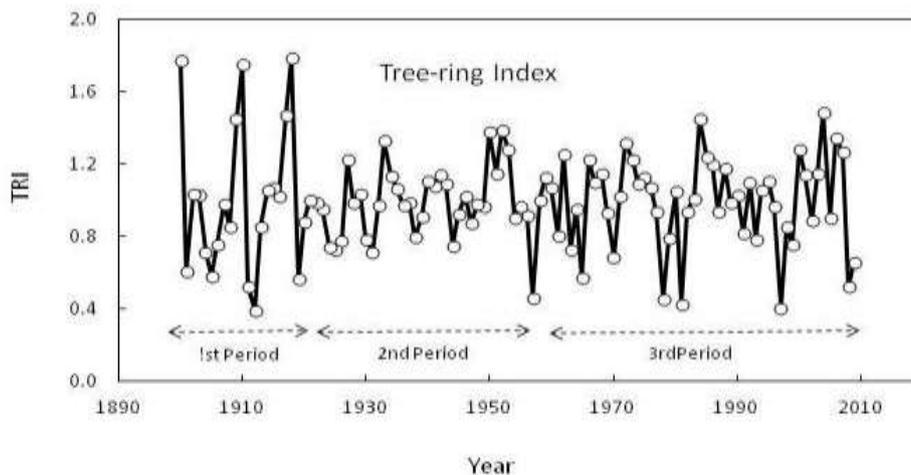


図 4 カラマツの年輪指数の経年変化 (Tree-ring Index : 年輪幅を標準化したもので、1.0 が平均、数値が大きくなると幅は広く、小さくなると狭くなる)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① 瀧誠志郎、野堀嘉裕、武田一夫、Lopez C.M.L.、海岸クロマツ林における林齢別 Y-N 曲線を組み込んだ重量値による収量-密度図の構築、日森林誌、2013、印刷中
- ② Lopez C.M.L., Hatano R., Guggenberger G., Ohta T., Gerasimov E., Fedorov A.N., Forest fire effects on soil chemistry and carbon stocks in Central Yakutia, Eastern Siberia, 査読有、15(1)巻、2012、9-17
- ③ Taki S., Nobori Y., Lopez C.M.L., Method for estimation of stem carbon fixation of Japanese black pine by combining stem analysis and soft X-ray densitometry, J. For. Res., 査読有、2012、印刷中 DOI:10.1007/s10310-012-0382
- ④ 野堀嘉裕、瀧誠志郎、鶴岡市の森林バイオマス賦存量および利用可能量の推定、東北公益文科大学ディスカッションペーパー、査読無、2011、1-20
- ⑤ Sasaki T., Nobori Y., Lopez C.M.L., Relationship between climate and radial growth of *Pinus parviflora* var. *pentaphylla* growing on mountain ridges under thick snow depth in Tohoku, Japan., Journal of Forest Planning, 査読有、16 巻、2011、1-5
- ⑥ 野堀嘉裕、瀧誠志郎、本田 愛、斉藤昌一、ミズナラ二次林樹幹部の重量成長について、東北森林科学会誌、査読有、15(1)巻、2010、58-63

[学会発表] (計 15 件)

- ① 武田一夫、野堀嘉裕、Lopez Larry、石田祐宣、瀧誠志郎、溝田智俊、モンゴル北部・タイガ地帯における森林バイオマスに及ぼす気象因子の影響、日本森林学会、2013
- ② 野堀嘉裕、瀧誠志郎、Lopez Larry、武田一夫、石田祐宣、溝田智俊、モンゴル北部カラマツ林における山火事後のバイオマスの減少、日本森林学会、2013
- ③ Chu T., X. Guo, Takeda K., Lopez L., Effects of climate change on seasonal phenology and vegetation dynamics in Hovsgol, Mongolia from remotely sensed time series data, The 8th conference, Natural resources and sustainable development in surrounding regions of Mongolian Plateau, 2012
- ④ Takeda K., Torita H., Nobori Y., Lopez M.L.C., Itoh J., Regeneration in burned

larch forests of Hovsgol Region, Northern Mongolia, The 8th conference, Natural resources and sustainable development in surrounding regions of Mongolian Plateau, 2012

- ⑤ Larry Lopez, Larch forest fires and climate during the last century in Hovsgol Region, Northern Mongolia, 樹木年輪研究会、2011
- ⑥ 南佳織、瀧誠志郎、二瓶研太郎、佐々木賢二、野堀嘉裕、TCW を用いた山形大学演習林内スギ林の炭素重量の推定、東北森林科学研究大会、2011
- ⑦ 桑原理早、瀧誠志郎、野堀嘉裕、カラマツ樹幹部における炭素重量の推定と針広混交林における炭素重量の推定、東北森林科学研究大会、2011
- ⑧ 瀧誠志郎、野堀嘉裕、武田一夫、モンゴルのカラマツ林における収量-密度図の試作、東北森林科学研究大会、2011
- ⑨ 野堀嘉裕、比地黒義男、樹海個体毎の炭素重量推定用 MS エクセル・ワークシートの開発、東北森林科学研究大会、2011
- ⑩ 火ノ川祐貴、武田一夫、野堀嘉裕、カラマツ年輪に及ぼす凍土・積雪の影響、雪氷研究大会、2011
- ⑪ 野堀嘉裕、瀧誠志郎、武田一夫、Lopez C.M.L.、溝田智俊、モンゴル北部の湿原-森林エコトーンの動態、日本森林学会、2011
- ⑫ 有馬遼子、武田一夫、野堀嘉裕、Lopez C.M.L.、溝田智俊、モンゴル北部地域・草地/森林境界で集団発生したカラマツ群落の構造、日本森林学会、2011
- ⑬ Lopez C.M.L., Nobori Y., Mizota C., Takeda K., Larch forest growth and climate based on tree-ring analysis during the last century in northern Mongolia, Second International Symposium on the Arctic Research, 2011
- ⑭ Arima R., Takeda K., Nobori Y., Lopez C.M.L., Mizota C., Encroachment of larch forests along the forest/grassland ecotone in northernmost Mongolia, Second International Symposium on the Arctic Research, 2011
- ⑮ Takeda K., Torita H., Itoh J., Regeneration at the burned larch forest in the northern Mongolia, Second International Symposium on the Arctic Research, 2011

[図書] (計 7 件)

- ① Takeda K., Torita H., Nobori Y., Lopez C.M.L., Itoh J. (分担執筆)、Japan Society

- of Forest Planning Press (Edited by Takeda K., Lopez C.M.L., Mizota C., Nobori Y., Ishida S., Battur B. and Byambasuren M.), Regeneration in burned larch forests of Hovsgol Region, Northern Mongolia, Multidisciplinary Research on Mongolian Ecosystems, 2013、印刷中
- ② Nobori Y., Taki S., Lopez C.M.L., Takeda K., Ishida S., Mizota C. (分担執筆)、Japan Society of Forest Planning Press (Edited by Takeda K., Lopez C.M.L., Mizota C., Nobori Y., Ishida S., Battur B. and Byambasuren M.), Type of forest fire and biomass decreasing patterns in northern Mongolian forests, Multidisciplinary Research on Mongolian Ecosystems, 2013、印刷中
- ③ Lopez C.M.L., Ishida S., Takeda K., Nobori Y., Mizota C., Byambasuren M. (分担執筆)、Japan Society of Forest Planning Press (Edited by Takeda K., Lopez C.M.L., Mizota C., Nobori Y., Ishida S., Battur B. and Byambasuren M.), Larch forest growth and climate reconstruction based on tree-ring analysis during the last century in northern Mongolia, Multidisciplinary Research on Mongolian Ecosystems, 2013、印刷中
- ④ Ishida S., Lopez C.M.L., Takeda K., Nobori Y., Mizota C., Byambasuren M. (分担執筆)、Japan Society of Forest Planning Press (Edited by Takeda K., Lopez C.M.L., Mizota C., Nobori Y., Ishida S., Battur B. and Byambasuren M.), Potential climate conditions of forest fire in northern Mongolia, Multidisciplinary Research on Mongolian Ecosystems, 2013、印刷中
- ⑤ Mizota C. (分担執筆)、Japan Society of Forest Planning Press (Edited by Takeda K., Lopez C.M.L., Mizota C., Nobori Y., Ishida S., Battur B. and Byambasuren M.), Use of $\delta^{15}\text{N}$ values ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) for studies of nitrogen cycle in forest ecosystems from Darhad Basin, northern Mongolia, Multidisciplinary Research on Mongolian Ecosystems, 2013、印刷中
- ⑥ Taki S., Nobori Y., Lopez C.M.L., Takeda K., Ishida S., Mizota C. (分担執筆)、Japan Society of Forest Planning Press (Edited by Takeda K., Lopez C.M.L., Mizota C., Nobori Y., Ishida S., Battur B. and Byambasuren M.), A simulation of larch forest dynamics associated with

fire in northern Mongolia, Multidisciplinary Research on Mongolian Ecosystems, 2013、印刷中

- ⑦ 瀧誠士郎、野堀嘉裕 (分担執筆)、山形大学出版会、海岸林との共生 (中島勇喜・岡田 穰編) 2011、総 6 p

6. 研究組織

(1) 研究代表者

武田 一夫 (TAKEDA KAZUO)
帯広畜産大学・畜産学部・教授
研究者番号：80374768

(2) 研究分担者

溝田 智俊 (MIZOTA CHITOSHI)
岩手大学・農学部・名誉教授
研究者番号：10089930
野堀 嘉裕 (NOBORI YOSHIHIRO)
山形大学・農学部・教授
研究者番号：80237867
ロペス ラリー (LOPEZ LARRY)
山形大学・農学部・准教授
研究者番号：20374712
山中 寿郎 (YAMANAKA TOSHIROU)
岡山大学・自然科学研究科・准教授
研究者番号：60343331

(3) 研究協力者

石田 祐宣 (ISHIDA SACHINOBU)
弘前大学・理工学研究科・助教
研究者番号：60292140