

日本産 *Maackia* 属植物のルピン系アルカロイド

著者	久保 元
雑誌名	星薬科大学紀要
号	39
ページ	11-19
発行年	1997
URL	http://id.nii.ac.jp/1240/00000097/

日本産 *Maackia* 属植物のルピン系アルカロイド

久 保 元

星薬科大学 医薬品研究所 有機合成化学研究室

Lupine Alkaloids from *Maackia* sp. in Japan

Hajime Kubo

Institute of Medicinal Chemistry, Hoshi University

はじめに

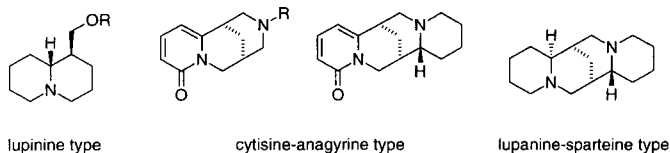
ルピン系アルカロイドは, quinolizidine 環を有する塩基性成分の総称で, 大半はマメ科・ソラマメ亜科から見い出されるが, 一部は, アカザ科 (Chenopodiaceae), メギ科 (Berberdaceae), ケシ科 (Papaveraceae) などの植物にも存在が確認されている。

Maackia (イヌエンジュ) 属は Sophoreae 連植物に属し, マメ科・ソラマメ亜科の中でもっとも原始的な1連の1つである。日本に自生する *Maackia* 属植物は *M. amurensis* (イヌエンジュ), *M. floribunda* (ハネミイヌエンジュ) *M. floribunda* f. *pubescens* (ケハネミイヌエンジュ), *M. tashiroi* (シマエンジュ) の4種がある¹⁾。イヌエンジュは山林関係者の間では単にエンジュと呼ばれることがあり, 真のエンジュ (*Sophora japonica*) と混同される場合があるので注意が必要である。*Maackia* 属植物の成分研究は, フラボノイドの研究²⁾が主で, アルカロイドについては, Kinghorn らによる GC-MS での研究³⁾のみであった。そこで, 著者は上記4種の日本産 *Maackia* 属植物のアルカロイドについて精査し化学的・生化学的な考察を加え, さらに日本産 *Maackia* 属植物のケモタキシノミーについても考察した。

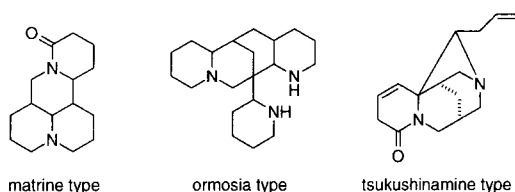
1. *Maackia* 属植物のルピン系アルカロイド

前出の4種の *Maackia* 属の植物を枝・幹, 葉, 種子, 花に分け, アルカロイドについて精査したものが Table 1 である。

今回の研究において, *Maackia* 属植物から確認されたアルカロイドは, 広く天然に存在するルピン系アルカロイドである (+)-sparteine (1), (-)-lupanine (2), (-)-cytisine (4) などが主成分であることを確認した。さらに, これらの通常のルピン系アルカロイドの quinolizidine 環が indolizidine 環あるいは piperidine 環が pyrrolidine 環に置き換わった新しいアルカロイド (+)-tashiromine (11), (+)-maackiamine (16) および (-)-camoensidine (14) とその *N*-oxide (15) を単離した。また, ルピン系アルカロイドの代謝物と考えられる (+)-13 β -hydroxymamanine (17) をも単離し, その構造が (-)-baptifoline と相関関係があることを確認した。これらのアルカロイドの構造は 2-1 から 2-5 で述べる。*Maackia* 属植物から確認されるルピン系アルカロイドは, lupinine 型, cytisine-anagryrine 型, lupanine-sparteine 型のルピン系アルカロイドであり, matrine 型, tsukushinamine 型あるいは ormosia 型のルピン系アルカロイドは検出されなかった。



Maackia 属植物から単離されたアルカロイドの型



Maackia 属植物から単離されなかったアルカロイドの型

Chart 1

他の日本産マメ科植物が含有するルピン系アルカロイドと比較して, (-)-lupanine, (-)-camoensidine, (+)-tashiromine および (+)-maackiamine が *Maackia* 属植物に特徴的なアルカロイドであった。さらに, *Maackia* 属植物は (-)-camoensidine と構造的に対応する (-)-lupanine, (+)-tashiromine に対応する (+)-epilupinine, maackiamine に対応する ammodendrine を同時に同一植物内に含有する特異な植物群である。

2. *Maackia* 属植物に特徴的なアルカロイド

2-1. (+)-Tashiromine (11) の構造と絶対配置⁴⁾

(+)-Tashiromine (11) は, *M. tashiroi* および *M. floribunda* f. *pubescens* の枝・幹から単離された, 無色の油状物質で $[\alpha]_D^{25} + 24.0^\circ$ を示した。

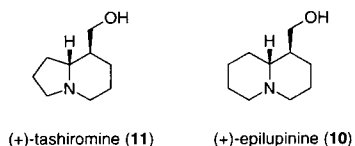
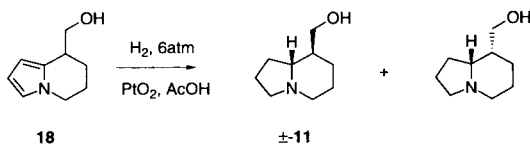


Chart 2

分子式は, HR-MS から $C_9H_{17}NO$ と決定された。この分子式は, epilupinine (10) よりも $-CH_2$ 単位 1 つ少ない。新アルカロイド 11 の EI-MS (Electron Impact Mass Spectrum) では, m/z 138 (97, M^+-OH), 124 (60, M^+-CH_2OH) および 96 (100, $M^+-C_3H_7O$) に主要なフラグメントイオンが観察される。これらのフラグメントイオンも, epilupinine (10) のそれらよりも $-CH_2$ 単位 1 つ少なく, 11 は 10 の同族体であった。さらに 11 の 1H - および ^{13}C -NMR スペクトルを 10, lupanine, quinolizidine および indolizidine⁵⁾ のそれらと比較し 11 の構造を 5-hydroxymethylindolizidine と推定できた。

この構造を確認するために 11 の別途合成を試みた。

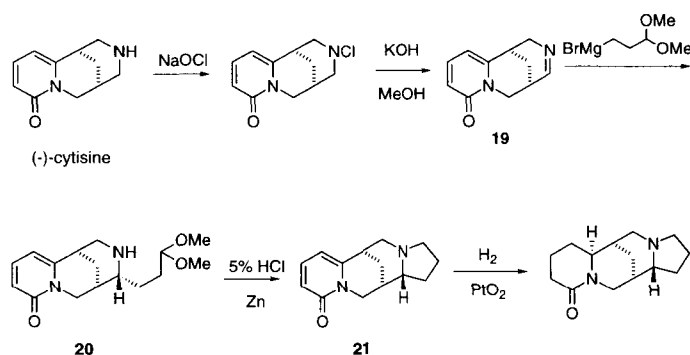


Scheme 1 tashiromine (11) の合成

文献⁶⁾に従って得られた 5-hydroxymethyl-1-azabicyclo[4,3,0]nona-6,8-diene (18) を酢酸中

酸化白金を触媒として水素圧6気圧で水素化し、(±)-tashiromine (11) と、その diastereomer を得た。(±)-tashiromine (11) は、天然の (+)-tashiromine と $[\alpha]_D$ を除いて、各種機器データが完全に一致した。さらにこの化合物の不斉合成は、我々の単離とほぼ同時期に長尾らによっておこなわれこのデータ⁷⁾を基に絶対構造を決定した。

2-2. (-)-Camoensidine (14) の構造と絶対配置⁸⁾



Scheme 2 (-)-camoensidine (14) の合成

文献⁹⁾にしたがって合成した 11,12-dehydrocytisine (19) に Grignard 試薬を反応させ (-)-11 α -(3,3-dimethoxypropyl) cytisine (20) を得た。20 を 10% HCl-Zn で処理すると脱保護、環化および水素化が同時におこり、2-pyridone 型アルカロイド (21) を 85% の収率で与えた。化合物 (21) は、その ¹³C-NMR スペクトルおよび $[\alpha]_D$ が文献記載¹⁰⁾の値と良い一致を示したことから *Camoensia maxima* および *C. brevicalyx* から単離された (-)-camoensidine と確認された。従って、(-)-camoensidine (21) の構造は、(7*R*, 9*R*, 11*R*) で、典型的なルピン系アルカロイドであり、同族体である (-)-anagyrine (8) と同じ絶対配置を持つことが明らかとなった。

さらに (-)-camoensidine (21) を酢酸中 PtO₂ を用いて水素化し、piperidone 型アルカロイドを 95% の収率で得た。この化合物は、*Maackia* 属

(-)-Camoensidine (14) は $[\alpha]_D -46.7^\circ$ の油状物質であった。14 の分子式は、HR-MS スペクトルから C₁₄H₂₂N₂O と決定した。この分子式は、(-)-lupanine (2) よりも CH₂ 単位 1 つ少ない。また、14 の EI-MS でも、(-)-lupanine (2) に特徴的なフラグメントイオンよりもそれぞれ CH₂ 単位 1 つ少なく観察され、14 は (-)-lupanine (2) の同族体と考えられた。この構造を確認するため絶対構造既知の (-)-cytisine から 11 の別途合成を試みた。

植物から単離された (-)-camoensidine と $[\alpha]_D$ を含めた各種機器データが完全に一致した。したがって、(-)-camoensidine (14) の絶対配置は、(6*S*, 7*R*, 9*R*, 11*R*) であり (-)-lupanine (2) の絶対配置と同じであった。

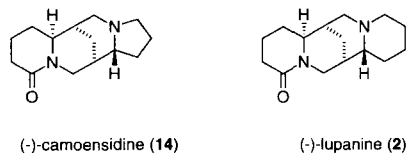


Chart 3

さらに (-)-camoensidine *N*-oxide (15) は、in-beam MS において、*m/z* 250 の分子イオンピークを示した。HR-MS において、15 の分子イオンピークは観察されず、C₁₄H₂₂N₂O の組成式に対応する *m/z* 234.1729 の最高質量ピークを示した。

また, 15 の ^{13}C -NMR スペクトルにおいて, 14 個の炭素と 22 個の炭素に付く水素が確認されたことから 15 の分子式は $\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_2$ と決定した. 15 の EI-MS において, *N*-oxide 体に特徴的にみられる m/z 234 ($\text{M}^+\text{-O}$), 233 ($\text{M}^+\text{-OH}$), 232 ($\text{M}^+\text{-H}_2\text{O}$) のフラグメントイオンが観察された.

また, 15 は, MeOH 中 Pd/C を用いて接触還元すると, 脱酸素体である 14 を与え, 逆に 14 は H_2O_2 で処理すると 15 を再生した. 以上のことから 15 は 14 の *N*-oxide 体であると決定した. N-O 結合の配置は camoensidine (14) をメタクロロ過安息香酸による処理でできる 2 つの *N*-oxide 体の ^1H -および ^{13}C -NMR スペクトルの解析から *cis*-indolizidine 環を有する構造であると決定した.

2-3. (+)-Maackiamine (16) の構造¹¹⁾

(+)-Maackiamine (16) は *M. amurensis* の花から単離された, 無色の油状物質で $[\alpha]_{\text{D}} + 110^\circ$ を示した. クロマトグラフィーの挙動は ammodendrine (13) と非常に類似していた. IR スペクトルでは 1640 cm^{-1} にカルボニル基による吸収が観察された. 分子式は, HR-MS から $\text{C}_{11}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}$ と決定した. これは, 天然に多く存在する ammodendrine (13) よりも CH_2 単位 1 つ少ない. さらに 16 は EI-MS で, m/z 177 ($\text{M}^+\text{-OH}$), 166 ($\text{M}^+\text{-CH}_2\text{CH}_2$) および 151 ($\text{M}^+\text{-MeCO}$) に特徴的なフラグメントイオンを示す. これらのフラグメントイオンも, ammodendrine (13) の EI-MS のそれらより CH_2 単位 1 つ少ない. これらのことから 16 は 13 の同族体である.

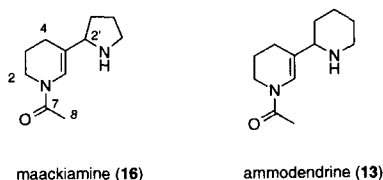


Chart 4

(+)-Maackiamine (16) の ^{13}C -NMR スペクトル

は, ammodendrine (13) と比較して C_2 から C_8 までよい一致を示した. また, ^1H -NMR スペクトルにおいても (+)-maackiamine (16) と ammodendrine (13) はよく類似している. しかし, (+)-maackiamine (16) の H-2' と H-5' のケミカルシフトは, ammodendrine (13) の H-2' と H-6' と比較して 0.01 から 0.45 ppm 低磁場シフトしている. これは 5 員環が存在するためである. 従って, (+)-maackiamine (16) の構造は, 1-acetyl-1,2,3,4-tetrahydro-5-(2'-pyrrolidinyl)pyridine である. この化合物のラセミ体はすでに norammodendrine として Fitch と Djerassi によって合成の報告¹²⁾がなされているが, 天然から光学活性体の (+)-maackiamine が単離・確認されたのは今回が初めての例である.

2-4. (+)-13 β -Hydroxymamanine (17) の構造と絶対配置^{13,14)}

(+)-13 β -Hydroxymamanine (17) は, 無色の結晶で mp 122–125 $^\circ$, $[\alpha]_{\text{D}} + 31.2^\circ$ を与えた. 分子式は, HR-MS より $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_3$ と決定した. UV スペクトルにおいて, 2-pyridone 環の存在が示唆された. EI-MS では, m/z 261 および 247 にそれぞれ $\text{M}^+\text{-17}$ および $\text{M}^+\text{-31}$ に対応するフラグメントイオンが観察されることから, 分子内にヒドロキシメチル基の存在が予想された. また, m/z 121 に 2-pyridone 環を持つ (+)-kuraramine あるいは (+)-mamanine に特徴的なフラグメントイオンを示し, さらに, (+)-mamanine の C 環に由来するベースピーク m/z 84 よりも 16 マスユニット多い m/z 100 にベースピークを示した. 以上のことから 17 は (+)-mamanine の C 環に水酸基が置換した化合物であると推定した. ^1H -および ^{13}C -NMR スペクトルから (+)-13 β -hydroxymamanine の構造は, mamanine の 13 位に水酸基がアキシャルに位置することを確認した¹⁵⁾.

(+)-13 β -Hydroxymamanine (17) の構造は, (–)-baptifoline の $\text{N}_1\text{-C}_{10}$ 結合が酸化的に開裂した構造に対応している. 同様の構造的な関連性を

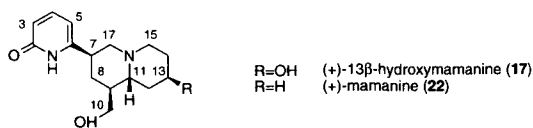


Chart 5

有するアルカロイドには, (+)-mamanine (22) と (-)-anagryne (8), (+)-kuraramine (23) と (-)-*N*-methylcytisine (5) および (-)-pohakuline

(24) と (-)-lupanine (2) がある。しかしながら, これらの化合物の構造に関する関連性は 22~24 の絶対配置が, 不明なため相対配置を基礎としている。生合成的な関連に論及するためには絶対配置を含めた関連性が要求される。そこで, 17 を HBr 塩として X 線結晶解析を行ない絶対配置を決定した。

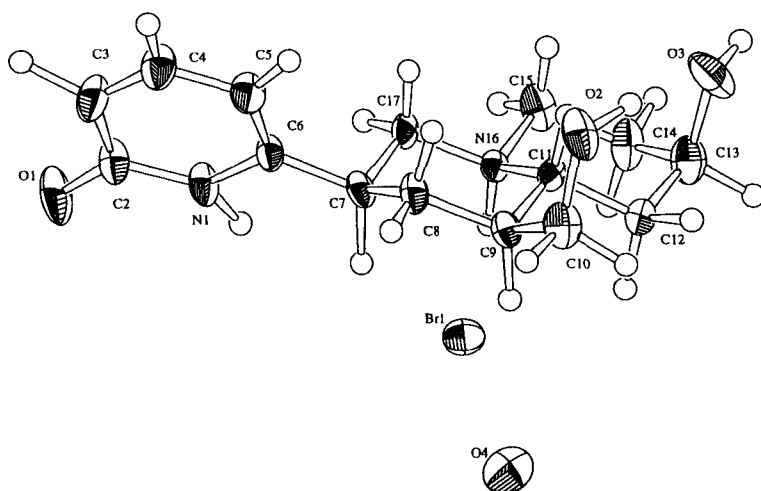


Fig. 1. (+)-13β-hydroxymamanine の絶対構造

(+)-13β-Hydroxymamanine (17) の絶対配置は天然に存在するルピナルカロイドの1つ (-)-baptifoline の N₁-C₁₀ 間が酸化的に開裂した構造と一致した。このことから (+)-mamanine(22) と (-)-anagryne(2), (+)-kuraramine(23) と (-)-*N*-methylcytisine (5) および (-)-pohakurine (24) と (-)-lupanine(2) においても絶対配置を含めた構造上の関連性を持つと推察される。

2-5. (-)-Lusitanine の構造と絶対配置¹⁶⁾

(-)-Lusitanine (12) は, mp 185~187° のプリズム晶である。分子式は, HR-MS から C₁₂H₂₀N₂O と決定した。12 は, EI-MS では *m/z* 166 にベースピークを示し, *m/z* 193 (M⁺-CH₃), 165 (M⁺-COCH₃) および, 150 (M⁺-NHCOCH₃) にフラグメントイオンが観察されることから分子

内にアセトアミド基の存在が予想された。

12 は, IR スペクトルにおいて *trans*-quinolizidine 由来の Bohlmann 吸収帯と 3330, 1660 cm⁻¹ に第二酸アミドの吸収がみられた。¹H-NMR スペクトルでは, δ 7.12 (1H, d, *J* = 11.3Hz, N₁₂-H), 6.67 (1H, d, *J* = 11.3Hz, C₁₁-H) および 2.06 (3H, s, C₁₄-3H) に二重結合と共役したアセトアミド基によるシグナルが観察される。これらのスペクトルデータは, 文献記載¹⁷⁾の (+)-lusitanine のデータと良い類似性を示し, 文献中に (+)-lusitanine の¹³C-NMR スペクトルのデータの記載がなかったが, ¹³C-NMR スペクトルも無理なく帰属できた。さらに, 新塩基性成分 (12) の二重結合の *E* 配置を含めた相対配置は, 単結晶による X 線結晶解析 (直接法) の結果から (+)-

lusitanine と同一の平面構造を有するものと決定した。

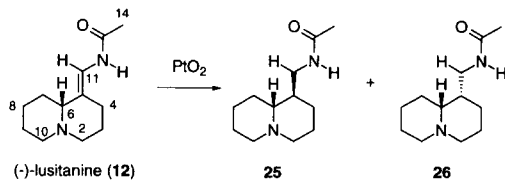


Chart 6

また、12 の旋光度 $[\alpha]_D -5.9^\circ$ は、1965 年、E. Steinegger らによって *Genista lusitanica* L. から (+)-lusitanine を分離・構造決定された、(+)-lusitanine ($[\alpha]_D +6.9^\circ$) の逆であり、12 はその鏡像体である (-)-lusitanine と決定した。天然から初めて (+)-lusitanine の鏡像体である (-)-lusitanine の存在を確認した。

(+)-lusitanine の絶対配置は未だ決定されていなかった。そこで、(-)-lusitanine の絶対配置について検討した。下に示すように (-)-lusitanine を PtO_2 下で接触還元し、2 つの dihydro 体 (25) と (26) に誘導した。Dihydro 体 25¹⁸⁾ は、すでに奥田らによって絶対配置既知の (+)-epilupinine (1*R*, 5*R*, 6*R*) から誘導されており、その標準サンプルと、融点、 $[\alpha]_D$, IR スペクトルを比較したところ全ての点で一致した。したがって、12 の絶対構造を (1*R*, 6*R*)-5(*E*)-acetamidomethylquinolizine と決定した。

3. 絶対構造を考慮したルピン系アルカロイドの生成機構の考察

一般にアルカロイドは、アミノ酸が脱炭酸した化合物 (アミン) を前駆体として生合成される。ルピン系アルカロイドは、L-lysine をアミノ酸源として、脱炭酸した cadaverine を経由して生合成されることが広く知られている。

Cadaverine からルピン系アルカロイドが生合成される中間の過程は、中間体と考えられるアルカロイドが単離されないことから不明な点が多いが、²H, ¹⁴C, ¹⁵N などラベルした cadaverine を

用いたトレーサー実験などで生合成過程の究明が行なわれている¹⁹⁾。

Maackia 属植物から単離された (+)-tashiromine は、共存するルピン系アルカロイド (+)-epilupinine とその絶対構造が同じであった。(+) -Epilupinine は 2 分子の L-lysine から脱炭酸によって生じる cadaverine から生合成される。このうちの 1 分子の L-lysine が L-ornithine に置き換わり、脱炭酸した putrescine と cadaverine とが縮合し、(+)-epilupinine と同様の経路で (+)-tashiromine が生合成されると考えている。さらに (-)-camoensidine は共存するルピン系アルカロイド (-)-lupanine とその絶対構造が同じであり、ここでも 1 分子の L-lysine が L-ornithine に置き換わり、脱炭酸した putrescine と cadaverine とが縮合し、(-)-lupanine と同様の経路で (-)-camoensidine が生合成したと考えている。

次に、(+)-13β-hydroxymamanine の絶対配置は、(-)-baptifoline の立体をそのまま保持している。したがって、(+)-13β-hydroxymamanine は (-)-baptifoline の N₁ と C₁₀ の結合が酸化的に開裂したものと考えられる。

(+)-13β-Hydroxymamanine と同様に酸化的に開裂したと考えられる構造を持つアルカロイドに、(+)-mamanine, (+)-kuraramine および (-)-pohakuline などのアルカロイドがある

(+)-Kuraramine および (+)-mamanine は、クララ (*Sophora flavescens*) の種子形成の初期の未熟外果皮に蓄積され、種子の形成とともに消失する。この時期に構造的に関連する (-)-N-methylcytisine と (-)-anagryne は、対照的に増減する。この現象を考慮してこれらのアルカロイドは、それぞれ (-)-anagryne, (-)-N-methylcytisine および (-)-lupanine から代謝されて生合成されたと考えられる。同様に (+)-13β-hydroxymamanine も (-)-baptifoline の酸化的代謝によって生成されるものと考えられる。

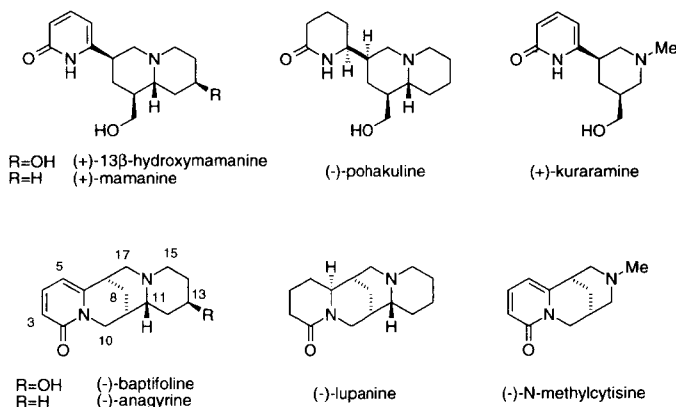


Chart 7

4. 日本産 *Maackia* 属植物のケモタキソノミー

ルピン系アルカロイドはソラマメ亜科の最も原始的な 10 連に見られると報告されている。ルピン系アルカロイドを指標とする、ケモタキソノミー的な考察を加えることによって、ソラマメ亜科の連あるいは属の系統関係が明らかとなると思われる。

Maackia 属植物は、ケモタキソノミー的には matrine 型アルカロイドを含有せず lupinine 型

のアルカロイドを含有することから、Sophoreae (エンジュ) 連よりも上の Thermopsidae (センダイハギ) 連と Genisteae (ゲニシタ) 連の中間に位置することが考えられる。しかし、*Maackia* 属植物は、(-)-lusitanine, (-)-camoensidine, (+)-maackiamine および (+)-tashiromine 等の *Maackia* 属に特徴的なアルカロイドをも含有することから、従来からあるケミタキソノミーのカテゴリーには属さない植物群である。

このような点からも *Maackia* 属植物は興味深い植物である。

文 献

- 1) a) 大井次三郎著, 北川政夫改訂, 日本植物誌顕花篇, 至文堂, pp889, 昭和 58 年, b) 北村四郎, 村田 源, 原色日本植物図鑑木本編 I, 保育社, pp354, 昭和 46 年.
- 2) a) E. Maekawa and K. Kitao, *Mokuzai Kenkyu*, **50**, 29 (1970). b) M. Takai, H. Yamaguchi, T. Saitoh, and S. Shibata, *Chem. Pharm. Bull.*, **20**, 2488 (1972).
- 3) A. D. Kinghorn, M. F. Balandrin, and L. J. Lin, *Phytochemistry*, **21**, 2269 (1982).
- 4) S. Ohmiya, H. Kubo, H. Otomasu, K. Saito, and I. Murakoshi, *Heterocycles*, **30**, 537 (1990).
- 5) a) F. Bohlmann and R. Zeisberg, *Chem. Ber.*, **108**, 1043 (1975), b) E. Wenkert, J. S. Bindra, C.-J. Chang, D. W. Cochran and F. M. Schell, *Acc. Chem. Res.*, **7**, 46 (1974).
- 6) S. P. Tannis and J. W. Raggon, *J. Org. Chem.*, **52**, 819 (1987).
- 7) Y. Nagao, W.-M. Dai, M. Ochiai, S. Tsukagoshi, and E. Fujita, *J. Org. Chem.*, **55**, 1148 (1990).
- 8) H. Kubo, S. Ohmiya, and I. Murakoshi, *Can. J. Chem.*, **72**, 214 (1994).
- 9) F. Bohlmann, E. Winterfeldt, H. Overwien, and H. Pagel, *Chem. Ber.*, **95**, 944, (1962).
- 10) a) J. Santamaria and F. Khuong-Huu, *Phytochemistry*, **14**, 2501 (1975), b) P. G. Watermann and D. F. Faulkner, *Phytochemistry*, **21**, 215 (1982).
- 11) K. Saito, S. Tsai, S. Ohmiya, H. Kubo, H. Otomasu, and I. Murakoshi, *Phytochemistry*, **28**, 2533 (1989).
- 12) W. L. Fitch and C. Djerassi, *J. Am. Chem. Soc.*, **96**, 4917 (1974).

- 13) H. Kubo, S. Ohmiya, K. Higashiyama, K. Kawai, K. Saito and I. Murakoshi, *Chem. Pharm. Bull.*, **42**, 1706 (1994).
- 14) K. Saito, S. Tsai, S. Ohmiya, H. Kubo, H. Otomasu, and I. Murakoshi, *Chem. Pharm. Bull.*, **34**, 3982 (1986).
- 15) A. S. Perlin and H. J. Koch, *Can. J. Chem.*, **48**, 2639 (1970).
- 16) K. Saito, T. Yoshino, S. Tsai, S. Ohmiya, H. Kubo, H. Otomasu, and I. Murakoshi, *Chem. Pharm. Bull.*, **35**, 1308 (1987).
- 17) K. Wicky and E. Steinegger, *Pharm. Acta Helv.*, **40**, 658, (1965).
- 18) S. Okuda, H. Kataoka, and K. Tsuda, *Chem. Pharm. Bull.*, **13**, 491 (1965).
- 19) W. M. Golebiewski and I. D. Spenser, *J. Am. Chem. Soc.*, **106**, 7925 (1984).

Table 1 日本産 *Maackia* 属植物に含有されるルピン系アルカロイド

	sparteine		cytisine/anagyryne						lupinine			ammodendrine (13)	(-)-camoensidine (14) (-)-camoensidine <i>N</i> -oxide* (15)	maackiamine* (16)	(+)-13 β -hydroxymamine* (17)		
	(+)-sparteine (1)	(-)-lupanine (2)	5,6-dehydrolupanine (3)	(-)-cytisine (4)	(-)- <i>N</i> -methylcytisine (5)	(-)- <i>N</i> -formylcytisine (6)	(-)-rhombifoline (7)	(-)-anagyryne (8)	(-)-baptifoline (9)	(+)-epilupinine (10)	(+)-tashiromine* (11)					(-)-lusitanine* (12)	
<i>M. tashiroi</i>																	
花				≡	≡	≡	+			≡		+					
花柄				≡	+	+	+			≡		≡			+		
未熟種子				≡	≡	+	+			≡		≡			+		
枝				≡	+	+	+	+	+	≡	+	+			+	+	+
種子				≡	+			+		≡		+	+		+		
葉				≡	+	+		+		≡		≡			+		
<i>M. floribunda</i>																	
枝	+			≡	≡	+		+	≡		+	+	+	+	+		
<i>M. floribunda</i> f. <i>pubescens</i>																	
枝				≡	+	+	+			≡	+	+	+	+	+		
葉				≡	+					≡		+	+	+	+		
<i>M. amurensis</i>																	
花	≡	+	+	+	≡		+	+				+	+	+	+		
根	+	+		≡	+	+	+	+	+			+	+	+	+		
種子	≡	+		≡	+	+		+				+	+	+	+		
葉	+	+	+	≡				+				+	+	≡		+	
枝 (西千葉)	≡	+		+	+			+				+	+	≡			
枝 (館山)	+	+	+	≡	+	+	+	+				+	+	+			+

+は凡その含有量を示す。
*印は新塩基性成分である。

Table 2 マメ科植物中に含有されるルビン系アルカロイド

Type of alkaloids Leguminous Plants Genera Species (和名/産地)	matrine		sparteine		anagryrine		cytisine		lupinine		piperidine		tsukushinamine camoensidine maackiamine
	matrine derivatives	sparteine derivatives	anagryrine derivatives	cytisine derivatives	lupinine derivatives ester deriv.	ammodendrine kuraramine							
Sophora													
<i>S. flavescens</i> (クララ)	#	#	+	#	+		#					+	
<i>S. tomentosa</i> (イソフジ)	#	#			+	+	#	#			+		
<i>S. franchetiana</i> (ツクシムレスズメ)					#	+	#	#			+		+
<i>S. molis</i> (パキスタン産)			#	+	+	+	#	+			+		
<i>S. chrisophylla</i> (ハワイ産)	#		#	+		+	+			+	+		
<i>S. secundiflora</i> (パキスタン産)			+	+	+	+	+	+					
<i>S. secundiflora</i> (エジプト産)			+	+	+	+	#	+	#				
<i>S. exigua</i> (タイ産)				+	+		#	#					
Thermopsis													
<i>T. lupinoides</i> (センダイハギ)			+	+	+	+	#	+			+		
<i>T. chinensis</i> (クソエンドウ)			+	+	+	+	#	#			+		
Baptisia													
<i>B. australis</i> (ムラサキセンダイハギ)					+	+	#	+					
Echinosophora													
<i>E. koreensis</i> (イヌクララ)							#	#					
Maachia													
<i>M. amurensis</i> (イヌエンジュ)			+	+			+	+			+		+
<i>M. tashiroi</i> (シマエンジュ)					+		#	+	#	+	+		+
<i>M. floribunda</i> (ハネミイヌエンジュ)					#		#	+	+	+	+		+
<i>f. pubescens</i> (ケハネミイヌエンジュ)			+		+		#	+	#	+	+		+
Euchresta													
<i>E. japonica</i> (ミヤマトベラ)	+	#				+	+	+					
<i>E. formosana</i> (リュウキュウミヤマトベラ)	+	#			+		#	#					
Lupinus													
<i>L. luteus</i> (キバナノウチワマメ)			#					#	#	#	+		
<i>L. hirsutus</i> (カサバルピナス)			#										
<i>L. termis</i> (エジプト産)													
Cytisus													
<i>C. scoparius</i> (エニシダ)			#	+									
Lygos													
<i>L. raetam</i> (エジプト産)			+	#	+		+	+					

- 注 1. 比較のため一部外国産植物を含む。
2. +印は総塩基中の凡その含量をしめす。