

ワイルドフラワーの種子発芽に及ぼすスモーク処理の影響

長谷川 晴・松阪 充紀・深井 誠一・三木 政数・中津 敏治

Effect of smoking treatment on the seed germination of wild flowers.

HASEGAWA, Atsushi, Mitsunori MATSUZAKA, Seiichi FUKAI, Masakazu MIKI and Toshiharu NAKATSU

Seed germination of 36 native Australian, South African and South American species using smoke was investigated. Smoking treatment stimulated germination of *Anigozanthos humilis*, *A. manglesii*, *Banksia prionotes*, *Eucalyptus macrocarpa*, *Hypocalymma robustum*, *Protea compacta*, *Thysanotus multiflorus*, *Verticordia nitens*. On the other hand the smoking suppressed seed germination of *Nuytsia floribunda*, *Pasithea coerulea*, *Protea neriifolia*, *P. repens*, *Schizanthus grahamii*. Seedling from smoked seeds of *Actinostrobos pyramidalis* and *Trachymene caerulea* showed higher survival compared with those from non-treated seeds after transplanting to soil containing fertilizer.

キーワード：スモーク処理，ワイルドフラワー，種子発芽促進，木酢，竹酢

緒 言

オーストラリアや南アフリカの乾燥地帯では山火事が頻発するが，そこには長期間乾燥に耐えた非常に堅い果実の殻が，山火事に遭遇して燃えることにより口を開き，種実を地上に落として初めて発芽にいたるある種のユーカリやバンクシア，プロテアなどの植物が自生することが知られている．あるいは煙に燻されると種子発芽が促進される植物も知られている．またそれらの種子発芽は，煙を通したスモークウォーター（smoked water）でも促進される^(1,2)．しかし，原因の詳細は不明である．日本では，山火事に遭遇したあとの植物の種子発芽や種子発芽に及ぼすスモーク処理の影響についてほとんど研究されていない．本研究は，南半球の乾燥地帯に自生するワイルドフラワーの種子発芽に及ぼすスモーク処理の影響についての確認と，さらに木酢⁽³⁾および竹酢がスモークウォーターと同様の効果を持つか否かについて検討した．

材料および方法

実験1. 種子発芽に及ぼすスモーク処理の影響

現地購入および種苗業者から購入したオーストラリアと南アフリカ原産の24種（26種類）の種子を，20×14×5 cmのプラスチックパックにパーライト単用で播種したのち十分に灌水し，枯れ葉を燻して20分間スモーク処理（以下S処理）した．

S処理は，横135×奥行き68×高さ160cmの軟弱野菜の発芽用金属製棚に播種したプラスチックパックを載せ，ビニールで金属製棚を覆ったのち，ドラム缶を半分の高さに切って作成した燃焼缶からダクトを通して煙を導入して行った（第1図）．燃料には農場内で集めた広葉樹の落葉を，20リットル使用した．処理後は15~18℃以上に加温したガラス室内で発芽させた．調査は毎週行い，発芽率に変化が認められなくなった時点で終了した．



第1図. 簡易装置によるワイルドフラワー種子のスモッキング処理

種子数は各処理区50ないし100粒を基本としたが、種子数の少ない種では各区ほぼ等数になるように配分した。また覆土は、原則として種子の大きさの1～2倍の厚さとしたが、毛で覆われた *Protea* 属の種子では、種子の本体が用土中に埋没する深さになるよう縦にさし込んだ。

実験2. 種子発芽に及ぼすスモッキング処理および木酢、竹酢の影響

S処理効果の再確認に加え、木酢および竹酢がスモークウォーターと同様な効果を持つか確認するために、それらの1,000倍液を、播種後プラスチックバックの底面から流れ出る程度の充分量を処理した。材料には、前実験で使用したいくつかの種と南米原産の数種の合計20種を用いた。なお、本実験ではS処理時間を30分間に延長した。

結果と考察

実験1で供試した種名および播種数と8週間後の発芽率を第1表に示した。無処理と比較し発芽促進効果が認められたのは *Anigozanthos manglesii*, *Eucalyptus macrocarpa*, *Protea compacta*, *Thysanotus multiflorus* であった。また、播種数あるいは発芽数が少なかった *Anigozanthos humilis*, *Banksia burdettii*, *Hypocalymma robustum*, *Verticordia nitens* も S 処理効果があると考えられた。一方、*Nuytsia floribunda*, *Protea neriifolia*, *Protea repens* は S 処理で発芽率が低下した。*Actinostrobos pyramidalis*, *Anigozanthos flavidus*, *Helichrysum cinianum* 'Gabriel', *Rhodanthe manglesii* 'Rose' は S 処理の効果がほとんどなく、対照区と同様な発芽率となった。以上のように、S 処理が種子発芽に及ぼす影響を分類すると、対照区と同様な発芽を示した種 (第2図-A, C) と S 処理により発芽が促進された種 (第2図-B), 逆に抑圧された種 (第2図-D) に三大別できた。

実験2で供試した種名および播種数と6週間後の発芽率を表2に示した全体に発芽率が低く、S 処理および木酢あるいは竹酢の効果は明瞭でなかった。S 処理の効果が認められたのは *Banksia speciosa* (第3図-A) と低い発芽率ではあったが *Schizanthus candius* の2種類であった。播種数および発芽率が低かった *Protea cynaroides* も S 処理の効果があるように考えられた。一方、*Pasithea coerulea* (第3図-B), *Protea repens*, *Schizanthus grahamii* では S 処理により発芽率が低下した。*Helichrysum cinianum* 'Gabriel' (第3図-C) は実験1と同様に、どの区でも播種後1週間以内にはほぼ80%以上の発芽率となったが、6週間後の結果では S 処理区および竹酢区、木酢区、対照区の順となり、各順位間に有意差が認められた (LSD Test, $p=0.05$)。

本実験で用いた種子は来歴が不明であることや種によっては供試種子数が少なく、厳密な結果を得るには問題があった。二つの実験を比較すると、S 処理時間が10分延長することにより *Protea compacta* では発芽率が低下し、一方 *Protea neriifolia* では向上した。このように種によって反応が一

表1. 実験1で使用したワイルドフラワーおよび種子数と8週間後における発芽率

| 種 | 名 | 原産地 ^z | 対照 ^y | | S処理 ^y | |
|--|----|------------------|-----------------|--------|------------------|--------|
| | | | 種子数 | 発芽率(%) | 種子数 | 発芽率(%) |
| <i>Actinostrobos pyramidalis</i> | オ | | 24 | 79 | 25 | 80 |
| <i>Anigozanthos flavidus</i> | オ | | 100 | 56 | 100 | 57 |
| <i>Anigozanthos humilis</i> | オ | | 100 | 0 | 100 | 14 |
| <i>Anigozanthos manglesii</i> ^x | オ | | 100 | 9 | 100 | 62 |
| <i>Anigozanthos manglesii</i> ^x | オ | | 100 | 7 | 100 | 59 |
| <i>Banksia ashbyi</i> ^x | オ | | 3 | 67 | 2 | 100 |
| <i>Banksia ashbyi</i> ^x | オ | | 3 | 67 | 3 | 67 |
| <i>Banksia burdettii</i> | オ | | 4 | 75 | 5 | 100 |
| <i>Callistemon speciosus</i> | オ | | 100 | 8 | 100 | 7 |
| <i>Chamelaucium uncinatum</i> | オ | | 40 | 0 | 40 | 10 |
| <i>Eucalyptus calophylla</i> | オ | | 5 | 80 | 5 | 100 |
| <i>Eucalyptus macrocarpa</i> | オ | | 18 | 50 | 18 | 78 |
| <i>Hakea orthorrhynca</i> | オ | | 2 | 50 | 2 | 100 |
| <i>Helichrysum aurea</i> | オ | | 100 | 15 | 100 | 13 |
| <i>Helichrysum cinianum</i> 'Gabriel' | オ | | 100 | 84 | 100 | 82 |
| <i>Hypocalymma robustum</i> | オ | | 26 | 8 | 26 | 19 |
| <i>Illyarrie sp.</i> | オ | | 9 | 67 | 9 | 78 |
| <i>Nuytsia floribunda</i> | オ | | 4 | 100 | 4 | 50 |
| <i>Protea compacta</i> | 南ア | | 50 | 48 | 50 | 62 |
| <i>Protea cynaroides</i> | 南ア | | 50 | 2 | 50 | 4 |
| <i>Protea nerifolia</i> | 南ア | | 50 | 32 | 50 | 16 |
| <i>Protea repens</i> | 南ア | | 50 | 18 | 50 | 14 |
| <i>Rhodanthe manglesii</i> 'Rose' | オ | | 100 | 71 | 100 | 78 |
| <i>Thysanotus multiflora</i> | オ | | 28 | 14 | 29 | 31 |
| <i>Trachymene caerulea</i> | オ | | 52 | 54 | 53 | 47 |
| <i>Verticordia nitens</i> | オ | | 19 | 6 | 19 | 12 |

^zオ：オーストラリア，南ア：南アフリカを表す。

^y処理区の対照は対照区，S処理はスモーキング処理区を示す。

^x同一種が複数であるのは入手先が異なるため。

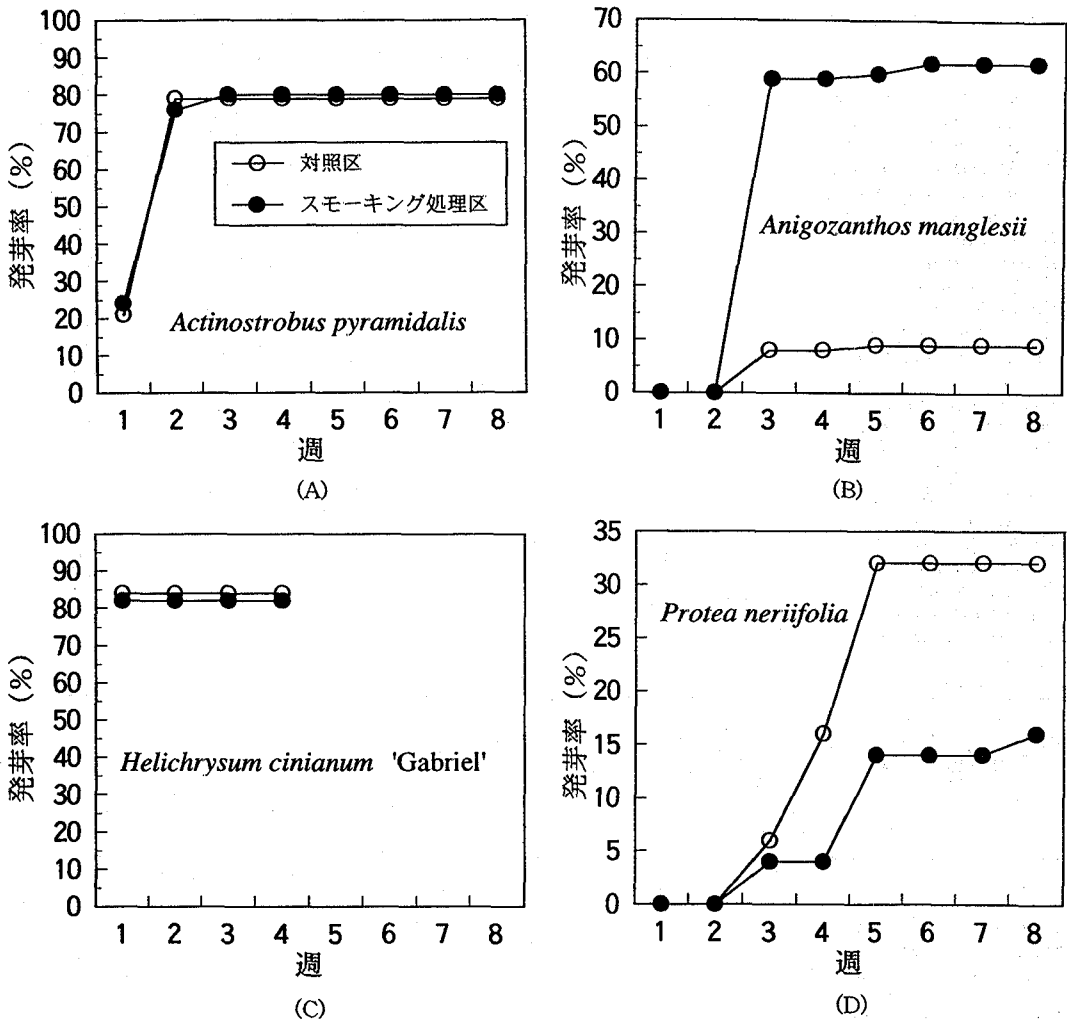
表2. 実験2で使用したワイルドフラワーおよび種子数と6週間後における発芽率

| 種 | 名 | 原産地 ^z | 種子数/区 ^y | 対照(%) | S処理(%) | 木酢(%) | 竹酢(%) |
|---|----|------------------|--------------------|-------|--------|-------|-------|
| <i>Anigozanthos flavidus</i> 'Red' | オ | | 50 | 48 | 48 | 42 | 56 |
| <i>Banksia speciosa</i> | オ | | 50 | 66 | 76 | 68 | 58 |
| <i>Helichrysum cinianum</i> 'Gabriel' | オ | | 50 | 84 | 90 | 92 | 96 |
| <i>Leucadendron discolor</i> | 南ア | | 15 | 0 | 7 | 0 | 0 |
| <i>Leucospermum cordifolium</i> | 南ア | | 50 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pasithea coerulea</i> | 南米 | | 50 | 24 | 10 | 22 | 12 |
| <i>Protea compacta</i> | 南ア | | 26 | 58 | 42 | 35 | 58 |
| <i>Protea cynaroides</i> | 南ア | | 26 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| <i>Protea nerifolia</i> | 南ア | | 25 | 40 | 40 | 48 | 32 |
| <i>Protea repens</i> | 南ア | | 25 | 28 | 12 | 12 | 24 |
| <i>Schizopetalum gayanum</i> | 南米 | | 50 | 10 | 12 | 6 | 8 |
| <i>Schizanthus candius</i> | 南米 | | 50 | 4 | 16 | 0 | 0 |
| <i>Schizanthus grahamii</i> | 南米 | | 50 | 36 | 22 | 38 | 28 |
| <i>Scizanthus hookerii</i> | 南米 | | 50 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| <i>Scizanthus tricolor</i> | 南米 | | 50 | 22 | 24 | 10 | 10 |
| <i>Verticordia chrysantha</i> var. <i>preisii</i> | オ | | 50 | 0 | 4 | 4 | 2 |
| <i>Verticordia forrestii</i> | オ | | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Verticordia monodelpha</i> | オ | | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Verticordia nitens</i> ^x | オ | | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Verticordia nitens</i> ^x | オ | | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |

^zオ：オーストラリア，南ア：南アフリカ，南米：主にチリを指す。

^y実験区：対照区（対照），スモーキング処理区（s処理），木酢区（木酢），竹酢区（竹酢）の4区。
木酢，竹酢処理は1000倍液を播種容器の底穴から滴る程度の量を処理。

^x同一種ではあるが，入手先が異なる。

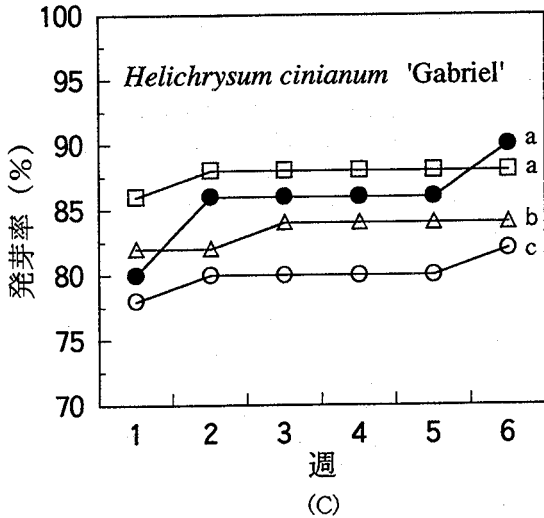
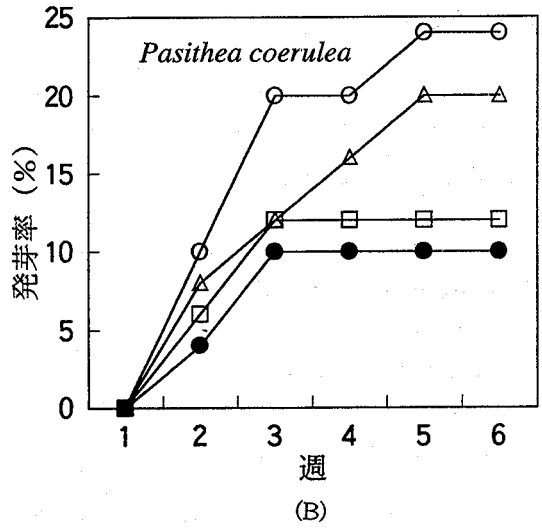
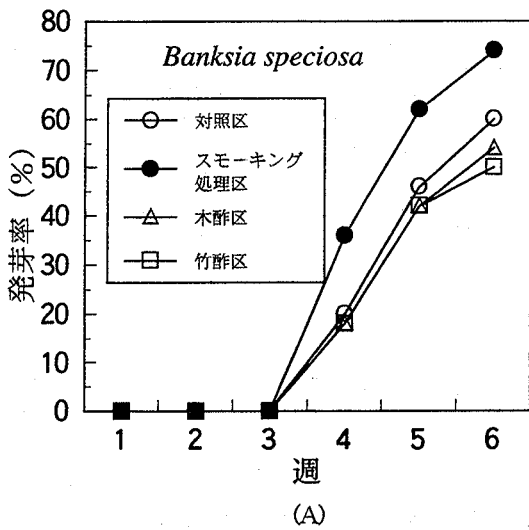


第2図. スモーキング処理後におけるワイルドフラワー種子の発芽率変化

定でなかったが、オーストラリアでは60分間処理しており⁽¹⁾、本研究での処理時間が短かったと判断される。10%のスモークウォーターで12~36時間種子を浸漬する方法⁽¹⁾や、種によって異なるが1~20%のスモークウォーター溶液施与で発芽が促進される⁽²⁾が、スモークウォーターと同様な効果が期待された木酢や竹酢では明確な効果は認められなかった。スモークウォーターは20リットルの水に連続的に60分間煙を通して作製するが、一方、木酢や竹酢は乾留して生ずる気化成分を冷却して液化したもの⁽³⁾であり、当然成分が異なると考えられる。スモークウォーター中には71の活性物質が検出されたが、それらは*Nicotiana attenuata*の発芽に対し促進効果を示さなかった⁽⁴⁾。球根の休眠打破や萌芽がエチレンで促進され^(5,6)、マメ科の*Cyclopia intermedia*や*C. subtemata*では煙中のエチレンが発芽を促し、スモークウォーター中のoctanoic acidが種皮の吸水に関与するとしている⁽⁷⁾。また、山火事が発生しやすい場所と発生しにくい場所に別個に分布する多肉植物*Mesembryanthemaceae*

のそれぞれの種に対し、煙が発芽を促進したことから、煙中の発芽促進成分は、山火事が発生しやすい環境に自生する植物に対してのみ効果的に作用するのではない⁽⁶⁾ことも明らかとなっている。スモーキング処理やスモークウォーターの直接的な発芽促進作用が何によるものか解明が待たれる。

本実験では南半球に自生する植物を材料としたが、スモーキング処理により種子発芽が促進される植物が日本に自生するとの情報は無い。しかし、同じ北半球のアメリカ大陸北部のタイガ地域に



第3図. スモーキング、木酢および竹酢処理後におけるワイルドフラワー種子の発芽率変化

自生するマツ科のジャクパインは、山火事に遭遇してから乾燥した松毬が開き、他の植物の焼け跡に優先的に発芽して純林を形成する。またセコイヤは火事のストレスで充実した種子が生産され、それが樹皮が薄いために山火事で枯死した広葉樹の跡地に若木を生長させる⁽⁹⁾。Great Basin砂漠に自生する野生種のタバコ*Nicotiana attenuata*の種子発芽は、樹木の煙中のイオン化成分により促進され⁽⁴⁾、焼け跡の土でも促進される⁽¹⁰⁾。このように北半球にも、山火事で種子形成あるいは発芽が促進される種もあり、さらに多くの植物での検証が期待される。

本研究で使用したいくつかの植物では、発芽苗を肥料分を含み排水良好な用土に移植すると枯死するものが多かったが、S処理効果の高かった種やS処理で発芽した苗の生存率が高かった(第3表)。この結果は、S処理の効果はただ単に種子発芽ばかりでなく、幼苗の肥料耐性との関係で検討する必要があることを示唆するものと考えられる。

表3. スモーキング処理がワイルドフラワー実生苗の生存に及ぼす影響

| | 苗数 (本) | 生存数 (本) | 生存率 (%) |
|----------------------------------|--------|---------|---------|
| <i>Actinostrobos pyramidalis</i> | | | |
| 対照区 | 18 | 5 | 28 |
| S処理区 | 19 | 9 | 47 |
| <i>Trachymene caerulea</i> | | | |
| 対照区 | 26 | 4 | 15 |
| S処理区 | 25 | 25 | 100 |

摘 要

スモーキング処理 (S処理) で種子発芽が促進される植物が自生するオーストラリア、南アフリカのワイルドフラワーに加え、南アメリカ原産の数種を材料とし、種子発芽に及ぼすS処理の影響について検討した。

1. 20分間のS処理の結果、オーストラリア、南アフリカ原産の24種のうち発芽促進効果が認められたのは *Anigozanthos manglesii*, *Eucalyptus macrocarpa*, *Protea compacta*, *Thysanotus multiflorus* と、播種数あるいは発芽数が少なかった *Anigozanthos humilis*, *Banksia burdettii*, *Hypocalymma robustum*, *Verticordia nitens* であった。一方、*Nuytsia floribunda*, *Protea neriifolia*, *Protea repens* は発芽率が低下し、*Actinostrobos pyramidalis*, *Anigozanthos flavidus*, *Helichrysum cinianum* 'Gabriel', *Rhodanthe manglesii* 'Rose' では効果が認められなかった。

2. S処理を30分間に延長した結果、発芽促進効果が認められたのは *Banksia speciosa* と低い発芽率ではあったが *Schizanthus candius* の2種であり、播種数および発芽率が低かった *Protea cynaroides* もS処理の効果があるように考えられた。一方、*Pasithea coerulea*, *Protea repens*, *Schizanthus grahamii* では発芽率が低下した。*Helichrysum cinianum* 'Gabriel' は前実験と同様に、1週間以内に80%の発芽率となったが、6週間後の結果ではS処理区および竹酢区、木酢区、対照区の順となり、対照区に比べそれぞれの処理の効果が認められた。

3. 発芽苗を肥料分を含み排水良好な用土に移植すると枯死するものが多かったが、S処理効果が高かった種やS処理で発芽した苗の生存率が高かったことから、S処理の効果は種子発芽ばかりでなく、幼苗の肥料耐性とも関与することが示唆された。

引用文献

- 1) Dixon, K. W. and S. Roche. 1996. Using smoke for germinating native Australian plants. Programme and Proceedings of IV National workshop for Australian native flowers. p.126-130.
- 2) Tieu, A., K. Sivasithamparam, K. W. Dixon and J. A. Plummer. 1996. Germination of native Western Australian plants for horticulture using smoke. Programme and Proceedings of IV National workshop for Australian native flowers. p.310-316.
- 3) 岸本定吉. 1991. 木酢・炭で減農薬一使い方と作り方. 農文協.
- 4) Baldwin, I. T. and L. Morse. 1994. Up in smoke. I Smoke-derived germination cues for postfire annual. *Nicotiana attenuata* Torr. Ex. Watson. *Journal of Chemical Ecology* 20(9) : 2345-2371.
- 5) Imanishi, H. 1982. Effects of an exposure to ethylene and smoke on flowering of Dutch iris. *Bull. Univ. Osaka Pref., Ser. B*, 34 : 1-5.
- 6) Imanishi, H. 1983. Effects of exposure of bulbs to smoke and ethylene on flowering of *Narcissus tazetta* cultivar 'Grand Soleil d' Or'. *Scientia Hort.* 21 : 173-180.
- 7) Sutcliffe, M. A. and C. S. Whitehead. 1994. Role of ethylene and short-chain saturated fatty acids in the smoke-stimulated germination of *Cyclopia* seed. *Journal of Plant Physiology* 145(3) : 271-276.
- 8) Pierce, S. M., K. Esler and R. M. Cowkling. 1995. Smoke-induced germination of succulents (*Mesembryanthemaceae*) from fire-prone and fire-free habitats in South Africa. *Oecologia* (Berlin) 102(4) : 520-522.
- 9) 平成雑学研究会編. 1996. 猛烈な山火事で繁殖するジャックパイン。「植物の超能力と不思議パワー」. pp.169-171. コスモ出版.
- 10) Baldwin, I. T. and L. Morse. 1994. Up in smoke. II Germination of *Nicotiana attenuata* in response to smoke-driven cues and nutrients in burned and unburned soils. *Journal of Chemical Ecology* 20(9) : 2373-2391.

(1997年6月30日受理)