

# マタタビ (*Actinidia polygama* (Sieb. et Zucc.) Planch. ex Maxim.) の 自生地 of 立地環境と虫えい果サイズの地域間差

荒瀬輝夫\*・内田泰三\*\*

\* 信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

\*\* 九州産業大学工学部都市基盤デザイン工学科

## 要 約

木材以外の森林資源による地域振興を目指すため、本邦在来の薬用植物マタタビ (*Actinidia polygama* (Sieb. et Zucc.) Planch. ex Maxim.) の虫えい果について系統収集を行なった。自生地の環境を把握するとともに、虫えい果の形態、サイズ、収量の地域間差を分析した。虫えい果の収集系統数は長野県内 4 地域 11 系統、県外 2 地域 2 系統であった。県内 11 系統の自生地は標高 520~1330m、地形は沢筋と斜面下部であった。正常果と比べ、虫えい果は 2~3 倍の果実重があり、果実長が抑制されて横方向に肥大する形状であった。虫えい果の平均果実重には有意な地域間差が認められたが、地域間差の主要因は標高と考えられた。平均果実重と標高との関係は 2 次 spline 関数による回帰で説明でき、標高 950m 付近を境界として、標高の上昇とともに低標高域で増大し、高標高域で急激に減少した。採集効率 (時間あたり採集可能数の対数階級値) を用いたところ、採集効率は平均果実重 4~4.5 g で最大であり、収量は最も多い系統の自生地 で約 500 g・hr<sup>-1</sup> と概算された。

キーワード：マタタビ、虫えい果、薬用植物、標高、採集効率

## 1. はじめに

木材でない森林資源 (NWFP; non-wood forest product) は、地域色の強い産物として地域振興の効果を期待でき、かつ、伐採等を伴わないので森林への負荷の小さな産業となりえる<sup>18)</sup>。NWFP には食用野生植物から観光までさまざまなものが含まれる。その中でも薬用植物は、採集する植物種、利用部位、季節性、森林の遷移段階などについて多様性と地域性に富み、民俗植物学のフィールド調査において重視されている<sup>17,19)</sup>。薬用植物は長い年月をかけて薬効と安全性が検証されてきたものであることに加え、生化学的な生理活性の裏付けが近年なされつつあり、重要な森林資源の 1 つであるといえよう。

薬用植物は、古くは上薬、中薬、下薬に分類されていたように、日常的に口にしても害のないものから、取り扱いに熟練した知識と技術が必要とされるものまでさまざまである<sup>8)</sup>。休耕地や荒廃林などで薬用植物を栽培して地域産物化をはかるとすれば、その地域に普通に自生していることが採集ないし栽培する上で望ましい。また、販売に特別な許可を要

しないこと、すなわち、薬事法、栄養改善法、景表法などの法令に抵触しないように、食品として日常的に利用するような外観と用途であること<sup>4,31)</sup>が望ましいであろう。

マタタビ (*Actinidia polygama* (Sieb. et Zucc.) Planch. ex Maxim.) の虫えい果 (虫こぶ; gall, 写真 1) は、木天蓼と呼ばれる生薬の原料である<sup>7,10,11,13,25)</sup>。体を温め、滋養強壮や利尿などの薬効があるとされ<sup>7,10,11,13,25,30)</sup>、免疫力増強作用<sup>9)</sup>や生活

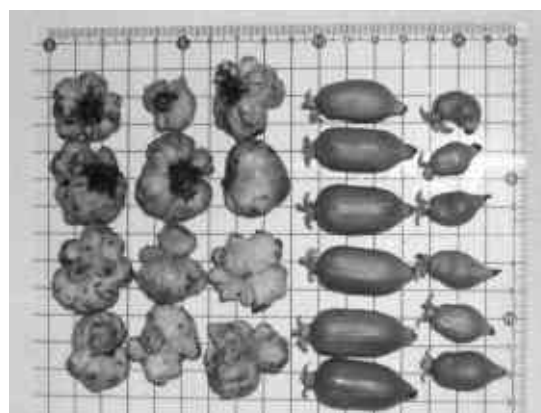


写真 1 マタタビの虫えい果 (左) と正常果 (右)  
手良沢山系統、ともに 2008 年 9 月 3 日に採集。  
背景の格子目盛の幅 = 1 cm.

受付日 2008年12月26日

受理日 2009年2月13日

習慣病予防効果<sup>22)</sup>も期待されており、マタタビ茶やマタタビ酒として飲用される。いわゆる「マタタビ反応」<sup>20)</sup>により、ネコ科動物 (Felidae) を誘引し陶醉させることでも有名である。マタタビの誘引する生物として他にヨツボシクサカゲロウ (*Chrysopa septempunctata* Wesmael) が知られており、その原因物質の研究も進められている<sup>6)</sup>。クサカゲロウ類はアブラムシ類の天敵であるため、マタタビはアブラムシ類による被害を受けにくいとされる<sup>23)</sup>。なお、正常果にも薬効があるのか否かは文献によって諸説あるのではっきりしないが、虫えい果を薬用とする記述が多数派のようである。正常果は熟しても辛味や苦味があり美味ではなく、塩漬けにして食用とされる<sup>20,26)</sup>。

虫えい果はマタタビミタマバエ (*Pseudasphondylia matatabi* (Yuasa & Kumazawa, 1938), 写真2) の産卵によって形成される<sup>30,33,34)</sup>。夏季には虫えい果の発達が顕著になり、9月頃から緑色のまま地上に早落する傾向が強い<sup>34)</sup>。マタタビミタマバエの生態とくに越冬については不明な点が多く、花または幼果に産卵し、秋季に樹上または地上に落ちた虫えい果から羽化する。この虫えい果は本州、佐渡、九州 (おそらく四国にも) 分布しているとされる<sup>34)</sup>。マタタビ虫えい果の中には、虫えい形成者である寄主、寄主にさらに寄生する寄生蜂、食痕の空洞を利用する昆虫などが混在しており<sup>33)</sup>、狭い環境の中にも小さな生態系が成立している。

マタタビ自体はサハリン〜九州に分布していることから<sup>11,14)</sup>、寄主はマタタビの分布域の中でもやや南方よりに分布しているようである。マタタビは雌雄異株または雑居性の木本性つる植物で<sup>11,20,25)</sup>、長野県では山地帯の林縁部や沢筋などに普通に見られ、造林地の立木に被害を与えるほどである。したがっ



写真2 虫えい果から羽化したマタタビミタマバエ成虫  
北沢系統, 目盛の幅 = 1 mm.

て、山間地などで栽培や採集を行なう薬用植物としては、実用化の可能性の高いものと考えられる。しかしながら、マタタビに関する既往の研究は、含有成分<sup>6,9,22)</sup>やキウイフルーツ (*Actinidia chinensis* Planch.) の近縁種としての特性<sup>29)</sup>などに限られている。一般向けの園芸書<sup>23)</sup>に栽培・増殖法が紹介されているものが散見されるが、学術的にマタタビ自体の生態や栽培・採集を取り上げたものは見当たらない。

そこで本研究では、森林資源の有効利用と地域産物化の策として、マタタビ虫えい果の採集と生産をめざすこととした。そのうち本報では、長野県中南部を中心として系統収集を行った。優良系統探索や採集の効率化に資するために、自生地の立地環境を標高、地形、植生などから解析した。また、系統ごとに虫えい果サイズと収量を調査し、地域間差を明らかにすることを試みた。

## 2. 調査方法

### 2.1 系統収集

系統収集は2008年9月から10月に行った。対象地域は、長野県中南部4地域 (伊那、遠山郷、木曾、和田峠) と、県外2地域 (東京都高尾山および栃木県八方ヶ原) とした (図1, 図2)。車および徒歩で対象地域を踏査し、マタタビ群生地を確認後、樹上および地上の虫えい果を採集した。虫えい果は未熟果であり種子は採集できないので、GPS および



図1 マタタビ虫えい果の系統採集地域  
A: 長野県中南部, B: 東京都高尾山,  
C: 栃木県八方ヶ原.

地形図を用いて採集した場所を記録し、後日、正常果や穂木を採集できるよう配慮した。なお、長野県内4地域は本調査における探索で行き着いた場所であるが、県外2地域は、文献調査<sup>13)</sup>および予備調査でマタタビ群生地の存在が分かっていた場所である。

## 2.2 自生地の立地環境

虫えい果の多いマタタビ自生地の立地環境を把握するため、系統採集時に立地環境の調査を行なった。調査項目は、標高、大まかな地形および植物の配置の描写による植生断面、および植物相（木本類、草本類、つる植物）である。標高はGPSおよび地形図判読によった。

## 2.3 虫えい果の果実重およびサイズ

虫えい果サイズの頻度分布が不明であるので、虫えい果を多量に採集できた手良沢山系統（伊那地域）において、果実重、果実長、果実径の測定を行なった。正常果と虫えい果とを比較するため、樹上の正常果も同時に採集した。果実重の増加に伴う正常果と虫えい果のサイズの変化を確認するため、果実重を説明変数として果実長および平均果実径の散布図を作成し、相対生長関係を分析した。

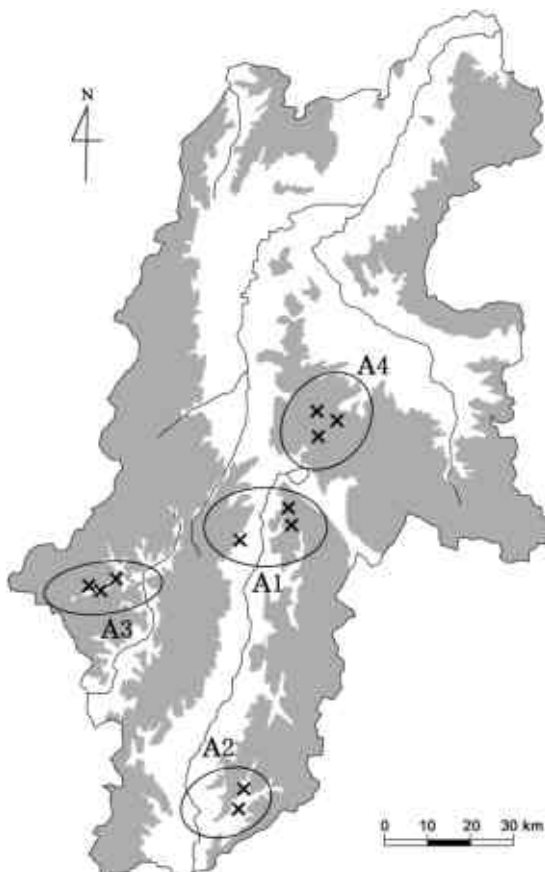


図2 長野県内における系統採集地点

灰色部分は標高1000m以上の地域をさす。

A1：伊那，A2：遠山郷，A3：木曽，A4：和田峠。

他の系統では、薬効が強いとされる虫えい果のみを採集した。採集した虫えい果は汚れを落とし、1個ずつ果実重（g）、果実長（cm）、果実径（cm）を測定した。果実の断面は円形ではないので、果実径として長径と短径の2方向を測定し、その幾何平均をとって平均果実径とした。測定数は系統ごとに平均的なものを20個までとしたが、採集数が20に満たないものは全数測定とした。

なお、虫えい形成者の確認のため、各系統2～3個の虫えい果をシャーレに入れて室温条件・1日間静置し、羽化してくる成虫の観察を行なった。

## 2.4 採集効率と収量

収量の構成要素の1つとして、時間あたり採集可能数（個数・hr<sup>-1</sup>）という調査項目を設定した。しかし、地面に落ちている虫えい果は林床の草本類や落葉などに隠れてすべては採集できず、また落下した虫えい果がすべて無傷で残存しているかどうか不明である。そこで、実際の採集作業状況から、採集可能数を階級によって記載することとした。すなわち、1時間あたり採集可能数を、常用対数変換値で0.5刻みになるように境界値を設定して

0：1～3個

0.5：4～10未満

1：10～31個

1.5：32個～100未満

2：100～316個

2.5：317～1000未満

という階級で表し、これを本報では採集効率（efficiency of gathering）と呼ぶこととした。この方法による記録は大まかではあるが迅速であり、系統間で収量が極端に異なる場合には有効と予想される。

採集効率と、収量のもう1つの構成要素である虫えい果の平均果実重について、相互の関係を回帰分析により検討した。

また、収量（g・hr<sup>-1</sup>）は、虫えい果の平均果実重（g）と採集効率（個数・hr<sup>-1</sup>）との積で概算できる。ただし、採集効率は対数値であるので、平均果実重を対数値に換算して、

収量（対数値）＝log（虫えい果の平均果実重）＋採集効率

の式により収量を求めた。標高と平均果実重および収量との関係について、散布図を作成して回帰分析により有意性を分析した。



表1 マタタビ虫えい果の採集系統と自生地の環境

地域	系統	標高 (m)	地形	植生 (優占種)				
				高木層	亜高木層	低木層	草本類	他のつる植物
長野県 伊那	手良沢山	1050	沢筋	ヒノキ	フサザクラ	アブラチャン	スズタケ	—
	萱野高原	1100	沢筋	カラマツ	ヤマグワ	アブラチャン	クサコアカソ	フジ, アケビ
	北沢	960	沢筋	オノエヤナギ	フサザクラ	ミツバウツギ	アカソ	フジ, アケビ
遠山郷	遠山川	520	沢筋	ケヤキ	アカメガシワ	イヌガヤ	アシボソ	フジ, オニドコロ
	中郷	670	沢筋	スギ	フサザクラ	アブラチャン	ヤブソテツ	フジ, ヘクソカズラ
木曽	三岳村	750	斜面下部	コナラ	サワシバ	シロモジ	ツリフネソウ	クズ, カナムグラ
	松越	920	斜面下部	オニグルミ	イタヤカエデ	ケヤキ	ヨモギ	クズ, カラハナソウ
	田原	900	斜面下部	カラマツ	ミズキ	シロモジ	ミゾソバ	アケビ, ボタンヅル
和田峠	旧道峠下	1330	沢筋	カラマツ	イタヤカエデ	ズミ	ミヤマカンスゲ	サルナシ, マツブサ
	男女倉	1090	沢筋	ミズキ	サワシバ	ヤマグワ	イタドリ	サルナシ, ヤマガシユウ
	砥川	1290	沢筋	ヒノキ	バッコヤナギ	リョウブ	オシダ	サルナシ, ミヤママタタビ
東京都 高尾山	高尾山口	230	沢筋	スギ	ヤマグワ	ヤマグワ	ヒメシャガ	クズ
栃木県 八方ヶ原	宇津野	550	斜面下部	スギ	—	コナラ	チヂミザサ	ミズバアケビ, クズ

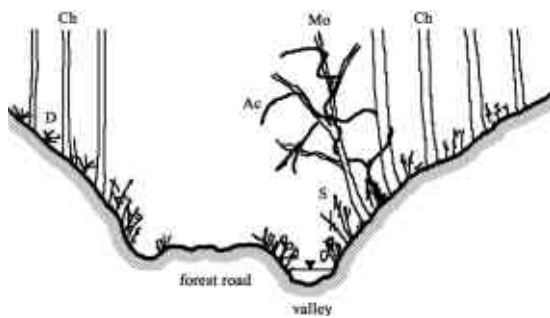


図3 マタタビ自生地 (沢筋) の植生断面の例 (手良沢山系統)

Ac: マタタビ, Ch: ヒノキ, Mo: ヤマグワ,  
S: スズタケ, D: オシダ.

### 3. 結 果

#### 3.1 系統収集および自生地の立地環境

得られた系統数は長野県内11系統であり, 伊那, 遠山郷, 木曽, 和田峠それぞれ3, 2, 3, 3系統であった (図2)。県外の地域では採集時間が限られていたこともあり, 2系統のみ (高尾山, 八方ヶ原それぞれ1系統ずつ) の収集で, 全体では13系統となった。表1に系統一覧と自生地の環境を示す。

自生地の標高は, 長野県内では520~1330mであり, 県外2地域を含めると高尾山の230mが最も低標高であった。なお, 長野県内4地域については標高の地域間差が有意であり ( $P < 0.00002$ ), 標高の高い順に和田峠 (平均1237m), 伊那 (平均1037m), 木曽 (平均857m), 遠山郷 (平均595m) となっていた。地形について, 13系統のうち9系統は沢筋, 4系統は斜面下部であった。斜面下部の自生地は, いずれも斜面と道路の間にある側溝状の湿生地であった。図3に植生断面図の例を示した。

植物相について, 高木層の優占樹種は特定の種に

限定されておらず, 針葉樹の植林 (ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* (Sieb. et Zucc.) Endl., カラマツ *Larix kaempferi* (Lamb.) Carr., スギ *Cryptomeria japonica* (L.f.) D. Don) や落葉広葉樹 (コナラ *Quercus serrata* Thunb., ミズキ *Cornus controversa* Hemsl., ヤナギ類 *Salix* spp. など) というようにさまざまであった。亜高木層~低木層では, アブラチャン (*Lindera praecox* (Sieb. et Zucc.) Blume) とヤマグワ (*Morus bombycis* Koids.) の2種が各系統の自生地に共通して確認される傾向が見られた。草本層の優占種は, ササ類: スズタケ (*Sasamorpha borealis* (Hack.) Nakai), イネ科草本: アシボソ (*Microstegium vimineum* (Trin.) A. Camus) やチヂミザサ (*Oplismenus undulatifolius* (Ard.) Roem. et Schult.), 広葉草本: アカソ (*Boehmeria tricuspidata* (Hance) Makino) やツリフネソウ (*Impatiens textori* Miq.), シダ植物: クサソテツ (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.) やオシダ (*Dryopteris crassirhizoma* Nakai) というように, 系統によって様々であった。同所的に生育していた主なつる植物としては, フジ (*Wisteria floribunda* (Willd.) DC.), クズ (*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi), アケビ (*Akebia quinata* (Houtt.) Decne.), サルナシ (*Actinidia arguta* (Sieb. et Zucc.) Planch. ex Miq.) が挙げられた。

#### 3.2 虫えい果の果実重とサイズ

手良沢山系統の正常果および虫えい果の果実重の頻度分布は図4のとおりである。正常果は $2.44 \pm 1.54$  g (平均 $\pm \sigma$ ), 中央値1.81 gであった。虫えい果は $5.03 \pm 2.31$  g (平均 $\pm \sigma$ ), 中央値5.22 gであった。いずれも平均値と中央値がずれており, 正

規分布とは異なる左右非対称の頻度分布をしていることが読み取れた。虫食い果／正常果の分散比は有意であり（ $F$  値=2.23,  $p < 0.01$ ）、正常果に比べて虫食い果において、果実重のばらつきが大きいことが読み取れた。

同じサンプルを用いて果実重と果実サイズ（果実長および平均果実径）との相対生長関係をみると、図5のようになった。正常果、虫食い果とも、果実重－果実サイズ間に有意な相対成長関係が認められたが、正常果と虫食い果では様相が異なっていた。正常果では、果実長＞平均果実幅であり、両者とも果実重との相対成長関係が非常に顕著であった

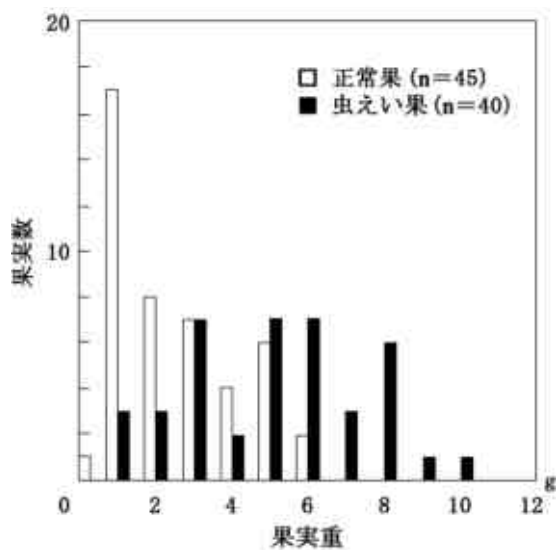


図4 マタタビの正常果と虫食い果の果実重の頻度分布  
手良沢山系統のサンプルを計測した。

( $R^2=0.95$ 前後)。一方、虫食い果では、平均果実径＞果実長であり、果実重との相対成長関係は平均果実径で顕著であったが（ $R^2=0.927$ ）、果実長では不明瞭であった（ $R^2=0.453$ ）。

各系統の虫食い果サイズを表2に示した。なお、虫食い果の果実重の分布が左右非対称であることから（図4）、果実重、果実長、平均果実径の代表値として中央値を用いた。平均果実重は、伊那、遠山郷、木曽、和田峠、高尾山、八方ヶ原地域でそれぞれ4.12～5.22, 2.45～2.75, 3.24～4.28, 2.47～3.79, 3.01, 2.89 gであった。1系統のみの高尾山と八方ヶ原を除いて分散分析を行ったところ、長野県内4地域による地域間差は有意（ $p < 0.0005$ ）であった。果実長は0.8～1.5cm, 平均果実径は1.92～2.59cmで、長野県内4地域による地域間差はともに有意であった（それぞれ  $p < 0.002$ ,  $p < 0.000002$ ）。

なお、虫食い果から羽化してきた昆虫として、13系統いずれもマタタビミタマバエ成虫が確認された。このほか、一部の系統（伊那地域の北沢系統など）で、幼虫に寄生していたと思われる寄生蜂の成虫（コマユバチ科 *Braconidae* の1種、翅脈などの形態<sup>32)</sup>から同定）も若干数確認された。

### 3.3 採集効率と収量

系統ごとの採集効率および収量を表2, 虫食い果の平均果実重と採集効率との関係を図6に示した。採集効率は1.0（10～31個・hr<sup>-1</sup>）～2.0（100～316個・hr<sup>-1</sup>）であり、長野県内4地域の地域間差は有意であった（ $p < 0.001$ ）。収量（対数値）は

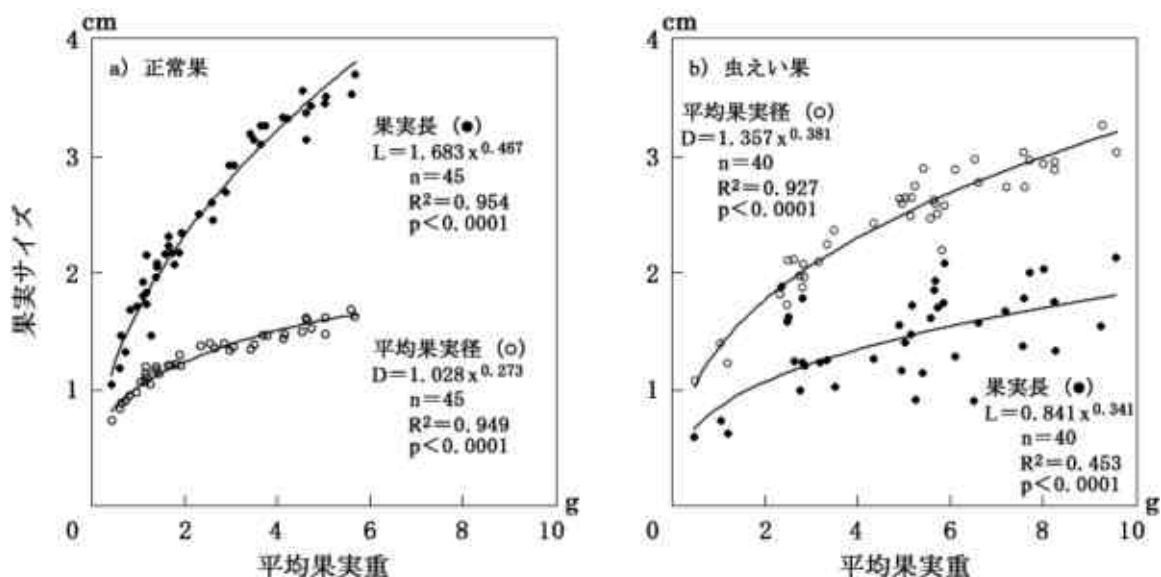


図5 マタタビの正常果と虫食い果における、果実重－サイズの相対生長関係  
手良沢山系統のサンプルの計測データを用いた。

表2 系統ごとのマタタビ虫えい果のサイズおよび収量

地域	系統	果実重 (g)	果実長 (cm)	平均果実径 (cm)	採集効率 log(個数・hr <sup>-1</sup> )	収量 log(g・hr <sup>-1</sup> )	
長野県 伊那	手良沢山	5.22	1.51	2.59	1.5	2.2	
	萱野高原	4.55	1.05	2.45	2	2.7	
	北沢	4.12	0.86	2.38	2	2.6	
	遠山郷	遠山川	2.75	0.80	2.08	1	1.4
	中郷	2.45	1.23	1.93	1	1.4	
	木曽	三岳村	3.24	1.04	2.13	1.5	2.0
	松越	3.36	1.21	2.14	1.5	2.0	
	田原	4.28	1.22	2.30	2	2.6	
	和田峠	峠下	2.47	1.15	1.92	1	1.4
	男女倉	3.79	1.20	2.33	1.5	2.1	
	砥川	2.55	1.12	1.98	1	1.4	
東京都 高尾山	高尾山口	3.01	0.92	2.05	1.5	2.0	
栃木県 八方ヶ原	宇津野	2.89	1.01	2.31	1.5	2.0	

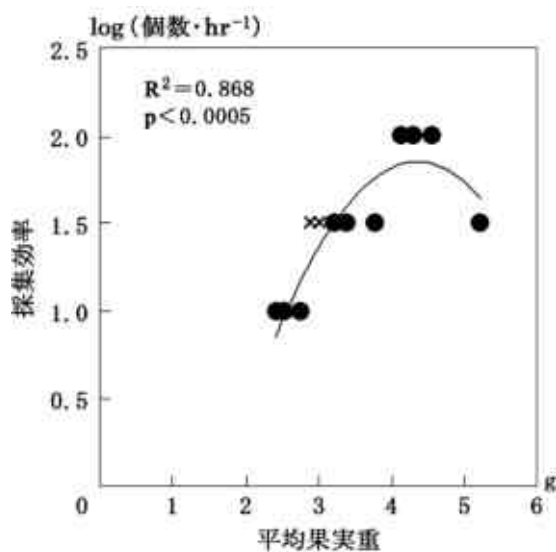


図6 マタタビ虫えい果の平均果実重と採集効率との関係

採集効率は、時間あたり採集可能数の対数階級値（本文を参照）。

1.4~2.7 (約25~500  $\text{g} \cdot \text{hr}^{-1}$ ) であり、長野県内4地域の地域間差は有意であった ( $p < 0.0005$ )。図5より、採集効率は平均果実重に対して上に凸の曲線を描く関係にあった。2次式による曲線回帰を当てはめると高度に有意であり ( $R^2=0.868$ ,  $p < 0.0005$ )、平均果実重4~4.5 g付近に採集効率のピークが認められた (図6)。

### 3.4 標高と虫えい果の平均果実重および収量との関係

標高と虫えい果の平均果実重との関係は図7のとおりである。平均果実重は標高に対して3次曲線的

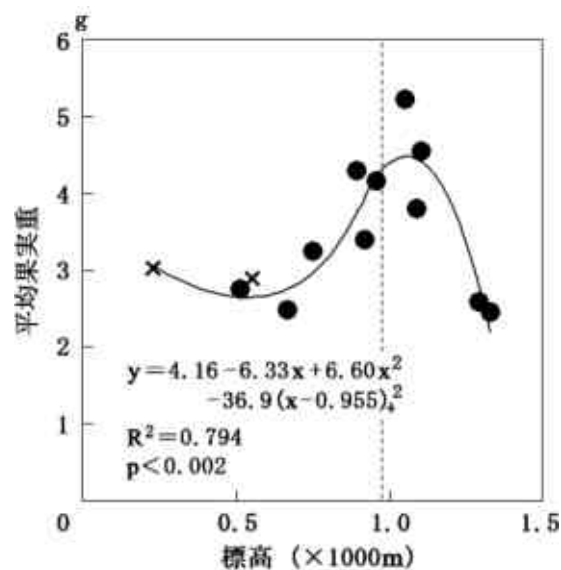


図7 マタタビ虫えい果の平均果実重と標高との関係

な変化を示し、標高500m付近では横ばい、1000m付近までは右肩上がりに増加し、さらに標高が上がると急激に減少するように見て取れた。3次式の当てはめは生態学的に解釈が困難であり、一般に解も安定しない傾向がある。そこで、よりシンプルなモデルとして、標高  $x$  と平均果実重  $y$  との関係が、ある標高  $x=t$  を境界として異なる局面に変わるとして、

ア)  $x \leq t$  のとき、 $x$  に対する  $y$  の変化率  $y'$  は直線的に増加

イ)  $x > t$  のとき、 $y'$  は直線的に減少

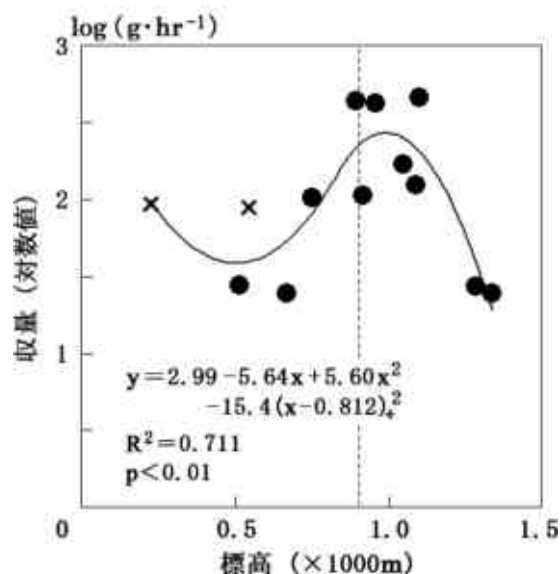


図8 マタタビ虫えい果の収量と標高との関係  
収量は、平均果実重と採集効率から算出した。

ウ)  $x=t$  において  $y$  および  $y'$  は連続

と仮定すると、

$$y = a + bx + cx^2 + s(x-t)_+^2$$

という多項式で表現することができる。ここで、 $(x-t)_+$  は、 $x-t \geq 0$  のとき  $x-t$ 、 $x-t < 0$  のとき 0 という変数を示す。これは  $x=t$  という 1 つの節点で 2 つの 2 次曲線を滑らかに結合した 2 次の spline 関数<sup>2,15)</sup> と全く同じ形式となる。

標高と虫えい果の平均果実重との関係を 2 次 spline 関数により最小 2 乗法で推定し、節点の最適値を勾配法により求めたところ、節点 0.955 (標高 955m)、

$$y = 4.16 + 6.33x + 6.60x^2 + 36.9(x - 0.955)_+^2$$

という有意な回帰式 ( $R^2 = 0.794$ ,  $p < 0.002$ ) が得られた。なお、形式的に 3 次曲線で回帰を行なった場合の決定係数は  $R^2 = 0.734$  ( $p < 0.006$ ) であった。

収量 (対数値) と標高とを比較すると、図 7 と類似の 3 次曲線的な関係が見られた (図 8)。平均果実重と同様に、標高  $x$  と収量  $y$  との関係がある標高  $x=t$  を境界として異なる局面に変わるとして、2 次 spline 関数による当てはめを行なったところ、節点の最適値は 0.812 (標高 812m)、

$$y = 2.99 + 5.64x + 5.60x^2 + 15.4(x - 0.812)_+^2$$

という有意な回帰式 ( $R^2 = 0.711$ ,  $p < 0.01$ ) が得られた。なお、形式的に 3 次曲線で回帰した場合の決定係数は  $R^2 = 0.686$  ( $p < 0.02$ ) であった。

## 4. 考 察

### 4.1 自生地の立地環境

虫えい果に着目したマタタビ自生地の立地環境として、まず標高について、長野県中南部では標高 520~1330m であった (表 1)。同じ長野県中南部におけるヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) の自生地の標高は 1100~1600m と報告されている<sup>1)</sup>。マタタビの分布域はこれより低い標高域にずれ、標高域の幅 (約 800m) はヤマブドウの場合 (約 500m) よりも広がった。標高は気温に影響し、すなわち植物の生育に必要な有効積算温度にも影響することを考慮すると、ヤマブドウの結実に比べ、マタタビの分布と虫えい果形成可能な温度条件の幅は広いといえよう。

地形と植生について、地形は沢筋または斜面下部の路傍で、特定の林相はないがアブラチャンとヤマグワが自生している等の特徴が認められた (表 1, 図 3)。沢筋と斜面下部はともに土壤に湿り気のある環境で、沢もしくは道路によって森林が細長く分断されて林縁部の形成されている場所である。アブラチャンはやや湿った場所に生える樹種である<sup>12)</sup>。したがって、林縁部かつ湿り気のある土壤であることが、マタタビの分布と虫えい果形成の好適な条件であると推測される。

ヤマブドウも沢筋に多い<sup>1)</sup>と報告されていることから、沢筋に分布する木本性つる植物という点に着目すると、長野県中南部では、低山帯~山地帯の広い標高域にマタタビ、山地帯~亜高山帯にヤマブドウがそれぞれ分布するという様相が伺えた。これは 2 種がそれぞれ標高 (気温) の環境傾度に応答している結果と考えられるが、本調査においては 2 種の混生していた自生地は確認されておらず、潜在的にはより広い標高域に適応できるものの競争関係により抑制しあっている可能性もある。サルナシ、アケビなども含め、種の分布域を調査して比較することも必要である。

### 4.2 虫えい果のサイズと採集効率

虫えい果の平均的な果実重は正常果の 2~3 倍であり (図 4)、縦方向ではなく横方向に肥大する形状であった。正常果では果実重・サイズの相対生長が果実長・平均果実径とも顕著であり、果実重に応じて 1~4 cm 程度まで果実が伸長していたのに比べ、虫えい果では果実の伸長は 0.5~2 cm 程度までであり、果実重と果実長との関係も崩れていた (図 5)。このことから、虫えい果形成が始まると果実の縦方



向の伸長生長が抑制され、果実重増加を横方向の異常な肥大生長で担うようになることが読み取れる。虫えい果形成の最初の段階はマタタビミタマバエの産卵であるが、その時期は不明な点が多く<sup>34)</sup>、産卵からマタタビ果実の異常な生長開始までに要する時間もまた不明である。本調査で採集した虫えい果のほとんどは地上に落下したものであり、もはや果実重、サイズとも増大しないと考えてよいので、果実重から産卵時期を推定できる可能性がある。

採集効率は、虫えい果の平均果実重 4~4.5 g の系統で最も高く、これより虫えい果が小さくまたは大きくなると採集効率は減少した (図 6)。虫えい果が 4~4.5 g より小型になると生産効率が減少するのは、マタタビの植物体自体の活力度を反映したものと思われる。一方、平均果実重×採集効率 (個数・hr<sup>-1</sup>) が全体の収量 (g・hr<sup>-1</sup>) になるので、虫えい果が 4~4.5 g より大型になると採集効率が低下するのは、虫えい果に転流できる物質に限りがあるとすれば、生産数は大粒ほど小数 (小粒ほど多数) になるということの説明でできる。同属の栽培種であるキウイフルーツは、樹勢を犠牲にしても果実をすべて実らせようとする習性があるので<sup>21,24)</sup>、栽培管理上、摘果しないと果実が小型化する。図 6 の右半分から、マタタビにも同様の習性がある可能性が示唆された。虫えい果は植物体内における sink-source の関係では sink であり、sink 同士の競合関係は寄生者の生存に影響を及ぼすことが報告されている<sup>16)</sup>。果実重の違いから、マタタビの幼果~登熟期の果実の間で、虫えい果は正常果と競合する大きな sink であると考えられる。マタタビ虫えい果の安定的な採集・生産を目指すためには、虫えい果が正常果の生長、すなわち寄生する相手の植物の種子生産や繁殖に与える影響の把握は重要であり、今後の課題である。

#### 4.3 標高と虫えい果の平均果実重および収量との関係

虫えい果の平均果実重について県内 4 地域で有意な地域間差が認められたが、平均果実重は標高と関係があり (図 7)、地域ごとに自生地の標高が有意に異なっていたので (表 1)、地域間差の大きな要因は地域ごとの標高差であると考えられた。なお、虫えい果の地域間差は、採集地域や栽培適地を選ぶにあたって役立つ情報であるが、寄主側 (マタタビミタマバエ) の地域間差、植物側 (寄主に対するマタタビの感受性) の地域間差、または両者の組合せのいずれを意味するのか本調査からは特定できない。

各系統を同一条件で栽培した場合や、自生地と異なる地域に移植した場合に虫えい果のサイズが変化するかどうかについては、今後検証すべき課題である。

標高と虫えい果の平均果実重 (図 7)、標高と収量 (図 8) から、標高 800~950m を節点 (図中の破線) すなわち境界として、標高に対する虫えい果の発達や収量の変化率の局面が変わることが判明した。境界より低標高では果実重、収量とも変化が緩やかであり、冷涼な条件ほど虫えい果形成に好適であるといえる。一方、境界より高標高では果実重、収量とも急激に低下していた。マタタビの虫えい果サイズは中に寄生している幼虫数と正の相関関係にあることが報告されており<sup>33)</sup>、成虫あたりの産卵数に地域差がないとすれば、幼虫数はその自生地での成虫の密度を反映していることが推測される。寄主マタタビミタマバエの分布域がマタタビ自体の分布域の中でもやや南寄りであることから<sup>14,34)</sup>、高標高での虫えい果の果実重の急激な減少は、気温がある限界を下回ると寄主の分布を強く制限することを指すのではないかと推測される。また、植物 (マタタビ) 自体の原因として、近縁のキウイフルーツでは種子数と果実の肥大との関係が強い<sup>21)</sup>ことから、マタタビにおいても種子形成までの段階に問題があることが考えられる。すなわち、高標高域における夏季の開花期の低温が、開花期の遅延、花粉や種子の形成などに影響し、その後の果実の生長が抑制されている可能性もある。

なお、低標高において果実重と収量が増加しているように見えることについては、その理由は不明である。本調査における低標高の系統は数が少ないことから、標高とマタタビ虫えい果との関係の全容を本研究で把握できたわけではなく、低標高地について情報が不足していることは否めない。高尾山系統 (標高 230m)、八方ヶ原系統 (標高 550m)、遠山郷の 3 系統 (標高 520~670m) 周辺地域で系統収集することが望ましい。

また、図 7 と図 8 で用いた 2 次 spline 関数は、3 次曲線による回帰式の当てはめを形式上行なった場合より、いずれも決定係数が若干高くなっていた。高次の多項式を当てはめる際に見られるルンゲの現象<sup>2,28)</sup>、すなわち推定区間の両端などで予測値が極端な値をとり不安定になる現象も認められなかった。1 次 spline 関数を用いた回帰 (折れ線状の回帰直線) は、作物の生育ステージを踏まえた生長の解析<sup>27)</sup>で用いられている。spline 関数の難点としては、関数自体は線形結合であるが、節点についてその数



と値の決定が非線形予測となることが挙げられる<sup>15)</sup>。しかし、本研究でも確かめられた当てはまりのよさと結果の解釈のしやすさを考慮すると、ある節点（境界）で生態学的現象の背景や生育ステージが変わることが理論上妥当であれば、全区間について単一の高次関数を当てはめることより、より低次のシンプルな関数を節点で結合した spline 関数を適用することの有用性は高いといえる。

採集効率は、本報で新たに提案した大まかな指標（対数の階級値）であるが、虫えい果の平均果実重との関係を明確に示すことができ、平均果実重の対数値との和から収量（ $g \cdot hr^{-1}$ ）をも概算できた。大まかであることは逆に言うと調査者による誤差が小さいことを意味し、測定が非常に迅速でフィールド調査に適しているといえる。採集に関しては、人文地理学的なテリトリー形成との関係から、資源の密度と予測性採集段階を用いたモデル<sup>3)</sup>、採集者数と採集要求量をも考慮したモデル<sup>6)</sup>が提案されている。これらは概念的なモデルであり、定量的なデータ（実際の収量、採集地の分布情報など）の積み重ねがあればより具体化される。本報の採集効率は、野生資源植物の収量そのもの、または自生地の生産性の評価に役立つものとして、さまざまな対象に適用できるのではないかと期待される。

以上のように、本報では虫えい果に着目してマタタビの系統収集を行い、自生地は沢筋に多く長野県内では標高520～1330mであり、虫えい果は正常果の2～3倍の果実重で、果実長が抑制されて果実径が肥大する形状であることが判明した。平均果実重、果実サイズ、採集効率、収量などの虫えい果の地域間差は標高によると考えられ、標高と虫えい果収量との関係を明らかにした。これらの知見は、マタタビの優良系統の収集や栽培適地の予測に大いに役立つであろう。

## 引用文献

- 1) 荒瀬輝夫・加納譲治・熊谷真由子・内田泰三 (2008) 標高によるヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) の果房の形態的変異. 信州大学農学部 AFC 報告 6 : 61-67
- 2) de Boor, C. (2001) A practical guide to splines (revised edition). Springer-Verlag, New York. 346pp.
- 3) Dyson-Hudson, R. and Smith, E.A. (1978) Human territoriality: an ecological reassessment. *American Anthropologist* 80 : 21-41
- 4) 林田学 (1998) 医薬品・健康食品ビジネスの戦略業務. 化学工業日報社, 東京. 259pp.
- 5) 池谷和信 (2003) 山菜採りの社会誌—資源利用とテリトリー—. 東北大学出版会, 仙台. 204pp.
- 6) Ishii, S. (1964) An attractant contained in *Actinidia polygama* Miq. for male lace wing, *Chrysopa septempunctata* Wesm. *Japanese Journal of Applied entomology and zoology* 8 : 334-337
- 7) 市村塘 (難波恒雄校訂) (1980) 日本薬用植物図譜. 科学書院, 東京. 363pp.
- 8) 糸川秀治 (2001) 薬用植物へのいざない. 裳華房, 東京. 142pp.
- 9) 寒林里美・岩橋弘恭 (2008) さまざまな植物エキスの機能性①昔ながらの健康素材「マタタビ」. *Food Style* 21 vol.12(5) : 37-39
- 10) 刈米達夫 (1971) 和漢生薬. 廣川書店, 東京. pp.194-197
- 11) 木村康一・木村孟淳 (1981) 原色日本薬用植物図鑑 [全改訂新版]. 保育社, 大阪. 345pp.
- 12) 北村四郎・村田源 (1979) 原色日本植物図鑑・木本編Ⅱ. 保育社, 大阪. 545pp.
- 13) 小林正夫 (1987) 精解 日本の薬用植物. 農山漁村文化協会, 東京. pp.232-237
- 14) 小泉源一 (1940) 日本本土のマタタビ属. 植物分類・地理 9 : 97-99
- 15) 小西貞則 (2008) 統計的モデリング. 若山正人編「統計的モデリング／情報理論と学習理論」, 講談社, 東京. pp.24-38
- 16) Larson, K.C. (1997) Competition between gall aphids and natural plant sinks: plant architecture affects resistance to galling. *Oecologia* 109 : 575-582
- 17) Malhorta, K.C., Poffenberger, M., Bhattacharya, A. and Dev, D. (1991) Rapid appraisal methodology trails in Southwest Bengal: assessing natural forest regeneration patterns and non-wood forest product harvesting practices. *Forests, Trees and People Newsletter* 15/16 : 18-25
- 18) Mantau, U., Wong, J.L.G. and Curl, S. (2007) Towards a taxonomy of forest goods and services. *Small-scale Forestry* 6 : 391-409
- 19) Martin, G.J. (2004) *Ethnobotany: a methods manual*. Earthscan, London. 168pp.
- 20) 大垣智昭 (1983) キウイの栽培と利用 [2]. 農業および園芸 58 : 510-514
- 21) 大垣智昭 (1984) キウイの栽培と利用 [12]. 農業および園芸 59 : 527-531
- 22) 大熊桂樹 (2006) 地域特産物マタタビの機能特性と地域振興. *Techno Innovation* 62 : 28-32
- 23) 大沢章 (1988) 木の実栽培全科—有望54種—. 農山

- 漁村文化協会, 東京. pp.234-247
- 24) 沢登晴雄 (1983) キウイフルーツのつくり方. 農山漁村文化協会, 東京. 199pp.
- 25) 上海科学技術出版社・小学館編 (1985) 中薬大辞典第四卷. 小学館, 東京. pp.5069-5070
- 26) 新野孝男 (1998) マタタビ. 藤巻宏編「地域生物資源活用大事典」. 農山漁村文化協会, 東京. pp.301-303
- 27) Stern, W.R. and Kirby, E.J.M. (1979) Primordium initiation at the shoot apex in four contrasting varieties of spring wheat in response to sowing date. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 93: 203-215
- 28) 洲之内治男 (石渡恵美子改訂) (2002) 数値計算〔新訂版〕. サイエンス社, 東京. pp.63-68
- 29) 牛山欽司・北宜裕・陶山一雄・青野信男・小川潤子・藤井漣 (1992) キウイフルーツかいよう病の伝染源としてのマタタビ属植物. *日本植物病理学会報* 58: 426-430
- 30) 薄葉重 (2003) 自然史双書 6 虫こぶ入門. 八坂書房, 東京. 252pp.
- 31) 薬事法規研究会編 (1991) やさしい薬事法 医薬品のライフサイクルを追って. じほう, 東京. 482pp.
- 32) 安松京三・朝比奈正二郎・石原保 (1965) 原色昆虫大圖鑑〔第 3 巻〕. 北隆館, 東京. 358pp.
- 33) 湯川淳一 (1992) マタタビミタマバエのゴールサイズ, 重さとゴール内生息者との関係. *九州病害虫研究会報* 38: 186-189
- 34) 湯川淳一・榎田長 (1996) 日本原色虫えい図鑑. 全国農村教育協会, 東京. 826pp.

## Forest environment of the habitat community and regional differences in the gall size of *Actinidia polygama*

Teruo ARASE\* and Taizo UCHIDA\*\*

\*Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

\*\*Department of Civil and Urban-Design Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu Sangyo University

### Summary

To promote the local development using non-wood forest resources, we collected various strains of silver vine (*Actinidia polygama* (Sieb. et Zucc.) Planch. ex Maxim.), a gall-forming medicinal plant indigenous to Japan. We investigated the habitat environment, and analyzed the difference in the gall morphology, size, and yield among strains. We obtained eleven strains from four regions in Nagano Prefecture, and two strains from two regions in other prefectures. The habitats of eleven strains in Nagano were located at an altitude of 520 to 1330m, along valleys or the bottoms of slopes. Gall fruit was 2-3 times as large as normal fruit in raw weight; gall-formation restrained vertical elongation and caused swelling growth increasing the fruit diameter. The average gall fruit weight was significantly different among regions, which was considered to be mainly attributed to the altitude of habitat. A quadratic-spline function explained aptly the relation between average gall fruit weight and altitude; the gall increased its weight with a rise in altitude until about 950m, then steeply decreased at a higher altitude. The efficiency of gathering (EG), the class mark of logarithmic number of galls collectable per hour, was maximum at 4-4.5g in the average gall fruit weight, and the maximum yield of the gall in the field was approximately 500g・hr<sup>-1</sup>.

**Key word :** *Actinidia polygama*, Gall, Medicinal plant, Elevation, Efficiency of gathering