

標高によるヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) の果房の形態的変異

荒瀬輝夫*・加納譲治**・熊谷真由子**・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

** 信州大学大学院農学研究科森林科学専攻

*** 九州産業大学工学部都市基盤デザイン工学科

要 約

ヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) の遺伝資源収集を目的として、野生系統の収集と果房形態についての変異の把握を試みた。系統収集は主に長野県の中央アルプスおよび八ヶ岳山麓で2006~2007年に行った。果房形態の調査は、環境要因を標高のみに単純化するため、調査地を1つの河川流域(中央アルプス, 小黒川)に選定した。採集系統数は総計26であり、分布域は標高1100~1600mであった。小黒川流域の9系統において、主成分分析により果房形態の変異を把握した。主成分値は標高との間に関係が認められ、標高が高くなるほど果房長と分枝数は増大し、果房幅と分枝あたり果粒数は1300m付近をピークとしていた。収量にあたる果房あたり果粒数は標高1300m付近にピークが認められた。果皮色は標高との間に明らかな傾向は認められず、果軸の赤色発現は標高1400m付近にピークが認められた。

キーワード：ヤマブドウ, 標高, 果房, 形態, 変異

1. はじめに

ブドウは5大陸すべてにおいて栽培されており、世界で最も生産量の多い果実である。フランス、イタリア、スペインが3大生産国で、それぞれ年600万t以上の生産量を誇っているが、近年、これら3国に中国やアメリカの生産量も追従する勢いにある³⁾。総生産量のうち、約8割が醸造や乾ブドウといった加工用原料にされている⁷⁾。ブドウの栽培および醸造の歴史は紀元前まで遡ることができ⁹⁾、太古から人類と関わりの深い植物の1つといえる。わが国でのブドウの生産量は主要生産国の30分の1程度で、加工用よりも生食用が主となっている。しかし、食生活の変化や海外体験等の理由から、ブドウ酒の消費は増加傾向にある⁷⁾。

ヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) は、わが国に広く分布する在来のブドウの野生種である。雄雌異株の風媒花であり、木本性のつる植物で、巻きひげで樹木に絡み登る⁹⁾。果実とくに果皮には、ブドウ酒原料として不可欠な色素、芳香成分、タンニンや鉄などが豊富に含まれている⁷⁾。栽培品種よりも小粒なため果粒肥大による果皮中の成分の減少が

少ないとされ、良質のブドウ酒の生産が可能といわれている。

ヤマブドウ果実の収穫について、山採りは、樹木に絡み登るつる植物で結実面が高所にあるため効率が悪く、植林地ではつるによる林業被害も懸念される。一方、圃場栽培では、雄雌で茎葉の外部形態に顕著な差がないため、雌株苗を確保するうえで支障がある。野生種ゆえに不稔や花ぶるいが甚だしく生産量が不安定である¹⁴⁾ことも問題であるが、病害虫の発生が少ないという優れた特徴もあり、栽培試験や品種育成^{7,9,13)}、栽培品種との環境ストレスへの反応の比較^{8,12)}などの試みがなされてきた。

しかし、ヤマブドウを栽培用または交配用の母本として用いるにあたり、踏査困難な山間地や亜高山帯森林をも含めた系統収集の報告は見当たらない。形態や品質にどのような変異があり、それらが自生地の環境とどのように関連しているのかについての情報はほとんどない状態にある。優良品種の育成や優れた形質の探索のためには、このような生態的な情報は非常に有用である。

そこで本報では、ヤマブドウ系統収集の過程で得られた知見のうち、果房の形態的変異と、自生地の標高との関連性について報告する。

受付日 2008年1月8日

受理日 2008年2月18日

2. 調査方法

2.1 系統収集

系統収集は2006年秋季および2007年秋季に行った。対象地域は、主に長野県の中央アルプス東側山麓と、八ヶ岳山麓である。車および徒歩で対象地域を踏査し、ヤマブドウの群生地と果房を確認後、登熟期に再び現地入りして果房を採集した。採集時に、自生地の大まかな環境（植生等）の把握と、GPSおよび地形図を用いて位置の記録も行った。なお、結実した株は雌株と見なし、株元に識別テープを巻いた。これは、優良系統である場合、接木用の枝採りを行えるようにとの配慮からである。

2.2 果房の形態的変異と標高との関係

果房の形態と標高との関係を見るため、調査対象地として中央アルプス（西駒）将基頭山を水源とする天竜川水系・小黒川流域を選定した。これは、例えば中央アルプス山麓の系統と八ヶ岳山麓の系統というように、遺伝的交流の全く隔絶した系統を用いると、標高以外の要因（緯度、地質、地域個体群の特性など）の影響が懸念されるためである。また、中央アルプス山麓側には信州大学農学部附属西駒演習林が位置しており、採集や調査のうえで制約がないという利点を生かすことができるためである。

果房の採集は2007年10月下旬～11月上旬に集中的に行い、GPSおよび地形図を用いて自生地の標高を記録した。得られた果房は、系統ごとに2つずつ写真撮影を行った。写真撮影は、採集後に室内に持ち帰ってから同一の台紙上に果房を静置し、白色蛍光灯の照射下で、50cm一定の高さからデジタルカメラ（Nikon COOLPIX-4300、有効画素数4.0メガピクセル）を用いて行った。

果房の形態の調査項目は、果房長（cm）、果房幅（cm）、果房あたり分枝数、果房あたり果粒数、および果皮と果軸の色である。ここで収量は、

果房あたり果粒数＝

果房あたり分枝数×分枝あたり果粒数と表せるため、果粒数を分枝数で除し、分枝あたり果粒数を算出した。これらの基本的な外部形態4形質（果房長、果房幅、果房あたり分枝数、分枝あたり果粒数）について、主成分分析を行い、第1主成分と第2主成分を求めた。これにより果房の形態的変異の特徴を把握するとともに、果房形態と自生地の標高との関係を分析した。

なお、果皮と果軸の色は、写真をもとに画像処理ソフト（Photoshop 7.0）によってXYZ表色系の

座標値を測定し、一般に色差の解析で用いられるL*a*b*表色系¹⁾の座標値に変換した。測定は果房1つにつき果皮、果軸とも3点とし、L*、a*、b*それぞれの平均値を求めた。ここでL*は明度を示すもので0（黒）～100（白）の値をとる。a*およびb*は色相と鮮度を示すもので、0が無彩色、a*は+側が赤で-側が緑、b*は+側が黄で-側が青で、鮮やかなほど絶対値が大きくなる指標である。

3. 結果

3.1 ヤマブドウの分布および系統収集

得られた系統数は26であり、中央アルプス山麓地域、八ヶ岳山麓地域、その他でそれぞれ9、10、7であった。図1にその位置を示した。

表1に自生地の概況を示した。本調査で踏査した範囲での概況ではあるが、ヤマブドウ自生地の特徴として、以下のような傾向が伺えた。

ア) ヤマブドウの分布する標高帯は標高1100～1600mであり、これより低標高では同じような立地にクズ（*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi）が優占し、高標高になるとミヤマタタビ（*Actinidia kolomikta* (Maxim et. Rupr.) Maxim.）が優占していた。

イ) 群生地は、通常、林内の奥ではなく林縁部であ



図1 ヤマブドウの系統収集地点（2006～2007年）
網掛け部分は標高1000以上の山地帯を示す。

表1 ヤマブドウの系統採集地点 (2006~2007年)

地域	所在地	場所	植生	標高(m)	
中央アルプス (西駒)	伊那市	小黒川本沢	溪畔林	1100	
		小黒川本沢	溪畔林	1270	
		小黒川本沢	溪畔林	1430	
		小黒川本沢	溪畔林	1570	
		小黒川芦山沢	溪畔林	1250	
		小黒川ホソ沢	溪畔林	1320	
		小黒川鯨岩沢	溪畔林	1370	
		小黒山鞍部	針広混交林	1540	
		長尾根登山道	カラマツ林	1500	
八ヶ岳	東麓 南牧村	杉添川	カラマツ林	1370	
		杉添川	溪畔林	1580	
		海ノ口別荘地	カラマツ林	1620	
		海ノ口牧場	カラマツ林	1450	
	南麓 小淵沢町	観音平	カラマツ林	1550	
		北杜市	大泉高原	カラマツ林	1330
			川俣溪谷	ダケカンバ林	1460
	西麓 原村	高根町旧道	カラマツ林	1320	
		立場川	カラマツ林	1600	
		北麓 立科町	白樺高原	カラマツ林	1520
その他	塩尻市	権兵衛街道 (伊那側)	針広混交林	1480	
		伊那市	権兵衛街道 (塩尻側)	針広混交林	1400
		吹上	落葉広葉樹林	1180	
		芝平	カラマツ林	1450	
		女沢峠	カラマツ林	1380	
	辰野町	有賀峠	カラマツ林	1100	
	富士吉田市	富士北麓	カラマツ林	1100	



図2 果房形態調査の供試系統の採集地点 (×)
中央アルプス (西駒) 小黒川流域, 数字は標高 (m) を示す。
方眼の1辺=500m。

り、林内は風通しの良い場所に限られていた。
ウ) 茎葉が旺盛に繁茂している群落ほど多く結実が認められるとは限らず、貧弱な個体であっても、沢に面した場所であれば結実を発見することが多かった。

3.2 果房の形態的変異

小黒川流域の9系統 (標高1100~1570m) の自生

地の位置は図2のとおりである。

まず、分散分析を行ったところ、系統間差の有意な形質は、果房あたり果粒数 ($p < 0.05$), 果房長 ($p < 0.02$) であった。次に、外部形態4形質 (果房長, 果房幅, 果房あたり分枝数, 分枝あたり果粒数) についての主成分分析結果は図3および表2のとおりである。重みを示す固有ベクトルの値 (表

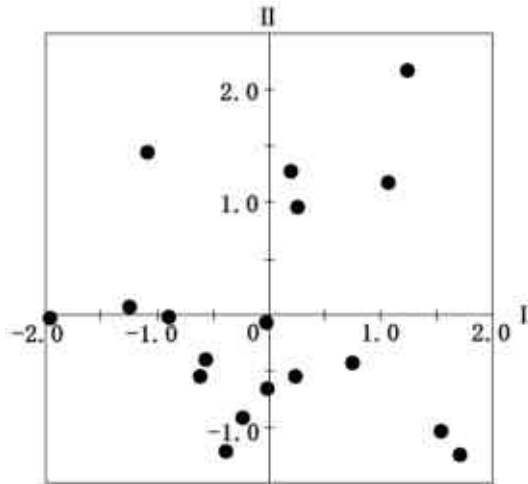
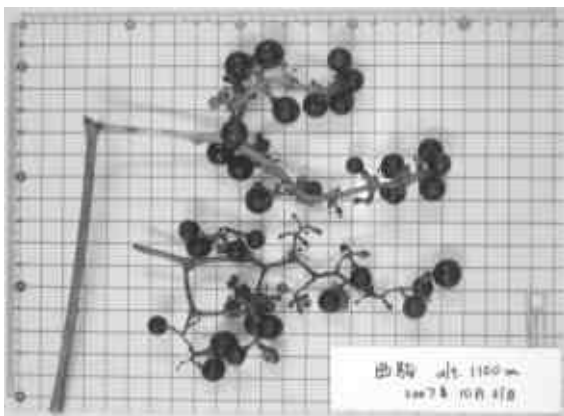


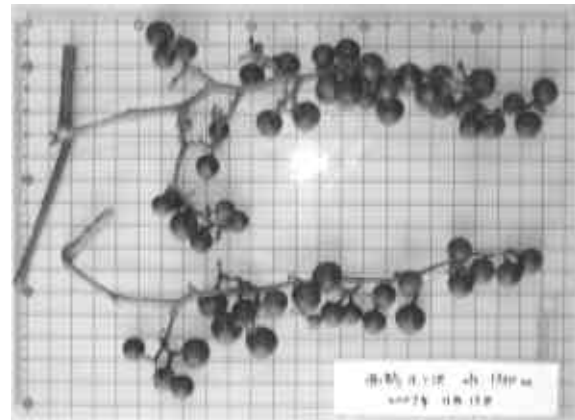
図3 果房形態（4形質）の主成分分析による供試系統の布置図

表2 果房形態（4形質）の主成分分析結果

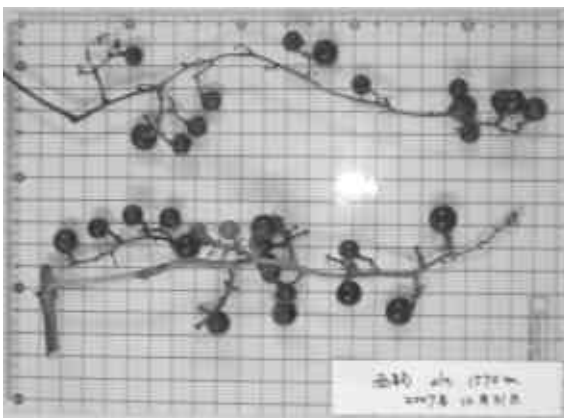
項目	第1主成分 (I軸)	第2主成分 (II軸)
固有ベクトル		
果房長	0.612	0.158
果房幅	-0.054	0.775
分枝数	0.652	0.285
1分枝当り果粒数	-0.444	0.541
固有値	1.652	1.320
寄与率 (%)	41.3	33.0
累積寄与率 (%)		74.3



a) 小黒川本沢 標高1100m
果房長は短く、果房幅は普通



b) 小黒川ホソ沢 標高1320m
果房長、果房幅とも大



c) 小黒川本沢 標高1570m
果房長は長く、果房幅は狭い

写真1 特徴ある果房形態の例

果房形態の主成分値（図3）は、

a) 第1主成分-1.96, 第2主成分-0.04

b) 第1主成分 1.24, 第2主成分 2.18

c) 第1主成分 1.71, 第2主成分-1.24

である。

2) から、第1主成分（図3のI軸）は「果房が長い、分枝が多い」ほど、第2主成分（図3のII軸）は「果房が幅広い、分枝あたり果粒数が多い」ほど、大きな値となることが読み取れる。寄与率はそれぞれ41.3%、33.0%であり、これら2軸で累積寄与率

は74.3%であった。図3から判断して、特徴ある果房形態を写真1に示した。写真1aは第1主成分が負で第2主成分がほぼ0の系統（小黒川本沢1100m）、写真1bは第1、第2主成分とも正の大きな値の系統（小黒川ホソ沢、標高1320m）、写真1c

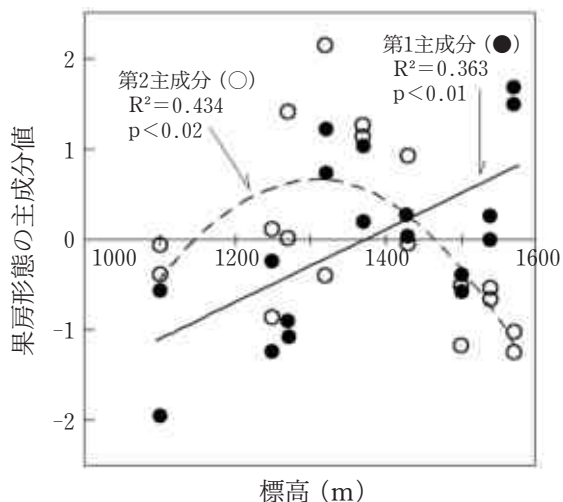


図4 果房形態（4形質）の主成分値と標高との関係
●, ○はそれぞれ第1主成分, 第2主成分の値を示す。

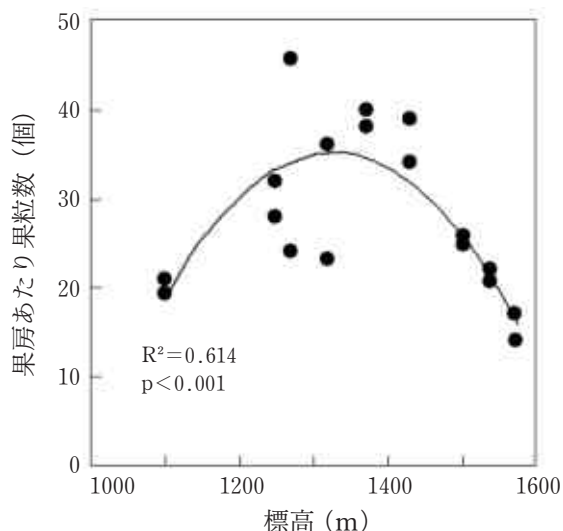


図5 果房あたり果粒数と標高との関係

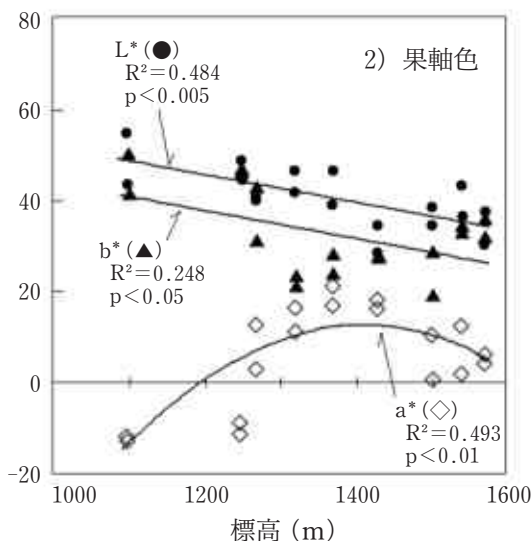
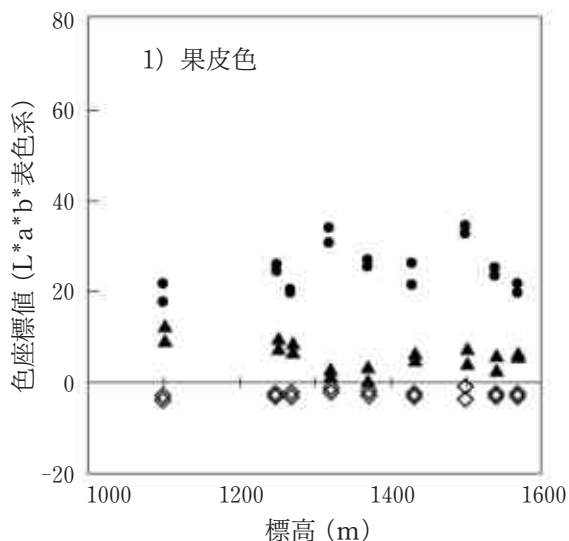


図6 果皮および果軸の色と標高との関係

●, ◇, ▲はそれぞれ L*(明度), a*(赤-緑), b*(黄-青) の値を示す。

は第1主成分が正で第2主成分が負の値の系統（小黒川本沢, 標高1570m）である。このように, 同一河川流域の狭い範囲であっても, 系統間での果房の形態的変異は明らかであった。

標高を横軸に, 果房形態の主成分値を縦軸にとると, 図4のようなった。以下, サンプル数はすべて9系統×2果房でn=18である。第1主成分は標高との間に有意な正の相関 ($R^2=0.363$, $p<0.05$) が認められた。一方, 第2主成分は, 標高を説明変数として上に凸の有意な2次曲線の関係 ($R^2=0.434$, $p<0.02$) が認められ, 標高1300m付近で最大となることが読み取れた。

ここで, 収量にあたる果房あたり果粒数は, 標高

を説明変数とすると, 上に凸の有意な2次曲線の関係が認められ ($R^2=0.614$, $p<0.001$), 標高1300m付近が最大となることが読み取れた (図5)。果房あたり果粒数と, 果房形態の第1主成分, 第2主成分との相関は, それぞれ $R^2=0.0143$ (ns), 0.641 ($p<0.001$) であった。果房長や分枝数よりも, 果房幅や分枝あたり果粒数が, 果房全体の果粒数との関係が強いことが判明した。

果皮の色について分散分析を行ったところ, 系統間差の有意な形質は, L* ($p<0.0002$) のみであった。標高と比較したところ, L*は標高との間に有意な関係は認められなかったものの, L*の値の大きな (明度の高い) 果皮をもつ系統は高標高地

に限られることが示唆された (図 6 (1))。系統収集時、果皮に白いワックスの出る、いわゆる「waxy」系統が確認されており、明度の高さは「waxy」の発現を示すものと考えられる。 a^* 、 b^* については顕著な傾向はなく、果皮の色彩には大きな変異や標高とのあまり認められなかった。

一方、果軸の色について分散分析を行ったところ、 L^* 、 a^* 、 b^* いずれも系統間差が有意であった (それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.002$, $p < 0.002$)。 L^* と b^* は標高との間に有意な負の相関 (それぞれ $R^2 = 0.484$, $p < 0.002$; $R^2 = 0.248$, $p < 0.05$) が認められた (図 6 (2))。 a^* には、標高を説明変数として上に凸の有意な 2 次曲線の関係が認められ ($R^2 = 0.491$, $p < 0.01$)、標高 1400m 付近が最大値であることが読み取れた。すなわち、標高が高くなるほど果軸は暗色になり、標高 1400m をピークに赤味が強くなるといえる。

なお、これらの色の座標値と果房あたり果粒数との関係を検討してみたが、相関はいずれも有意ではなく、特定の傾向も認められなかった。

4. 考 察

本調査におけるヤマブドウの系統採集地点は、標高 1100~1600m の標高帯であり (表 1)、これより低標高あるいは高標高の場所では採集することができなかった。ヤマブドウの自生地は、長野県では低山帯の沢筋や林縁で 900~1300m¹⁰⁾、中国地方では標高 600~1100m¹¹⁾ との報告があるが、本結果はこれらよりも高い標高帯で、亜高山帯の溪畔林や針広混交林に及んでいた。この違いは、もともと高い標高帯を調査地域としていることに加え、1つの河川を徹底的に遡行して調査していることが背景にあると思われる。

果房の外部形態は、「果房が長い、分枝が多い」および「果房が幅広い、分枝あたり果粒数が多い」という 2 方向の軸で表現されることが明らかとなった (図 3, 表 2)。ヤブマメ (*Amphicarpaea edgeworthii* Benth.) のように自家受粉を行う植物では、局所的な小集団の生態的分化が進むことが報告されている⁴⁾。ヤマブドウは風により花粉を遠くへ飛ばす風媒花であるため、このような分化が容易に進むことは考えにくく、1つの狭い流域で果房形態に大きな変異が生じていたことは興味深い。また、2つの主成分とも、標高と一定の関連が認められた (図 4)。このことは、遺伝的な形質、標高や気象条件など環境による変異のいずれであるにせよ、果房の

外部形態が、自生地の標高での繁殖や生存に有利になるような何らかの生態的意義を持つことが推測された。

果皮色については標高との明確な関連は認められなかったが、表面に白味を帯びた「waxy」の果粒は、高標高地において散見された (図 5 (1))。一方、果軸の色は標高が高くなるほど暗色になって赤色も増すが、 a^* の正値が示す赤色は標高 1400m 付近がピークであった (図 5 (2))。一般に、高山のように紫外線の強い場所では植物体のフェノール酸含有量すなわちアントシアンなどのポリフェノール色素が増す²⁾ とされ、これは植物の防御反応の 1 つと解釈される。本研究では色の座標値を測定したにすぎず、色素やワックスの含量を直接測定したわけではないが、色素含量と色座標値との間に一定の関係があることは容易に予想できる。したがって本結果は、高標高地におけるヤマブドウの適応の表れである可能性が考えられる。

果房形態の第 2 主成分と果房あたり果粒数のピークが標高 1300m 付近にあるのに対し、果軸の赤色発現のピークが 1400m 付近にあって互いにずれていることも興味深い。標高 1300m を越えると、果房は細長くなって分枝は多くなるものの、結実歩合が悪くなった。すなわち、種子や果粒生産に影響している環境要因は 1300m 付近が最適であると考えられる。一方、色素に表される植物の防御反応にはこれとは異なる環境要因が効いているようで、標高 1400m までは順調に反応できるが、これを越えると果軸は淡緑色になり、1600m 以上では自生地すら認められなくなった。低温などの原因により生存自体が厳しく、色素の生産に支障が生じている可能性もある。

本報では、ヤマブドウ果房の形態の変異について報告したが、分布域も把握しつつあるので、果粒の品質について研究する基盤ができつつある。ソバでは標高により貯蔵養分の成分比が変化すること⁵⁾ も報告されているので、今後は果粒の糖度、酸度、ポリフェノール量などを分析し、それらと外部形態との関連も分析することで、ヤマブドウの変異をさらに明らかにすることができるであろう。

引用文献

- 1) 馬場護郎 (1980) 色差に関する規格と最近の研究. 色材協会誌 53: 589-593.
- 2) Del Moral, R. (1972) On the variability of chlorogenic acid concentration. Oecologia (Berlin) 9: 289-300.

- 3) FAO (2004) FAO yearbook 2003. FAO, Rome. pp. 167-171.
- 4) 福井重郎・高橋正道 (1975) 本邦産 *Amphicarpaea* 属の開花・結実習性の系統間変異. 岩手大学農学部報告 12: 321-326.
- 5) 井上直人・上原周平・藤田かおり・楊重法 (2004) ソバ粉の粘性関連化学成分の環境変異の解析. 北陸作物学会報 39: 60-63.
- 6) McGovern, P. E. and Hartung, U. (1997) The beginnings of winemaking and viticulture in the ancient Near East and Egypt. Expedition 39: 3-19.
- 7) 難波勉治・太田利夫・今野仁蔵・遠藤正昭 (1976) 山ブドウの栽培試験. 山形農林学会報 33: 29-34.
- 8) Okamoto, G., Ueki, K., Imai, T. and Hirano, K. (2004) A comparative study of drought and excess-water tolerance in *Vitis coignetiae* and several table grapes grown in Japan. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University 93: 39-43.
- 9) 真田哲郎 (1998) ヤマブドウ. 藤巻宏編「地域生物資源活用大辞典」. 農山漁村文化協会, 東京. pp.334-335.
- 10) 清水建美監修 (1997) 長野県植物誌. 信濃毎日新聞社, 長野. pp.803.
- 11) 時本 異 (1987) ヤマブドウ及びシラガブドウの中国地方における分布, 生態について. 近畿中国農業研究 73: 36-40.
- 12) 植木啓司・青木秀之・岡本五郎・平野 健 (2001) ヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) 果実の成熟に及ぼす葉数の影響と果汁の成分的特徴. 日本ブドウ・ワイン学会誌 12: 58-65.
- 13) 山川祥秀 (2003) 日本のワイン用ブドウ 'ヤマソビニオン' の育種. 山梨大学工学部研究報告 52: 1-6.
- 14) 渡部俊三・難波勉治・折原 靖 (1983) 山ブドウ花器の形態的特徴. 山形農林学会報 40: 13-20.

Morphological variations along altitude in the fruit cluster of *Vitis coignetiae* Pulliat, a Japanese wild grape

Teruo ARASE*, George KANO, Mayuko KUMAGAI** and Taizo UCHIDA*****

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

**Department of Forest Science, Division of Agriculture, Graduate School of Shinshu University

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

Summary

To obtain the genetic resources of Yamabudo (*Vitis coignetiae* Pulliat), a Japanese wild grape, we tried to collect wild strains and grasp the variations in their fruit clusters. The strains were collected in 2006 and 2007, mainly in the ranges of Chuo-Alps and Yatsugatake mountains, Nagano prefecture. In the investigation of fruit cluster, we restricted the research area to the basin of one river (the river Ogurogawa, Central Alps of Japan) to simplify the environmental factors to altitude. We collected 26 strains from an altitude of 1100 to 1600m in total. Within the 9 strains along the river Ogurogawa, Principal component analysis (PCA) based on the 4 traits of fruit cluster showed the variations. PCA scores had certain relations with altitude; the fruit-cluster length and number of branches (axis 1) increased with altitude, while fruit-cluster width and berries per branch (axis 2) had a peak in around 1300m altitude. Number of berries per fruit cluster, denoting fruit yield, also had a peak in around 1300m. Skin color was not apparently related with altitude, while red rachis color had a peak in around 1400m.

Key word : *Vitis coignetiae* Pulliat, Altitude, Fruit cluster, Morphology, Variation