

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22570016

研究課題名(和文) 生物多様性および炭素収支の観点にたつ半自然草原の再生におよぼす野焼きの影響

研究課題名(英文) Effects of control burning on restoration of semi-natural grassland vegetation

研究代表者

津田 智 (TSUDA, SATOSHI)

岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授

研究者番号：50212056

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円、(間接経費) 1,110,000円

研究成果の概要(和文)：野焼きの温度環境は、燃料量に応じて地上部では高温になるが、地下部では温度は上昇しなかった。寒風山では生態系の管理履歴に応じて植生の構成種が多少なりとも変化することが明らかになった。とくに野焼きを含む管理が高頻度で実施されていると草原生のアズマギク、ウツボグサ、ヒメハギなどが増加した。ススキ群落の炭素放出量は野焼きの有無によって変化し、夏季には放置されたススキ草原よりも野焼きをおこなったススキ草原の方が放出量は小さかった。ヒロハクサフジの種子は加熱処理により発芽率が高くなった。

研究成果の概要(英文)：Although it becomes high air temperature according to the amount of fuel, an underground temperature did not rise. It became clear that the species composition of vegetation changes according to the management history of a grassland in Mt. Kanpu. When management including grassland burning was carried out by high frequency, some grassland species of *Erigeron thunbergii*, *Prunella vulgaris* subsp. *asiatica*, *Polygala japonica*, etc. increased. The soil respiration of a *Miscanthus* type grassland changed according to the existence of burning. The soil respiration rates of burned *Miscanthus* type grassland were lower than that of unburned grassland. The germination rate became high when the seeds of *Vicia japonica* were dipped in hot water.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：生物多様性 炭素収支 半自然草原 野焼き(草原火入れ)

科学研究費助成事業 研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

日本の国土のほとんどは温帯湿潤気候下にあるため、自然の草原景観は海浜や高山、湿地などの限られた環境にしか成立しない。普段目にする草原景観の多くは芝生や牧草地のような人工草地と、人の生活と結びついて維持されてきたススキ草原のような半自然草原である。半自然草原は農業と強く結びついて維持されてきたもので、家畜の飼料、農地への肥料、かまどの燃料、茅葺き家屋の資材など、草資源は産業革命以前の生活には欠かせないものだった。近年は、家畜はトラクターや耕耘機にとって代わり、緑肥は化学肥料に、燃料は電気・石油・ガスなどに、屋根は茅からトタンや瓦へとそれぞれ変わったことで、草資源を必要としなくなった。そのため、半自然草原を維持しておく必要がなくなり、管理作業がおこなわれなくなっていた。その結果、我が国の気候風土にあった森林群落へと遷移が進むこととなり、全国の草原面積は100年あまりで約13%から1%以下にまで減少したとされている。このような状況から草原を生息場所としている多くの生物が絶滅に瀕しており、国や各都道府県のレッドデータブックに掲載されている種も多い。

草原を維持するための手法のうち野焼きは大面積を一度に処理でき、採草や放牧ほど手間がかからないなどの利点がある。しかし、野焼きが植生の種組成や多様性などに与える影響は十分に解明されているとは言えない。特に、熱の発生が植物の生育にダメージを与えるとの間違った認識は一般市民のみならず、一部の研究者にも広がっている。

一方、大気中のCO₂濃度の増加などで引き起こされる地球温暖化は、生物多様性の保全と並んで重要な環境問題のひとつになっている。地域住民の間には燃焼によるCO₂の放出への懸念があり、野焼き実施の障害になっていることがある。野焼きで発生するCO₂は、もともと大気中のCO₂から生産された有機物の燃焼によるものであるため、大気中のCO₂の増加にはつながらない。また、燃焼により生産される炭は、自然界では分解されにくい形態の炭素であり、野焼きの実施により多くの炭素を土壌中に固定できる可能性がある。このような状況があるため、野焼き草原における炭素収支を正確に評価することはきわめて重要であるにも関わらず、炭素循環の視点に立つ野焼きの効果についての検証は十分におこなわれているとは言えない。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目標は、野焼きによる温度上昇などの環境変化が種子や地下茎を含む植物体に与える影響を明らかにし、構成種の変化が生物多様性にどのように反映するかを追求することにある。また、地球温暖化が進む中で、燃焼をとまなう野焼きが炭素収支的にはどのように位置づけられるのかも明らかにしようとするものである。

本研究のひとつめの目的としては、野焼きの

もたらす環境変化のうち最も特徴的である急激な温度変化の実態を明らかにすることである。この温度環境変化が明らかになることにより、土中の植物の休眠器官（根・地下茎・種子など）への影響や、種子発芽特性と熱の関係が推定できるようになる。また生物多様性の観点から、植物種ごとの熱への反応が実際の野焼き地の植生に反映されたかどうかを明らかにしようとしている。さらに、野焼き後の降炭と、それに伴う熱収支の変化や、野焼き地の植生変化などによって土壌呼吸速度がどの程度の影響を受けるかを明らかにすることも目的のひとつである。

3. 研究の方法

(1) 調査地について

本研究の調査地は、すでに各種の研究を開始していた北海道小清水原生花園、秋田県寒風山があり、おもに温度環境の測定などを実施していた茨城県菅生沼、小貝川河川敷などがある。また、これまではほとんど調査をおこなっていなかったが、本研究期間中に調査を開始する場所として北関東4県にまたがる渡良瀬遊水地、長野県霧ヶ峰高原、群馬県みなかみ藤原地区などが予定されていた。しかしながら、2011年3月に発生した東日本大震災の影響により、調査の一部が余儀なく実施できない状況におちいった。

全国の野焼きのほとんどは3月から4月にかけて実施されるため、消防署員や消防団員が救援活動で被災地に向かったため、人員確保ができなくなって野焼きが中止になった場所があった（寒風山、箱根仙石原など）。それとは別に福島第一原子力発電所の事故による放射性物質が野焼きによって二次的に飛散することの懸念により野焼きが実施されない場所もあった（渡良瀬遊水地2年、菅生沼2年、みなかみ3年など）。このような状況から、調査計画が順調に進まなかったため、本研究の最終年度である2013年度末（2014年春）まで、温度などのフィールドデータの採取を実施した。

(2) 野焼き時の温度環境

野焼きでは枯れ草の燃焼により高温が発生するため、その後の植物の生育に悪影響が出るとの懸念が常につきまとう。とくに野焼きによる管理に否定的な人々の最大の根拠は、「熱が動植物へ悪影響を及ぼして、地域の貴重な生物を絶滅させる可能性がある」と言うものだ。はたして実際の温度環境はどうなっているのか、各地の野焼きの現場で火入れ温度の測定をおこなった。

グラスウールまたはテフロン樹脂によってリード線部分が被覆されたシース型K熱電対6本を記録装置（Thermic 2300）に接続し、地上100cm、30cm、地表0cm、地下、2cm、5cm、10cmの温度をそれぞれ1秒間隔で測定した。なお、熱による断線を防ぐ目的で、リード線部分はグラスウールと耐熱アルミテープで幾重にも被覆・補強した。

調査地は北海道小清水原生花園，秋田県寒風山，茨城県菅生沼と小貝川河川敷，栃木県渡良瀬遊水地など，植生タイプの異なる野焼き地としたが，2011年3月11日の東日本大震災の影響で，寒風山，菅生沼，渡良瀬遊水地など各地の野焼きは震災後2年あまり実施されないことが多かった．そのため，本研究の研究期間内では十分な温度環境の事例が集められなかった．

(3) 植生調査

刈り取りおよび火入れと植生との関係を検討するため，秋田県男鹿市寒風山の半自然草原に計59調査区を設置して植生調査をおこなった．複数年にまたがったが，調査は夏季に実施し，方形区サイズは2×2mまたは3×3mとした．調査では，植被率と枠内に出現したすべての維管束植物の種ごとの被度(%)を記録した．また，それぞれの方形区を設置した場所について，過去の管理履歴を整理した．管理履歴の把握は，男鹿市観光商工課および地域住民への聞き取りによっておこなった．得られた植生調査資料は，管理履歴の類似した方形区ごとにグルーピングし，各グループの種ごとの出現頻度を算出した．

(4) 炭素収支

土壌からの炭素放出量(土壌呼吸量)の調査は，秋田県男鹿市の寒風山(緯度39°55'N，経度139°52'E，標高355m)でおこなった．男鹿市の年平均気温は11.0度，年間降水量は1571mmである(気象庁アメダスより)．調査地は寒風山のシバ区(*Zoysia japonica*)，ススキ(*Miscanthus sinensis*)対象区とススキ野焼き区の3区に設置した．ススキ野焼き区は2008年4月6日に野焼きによる管理がおこなわれた．また，シバ区とススキ対象区は年1回，夏に草刈りによる管理が行われた．それぞれ3つの調査地において，10×10mの方形区を設置して各区25地点の土壌呼吸速度の測定を4月5月，9月に携帯型土壌呼吸測定装置(LI-6400)を用いておこなった．また，各地点の土壌呼吸速度の測定と同時に，深さ1cmと5cmの地温，および深さ5cmの土壌含水率の測定をおこなった．

(5) 種子発芽実験

小清水原生花園の野焼き地で多数の芽生えが発生するヒロハクサフジ(*Vicia japonica*，マメ科)の種子発芽実験をおこなった．夏季に種子を採集し，室温で保存した後，温水加熱の前処理をおこない，18/12時間/28/12時間の交代温度に設定したインキュベーターで70日間培養した．加熱処理は，50/60秒，80/10秒，50/30秒+80/10秒+50/30秒，無処理の4シリーズで実施した．

4. 研究成果

(1) 野焼き時の温度環境

東日本大震災の影響で十分な数の測定事例は集められなかったが，燃料量(リター量)の多

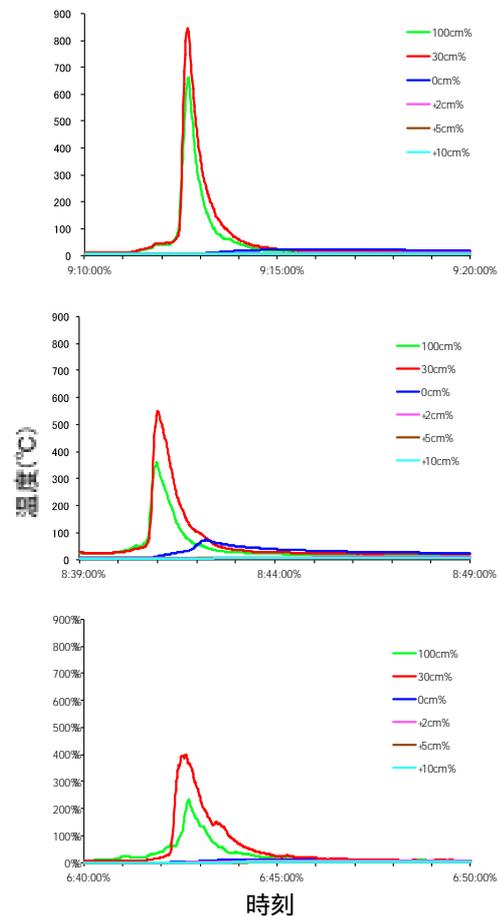


図1. 野焼き時の温度変化.
上: 渡良瀬遊水地のヨシ群落
中: 霧ヶ峰高原のススキ群落
下: 小清水原生花園のハマニク群落

いヨシ群落やオギ群落では燃焼温度が高く，燃料量の少ないシバ群落では温度が低くなる傾向があり，燃料量が中程度のハマニク群落やススキ群落は両者の中間的な値となり，燃料の多少が最高温度の高低に強い影響を与えていることがわかった．

図1にヨシ群落・ススキ群落・ハマニク群落のそれぞれ典型的な温度環境変化のグラフを示した．ヨシ群落，ススキ群落，ハマニク群落の順に最高温度が高く，これはおもに燃料の量の多さに対応していた．

今回測定できた全部の温度測定結果を見ると，地上部では高温となるが，地表では数十度程度にしか温度は上昇せず，地下ではほとんど温度上昇が認められなかった．このことは，燃料が多く800程度の高温となるヨシ群落でも，燃料が比較的少なく400程度にしかならないハマニク群落でも同様で，草原の野焼きでは地下の温度はほとんど上昇しないと結論づけられた．

(2) 植生調査

草刈りおよび火入れによる管理の履歴を整理した結果，火入れの有無，草刈り頻度の高低

表 1. 攪乱履歴ごとの植物の出現傾向 (数値は出現頻度) .

管理履歴 グループ	A	B	C	D	E	F	G	H	I
火入れの有無	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	なし
直近の火入れからの年数	1~2年	-	1~3年	-	2~4年	-	1年	-	-
草刈りの頻度	年2回	年2回	年1回	年1回	年1回	年1回以下	年1回以下	年1回	なし
管理の継続	継続	継続	継続	継続	復活	復活	復活	復活後再び放棄	放棄
管理停止後の年数	-	-	-	-	-	-	-	3~5年	30年以上
反復数	5	3	12	6	10	7	5	6	6
群落高(平均) cm	48	42	52	133	96	128	141	164	143
植被率(平均) %	83	94	86	91	93	92	95	94	84
管理履歴にかかわらず生育									
ススキ	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	0.83
ワラビ	0.60	0.33	0.92	1.00	0.90	1.00	1.00	0.83	1.00
放棄(I)で欠落									
アリノトウグサ	0.80	1.00	1.00	0.50	0.70	0.43	0.60	0.50	
ヒカゲスゲ	1.00	0.67	0.25	0.83	0.40	0.71	1.00	1.00	
オオノアザミ+アザミsp.	1.00	1.00	1.00	0.33	0.30	0.14		0.33	
ヒメズイ	0.60	0.67	0.83	0.17	0.20	0.14	0.60	0.50	
ニガナ	1.00	1.00	0.92	0.50	0.80	0.86	1.00	0.83	0.17
ミツバツチグリ	0.60	1.00	1.00	0.67	0.90	0.29	1.00	0.67	0.17
ツリガネニンジン	0.60	1.00	0.92	0.83	0.90	0.43	1.00	0.83	0.33
管理頻度が高いIAおよび放棄Iで欠落									
ヤマハギ	0.33	0.83	0.67	0.50	0.71	1.00	1.00		0.17
オトコヨモギ	0.33	1.00	0.50	0.60	0.29	1.00	1.00		
トダシバ	0.67	0.58	0.67	0.90	0.57	1.00	0.83		
アキノキリンソウ	1.00	0.92	0.17	0.30	0.57	0.80	0.67		
オミナエシ	0.33	0.58	0.50	0.60	0.29	0.60	0.67		
シラヤマギク	0.33	0.25	0.67	0.90	0.43	0.60	0.33		
管理頻度が低いG-Iで欠落									
チャシバスゲ	1.00	0.33	1.00	0.67	0.90	0.43			
スズサイコ	0.40	0.67	0.92	0.33	0.70	0.43	0.20	0.17	
管理頻度が高いIA-Cに多い									
ハルガヤ	0.60	0.33	0.33						
ヘラオオバコ	1.00	1.00	0.67						
ヒメハギ	0.60		0.17		0.10				
スズメノヤリ	0.60		0.08						
ネコハギ	0.40		0.08		0.10				
火入れで増加する(?)									
シバ	1.00	1.00	1.00		0.30	0.14	0.20	0.17	
アズマギク	0.40	0.67	1.00		0.30				
ウツボグサ	0.80	0.67	0.83		0.30				
エゾノカワラマツバ	0.80	0.67	0.75	0.17	0.40		0.80	0.33	0.17
カセンソウ			0.50		0.40	0.14	0.20		
キジムシロ			0.83	0.17	0.40		0.20		
放置で増加,または火入れで減少									
ツルウメモドキ					0.10	0.29	0.20	0.17	1.00
ツツジsp.									0.50
ノイバラ					0.10	0.14			0.50
ヤマユリ			0.08						0.50
クマイザサ			0.33	0.67	0.10	0.43	0.20	0.17	1.00
タニウツギ				0.17	0.10	0.57		0.17	0.33
その他の種									
オカトラノオ			0.83	0.83	0.30	0.29	0.60	0.50	0.33
ナフシロイチゴ	0.40	0.67	0.50	0.17	0.20	0.43	0.40	0.17	0.33
ヤマアワ	0.60		0.17	0.17	0.40	0.29	0.80	0.67	0.17
ノコンギク		1.00	0.08	0.17	0.20	0.29	0.60	0.67	0.67
ヨモギ			0.33	0.50	0.10	0.29	0.80	0.50	
ハハナショウブ	0.40		0.08	0.67	0.10	0.29	0.60		0.50
ケタチツボスミレ	0.20	0.67	0.25	0.33	0.40	0.43			
クズ			0.08	0.50	0.50	0.43	0.20	0.17	
ナガハグサsp.	0.60		0.33						0.83
オオナンバンギセル				0.50	0.10		0.40	0.83	
オオアブラスキ			0.25	0.50	0.20	0.29			
以下省略									

(:年2回・ :年1回・ :年1回以下・ :草刈りなし),管理の継続性(:毎年途切れることなく継続, :1970年代以降途切れていたが2000年ごろから管理が復活, :2000年ごろから管理が復活したが再び放棄, :1970年代以降放棄),以上の視点から,植生の方形区調査結果は表に示す9グループに区分できた.これらの各グループにおける種ごとの出現頻度を整理した結果,種別の出現傾向として以下のことが示された.

アリノトウグサ・ヒカゲスゲ・オオノアザミ・ヤマハギ・オトコヨモギ・トダシバなどは,放棄されると欠落または減少する傾向があった.なお,ヤマハギ・オトコヨモギ・トダシバなど6種は,管理頻度が高いA区(年2回の草刈りと近年の火入れ)でも欠落した.

チャシバスゲとスズサイコは,年1回以上の草刈りが継続している場所で出現頻度が高か

った.年1回よりも少ない管理では減少または欠落する傾向があった.

ハルガヤ・ヘラオオバコ・ヒメハギなどは,管理頻度の高いAからCのグループまたはAのみで出現頻度が高く,頻繁な草刈り・火入れを必要とする傾向があった.

シバ・アズマギク・ウツボグサなどは,年1回の草刈りがおこなわれる場所では,火入れによって維持され,火入れがない場合には減少・欠落する傾向があった.

ツルウメモドキ・ツツジsp.・ノイバラなどは,放置された方が増加する傾向があった.このうちクマイザサとタニウツギは,年1回の草刈りの元では,火入れがないところをより好む傾向があった.

上記以外の種では出現傾向に明瞭な傾向を見いだせないものもあったが,そうしたものでも,放棄区(I)には出現しない種が多かった.

(3) 炭素収支

土壌呼吸速度の測定期間における地温（深さ1cm および 5cm）の変化を図2に示した。深さ1cmの地温の最高温度は、ススキ野焼き区とシバ区が高い傾向にあり、特にススキ野焼き区では夏にかけて30℃を超える日もあった。また、ススキ野焼き区では5cmの地温においても最高地温が他の調査区よりも高い傾向にあった。一方でススキ対象区における地温は、1cmにおける最高と最低の温度差が他の調査区に比べて小さい傾向にあった。

また、図3に各調査区における土壌呼吸速度と地温の関係を示した。シバ区とススキ野焼き区は5月や9月の地温が高いにもかかわらず、土壌呼吸速度は低い傾向にあり相関係数(R^2)が

ススキ対象区に比べて低かった。9月における土壌呼吸速度の平均値は、ススキ対象区が2073mg CO₂ m⁻² h⁻¹で3区の中で一番高い傾向にあり、シバ区(649 mg CO₂ m⁻² h⁻¹)の約3.2倍であった。図3における地温と土壌呼吸速度の関係から推定した月ごとの土壌呼吸量を図4に示した。6ヶ月間の炭素放出量を推定した結果、シバ区で631gCm⁻²、ススキ対象区で1305 gCm⁻²、ススキ野焼き区で1002 gCm⁻²であった。特に7-9月においては、ススキ対象区における放出量が一番高い傾向にあり、草原の管理方法によって土壌呼吸量が異なることが示唆された。

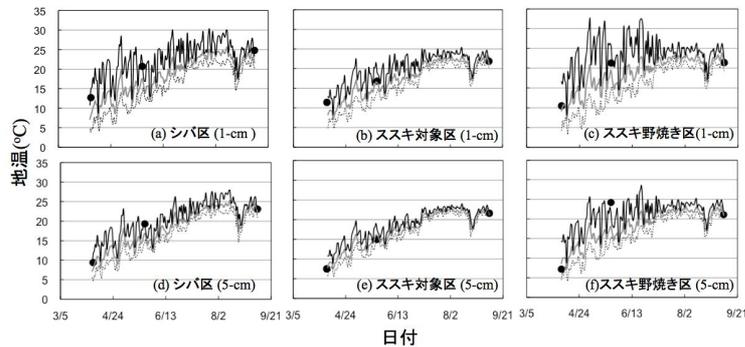


図2. 各調査地における地温の経時変化.

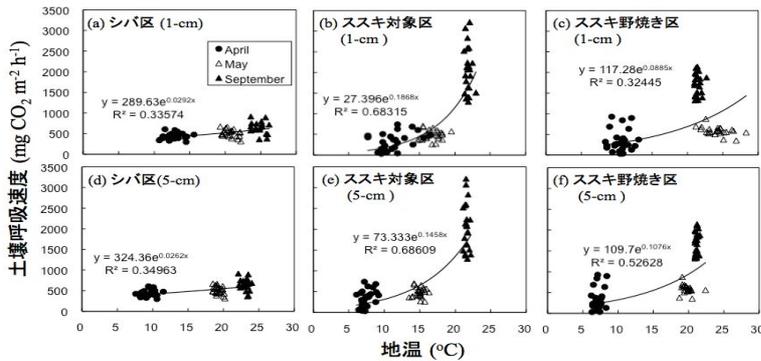


図3. 各調査地における土壌呼吸速度と地温の関係.

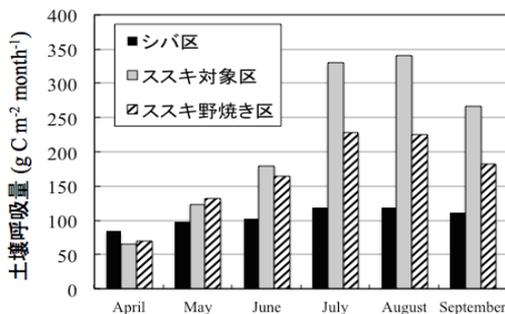


図4. 各調査地における各月ごとの土壌呼吸量.

(4) 種子発芽実験

対照とした無処理のヒロハクサフジ種子の70日間の最終発芽率が4%だったのに対し、加熱処理をおこなった種子は、3つの処理(50 60秒, 80 10秒, 50 30秒+80 10秒+50 30秒)とも10%程度の発芽率を示した。すなわち、ヒロハクサフジにおいては加熱処理により発芽率が上昇することが明らかになった。ただし、対照(無処理)との差は小さく、野焼きにより劇的に発芽率が上昇することは無いと予想された。

野焼き後にヒロハクサフジの芽生えが多出することの実証とまではいかなかったが、これに

はインキュベーターでの培養温度が 18/28 の交代温度だったことで発芽率の上昇が低く保たれた可能性があると考えている。非火入れ地における地温の変動幅は小さく、今回の実験で採用した 18/28 の交代温度で問題なかったが、火入れ地では地温の変動幅が 10 から 50 程度になるため、加熱処理した種子の培養温度を実際のフィールドに近い温度（たとえば 10/40 交代温度など）に設定すべきだったのかも知れない。今後の研究継続が必要である。

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 2 件)

Adachi, M. & Tsuda, S. (2013) Effects of vegetation type and management practice on soil respiration of grassland in northern Japan. Applied and Environmental Soil Science, 2013:1-7. (査読有り)

津田智(2011) 火と樹木. 樹木医学研究, 15:183-188. (査読無し)

〔学会発表〕(計 3 件)

津田智 (2013.2.11) 火入れの植生に対する生態学的影響. 日本生態学会中部地区大会(静岡)

津田智 (2012.10.14) 軽井沢三ツ石地区における風倒跡地の草原再生実験. 植生学会第 17 回大会(松戸)

津田智 (2011.10.29) 火を活用した草原再生のエコロジーと実践技術. 第 4 回日本生態学会自然再生講習会「半自然草原の再生の理念と技術」(阿蘇)

〔図書〕(計 2 件)

津田智 (2010) 小清水原生花園における原生花園再生事業. 日本生態学会編「自然再生ハンドブック」,199-206. 地人書館.

津田智 (2010) 火を使って草原を再生する. 日本生態学会編「自然再生ハンドブック」,219-224. 地人書館.

〔その他〕

ホームページ等

津田研究室トップページ

<http://www.green.gifu-u.ac.jp/~tsuda/>

日本全国野焼きマップ

<http://www.green.gifu-u.ac.jp/~tsuda/hiiremap.html>

小清水原生花園

http://www.green.gifu-u.ac.jp/~tsuda/noyaki/ksm_burn.html

寒風山

http://www.green.gifu-u.ac.jp/~tsuda/noyaki/kpz_burn.html

6. 研究組織

(1)研究代表者

津田 智 (Satoshi TSUDA)

岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授

研究者番号：50212056