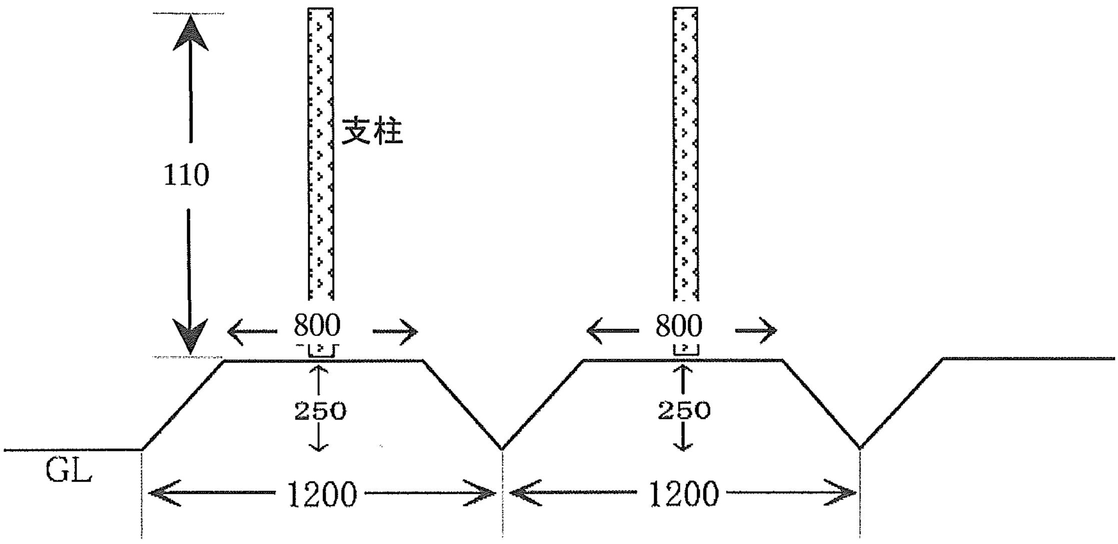

畦断面

写真３：園内の栽培場所

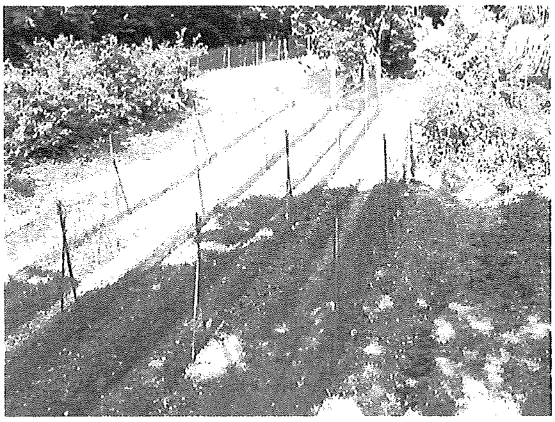

写真４：茜根の比較

2 年栽培　　1 年栽培

厚生労働科学研究費補助金(ヒトゲノム・再生医療等研究事業)
総合報告書 資料20

遺伝子組換え植物の栄養器官の系統的保存と野生遺伝子の導入の法の研究

分担研究者 佐竹元吉 お茶の水女子大学生活環境研究センター 教授

遺伝組み換え植物の増殖に関して、初年度(15 年度)は生殖様式による増殖方法を受粉様式と媒介生物や風について述べた。2 年度(16 年度)は桃の雄性器官が退化した品種の交配を野生の桃との交配によって、新しい形質が導入されるかどうかを検討した。3 年度(17 年度)は絶滅危惧が問題になっているラン科植物の内、薬用の種類の増殖方法を検討行った。

A．研究目的

初年度（15 年度）：遺伝子組換え植物が環境に適合し、自然生態系を乱すことなく増植させるためには、植物の生殖様式と深く関わっている。今回、維管束植物（シダ、裸子植物、種子植物）の生殖様式からこの問題点の解明を試みた。

生殖様式の中でも花粉を運搬する風や動物が植物ごとに特異に進化して、それぞれの生育環境下で適応していることを長期間渡る国内外の植物の観察と先人の詳細な観察とから本研究テーマの遺伝子組換え植物の系統的保存と野生植物との交配防除法を文献的にまとめ上げた。

2 年度（16 年度）：遺伝子組換え植物が環境に適合し、自然生態系を乱すことなく増植させるためには、植物の生殖様式と深く関わっていることを報告した。特に、維管束植物（シダ、裸子植物、種子植物）の生殖様式からこの問題点の解明をおこなった。

また、養器官の増殖方法と野生遺伝子の導入方法を明らかにすることを目的とした。栄養器官の繁殖方法には、栽培した植物体の増殖方法と試験管内での増殖方法の二つがある。また、野生遺伝子の導入方法には、自然環境中での交配によう方法があり、この方法に関して雌の遺伝資源受容植物を野生植物花粉供給植物の周辺に植えて、開花させる試験を試みたので報告する。

3 年度（17 年度）：絶滅危惧が問題になっているランの内、薬用の種類の増殖方法を検討した。これらの中で、薬用の目的で乱獲され、中国へ売り渡されているものは、*Dendrobium*（セッコク属）植物である。*Dendrobium*(セッコク属)植物は樹上に着生しているものが多く、これらの性質を用いて、樹上で栽培することを検討した。開花結実した種子をフラスコ中に無菌的に発芽させ、発芽苗をフラスコで増殖し、苗条を生育させ、これらを椰子の果皮の繊維と水苔でくるみ、自然林の樹上にホチキスで留める方法を行ったところ、着生が観察された。自然保護と薬用資源の有用活用方法を開発することを目的とした。

B．研究方法

初年度：受粉様式や栄養増殖法に関して、文献調査を主に行った。

2 年度：栄養器官の繁殖方法は、広く知られている草本類で行われる根茎の株分け方法と樹木植物で行われる挿し木、接ぎ木、芽接ぎ方法などがある。草本植物の一部では葉挿しや不定芽による増殖方法もある。ミャンマーの山間部で行った増殖方法とその成績を報告する。導入した植物は、薬用植物と果

樹植物を約１００種である。これらの増殖方法を検討した。

3年度はミャンマー国内で乱獲により絶滅危惧種を、フラスコ又シャーレの無菌培地上で発芽させ、増殖苗とする。増殖苗は長さ3－5ｃｍに生育しものを、水苔と椰子の果皮の繊維でくるみ、直接樹の幹や枝に打ち付ける。

材料は*Dendrobium*属植物とそのたの野生ランを収集する。保存は中部ミャンマーのメイミョウ地区にラン園を作り保存する。

C．研究結果

初年度の成果：維管束植物の増殖方法は以下の通りである。

I シダ植物の生殖

シダ類に関しては、胞子の世代と胞子から前葉体になる時に性器が出来て半数体の世代になる。この時が他との交配の起こりうる時期である。前葉体は水分の多い環境で成育するので、水分環境の制御と類縁胞子が近くにないことが肝要である。シダの胞子は風に乗ってどのくらい遠くへ飛ぶのか正確の情報はないが、シダの成育環境を歩き廻った経験から述べてみると、あまり遠くまでは飛ばないのではないかと思われる。三重県尾鷲市の谷間で一休みしている時、谷の一角に生えているシロヤマシダ（*Diplazium shiroyamae*）の胞子が目の前を層をなしって、黄色の煙のように流れ始めた。風のない日中の昼時にしか見られない現象である。日本でシダ類の種類の多いと言われる鹿児島県紫尾山及び鹿児島県屋久島でも同様なことが観察された。交雑種が多く知られているノコギリシダ属*Diplazium*、イヌワラビ属 *Athyrium*、イノデ属 *Polystichum* 等は同一種の分布は小さな谷ごとに違いがあり、谷を越えることはあまりない。広く分布しているミゾシダ、リョウメンシダ、フモトシダ等は環境適応性が良く、前葉体に適している水分の豊富な環境条件があげられる。シダの分布と遺伝的な個体変異研究してもらいたい種に世界的に分布しているハコネシダ属ホウライシダがある。ホウライシダは地中海から太平洋諸島まで分布しているが日本の多くは野生ではなく栽培植物が逃げ逃げ出して、野化したものと田川らは記載しているが、この意見に一理がある点は江ノ島の分布である。ここには日本最初の温室が作られ世界の植物が持ち込まれた。当然 Adiantum 類も持ち込まれ、それが逃げ出し、これが鎌倉から横浜の海辺の薄暗い谷間に成育していると考えることも出来る。しかし、相模川に面した相模原台地の岩壁に生えているものはどう見ても野生種と考えられる。周りに見られる植物は丹沢箱根要素ハナビゼリ *Angelica hakonesis*,イワギボウシ *Hosata* sp.ウラハグサが並んで成育している。ここに生えていることは海岸性植物であるので、かつてこの付近まで海岸線があった時代の生き残りと考えられる。もしこの植物が野生であるならば江ノ島等の相模湾に見られるものは同じグループといえることになる。形態学、成分特性及び遺伝的類似性から野生植物か外来種が検討を待ちたい。

シダ類で遺伝子組換え植物が出来たときには胞子の厳重な管理が不可欠ではあるが、胞子は高湿度条件でのみ前葉体を作るので、この点を注意すれば保存と野生植物と交配は可能である。

II 被子植物の生殖様式

被子植物は花が咲き、実を作って子孫を残している。花は被子植物の繁殖器官で、目立つ花と目立たない花とがある。花被がきれいな色の植物は虫を誘うために進化したものである。花被の目立たないイネやタケは、花粉を風が運んでくれるのできれいに飾る必要はない。

花の寿命：開花の時間が決まっている植物があります。決められた時間に数時間咲いているものがあります。朝咲くのはアサガオ、昼咲くのはヒルガオ、夕方咲くのはユウガオやユウスゲ夜咲くのはゲッカビジンやヤコ

ウボク、イネの花粉はほんの１時間ぐらいしか飛び出しません。ハンニチバナ科やイチニチバナ科と科名を代表するものもあります。世界最大の花序を持つ *Puya raimondi* は５０年−１００年に一度咲き、数千の花は下から順番に、１個が１週位咲き続けまあす。同じことがリュウゼツランでも知られています。一つの花で寿命の長いのはラン科の *Cympidium* 属植物のように１ヶ月間位咲き続けているものもあります。野生植物の代表のカタクリは約２週間で、ヤマユリは１週間です。花の寿命は遺伝的に決まっているようであるが、受粉が花を閉じるのに重要な因子であることは、Ashman & Schoen[2] 及び Proctor & HARDE[3] らの論文で見られる。

受粉様式：風媒花は世界の植物種の約２−３０％で、残りのほとんどが虫媒花かである。虫媒花以外に、鳥や哺乳動物も花粉を運ぶことがある。鳥は嘴の長いハチドリがその代表である。桜の花に来るウソは花の蜜をガク筒から咬み切るので受粉の役割はしない。

植物の雌雄性：花には両性かがあるが、雄性異株（ad）と雄性同株（am）、雌性異株（gd）雌性同株(gm)がある。生殖には無配生殖（ap）、閉花（kl）,単性生殖（parth）,自家和合(sf)と自家不和合(sst)がある。

花と花粉運搬様式：歴史的に見ると第一期は C.K.Sprengel[4] の花の構造と受精における自然界の公開で、花の形、色、模様、香、蜜、両性の成育と花粉昆虫の種類の関連を述べている。第二期はダーウイン(1809-1882)の送粉機構の記述で、ランは自家受精をさけるために昆虫の種類と花粉と柱頭の成熟をずらしていると観察している。第三期は実験的な研究で昆虫学者の V.Frisch[5] と植物学者の Knolls[5] が中心でその後の発展の基礎を作った。

受精：受精には花粉を送り込む結果、受精が行われる。自家不和の花は自家の花粉は同一花の柱頭では発育しない性質がある。

花の構造：裸子植物は多少むき出しの胚珠を持つ心皮をもっている。被子植物は雌蕊を形成し、柱頭、花柱、と胚珠を含む子房からなる。

花被は色々の針葉樹のような鱗片状の単純なものから、被子植物の複雑な多様性のものまで見られる。雄蘂は花糸と葯から成り、葯は二つの葯室から成り．各室は二つの花粉嚢を持っている。色々な雄しべがある。

被子植物では胚珠は心皮で覆われているので、柱頭で受粉する。柱頭は多様性がある。

花柱の長さで２種または３種の花が区別されるサクラソウ属植物がある。レンギョウでは長花柱と短花柱があり、花粉発芽阻害物質としてクエルシトリンとルチンが取り出されている。短花の柱頭はクエルシトリンを分解するがルチンは分解できないと考えられる。

花はバラのような放射対称性の花からトリカブトのような左右対称性花（２対称面背腹性花）までである。背腹性花が蜜に集まって花序を形成する代表がセリ科である。キク科は周辺に背腹性花があり、中央部に放射対称性花があるエキナケア属やノコギリソウ属のものもある。

花の諸器官の展開は萼、花冠、雄蘂、雌蕊の順である。

雄蘂の展開と雌蕊の成熟がほとんど同時に起こるものを両生同期成熟（ニリンソウ属、ウマノアシガタ属）がある。これとは異なり雌蕊の成熟が雄蘂の展開と異なるものを両生異期成熟とよぶ（ホタルブクロ属）。

雌蕊と雄蘂の成熟で、雌蕊先熟（トウダイグサ科、クリスマスローズ属、アネモネ）、雄蘂先熟（ナデシコ科、アオイ科、セリ科、キキョウ科、キク科）と呼んで区分できる。

単性花は同一の花に片方の性が欠けているものである。これには二つの場合がある。雌雄同株のものはモミ属、トウヒ属、マツ属、シラカバ属、ブナ属、ウリ属などである。雌雄異株の植物はイチイ属、ビャクシン属、ヤナギ属などがある。

両性花と単性花が同一株や別の株に見られるものもある。（１）両性—雄性同株（セリ科）、（２）両性—雌性同株（キク科）、（３）三性同株（マクワウリ）、（４）両性—雄性異

株（イブキトラノオ属）、（５）両性—雌性異株（ハコベ属）、（６）三性異株（セイヨウトネリコ）、（７）両性—雌性同株と異株（イブキジャコウソウ属、ハッカ属）、（８）両性—雄性同株と異株（ダイコンソウ属））がある。（９）混合型とすべきものに、セリバオウレンがある。この花は両性花株、両性—雄性同株、雄性花株と雌性花株が見られる。その他の同属植物については観察していない。

閉鎖花は成熟期に展開して生殖器をかいほうする開放花と異なり、常に開放しない花である。スミレ属やヒメハギ属は花弁は退化している。花粉嚢の中の花粉数は少なくなるものもあるが、受精し種子を作る。

自家受精：葯が柱頭の上にある花は花粉が落下するので自家受粉しやすい。はじめは葯は柱頭の下にあるが後に花糸が伸長して、同じ高さになるものもある（アブラナ科、ナデシコ科）。花冠が日周期的リズムで花冠が閉じるとき，葯が押されて，柱頭に接触することもある（リンドウ科、ラン科）。リベリアコーヒーは開花前に花粉を自家の中でまき散らすので、開花期の柱頭は既に受粉されている。

自家受粉は高山、高原砂漠などの厳しい環境条件ではおおくみられる。

III 花粉の移動方式

花粉を運ぶ方法に水中送粉（多くの水草で見られる）、風媒花（ハゼの強い地方の植物は風媒花で、Knuth,P.[7]はドイツの顕花植物の２１．５％が風媒花である。ある島（Hakkigen）では４７％が風媒花である。動物介在型送粉は多くは昆虫で、その他に鳥、コウモリ、ネズミ類などがある。水中送粉は今回省略する。

① 風媒花

風媒花は花粉が軽く空中を浮遊するので、柱頭への受粉率は悪いので、柱頭が受精可能な胚珠は１個に退化したものがある。（シラカバ属、アカザ科、カヤツリグサ科、ブナノキ科、イネ科、タデ科、ガマ科、ヤナギ科）

風媒花の花の構造による分類

（１）　不動型花：花が茎にしっかりと固定されているもの。花粉は風で花粉嚢から吹き出さされ、雌性花序に運ばれるマツ属、モミ属、カラマツ属）。イチイ属は雌雄異株で、雄花は６－８の花粉嚢をっも多雄蕊、雌花は長い管状珠孔を備えただ一個の胚珠を有する。裸子植物の中で、風媒花ないものに地中海の *Ephedra campylopoda* は両性花と雌性花とがあり、両性科の雌の花の先端に蜜を出す管があり、昆虫を引きつけて受粉させている。南西アフリカの *Velvechia* は蜂が花粉を運ぶとされている。

（２）　長花糸型花：花は茎に固定されているが、葯が大きく長い繊細な花糸に着いていて、風ガ花粉をまき散らすタイプである（イネ科、タデ、ガマ科、ヤナギ科、カヤツリグサ科）。ライムギの花粉の伝達距離は６００ｍ離れた土地で品種交配が３％会った研究もある。

（３）　尾状花序型：雄花が尾状に垂れ下がっている穂状花序を形成する。ヤナギ科、カバノキ科、クルミ科に見られる。

（４）　垂下花型：（３）に類似して花も下垂するが、尾状花序的には成らない。雌雄異株のアサ科のアサ *Cannabis sativa* は雄花は複総状花序に配列して、雌花は穂状花序に類似した配列をする。トネリコ属もこれに属する。

（５）　弾発型花：雄花は開花の時に爆発するように花粉を吹き出すものである。イラクサ科の *Urtica dioica* の雄花の花糸は内側に巻いているが、開花時に弾発して花粉を放出する。

② 動物媒介受粉

風媒花は花に達するのが偶発的なこととは逆に動物が目的を持って行動することによって、花粉が運ばれる点が異なる。動物は蜜や花粉を栄養素として求めてくる。

（１）　哺乳動物による送粉：哺乳動物は大型のため豊富な食料のある熱帯・亜熱帯地方が有利である。飛行性を有するホエザル、キツネザルも花粉を運ぶ。、リス類もデイコの花粉を運ぶ。リス類は、アダンの

堅い鱗片葉をかみ砕き受粉させる。ハツカネズミやクマネズミはリュウゼツランの花粉を運ぶ。オーストラリアのバンクシア *Banksia* 属植物はフクロヤマネやミツクイが花粉を運ぶ。コウモリの中でも舌が長くなったヒナコウモリが花粉を運ぶ。

（2）　鳥類による送粉：鳥類は哺乳動物より大きな役割がある。特にハチドリは有名である。アンデスの世界最大の花序を持つ *Puya raimondii* もハチドリが花粉を運んでいた。花鳥の嘴は花にあわせて変異が多い。

1）　ブラッシ状花：蜜が多く、雄蕊も多いユーカリ属ニ代表される。

2）　かご状：ヤマモガシ科のプロテアの花序は高さ 10cm、直径 5cm」；ンドキワタがある。

3）　鐘状花：強烈な色を帯びたものが多く，中央部の鐘状部分に生殖器官を有する。アオイ科のフヨウでは蜜が基部にある。

4）　筒状花：花は細長い。ユリ科のアロエ、ナス科の *Nicotiana glacuca* などである。*Nicotiana glacuca* よ同様にアナナス科の *Puya raimondii* の筒状花にもハチドリが花粉を運搬しているのを見たことがある。

5）　弾発花：外部からの接触で花が突然開花し，花粉を弾発するものがある。この例として、ミャンマーのヤドギリ科 *Loranthus longifolia* がある。

6）　旗状花：赤色の花で、蜜は花の奥にある。デイゴ、アマリリス、ストレチア（極楽鳥花）がこれである。

（3）　昆虫による花粉総分　虫媒花：

1）　何故昆虫が来るのかは食料の蜜や花粉の収集が主である。

(a)　蜜は花によって構成成分（ショ糖、ブドウ糖、果糖等）や密度も異なる。分泌の絶対量と分泌時間も恐なるものもある。花の蜜は蜜染で分泌される。蜜腺は花粉が着きやすい部分や柱頭に受粉しやすい部分に付属している。センブリ属 *Swertia* では蜜腺の上に毛が生えている。蜜腺は花以外の場所にも見られる。

(b)　花粉はタンパク質、炭水化物、脂肪、ビタミン等を含む。

(c)　食毛及び即食用組織は *Verbascum lychiutis* の雄蕊の毛には糖分が含まれる。バニラの唇弁上に横に並んだ鱗片上の組織で、ミツバチ類が食べる。

(d)　昆虫の性欲の満足も観察される。良い花の香りで集まった昆虫が花の上で交尾することも観察される。

(f)　産卵場所として、多肉の果実はハチ類が好む場所である。イチジク *Ficus carica* は雄株の花に入り，花粉をつけて雌雄同株の花で受粉をするが同時に産卵も行う。現在のイチジクは単為結果を行うので、無種子の果実を生産する。

2）　花の刺激方法

(a)　視覚刺激：色彩（鮮明な色で花を際立てている。花の色素はアントシアン類、フラボン類、カロチノイドなどである。）、形（平面型と立体形がある。左右対称と放射対称、大きさの違い、花序が一つの花を現すものなどがある。）

(b)　化学的刺激：香料（インドール臭、アミノ臭、フェノール臭、パラフィン臭、テルペン臭等がある。香りは花被の表面から出るものが多い。夜咲くマツヨイグサ類は夜間に強い香りをだす。）

3）　蜜のある場所

(a)　花盤にあるもの：セリ科植物に見られる。ミシマサイコの黄色の花盤は多くの種類の昆虫が集まる。この昆虫を狙ってスズメバチ類が飛来する。

(b)　センブリは花被の内側にあり毛で覆われるもの。ホウノキの花被葉は多数の雄蕊と雌蕊を取り囲んでいるが全面に蜜腺が分布している。

(c)　ロート上の花では蜜腺は最も奥にある。タバコやニチニチソウに見られる。

(d)　トリカブト族植物の花はガク片が花弁状になり、上部の兜状の内部に２個の杯状の蜜葉がある。蜜腺は柄の上部のみぞにある。主にハナマルバチ属が花粉を伝播する。

(e)　エンゴサク属の蜜腺は距の部分に含まれる細長くなった花被の先端にあり、長い嘴のあるハナマルバチ属が飛来する。

4）　香りで見る種内変異

サラシナショウマは亜高山帯から低地まで広区分している植物であるが、Pellmyr[8]はサラシナショウマ *Cimichifuga simplex* に来る昆虫が高度の違いで異なることを見つけ出しその成分と昆虫の関連をしらべた。タイプ1は 1300m 以上に生える植物はヒメマルハンバチが来て、タイプ2は 1000m 以下の林の中ではタテハチョウが来て、タイプ3は 1000m 以下で開花期が遅く日陰の高湿な場所のものは時たまトラマルハンバチが訪れる。タイプ1はβピネン、安息香酸メチル、1,2-ジメトキシベンゼン、サルチル酸メチルが主であった。タイプ2は強い香りがし、サビネン、trans-β-オシメン、アントラニックアルデヒド、イソオイゲノールが主であった。タイプ3はフムレンが主であった。タイプ1に2の成分を添加するとタテハチョウの訪問が増加した。

この研究は類似した地域でも花の香りが異なることが知られているラン類でも見られると思われる。低地から高山まで分布する植物の研究には大変興味ある実験と思われる。例えばトウキは海岸形から高山型まであるのでこのような見方で観察することも興味もとれる。遺伝子の変異がどのレベルで観察されるかも是非検討してもらいたい。

文献

1） Kugler; Einfhrung in die Blumtenologie, Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1955

2） Ashman & Schoen ; How long should flower live? Nature, 372:788-791, 1994

3） Proctor & HARDE ; Effect of pollination success on floral longevity in the orchid Calypso bulbosa (Orchidaceae) American Jounal of Botany 82:1131-1136　1995

4） C.K.Sprengel;Das entdeckte Geheimnis der Nature in Bau und Befruchtung der Blume,1793, Faks.-Druck 1893

5） V.Frisch;Der Der Farbensinn und Formen sinn der Biene. Zool. Jb. Phys. Abt. 35 1915

6） Knolls: Insekten und Blue. Abh.zool. Bot. Ges.Wien 12(1926)

7） Knuth,P.:Handbuch der Blutenbiologie, Leipzig 1898　1905

8） Pellmyr,O.1986.Tree pollination morphs in Cimichifuga simplex, incipient speciation due to inferiorty in competition.Oecologia 68:304-307

2年度の成果は以下の通りである。

ミャンマー連邦山間地域での導入植物の生育状況は以下の通りである。

（1）成長のよいものはナンテン、ユズ、ミカン、ブドウ、ミカン、チャノキクチナシ（100本　成育中）、イチョウ（大形の果実の出来るトウクロウは接ぎ穂として育成中）、ウメ（成育が良いが北部で大量生産地に植え込む）、カキ、イチジク（新緑　15株）、マルメロ、ホウノキ、ヒノキ、ミシマサイコ、ダイウイキョウ、モッコウ、チクセツニンジン（9本）、オウレンとセンキュウ及びキクは成育がやや良いが、更なる生産量を期待して北部へ移植する。ヤマノイモ、キキョウ、ツバキ、オオバク

（2）あまり良くないものにはオオツズラフジがある。この植物は更に北部の地域へ移植する。クリも成育が悪い。シャクヤクも北部へ移植する。

（3）ミャンマーの薬用植物

①　ボケ　株分け、地元のもの、

②　　　カギクルマバナルコユリ100株は根茎を切断して増殖中である。成育良好である。黄精（根茎）として利用可能である。

③　ミャンマーニンジンは学名が明確ではないが、ブータンのニンジンと類似している。根茎はチクセツニンジン状であるが、数節毎に肥大する特徴がある。

（4）台木の育成と現地で見つけだされた台木植物

①　ミカン（早川早生）の苗木2500本を

育成中であり、これらの接ぎ木用台木としてカラタチ苗も育成中である。

② ナシ類の台木となる植物が地元に成育している。播種試験中。

③ バラの増殖用に野生種を見つけだしたので、接ぎ木の台木用に育成中である。

④ 現地の古くからあるミカン類を発見したので、この種を育成して台木に栽培中である。

⑤ リンゴの野生種を見つけだしたので、台木としての育苗中である。

⑥ カシグリは栗の台木になるか検討中であるが、属が異なるので困難かもしれない。

（5） 特別の栽培条件 チャノキはヤブキタ種及びトウチャ種を導入したが、増殖のため挿し木を黒い布の覆いのある場所で行っている。成育は良い。

（6） 今回の導入植物の中で栄養繁殖法を行っているものは次のものである。

1．導入植物の中で栄養繁殖法を行っているものは、以下の通りである。

1 セリバオウレン 根茎の株分け、種子 良い
2 ガジュツ 根茎の株分け 良い
3 カンゾウ 株分け、種子 やや良
4 キクカ 株分け、挿し穂 良い
5 ケシナニッケイ 取り木、種子 良い
6 サンキライ 株分け 良い
7 クチナシ 種子、挿し木 良い 開花
8 サンショウ 接ぎ木、種子 良い 開花
9 シャクヤク 株分け 良い 開花
10 シュクシャ 株分け 良い
11 タイソウ（ナツメ） 株分け 良い
12 チクセツニンジン 株分け 良い
13 ナンテン 株分け 良い
14 ハンゲ 株分け 良い
15 ビャクジュツ 株分け 良い
16 ボタン 株分け 栽培中
17 ヤクチ 株分け 良い
19 リョウキョウ 株分け 良い
20 センキュウ 株分け 良い

2．ミャンマーの山岳地帯での種子繁殖の薬用植物の成育状況

1 ウイキョウ 種子 良い 結実
2 オウゴン コガネバナ 種子 良い
3 オウバク キハダ 種子 良い
4 カミツレ カミツレ 種子 良い
5 キキョウ キキョウ 種子 良い
6 ケイヒ シナニッケイ 種子 良い
7 コウカ 種子 良い 開花、結実
8 シコン ムラサキ 種子やや困難
9 シャゼンソウ オオバコ 種子 良い
10 ソヨウ シソ 種子 良い
11 ダイオウ ダイオウ 種子 困難
12 トウキ 種子 良い 芽繰り苗の植え付け
13 ヨクイニン ハトムギ 種子 良い 結実

（7） ミャンマーの植物の中で株分け又は根茎で増殖するものにボケ、カギクルマバナルコユリ、ミャンマーニンジン、クルマバツクバネソウ類がある。①ボケは古くからの栽培種で、地元のもの花は深紅及び白色である。② カギクルマバナルコユリは野生品で、100株を根茎を切断して増殖中である。成育良好である。黄精（根茎）として利用可能である。③ ミャンマーニンジンは落葉樹林帯に野生しているもので、根茎を増殖中である。

（8） 自生植物の花粉と日本の優良品種との交配：強い品種を作るために自生のモモの樹下に日本から持ち込んだ品種を植え付けて、虫媒にのる花粉の受け渡しさせる試みを行った。昨年、植え込んだ植物の開花が見られた。モモの野生種の廻りにおしべの退化した3系統（オドロキ、カワナカジマ、紅錦香）を植え込み、原産地の遺伝子を入れ込む試み行っている。ミャンマー北部のセイロン地区で、海抜1800mである。

また、自生のモモに日本のモモを接ぎ木した株も増殖を開始している。接ぎ木の技術の指導も行った。

（9） カチン州北部の独立軍支配地での栽培指導：ニンジンとベニバナの植え付けを広く行った。最高司令官がケシ代替えプログラ

ムに興味を持ちケシ不法栽培者を集団で集めて、栽培研修会に参加させてくれた。このため大面積が栽培可能になった。

3年度：カチン州北部の山林では野生のラン類が多数着生している。このような状態に環境を保護すると共に、樹上での栽培も可能になってきた。樹上での栽培は、樹皮の粗い木を選び、ランの苗を椰子の実の繊維でくるんで樹上に打ち付ける方法をとった。生木が着生が良く生育を開始した。カチン州北部の山林では野生のラン類が多数着生している。このような状態に環境を保護すると共に、樹上での栽培も可能になってきた。

樹上での栽培は、樹皮の粗い木を選び、ランの苗を椰子の実の繊維でくるんで樹上に打ち付ける方法をとった。

生木が着生が良く生育を開始した。

その他保存されているラン科植物は、地生ランとしてはカクチョウラン類の*Phaius tankervillae*や*Thunia marshalliana*がある。広く園芸栽培されているCymbidium属植物の栽培も開始した。種名が不明なOrsera属植物はミッチイナ大学の植物学教授が採集したものもメイミョウに運んだ。地生の*Phaius tankervillae*や*Thunia marshalliana*、及び 園芸的にも興味ある*Cymbidium* sp.、カチン州北部の着生ラン*Orsera* sp.が収集された。

中国で薬用にされているラン科植物は*Calanthe, Coelogyne, Cymbidium, Cyperipedium, Dendrobium, Ephemerantha, Eria, Galeola, Gastrodia, Gymnadenia, Habenaria, Ludisia, Luisia, Nervilia, Thunia*の１５属で、２４種が中国薬用植物図譜に記載されている。これらの多くはミャンマーにも分布していると思われる。 属の中で最も多くの薬用種を含むものはセッコク属Dendrobium 7種(他の本では１８種)です。セッコク属はマイヒメ （美花石斛）*Dendrobium loddigesii* Rolfe、テッピセキコク（鉄皮石斛） *D. candidum* Wall. ex Lindl.ソクカセッコク（束花.石斛）*D. chrysanthum* Wall. ex Li *D.moniliforme* (L.) Sw. コウキセッコク （金釵石斛）*D. nobile* Lindl. を樹上で栽培し、計画的に出荷できるようになると思われる。

D．考察

初年度：植物の変異は周辺の動物を巻き込みながら進化している。種の進化は新しい遺伝子の配列が見つけ出されると思う。遺伝子組み換え植物体を保存し、自然界との交配を防ぐためには、今まで述べてきたような植物の特徴を正確にとらえることが大切である。個々の植物の注意深い観察から交配方法、隔離方法や保存方法が見つけ出されると思われる。

２年度：遺伝子組み換え植物体を保存し、自然界との交配を防ぐためには、隔離も重要であるが、栄養繁殖方法の確立も重要な技術である。また、人工交配で新しい遺伝子を入れ込んだ植物体を作り出し、組み換え研究の材料に供給することも新しい試みと思われる。

ミャンマーの奥地で多くの薬用植物を栽培し、適地を見つけだすことに成功したので、これらの情報を基に遺伝子組み換え分野活用されることを期待する。

3年度:ミャンマーにはラン科植物は110属 847 種が報告されている。今回確認されたものは１５７ 種である。この中で、*Dendrobium* 属植物は全種１８３種の約 1/3 の68種類であった。

遺伝資源植物の保護と増殖は自然環境と調和して行わないと外来植物による固有のフローラの破壊を伴いかねない。今回の研究では、薬用ランをフラスコで無菌栽培し、生育した株を原産地の森林に戻して、樹上で栽培する方法を確立した。ラン科植物はワシントン条約によって、手厚く保護されているものであるが、自然環境の中で栽培することによって、輸出が可能になる。薬用と観賞用の種類は異なるが、全く同じ方法で栽培が可能であると思われる。

F．研究発表

1. 論文発表

1. Motoyoshi Satake, I-Jung Lee: Flowers in Myanmar, AROMA RESEARCH No.21, Vol.6 94-97(2005)

2. Motoyoshi Satake, I-Jung Lee:Flowers in Myanmar, AROMA RESEARCH No.19, Vol.5, 83-89(2004)

3. Motoyoshi Satake, I-Jung Lee:Flowers in Myanmar, AROMA RESEARCH No.18, Vol.5, 88-91(2004)

2. 学会発表

なし

3. 知的財産権の出願・登録状況

なし

II. 研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書　籍　名	出版社名	出版地	出版年	ページ
飯田修，香月茂樹，柴田敏郎，鈴木幸子，熊谷健夫,	ウイキョウ，オオツヅラフジ，オミナエシ，カラスビシャク，ヨロイグサ	薬用植物栽培・評価指針作成検討委員会	薬用植物栽培・評価指針XI	薬事日報社	東京	2005	1-62

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
K. Yoshimatsu, H. Sudo, H. Kamada, F. Kiuchi, Y. Kikuchi, J. Sawada and K. Shimomura	Tropane alkaloid production and shoot regeneration in hairy and adventitious root cultures of *Duboisia myoporoides – D. leichhardtii* hybrid	*Biol. Pharm. Bull.*	27(8)	1261-1265	(2004)
S. Oguro, T. Akashi, S. Ayabe, H. Noguchi, and I. Abe	Probing Biosynthesis of Plant Polyketides with Synthetic *N*-Acetyl- cysteamine Thioesters	*Biochem. Biophys. Res. Commun.*	325 (2)	561-567	(2004)
I. Abe, T. Watanabe and H. Noguchi	Enzymatic formation of long-chain polyketide pyrones by plant type III polyketide synthases	*Phytochem.*	65(17)	2447-2453	(2004)
Ikuro Abe , Yoriko Utsumi , Satoshi Oguro and Hiroshi Noguchi	The first plant type III polyketide synthase that catalyzes formation of aromatic heptaketide	*FEBS Letters*	562(1-3)	171-176	(2004)
Putalun W, Fukuda N, Tanaka H, Shoyama Y	A one-step immunochromatographic assay for detecting ginsenosides Rb1 and Rg1	*Anal. Bioanal. Chem.*	378 (5)	1338-1341	(2004)
Ochiai T, Soeda S, Ohno S, Tanaka H, Shoyama Y, Shimeno H	Crocin prevents the death of PC-12 cells through sphingomyelinase-ceramide signaling by increasing glutathione synthesis	*Neurochem. Int.*	44 (5)	321-330	(2004)
Zhu SH, Shimokawa S, Tanaka H, Shoyama Y	Development of an assay system for saikosaponin a using anti-saikosaponin a monoclonal antibodies	*Biol. Pharm. Bull.*	27 (1)	66-71	(2004)
Kim JS, Tanaka H, Shoyama Y	Immunoquantitative analysis for berberine and its related compounds using monoclonal antibodies in herbal medicines	*Analyst*	129 (1)	87-91	(2004)

Putalun W, Prasarnsiwamai P, Tanaka H, Shoyama Y	Solasodine glycoside production by hairy root cultures of *Physalis minima* Linn.	*Biotechnology Letters*	26(7)	545-548	(2004)
Yasuhisa Kaminaga, F. Pinar Sahin, Hajime Mizukami	Molecular cloning and characterization of a glucosyltransferase catalyzing glucosylation of curcumin in cultured *Catharanthus roseus* cells	*FEBS Letters*	567	197-202	(2004)
Changfeng Long, Nobuko Kakiuchi, Akira Takahashi, Katsuko Komatsu, Shaoqing Cai, Masayuki Mikage	Phylogenetic analysis of the DNA sequence of the non-coding region of nuclear ribosomal DNA and chloroplast of *Ephedra* plants in China	*Planta Medica*	70 (11)	1080-1084	(2004)
K. Yoshimatsu, H. Sudo, H. Kamada, F. Kiuchi, Y. Kikuchi, J. Sawada and K. Shimomura	Tropane alkaloid production and shoot regeneration in hairy and adventitious root cultures of *Duboisia myoporoides – D. leichhardtii* hybrid.	*Biol. Pharm. Bull.*	27(8)	1261-1265	(2004)
Mikage M., Kondo N., Yoshimitsu M., Nakajima I., Cai S.Q	Studies of *Ephedra* Plants in Asia. Part 2. On the Current situation of the Cultivation of *Ephedra* Plants in China	*Natural Medicines*	58(6)	312-320	(2004)
Takahata, K., Takeuchi, M., Fujita, M., Azuma, J., Kamada, H., Sato, F.	Isolation of putative glycoprotein gene from early somatic embryo of carrot and its possible involvement in somatic embryo development	*Plant Cell Physiology*	45(11)	1658-68	(2004)
姉帯正樹，熊谷健夫，柴田敏郎	白止の調製法と化学的品質評価（第5報）保存中におけるフロクマリンの減少	*Natural Medicines*	58(5)	209-213	(2004)
Shitan, N., Kiuchi, F., Sato, F., Yazaki, K., Yoshimatsu, K.	Establishment of *Rhizobium*-mediated transformation of *Coptis japonica* and molecular analyses of transgenic plants	*Plant Biotechnology*	22(2)	113-118	(2005)
I. Abe, T. Watanabe and H. Noguchi	Chalcone Synthase Superfmaily of Type III Polyketide Synthases from Rhubarb (*Rheum palmatum*)	*Proc. Japan Acad.*	81, *Ser. B*	434- 440	(2005)
I. Abe, S. Oguro, Y. Utsumi, Y. Sano, and H. Noguchi	Engineered Biosynthesis of Plant Polyketides: Chain Length Control in an Octaketide-Producing Plant Type III Polyketide Synthase	*J. Am. Chem. Soc.*	127 (36)	12709- 12716	(2005)
I. Abe, Y. Utsumi, S. Oguro, H. Morita, Y. Sano, H. Noguchi	A Plant Type III Polyketide Synthase that Produces Pentaketide Chromone	*J. Am. Chem. Soc.*	127(5)	1362-1363	(2005)

Putalun W, Tanaka H, Shoyama Y	Rapid detection of glycyrrhizin by immunochromatographic assay	*Phytochemical Analysis*	16	370-374	(2005)
Morinaga O, Fujino A, Tanaka H, Shoyama Y	An on-membrane quantitative analysis system for glycyrrhizin in licorice roots and traditional Chinese medicines	*Anal. Bioanal. Chem.*	383	668-672	(2005)
Changfeng Long, Nobuko Kakiuchi, Guoyue Zhong and Masayuki Mikage	Survey on resources of *Ephedra* plants in Xinjiang	*Biol. Pharm. Bull.*	28 (2)	285-288	(2005)
M. Umehara, I. Eguchi, D. Kaneko, M. Ono and H. Kamada	Evaluation of gene flow and its environmental effects in the field	*Plant Biotechnol*	22(5)	497-504	(2005)
路川宗夫、今井清太、野水美奈、宮田佳奈、鎌田博	筑波大学構内の植物層2004	筑波大学農林技術センター研究報告	18	15-35	(2005)
鎌田博	遺伝子組換え植物の現状と今後	FFIジャーナル	210(7)	603-608	(2005)
I. Abe, T. Watanabe, H.Morita, T. Kohno and H. Noguchi	Engineered Biosynthesis of Plant Polyketides: Manipulation of Chalcone Synthase	*Org. Lett.*	8(3),	499-502	(2006)
I. Abe, T. Watanabe, W. Lou, H. Noguchi	Active site residues governing substrate selectivity and polyketide chain length in aloesone synthase	*FEBS Journal*	273	208- 218	(2006)
Fukuda N, Shan S, Tanaka H, Shoyama Y	New staining methodology: Eastern blotting for glycosides in the field of Kampo medicines	*J. Nat. Med.*	60 (1)	21-27	(2006)