

ブラジル北東部ペトロリーナにおける 果樹農業の発展と灌漑方式の変遷

山下亜紀郎・羽田 司

キーワード：果樹農業，大規模灌漑プロジェクト，節水灌漑，セルトン，ペトロリーナ

I はじめに

ブラジル北東部（ノルデステ）の内陸には、セルトンとよばれる熱帯乾燥・半乾燥地帯がひろがる。当地は、干ばつ常襲地域としての厳しい自然条件などから、かつてはブラジルでもっとも開発の遅れた地域であった。本稿が研究対象とするペルナンブコ州ペトロリーナもセルトンに属し、州都である大西洋岸のレシフェからは、内陸へ約600kmの位置にある。

この地域を流れる大河であるサンフランシスコ川の中流域では、20世紀後半以降、公共事業としての大規模な開発事業が実施されてきた。その詳細は、斎藤ほか編著（1999）や丸山（2000）などで述べられているが、その嚆矢となったのが、1966年に策定された「サンフランシスコ川中流域灌漑基本計画」であった。この計画に基づく大規模灌漑プロジェクトは、1967年に設立されたSUVALE（Superintendência do Vale do São Francisco：サンフランシスコ川流域監督庁）、そしてSUVALEの改組により設立されたCODEVASF（Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco：サンフランシスコ川流域開発公社）によって実施されてきた。サンフランシスコ川中流の沿岸に位置するペトロリーナと、その対岸の双子都市であるバイア州ジュアゼ

イロの周辺地域では、2000年までに8カ所で大規模灌漑プロジェクトが実施され（西沢，2005）、2001年以降も2つのプロジェクトが進行中である。これらのプロジェクトへの水資源供給に大きな役割を果たしているのが、1978年にペトロリーナやジュアゼイロの中心部からサンフランシスコ川を35kmほど遡上したところに建設されたソブラデーニョダムである。このダムによって蓄えられた水は、沿岸のペルナンブコ州とバイア州のみならず、セアラ州やリオグランデノルテ州、パラíba州など、ブラジル北東部の各地へも、灌漑用水や生活用水として導水される計画である（松本，2012）。

本研究の目的は、そのような大規模灌漑プロジェクトが実施されたサンフランシスコ川中流域を対象に、斎藤ほか編著（1999）や丸山（2000）といった先行研究以降、すなわち2001年以降における灌漑果樹農業の変遷と現状を詳らかにし、今後の展開について考察することである。本稿はその第一報として、少雨による水不足が近年再び懸念されているペルナンブコ州ペトロリーナを対象に、果樹農業の発展と灌漑方式の変遷について、統計データや現地地で収集した資料に基づき報告する。

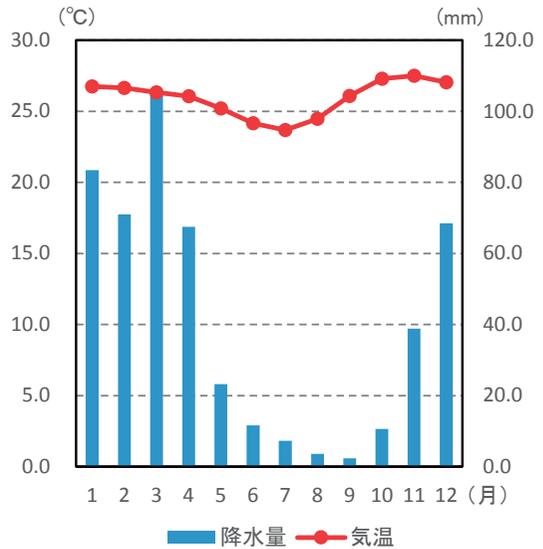
Ⅱ ペトロリーナの気候

本稿が対象とするペルナンブコ州ペトロリーナは、気候区分としてはステップ気候に属する。第1図に示した気温と降水量の月別平年値（1985～2014年）によると、気温は年間通じて25℃前後であるが若干の年変動がみられ、7月がもっとも低く（24.2℃）、11月がもっとも高い（27.5℃）。降水量は年間通じて少なく、とくに5～10月はほとんどないものの、11～4月にはある程度の降水がある。

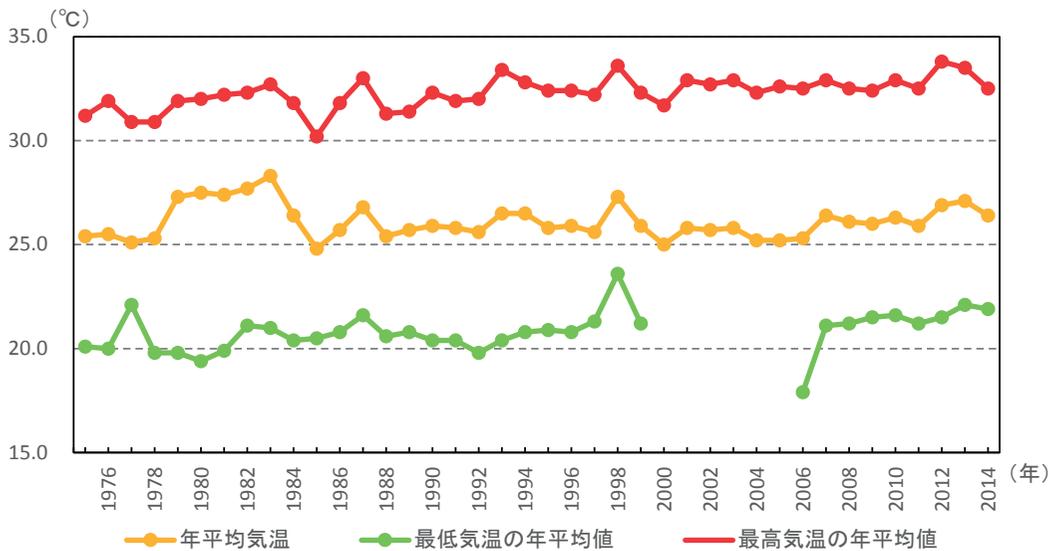
データが得られた1975年以降の気温変動をみると（第2図）、平均気温は概ね25℃を少し上回る程度であるが、1979～1983年までは27℃以上と高かった。その後は1987年、1998年、2007年と約10年に一度平均気温の高くなる年がみられ、2007年以降は26℃以上で推移している。最高気温の年平均値は、多少上下動しながら緩やかな上昇傾向にある。具体的に10年ごとの平均値を計算すると、1975～1984年 が31.8℃、1985～1994年 が32.0℃、1995～2004年 が32.5℃、2005～2014年 が32.8℃となる。最低気温の年平均値は、1977年、1987年、1998年と約10年おきに特異に高い年があるもの

の、1999年以前においては21℃を上回ることが稀であった。しかし2007年以降は、毎年21℃を上回っている。

同じく1975年以降の年降水量の変遷をみると（第3図）、比較的多雨の年と少雨の年が周期的

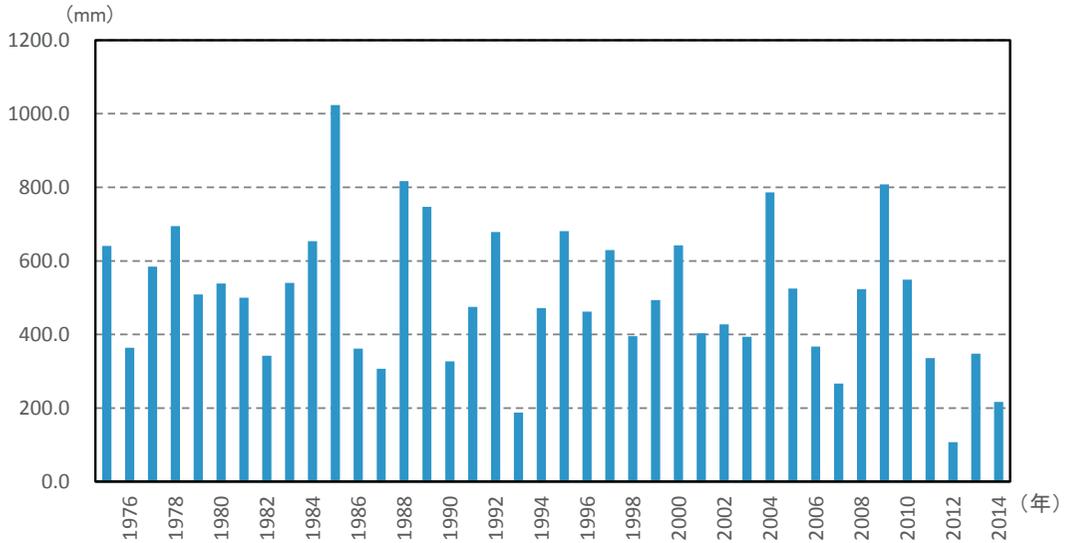


第1図 ペトロリーナにおける気温と降水量の月別平年値（1985～2014年）
（EMBRAPAの資料より作成）



第2図 ペトロリーナにおける気温の変遷（1975～2014年）

最低気温の2000～2005年はデータ欠損。
（EMBRAPAの資料より作成）



第3図 ペトロリーナにおける年降水量の変遷（1975～2014年）

(EMBRAPAの資料より作成)

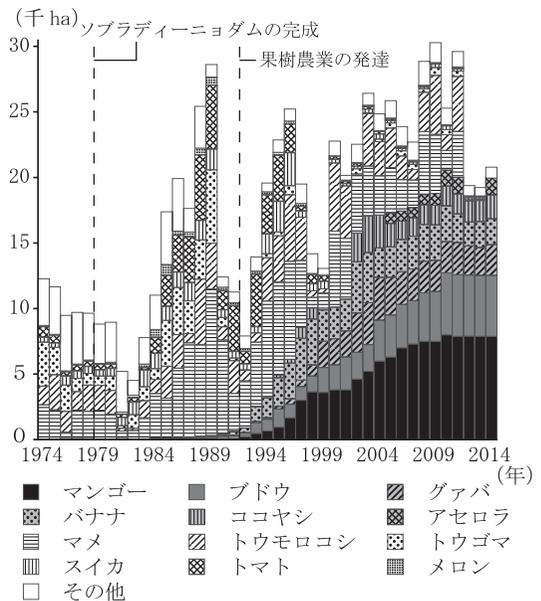
に交互に現れる傾向にあり，2010年までの最多雨年は1985年（1023.5mm），最少雨年は1993年（187.8mm）である。しかしながら2011年以降，年降水量500mm未満の少雨年が続いており，このことが近年のペトロリーナにおける灌漑農業や住民の日常生活に大きな影響を及ぼしつつある。

Ⅲ 果樹農業の発展

Ⅲ-1 農作物生産の変遷

ペトロリーナにおける農業の変遷を整理するために，1974年から2014年までの農作物収穫面積を第4図に示した。1970年代までの農作物生産は，サンフランシスコ川の沿岸域やため池（アスーデ）の周辺域といった農業用水が獲得できる地域に限定されており，総収穫面積にして10,000ha程度であった。生産品目はトウモロコシやマメ，トウゴマといった単年性の作物を主とし，1975年では総収穫面積11,655haのうち，トウモロコシが2,680ha，マメが2,217ha，トウゴマが2,100haであった。

1980年代になると，農作物の収穫面積は飛躍的に増加し，1989年には総収穫面積が28,611haに達



第4図 ペトロリーナにおける農作物の収穫面積（1974～2014年）

(IBGEの資料より作成)

した。生産品目としては，1970年代と同じようにトウモロコシやマメ，トウゴマが主力を成した。それに加え，スイカが1980年の600haから1989年

には1,600ha、トマトが1980年の320haから1989年には4,868haに増加した。こうした農作物生産の拡大は、先述のソブラディーニョダム建設による農業用水の安定供給と、大規模灌漑プロジェクトによる農地造成および灌漑設備の整備によってもたらされた。ダムが建設されたことでソブラディーニョ湖が形成され、ダムよりも下流のサンフランシスコ川の水位が安定した。CODEVASFは、そのダム湖の湖水と水位の安定した河川水を利用して、大規模灌漑プロジェクトを実施しているが、その主要事業は農用地の買収・造成と灌漑水路の敷設であり、これにより農業用水の獲得が困難であった内陸地域に広がるカーチンガにまで農地が拡大した。

1990年代以降になると、生産品目がこれまでの単年性の作物から、マンゴーやブドウを中心とした永年作物の果樹へと変化している。1990年におけるマンゴーの収穫面積は28haであったが、2000年には3,800ha、2010年には8,000ha、2014年には7,880haとなっている（写真1）。ブドウに関しては、1990年には225ha、2000年には1,900ha、2010年には4,716ha、2014年には4,642haである（写真2）。また、その他の果樹生産も盛んで、2014年における収穫面積は、グアバが2,360ha、バナナが1,980ha、ココヤシが1,800ha、アセロラが1,298haとなっている。他方、1980年代まで主力であったトウモロコシやマメ、トウゴマ、スイカ、トマトといった品目は収穫面積を大幅に減少させている（第4図）。こうした生産品目の変化の一要因として、単年性の作物を継続的に多期作した結果として発生した、連作障害が挙げられる。これによってより連作障害の少ない、永年作物の果樹へと生産品目を変化させたと考えられる。

以上のように、ペトロリーナにおける農業は、1970年代後半以降、大規模灌漑プロジェクトが実施され、生産規模は飛躍的に拡大した。そして、主要生産品目はトウモロコシやマメなどといった単年性の作物から、1990年代以降、マンゴーやブドウなどの永年作物の果樹に変化している。



写真1 マンゴー農園の景観
(2015年9月羽田撮影)

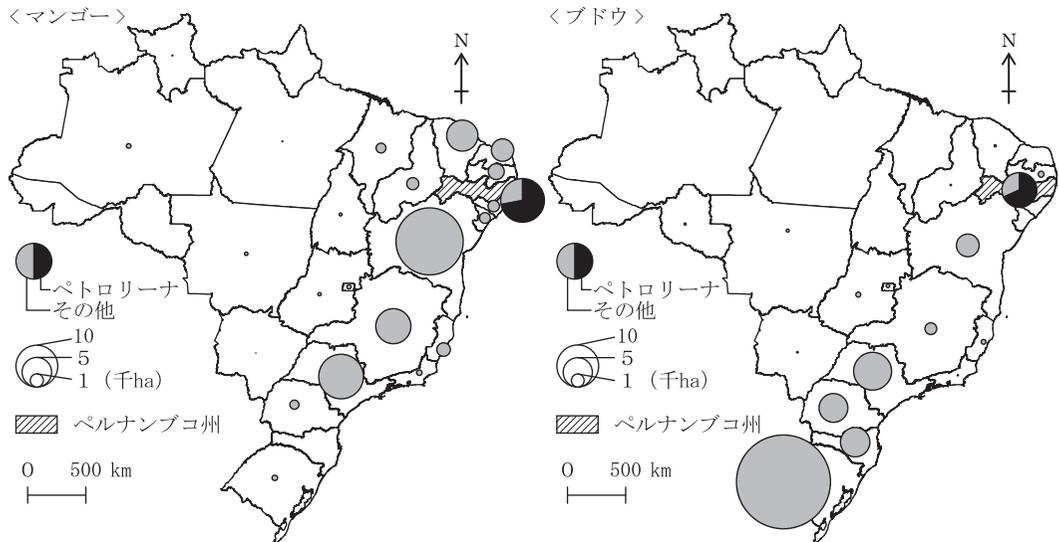


写真2 ブドウ農園の景観
(2015年9月羽田撮影)

Ⅲ-2 ペトロリーナの果樹農業の位置づけ

1990年代以降発展してきたペトロリーナの果樹農業は、ブラジル国内の果樹農業においてどのような位置づけにあるのであろうか。それを検討するために、ペトロリーナの果樹農業において主力品目であるマンゴーとブドウの2014年の州別収穫面積を第5図に示した。

まず、マンゴーであるが、ブラジルにある27州のうち23州で収穫される。ブラジル北東部や、南東部といった地方でマンゴーの収穫面積が大きい。最大の収穫面積はバイア州の25,893haで、それに続くのがサンパウロ州の11,422haである。ペルナンブコ州はこれらの州に次ぐ収穫面積で



第5図 ブラジルにおけるマンゴーおよびブドウの州別収穫面積（2014年）

（IBGEの資料より作成）

10,945haとなっている。そのうち、ペトロリーナにおけるマンゴーの収穫面積は7,880haであるから、ペルナンブコ州の収穫面積の72.0%をペトロリーナが占める。

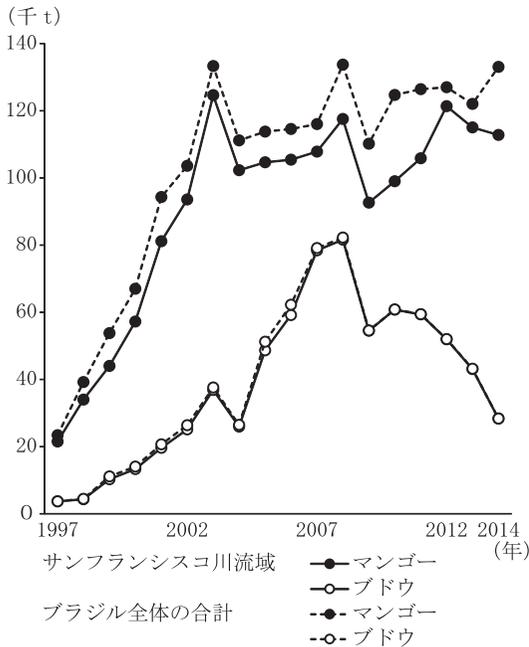
次に、ブドウであるが、27州のうち17州で収穫される。ブドウはブラジル北東部や南東部、南部の地方で収穫面積が大きく、高温多雨の北部地方ではほとんど収穫されていない。最大の収穫面積は南部のリオグランデス州で49,995haとなっており、ブラジル全体における収穫面積の63.5%に達する。次に大きいのがサンパウロ州で8,040ha、それに続くのがペルナンブコ州で6,797haである。ペルナンブコ州の収穫面積のうち、ペトロリーナの収穫面積は4,642haであるから、州全体の68.3%にあたる。

このようにペトロリーナは、ペルナンブコ州におけるマンゴーとブドウの収穫面積の約7割を占める州最大の生産地域である。さらに、ペルナンブコ州は、ブラジル全体において3番目にマンゴーとブドウの収穫面積が大きい州であり、これらから、ブラジル全体のなかでペトロリーナの果樹農業の重要性は高いといえる。

Ⅲ-3 果実流通の特徴

IBGE（Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística：ブラジル地理統計院）の資料によると、2014年におけるブラジル全体のマンゴーの生産量は1,132,449 t、ブドウの生産量は1,453,889 tである。このうち、海外への輸出量はマンゴーでは133,033 tと総生産量の11.7%、ブドウでは28,348 tと総生産量の1.9%となっている。総生産量に対する輸出割合は小さいものの、輸出用のマンゴーとブドウの生産地域をみると、偏りがみられる。

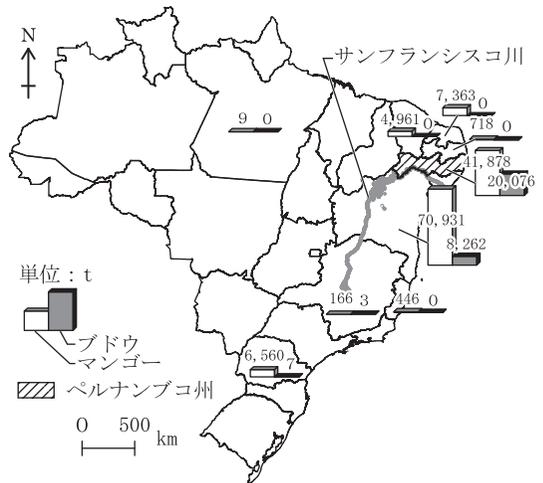
第6図は、1997年から2014年までにおける、マンゴーとブドウのサンフランシスコ川流域からの輸出量とブラジル全体の輸出量合計を示している。マンゴーの輸出量合計は2003年まで増加し、それ以降は120,000 t付近で推移する。他方、ブドウは2008年には82,242 tまで輸出量を増加させたが、それ以降は漸減傾向である。こうした輸出量合計の推移のなかで、サンフランシスコ川流域から輸出されるマンゴーはブラジル全体の78.4%から95.5%を占め、ブドウに関しては92.5%から100%を占めてきた。このように、ブラジルにおける輸出用のマンゴーとブドウの生産地域は、サ



第6図 マンゴーおよびブドウの輸出量 (1997～2014年)
(CODEVASFの資料より作成)

ンフランシスコ川流域に集中する。さらに、これら果実の2014年における州別輸出量をみると、両果実ともバイア州とペルナンブコ州で大きな値となる(第7図)。ペトロリーナを含むペルナンブコ州に関してみれば、マンゴーは41,878 tでバイア州に次いで2番目の輸出量であり、ブドウは20,076 tでブラジル最大の輸出量となっている。つまり、ブラジルのサンフランシスコ川流域、とくにバイア州やペルナンブコ州は、ブラジルにおける輸出用のマンゴーとブドウの一大生産地域なのである。

マンゴーやブドウの輸出に際しては、地域内で果実の殺虫・防腐処理を実施後、コンテナに積載される(写真3)。2014年におけるブラジル産マンゴーとブドウの輸出相手国はマンゴーが26カ国、ブドウが14カ国である(第8図)。輸出先はヨーロッパ諸国が主であり、なかでも、オランダへの輸出量はマンゴーが62,252 t、ブドウが14,927 tと最大である。またマンゴーに関しては、アメリ



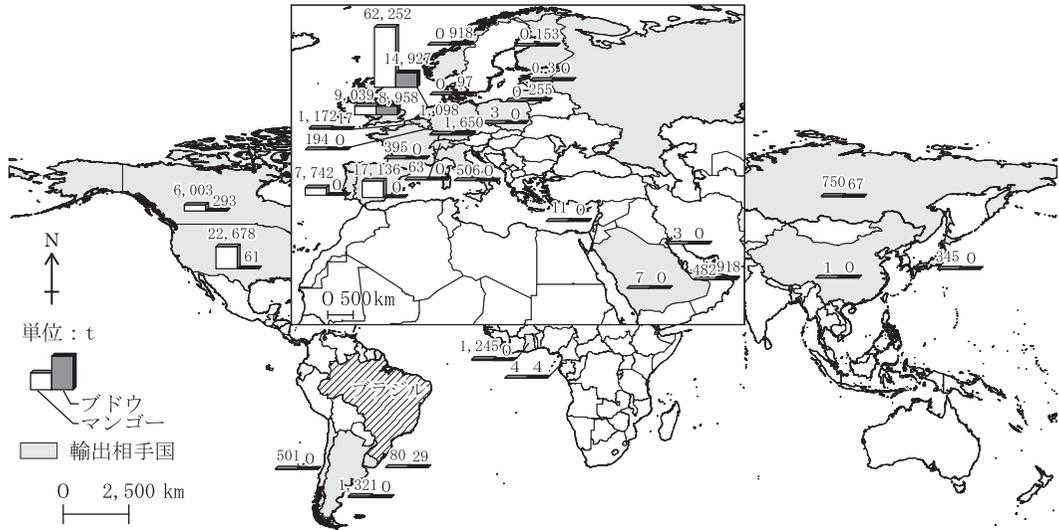
第7図 ブラジルにおけるマンゴーおよびブドウの州別輸出量 (2014年)
(CODEVASFの資料より作成)



写真3 輸出用マンゴーの洗浄作業の様子
(2015年9月羽田撮影)

カ合衆国に22,678 t、カナダに6,003 tと北アメリカへの輸出量も多いのが特徴である。

以上、ペトロリーナは1990年代以降、マンゴーとブドウを中心とした果樹生産地域へと発展してきた。現在においては、ペトロリーナの果樹生産地域としての規模は、ブラジル全体のなかでも上位にあり、輸出用のマンゴーとブドウの供給地として重要な地域となっている。



第8図 ブラジル産マンゴーおよびブドウの輸出相手国別取扱量 (2014年)

(CODEVASFの資料より作成)

IV 灌漑方式の変遷

IV-1 ペトロリーナにおける大規模灌漑プロジェクト

ペトロリーナにおける最初の大規模灌漑プロジェクトは、1968年に完了したプロジェクト・ベベドouro (Bebedouro) である。これはもともとSUVALEによって建設開始され、CODEVASFが引き継いだものである。灌漑区域はペトロリーナ市街から北東へ約40kmのサンフランシスコ川左岸に位置している。2015年における灌漑可能面積は2,218haであり、EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: ブラジル農牧業研究公社) の管理する圃場が大部を占めるが、218の農家と3つの企業が入植している。用水はサンフランシスコ川から2.8m³/sを直接導水している。

続いて1979~1984年にかけて実施されたのが、プロジェクト・セナドールニーロコエーリョ (Senador Nilo Coelho) であり、その後1994~1997年にかけて、このプロジェクトを拡大する形でプロジェクト・マリアテレザ (Maria Tereza) が実施された。これはサンフランシスコ川中流域

で実施された灌漑プロジェクトの中で最大規模を誇り、ペトロリーナ市街の北側に広がる灌漑可能面積の合計は22,946haである。用水はソブラデーニョダムのダム湖から取水されており、幹線用水路の延長は158km、支線水路の総延長は818kmにもなる。計画最大取水量は23.2 m³/sである。農地には6haの小区画が約2,000と、7~20haの中区画および21ha以上の大区画が合わせて約350あり、約60,000人が入植している。開発地域は22の地区に分けられており、各地区に入植者の住居が建設された集落がある。そして、およそ5集落くらいに1つずつ、小・中・高校や医院などの生活関連施設がある。

農地造成と用水路等のインフラ建設はCODEVASFによって行われたが、恒常的な水利施設の管理と水供給を担っているのは、DINC (Distrito de Irrigação Nilo Coelho: セナドールニーロコエーリョ灌漑プロジェクト管轄区) である。灌漑用水の使用料金もここが徴収しており、日本の水道料金などでも一般的な、基本料金と従量料金の併用制が採用されている。すなわち、基本料金としてまず農地1haあたり1か月64レアルが、作付の有無、水使用の有無に関わらず課金

される。それに加えて実際の水使用量に応じて、 $1,000\text{m}^3$ あたり1か月85レアル前後（送水のための電力使用料によって多少変動する。そのため電力需要ピーク時に使用すると高くなる）が課される。

このプロジェクトの開発地域は、現在ブラジルでもっとも節水灌漑が普及しているといわれている。開発された区画は全て農地として使用されているものの、開発当初から実際の取水量が計画最大取水量 $23.2\text{ m}^3/\text{s}$ に達したことはなく、概ね $18\text{m}^3/\text{s}$ 程度である。プロジェクト・マリアテレザが後から実施され灌漑区域が拡大したのも、プロジェクト・セナドールニーロコエーリョによって開発された農地で節水灌漑が普及したことで生じた余剰水を活用するためであった。

プロジェクト名になっているニーロコエーリョとは、かつてペトロリーナの発展に貢献した上院議員（セナドール）の名前である。1983年に亡くなった彼の功績を讃え、プロジェクトの名称に採用した。そしてもう1つのプロジェクト名のマリアテレザとは、その数年後に亡くなった彼の妻の名前である。

ペトロリーナにおける3番目の大規模灌漑プロジェクトは、2004年から開始され現在も継続中のプロジェクト・ポンタル（Pontal）である。このプロジェクトの開発区域は、プロジェクト・セナドールニーロコエーリョ／マリアテレザの北東に広がり、計画総面積は約 $30,000\text{ha}$ である。それには、灌漑農地約 $14,000\text{ha}$ 、牧畜などに使われるシケードと呼ばれる非灌漑農地約 $7,000\text{ha}$ 、カーチンガ保護区（開発区域の20%を確保しなければならない）約 $6,000\text{ha}$ などが含まれる。2012年から順次開発農地への入植が開始され、完成は2019年の予定である。計画取水量は $7.8\text{ m}^3/\text{s}$ であり、サンフランシスコ川に設けられた取水口から、総延長 78km に及ぶ用水路を整備して導水している。

Ⅳ-2 さまざまな灌漑方式

ペトロリーナでは現在、節水灌漑がかなり普及しているが、1980年代前半までは、サンフランシ

スコ川とソブラディーニョダムの豊富な水を潤沢に使う灌漑方式が主流であった。

ペトロリーナでもっとも初期の灌漑方式は、農地を土手で囲って引水する水盤灌漑（bacia）および樹木に沿って溝を掘って引水する溝灌漑（sulco）である（写真4）。これらの灌漑方式は現在ではほとんどみられなくなった。一方、1980年代にはセンターピボット灌漑（pivô）が導入され、大規模な企業的農場を中心に普及した（斎藤ほか、1991）。しかしこのような大がかりで水を浪費する灌漑方式も、現在ではあまりみられなくなった。

当初から主流であり現在でもよくみられる灌漑方式は、農地に敷設した金属製またはゴム製のパイプへポンプ送水し、パイプに接続されたスプリンクラーで水を撒く撒水灌漑（aspersãoあるいはより大型のスプリンクラーはcanhãoと呼ばれる）である（写真5、6）。プロジェクト・ニーロコエーリョの開発地域では、CODEVASFが建設時のインフラとしてこの灌漑設備を整備したので、当初はこの方式が主流であった。

一方、1980年代に導入され、その後急速に普及し、現在ペトロリーナの主要な灌漑方式となっているのが、ミニスプリンクラーによる撒水灌漑（microaspersão）（写真7）や点滴灌漑（gotejoあるいはgotejamento）（写真8）といった節水灌漑である。水使用量としては点滴灌漑の方がより



写真4 樹木に沿って掘られた溝

（2015年8月山下撮影）



写真5 スプリンクラーによる灌漑
(2015年9月山下撮影)



写真6 より大型のスプリンクラーによる灌漑
(2015年9月山下撮影)



写真7 ミンスプリンクラーによる灌漑
(2015年9月山下撮影)



写真8 樹木に沿って延びる点滴灌漑のチューブ
(2015年8月山下撮影)

少ない。これらの灌漑方式は、作物の根元にのみ効率的に必要な最小限の水を与えることができるものであり、イスラエルから来た入植者が最初に導入したと言われている。もともとaspersãoを用いていた農家が、後に節水灌漑に切り替えた事例が多いが、1990年代以降に開設された農場では、最初から節水灌漑が導入されている。第1表によると、プロジェクト・ニーロコエーリョ／マリアテレザの開発地域において現在主流の灌漑方式はmicroaspersãoであり、全農地の約60%を占める。gotejoが約20%でそれに次ぐ。一方、aspersãoや他の従来型の灌漑方式は、合わせても20%に満たない。

第1表 プロジェクト・ニーロコエーリョ／マリアテレザの開発地域における灌漑方式別面積率（2015年）

灌漑方式	面積率 (%)
microaspersão	60.3
gotejo	21.3
aspersão	16.8
bacia/pivô/canhão	1.6

(DINCの資料より作成)

一口にmicroaspersãoやgotejoといっても、チューブの太さや吐水部に取り付ける器具の規格によって水量はさまざまであるが、aspersãoからmicroaspersãoに切り替えたある農家によると、

単位面積当たりの水使用量はおよそ半分になったとのことである。降水量の少ない熱帯乾燥・半乾燥地帯に属するペトロリーナであるが、このように節水灌漑が普及した理由は、農家への聞き取り調査によると、水を節約するためというよりもむしろ、労働力と水使用料を削減するという経済的理由の方が大きい。aspersãoは、撒水の届く範囲ごとにパイプを付け替えたり敷き直したりしながら全農地を灌漑しないといけないため、労働の手間がかかる（写真9）。水使用料は先述の通り、使用量に応じて課金されており、農家の規模によってはそれが経済的負担となっている。一方で収量については、水を豊かに与えていた頃と比べてむしろ増加傾向にある。

また、2000年以降になって登場した新しい灌漑方式としては、difusorが挙げられる（写真10）。これはmicro aspersãoの吐水器具に似た霧吹きのような器具を、上部のチューブからぶら下げて作物に撒水するものである。gotejoより撒水範囲が広く、micro aspersãoより水使用量が少ない、両者の中間のような灌漑方式である。

IV おわりに

以上本稿では、ブラジル北東部ペトロリーナにおける果樹農業の発展と灌漑方式の変遷について報告した。ペトロリーナでは1990年代以降、マン

ゴーヤブドウといった果樹農業が飛躍的に発展し、ブラジル有数の生産地へと成長した。それは大規模灌漑プロジェクトに伴う農地造成と灌漑設備の整備によるところが大きい。当初はaspersãoのような水浪費型の灌漑方式が主流であったが、現在ではかなりの部分が節水灌漑に移行している。生産作物を単年性の野菜類から永年性の果樹へと転換するタイミングで、灌漑方式も節水灌漑へ切り替えた農家が多いようである。この節水灌漑が普及したことによって、単位面積当たりの水使用量が削減され、それによってさらなる農地拡大も促されている。

一方で、2011年以来続く少雨によって、水源としてのソブラディーニョダム貯水量は近年激減している。2015年8月末の時点で、ソブラディーニョダムの貯水率は12%と、ダム建設以来の最低水準にまで落ち込んでおり、さらに11月には一桁台にまで下がった。節水灌漑が普及しているペトロリーナであるが、灌漑用水の取水制限が行われているところもある。また、ソブラディーニョダムにはCHESF（Companhia Hidro Elétrica do São Francisco：サンフランシスコ川水力発電公社）によって建設された水力発電所があるが、渇水による電力不足と電気料金の高騰が懸念されている。灌漑用水の送水用ポンプにも電気が使われていることから、電気料金の値上げは、水使用料の値上げにもつながり、農家の経済的負担は増



写真9 aspersãoのパイプを付け替える作業
(2015年9月山下撮影)



写真10 difusorによる灌漑
(2015年9月山下撮影)

すことになる。さらに、ダムや河川の水位低下は、既存の取水口からの導水を困難にする。ソブラデーニョ湖沿岸に設けられたプロジェクト・ニーロコエーリョ／マリアテレザの取水口では、水位低下対策として湖の沖合に新しい導水ポンプを設置する計画があるが、政府に建設予算がなく、農家に対する受益者負担を巡るトラブルも発生し

ている。

かつて「第二のカリフォルニア」と称されたサンフランシスコ川中流域の大規模灌漑農業は現在、大きな転換期の渦中にあるといえる。ペトロリーナでは節水灌漑が普及しているとはいえ、現状の果樹農業が将来的に維持できるかどうかについては、今後も注視していく必要がある。

現地調査においては、ペトロリーナ在住のOswald Fukuo Yamaguchi氏には、通訳として常にわれわれに同行し聞き取り調査や資料収集にご協力いただいた。IF Sertão PernambucoのDr. Marcelo Eduardo Alves Olindaには、調査先の手配などにご尽力いただいた。研究プロジェクトの共同研究者である、三重大学の宮岡邦任先生と横浜国立大学の吉田圭一郎先生、そして立教大学の丸山浩明先生からは、常日頃から本研究を進める上でのさまざまな助言をいただいている。その他、現地でお世話になった多くの人たちも含め、これらの方々はこの場を借りて御礼申し上げる。

本研究は、科学研究費補助金基盤研究B（海外学術研究）「ブラジル・セルトンの急激なバイオ燃料原料の生産増加と水文環境からみた旱魃耐性評価」（課題番号：26300006、研究代表者：宮岡邦任）、および科学研究費補助金基盤研究B（海外学術研究）「ブラジル・アマゾンにおける低投入持続型農業の環境調和性と内発的発展戦略」（課題番号：23401039、研究代表者：丸山浩明）の成果の一部である。

【文 献】

- 斎藤 功・松本栄次・矢ヶ崎典隆編著（1999）：『ノルデステーブラジル北東部の風土と土地利用－』大明堂。
斎藤 功・矢ヶ崎典隆・丸山浩明（1991）：ブラジル北東部サンフランシスコ川中流域における灌漑農業の発展と企業的農場。人文地理学研究, 15, 269-300。
西沢利栄（2005）：サンフランシスコ川の開発計画。ブラジル日本商工会議所編『現代ブラジル事典』新評論, 18-19。
松本栄次（2012）：『写真は語る南アメリカ・ブラジル・アマゾンの魅力』二宮書店。
丸山浩明（2000）：『砂漠化と貧困の人間性－ブラジル奥地の文化生態－』古今書院。

英文タイトル

Development of Fruit Farming and Transition of Irrigation System in Petrolina, Northeast Brazil

YAMASHITA Akio and HATA Tsukasa