

[研 究 報 文]

山梨県における積算温度に基づいたブドウ糖度の予測

横塚弘毅

山梨大学ワイン科学研究センター 〒400-0005 甲府市北新 1-13-1

Prediction of Degree Brix of Seven Grape Varieties Bases on Heat Summation in Yamanashi Prefecture

Koki YOKOTSUKA

The Institute of Enology and Viticulture, University of Yamanashi, Kofu, Yamanashi 400-0005, Japan

1. Grapes of three white (Semillon, Chardonnay, and Riesling), one pink (Koshu) and three red (Muscat Bailey A, Cabernet Sauvignon, and Merlot) varieties, which were grown at the vineyard of University of Yamanashi in Kofu, Yamanashi, were periodically harvested at maturation in eight growing seasons, 1985, 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998, and 2003, and sugars (degree Brix) and titratable acidity of the grape juices were determined. The same components were analyzed for Cabernet Sauvignon and Merlot grapes that were grown at a vineyard in two growing seasons, 1992 and 1993, in Katsunuma, Yamanashi.
2. There were high linear correlations ($p < 0.001$) between heat summation [the heat-summation scale used for grapes is obtained by totaling the number of degrees above 50°F (10°C) for the days of the growing season] of the area where grapes were harvested and the degree Brix of the grape juice, for all the varieties tested. The heat-summation at which the same degree Brix was obtained differed among the grape varieties. The extent of influence of duration of sunshine and precipitation (amount of rainfall) on the degree Brix was smaller than that of temperature. The accumulation of data on the degree Brix of each grape variety at the vineyards in Kofu and Katsunuma, and on the heat-summation of the area (of the vineyard if possible) over several years allowed us to conclude that the degree Brix of these grape varieties can be predicted as early as a few weeks (depending on the accuracy of the temperature forecast) before harvest from the forecasted air temperatures.
3. In Kofu, when the degree Brix of five varieties other than Koshu and Semillon reached 20, their titratable acidities were approximately 0.55% (w/v, as tartaric acid) or lower. The titratable acidity of Semillon grapes was approximately 0.66% whereas that of Koshu grapes could not be obtained because the degree Brix never reached 20.
4. In the case of Merlot and Cabernet Sauvignon, the degree Brix of grapes grown in cooler Katsunuma was higher than that of grapes grown in warmer Kofu at the same heat-summation. Grapes in Katsunuma had high degree Brix and satisfactory titratable acidity (higher than 0.6%) for making red wine.

Keywords: acidity, Brix, heat summation, precipitation, temperature,

結 言

収穫のタイミングを決定するインディケーターとして、ブドウ果粒（液果）の糖度、酸度、および pH に加えて、全フェノール、アントシアニン、テルペン、

メトキシピラジン等のフレーバー・アロマ成分が検討されてきた（2、3、4、8）。しかし、アロマやフレーバー成分を正確に定量する方法が発展しつつあるとはいえ、現場レベルで実用性のある迅速・簡便・安価な定量法の確立には至っておらず、また分析には機器や専門知識を必要とする。さらに、各ブドウ品種に特有な

アロマあるいはブドウ成熟中のフレーバー成分の増加は糖度の増加と必ずしも一致せず、完熟期を過ぎるとかえってアロマやフレーバー成分が失われることさえある(3, 8)。バラエタルアロマやフレーバー成分を収穫のインディケーターとして活用するまでにはかなりの時間が必要であろう。それゆえ、測定が容易な糖度、酸度、pH、特に糖度からブドウの成熟状況を判定することが一般に用いられている。

わが国でもまた、糖度が最も重視され、ブドウの収穫は糖度を目安として行われてきた。たとえば、勝沼町原産地呼称ワイン認証条例(平成17年制定)や長野県原産地呼称管理制度(平成16年制定)では、ブドウ品種以外には収穫したブドウの果粒の糖度のみがブドウの品質を決めるファクターとして採用されているほどである。このようなことから、わが国でブドウの成熟度を糖度から判定することは実用上やむをえないことであろう。

ブドウ樹は、日平均気温が50°F(10°C)以上になると成長を始めることから、Winkler and Amerine(11)並びにAmerine and Winkler(1)は、4月1日から10月31日までの日平均気温の50°F以上の日を選び、50°Fとの温度差を積算することによって、カリフォルニア州のブドウ栽培地域を第I～第Vの5区に分類し、各区で収穫されたブドウのワイン原料としての品質を比較した。彼らの分類に従うと、山梨県内のブドウ主産地、甲州市勝沼町と甲府市は第IV区[積算温度は3,501～4,000(°F) degree-days]に属し、カリフォルニア州ローダイ、デイビス、シシリイ島北部、ギリシャ、中央スペインと同様にかかなり高い積算温度をもつ。第IV地域で収穫されたブドウは、海外のワイン銘醸地では、デザートワイン用として用いられ、またテーブルワインを目的とした場合は、酸を多く蓄積するブドウ品種を選択して栽培する必要があるといわれる。

近年、日本の温暖化に伴って北海道札幌近郊、長野県松本平、山形盆地のような冷涼な地域で良質のワイン用ブドウが収穫できるようになり、平成15年～平成17年の7月に甲府で開催された国産ワインコンクールで、これらの地域で栽培されたブドウから製造したワインは最上位に位置づけられた(5, 6, 7)。一方、わが国最大のブドウ・ワイン産業が発達した甲府盆地では、近年ブドウの収穫時期が早まる傾向にある。たとえば、2, 30年前にはカベルネ・ソービニオンやワイ

ン製造用の甲州ブドウは10月初旬～中旬が収穫適期であったが現在9月下旬～10月上旬に収穫されるようになった。この収穫時期の変化は日本の気象の大きな変化と関連している可能性がある。気象庁気象統計情報(Fig. 1)より得た1895年以来101年間の年平均気温、全降雨量、全日照量によると、近年、甲府、勝沼の気温は徐々に上昇し、特に最近30年間の気温の上昇は急激である。降雨量や日照量もまた変化しているが、気温の変化ほどではない。

以上のように、ブドウの収穫時期の決定において、栽培地の気温、すなわち積算温度は非常に重要であるが、わが国では、従来、生食用ブドウの栽培が盛んであったので、ワイン用 *Vitis vinifera* ブドウの栽培の歴史は浅く、ワイン用ブドウの収穫のタイミングに焦点を当てた、ブドウ成熟中の糖度の変化と積算温度に関するデータの蓄積は十分でない。今後、気象衛星等の利用による気温の正確な長期予報の技術レベルの向上に伴い、数週間後の積算温度の推定が可能になると考えられる。本論文では、糖度の予測の第一段階として、山梨県における積算温度と7品種のブドウの果粒の糖度との関連を調べたので報告する。

材料と方法

ブドウ：甲府市塚原町山梨大学ワイン科学研究センター附属育種試験地で収穫したシャルドネ(1985, 1994, 1995, 2003年)、セミヨン(1985, 1994, 1995, 2003年)、リースリング(1985, 1994, 1995, 1997, 1998年)、甲州(1985, 1994, 1995, 1997, 1998, 2003年)、カベルネ・ソービニオン(1985, 1994, 1995, 2003年)、マスカット・ベリーA(1985, 1994, 1995, 1997, 2003年)、およびメルロー(1985, 2003年)の7品種のブドウ、並びに甲州市勝沼町で収穫したカベルネ・ソービニオン(1992, 1993年)およびメルローブドウ(1992, 1993年)を用いた。各年の8月初めから10月中旬まで経時的に各ブドウ樹より10果房(34～151果粒/房)を収穫した(12, 13)。

糖度と酸度の測定：収穫した各ブドウ品種の果房から300果粒をとり、2枚のガーゼにくるみ、手動プレスを用いて圧搾し、果汁を得た。果汁の糖度は屈折糖度計(手持屈折計N-1型、アタゴ、東京)で、酸度は平沼製自動滴定装置(COMTITE COM-450+ビューレット、B-900とH-900の組み合わせ+スターラー、K-500)で

測定し、それぞれ°Brix (糖度) および酒石酸換算の滴定酸度で示した。積算温度と糖度あるいは酸度の関係について、エクセル統計を用いて統計分析 (分散分析と t 検定) を行った。

結果と考察

積算温度と糖度との関連

1985 年から 2003 年までの間に、甲府市塚原町山梨大学ワイン科学研究センター附属育種試験地 (第IV地域に相当、実験した 6 年間の平均積算温度は 4,258 degree-days) で栽培された (12) 4 品種の白ブドウと 3

品種の赤ブドウ、並びに甲州市勝沼町城の平 (第III地域に相当、積算温度: 1992 年、3,986 degree-days ; 1993 年、3,694 degree-days) で栽培された (13) 2 品種の赤ブドウの顆粒の糖度を各年の 4 月 1 日からの 50°F 以上の日平均気温と 50°F との差の積算値 (1,500~4,500 degree-days) に対してプロットした結果を Fig. 2 と Fig. 3 に示した。赤、白ブドウ 7 品種のいずれでも積算温度と糖度との間で高度の直線的な相関関係 ($p < 0.001$) が認められ、糖度は、気温の予測ができればかなり正確に推定できることが分かった。Fig. 2 と Fig. 3 の積算温度に対して糖度をプロットして得られた直線

の傾きは、メルロー以外の他の 6 ブドウ品種で極めて類似していた。

ブドウの収穫に最適な熟度は、魅力的なおいとフレーバー成分の生成が最高点に達したときであるが、仮に糖度を成熟の目安とし、山梨大学育種試験地での各ブドウ品種の成熟の容易さを比較すると、最も早く成熟するブドウ品種は、セミヨン [積算温度 4000 (°F) degree-days で 23.8 °Brix となった]、シャルドネ (21.6 °Brix)、リースリング (21.1 °Brix) であり、一方、カベルネ・ソービニオン (17.9 °Brix) と甲州 (16.9 °Brix) の成熟速度は遅く、マスカット・ベリーA (19.7 °Brix) とメルロー (18.6 °Brix) は前者 2 群の中間的な成熟速度であった。仮にテーブルワインに必要な最低のアルコール濃度を 10% (v/v) とすると、醸造時にマストへ補糖しないならば、ブドウの果粒に含まれる糖度が約 20 °Brix となったとき収穫せねばならない。1996 年から 2005 年の甲府の 10 年間の気温、降水量、および日照時間の年平均は、それぞれ 59°F (15.0°C)、1,190 mm、2,219 時間であった。これらの値に最も近い甲府の気候は 2002 年 [59°F (15.0°C)、1,051 mm、2245 時間] に得られた。Fig. 2 と Fig. 3 の結果から、各ブドウが 20 °Brix に達した日は、2002 年の場合、セミヨンが 9 月 11 日、

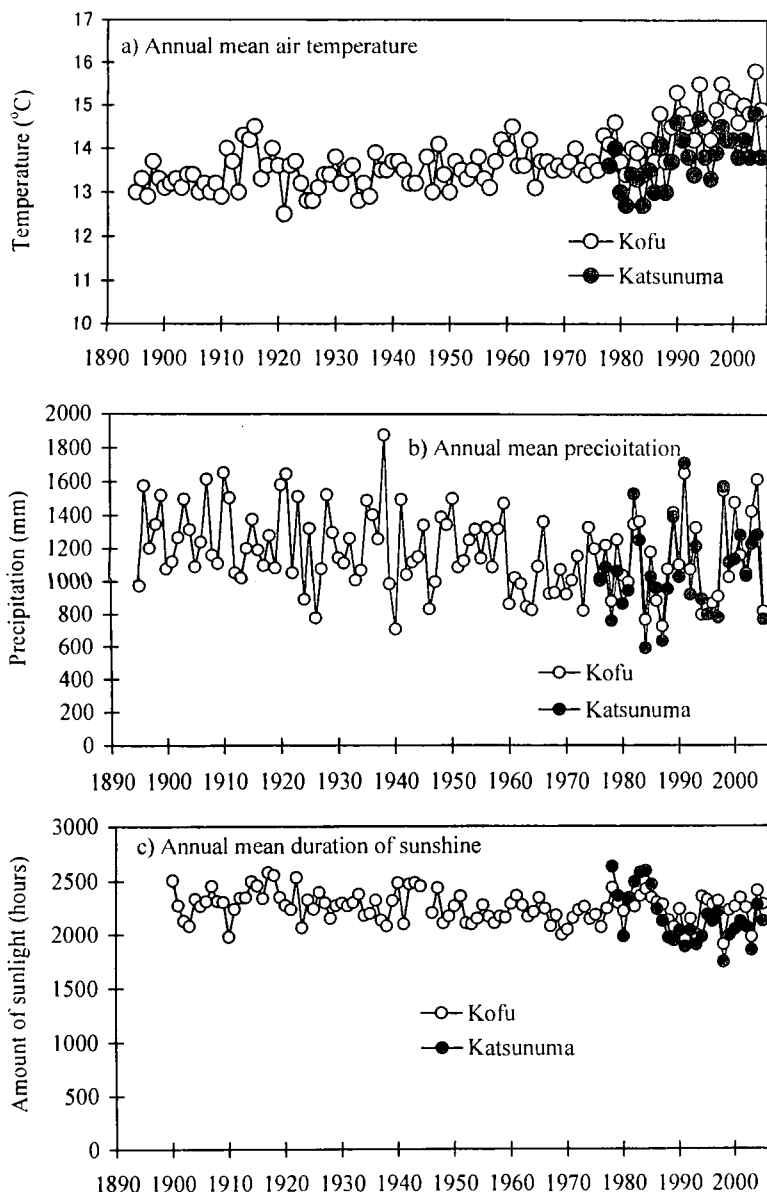


Fig. 1. Annual mean temperature, precipitation, and duration of sunshine from 1895 to 2005.

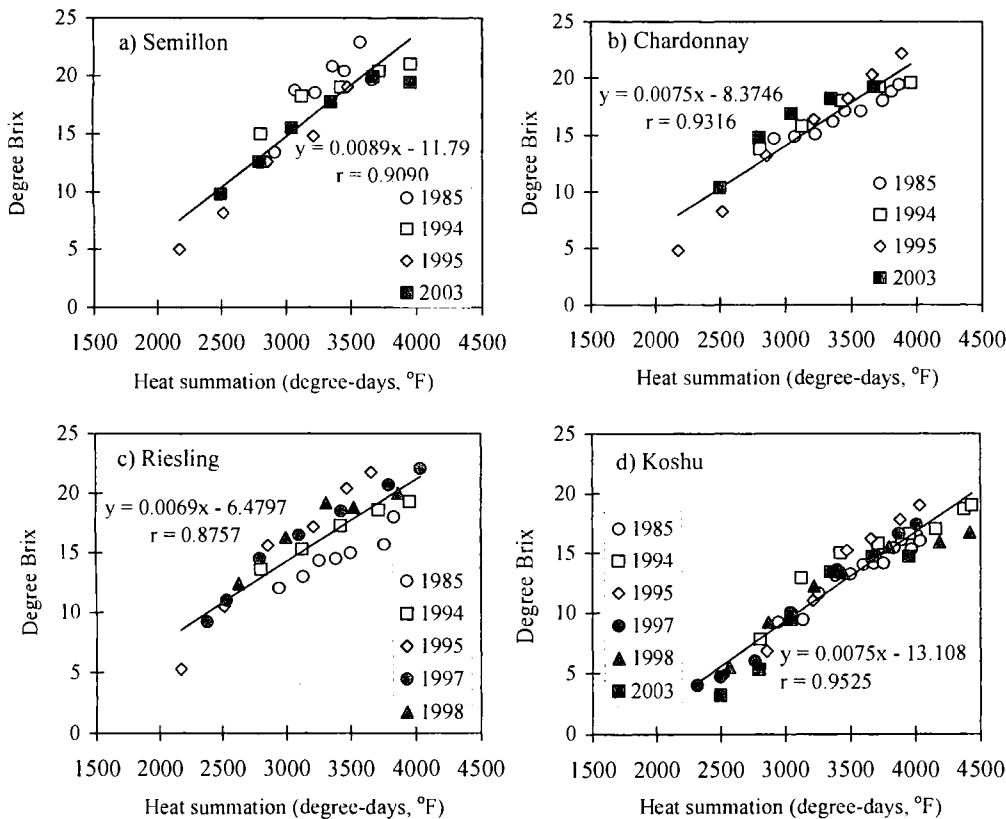


Fig. 2. Relationship between degree Brix of grape juice of four white varieties, Semillon, Chardonnay, Riesling and Koshu, grown in Kofu, and heat-summation obtained by totaling the number of degrees above 50°F.

1993 年は非常に冷涼な年であったにもかかわらず、Fig. 3 に示したように、勝沼町における 2 品種のブドウの糖度と積算温度との間には高度の相関関係 ($p < 0.001$) があった。2 つの品種において、同じ積算温度ならばより冷涼な勝沼町 (第Ⅲ地域に相当) のほうが甲府市で栽培するよりも、ブドウ果粒の糖度は高かった。たとえば、甲府市と勝沼町での同じ積算温度 3,000 degree-days で、メルローの糖度はそれぞれ 14.4 °Brix と 20.7 °Brix、カベルネ・ソ

シャルドネが 9 月 21 日、リースリングが 9 月 25 日、マスカット・ベリー A が 10 月 6 日と推定された。しかし、その年の 10 月 31 日の積算温度は 4,288 degree-days なので、甲州 (4,414 degree-days で 20 °Brix に達すると推定される)、メルロー (4,339 °Brix で達すると推定)、カベルネ・ソービニオン (4304 °Brix で達すると推定) の 3 品種のブドウは、11 月の気温と収穫後の醸造プロセスを考慮すると、20 °Brix 以上の糖度をもつブドウを大量に収穫できないと思われた。

1992 年と 1993 年に甲府市塚原町 (山梨大学育種試験地) と甲州市勝沼町城の平で栽培中の 2 品種のブドウ (メルローとカベルネ・ソービニオン) を経時的に採取した (13)。2 地域のブドウ園に植栽されたブドウ樹は同じクローンのものでなく、また栽培方法も全く同じでもなく、さらに当該ブドウ園の気温を測定していないので、厳密な意味で直接的な比較はできないが、相対的比較をすることに意義があるので、ここでは一つの試みとして糖度に及ぼすブドウ樹の栽培環境の影響を検討した。勝沼町は 1992 年は非常に暑く、

ービニオンの糖度はそれぞれ 11.1 °Brix と 14.6 °Brix であった。1992 年の 4 月 1 日から 10 月 31 日までの甲府市の気温、日照時間、降雨量はそれぞれ 4,289 (°F) degree-days、1,302 時間、766 mm、1993 年のそれらは、4,068 degree-days、1,045 時間、1,020 mm であった。一方、1992 年の 4 月 1 日から 10 月 31 日までの勝沼町の気温、日照時間、降雨量はそれぞれ 3,986 degree-days、1,143 時間、773 mm、1993 年のそれらは 3,694 mm、942 時間、861 mm であった。すなわち、1992 年の降雨量を除いて、甲府市の気温、日照時間、降雨量のいずれもが勝沼町のそれらよりも高かった。一般に、気温や日照時間が高いほうがブドウの糖度は高く、逆に降雨量が多いと顆粒の膨潤の程度が大きく、よって果粒成分は希釈される。しかし、1992 年には甲府市の降雨量が勝沼町のそれよりも少ないにもかかわらず、勝沼町のブドウのほうが糖度が高かった。恐らく、土壌の性質 [山梨大学育種試験地の土壌は、火山性の粘土質と火山灰を含む赤土 (関東ローム層) が混じった砂礫層で、勝沼町の土壌もまた同様であるが、赤土の混

入は少ない(9)),また夜間温度と昼間温度との差など多くの因子が糖度に影響するのであろう。糖度と気候風土との関連についての更なる詳細な検討が必要と思われる。

糖度と酸度との関連

世界の多くの国ではブドウ果実の収穫は、果粒の糖度と酸度あるいは pH との組み合わせによって行っている(2, 10)、本研究ではブドウ成熟中の糖度と積算温度との関連とともに、糖度の変化に対する酸度の変化を調べた。

Vitis vinifera ブドウの栽培にとって必ずしも適地といえない甲府盆地でも、甲州ブドウを除く他の 6 品種は 20 °Brix 以上になった。そこで、この 6 品種のブドウの 20 °Brix での滴定酸度を調べた。甲府市塚原町の山梨大学育種試験地の場合、20 °Brix のセミヨンの滴定酸度は約 0.66% (w/v、酒石酸換算)、シャルドネは約 0.54%、リースリングは約 0.48%、カベルネ・ソービニオンは 0.54%、マスカット・ベリーA は 0.56% であった (Fig. 4、

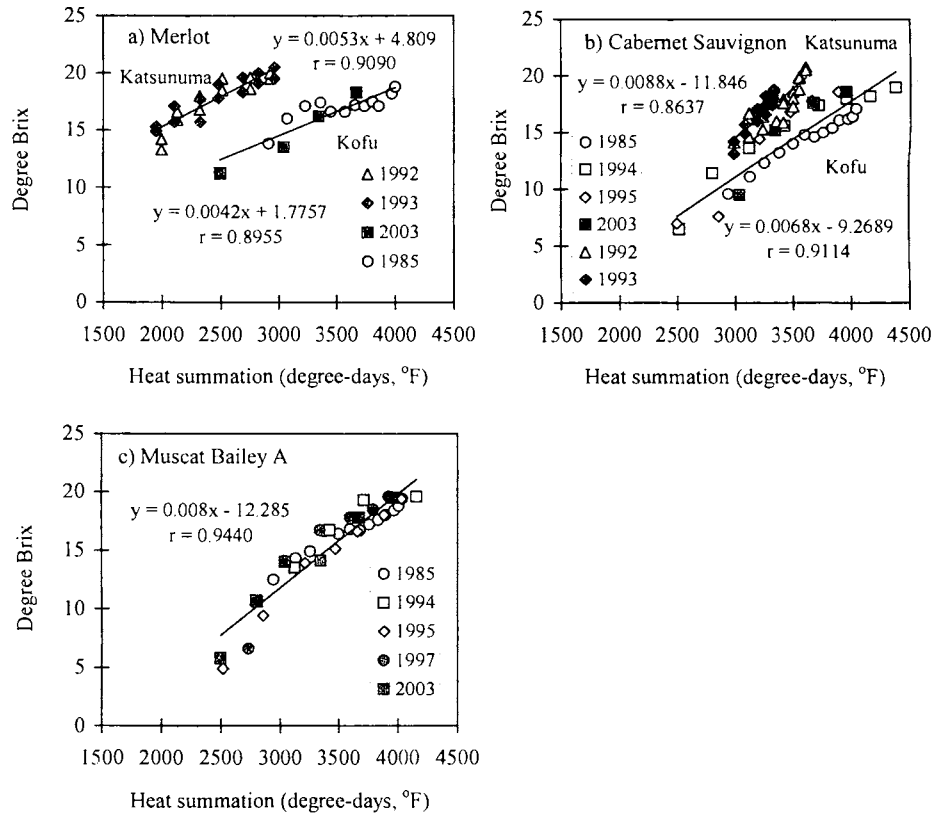


Fig. 3. Relationship between degree Brix of grape juice of three red varieties, Merlot, Cabernet Sauvignon and Muscat Bailey A, grown in Kofu and/or Katsunuma, and heat-summation obtained by totaling the number of degrees above 50°F.

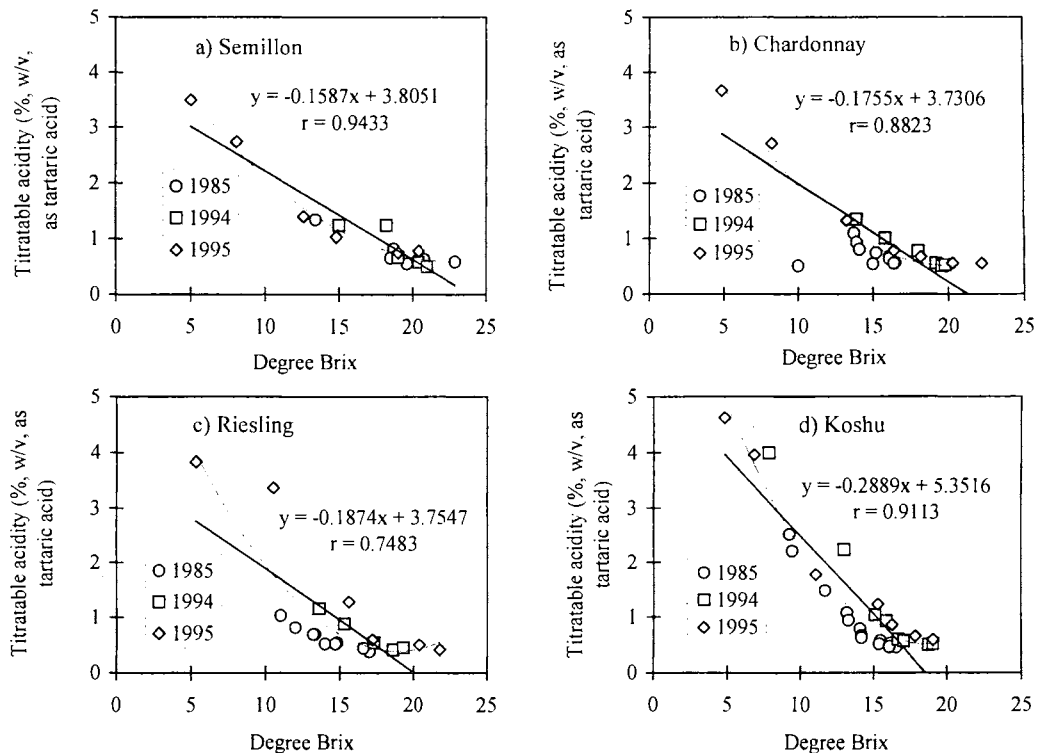


Fig. 4. Relationship between degree Brix of grape juice of four white varieties, Semillon, Chardonnay, Riesling and Koshu, grown in Kofu, and their titratable acidity.

Fig. 5)。甲州ブドウの場合、19 °Brix で約 0.54 %の滴定酸度を示した。一方、勝沼町の場合、カベルネ・ソービニヨンの滴定酸度は、20 °Brix で 1.12% (1992年) と 1.40% (1993年) であるので、甲府市で収穫された同じブドウ品種の滴定酸度よりもずっと高い滴定酸度が得られた。

Fig. 4 は、甲府市の山梨大学育種試験地で栽培

中の白ブドウ品種の顆粒の糖度の変化に対して滴定酸度の変化をプロットした結果である。いずれの品種でも、糖度の上昇に伴い、滴定酸度は直線的に減少せず、漸近指数曲線を描いて減少した。特に 15 °Brix 以上で、酸度の減少の割合は極めて緩やかになった。これに対して、勝沼町での栽培の場合、1992年と1993年の両年で、赤ブドウの糖度の増加に伴い、滴定酸度の減少はほぼ直線的であった (Fig. 5)。すなわち、冷涼な勝沼町よりも暑い甲府市で栽培したほうが、糖度の増加に伴う滴定酸度の減少率が大きかった。甲府市では、成熟中、酸の急激な減少が起こっているであろう。高品質ワイン用の原料ブドウは、糖度、酸度、アロマ・フレーバー成分の濃度がバランスよく含まれていなければならないので、糖度のみでは適切な収穫適期を決めることはできないが、気象庁の日平均気温 (最高温度と最低温度との平均) の予報値から得られた数週間後の推定積算温度による糖度の予測は、科学的根拠に基づいたブドウの収穫時期決定の一助になると思われる。

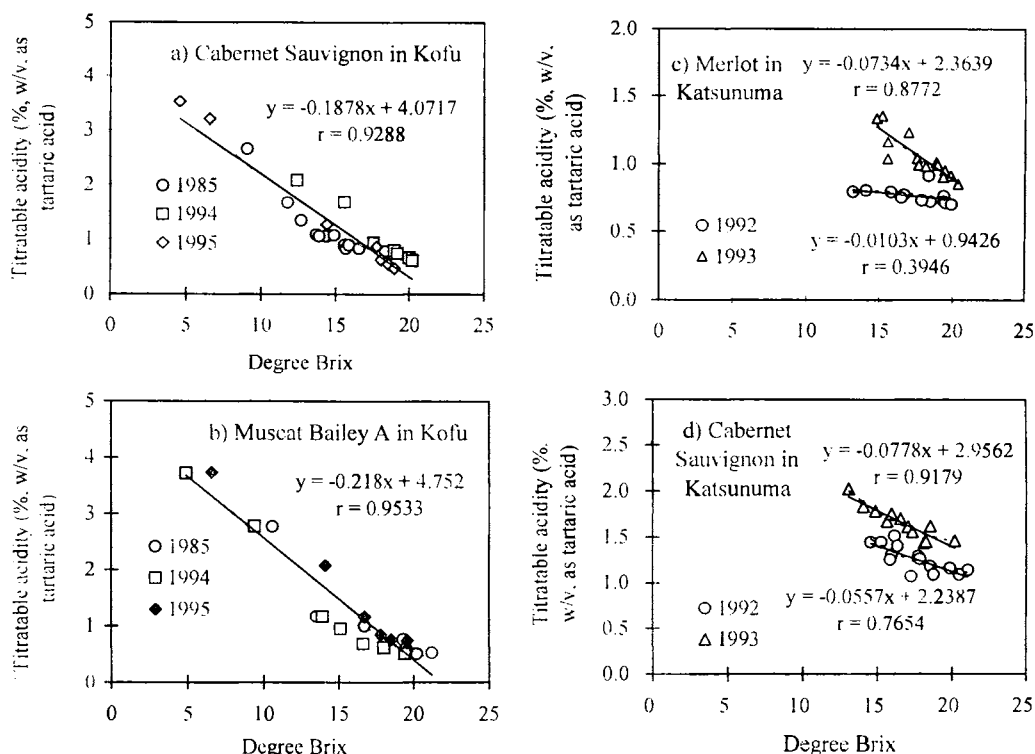


Fig. 5 Relationship between degree Brix of grape juice of three red varieties, Merlot, Cabernet Sauvignon and Muscat Bailey A, grown in Kofu and/or Katsunuma, and their titratable acidity.

1. 甲府市塚原町の山梨大学育種試験地で栽培中のセミヨン、シャルドネ、リースリング、甲州、カベルネ・ソービニヨン、メルロー、マスカット・ベリーA の 6 品種ブドウを 1985、1994、1995、1997、1998、2003 年の 6 年間のベレゾーン以降の成熟期に経時的に収穫し、糖度と滴定酸度を測定した。また、1992年と1993年に甲州市勝沼町城の平で栽培中のカベルネ・ソービニヨンとメルローの 2 品種をそれらの成熟期に経時的に収穫して同様の分析を行った。
2. 甲府市塚原町あるいは甲州市勝沼町の 2 つのブドウ園で栽培中の 7 品種ブドウのすべてで、積算温度(日平均気温の 50°F 以上の日を選び、50°F との温度差の積算値)と各品種のブドウの顆粒の糖度との間で高度の相関関係が認められたが ($p < 0.001$)、同じ糖度に達する積算温度はブドウ品種で異なった。糖度に及ぼす日照時間と降雨量の影響は、気温より小さかった。栽培地ごとおよびブドウ品種ごとに糖度と積算温度に関するデータを数年集積すれば、気象庁による予報気温から糖度をかなり正確に推定できることが分かった。
3. 甲府市で栽培する場合、甲州とセミヨン以外の 5 品種の糖度が 20 °Brix に達するとき、それらの滴定酸

度は約 0.55% (セミヨンは 0.66%) あるいはそれ以下となった。20 °Brix 以上の甲州ブドウを大量に収穫できることは難しいと思われた。

4. メルローとカベルネ・ソービニオン品種を用いたとき、甲州市勝沼町で栽培したほうが甲府市で栽培するよりも、同じ積算温度で高い糖度が得られ、しかも赤ワインに必要な滴定酸度が保持された。

文 献

1. Amerine, M. A., and A. J. Winkler. Composition and quality of musts and wines of California grapes. *Hilgardia*, 15: 493-676 (1944).
2. Coombe, B. J., R. J. Dundon, and A. W. S. Short. Indices of sugar-acidity as ripeness criteria for winegrapes. *J. Sci. Food Agric.* 31: 495-505 (1980).
3. Dimitriadis, E., and P. J. Williams. The development and use of a rapid analytical technique for estimation of free and potentially volatile monoterpene flavorants of grapes. *Am J. Enol. Vitic.* 35, 66-71 (1984).
4. Du Plessis, C. S. Optimum maturity and quality parameters in grapes: A review. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 5: 35-42 (1984).
5. 小宮山美弘. 国産ワインコンクール(Japan Wine Competition) 開催の道程と開催報告. *日本ブドウ・ワイン学会誌* 14 : 91-104 (2003).
6. 松本信彦. 国産ワインコンクール 2004 に審査員として参加して. *日本ブドウ・ワイン学会誌* 15:76-77 (2004).
7. 小阪田嘉昭. Japan Wine Competition 2005 (第 3 回国産ワインコンクール) 開催報告. *日本ブドウ・ワイン学会誌* 16 : 85-96 (2005).
8. Roggere, J. P., S. Coen, and B. Ragonnet. High performance liquid chromatography survey on changes in pigment content in ripening grapes of Syrah. An approach to anthocyanin metabolism. *Am. J. Enol. Vitic.* 37. 77-83 (1986).
9. 角田謙朗. 山梨大学教育人間科学部地学教室 (私信) (2006) .
10. Van Rooyen, P. C. L. P. Ellis, and C. S. Du Plessis. Interactions between grape maturity indices and quality for Pinotage and Cabernet Sauvignon wines from four localities. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 5: 29-34 (1984)..
11. Winkler, A. J. and M. A. Amerine. Color in California wines. I and II. *Food Res.* 3, 429-447 (1938).
12. Yokotsuka, K. and M. Fukui. Changes in nitrogen compounds in berries of six grape cultivars during ripening over two years. *Am. J. Enol. Vitic.* 53 (1): 69-77 (2002)..
13. Yokotsuka, K., A. Nagao, K. Nakazawa, and M. Sato. Changes in anthocyanins in berry skins of Merlot and Cabernet Sauvignon grapes grown in two soils modified with limestone or oyster shell versus a native soil over two years. *Am. J. Enol. Vitic.* 50: 1-12 (1999).