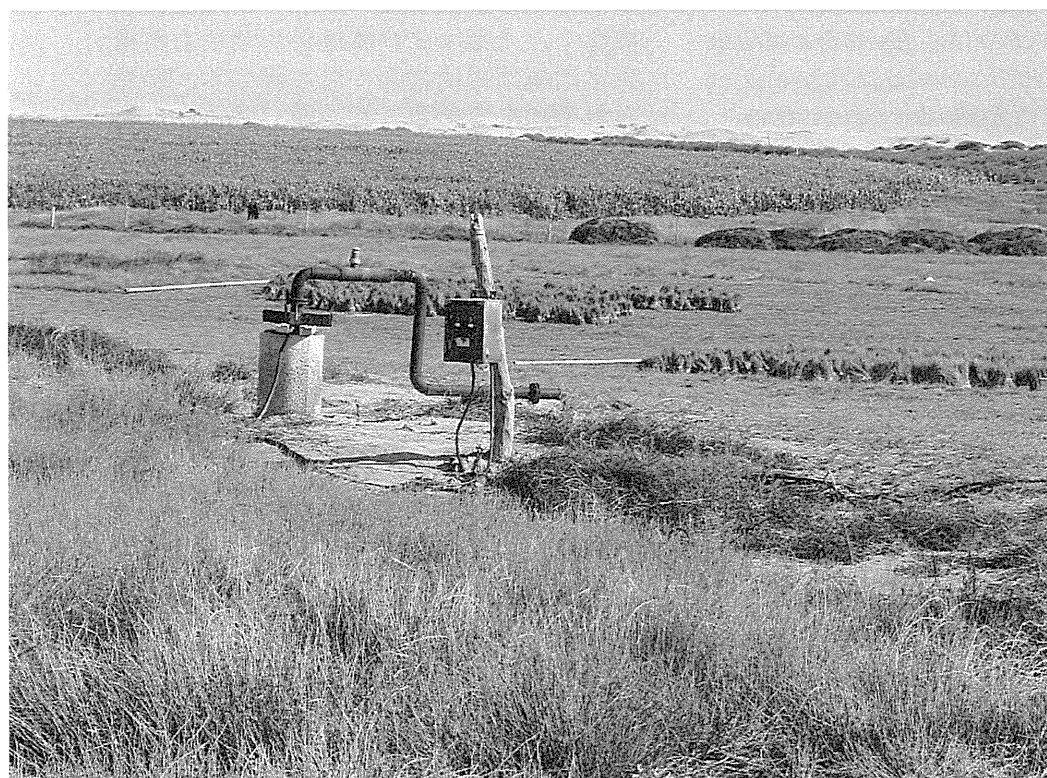


散水設備



移動式の撒水設備



地下水くみ上げ設備

厚生労働科学研究費補助金(創薬基盤推進研究事業)
研究報告書

中国新疆における栽培地調査

研究代表者 御影 雅幸 金沢大学医薬保健研究域薬学系 教授
研究分担者 佐々木陽平 金沢大学医薬保健研究域薬学系 准教授
研究分担者 三宅 克典 金沢大学医薬保健研究域薬学系 助教

研究要旨 日本国内で麻黄原植物の栽培化を実施するにあたり、中国の栽培状況および栽培技術を調査した。調査地域は新疆ウイグル自治区である。この地域では *Ephedra sinica* に加え、一般に栽培し難いとされる *Ephedra equisetina* が栽培されていた。しかしこの地域では一度も収穫されることがなく放棄、転換されていた。

同時に周辺に自生する *E. equisetina* について生育環境とアルカロイド含量の関係も調査した。

研究協力者 松本 昌士 金沢大学大学院自然科学研究科 院 生

A. 研究目的

漢方生薬「麻黄」は『第16改正日本薬局方』で、マオウは、*Ephedra sinica* Stapf、*Ephedra intermedia* Schrenk et C. A. Meyer 又は *Ephedra equisetina* Bunge (*Ephedraceae*) の地上茎であると記載されている。含有成分として、総アルカロイド〔エフェドリン

($C_{10}H_{15}NO$: 165.23) 及びプソイドエフェドリン ($C_{10}H_{15}NO$: 165.23)〕を0.7% 以上を含むものとされている。

「麻黄」は繁用漢方処方である葛根湯や麻黄湯に配合される重要生薬である。現在日本では約600トンを使用しているがその全量を中国からの輸入に依存している。日本向けに麻黄が安く大量に確保することが可能であった過去、大きな問題はなかった。しかし1999年、中国は砂漠化を理由に麻黄の輸出規制を実施した。また近年、中国の経済発展に伴う人件費の高騰などの問題もあり、中国産麻黄を輸入し続ける利点が失われつつある。

この状況を改善するためには中国産「麻黄」への依存度を少しずつ低減していく必要がある。すなわち日本産「麻

黄」を生産し、自給率の向上を目指す。しかし現在、日本産「麻黄」の生産実績はなく、またマオウ属植物の栽培も薬系大学附属薬用植物園の見本園にわずかに見られるのみである。日本産「麻黄」の生産にはまず、マオウ属植物の国内栽培を拡大しなければならない。

マオウ属植物は金沢大学薬学系附属薬用植物園において、国内最多の種類、個体数を有している。本研究課題「能登半島における国産麻黄生産拠点の構築」は保有する *Ephedra sinica* を含む日本薬局方で規定される3種約300株を元に大規模栽培化を推進するが、解決すべき問題は大きく次の2点である。

①大規模栽培に適した種。

②アルカロイド0.7%を達成する条件。

今回の中国新疆調査はこれらの解決を目指して実施した。

B. 調査日および調査日

B-1 マオウ属植物の栽培地調査

平成25年(2013年)6月25日、中華人民共和国新疆ウイグル自治区博楽のマオ

ウ属植物栽培地において調査を行った。この栽培地は、現地付近の住民に存在及び場所を聞き取り調査し、明らかにした場所である（44.5746N, 81.3003E）。

B-2 マオウ属植物自生地調査

新疆ウイグル自治区東北部において、様々な環境に生育するマオウ属植物を採集した。具体的に、岩や砂などの土壤環境、および日照時間（西向き、東向き斜面）である。

C. 調査研究結果

C-1 マオウ属植物の栽培地調査

【現状】新疆ウイグル自治区博楽市で探し当てたマオウ属植物栽培地は同年の春にトウモロコシ栽培に転換されていた。生育しているトウモロコシの株元には掘り起こされたマオウ属植物の根が転がっていた。正に栽培跡地であった。しかしながら、トウモロコシ畑の端に面したすぐ横1畝のみにマオウ属植物が残っていた。この理由は、トウモロコシの管理目的の灌水が行き届いたためであった。

【栽培の経緯】この地でマオウ属植物の栽培を開始した理由は、8年ほど前、政府の政策によりマオウ栽培を行うと補助金が出たことによる。一方で、栽培方法に関する指導は何もなかったという。3年間で収穫物を国が回収する予定だった。育苗容器に種子をまき、圃場に植え付けた。その後、肥料や水など特に管理も行わなかった。8年間毎年助成金をもらい、この年助成金対象の最後の年なのでトウモロコシに転作したとのこと。当時は5軒ほど栽培者がいたが、今はだれもいない。マオウ属植物1ムー（中国の面積単位、約666 m²）あたりの補助金は160元であるが、トウモロコシを栽培すると500元の収入がある。

【栽培状況】栽培されていた植物種は *E. sinica* と *E. equisetina* の2種類。種子が送られてきて早春に種まきして7～8月、圃場に定植したとのこと。

C-2 マオウ属植物自生地調査

新疆ウイグル自治区東北部では主に *E. equisetina* の自生地調査を実施した。

これまで岩場に生育するマオウ属植物はアルカロイド含量が高いと言われていたが、今回の調査では必ずしもそうではないことを明らかにした。

また、日照時間との関連性を調べる目的で斜面の東向き、西向きに生育する個体群を比較したが、明確な傾向は得られなかった。（詳細後述）

D. 考察

これまで栽培が困難とされていた *E. equisetina* が栽培されていた。条件が合えば栽培が可能であることが明らかにされた。また播種から定植までの期間が短いようだったが、十分大きな株に育っていた。活着率は不明だが、ほとんど管理されていなかったことを考えると活着率は高いようであった。

E. 結論

中華人民共和国新疆ウイグル自治区博楽における現地調査を実施し、大規模栽培化に向けた有意義な結果を得ている。

また、新疆ウイグル自治区での自生環境とアルカロイド含量より、今後の栽培管理に対する情報をえた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし。

2. 学会発表

なし。

H. 知的財産の出願・登録状況

（予定を含む）

1. 特許取得

なし。

2. 実用新案登録

なし。

3. その他

なし。



図1. マオウ属植物栽培地跡

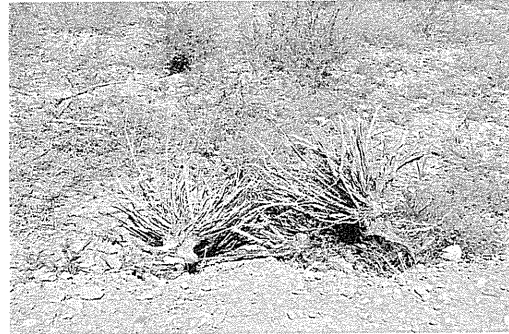


図2. 掘り起こされたマオウ属植物



図3. *Ephedra equisetina* 栽培株



図4. *Ephedra sinica* 栽培株

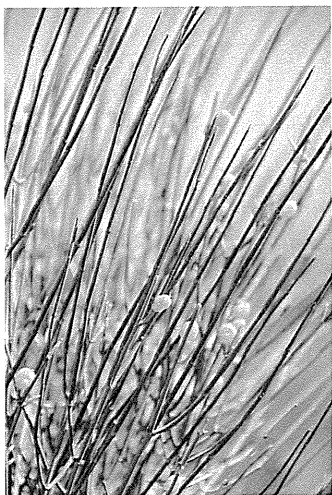


図5. *Ephedra equisetina* 雌株



図6. *Ephedra sinica* 雌株

同所的に栽培された *Ephedra sinica* Stapf と *E. equisetina* Bunge のアルカロイド含量

研究代表者 御影 雅幸 金沢大学医薬保健研究域薬学系教授
研究分担者 佐々木 陽平 金沢大学医薬保健研究域薬学系准教授

日本でマオウを栽培する際の栽培適種を調査する目的で、中国新疆で同所的に栽培されていたシナマオウ *Ephedra sinica* Stapf とキダチマオウ *E. equisetina* Bunge のアルカロイド含量の調査を行なった。その結果、*E. equisetina* の方が有意にアルカロイド含量が高かった。本種は一般に栽培が困難であるとされるが、栽培麻黄のアルカロイド含量を確保するためには、今後本種の栽培法を検討する必要もあると判断した。

研究協力者 松本 昌士 金沢大学大学院自然科学研究科大学院生

A. 研究目的

代表者らはすでにネパールヒマラヤ産の *Ephedra gerardiana* Stapf 及び *E. pachyclada* Boiss.（実際は *E. gerardiana* と *E. intermedia* Schrenk et C.A.Meyer の交雑種）の含有アルカロイドは生育地の土壌 pH と相関していることを明らかにし、また、中国やモンゴル産の *E. sinica* Stapf (= *E. dahurica* Turcz.) については降雨量の少ない場所に生えるものがアルカロイド含量が高いことを明らかにした。このことは、マオウ属植物のアルカロイド含量は遺伝的要因以上に、生育地の環境に左右されていることを示唆している。本研究事業における中国新疆の調査時に、同所的に栽培されている *E. sinica* と *E. equisetina* Bunge を採集し得たので、それらのアルカロイド含量を調査した。

B. 研究方法

平成 25 年 6 月 25 日に新疆博楽市の麻黄栽培地において現地調査した。調査地では、栽培状況、収穫状況等を調査するとともに、管理人に直接会って聞き取り調査を行ない、分析用サンプルを採取し、帰国後種同定し、日本薬局方に準じて HPLC 法によりアルカロイド含量（エフェドリン+プソイドエフェドリン）を測定した。

（倫理面への配慮）
該当なし

C. 研究結果

栽培は 9 年前に播種した苗を定植し、その後の灌水や施肥は一切されておらず、また採集もされていなかった。*E. sinica* 7 株と *E. equisetina* 6 株から採取した試料についてアルカロイド含量を測定した。その結果、*E. sinica* では日局の基準である 0.7 % を下回る試料が 1 株認められ、後者ではそのような試料はなかった。平均含量は前者で 0.80%，後者で 2.32% であった。以上、同所的に同期間栽培された *E. sinica* と *E. equisetina* では、*E. equisetina* の方がアルカロイド含量が有意に高かった。

D. 考察

同所的に同一期間栽培されている、すなわち同一条件で 8 年間栽培されてきた 2 種のマオウ属植物は、アルカロイド組成比、含有量ともに異なり、*E. equisetina* の方が有意に高いアルカロイド含量を示した。このことは同一環境下では *E. equisetina* の方がアルカロイド産生量が多いことを示唆している。本種の栽培は *E. sinica* に比して困難であるとされているが、一般に栽培麻黄はアルカロイド含量が低いことから、栽培品のアルカロイド含量確保のためには、今後、本種の栽培法を検討する価値があると判断された。

一方、調査した栽培地では定植後、一度も灌水や施肥をしていないと聞いた。麻黄栽培において

最大の問題は除草であり、除草を怠ると背丈が高い雑草に覆われてマオウ属植物は容易に枯れる。除草作業なしに9年間無事に生育してきたことから、この土地での降雨量はきわめて少ないものと判断される。*E. sinica* のアルカロイド含量が比較的高いのも降雨量が少ないことが影響しているものと考えられた。また同時に、発芽苗を定植した後に（4月に播種して9月頃定植したと聞いた）灌水することは必須作業であると考えられるが、調査地での欠株は目立たなかった。今年度の内蒙古自治区の栽培地での調査において（別掲）も、地上部の成長期が過ぎれば根を延ばすために灌水を控えるという情報を得ている。本調査を通して、定植後の灌水についても検討する余地があると思われる。

E. 結論

麻黄の国産化において最大の問題点はアルカロイド含量が日局規定の0.7%を超えることである。今回の調査で、同一環境下では *E. sinica* より *E. equisetina* の方がアルカロイド生産量が多いことが明らかになった。一般に栽培される *E. sinica* にはアルカロイド含量が低いことが知られているので、今後は比較的栽培が困難とされる *E. equisetina* の栽培をも検討する必要がある。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

該当なし

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定も含む）

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

(%)

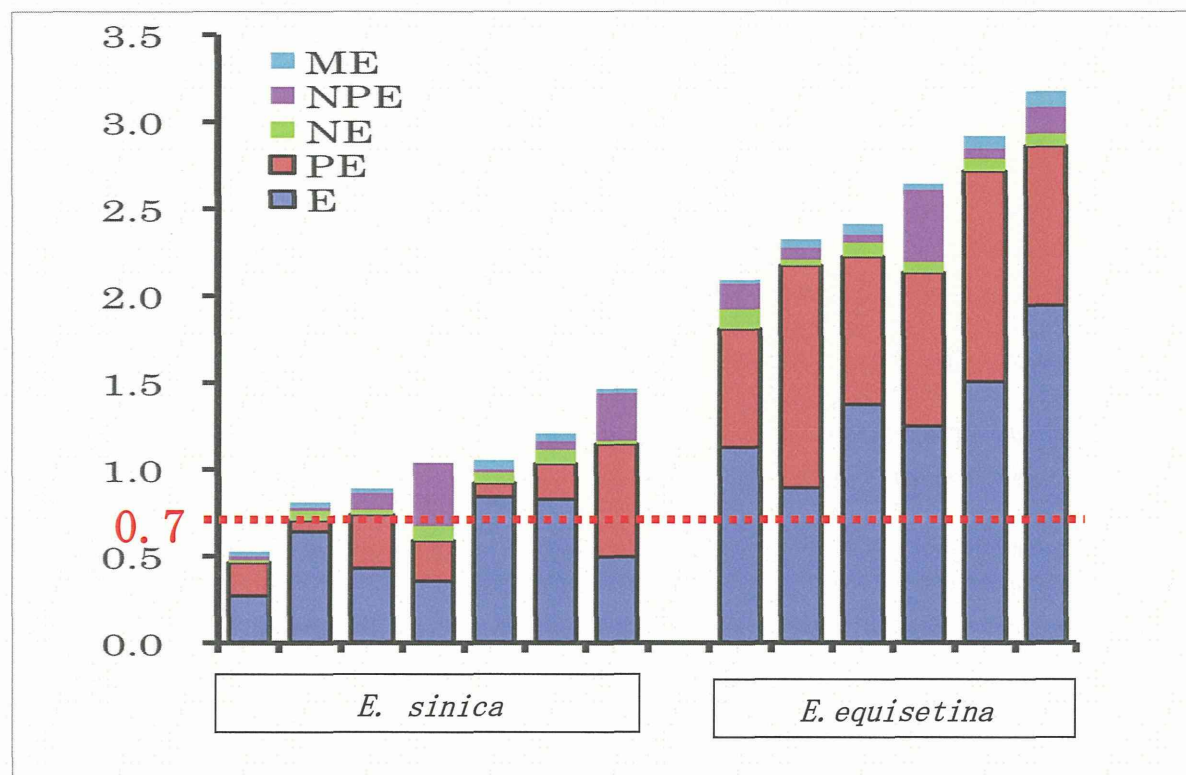


図1 新疆省博樂市で同所的に栽培された *Ephedra sinica* と *E. equisetina* のアルカロイド含量

	E	PE	NE	NPE	ME	all E	サンプル No.	備考
E.sinica	0.27	0.19	0.01	0.02	0.02	0.52	130625A-4	♀
	0.64	0.07	0.06	0.02	0.03	0.81	130625A-6	—
	0.43	0.31	0.03	0.10	0.02	0.89	130625A-12	—
	0.36	0.23	0.08	0.37	0.00	1.04	130625A-13	—
	0.84	0.08	0.06	0.02	0.05	1.05	130625A-5	—
	0.83	0.21	0.08	0.05	0.04	1.21	130625A-3	—
	0.50	0.65	0.02	0.28	0.02	1.47	130625A-7	—
E.equisetina	1.13	0.68	0.12	0.15	0.02	1.81	130625A-1	♀
	0.89	1.28	0.03	0.07	0.05	2.18	130625A-11	—
	1.38	0.85	0.08	0.04	0.06	2.23	130625A-8	—
	1.25	0.88	0.06	0.41	0.03	2.13	130625A-9	—
	1.51	1.21	0.07	0.06	0.07	2.72	130625A-10	—
	1.94	0.92	0.07	0.15	0.09	2.86	130625A-2	♀

表1 分析データ (E, エフェドリン, PE, プソイドエフェドリン)

***E. equisetina* と *E. major* ssp. *procera* の分類学的位置に関する研究**

研究代表者 御影 雅幸 金沢大学医薬保健研究域薬学系教授

漢方生薬麻黄の原植物は JP 16 によって *Ephedra. sinica*, *E. intermedia*, *E. equisetina* の 3 種が規定されている。しかし、日本には *Ephedra* 属植物は自生しておらず、必要量の全量を中国からの輸入に依存している。近年中国はマオウの輸出を規制し今後入手が困難になることが予想される。その為中国以外からの輸入や、JP16 収載種以外の利用を検討する必要がある。そこで *E. equisetina* と同種であるとする説がある *E. major* ssp. *procera* の ITS1 領域及びアルカロイド含量を解析することによって *E. major* ssp. *procera* が生薬として利用可能か検討した。その結果、*E. major* ssp. *procera* と *E. equisetina* の ITS1 領域の塩基配列は 1 塩基の違いであり、別種とするよりは *E. major* ssp. *procera* を *E. equisetina* の亜種あるいは変種とする事が適切であるとする結果が得られた。また、アルカロイド含量も JP16 の規定を満たすことから生薬麻黄として利用可能である事が示唆された。

研究協力者 安藤 広和 金沢大学大学院医薬保健学総合研究科

A. 研究目的

生薬『麻黄』は日本や中国などで伝統的に使用される生薬である。発汗、解熱、鎮咳などの目的で、葛根湯や麻黄湯などの漢方処方に配合されている。JP16 には *Ephedra sinica* Stapf, *E. intermedia* Schrenk et C.A. Meyer, *E. equisetina* Bunge の 3 種が収載され、総アルカロイド（エフェドリン及びブソイドエフェドリン）0.7%以上を含むと規定されている。日本に *Ephedra* 属植物は自生しておらず、中国からの輸入に依存している。近年、資源の保護、砂漠化防止のため、中国は未加工品のマオウの輸出を規制している。国内での試験栽培が行われているが、安定して総アルカロイド 0.7% 以上のマオウを生産する事が最大の問題点である。その為、中国以外の国からの輸入や、JP16 収載種以外の利用を検討する必要がある。また、*Ephedra* 属植物は外部形態的な分類形質が少なく、種分類が困難な一群である為、種の位置づけが常に議論されている。特にアルカ

ロイド含量が高いとされている *E. equisetina* と *E. major* Host ssp. *procera* (C.A.Mey.) Bornm. との区別は不確かであり混乱している¹⁾。そこで、本研究では、*E. equisetina* の代替種として考えられる *E. major* ssp. *procera* に関して、塩基配列及びアルカロイド含量を明らかにし、生薬麻黄として利用可能か検討した。

B. 研究方法

本研究に使用した試料の詳細を表 1 にまとめた。中国及びモンゴルで採集した *E. equisetina* 58 検体、トルコで採集した *E. major* ssp. *procera* 23 検体を実験材料とした。

1) ITS1 領域の DNA 解析

各試料 50-100 mg を液体窒素下で粉碎し、DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN) を用いて全 DNA を抽出した。ITS 領域の増幅は PCR 法により行った。試料溶液は、

10 × PCR buffer for KOD-Plus 2.5 μL, dNTP 0.2 mM 2.5 μL, MgSO₄ 1.0 mM 1.0μL, forward primer 0.4 mM 0.5μL, reverse primer 0.4 mM 0.5μL, 全 DNA 100-120 ng, 0.5 units of KOD-Plus DNA polymerase (TOYOBO) 0.5 μL, H₂O で全量 25 μL とした. 使用した primer および PCR プログラムは以下に示した. 3 μL の PCR 産物を 1.5 % のアガロースゲルを用いて電気泳動し, ITS 領域の増幅を確認した後, QIA quick PCR Purification Kit (QIAGEN) を用いて PCR 産物を精製した.

forward primer

Eph-1F2 5'- ACG TCG CGA GAA GTT CAT TG -3'

reverse primer

5.8SR 5'- CGG GAT TCT GCA ATT CAC AC -3'

PCR program

Hot start 94°C 2 min

Number cycles 30

denaturation 94°C 15 sec

annealing 55°C 30 sec

extension 68°C 45 sec

final extention 68°C 5 min

Fin Hold 4°C

精製した PCR 産物は BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) を用いて反応を行った. 使用した primer および sequencing プログラムは以下に示した. 反応産物を精製し, ABI PRISM 310 Genetic Analyzer (Applied Biosystems) を用いて解析を行った. DNA 配列は DNASIS version 3.0 software (Hitachi) を用いて解析した. 混合塩基が認められた場合は, 得られたエレクトロフェログラムを目視によって確認した.

forward primer

Eph-1F2 5'- ACG TCG CGA GAA GTT CAT TG -3'

Eph-A 5'- GCG GGG ACG TGG ACG GTC TT -3'

Eph-D 5'- CCC TTC CCC GTG TAA CAC GC -3'

reverse primer

Eph-ohk3 5'- GAA AGG AAA TAG CGC CGG TC -3'

5.8SR 5'- CGG GAT TCT GCA ATT CAC AC -3'

Cycle sequencing program

Hot start 96°C 2 min

Number cycles 25

96°C 10 sec

50°C 5 sec

60°C 4 min

Fin Hold 4°C

2) HPLC 法によるアルカロイド分析

HPLC 法によってエフェドリン (E), プソイドエフェドリン (PE), ノルエフェドリン (NE), ノルプソイドエフェドリン (NPE), メチルエフェドリン (ME) の含量を測定した. 試料調製は以下に行った.

1. 試料の草質茎を粉砕し, 得られた粉末を 105 °C, 15 時間乾燥させた.
2. 粉末 100 mg を正確に量りとり移動相を 5.0 mL 加えて室温で 20 分間放置した.
3. 25 分間超音波抽出した後, 3000 rpm, 15 分遠心した.
4. 上澄み液を 0.45 μm フィルターで濾過したものを試料溶液とした.

HPLC 測定機器・条件

Pump ; L-2130, Autosampler ; L-2200, UV detector ; L-2400, Integrator ; D-2500 (以上, Hitachi). Column ; Handy ODS (4.6 mm I.D × 250 mm) No.14562 (Wako), Column temperature ; 室温, Flow rate ; 1.0 mL / min, Wavelength ; 210 nm. Mobile phase ; CH₃CN / H₂O / H₃PO₄ / SDS·Na = 195 mL / 305 mL / 0.8 mL / 2.4 g

(倫理面への配慮)

該当なし

C. 研究結果

1) ITS1 領域の DNA 解析

E. equisetina 58 検体, *E. major* ssp. *procera* 23 検体について ITS1 領域の DNA 配列を検討したところ, 全てにおいて解析可能であった. 特に注目すべき配列

(807 番目から 835 番目) を図 1 に示した. *E. major* ssp. *procera* の ITS1 領域の塩基配列は DNA Data Bank of Japan

(DDBJ) に登録されている *E. major* ssp. *procera* の配列 (登録名は *E. major*)

(HQ882785) と一致した. また, *E. equisetina* の配列 (GU968572) と一致した. しかし, *E. equisetina* の ITS1 領域の塩基配列は, 807 番目までは, DDBJ に登録されている *E. major* ssp. *procera* 及び *E. equisetina* の配列 (GU968572) と一致したが, 808 番目以降の配列は 2 種の配列を重複に認め, *E. equisetina* の配列

(GU968572) と *E. equisetina* の配列 (GU968572) が 1 塩基ずれた配列となり, 1 塩基挿入に基づく 2 種類の異なる塩基が重なって認められた.

2) HPLC 法によるアルカロイド分析

E. major ssp. *procera* 23 検体のアルカロイド解析結果を図 2, 図 3 に示した. 平均総アルカロイド含量 (エフェドリン及びプソイドエフェドリン) は 0.70% であった. 5 地点中 3 地点で JP16 の規定を超えていた.

また, プソイドエフェドリンに対するエフェドリンの組成比は 0.26 でありプソイドエフェドリンを多く含有していた. また, Karadiken, Kirikkale ではエフェドリンが検出されなかった.

E. equisetina 58 検体のアルカロイド解析結果を図 4, 図 5 に示した. 平均総アルカロイド含量 (エフェドリン及びプソイドエフェドリン) は 1.71% であった. 6 地点全てで JP16 規定を超えていた. また, プソイドエフェドリンに対するエフェドリンの組成比は 18.9 であり, エフェドリンを多く含有していた. また, 新疆, 河北省の検体ではエフェドリンが多く, 青海省, 甘肅省, 内蒙古, モンゴルの検体ではプソイドエフェドリンが多く含有していた.

D. 考察

1) ITS1 領域の DNA 解析

ITS1 領域の DNA 配列を解析する事によって *E. major* ssp. *procera* は DDBJ に登録されている *E. major* ssp. *procera* の配列 (HQ882785), *E. equisetina* の配列 (GU968572) と一致する事が確認できた. 一方で, 今回解析した *E. equisetina* は DDBJ に登録されている *E. equisetina* の配列 (GU968572) とは 808 番目以降が異なる事が明らかになった. *E. equisetina* の 808 番目以降の配列は, 同じ配列が 1 塩基ずれた重複配列であり, メインピークを基に塩基配列を決定すると, *E. equisetina* の配列 (GU968572) と一致した. *E. equisetina* の配列 (GU968572) と *E. major* ssp. *procera* の配列は一致する為, 1 塩基のみ異なる事となる. 以上の事より両種は近縁関係にあり, 別種とするには相同性が高い. その為 *E. major* ssp. *procera* を *E. equisetina* の亜種あるいは変種とする事が適切である.

2) HPLC 法によるアルカロイド解析

今回解析した *E. major ssp. procera* 及び *E. equisetina* のアルカロイド含量は 0.7% 以上であり、日局規定を満たしたことから、含有成分においては *E. major ssp. procera* も生薬麻黄として利用可能であると考えられる。また、アルカロイドの組成は、同一種においても採集地点によって異なる事が明らかになった。Matsumoto らの報告によると、クローン株を異なる場所で栽培してもエフェドリン、プソイドエフェドリンの組成比は一定であるため、環境要因には依存しないと報告している。以上の事を考慮するとアルカロイドの組成は個体によって異なるため種の鑑別には利用できないと考えられる。

E. 結論

ITS1 領域の DNA 解析結果より *E. major ssp. procera* と *E. equisetina* では 1 塩基異なるのみであり、別種とするよりは亜種あるいは変種とする事が適切である。また、含有成分においては、JP16 規定の 0.7% 以上であったことから *E. major ssp. procera* は生薬麻黄として利用できる事が示唆された。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

安藤広和, 松本昌士, Nathalie Allain, Maksut COŞKUN, Turgut YILMAZ, 御影雅幸, *Ephedra equisetina* 並びにその関連種の DNA 及びアルカロイド解析, 日本薬学会第 133 年会 (横浜) (2013 年 3 月, 神奈川)

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定も含む)

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

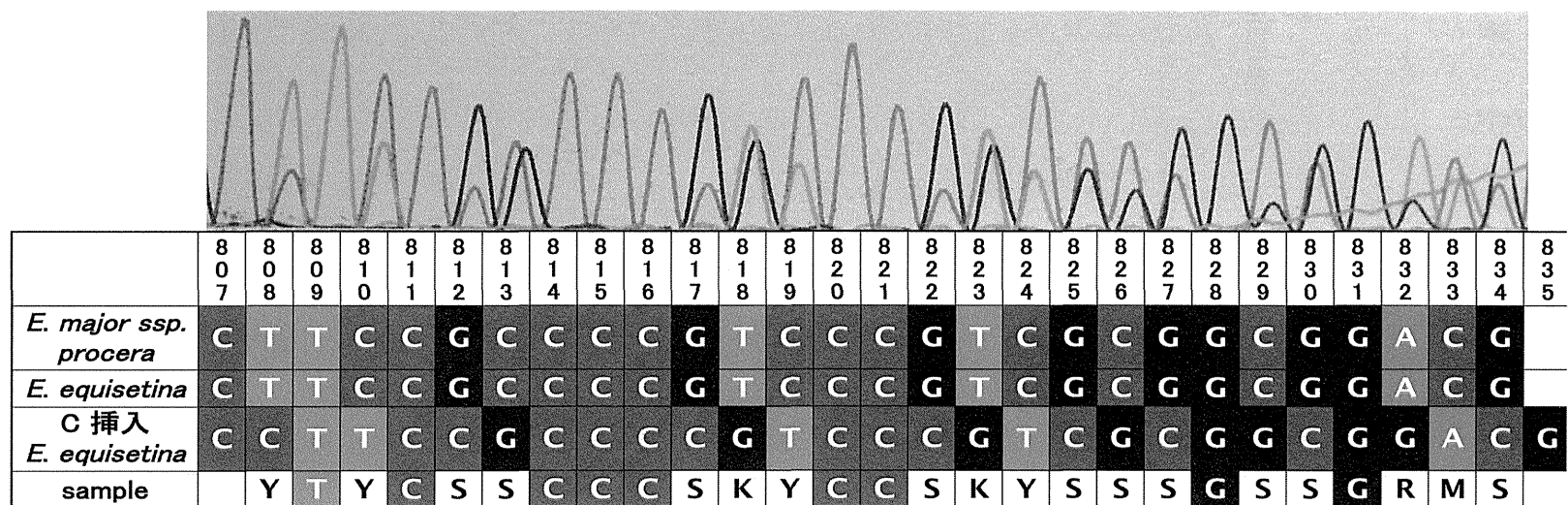
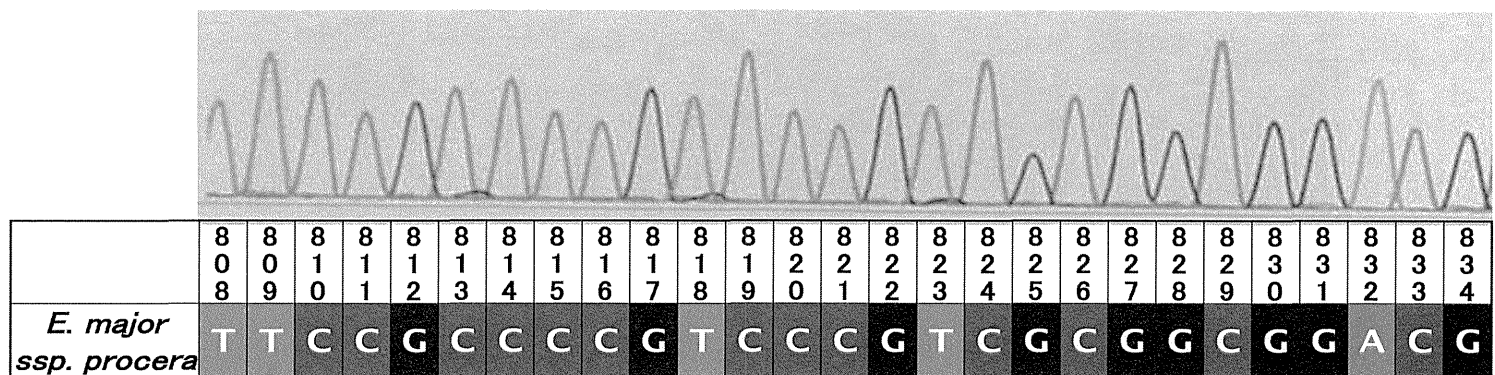
I. 参考文献

1) Rydin C., Khodabandeh A. & Endress P. K., The female reproductive unit of *Ephedra* (*Gnetales*): comparative morphology and evolutionary perspectives., *Bot. J. Linn. Soc.* **163**: 387–430 (2010)

表 1 実験材料

	sample ID	採集地		入手年
<i>E. equisetina</i>	71031~71034	新疆	青河県	2012 年
	71036~71038		富蘊県	
	71121~71124		富蘊県	
	71201~71204		富蘊県	
	71301, 71302		富蘊県	
	02136	河北省	張家口市 下花園区後峰	2002 年
	02612-1~3		張家口市 下花園後峰	
	02303-1, 02303-2	青海省	循化県 馬耳坡村 草環子	2002 年
	02304, 02305		西寧市大通県 大通郷老爺山	
	02314	甘肅省	山丹県 清泉鎮大紅寺	2002 年
<i>E. major ssp. procera</i>	02356		古浪県 十八里堡郷	
	02359			
	1007221, 1007222	内蒙古	巴彥淖爾市 烏拉特中旗	2010 年
	1007224~1007228		巴彥淖爾市 烏拉特後旗	
	90815102~90815106		阿拉善左旗 烏力吉蘇木	2009 年
	06C3024, 06C3025	新疆	哈密市 天山南区南山口	2006 年
	06C3046		石頭山	
	06C3047~06C3049		富蘊県 烏恰溝	
	06C3051		阿勒泰市	
	06C3056, 06C3057		吉木乃県	
	06C3062, 06C3063		S220 88km	
	06C3091, 06C3092		新源県	
	06C3094, 06C3095		天山天池入口	
	06C3138			
	20531022, 20531023	モンゴル	Bayanhongor 地区	2005 年
	20531051		Dundgovi 地区	
	U120330	トルコ	Karadiken	2012 年
	U120620		Kaiseri	
	U62921~U62923		Kirikkale	
	U62901~U62906		Cappadocia	
	U63001~U63010		Ankara	
	U70101,U70102			

図 1



M : A and C, R : A and G, W : A and T, Y : C and T, S : C and G, K : G and T
E. equisetina (NCBI : GU968572), *E. sinica* (NCBI : AY394071)

図2 *E. major* ssp. *procera* のアルカロイド含量

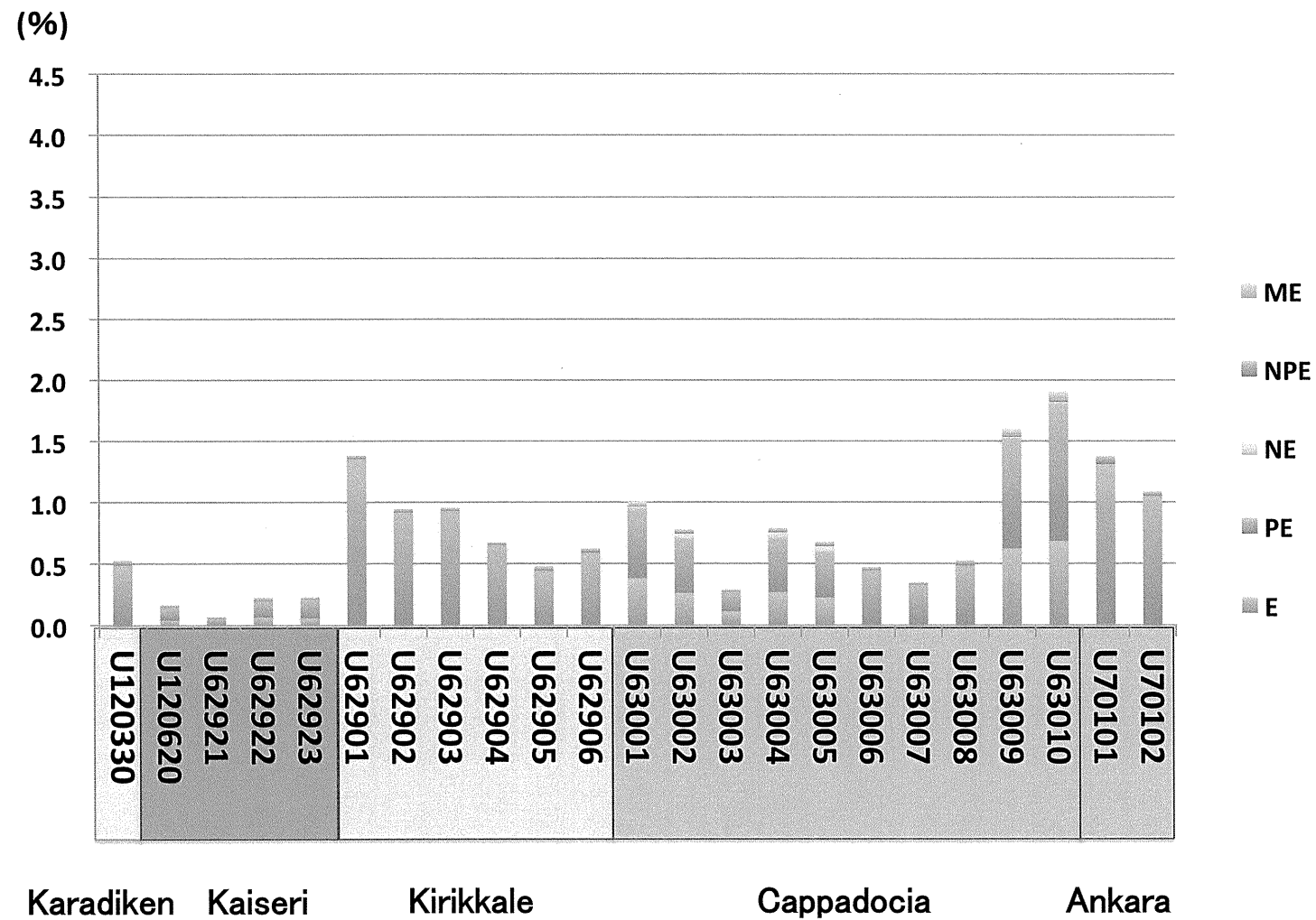


図3 *E. major* ssp. *procera* のアルカロイド組成比

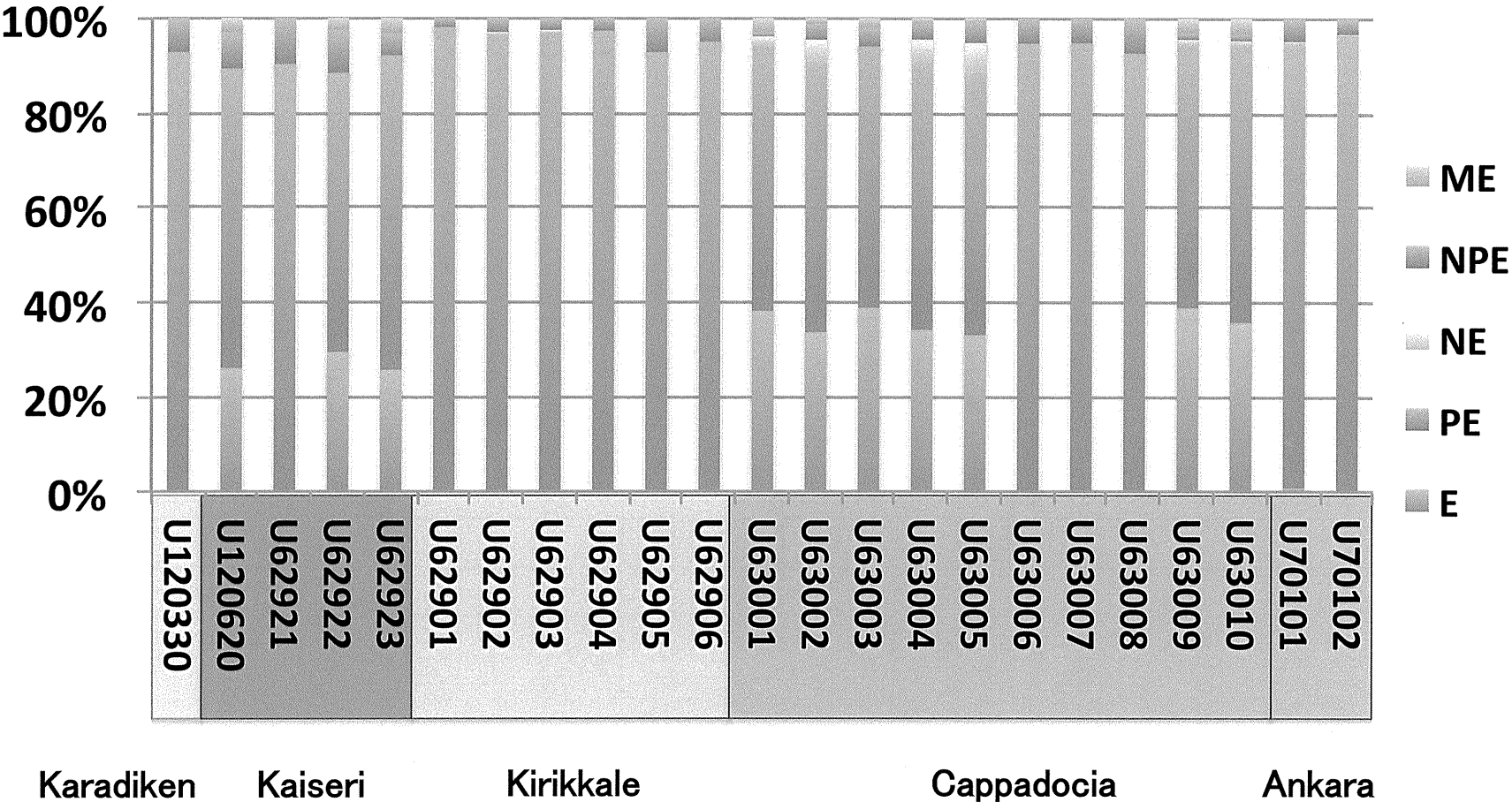


図4 *E. equisetina* のアルカロイド含量

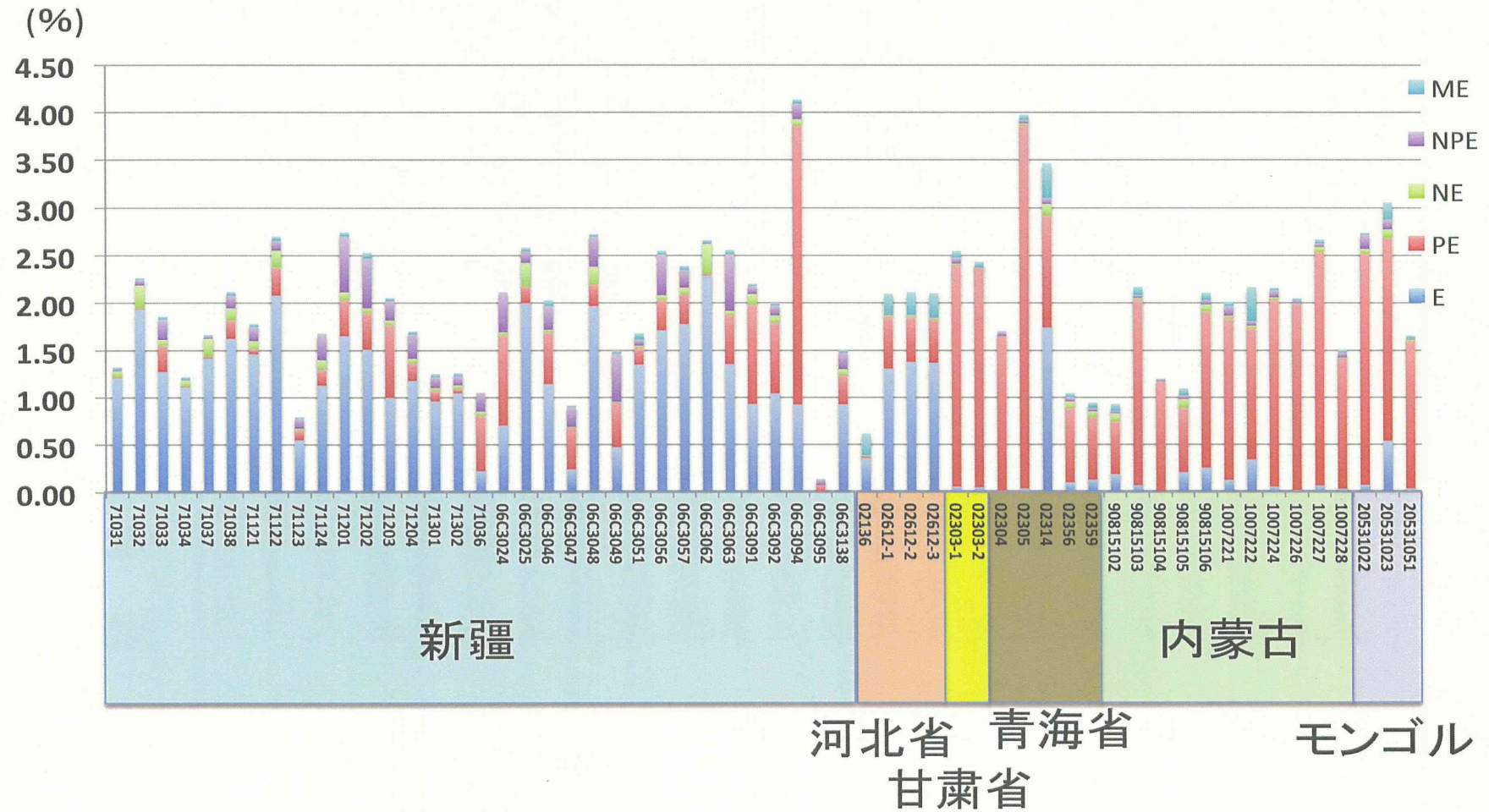
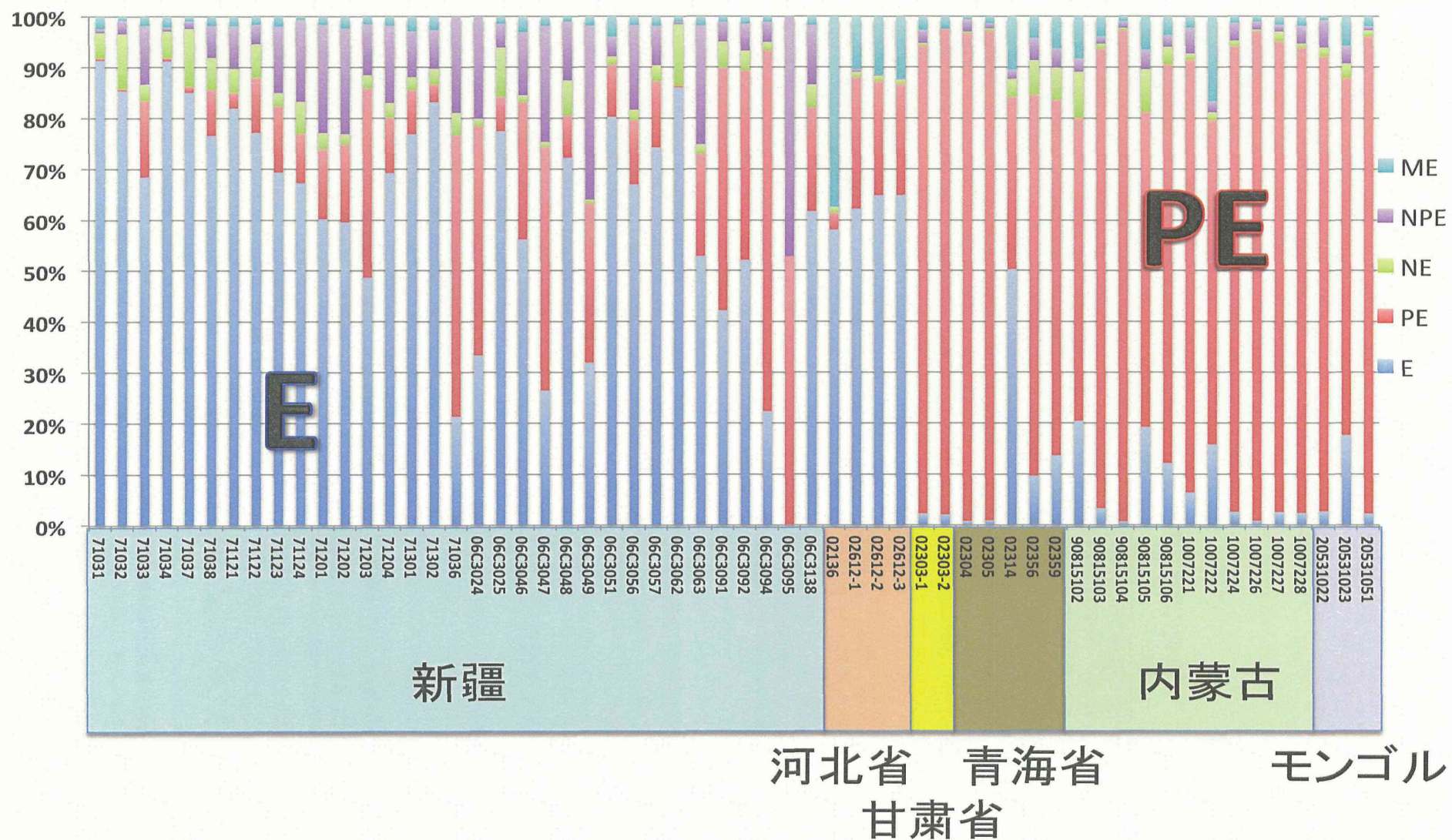


図5 *E. equisetina* のアルカロイド組成比



マオウ種子の発芽に関する検討

研究代表者 御影 雅幸 金沢大学医薬保健研究域薬学系教授

中国で栽培用に流通するマオウの種子には発芽率に大きな変動があるという情報を得た。マオウの種苗生産に際して、種子による種苗生産は非常に重要である。そこで、入手した野生品ならびに栽培品の株などから得た様々な種子の発芽率を検討した。その結果、株によって発芽率に大きな変動が認められ、栽培者から得た情報を裏付けることができた。

研究協力者 金田 あい 金沢大学医薬保健研究域薬学系

A.研究目的

マオウの種苗生産に際して、中国では種子が出回り、栽培者はそれを播種して育苗している。一方、栽培者によれば、種子の発芽率に大きな変動があり、良い種子を得ることが重要であるとされる。そこで、入手した様々な種子の発芽率を検討した。

B.研究方法

金沢大学薬学系附属薬用植物園で24株の *Ephedra sinica* に結実した種子、中国から入手した *E. sinica* 種子、*E. intermedia* 1株からの種子、*E. equisetina* 3株からの種子、トルコから入手した *E. major* 1株からの種子をオアシスベッド、紙ポット、セルトレイ等に播種して発芽率を調査した。

(倫理面への配慮)

該当なし

C.研究結果

薬用植物園内で株ごとに採取した種子の発芽率は4～96%（平均 41%）と大きくばらついた。同じ株から異なる年度に結実した種子の発芽率も一定していなかった。一方、同じ株からの種子を時期を変えて播種した結果は比較的安定していた。なお、定植後を含め、発芽後に枯死する株も見られた。

D.考察

金沢大学薬学系附属薬用植物園で結実した種子でも株ごとに発芽率が大きく異なったことから、株による性質である可能性があるが、詳細は不明である。一方、同一年に同一株から得られた種子の場合は播種時期に関わらず発芽率が安定していたことから、

中国での栽培者からの情報とおり、種子（ロット）による発芽率の違いがあるものと判断された。同一株でも異なる年度に採取したものは発芽率が異なったことから、受粉した雄株の影響も考えられる。なお、野生では種子への寄生虫（小型の寄生バチの仲間）の寄生が確認されており、野生からの採集品では虫害を受けている可能性が考えられるが、薬用植物園では確認されていないので、発芽率の低下は別の要因であると考えられる。

E.結論

実験に供した種々の種子の発芽率に大きな変動が認められ、購入する種子によって発芽率が大きく異なるとする中国の栽培者から得た情報を裏付けることができた。金沢大学薬学系附属薬用植物園で結実した種子も株により大きく変化し、また同一株から異なる年度に採取した種子も発芽率が変動したことから、発芽率を変化させる要因については現時点では不明である。

F.健康危険情報

該当なし

G.研究発表

該当なし

H.知的財産権の出願・登録状況（予定も含む）

1. 特許取得

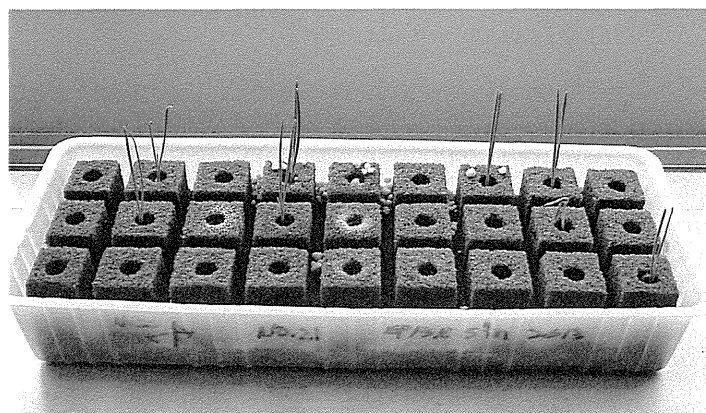
該当なし

2. 実用新案登録

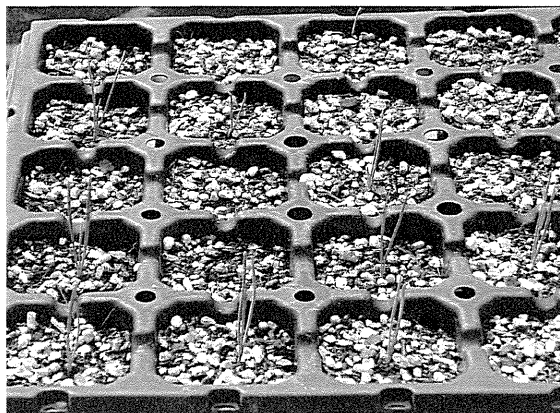
該当なし

3. その他

該当なし



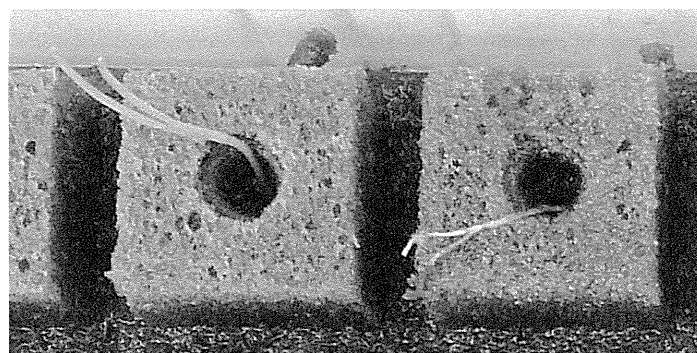
オアシスベッドでの発芽状況



セルトレイでの発芽状況



紙ポットでの発芽状況



発芽後に枯れた株(右)



マオウ種子 (左: *E. sinica* 右: *E. intermedia*)

厚生労働科学研究費補助金(創薬基盤推進研究事業)
研究報告書

シナマオウの増殖法の検討 ―株分け法―

研究代表者 御影 雅幸 金沢大学医薬保健研究域薬学系教授
研究分担者 佐々木 陽平 金沢大学医薬保健研究域薬学系准教授
研究分担者 三宅 克典 金沢大学医薬保健研究域薬学系助教

日本薬局方に収載され、また中国で一般に栽培されている漢方生薬「麻黄」の1原植物であるシナマオウ *Ephedra sinica* Stapfを栽培する際の苗を得る目的で、株分け法を検討した。その結果、根茎を引いて生育している株は根茎部を切り分けることで容易に増殖することができた。また、非効率的であるが、まだ根茎を引いていない播種後4年生株からも株分けで1株あたり2～3株の新苗を得ることができた。

研究協力者 倪 斯然 金沢大学大学院自然科学研究科院生

A.研究目的

漢方生薬「麻黄」の栽培は中国で1980年代から盛んになり、現在では主として *Ephedra sinica* Stapf が栽培され、苗の確保は主として種子繁殖に依っている。一方、現時点では我が国でマオウ種子の生産は行なわれておらず、苗の確保のためには他の手法をも検討する必要がある。また、種子繁殖では遺伝的形質が一定ではない。そこで、クローン株が得られる株分け法を検討した。これまでにマオウ属植物の挿し木法による繁殖については、藤田ら²⁾による『日本薬局方』に収載されていない *E. altissima* Desf. 及び *E. distachya* L. を用いた研究があり、木質茎を挿し穂とした場合の活着率は *E. altissima* で約40%、*E. distachya* で15%であったが、草質茎を挿し穂とした場合には、*E. altissima* では活着率が約10%と低く、*E. distachya* では全く活着しなかったと報告されている。そこで、本研究では金沢大学の薬用植物園が保有する *E. sinica* を用いて、株分け法による増殖を検討した。

B.研究方法

(1) 根茎で増えた株を利用する方法

富山県薬用植物指導センターから株分けにて譲り受けた *Ephedra sinica* を、金沢大学医薬保健学域薬学類・創薬科学類附属薬用植物園にてワグネルポット(1/2000a)または11号駄温鉢で5

年間育てた2株(A株、B株)。地下部に多数の根茎を延ばし、子株が増殖している株(写真1)。

2013年6月中旬に、適度に根が残るように根茎をA株は10苗に、B株は9苗に切り分け(写真2)、市販栽培用土(プランターの土:秋本天産物)を用い、ロングポット(深さ20cm)に植え付けた。

(2) 木質茎基部を切り分ける方法

Ephedra sinica: 2株(C株、D株)。2株ともに、金沢大学医薬保健学域薬学類・創薬科学類附属薬用植物園内の株から採取した種子を播種(2004年春)して得られた実生苗を育てた4年生株で、基部は木質化し、径約8mmで、地下に引く根茎は認められなかった。

2008年3月22日に、実験材料を鉢から取り出し、水中でよく土を落とし、鋭利なナイフで、それぞれの子株に適度な根が残るように、C株は3分割(縦割)、D株は4分割し(写真3)、ワグネルポット(1/5000a)に市販栽培用土(プランターの土:秋本天産物)を用いて定植し、日当りの良い屋外に保管した。なお、3月は中国において麻黄の植え替えに適した時期とされている。

(倫理面への配慮)

該当なし

C.研究結果

(1) 活着の評価を2013年8月12日に行なっ