ソーヴィニヨン・ブラン　ワークショップ第 1 部
ニュージーランド ヴィンヤード視察

リポート:　西岡　一洋

ブレナム訪問の経緯

私が Folium Vineyard をご紹介いただいて岡田岳樹氏に初めてお会いしたのは 2017 年の 12 月であった。落葉果樹の研究を年間通して行うために南半球に拠点を探していた頃のことである。同じ 78 年生ということもあり、アプローチ方法は違えど、同じ分野で道半ばという状況に深いご縁を感じている。

さらに、2018 年秋に都内において Churton Wines のオーナーである Sum Weaver 氏をご紹介いただき、Churton Wines での樹液流計測（樹が根から吸い上げて導管（木部）を流れている樹液（主に水分）の流量を環境要因（気温、湿度、日射など）とともに計測する技術）の話が立ち上がったことから今回の再訪につながった。ここで簡単に樹液流計測について説明すると、微弱な熱を局所的に植物（主に枝や茎）に加え、加えた既知の熱量の移流量を微細な温度センサでトレースすることにより、熱力学的にリアルタイムな樹液の流量もしくは流速を定量的に数値化できる。本来は昨年内に伺い計測に着手する予定であったが、諸々の都合により計測自体は来期に延期になってしまった。では、わざわざ今回何をしに NZ に渡ったかというと、

１） NZ における樹液流計測の必要性の再確認
２） カウンターパートナーとの関係強化
３） 設置環境および樹形等植物側の確認
４） 資料としての圃場の画像/動画の撮りため

以上を目的として 3 月 10 日より 14 日までブレナムを訪れた。

前回訪問時に岡田氏より地元の計測コンサルティングである Thoughtful Viticulture 社の Dr. Mark Krasnow をご紹介いただいていた。今回もワークショップ当日、岡田氏の自宅にて Dr. Krasnow ら

と情報交換後第１部に臨んだ。彼は私と同じ植物水分生理学が専門であり、樹液流計測技術のニュージーランドでの可能性についてヒアリングさせてもらっていた。冒頭から少し話が飛んでしまうが、彼らは毎年オンシーズンになると専門機器（PMS 社のプレッシャーチャンバー）を抱えてクライアントの畑を朝から晩まで飛び回っており、海外では彼らのような研究者がアカデミックな計測装置を駆使しながら栽培コンサルティングを生業としていたりする。

プレッシャーチャンバーで計測される葉内水ポテンシャルとは、葉の萎れ具合を定量的に把握するための指標であり、乾燥地での植物研究では極めて一般的な計測項目である。降雨の少ない産地において、潅水のスケジューリング目的でよく利用されている。ただし、プレッシャーチャンバー法は樹冠からランダムに採取した葉をサンプルとして用いるため計測値に再現性がない。また、葉内水ポテンシャルが一日でもっとも高い値を示す夜明け前の値と、もっとも値が低下するであろう真昼の２点を計測する必要があり、統計的に有意なデータをシーズン中時系列で取得しようとすると作業負担が極めて大きい。私は葉内水ポテンシャル計測を樹液流計測に代替することでこの作業負担を大幅に軽減できると考えている。そんな私にとって彼らは最高のカウンターパートナーであり、彼らとのコミュニケーションは海外に研究拠点を持つための最重要課題である。

話を戻すと、第１部では岡田氏よりマールボロ地区におけるワイン産業の歴史と、この産地が生み出すソーヴィニョン・ブランのフレーバーの特徴について概説いただいた。岡田氏の隣に座ってはみたが、二言三言しゃべっただけで発言の機会はほとんどないまま終わってしまったため、当日時間があればご紹介しようと思っていたことを含めて第１部のレポートを以下にしたためてみた。

WORKSHOP 第1部

MARLBOROGH における SB のフレーバーについて

まず、ワークショップの第１部では岡田氏よりマールボロにおけるワイン産業の成り立ちと、この産地で生まれるソーヴィニョン・ブランのフレーバーの特徴について概説いただいた。周知のとおりメトキシピラジンとチオールに特徴のあるマールボロワインの中にあって、Folium Vineyard では意図して逆張りともいうべく、チオールの主張を抑えた栽培を心掛け、クロ・アンリでの経歴を持つ岡田氏らしいフランスワインを意識した造りが行われている。

本ワークショップのテーマであるチオールのプレカーサーは、そもそも根から吸収した無機態の硫酸イオンを材料とした硫黄同化（植物体内において代謝変換により有機態の含硫黄化合物を合成する働き）によりつくられる。多量要素である硫黄を含む硫酸イオンは、マイナスを帯びた陰イオンであり、一般には土壌コロイドに吸着されづらい性質を持っている（火山灰土壌のアロフェンはプラス荷電を多く持つので吸着される）。この硫黄同化作用は、土壌中の硫酸イオン含量や水分ストレス、土壌 pH、日射量などの刺激に応答して関連酵素の転写レベルが生理的に制御されている。ベレーゾン前から強度の土壌水分ストレスに遭遇すると吸水量が減ることによって十分な硫酸イオンを吸収できず、結果としてチオール生成が少なくなると考えられている。第１部の終盤で、今年はマールボロ一帯でのチオール生成は例年よりも抑えられたのではないか、と発言したのはこのためである。

果実中のプレカーサーを最大化するための耕作的手法としては、１）土壌中の窒素含量を多くする、２）除葉により果実を直射光にあてる、３）機械収穫にする、４）台木選択、５）潅水などがあげられる。これらの内２）については、個葉面積（一枚の葉の面積）

が大きく蒸散量の多い下葉を数枚除葉することで枝あたりの揚水力（根から土壌水を吸い上げる力）が低下するため、硫酸イオン吸収量の低下というデメリットも同時に生じていると考えられる。下葉かき作業はニュージーランドで一般的に行われているが、Dr. Mark は葉をかくべきでないと考えており、Growers からの要請もあって現在複数圃場で検証実験を実施している。４）と５）については、乾燥する時期に適切な吸水量を維持することで硫黄同化を妨げないことに関わる。

今回話には上がらなかったが、同定されているチオール（4MMP, 3MH, A-3MH, 4MMP-OH, 3MMB）の内 3MH はメトキシピラジンとの濃度バランスによってパッションフルーツ、グァバ、グレープフルーツ、トロピカルフルーツといったアロマのニュアンスが変わることが実験的に示されている。また、物質に変化はないとされているが、4MMP はその濃度が低いと猫尿香を感じ、濃度が高くなるとカシス芽のニュアンスが強くなる。これらチオール類の濃度は熟期においてピークを示し、特に温暖条件下で熟すのが早いと熟期後半における濃度減少が顕著となる。冷涼な産地でアロマが明確化しやすいのは、過蒸散が抑えられた中で晩熟化し、チオール濃度の減少が抑制されることも関与しているものと考えられる。

会の中で、今回岡田氏より耳寄りで大変興味深い新情報を聞くことができた。ソーヴィニョン・ブランの果実を－20℃で５ヶ月間冷凍保存すると果汁中のチオールが増加するというものである。南アフリカの造り手からの情報とのことで、今後の追試験情報が待ち遠しい。

2019 VINTAGE @BLENHEIM

ワークショップでは 2017 年ヴィンテージのワインがテイスティングに用いられたが、ブレナムでは 2018 年の 12 月末より 3 月中旬までまとまった降水がなく、強度の干ばつに見舞われた（図 1）。地元の古参たちもここまでの干ばつは初めてというほどの異例な年であったことから、今期のマールボロはどんな夏であったのか以下に特記したい。

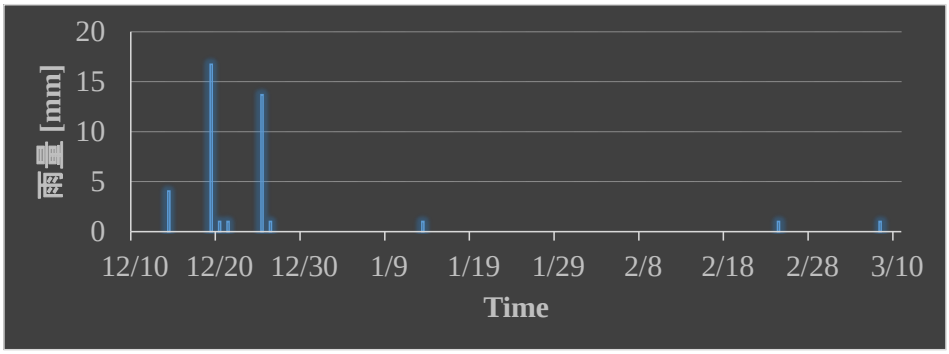


図 1　オマカ・ブレナム空港で観測された降水量データ.
Folium Vineyard からは直線で 5.8km。

前述の通り、今期のブレナムではドリップイリゲーション（点滴潅水）も追いつかないほど下葉が黄色く枯れあがった畑が数多く目立っていた（写真１）。訪問先の一つであった Churton Wines では、特に水がはけやすい斜面上部やほどよい風が当たる場所では樹冠上部まで枯れ上がった樹が目についた。聞くところによると、この界隈では数十ヘクタール単位で収穫をあきらめたところもあったようである。

良くも悪くも雨水に恵まれた日本と違い、NZ では前年度の水利用量に応じて今年度の割り当てが決まる。このため、昨年度の潅水量が少なかったことで割り当てを減らされていたりすると、今回のような干ばつへの対応が不十分なものとなる。道一本隔てて隣り合っ

た畑ですら下葉の枯れあがり方が大きく異なっていたのは象徴的であった（写真 3）。特にソーヴィニョン・ブランやピノ・ノワールなどは、土壌が乾燥しても葉裏の気孔が閉じにくい性質を持っており、水分欠乏に陥って下葉から枯れ上がりやすい（後述）。潅水量の多少が今年の収量と品質の明暗を大きくわけたわけである。

写真 1　過乾燥に遭遇して樹冠上部まで黄化してしまった
ソーヴィニョン・ブランとピノ・ノワールの畑

写真 2　Churton Wines のピノ・ノワールの圃場群
逆に強風にさらされやすい場所では，植物は土壌の乾燥に対するのとは別のメカニズムで気孔を閉じやすく，矢印の場所などでは比較的枯れ上がりは軽微であったものと考えられた．

写真 3　隣り合ったソーヴィニョン・ブランの畑における下葉の枯れあがり方の違い
道路左手の畑は下葉がはっきりと黄化しているが，道路右手の畑はほとんど下葉が黄化していない．

今夏の FOLIUM VINEYARD

さて、では Folium Vineyard はどうだったのか。今期流石に過乾燥の影響は見られたが、岡田氏はマールボロにおいて知る人ぞ知るドライファーミング（乾燥農法のことで潅水をしない）の先駆者である。ソーヴィニョン・ブランの畑は例年からすると葉色が薄くはあったが、Brix（厳密には糖度とイコールではない）はしっかり上昇していた（写真 4）。潅水を頻繁に施すとドリップの浸潤エリアに根が集中しがちになり根が深く張らない。岡田氏によれば、畑を購入された 2010 年より 9 年経ち、根はそこそこ深くまで張っているようだとのことであった。実際に掘り起こしてみたいという欲が湧き起こらないではないが、そこは樹液流計測を用いて揚水力の比較から非破壊的に推察できなくはない。来期の計測が俄然楽しみになった。

写真 4　Folium Vineyard のソーヴィニョン・ブランの圃場群
Brix を簡易計測してみた.

今期のような過乾燥遭遇時には、潅水しても十分な土壌水が根域に帯水できず（吸水以外に蒸発や流出で失われる上、植物は根表面 2～3 ミリに存在する土壌水分しか吸水することができない）、乾燥

時に気孔を閉じにくいタイプの栽培品種だと吸水された水分が樹体内にもとどまりにくいので個葉面積が大きく蒸散の盛んな下葉から枯れあがってしまう（ただし、乾燥時におけるクローン毎の気孔開閉特性についてまでは誰も報告していない）。このタイプの品種群は今季のような過乾燥時に枯れ上がる危険性が大なのだが、土壌水分状態が適切であれば（永久萎凋点（植物が萎れて回復できないほどの土壌乾燥状態）を超えなければ）、気孔が閉じない分大気中の二酸化炭素ガスを吸収し続けられるので光合成は律速せずに糖度は上がりやすい。

養水分の入り口はあくまでも根であるため、台木特性の影響も受けていることはプレカーサー最大化の耕作的手法のところでふれた通りである。台木内の導管サイズと分布様式、根の分枝特性と根貫通力（根が土壌を貫通して伸長できる能力のこと）などが主に寄与しているものと考えられる（穂木も台木も品種によって導管サイズの頻度分布が異なり、これが揚水力に影響する）。

さらに、植物はハイドローリックリフトと呼ばれる樹体内での水分状態のバランシングを行っていることが広く知られている。潅水が施されている畑の樹では期待できないが、根が深く張って水分をしっかり吸えている樹では、土壌表面近くの乾燥土壌に張った根に深部から吸い上げた水分を輸送し、水分を得た根の表面からうっすらと逸出することで根の生存環境を改善している。

Folium Vineyard のソーヴィニョン・ブランにおいても、今期の過乾燥遭遇により例年よりも　硫酸イオンの吸収量が減少していたはずである。果たしてこの影響がチオール生成にどこまで影響したのか、第 2 部で報告された結果と比較すべく来期も継続した分析をお願いしたいところである。

衛星からの俯瞰

今回、Folium Vineyard の近くを見渡しただけでも樹冠の様相は圃場間でまちまちであった。潅水の足りているところ足りていないところ、この違いを上空からもう少し定量的に俯瞰して見てみたいと考えた。そこで、衛星 Sentinel-2 から得られるリモートセンシングデータを引っ張りだしてみた（画像の分解能は 1 ピクセルが 20m に相当するので比較する圃場サイズに対して精度は十分とは言えないのだが、ざっくりと何が起きたのかを見るには十分である。何とも便利な世の中である）。通称リモセンデータと呼ばれる衛星から得られるデータ群は、太陽の光が波長毎に地表面でどのくらい反射したかを捉えており、植物がどの程度繁茂しているか、地表にどの程度水分が存在するか、植物は水分ストレスを受けているかなど、地上で観察される様々な環境状況や植物生理状態と相関性の高いインデックスとして扱うことが可能である。今回、10 月中旬から 3 月下旬までの 5 ケ月間を近所 2 か所の潅水有り圃場と比較しながら簡単に振り返ってみる。近所の潅水有り圃場として、Folium Vineyard（圃場①）に隣接した圃場②（岡田氏曰く、毎年たっぷり潅水している圃場で、実際に青々としていた）と、FROMM Winery 北隣の圃場③（写真１、樹冠上部まで黄化が進んでいた）を選んだ（写真５）。主茎サイズは圃場③（平均 45mmφ程度）＜圃場①、②（平均 85mmφ程度）であった。

写真 5　圃場の位置関係

① Folium Vineyard(西側がピノ・ノワールと東側がソーヴィニヨン)、②Folium 隣の多潅水圃場、③ FROMM Winery 北隣の圃場（西側がリースリング、東側がピノ・ノワールでこちらもあまり潅水していない）

ちなみに、ここでは、Sentinel-2 のマルチスペクトルセンサ（L1C）による分光反射率をもとに算出された、正規化植生指数（NDVI）と正規化水分指数（NDWI）を取り上げる。簡単に説明すると、NDVI は地表にどれだけ植物が繁茂しているかを示し、NDWI は地表面付近にどのくらい水分が存在するかを示している。圃場をどの程度植物が覆っており、地表がどの程度乾燥していたのかを簡便に考察するのには便利な数値データである。ただし、大気中の水蒸気やエアロゾルの影響を多大にして受けるため、データとしてはばらつきが大きい特徴をもち、地域間差を比較する際には注意が必要である（例えば日本とニュージーランドの比較など）。また、直接的に樹冠葉量であったり、土壌水分含量を指示しているわけではないことにも注意が必要である。

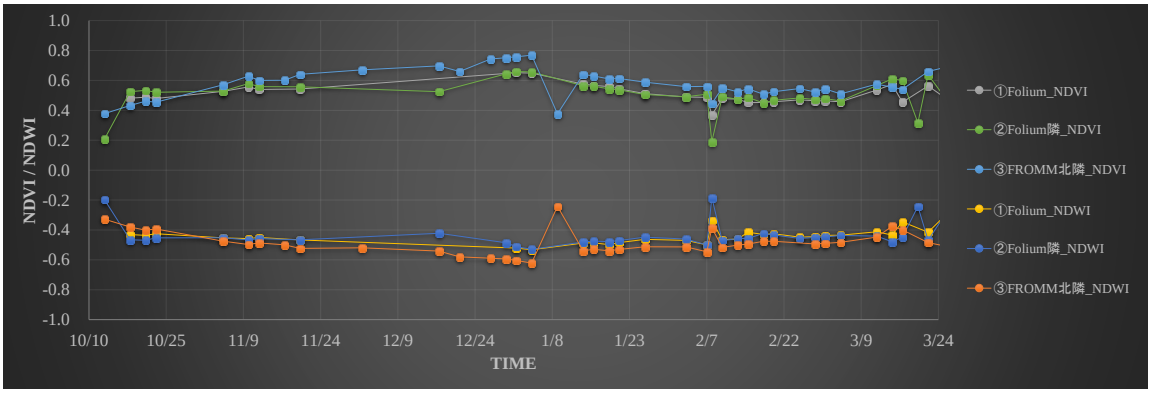


図 2　3 圃場における NDVI および NDWI の平均値の経時変化（10 月 18 日～3 月 24 日）

図 2 において 1 月 4 日付近を境に NDVI は増加から減少傾向に、NDWI は減少から増加傾向に転じた。1 月 8 日および 2 月 8 日に観測されたスパイク上の突出はノイズと考えられる。NDVI と NDWI は中程度から高い「負の相関」を示しており、これは植物がデータ取得期間中に水分ストレスに遭遇していたことを示している（図 3）。NDVI の傾向は、Folium Vineyard と圃場②の差は年間通してほとんどみられず、FROMM Winery 北隣の圃場③が年間通して高く推移していた。Folium Vineyard の NDVI の高さは樹冠の整枝状況と畝下の除草状況との関連があると思われる。NDWI の傾向は、年末までは多潅水管理をしている圃場②が高く推移していたが 1 月以降は差がみられず、樹冠上部まで最も黄化が進んでいた圃場③の NDWI が年間通してもっとも低く推移していた。多潅水であっても株間までは水が浸潤しきれないことから Folium Vineyard と圃場②の間で NDWI に差がほぼ見られなかったのではないかと考えられる。圃場③については、過去の NDWI の傾向からもともと乾燥しがちな土質のようで、主茎サイズが細いわりに樹冠サイズが十分に大きかったため、樹にとって十分な潅水量を確保できていなかったものと思われる。このように潅水をしていたとしても地上部と地下部のバランスがとれていなければ無潅水圃場の樹よりも強度の水分ストレスに曝されうるわけである。

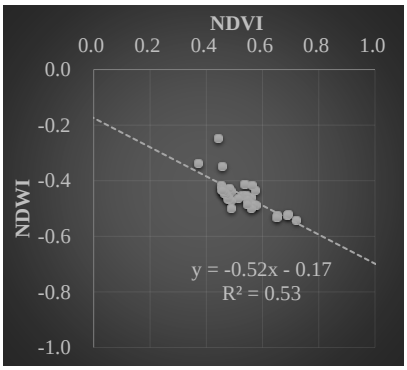


図 3　NDVI と NDWI の散布図
図中の破線は回帰直線を示す.

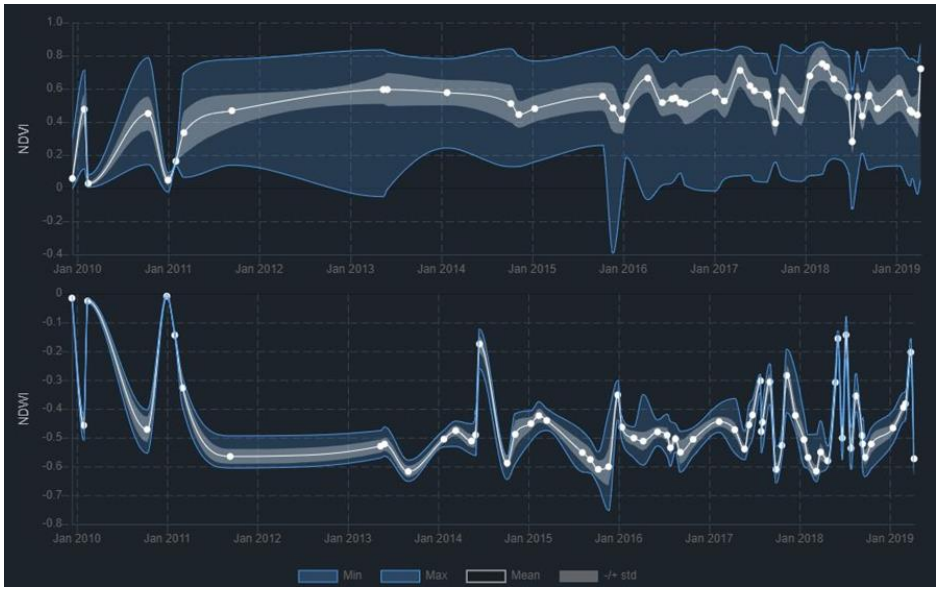
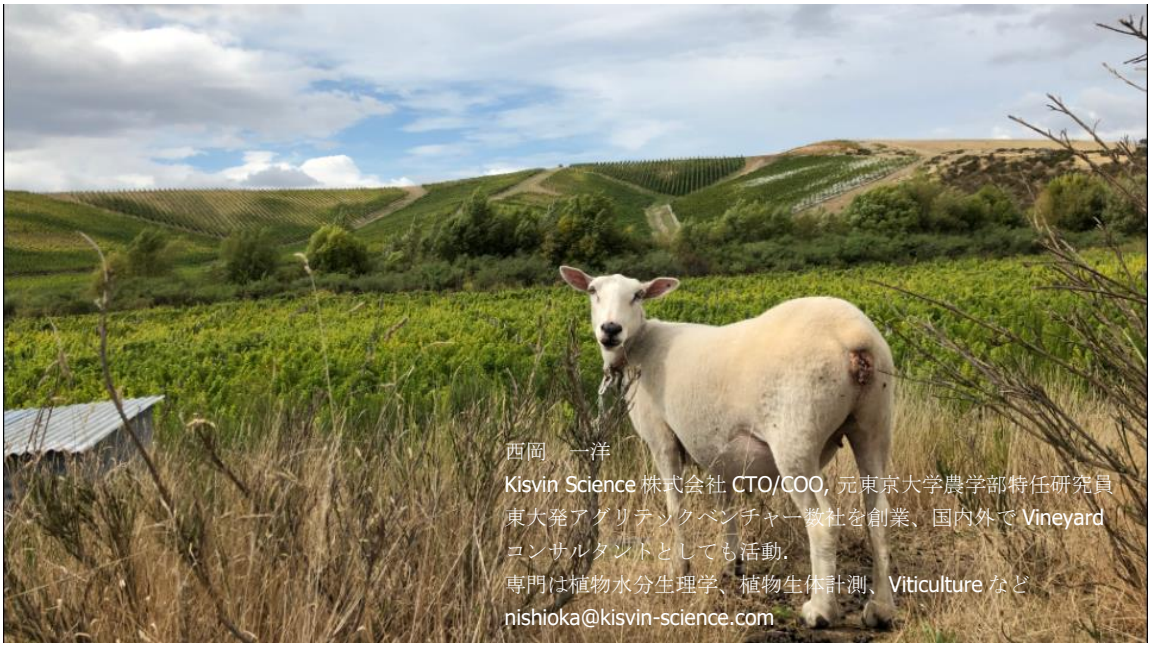


図 4　Folium Vineyard における過去 9 年間の NDVI と NDWI の推移

最後に、岡田氏がこの地に畑を購入した 2010 年からの 9 年間の NDVI と NDWI の推移を振り返ってみる（図 4）。衛星データの取得頻度がここ 3～4 年で増していることから単純に前半と後半を比較はできないが、NDVI はわずかに増加して 0.6 あたりで安定し、NDWI は-0.5 を境に年変動が激しい傾向を示している。水分環境が激しく変動するのに対して実際の地上部の動きも安定してきている事実は、改めて岡田氏の戦略的ドライファーミングが功を奏してきてい

るものと思われる。来期は本腰を入れて Thoughtful Viticulture 社と連携した名実ともに Thoughtful な観測をスタートさせ、Folium Vineyard を中心にまた根も葉もある話を報告したいと思う。



西岡　一洋
Kisvin Science 株式会社 CTO/COO, 元東京大学農学部特任研究員
東大発アグリテックベンチャー数社を創業、国内外で Vineyard コンサルタントとしても活動.
専門は植物水分生理学、植物生体計測、Viticulture など
nishioka@kisvin-science.com