

農学国際特論 I レポート

～コロンビアにおける研究～

農学国際専攻 修士 1年

学籍番号 39-156244

山室 美恵

研究テーマ

「コロンビア稲作における節水型灌漑が窒素動態に及ぼす影響」

プロジェクト名

「遺伝的改良と先端フィールド管理技術の活用によるラテンアメリカ型省資源稲作の開発と定着」

背景

コロンビアにおいて、コメはコーヒー、トウモロコシに次いで広く栽培されている主要作物である。コロンビアのコメ生産量は254万トン(籾付)に上り、ラテンアメリカではブラジル、ペルーに次ぐ主要な生産国の一つになっている。

コロンビアにおける稲作では等高線型の田越灌漑が採用されてきたが、いわゆる掛け流し灌漑であるため、水分利用効率が低い。近年、乾季作の要望が高くなっている一方でエルニーニョ現象の影響による水不足が問題となっていることから、限られた水資源を効率的に利用するニーズが高くなっており、節水型灌漑技術の開発が求められている。

さらに、水稻作の生産コストは近不適切な水・施肥管理が原因となり、米国と比べて約20%高いと推定される。今後、米国との間で交わされた自由貿易協定のスケジュールに従って安価なコメの輸入量が増加すれば、コロンビアの稲作農家に大きな影響が出ることが予想されている。

こうした状況下で、稲作の競争力を強化するために、水資源・施肥成分の利用効率を高める省資源型稲作技術の開発が求められており、本プロジェクトが行われている。

コロンビアでは稲作研究は主にコロンビア稲生産者連合会(FEDEARROZ)とコロンビアに拠点を置く国際熱帯農業センター(CIAT)が、研究成果の普及はFEDEARROZとラテンアメリカ水稻基金(FLAR)が担っており、CIATを含めたこれらの機関が本件実施の中心となる。

私の研究では、窒素利用効率を高めるための基礎研究として、コロンビア農家を調査地とし、節水型灌漑条件下における窒素動態を明らかにすることを目的としている。

滞在国

コロンビア

滞在予定期間

2015年10月13日~2016年9月30日

調査内容

コロンビア農家を対象に、節水型灌漑条件下における窒素収支（アンモニア揮散、窒素溶脱量、窒素流出、植物体による吸収量）を明らかにする。

受け入れ機関

国際熱帯農業センター（international center for tropical agriculture: CIAT）

受け入れ研究者

石谷学博士

《コロンビアについて》

基礎データ

コロンビア共和国、通称コロンビアは、南アメリカ北西部に位置する共和制国家である。東にベネズエラ、南東にブラジル、南にペルー、南西にエクアドル、北西にパナマと国境を接しており、北はカリブ海、西は太平洋に面している。

ブラジル、メキシコに続き、コロンビアはラテンアメリカ第3位の人口を誇り、コーヒー、エメラルド、バラなどの輸出品とともに、世界中のコカインの80%を生産する産地としても有名である。



図 1.コロンビア国旗



図 2.ラテンアメリカ

首都：ボゴタ

面積：1,139,000 km²(日本の約3倍)

人口：約4,450万人

言語：スペイン語

人種：メスティソ(先住民とスペイン人の混血)58%、白人20%、ムラート(白人と黒人の混血)14%、黒人4%、サンボ(黒人とインディヘナの混血)3%、インディヘナ1%。

コロンビアは南米の中でも最も混血の割合が高い国である。

宗教：カトリックが95%。かつてカトリックが国教であった名残で、宗教の自由が認められている今でも国民のほとんどがカトリックを信仰している。

通貨：コロンビア・ペソ。略号\$。

時差：日本より14時間遅れ。

気候：標高約2600mの首都、ボゴタは年間平均気温が14℃と、やや冷涼な気候。カリ、カタルヘナなどの海岸沿いでは年中シャツ1枚でも問題ない。

一般に、3か月ごとに雨期(3~5月、9~11月)と乾期(6~8月、12~2月)がくると言われているが、近年あまり明確でなくなっている。

主要産業：農業(コーヒー、バナナ、さとうきび、じゃがいも、コメ、熱帯果実等)、鉱業(石油、石炭、金、エメラルド等)

一人当たりGNI：7,020ドル(2012年世銀)

経済成長率：4.9%(2013年コロンビア中央銀行)

失業率：9.6%(2013年コロンビア国家統計庁)

総貿易額：輸出588.22億ドル、輸入593.81億ドル(2013年コロンビア国家統計庁)

主要貿易相手国：

輸出 米国、EU、ベネズエラ、エクアドル、ペルー、メキシコ

輸入 米国、中国、メキシコ、ブラジル、ドイツ、日本

主要貿易品目：

輸出 石油、コーヒー、石炭、フェロニッケル、バナナ、エメラルド、切り花

輸入 化学品、自動車・同部品、機械、通信機器、食品

治安：コロンビアには、コロンビア革命軍(FARC、約8000人)及び国民解放軍(ELN、約1800人)等の非合法武装勢力が存在し、政治目的のテロや資金調達のための誘拐等を行っている。その活動資金は麻薬取引を通して調達されており、治安に対する脅威が依然として存在している。現在のサントス政権は治安対策を強化しており、現在では都市部での殺人、テロ、誘拐の発生件数が大幅に減少している。

コロンビアというとかなり治安が悪いイメージがあったが、エリアを選べば夜でも一人歩きができる。町の中が地区ごとに1~6の社会階層が決められており、階層が低いエリアに行くと、町の雰囲気ガラリと変わり、ゴミ拾いをして生活をする人の姿が多く見られるようになる。こうした地域では、夜の一人歩きはもちろん、昼間でも荷物を

持って歩くことが危険になる。

私のこれまで2か月の滞在の間にも、知人が車にパソコンを置いてレストランに入ったところ、車の窓を割ってパソコンを盗まれた。一瞬の気のゆるみが命取りになるとは、まさにこのことだと感じた。

日本との関係：1908年5月25日に外交関係樹立、1954年5月28日に外交関係を再開している。

貿易面では、対日輸出はコーヒー、切り花等を主として388億円、対日輸入が鉄鋼、自動車、ゴム製品等を主として1479億円となっている。

在留邦人は1355人(2014年10月現在)、日系人約1800人となっている。一方、在日人数は22324人(2013年7月現在)となっている。

食事：主食として、トウモロコシの粉で作ったエンパナーダや、トルティーヤ、トウモロコシのパン・アレパ、また、昼食にはコメをよく食べる。

コロンビアでは昼食が最も大切であり、昼休憩を2時間たっぷりとして、スープとジュース、メインプレートのボリューム満点のセットを食べる。メインプレートにはコメ、肉(鶏肉・豚肉・牛肉なんでもあります)、煮込んだ豆、サラダがついてきて、4000ペソから10000ペソ(200~400円くらい)で食べることができる。



図3. 路上で販売されるアレパ



図4. 一般的な食堂で食べられる昼食
ライス、鶏肉、豆、スープ、ジュースがついて
7000ペソ(約250円)

コロンビアの農業概要

① 農業人口：4,565万人(世界銀行、2009年)

経済的な理由や農村地域でのゲリラの猛威から逃れるために農民の都市部への移動が始まり、農村人口は減少の一途をたどっていた。近年治安回復による農村地域への回帰が始まっている。

② 農地：340万ヘクタール(全土の面積1億1400万ヘクタールの3%)

うち、早生作物41%、永年性作物59%

早生作物の中ではコメの土地利用比率が最も高く 32.3%、以下、トウモロコシ 27.3%、キャッサバ 10.0%となっている。

永年性作物の場合には、コーヒー 29.8%、調理用バナナ 15.6%、アブラヤシ 15.4%、サトウキビ 9.6%となっている。

コロンビア全土のうち、耕作可能な土地は 1000 万ヘクタールと推定されているが、現在の内として利用されている土地は 340 万ヘクタールに留まっている。

開拓可能な農業適地はいまだ多いが、インフラ整備が開拓の進展に追いついておらず、また土壌が酸性であるため、石灰による土壌改良が必要である。

農業適地の中には、違法なコカ栽培を行っている土地が含まれている。コロンビア政府による麻薬撲滅活動により、コカ栽培は減少傾向にある。

国際熱帯農業センター CIAT ~Centro Internacional de Agricultura Tropical~

国際農業研究協議グループ(CGIAR)傘下にある国際研究機関のひとつ。1967年に設立されて以来、農業生産性と天然資源管理を改善する共同研究を通して、熱帯地域の飢餓と貧困を減らすことを使



命とした研究を行ってきた。主な業務は熱帯地域における肥沃土壌における牧草生産、農作物に悪影響を及ぼす病害虫や環境ストレスに対する抵抗性を強めるための新品種開発、土壌改良、農民への技術の効率的な普及、農村における起業支援など。熱帯牧草、キャッサバ、インゲン豆についてはアジアやアフリカを含む全世界を対象に、イネについては中南米地域を対象に研究を進めている。

本部はコロンビアバジェ・デル・カウカ県カリにある。

私は約 3 週間滞在し、主に圃場試験を行いながら、セミナーで研究内容を発表させてもらったり、遺伝子バンクの見学をさせてもらったり、サルサのクラスに参加したりと、充実した期間を過ごさせてもらった。

毎朝 CIAT 専用のバスを使って通勤していた。カリ市内から 1 時間ほどかかるため、毎朝 6 時半ごろのバスに乗り、7 時半頃には CIAT へ到着、7 時半~8 時ごろに始業、12 時~14 時まで休憩を取り、16 時半に CIAT 発のバスで帰途につく、というのが通常の流れである。帰りが遅くなる場合は 18 時半、22 時にもバスがあるので、残業も可能であった。CIAT の周りには他にお店などもなく農地が広がっているため、昼食は CIAT 内にある食堂でとるか、お弁当を持ってきて食べていた。

研究機関では自分たちの研究費からフィールドワーカーの給料を支払うことになる。日本での実験では、技術職員の人たちが無償で手伝ってくれていたり、試薬も願います

るだけで手に入っていたりと、予算についてあまり考えずにいたが、今回 CIAT へ訪問したことで、一つ実験をするにも多くの予算と人の協力が必要となることを知り、研究計画をよく練り、意味ある実験をしなければならないと感じた。

ジムやプール、テニスコートなどスポーツをする施設が備わっていたり、お昼にはサルサやヨガのクラスが開かれたりと、頭と体の双方をよく使っていてとても健康的な研究生生活を送っていた。



図 5. CIAT 実験圃場

節水型灌漑実験用の rainout シェルター



図 6. CIAT 実験室

FEDEARROZ～コロンビアイネ生産者連合会～

日本でいう農業協同組合の、イネに特化した団体で、イネの研究（品種改良や栽培技術の研究）、農家への技術指導、肥料の販売、コメの卸しなどを行っている。



首都のボゴタに本部を構え、支部が国内各地に 20 か所ある。

私はトリマ県イバゲ市にある事務所に拠点を置き活動させてもらっている。

FEDEARROZ イバゲは全スタッフ 30 名程度の小さな事務所で、一つの大きな家族の様にみなとても仲良く仕事をしている。コロンビアでは大学を卒業する要件の一つとして半年ほどのインターンが必要であり、FEDEARROZ イバゲでも 3 名の学生がインターンをしている。施設内に実験圃場はなく、温室でのポット試験と農家での圃場試験、また農家への技術指導などを主に行っている。

仕事中にも大音量で音楽を聴いたり、話していたりと、さすがラテンの国！というおおらかな感じがあるが、言われたことはきちんと時間内に終わらせるので、こうした国で現地の方を雇って研究や仕事をする場合は、マネージメントの仕方（仕事の割り振り、お願いの仕方）が大変重要になってくると感じた。いつも笑顔であいさつし、楽しんで仕事をしているところは日本が見習わなくてはならないところだと感じた。

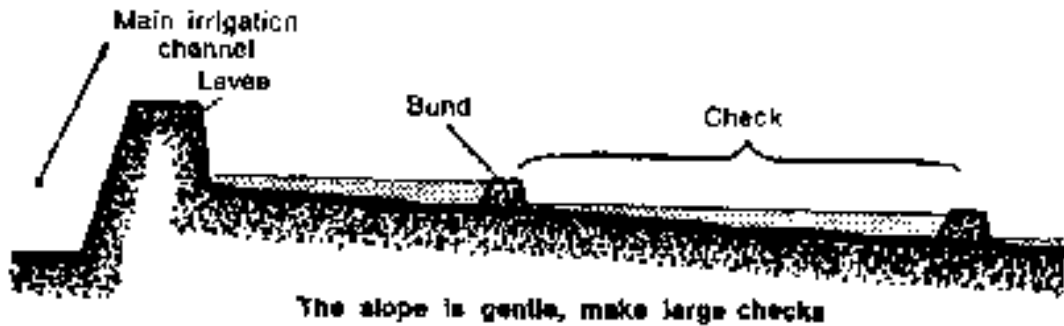
これまでのスケジュール概要

10月13日	コロンビア入国
10月14日	Fedearroz Ibague、農家訪問
10月15日~25日	Pre-experiment 準備
10月26日~11月9日	Pre-experiment
11月10日~16日	イバゲにおける pre-experiment データ処理、 CIAT における pre-experiment 準備
11月17日	カリへ移動
11月18日	CIAT 訪問
11月19日~23日	セミナー準備
11月24日	セミナーにて研究内容のプレゼン、 CIAT における pre-experiment 準備
11月25日~27日	Pre-experiment 準備
11月28日~12月4日	Pre-experiment
12月5、6日	休日
12月7日	イバゲへ移動 岡田教授イバゲ滞在
12月8日	農家訪問

《実験について》

背景~コロンビアの稲作~

コロンビアでは、アメリカの様に、広大な農地に大型機械を導入した大規模稲作を行っている。そのため、機械を用いた直播が行われている。大規模であるうえ、山がちな地形であるため、農地全体を平らに整地することは難しく、等高線型の田越灌漑が主に採用されている(図)。等高線型田越灌漑では、等高線に沿って高さ12cm程度のバンドを作成し、ある程度水がたまる様にしている。しかし、かけ流し灌漑であるため、水利



用効率は非常に低く、米国などとの比較ではもちろん、開発途上国の平均、東南アジア主要稲作国の平均よりも低い。



図 7. バンドをつくっている様子



図 8. 上空から圃場を見た図
曲がりくねった線が等高線に沿って
作られたバンド



図 9. 田越灌漑の様子



図 10. 各農家が持つ貯水池

肥料の利用効率についても等高線型灌漑では低くなる。ひとつには施肥した肥料が灌漑水の流れに沿って下部へと流れ、そのまま環境中へ流出されてしまうためである。さらに、等高線型灌漑では農地の上部と下部では灌漑水が届くまでに大きなタイムラグが生まれるが、施肥後灌漑水が届かず地表に肥料がある状態では、アンモニア揮散が起こ

りやすい。このため、肥料の利用効率が低くなる。

こうしたことから、コロンビア稲作では水と肥料の利用効率を高める努力が必要である。

イバゲでの予備実験について

試験地：コロンビア、トリマ県イバゲ市 稲作農家3軒

期間：2015年10月26日~2015年11月9日

目的：①持ち込んだ機材が作動することの確認、②コロンビア農家におけるアンモニア揮散と窒素溶脱の測定例はないため、どれほどの値を示すか調査すること。

内容：施肥前と後のアンモニア揮散量、窒素溶脱量、土壌水分含量、土壌 pH のモニタリング。

準備：FEDEARROZ イバゲにはビーカーなどの実験器具が無く、さらには日本の様に頼めばすぐに届くという環境ではないので、実験器具に代わるものの買い出しからスタートした。ホームセンターは日本のホームセンターと比較しても遜色なく品ぞろえ豊富で、ここで最低限必要なものを調達した。

プロット：2m×2mのプロットを計6つ作成し、うち3つを農家の慣行施肥量（窒素について）、残り3つを50%慣行施肥量とした。施肥は10月27日、一度目のサンプリングののちに手作業で行った。



図 11. プロットを作っている様子

アンモニア揮散：アンモニア揮散の測定は「vented chamber method」を用いて行った。Vented chamber method は図 12 の様に PVC チューブにグリセロールリン酸を吸収させたスポンジをセットし、このスポンジで土壌から揮散したアンモニアを吸着するという方法である。一つの PVC チューブに対しスポンジは 2 枚セットし、下部のスポンジは土壌から揮散したアンモニアを吸着するため、上部は大気中からのコンタミネーションを防ぐために用いる。各プロットの中央の一つずつこの道具をセットした。

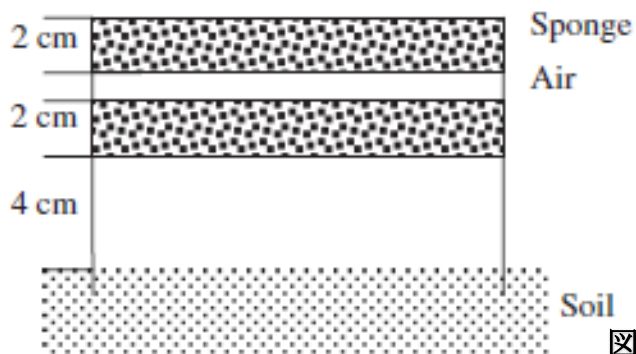


図 12. Vented chamber 断面図



図 13. Vented chamber 側面図



図 14. Vented chamber 鳥瞰図

スポンジは施肥後 1 週間毎日、その後は 2, 3 日ごとに回収（同時に新しいスポンジをセット）し、ジップロック入れたのちクーラーボックスに入れ、密閉冷蔵した状態で FEDEARROZ イバゲまで持ちかえった。KCL 溶液を用いてスポンジからアンモニウムイオンを抽出して、アンモニア電極を用いてアンモニウムイオン量を測定した。



図 15. アンモニア電極

窒素溶脱: ミズツール(大起理化工業株式会社、日本) を用いて地下 60 cm部の土壤溶液を採取し、この濃度を測定することで、窒素溶脱量の指標とした。オーガを用いて地下 60 cmまで垂直に穴を掘り、ここに 60 cm用のミズツールを挿入した。図 15のように、下部は多孔質素焼管になっており、土壤溶液が浸透してくる。この土壤溶液を、シリンジを用いて吸引することで地上部まで伸びたチューブを通じて土壤溶液を採取することができる。

サンプリングした土壤溶液は FEDEARROZ イバゲまで冷蔵状態で持ち帰り、コンパクト硝酸イオンメーター(堀場、日本)、アンモニウムイオン電極(堀場、日本)を用いて、硝酸態イオン、アンモニウムイオンそれぞれを測定した。



図 16. ミズツールとシリンジ



図 17. コンパクト硝酸イオンメーター

土壤 pH: 土壤 pH はアンモニア揮散量に影響するため、実験のはじめと中間、終わりに土壤をサンプリングし、土壤 pH を測定した。アンモニア揮散を測定する各 PVC チューブの周り 3 点の表層土を採取した。土壤を混ぜたのち 20g を測り、水 50ml を加えてよく混ぜたのち静置し、土壤が沈殿したのちに上澄み液の pH をコンパクト pH メーター(堀場、日本)で測った。

土壤水分含量: 土壤水分含量はアンモニア揮散量に影響するため、アンモニア揮散のサンプリングの際に土壤水分含量を合わせて測定した。地下 12 cm用の TDR を用いて、各 PVC チューブの周囲 3 点を測定した。

成果: コロンビアにて一連の実験の流れを問題なく行うことができた。窒素溶脱について、コロンビアの土壤はとても粘土質で硬いか、あるいは岩が豊富に含まれているので穴を掘ってミズツールを設置することができない可能性があったが、設置可能であることがわかった。また、実験にかかる時間を把握できたので、これを考慮して本試験時の処理区や反復の数を再度考える。

アンモニア揮散量が日本と比べて高い値を示した。コロンビアは土壤 pH が高く、気温も高いため、アンモニア揮散量が高い値を示すことが予想されていたが、植物体が植わっていない不完全な環境であるが、数値として証明することができた。

2m×2m の小さなプロットでは、100%施肥区と 50%施肥区で施肥した窒素が混ざり、結果に処理の差が表れない可能性が考えられたが、今回実験のアンモニア揮散量の結果

では、窒素処理の違いにより明らかな差が表れた。



図 18. 農家圃場にて
イバゲでの試験でメインの活動し
ている Lorena さん(中央)、部下の
Felix (右)、Diego(左)

CIAT での予備実験について

試験地：コロンビアバジェ・デル・カウカ県カリ、CIAT 内実験圃場

期間：2015 年 11 月 27 日~2015 年 12 月 4 日

目的：①CIAT の環境条件下での窒素ロス量の測定、②水処理の差による窒素ロス量の比較

内容：湛水区、節水型灌漑区、陸田区における施肥前と後のアンモニア揮散量、窒素溶脱量、土壌水分含量、土壌 pH のモニタリング。

処理区：湛水区、節水型灌漑区 (AWD)、陸田区

プロット：図 19 の様にプロットを作成した。

各測定：イバゲでの予備試験と同じ。

成果：CIAT ではアンモニア揮散量はイバゲでの試験に比べ小さな値を示した。

今後、要因の分析をする。

水処理の違いによってアンモニア揮散量に差が表れた。

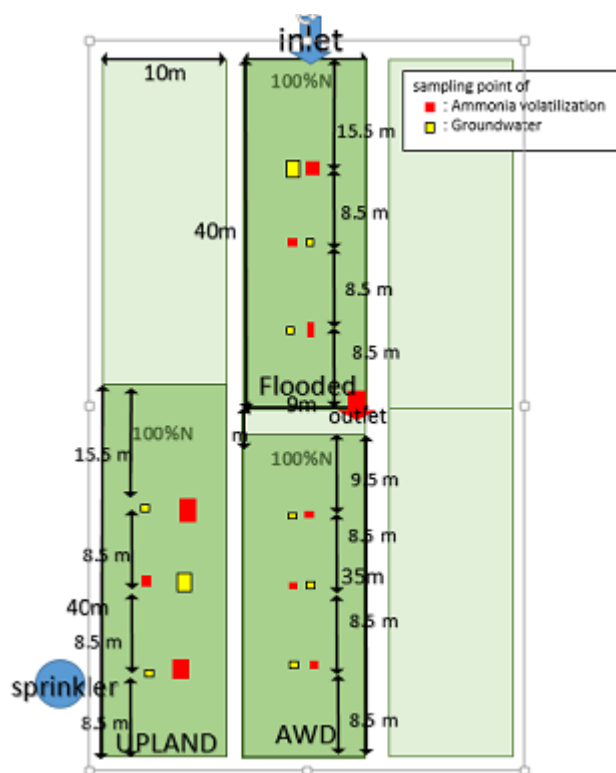


図 19. CIAT 実験プロット図

今後のスケジュール概要

12月中	これまでのデータの分析、
1月	本試験準備
2~5月	本試験
6~9月	データ分析、論文執筆、 農家訪問(FEDEARROZ でインターン)など南米農業全般を知る活動