

【CIジャパン仮訳】

21世紀のコーヒー： 気候変動と需要増加によるあらたな森林 破壊の脅威

Timothy J Killeen, PhD

Grady Harper

April 14, 2016

謝辞

コンサベーション・インターナショナルは、本調査実施へご支援をいただいたウォルマート財団に感謝の意を表します。

執筆者より

研究で使用した地図データにおいてご協力をいただいたクリスチャン・バン、ピーター・ラデラック氏、オリビア・オバレ氏に感謝致します。データに関しては、「A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee (Climatic Change 129, 1=2 (2015): 89=101)」という彼らの論文において詳細に述べられています。同様に、世界の森林被覆に関する質の高いデータの入手においてマット・ハンセン氏らに恩義を受けました。詳細は「High-resolution global maps of 21st-century forest cover change (Science 342, no.6160 (2013): 850=853)」という論文に収められています。我々をふさわしい人々につないでくれたリー・ハンナ氏に感謝します。そして、最後に地球上でどの国よりもコーヒーを消費するフィンランドの人々に敬意を表します。

目次

- 概要
- 背景
- コーヒーサプライチェーンにおいて予測される変化
 - コンポーネントA：将来の需要と供給
 - ・モデル成分と出力
 - ・アラビカ種とロブスタ種.
 - コンポーネントB：コーヒー生産の地理別気候変動の影響と森林転換によるリスク
- 考察
- まとめ
- 参考文献

概要

コンポーネントA：将来の需要と供給

将来のコーヒーサプライチェーンにおいて予測される変化は、消費（Low vs High）と収率から導き出される生産性（Low vs High）に基づいた需要および供給モデルを使用することによって評価されました。2050年の予測は、国際コーヒー機関（ICO）によって記録されている1990年から2010年の傾向に基づいています。高消費（HC）シナリオと低消費（LC）シナリオの違いは、2030年以降の大規模な人口増加に直面するサハラ砂漠以南のアフリカ諸国や、紅茶を飲む習慣のある東アジアや南アジアでコーヒー消費が増加すると仮定するかによって起こります。低生産（LY）シナリオと高生産（HY）シナリオの違いは、気温上昇や降水量の変化が2030年以後の生産性を低下させると仮定するかによって起こります。4つの基本的なモデルの組み合わせ（LCLY、LCHY、HCLY、HCHY）は、サプライチェーンがブラジルや東南アジアの生産者によるコーヒーを好むだろうとの仮定に基づいているため、従来通りのシナリオ（Business-As-Usual:BAU）として評価されています。2050年における栽培面積は、99,000km²（LCHY-BAU）から202,000km²（HCLY-BAU）の範囲内となります。最も可能性の高いシナリオ（HCHY-BAU）は、東アフリカやラテンアメリカで

生産されたコーヒーがコーヒー取引において好まれる多様調達戦略(Diversified Sourcing Strategy:DSS)が取られるもう一つのシナリオ (HCHY-DSS) と対比されました。これらの地域での低生産性によって、世界の栽培面積は160,000km² (HCHY-BAU) から210,000km² (HCHY-DSS) にまで増加すると予測されています。

コンポーネントB：コーヒー生産の地理における気候変動の影響と森林転換によるリスク

現在および将来のコーヒー生産の広がり、コーヒー生産が必要とする生物気候学的特質をもつ全地域と比較されました。コーヒー栽培における「suitability map (適地分布図)」は、WorldClimのデータベースによる19の生物気候学的特質の現状、そして2050年の気候シナリオとして最も可能性が高いとされている「RCPシナリオ」の5つの全球気候モデルによる情報 (RCP6) を用い、地理情報システム (GIS) によって構築されました。現在のコーヒー栽培地域 (~100,000km²) の広がり、現在のコーヒー農園に典型的な生物気候学的特質を持った全ての栽培適地 (590万km²) の2%以下です。HCHY-DSSシナリオ下での土地需要は、2050年までにおおよそ倍になる一方、全ての栽培適地は~50%減少すると予測されています。それにもかかわらず、栽培適地の余地は予測される栽培地域の10倍であるため、将来のコーヒー生産が制限されることはないと考えられます。しかし、適地分布図と2010年の衛星写真による森林被覆図を比較すると、コーヒー生産適地の約60%は天然森であり、2050年においてもその割合はほとんど変わらないということが分かります。世界的に見ると、ロブスタ種の栽培適地の約80%は天然森に覆われており、アラビカ種の栽培適地の約56%も森林です。地域別に見ると、アラビカ種およびロブスタ種の栽培に関連した森林破壊によるリスクは、アンデスと東南アジアにおいて最も高くなっています。その一方で、栽培が拡大する可能性のあるブラジルと東アフリカでは、リスクが最も低いと予測されています。

背景

コーヒーは5大陸70か国以上で生産されています。主に栽培されている種は2つ：アラビカ種 (*Coffea arabica*) とロブスタ種 (*Coffea canephora*) であり、それぞれ広範な生態学および栽培の条件に適応する形で、多くの亜種や品種を持ちます。アラビカ種が世界の70%の生産量を占める一方、ロブスタ種はおおよそ30%を占めています。伝統的には、アラビカ種は高地の日陰で栽培される「シェードコーヒー」、ロブスタ種は低地の日向で栽培される「サンコーヒー」として栽培されてきました。しかしながら、例外的にアラビカ種が高地の日向や低地の日陰で栽培されることや、ロブスタ種の亜種が高地の日向で栽培されることもあります。全体的には、生産性最大化のために日陰を排除する生産戦略をとる傾向が見ら

れます。主要な気候生態学的条件は以下のようにまとめることができます：

- アラビカ種の最適気温は15°C~24°C、降水量は年間1500mm~2000mm、標高は1000~2000m（海拔）。
- ロブスタ種は年平均気温22°C~26°C、多雨（年間、~2000mm）、標高は0~800m（海拔）。

この環境適応性はコーヒーノキ属の生物学的多様性によるもので、将来気候変動が起こった際にもコーヒー生産ができることを表しています。このような適応性の高さにもかかわらず、現在用いられている両種の品種は特定の環境条件にたどり着いて適応しているため、世界的なコーヒーのサプライチェーンは混乱に陥ると考えられます。適応は4つの大きな流れをたどるでしょう：

1. 環境の変化へのストレスを軽減するため栽培方法を変える。高温ストレスには日陰を変化させ、降水量変化には灌漑で対応する。
2. 高温と乾燥（あるいは多湿）した気候でも育つような品種を作るため、コーヒーの品種改良をする
3. 害虫や植物病原菌による環境的ストレスを抑えるため、総合的に病害虫管理を行う
4. 現在の生産域とよく似た環境条件を持つ地域に生産を移す

コーヒーの取引は2段階の過程を踏みます。いくつかの生産国は昔からコーヒー焙煎をしてきていますが、およそ90%の未焙煎（生）の豆は熱帯地域からヨーロッパやアメリカへ輸出され、そこでブレンド、焙煎され、焙煎豆もしくは挽いたコーヒーとして再び取引されます。総量の10%はソリュブル（インスタント）コーヒーとして売られます。

消費段階における焙煎コーヒー市場は香りと味によって、スペシャルティコーヒー（SC）とマス・マーケット（MM）の2つのカテゴリーに分類されます。その質における違いは、土壌や気候、そして標高など、原産地の生態学的条件によるものです。最良のコーヒーは緯度に合わせた最適な標高の日陰で育てられたアラビカ種です。収穫と収穫後の加工方法も同じように重要です。水洗式のアラビカ種はとて高品質ですが、乾燥式の加工技術でも良質な豆を生産することができるからです。焙煎とブレンドの過程は品質保証のために非常に重要であり、一般的にはサプライチェーンの最終段階で行われます。アラビカ種はSCブ

ブレンド市場で優位を占めていますが、MMブレンドやインスタントコーヒーを作るためにはアラビカ種とロブスタ種の両方の豆が使われています。

コーヒーサプライチェーンにおける変化予測

ロブスタ種が一般的により高温な低地での栽培条件に適していることから、SCとMMコーヒーの両方においてより重要な原料になる可能性があります。同様に、日陰や灌漑の利用などの栽培方法がより温暖で乾燥した環境におけるロブスタ種の栽培を促進する可能性があります。低地で育つ作物であるため、熱帯地域であれば栽培可能な地域の地理的制約はありません。

ロブスタ種の最大の生産地はベトナムであり、ブラジル、インドネシアと続きます。ベトナムが有力となっているのは近年の傾向であり、この20年間でおよそ4倍を栽培するようになりました。生産性の高さはテクノロジーの活用と関連していますが、生産の大部分は手作業での収穫を続けている小自作農によって占められています。スマトラ島の低地を中心としたインドネシアでの生産も、ロブスタ種の栽培において重要な地です。ブラジルでは、ロブスタ種は北部と Rondônia 州の小自作農園で栽培されています。

栽培適地が冷涼な山地に限られているアラビカ種の供給は、将来的に制約を受ける可能性があります。標高が高くなればなるほど栽培可能な土地は減少するため、高地への移動は限られた選択となります。さらに、分水嶺の保護を通じて生態系サービスを提供する残された山林の伐採を許すことに対する一部の社会の抵抗によって、土地的な制約はより大きくなるでしょう。

アラビカ種の農園の移動を抑える力は、市場で増加したエスプレッソやその他の高級なコーヒー製品の需要によって打ち消されることになるでしょう。特に伝統的に紅茶を消費する中国やインドのような国々の新興市場において多くの消費者が優れた風味を持つSCブランドやその名称を知るようになることで、その需要は拡大していくと予想されています。そのため、気候の温暖化によって引き起こされる高地への移動に加えて、需要拡大がさらなる森林破壊の脅威となる可能性があります。

中米やアンデスの多く地域でのアラビカ種生産者が直面する困難にも関わらず、ブラジルはこの20年で生産方法を変化させてきました。大規模生産者はコーヒー豆の収穫と加工におけるコストの大幅削減を実現した機械による収穫技術を開発する一方、日向栽培に適した

品種を開発することで生産性を著しく向上させてきました。コロンビアの生産者も同じように日向でアラビカ種を栽培してきました。

この分析では、21世紀のコーヒーサプライチェーンがたどりうる様々なシナリオを予測するためにいくつかのモデルを使用します。セクションAでは、人口や消費の変動がどのようにコーヒーの需要に影響を与えるのかを評価し、サプライチェーンの地理的分布によって異なるシナリオを比較します。2つ目のセクションでは、コーヒー生産地における地球温暖化の影響を評価し、需要に見合うために利用可能な栽培適地が十分にあるかを検討します。最後に、現在と将来のコーヒー生産地を天然林被覆と比較し、コーヒー生産の拡大もしくは移動によって引き起こされる森林保全のリスクを検討します。

コンポーネントA：将来におけるコーヒーの需要と供給

コーヒーサプライチェーンにおける需要と供給の伸びを予測するために、以下のような方法論が考案されました。これらは、将来の消費（High vs Low）と収率から導き出される将来の生産（High vs Low）によって決定されます。4つのシナリオは、2×2の分割表によって体系づけることができます。

モデル	低消費 (LC)	高消費 (HC)
低生産 (LY)	LCLY	HCHY
高生産 (HY)	LCHY	HCHY

人々の選択や経済成長によって左右する消費、そして生態学や科学技術、気候変動の影響に左右される生産性を予測することは困難であるため、これら4つは全てBAUシナリオになりえます。さらに、4つの将来のシナリオにおいて評価されている商品の原産地の変化は含まれていないため、BAUとしてみなすことができます。基本的には、4つのBAUモデルは予想されるサプライチェーンの広がりを客観的に可視化させたものということになります。

このモデル化は、基本的に以下の手順で行われます：

1. 主要な経済的および文化的地域を分類し、世界規模での消費と生産の歴史的傾向を調査する。
2. 各地域ごとの低消費（LC）と高消費（HC）シナリオにおいて、1人当たりの消費量を予測する因子を当てはめる。
3. 世界および各地域における消費量に、将来の人口増加による影響を組み込む。
4. 歴史的な傾向や消費モデルによる需要予測に基づいて将来の生産を予測する。
5. 低生産（LY）と高生産（HY）のシステムにおける将来の供給を予測する因子からモデルの構成要素を開発する。
6. コーヒーが調達される地域によって異なる地理的なシナリオにおける土地利用を予測する。

データ出典：

各国の生産および取引に関するデータは国際コーヒー機関（ICO）¹から入手し、（1）生産（2）輸出（3）再輸出、そして（4）輸入だけでなく、（5）非加盟国輸出、そして（6）非加盟国輸入に関して、単位を60ポンド袋からメートルトンに換算しました。消費に関するデータは次の公式に基づいて計算されました：

$$\text{消費} = (\text{生産量} + \text{輸入量}) - (\text{輸出} + \text{再輸出})$$

生産性に関するこれまでのデータは、FAOSTAT²に報告されてた（もしくは推定された）「収穫面積」に基づいています。この収穫面積は生産量において類似しているようでわずかに異なる値を示します。したがって、国別の生産性は次の公式に基づいて計算されています：

$$\text{生産性} = \{ (\text{FAOSTAT平均収率}) + (\text{ICO生産量} / \text{FAOSTAT面積}) \} / 2$$

各地域の平均した生産性の値は、総栽培面積によって割った生産量の合計に基づいています。FAOSTATの値が用いられたのは、ICOデータベースには載っていない推定栽培地域が

¹ 国際コーヒー機関（ICO）；http://www.ico.org/trade_statistics.asp

² FAOSTA；<http://faostat3.fao.org/home/E>

含まれているからです。2種のデータ出典の違いは、異なる生産量を同じ栽培面積で割った値を用いて平均の生産性を計算することで調整されています。

時間的尺度：

平均収穫量は5年ごとに計算され、1995年（1990年-1994年）、2000年（1995年-1999年）、2005年（2000年-2004年）、2010年（2005年-2009年）そして2015年（2010年-2014年）として報告されています。2050年まで、各国10年ごとに予測が算出されました。

分類：

過去のデータと将来予測は主要な地域ごとにまとめられ、分析で用いられた地域ごとに整理し直されました：

消費	生産
● EU	● ブラジル+
● 北米	● 東南アジア
● ラテンアメリカ	● 中米
● 東アジア	● アンデス
● 中東および北アフリカ	● 東アフリカ
● 東ヨーロッパ	● 南アジア
● 東南アジア	● 中央アフリカ
● サハラ砂漠以南のアフリカ諸国	● 西アフリカ
● 南アジア	● カリブ海諸国
● オセアニア	● オセアニア
● 中央アジア	

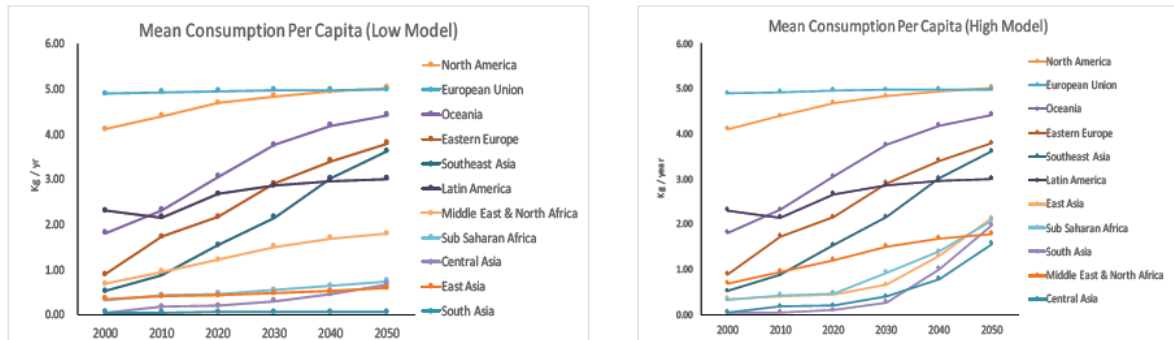
註：パラグアイとギニアはブラジルに、インドネシアは東南アジアに、メキシコは中米に含まれる。

モデル成分と出力

1人当たりの年間消費量は各国のこれまでの傾向に基づいており、将来の消費量の成長はその地域がコーヒー生産をしているか、そしてその地域において歴史的にコーヒーと紅茶のどちらを好む傾向にあるかという因子に左右されます。これらの因子は、先進的な経済においては一人当たりの消費がすでに最高レベルに近いと予測される一方、新興および発展途上の

経済においてはコーヒー消費が大きく伸びるようにウェイトがかけられています（下記参照）。

一人当たりの消費量



低消費モデル（LC）の成分は、以下の規定に沿ってここ数年の消費から将来を予測します：

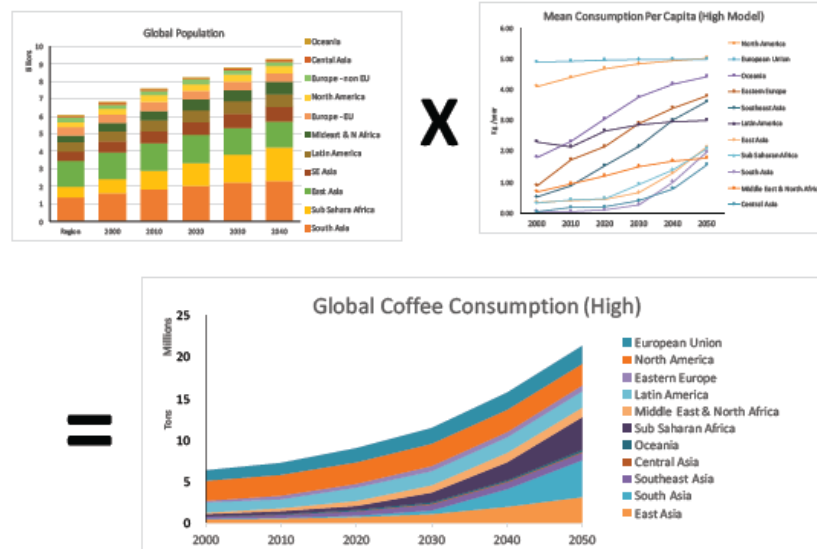
- ・一人当たりの消費量 > 4kg/年ならば、成長率は10年ごとに50%減少する
- ・一人当たりの消費量 < 4、しかし > 2kg/年ならば、成長率はこの20年から50%減少する
- ・一人当たりの消費量 < 2、しかし > 1kg/年ならば、成長率はこの10年から50%減少する
- ・一人当たりの消費量 < 1kg/年ならば、成長率はこの数十年の変化しない

高消費モデル（HC）の成分は、同じ規定に沿って近年の消費から将来を予測しますが、以下の場合を除きます：

- ・一人当たりの消費量 < 1kg/年ならば、成長率は倍増する

基本的にHCシナリオでは紅茶好む国々やサハラ砂漠以南のアフリカ諸国においてコーヒー消費がかなり増えると推定している一方、LCシナリオではそれらの国が紅茶を好む習慣を変えることはないとは推定しています。

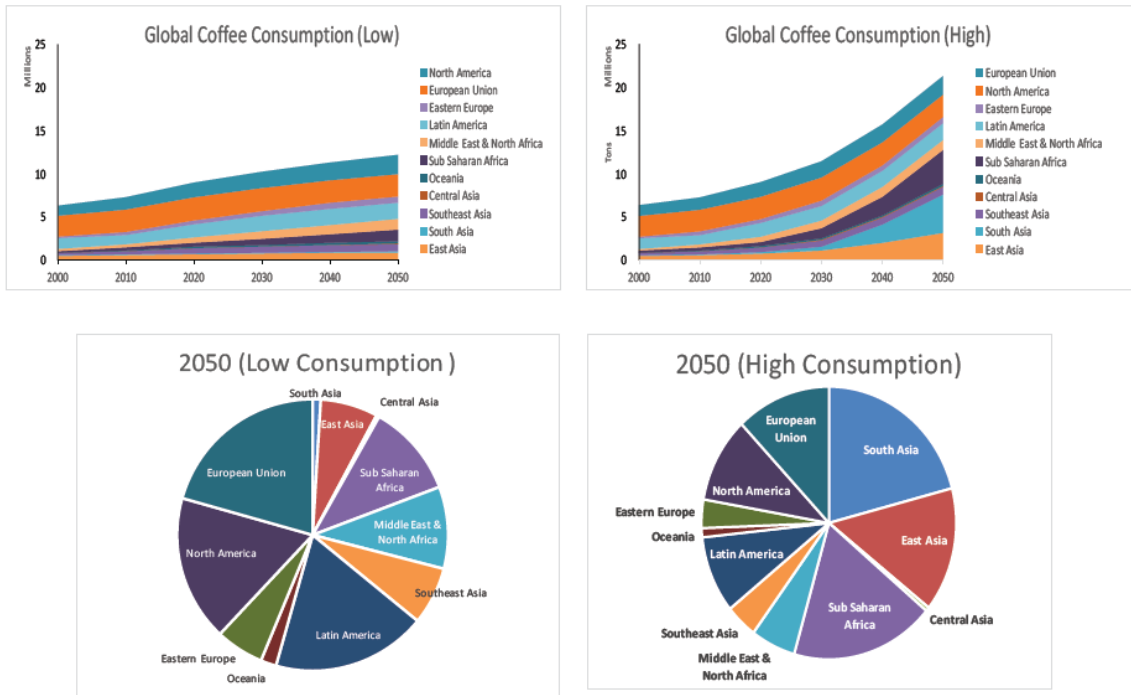
世界のコーヒー消費量は、一人当たりの消費量に、地域ごとに分類された2010年から2050年の予測人口を掛けることによって算出されています。高消費（HC）の場合を例として下図に示しています：



EUおよび北米での消費量は安定していると予想されていますが、特に2030年以降については東アジアや東南アジア、サハラ砂漠以南のアフリカ諸国における需要拡大によって、HCシナリオ下では、世界の中での消費量の割合はかなり減少しています。コーヒー需要は、LCシナリオで50%、HCシナリオで163%の増加が見込まれています。LCとHCモデルの差は、2050年には年間1000万トン（1200万トンに対して2100万トン）にもなります。これに対して、2015年の消費量は810万トンであると見込まれています。

予測された需要は、サハラ砂漠以南のアフリカ諸国での人口増加と、南アジアでの消費増加がより顕著になってくる2030年以降に大きくなります。過去10年間の中国とインドにおいては、コーヒー消費量に2桁以上の増加率が見られているため、HCシナリオはより現実に近いシナリオとなっています。

LCおよびHCシナリオ下での世界のコーヒー消費



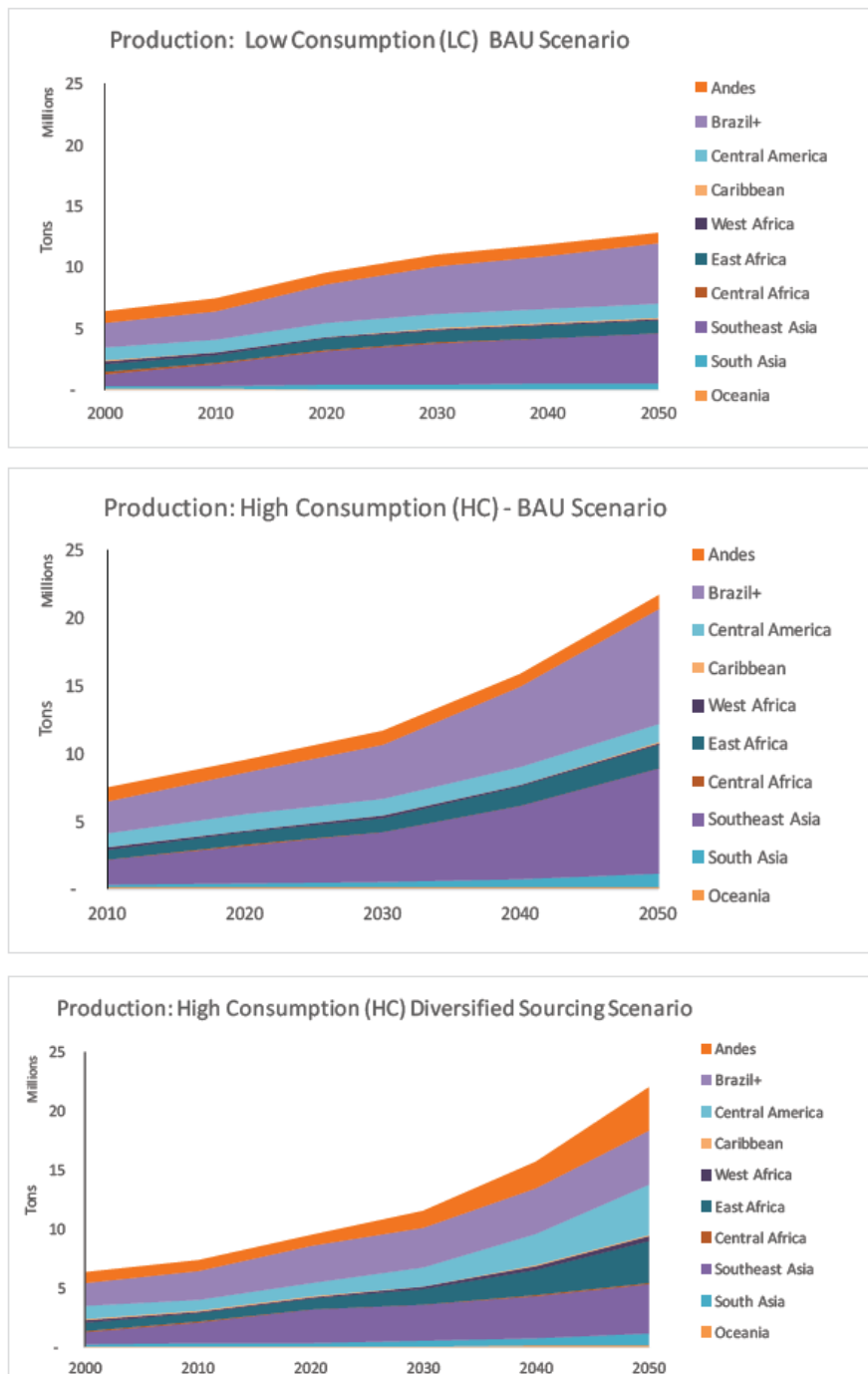
世界のコーヒー生産量予測は、生産量と合わせた年間需要予測モデルを作るために消費曲線から導き出されました（次ページ参照）。これは過去20年間に見られた傾向に基づいて各地域に割り当てられています。このように現在の市場シェアが将来も続くことを予測しているため、LCおよびHCの生産シナリオをBAUシナリオとしています。これらのモデルとなるシナリオは、主要なコーヒー供給源をブラジル（世界市場シェアの32%）と東南アジア（世界市場シェアの27%）であると仮定しています。

1990年以来、世界の3%以下から17%以上にまで増加してきたベトナムにおける生産量は、世界のサプライチェーンを大きく変えました。一部の分析者は、これ以上生産を拡大させる可能性に疑問を持ち、HCシナリオの下で市場シェアを保つことはできないのではないかと考えています。しかし、他の東南アジア諸国、特にロブスタ種とアラビカ種両方の発達したコーヒー生産地域を持つインドネシアが、ベトナムにおけるロブスタ種の生産モデルを模することは可能です。

それに対し、調達源多様性シナリオ（下段参照）は、他の地域の伝統的なコーヒー生産者が確実に市場シェアを拡大できるような取引が行われるサプライチェーンを編成したら、どのようにサプライチェーンが発展していくかを示しています。上2つのグラフは、調達源は

同じだがコーヒー消費量が異なった場合を示している一方、下2つのグラフは、世界的な生産量は同様でありながら多様な地域に生産が分配された場合を示しています。

3つの異なった生産シナリオの比較



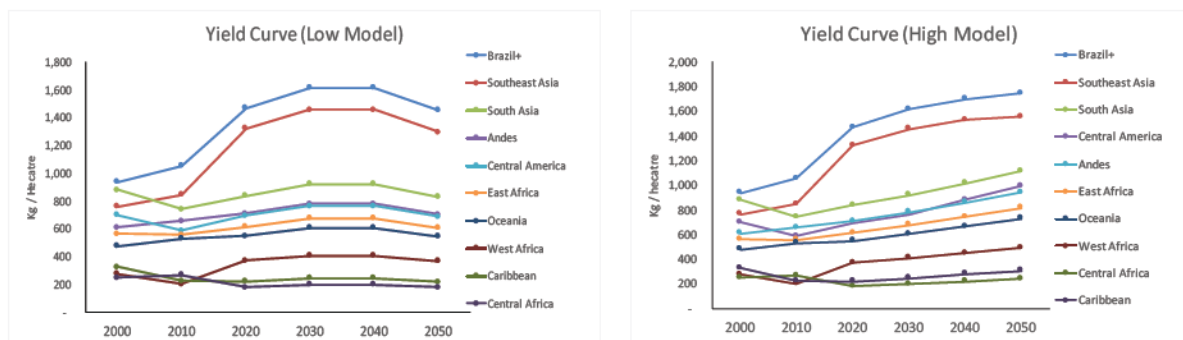
生産性曲線は、記録されている過去20年間の年平均生産性量の増加の傾向に基づいています。これらは主要な生産地ごとにまとめられており、コーヒーの総生産量と総栽培面積に基づいています。

高生産（HY）モデルは、気候変動によって引き起こされる可能性のあるいかなる影響にも関わらず、農学者と育種家が今まで同様に生産性を増加させ続けることができると想定しています。ブラジル+と東南アジアにおける2010年-2020年の増加率は2%とされました（1990年-2015年の増加率は4-6%であった）。しかし、生産者らがロブスタ種（ベトナム）とアラビカ種（ブラジル）両種において予想される最高の生産性に近づいているという想定に基づき、生産性の増加率は両地域とも今後10年ごとに50%ずつ減少するとしています。その他すべての地域は、2020年-2050年の生産性の年間増加率は1%であるとされましたが、現在のブラジルやベトナムのコーヒー農家のような生産性を達成できると予測されている国や地域はありません。

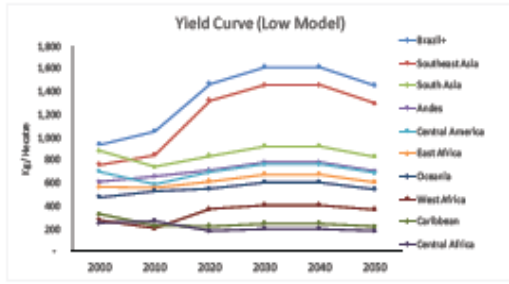
低生産（LY）モデルは、同じ過去のデータに基づいており、2030年までは同様の生産増加が見込めるとしていますが、2030年以降は気候

変動が収量に悪影響を及ぼし、2040年までに生産の増加は停滞し、2040年-2050年には年間1%ずつ減少していくと想定しています（下図参照）。

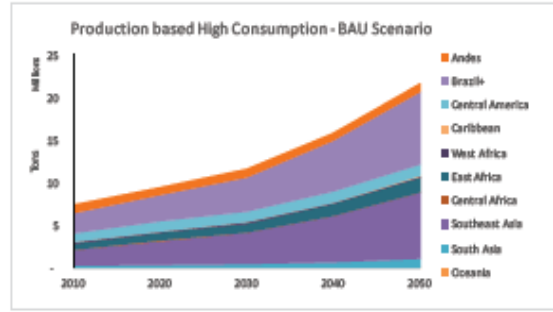
コーヒーの生産性曲線



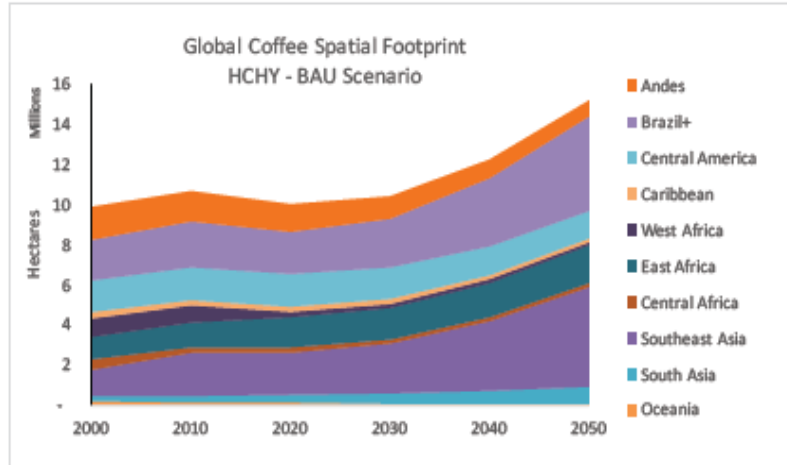
栽培面積は、生産量曲線と生産性曲線を掛け合わせることで算出しています。下記の低生産（LY）と高消費（HC）モデルに示されているように、両曲線とも2010年から2015年まで地域ごとに分類されています：



X

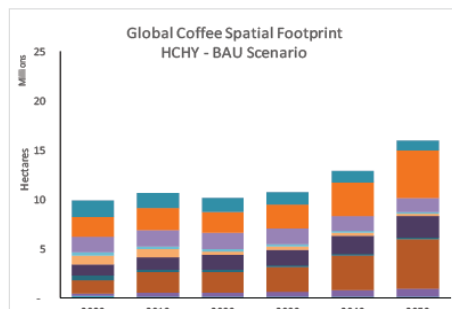
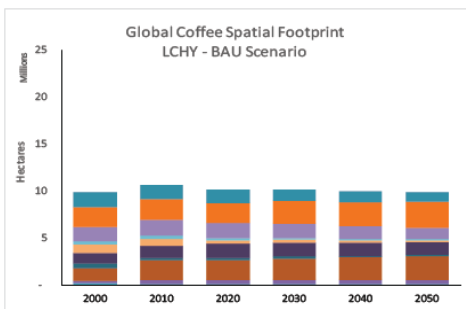
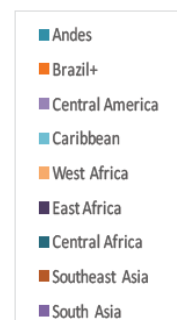
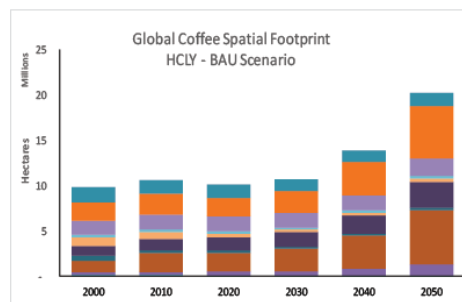
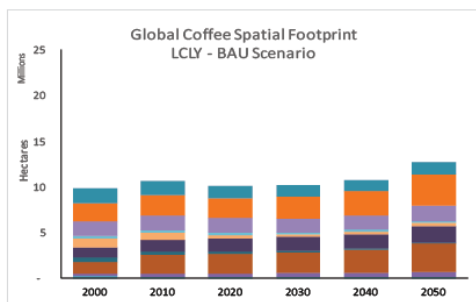


=



このように2つの消費モデル（LCとHC）は、4つのBAUモデルを作るために2つの生産モデル（LYとHY）と組み合わせられています。そこでは、将来のサプライチェーンが近年の供給傾向を継承すると想定しています。

コーヒーのBAUシナリオの栽培面積

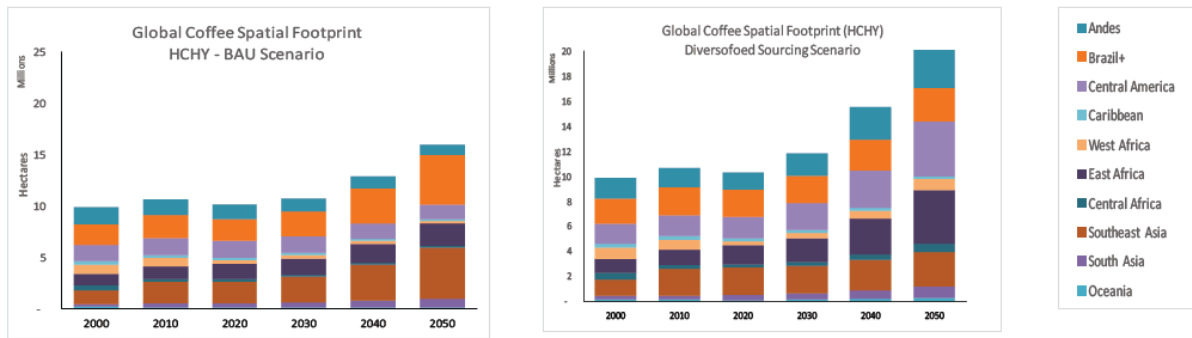


LCLY-BAUシナリオではコーヒー部門が栽培面積をより必要とする一方、LCHY-BAUシナリオでは同程度の栽培面積が維持されることになるでしょう。HCLY-BAUおよびHCHY-BAUシナリオでは、コーヒー農園の大規模な拡大が求められます。どちらの場合においても、2020年から2030年の間、毎年6万5000ヘクタールずつの生産増加が必要となるでしょう。現在コスタリカでは、15万ヘクタールの農園でコーヒーが生産されていることと比較してみると良いでしょう。消費予測が劇的に増加する2030年以後、2つの生産モデルの違いは、栽培面積の違いにも大きく影響します：・HCLY-BAUモデルは2035年までに年間およそ210,000ヘクタールずつ、2050年までには年間600,000ヘクタール近くの栽培面積を必要とするでしょう。

・HCHY-BAUモデルは2035年までに年間およそ210,000ヘクタールずつ、2050年までには年間310,000ヘクタール近くの栽培面積を必要とするでしょう。

HCHY-BAUシナリオの下での将来需要に見合うためには、ブラジルは2050年までにコーヒー栽培面積をおよそ200万ヘクタールから500万ヘクタールにまで倍増させなければなりません。同様に、ベトナムとインドネシアもHCHY-BAUシナリオのもとではコーヒー農園を2倍、HCLY-BAUシナリオのもとでは4倍にしなければならなくなるでしょう。DSSに基づいたシナリオのもとでは、コーヒー栽培の面積は大きく異なります。なぜなら、コーヒーを扱う企業がこの20年間で最も素晴らしい生産性の向上を達成した2つの地域を集中的に供給源とするよりも、主要なコーヒー栽培地域すべてからコーヒーを調達する事を選択すると想定しているからです（次ページ参照）。

HCHY-BAUとHCHY-DSSシナリオの比較

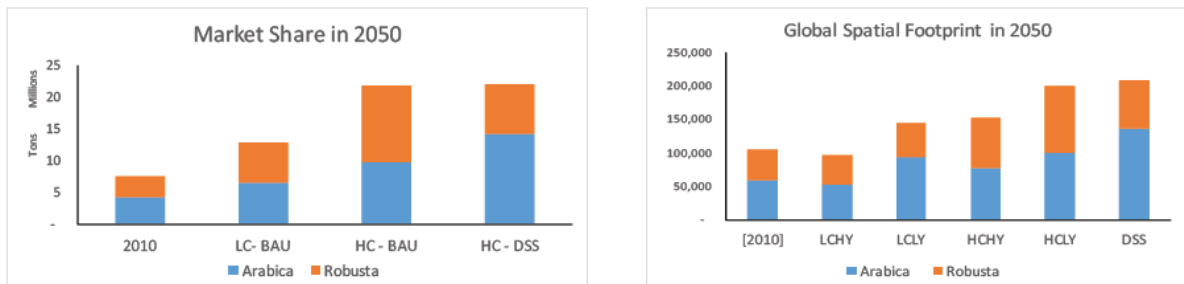


コーヒーを生産する総栽培面積は、HCHY-DSSのシナリオではHCHY-BAUのシナリオと比べて5%ほど広がる一方、HCHY-BAUシナリオではおよそ36%広がることとなります。地理的な多様性を持ったサプライチェーンは、世界のサプライチェーンの耐久力を高め、また、ブラジルと東南アジアにおける気候の混乱から消費者を守ります。さらに重要なことに、地理的な多様性は他の生産地域の何百何千もの小さな農家へ確実にコーヒーによる社会的及び経済的利益をもたらすのです。

アラビカ種とロブスタ種

アラビカ種とロブスタ種の相対的比率は、特にベトナムにおけるロブスタ種生産の拡大によるロブスタ種の総生産量の増加によって過去20年間で大きく変化しました。BAUシナリオの下では、ロブスタ種の市場でのシェアが多少増加するものの、このコーヒー2品種は20年以降ほとんど同じ割合を維持することになります。その主な理由は、東南アジアにおけるロブスタ種の将来的な生産増加が、ブラジルにおけるアラビカ種の将来的な生産増加に匹敵するからです。とは言え、ブラジルもロブスタ種を生産しているため、ロブスタ種全体の市場シェアは拡大し続けます。しかしながら、DSSシナリオの下ではこのようではありません。このシナリオでは、伝統的なコーヒー生産国であるアンデス、中米、そして東アフリカに生産が分散されるので、アラビカ種が市場で占める割合は大きくなります。これらの地域の生産性は小さくなると想定されているので、同様に世界的なアラビカ種の栽培面積も増加し、これまでの傾向を変えることになるというわけです。

ロブスタ種とアラビカ種



コンポーネントB：コーヒー生産の地理における気候変動の影響と森林転換によるリスク

アラビカ種のコーヒー栽培が、熱帯における低温の山地に限られていることはよく知られています。それと比較してロブスタ種はより高温に対する耐性がありますが、アラビカ種と同様に生育できる気温には上限があり、湿潤熱帯地域の中で最も温暖な地域では生育が制限されてしまいます。また、長期の乾季にはあまり適応することができません³。そのため、両種とも気候変動の影響を受けます。植物育種家がより温暖で不安定な気候に適合した新種を開発することができないとの想定のもとでは、コーヒー栽培は最適な気候条件を持つ地域に移動することになります。その場合、当分析で用いられたモデリングフレームワークは、現在の生物気候学的条件下でのコーヒー栽培適地が、今後数十年のコーヒー栽培適地に類似すると推測しています。現在農園で育てられている種の気候条件の特徴はブンら（2015）⁴によって特定され、WorldClimデータセットによる19の生物気候学的変数に基づいています⁵。その研究では、これらの媒介変数が現状下でのアラビカ種とロブスタ種の栽培における熱帯地域の相対的な適合性の分布を測るために使われました。その後、2050年のRCP6による5つの全球気候モデルからなる同じ生物気候学的媒介変数に基づいて、同じ生物気候学的属性が今後の潜在的な栽培適地を特定するために使われました（次ページ参照）⁶。

³DaMatta, Fábio M., and José D. Cochicho Ramalho. "Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review." *Brazilian Journal of Plant Physiology* 18.1 (2006): 55-81.

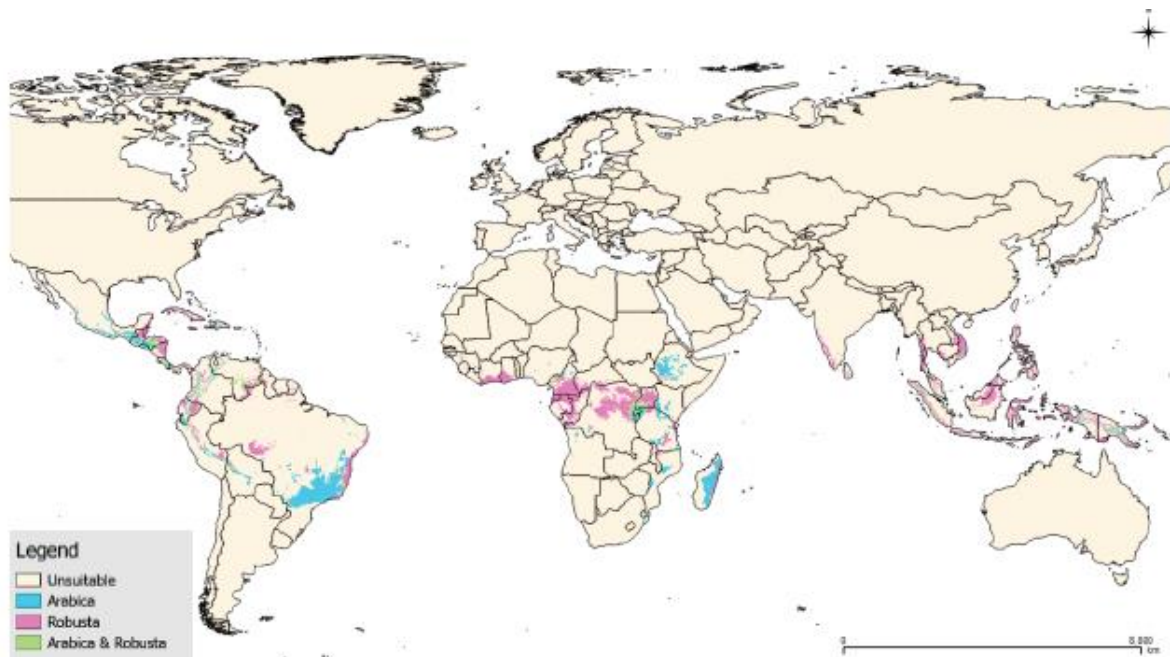
⁴Bunn, C., P. Läderach, O. Ovalle, and D. Kirschke. 2014. "A bitter cup: Climate Change profile of global Arabica and Robusta production." In *Proceedings of the 25th International Conference on Coffee Science*. 25th International Conference on Coffee Science. Armenia, Colombia. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10584H014H1306Hx>

⁵Hijmans, R. J., S. Cameron, J. Parra, P. Jones, A. Jarvis, and K. Richardson. "WorldClim." University of California, Berkeley (2008). (<http://www.worldclim.org/>)

⁶*GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROCESM-CHEM, and NorESM1-M*, from Stocker, Thomas, Qin Dahe, Gian-Kasper Plattner, Melinda Tignor, and Pauline Midgley. "IPCC expe

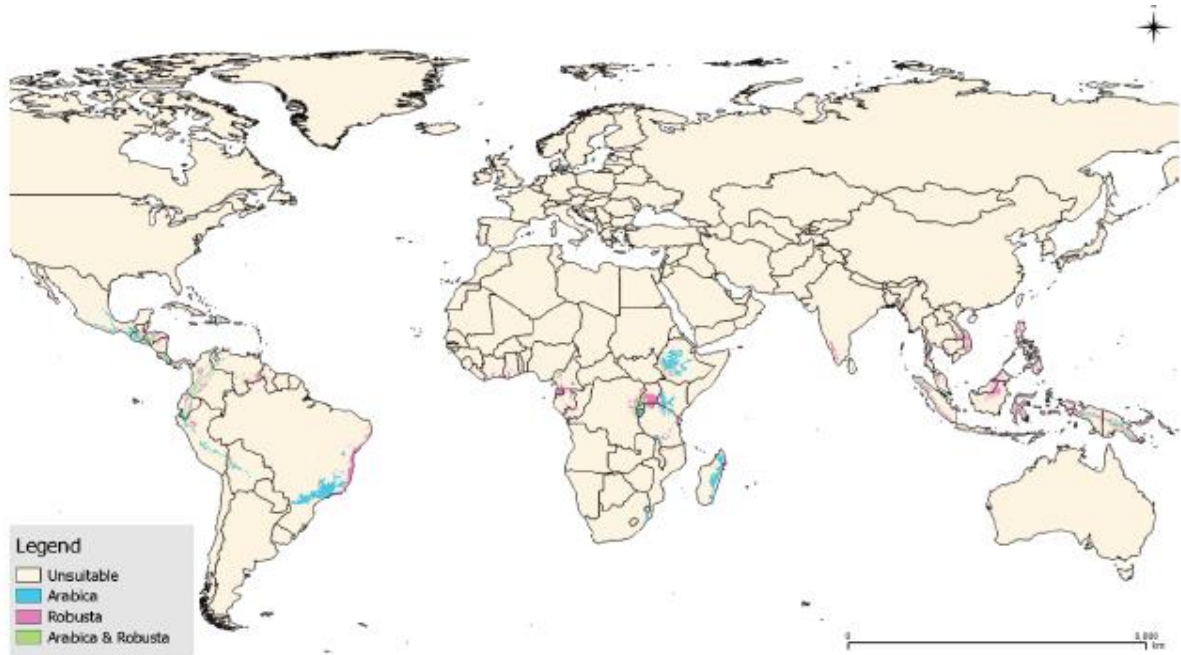
この分析では、コーヒー栽培適地のおよそ50%が減少することを予測していますが（次ページ参照）、それは、アラビカ種の潜在的な栽培適地と比較して、ロブスタ種の栽培適地を大幅に減少させるでしょう。これは想定外の結果であり、温暖化や干ばつのストレスを栽培管理によってロブスタ種の許容範囲の中にとどめることができる可能性や、植物育種家が高温耐性を高めた新しいコーヒーの栽培品種を開発する可能性を過度に抑えたモデリングフレームワークを使用したことによるアーチファクトかもしれません。

2010年における世界のコーヒー栽培適地



rt meeting on assessing and combining multi model climate projections.” Boulder, Colorado, USA (2010): 25-27.

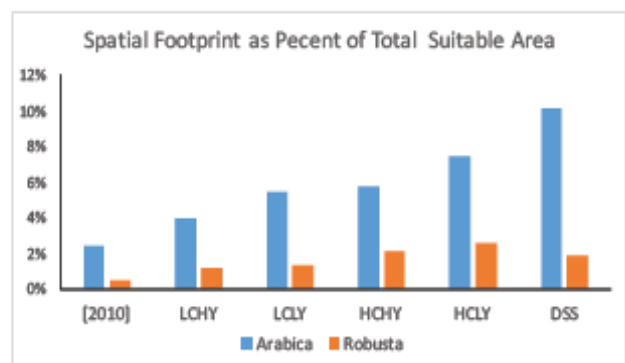
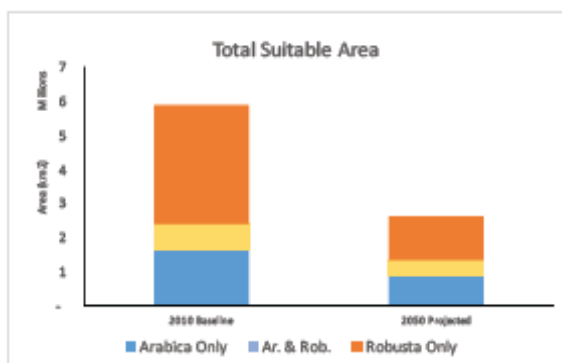
2050年における世界のコーヒー栽培適地



コーヒー栽培適地は3つの分類に分けられます。： (1) アラビカ種適地 (2) ロブスタ種適地、そして (3) アラビカ種およびロブスタ種適地 (緑色)。地域別および国別の地図は付録に載っています。

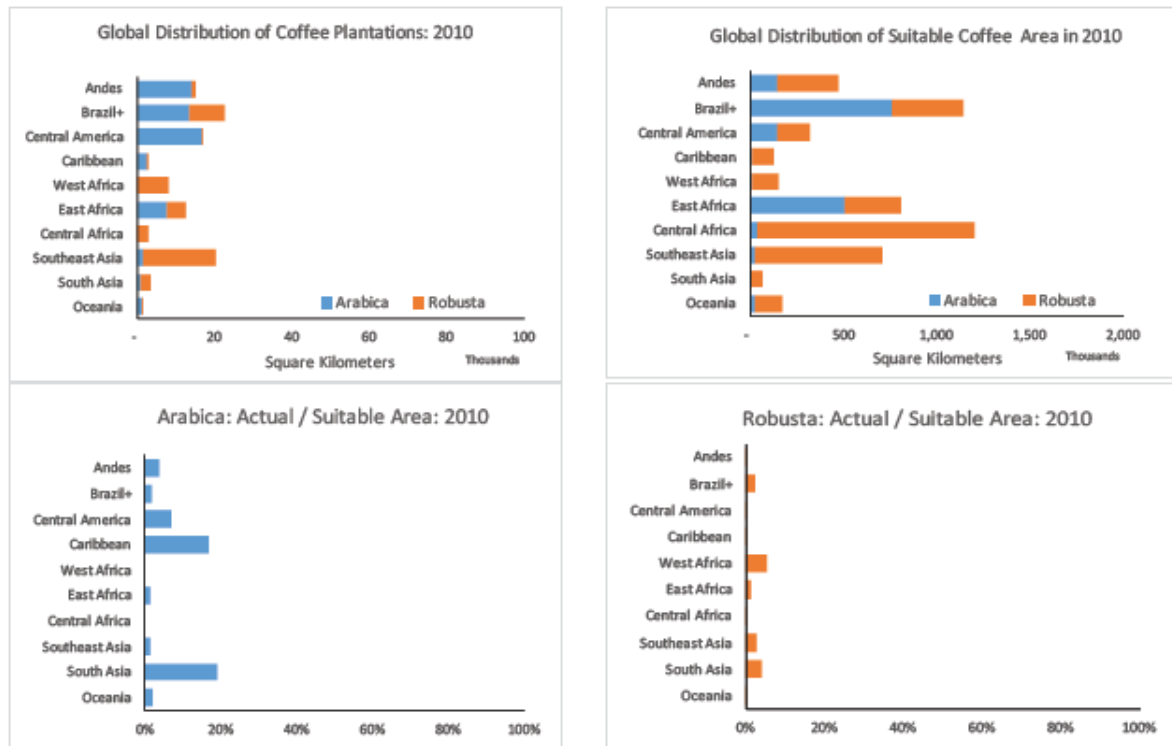
気候的な適地を大幅に失ったにも関わらず、コーヒー農園を作る、または維持するための土地の需要は、コーヒー栽培に必要な条件を満たしている全ての栽培適地のほんの一部にとどまるでしょう (次ページ、右図参照)。

ロブスタ種とアラビカ種の比較



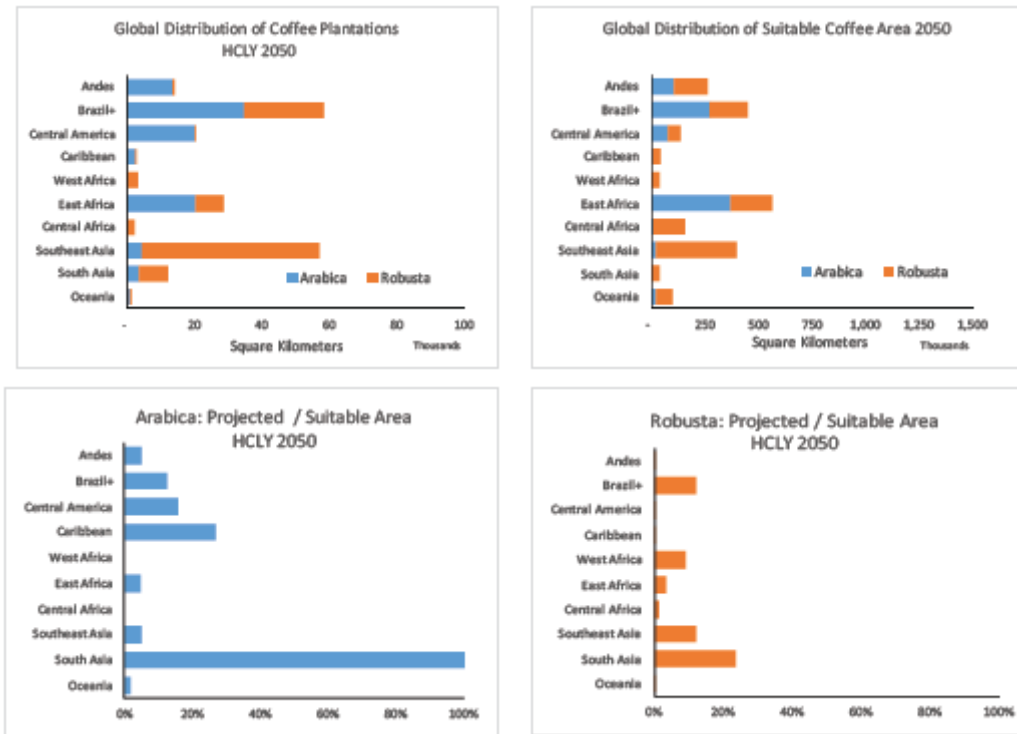
実際の需要と比較すると、潜在的な栽培適地の余剰は地域によって異なりますが、現在の生産拡大に影響を与えるような圧迫は決してありません（下図参照）。

2010年におけるコーヒー生産と栽培適地



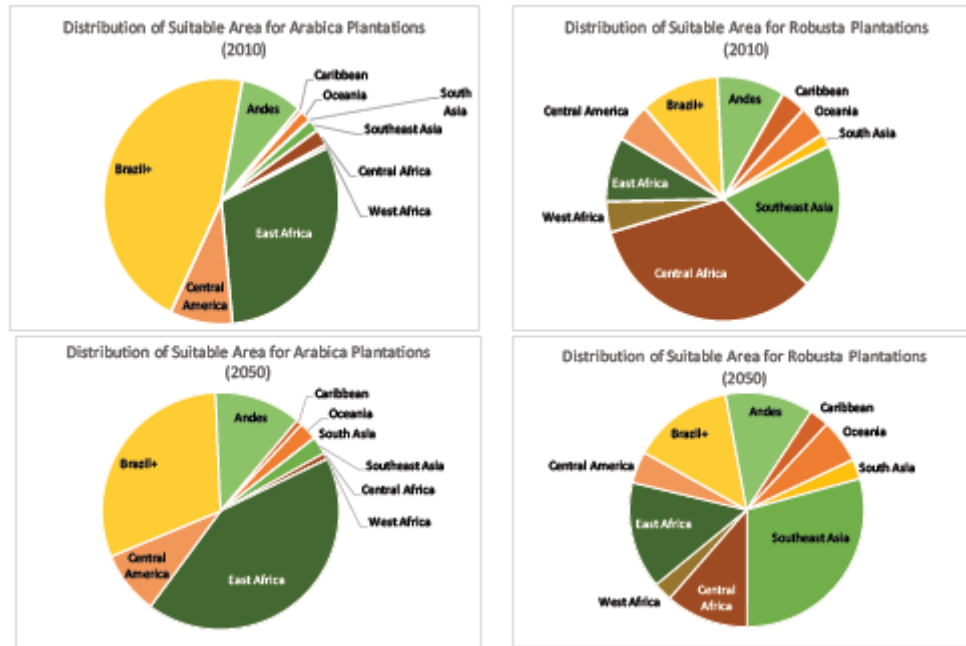
コーヒーの栽培拡大と土地需要は、将来どのシナリオが現実になるかによって変わってきますが、たとえ需要過大のシナリオ（HCLY-BAU）下であっても、気候モデルによってアラビカ種の栽培適地の不足が予測されている南アジアを除いては、栽培適地の余剰は潜在的な需要に対して余裕のある状況となります（次ページ参照）。

2050年におけるコーヒー農園と栽培適地



コーヒーの生産適地に余裕があるにもかかわらず、2050年の土地利用可能性によっては、2010年と比べて投資面での変化があるかもしれません。ブラジルは東アフリカと比べて土地を豊富に有しているわけではないものの、アラビカ種の栽培適地が比較的豊富である状態は基本的に保たれます。それに対し、潜在的な生産地である中央アフリカの土地減少によって、ロブスタ種の栽培適地の分布は大きく変わってきます。

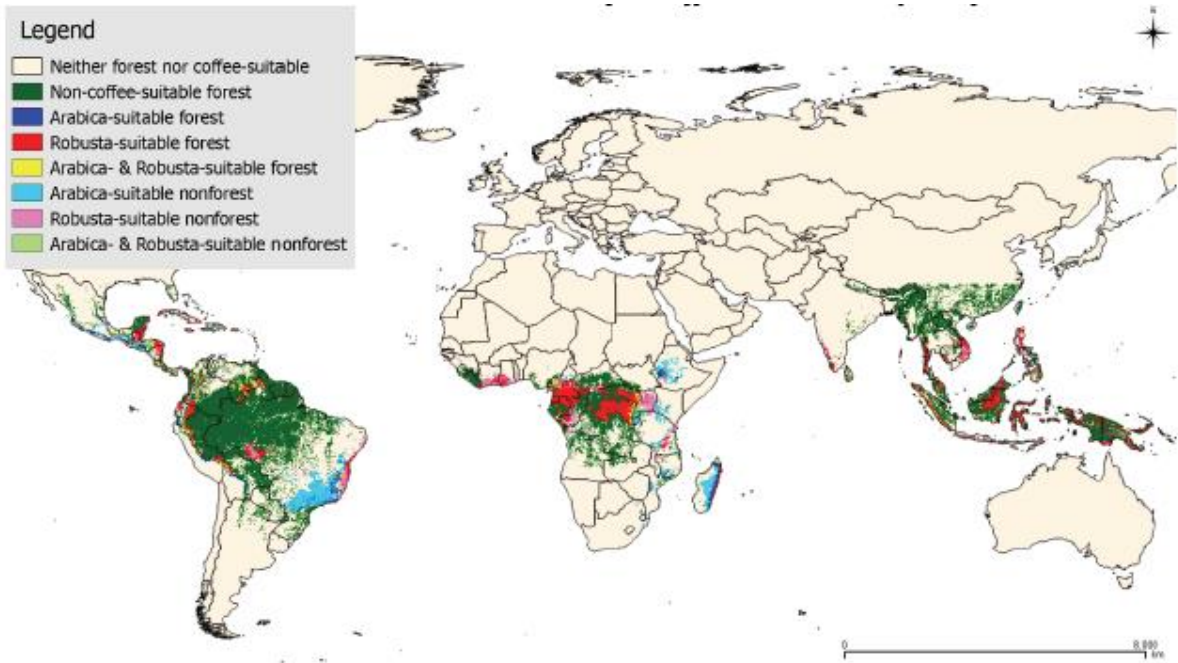
コーヒー栽培適地の世界的分布



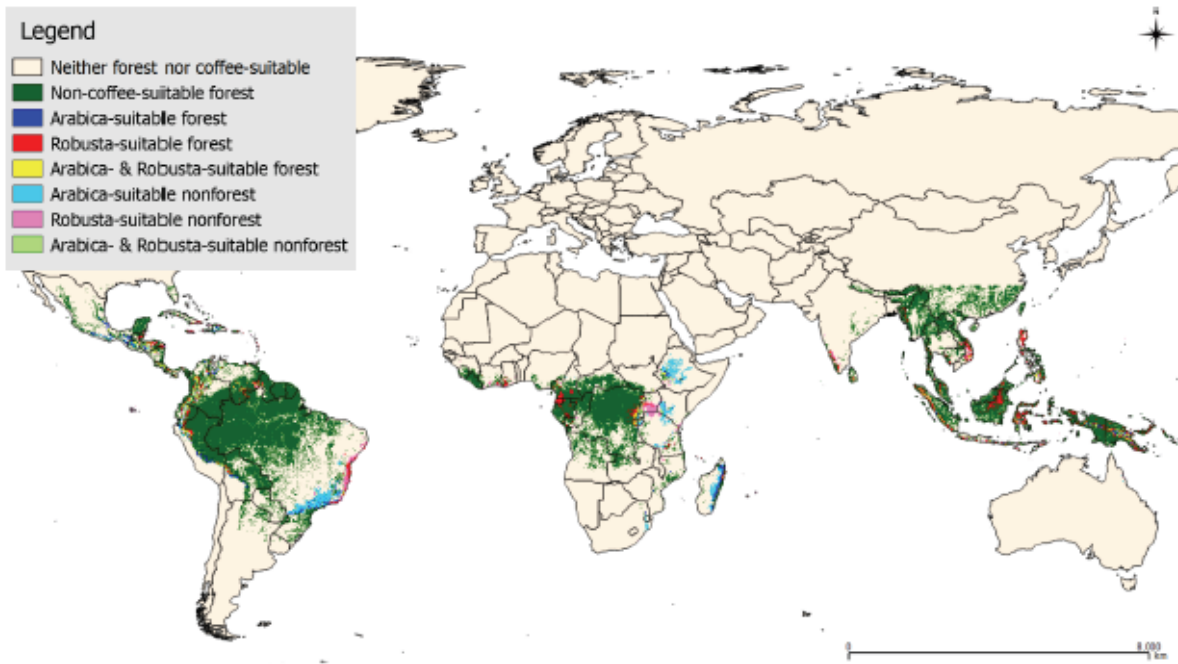
しかし、上記の比較においては、森林域における土地利用の制限によってコーヒー農園の拡大及び移動に課される制約は考慮に入れていません。現存する天然林とコーヒー栽培適地が重複する可能性は、メリーランド州立大学の2000年から2013年にかけての世界森林変動デジタルマップによる衛星画像から作られた世界の森林被覆図に、WorldClimによる適地分布図とRCP6データを重ね合わせることで評価されました⁷。

⁷ http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest/download_v1.1.html

森林とコーヒー栽培適地 (2013)

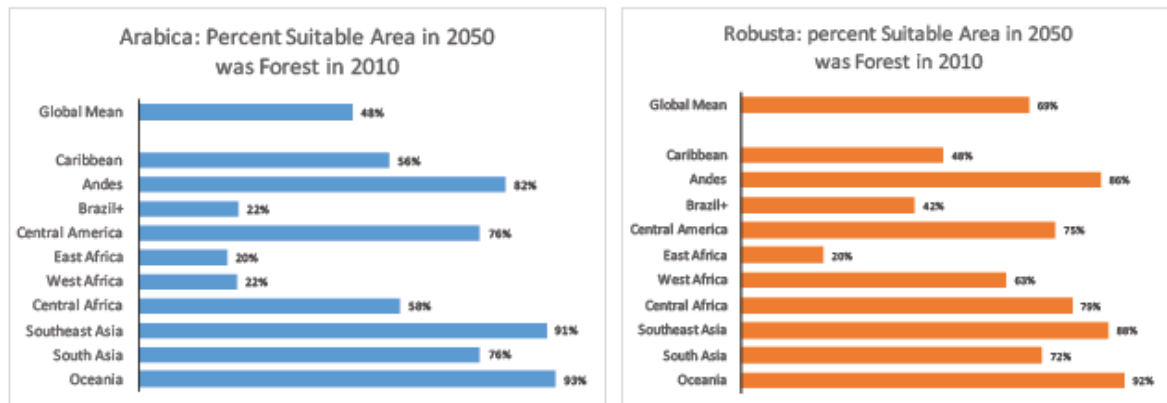


森林とコーヒー栽培適地 (2050)



コーヒー農園の拡大や移動による森林転換の脅威は、利用可能な栽培適地が現存する天然林によって覆われていた場合に増大します。地域別の森林に覆われた栽培適地の比較は、このリスクが、ある地域においてその他の地域よりも大きいことを示しています。

コーヒー栽培適地と森林の重複

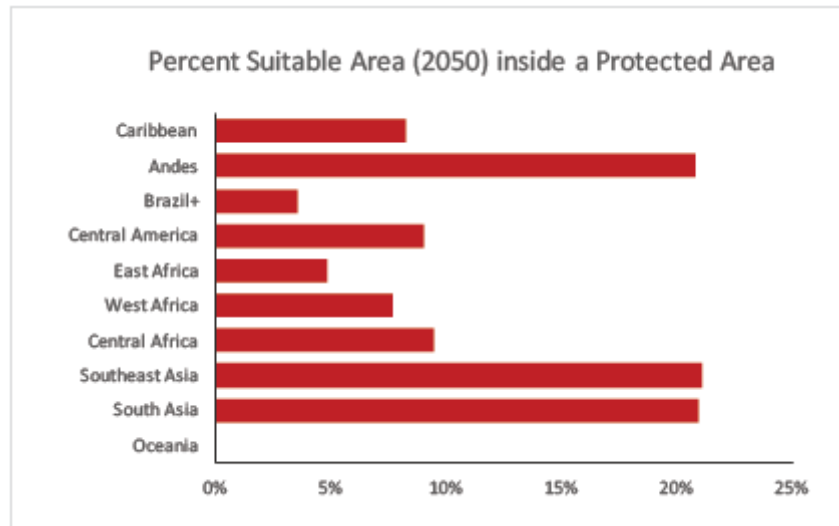


例えば、ブラジルと東アフリカは潜在的な土地利用の拡大がある地域の中では、アラビカ種最大の栽培適地でありながら森林被覆は最少となっています。その結果、これらの地域での将来的な栽培拡大は、森林破壊のリスクが最も低いということになります。それにもかかわらず、とくに天然草原に覆われた台地にアフリカ大陸の稀にみる巨大な動物相を持つ東アフリカは森林ではないものの、リスクを負う可能性があります。アラビカ種の栽培に関連した森林破壊のリスクは、少なくとも地域別にデータがまとめられた場合、アンデスや東南アジアにおいて比較的高くなっています。

同様に、アンデスと東南アジアはロブスタ種の栽培適地とされている地域の中では最も森林資源を有している一方、ブラジルと東アフリカはロブスタ種の拡大によって受けるリスクはわずかなものとなっています。

コーヒー農園の拡大および移動と、既定の保護地域の管理の対立の可能性は比較的小さく、ほとんどの場合管理可能でしょう（下図参照）。

コーヒー栽培適地と保護地域の重複



考察

特にコーヒーのような嗜好品に関しては、10年先の消費行動を予測することは困難です。コーヒーの消費量は数100年、数10年というスパンで拡大してきており、飲み物としての人気は、長い間紅茶を好んできた地域だけでなく、昔からコーヒー消費の文化があった地域でも伸び続けています。もしこれらの傾向が続けば、今世紀半ばにはコーヒー需要は2倍、あるいは3倍にもなるでしょう。これらの伸びはほとんど人口の増加によるものです。というのは、中国やインドでの控えめなコーヒー消費でさえ、世界のサプライチェーンに大きな影響を与えるからです。また、人口の大幅な増加が予測され、コーヒー消費を増加させる可能性のあるサハラ砂漠以南のアフリカ諸国も同じように大きな影響を与えます。

数値が出された2つの消費シナリオは、現在の年間7億5000万トンから、2050年には年間12億トン（LC）から21億トン（HC）という、今後20年の需要見込の幅を示しています。HCは最も起こる可能性の高いシナリオであると同時に、北米、ヨーロッパ、そしてラテンアメリカのコーヒー消費が安定しているとの想定もとのシナリオであるため、控えめな需要予測でさえあるかもしれません。ラテンアメリカがより裕福になるにつれて、そこでの消費がヨーロッパに並ぶまでに大きく伸びる可能性がある一方で、近年の清涼飲料消費の減少傾向は冷たいコーヒー飲料の成長を促すかもしれません。

コーヒー栽培の技術と文化は地域によって大きく異なります。昔ながらの日陰でのコーヒー栽培の生産性は一般的に低いですが、最適な時期に確実に手摘みで収穫されるということと、日陰栽培の品種と関連した優れた品質によって市場でのシェア獲得をし続けるかもしれません。ロブスタ種と比べてアラビカ種の生産性がもともと低いということはよく知られていますが、ブラジルの生産者らはアラビカ種がロブスタ種と似たような技術をもって栽培されたとき、その生産高がほぼ同じくらいになると示しました。

ブラジルとベトナムにおけるコーヒー農園の強化は、この20年間のコーヒーサプライチェーンを変えてきました。もしこれらの傾向が継続し、コーヒーの取引において低コストであることが求め続けられれば、ブラジルと東南アジアは世界のサプライチェーンにおいて優勢であり続けるでしょう。ベトナムの生産拡大には限界があるという懸念もありますが、東南アジアの他の地域でベトナムの生産モデルが採用されるでしょう。ブラジルとはことなり、ベトナムの生産者らの大部分は小自作農であり、彼らのコーヒー生産モデルは、長いコーヒー生産の歴史を持つインドネシアのスマトラ島の小自作農家にとって魅力的であるかもしれません。同様に、ブラジルの生産モデルがコロンビアやケニアのアラビカ種の生産者に採用される得るでしょう。

コーヒー栽培適地に余裕があるということは注目すべきことです。しかしながら、これは今後40年間のうちに大規模なコーヒー農園の移動が起こらないということを意味しているわけではありません。もし、遺伝学者がより温暖な状況に適応した新種を育種できなかったり、農園管理者が気候変動の影響を軽減する栽培方法を開発することに失敗したら、生産者らはより寒冷で多湿な土地に移動せざるを得なくなるでしょう。ひとつの農園は20年から30年間にわたってコーヒーを生産をし続けるため、気候変動の影響により生産者らは早い段階で現存の農園を手放さざるを得なくなるかもしれません。これは、現在のサプライチェーンを混乱させるか、現在のシステムを支えている長期的な経済的収益に影響を及ぼすと考えられます。

アラビカ種の場合、主に標高的な移動になるため、高地や日射の少ない南向きの傾斜に農園を移すことができるアンデスの生産者らにとっては、都合の良いことかもしれません。全ての栽培適地はおよそ230万から130万km²に当たる44%が減少しますが、5.3万km² (LCH-BAU) から13.6万km² (HCHY-DSS) の需要見込においてはまだかなりの余裕があるといえる状況です。

モデリング予測からの想定外の結果は、ロブスタ種の潜在的な栽培適地の大幅な減少でした。全ての栽培適地はおよそ420万km²から160万km²に当たる59%の減少があり、同じように需要見込からはかなりの余裕がある状況です。高温耐性があると広く考えられているロブスタ種の方が、アラビカ種と比較して気候変動による影響ははるかに大きいことを表しています。特に、最大規模の減少はロブスタ種の原産地であり、野生種や在来種など最大の遺伝的多様性をもつと考えられている中央アフリカで見られました。ロブスタ種の栽培適地の減少に見舞われた他の地域には、現在のロブスタ種の主要なコーヒー生産地であるブラジルのロンドニア州、そして主要ではないもののカリブ海沿岸があげられます（付録参照）。

このような予測になったのは、アラビカ種やロブスタ種の既知の(または想定される)耐高温性・耐乾燥性の範囲に基づくのではなく、両種が実際に栽培されている地勢から知見を得た生物化学的屬性に基づくモデリング方法論を採用した結果であるかもしれません。気温や降水量に基づいた予備段階のモデリングの成果では、予測された栽培適地は気候の特質に基づいた適地に比べておよそ5倍の範囲が示されていました。

実際に将来起こるシナリオがどれかに関わらず、全ての結果が森林被覆に関して類似した脅威を示しています。それは、栽培適地の減少が天然林とおよそ同程度に、森林でない地域へも影響を及ぼすからです。アラビカ種の生産の拡大もしくは移動による最大の脅威は、ほとんどの傾斜が生物多様性や固有性の豊かなバイオームである森林によって覆われているアンデスと中米で起こると考えられます。それに対し、ロブスタ種の潜在的な栽培適地であるブラジルと東アフリカは非森林地域です。ブラジルでの栽培適地のほとんどは農地もしくは質が低下した牧草地です。東アフリカにおいては、急速な人口増加と、森林だけでなく非森林地域をも食料生産のために転換する必要性があるため。潜在的な栽培適地はより深刻な経営課題に向き合うこととなります。2050年におけるロブスタ種の潜在的な拡大地域の大部分が東南アジアに位置していることは、ボルネオ島、スマトラ島、スラウェシ島、そしてパプア州などの森林に覆われた土地や生物多様性ホットスポットのリスクを増加させます。

ロブスタ種の栽培適地の多くは山地に位置し、アラビカ種の栽培地の下に位置した土地を使うことになり、両種にとって重要な地域の重複が起こります。これは、現存のアラビカ種のコーヒー農園がロブスタ種、もしくはアラビカ種の風味の特徴を持ちロブスタ種の環境的適応性を備えたハイブリッド種によって取って代わられる可能性を示しています。

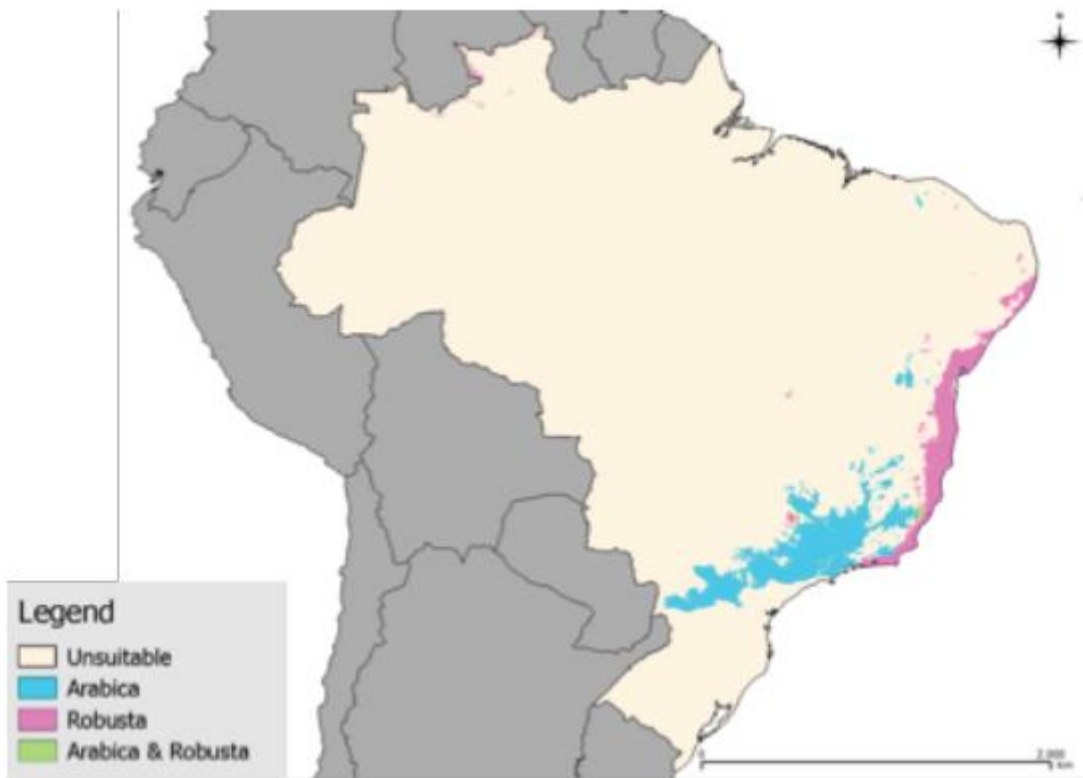
まとめ

コーヒーの消費は今後30年で大きく伸びることになるでしょう。それは、現在アラビカ種とロブスタ種を栽培している地域の農園の拡大につながります。この伸びの規模は、東アジア、南アジア、そしてサハラ砂漠以南のアフリカ諸国における消費者の飲み物の好みによって大きく変わってくるでしょう。消費がサプライチェーンに与える影響も、多くはロブスタ種で集約的に生産されたマス・マーケットコーヒーと、日陰栽培と手作業で収穫されるアラビカ種であるスペシャルティ・コーヒーの相対的な消費に影響を受けるでしょう。コーヒーサプライチェーンは今後40年間を通して、気候変動によって大きな混乱に陥るでしょう。ロブスタ種あるいはアラビカ種のコーヒー栽培を支える利用可能な土地が全くなってしまうことはありませんが、気候変動の影響により、従来の生産地の温暖化や断続的に干ばつのような状態が起きやすくなることによって、地理的もしくは緯度的な移動が起こる可能性があります。2050年における栽培適地の多くは現在天然林であるため、コーヒー生産地の移動は深刻な森林破壊を引き起こす可能性があります。そして将来の森林破壊は、アラビカ種の栽培の拡大や移動の影響を受ける中米とアンデス、ロブスタ種の栽培の拡大や移動の影響を受けるインドネシアで最大のリスクをもたらすでしょう。

ブラジルにおける2010年のコーヒー栽培適種

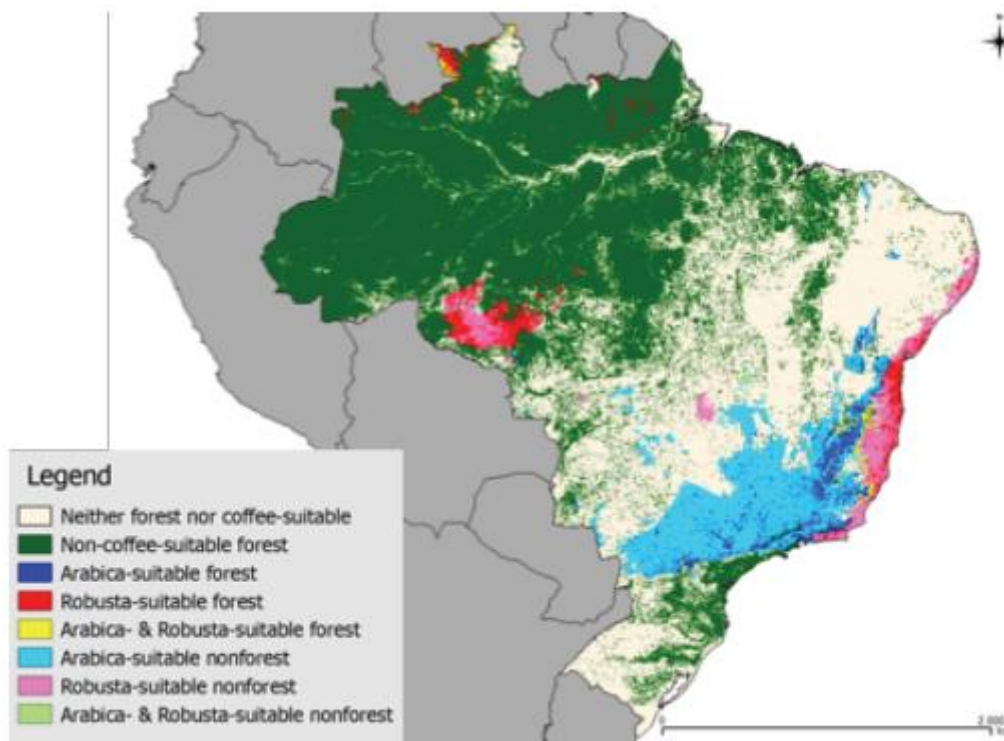


ブラジルにおける2050年のコーヒー栽培適種

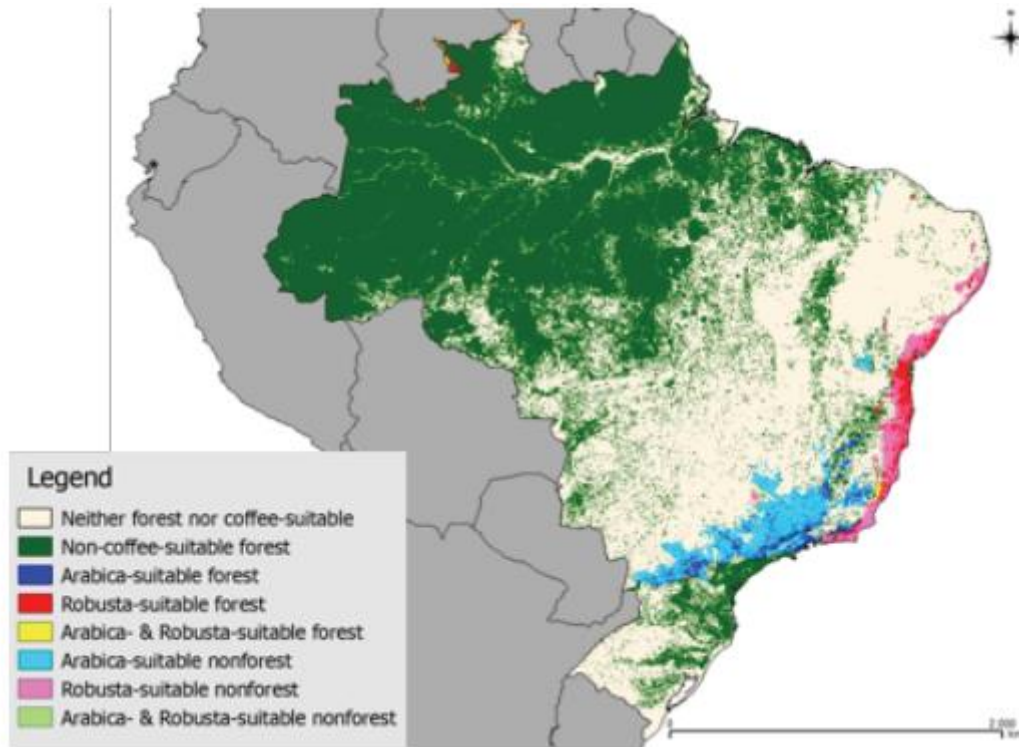


ブラジル	2010	2050	栽培適地は50%以上減少しますが、それでもHCLY-BAUシナリオの下では予測されるコーヒー栽培需要をはるかに超えます。また、 Rondônia はコーヒーが栽培できない地域となります。
森林域における適地 (km ²)	1,158,613	451,788	
アラビカ種	797,575	279,769	
ロブスタ種	400,581	182,609	
非森林における適地 (km ²)	28,426	44,810	
アラビカ種	12,857	34,881	
ロブスタ種	8,572	23,254	

ブラジルにおける2010年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆

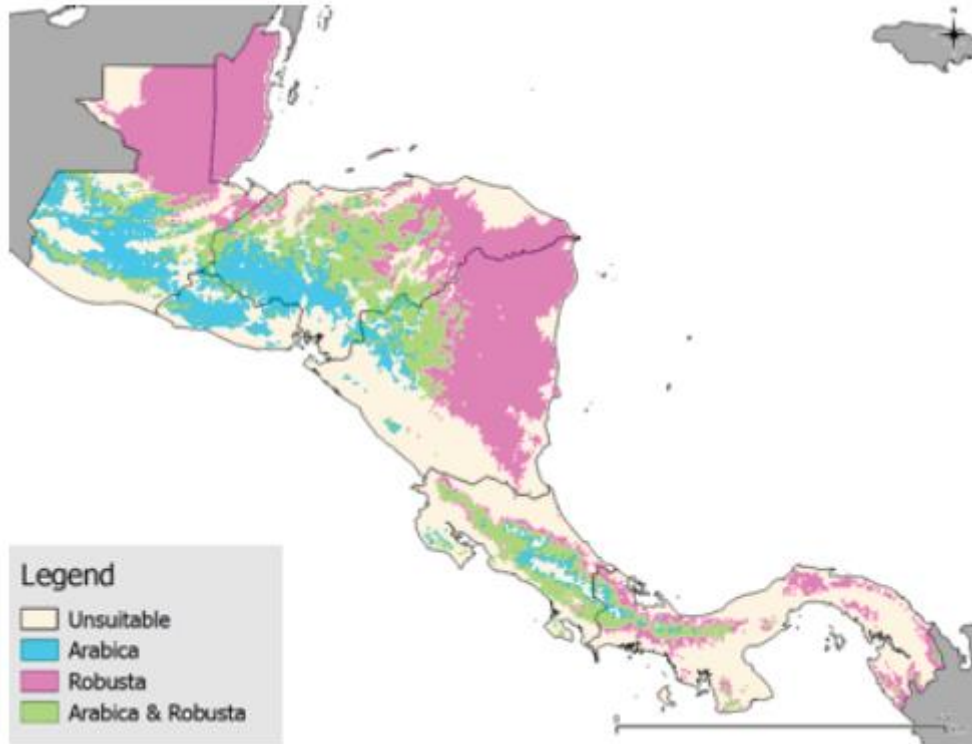


ブラジルにおける2050年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆

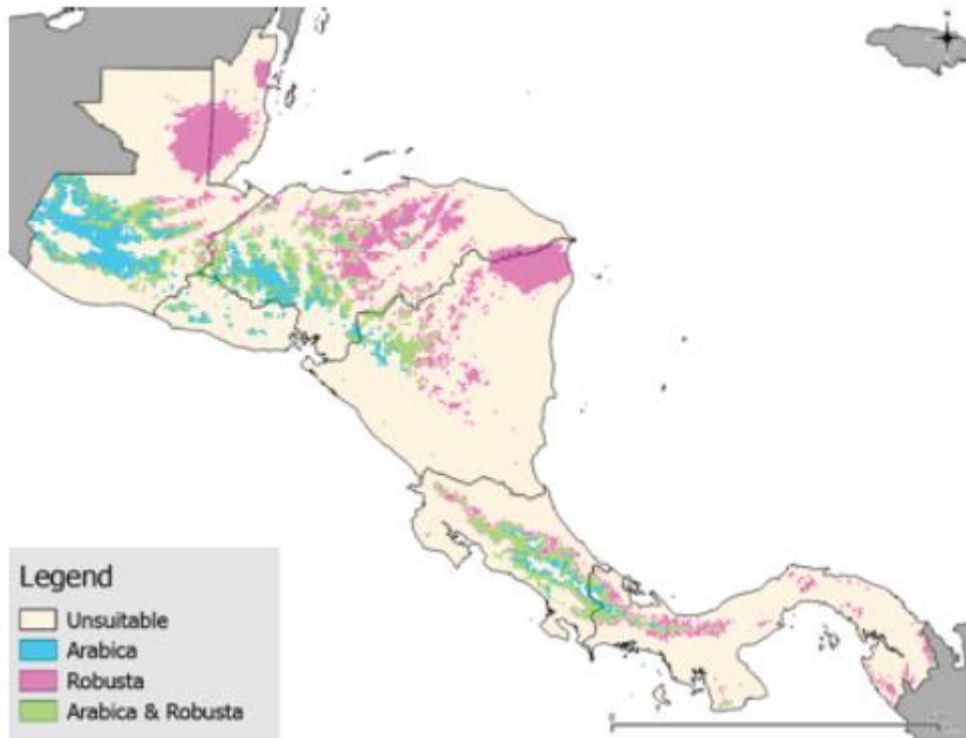


ブラジル	2010	2050	気候変動による栽培適地への影響は、森林域と非森林域でおよそ同程度ですが、拡大することのできる地域はほとんど非森林域です。
森林域における適地 (km ²)	301,538	125,450	
アラビカ種	130,020	61,199	
ロブスタ種	192,385	71,010	
非森林における適地 (km ²)	857,075	326,338	
アラビカ種	667,555	218,570	
ロブスタ種	208,196	111,599	

中米における2010年のコーヒー栽培適種

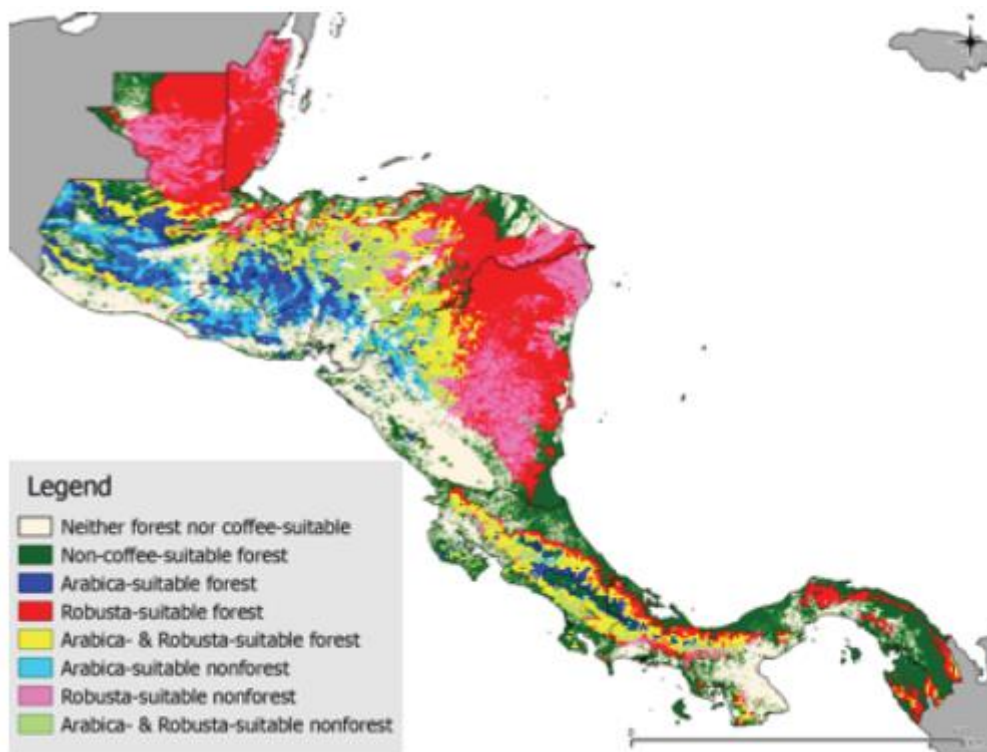


中米における2050年のコーヒー栽培適種

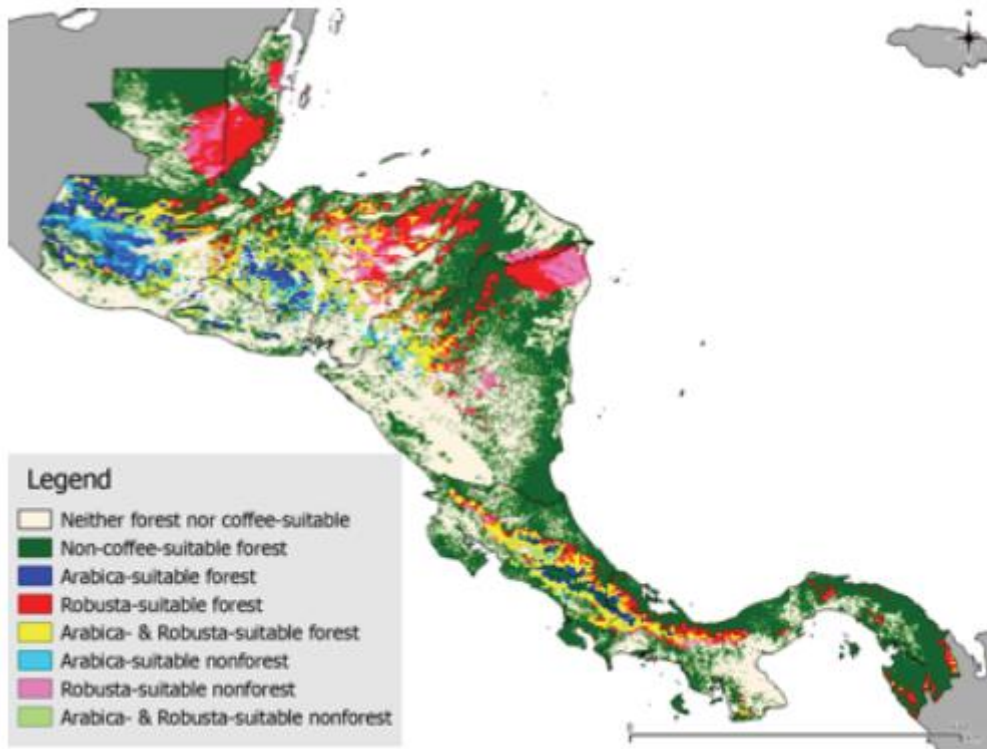


中米	2010	2050	栽培適地は50%以上減少しますが、それでもHCHY-DSシナリオの下では予測されるコーヒー栽培需要をはるかに超えます。
森林域における適地 (km ²)	285,216	126,448	
アラビカ種	136,338	71,312	
ロブスタ種	228,741	99,592	
非森林における適地 (km ²)	166,15	43,648	
アラビカ種	16,449	43,212	
ロブスタ種	166	436	

中米における2010年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆



中米における2050年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆



中米	2010	2050	栽培適地への気候変動は、およそ同程度に森林域と非森林域に影響を与えますが、HCHY-DSシナリオの下での需要に見合うためのアラビカ種が拡大による一部の森林破壊はやむを得ないでしょう。
森林域における適地 (km ²)	185,749	112,622	
アラビカ種	88,348	52,667	
ロブスタ種	154,914	74,014	
非森林における適地 (km ²)	99,467	13,826	
アラビカ種	47,989	18,645	
ロブスタ種	73,827	25,578	

コロンビアにおける2010年のコーヒー栽培適種



コロンビアにおける2050年のコーヒー栽培適種



コロンビア	2010	2050	栽培適地はおよそ30%減少しますが、それでもHCHY-DSシナリオの下では予測されるコーヒー栽培需要を大きく上回ります。最も広い地域は、両種に適した移行帯です
森林域における適地 (km ²)	182,165	140,371	
アラビカ種	106,779	88,509	
ロブスタ種	151,183	119,727	
非森林における適地 (km ²)	7,652	21,818	
アラビカ種	5,356	15,272	
ロブスタ種	2,296	6,545	

コロンビアにおける2010年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆



コロンビアにおける2050年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆



コロンビア	2010	2050	栽培適地への気候変動の影響は、森林域と非森林域におよそ同程度ですが、拡大された地域のほとんどは森林域にあります。
森林域における適地 (km ²)	144,925	112,622	
アラビカ種	83,856	69,677	
ロブスタ種	120,135	96,510	
非森林における適地 (km ²)	37,240	27,749	
アラビカ種	22,923	18,832	
ロブスタ種	31,048	23,217	

メキシコにおける2010年のコーヒー栽培適種

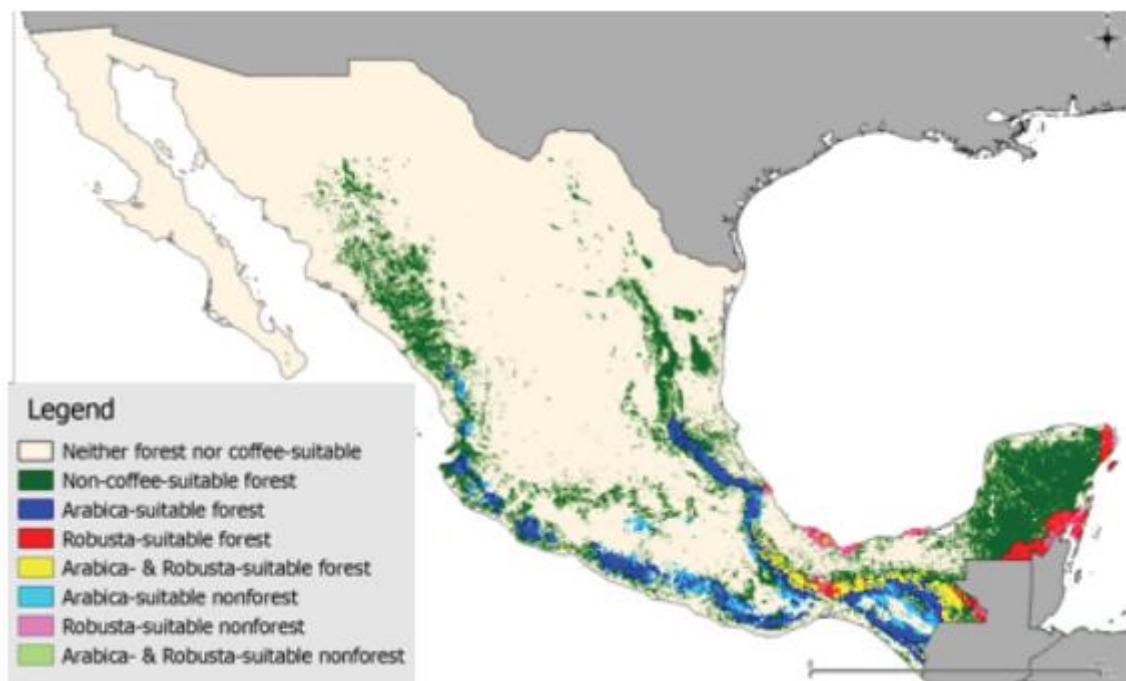


メキシコにおける2050年のコーヒー栽培適種

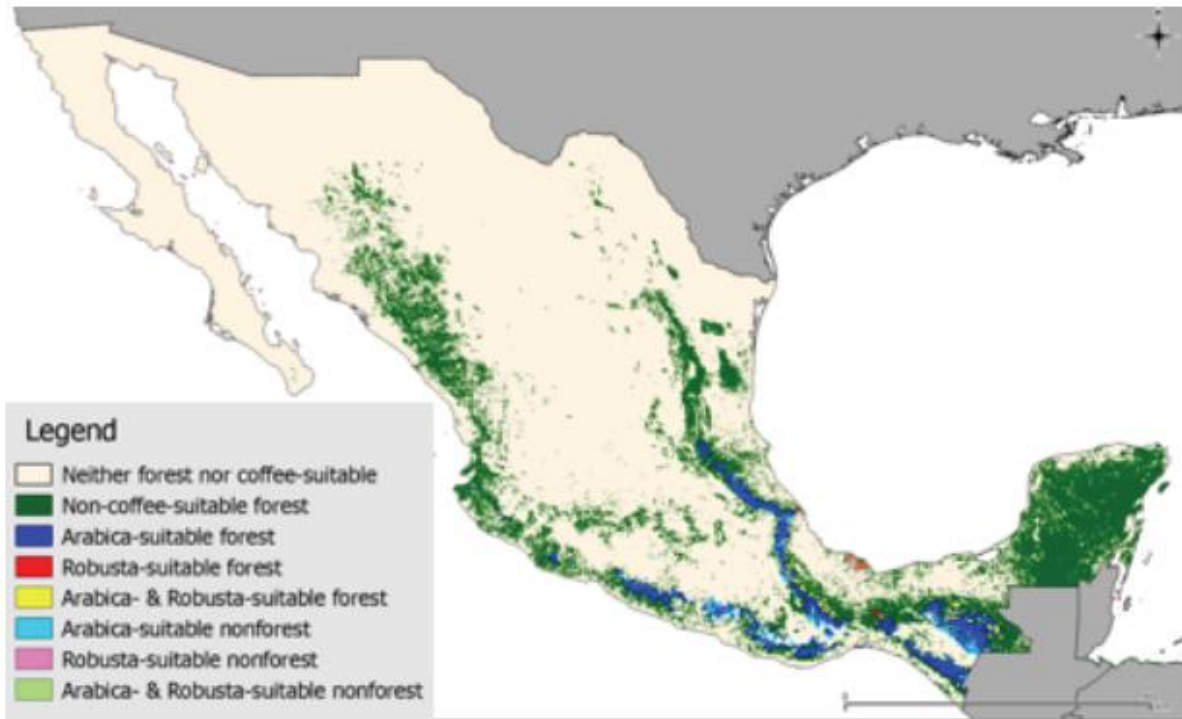


メキシコ	2010	2050	アラビカ種の栽培適地は約40%、ロブスタ種は約90%減少しますが、それはHCHY-DSシナリオの下での潜在的な需要を導き出しています。
森林域における適地 (km ²)	136,665	55,454	
アラビカ種	107,223	54,144	
ロブスタ種	50,310	6,124	
非森林における適地 (km ²)	7,083	18,110	
アラビカ種	4,958	12,677	
ロブスタ種	2,125	5,433	

メキシコにおける2010年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆

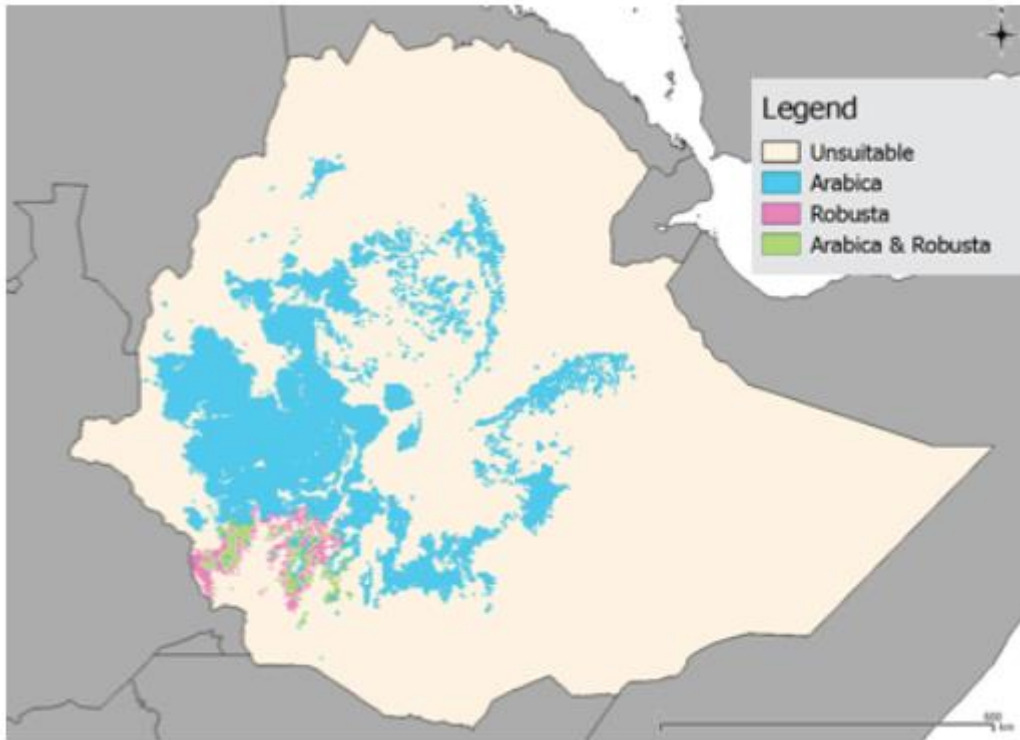


メキシコにおける2050年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆

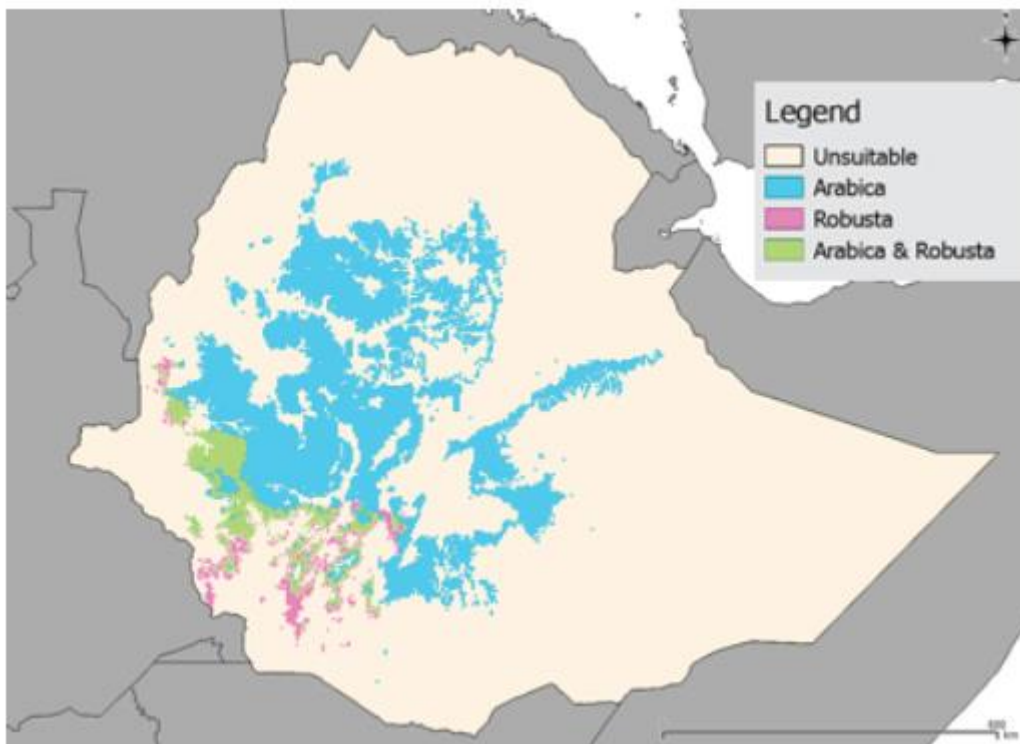


メキシコ	2010	2050	栽培適地への気候変動の影響は、森林域と非森林域で同程度ですが、拡大する土地のほとんどは森林域にあります。
森林域における適地 (km ²)	96,275	43,485	
アラビカ種	75,865	42,601	
ロブスタ種	39,952	5,581	
非森林における適地 (km ²)	40,390	11,969	
アラビカ種	31,358	11,543	
ロブスタ種	10,358	543	

エチオピアにおける2010年のコーヒー栽培適種

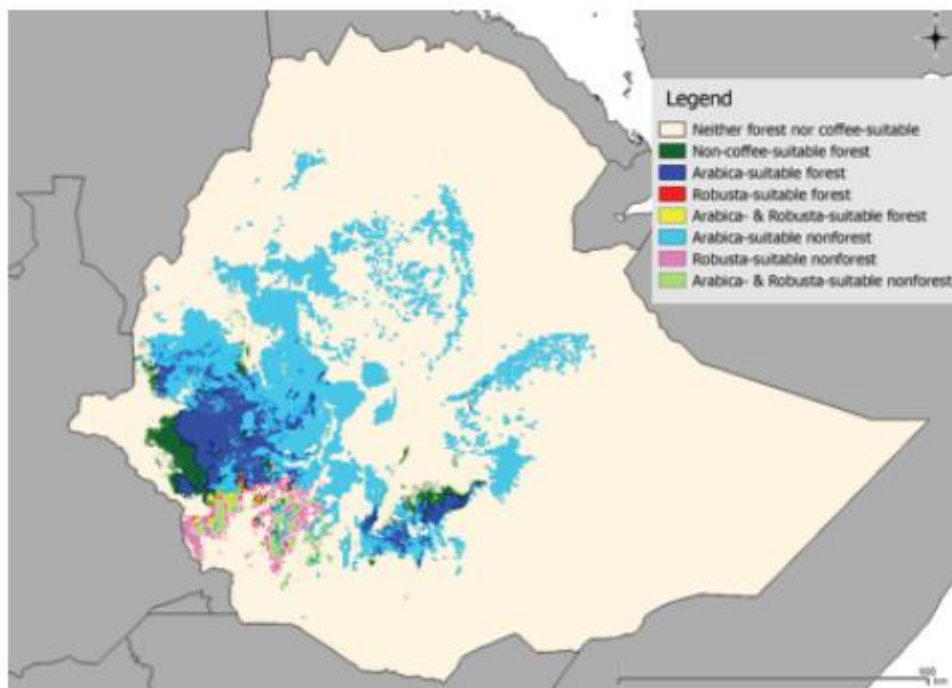


エチオピアにおける2050年のコーヒー栽培適種

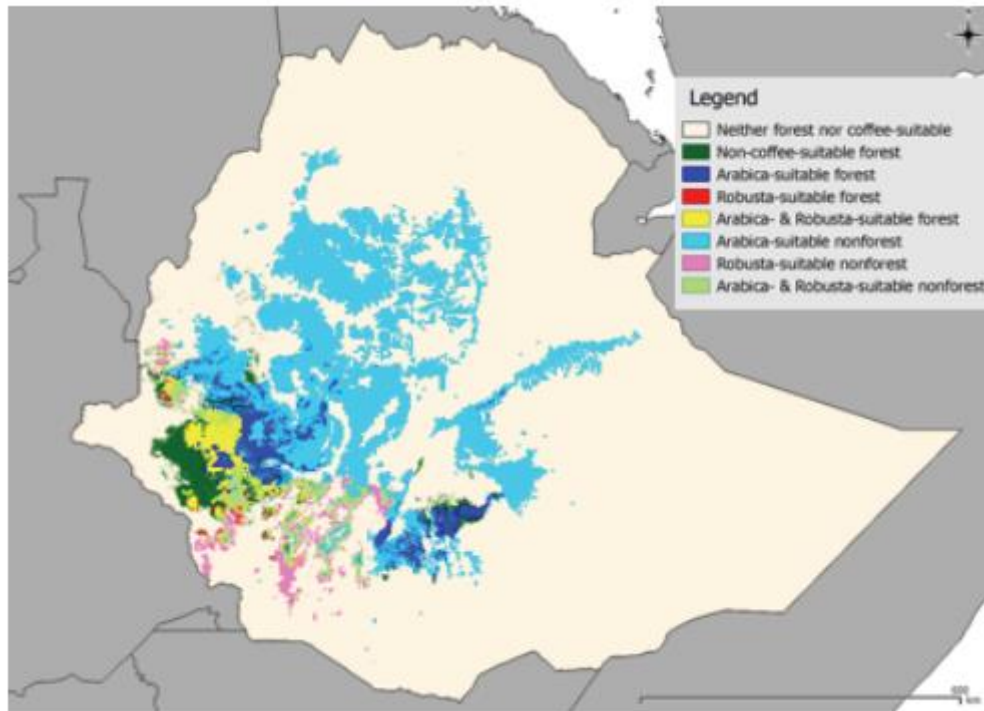


エチオピア	2010	2050	アラビカ種の栽培適地は、気候変動によって増大します。
森林域における適地 (km ²)	179,347	208,682	
アラビカ種	168,787	195,265	
ロブスタ種	19,609	38,709	
非森林域における適地 (km ²)	5,144	18,218	
アラビカ種	5,144	18,218	
ロブスタ種	-	-	

エチオピアにおける2010年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆

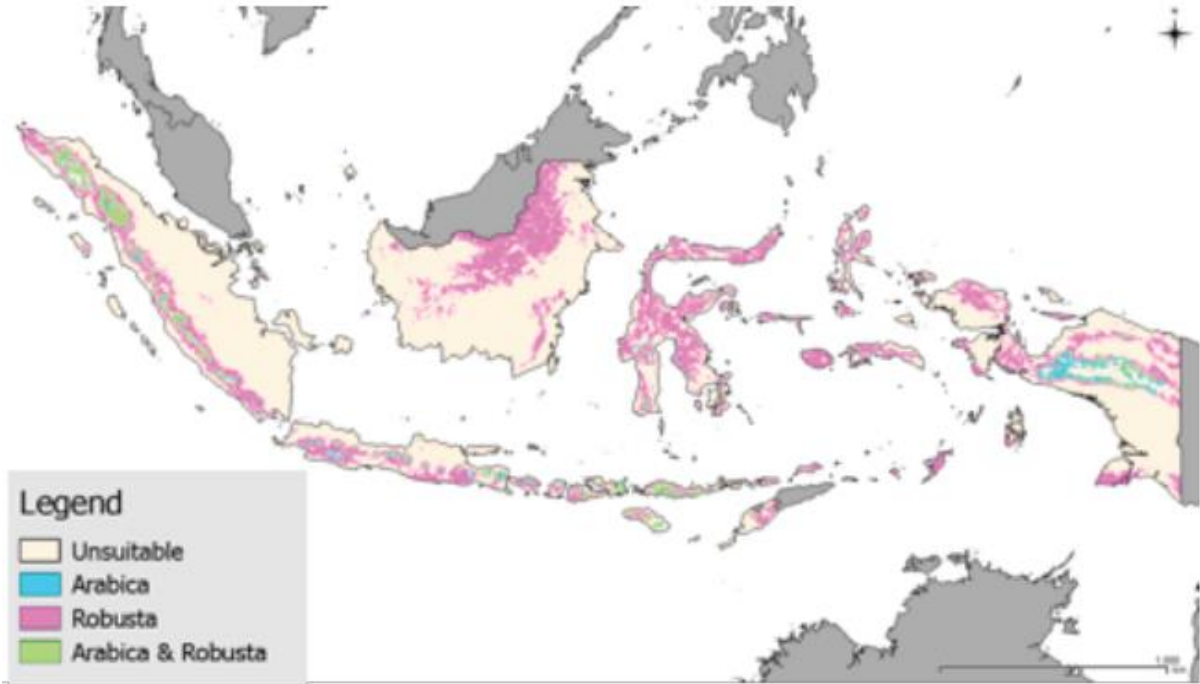


エチオピアにおける2050年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆

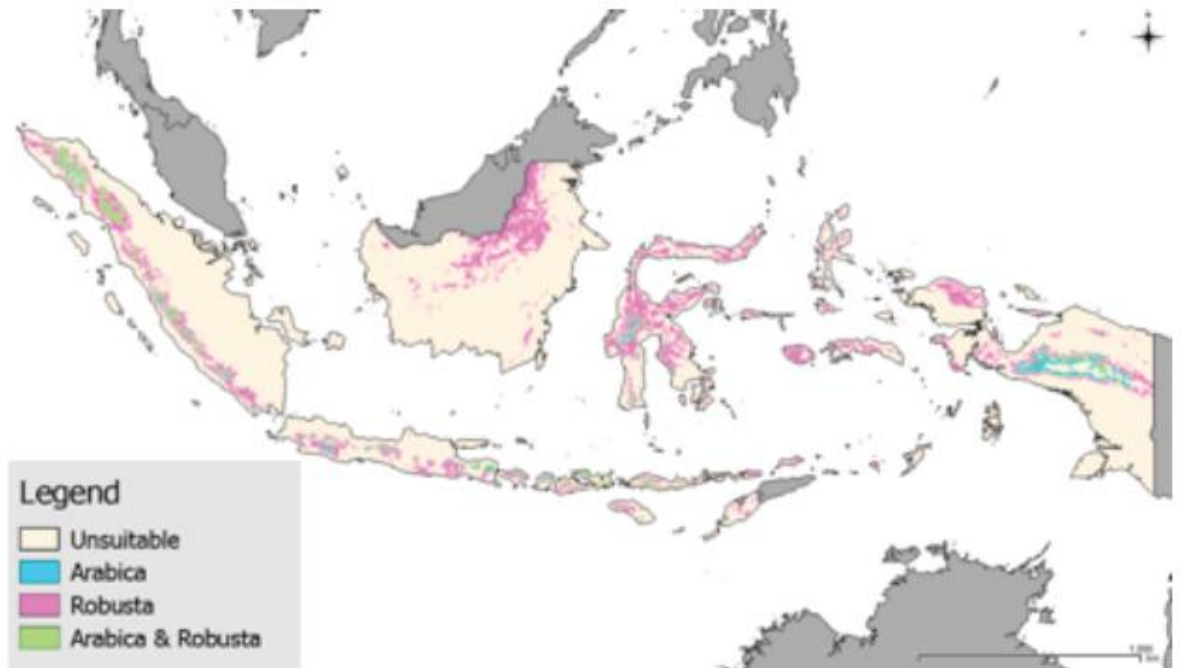


エチオピア	2010	2050	栽培適地への気候変動の影響は、森林域と非森林域で同程度ですが、拡大するほとんどの地域は非森林域にあります。
森林域における適地 (km ²)	31,248	29,652	
アラビカ種	30,298	28,314	
ロブスタ種	2,611	12,298	
非森林における適地 (km ²)	148,099	179,030	
アラビカ種	138,489	166,951	
ロブスタ種	16,998	26,411	

インドネシアにおける2010年のコーヒー栽培適種

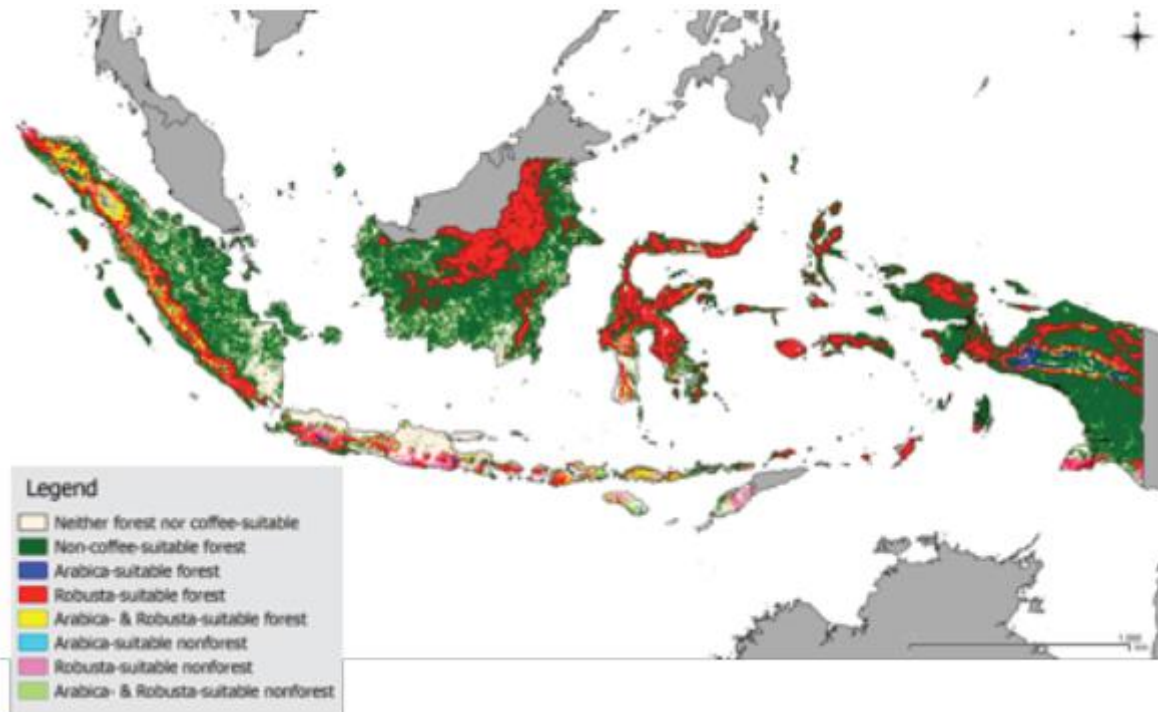


インドネシアにおける2050年のコーヒー栽培適種

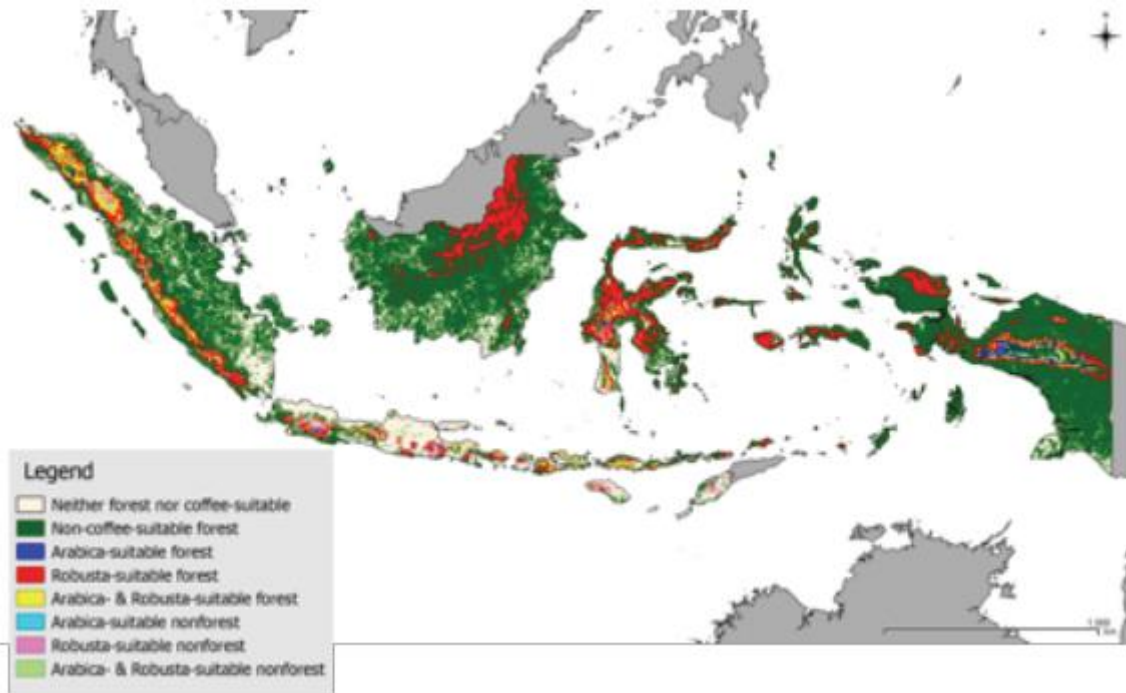


インドネシア	2010	2050	最高級のアラビカ種コーヒーで知られていますが、ロブスタ種の生産が優位となっています。気候変動はアラビカ種よりもロブスタ種の栽培適地をかなり制約します。
森林域における適地 (km ²)	535,757	337,198	
アラビカ種	90,222	77,246	
ロブスタ種	512,985	317,000	
非森林における適地 (km ²)	12,651	152,725	
アラビカ種	2,530	3,055	
ロブスタ種	10,121	12,220	

インドネシアにおける2010年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆

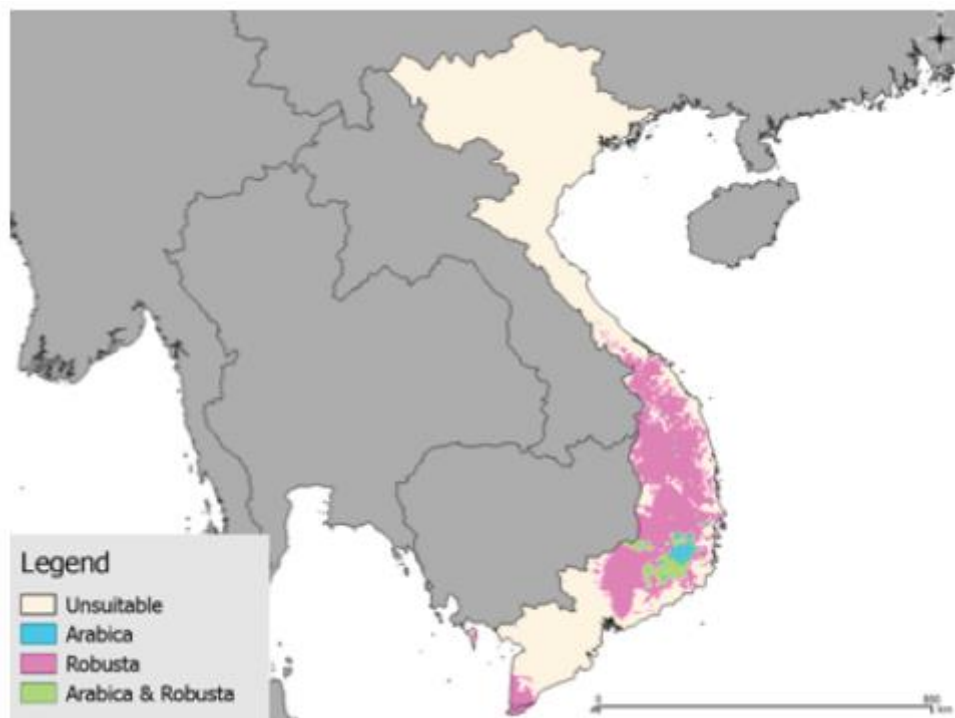


インドネシアにおける2050年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆

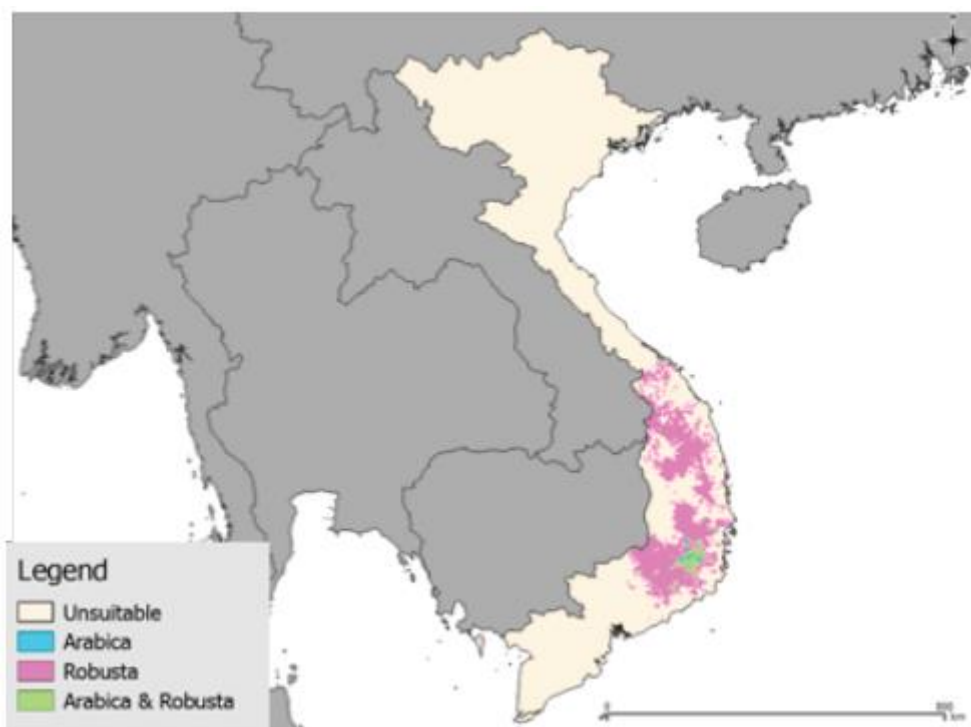


インドネシア	2010	2050	コーヒー生産の拡大や移動に適した土地の大部分は現在森林に覆われていますが、コーヒー生産に適した非森林域はそれでもなおHCHY-DSシナリオの下での将来的な需要のある地域の2倍の地域を占めています。
森林域における適地 (km ²)	483,509	312,158	
アラビカ種	79,053	70,249	
ロブスタ種	462,424	292,994	
非森林域における適地 (km ²)	52,248	25,040	
アラビカ種	11,169	6,997	
ロブスタ種	50,561	24,006	

ベトナムにおける2010年のコーヒー栽培適種

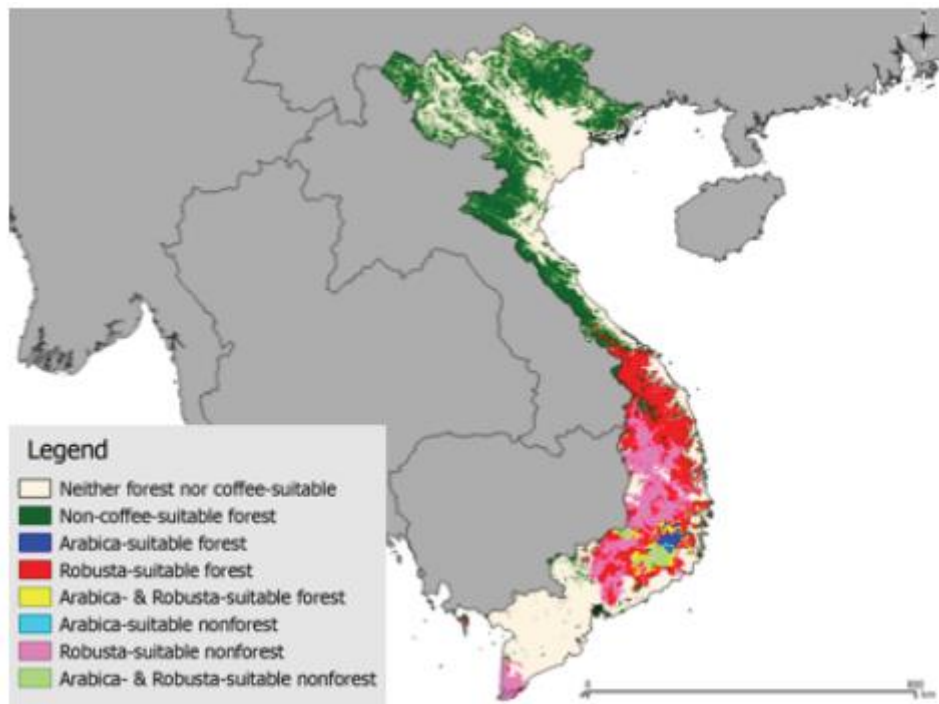


ベトナムにおける2050年のコーヒー栽培適種

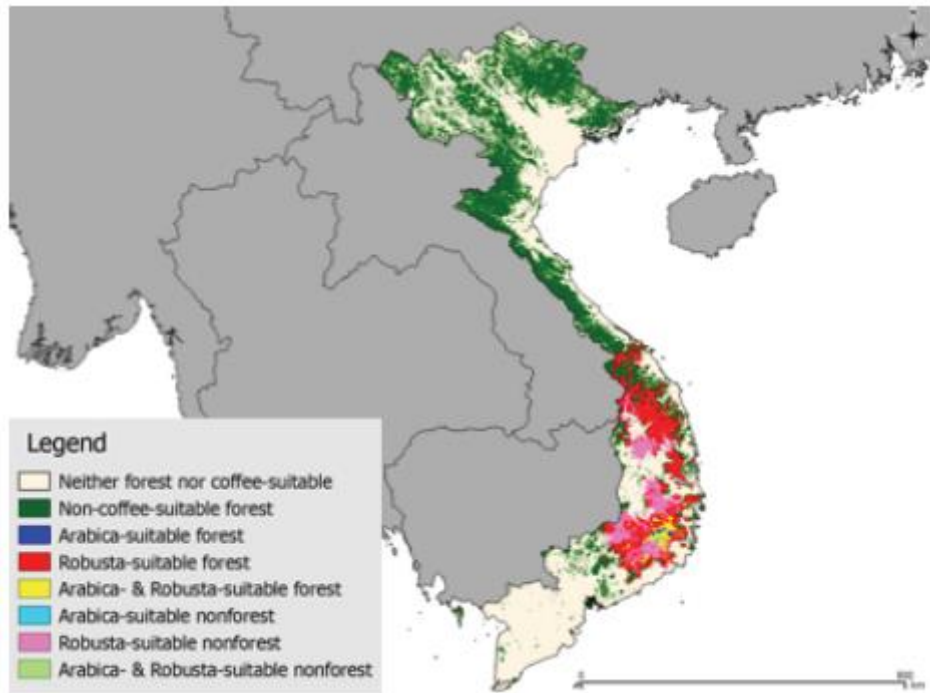


ベトナム	2010	2050	アラビカ種が60%以上減少し、 ロブスタ種の栽培適地は約50% 減少します。それにもかかわら ず、コーヒー栽培適地はHCLY- BAUシナリオの下での潜在的な 需要の2倍以上のあります。
森林域における適地 (km ²)	86,681	46,963	
アラビカ種	9,878	3,645	
ロブスタ種	84,326	46,473	
非森林における適地 (km ²)	5,434	18,105	
アラビカ種	163	543	
ロブスタ種	5,271	17,562	

ベトナムにおける2010年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆



ベトナムにおける2050年のコーヒー栽培適地と2013年の森林被覆



ベトナム	2010	2050	気候変動は、森林域および非森林域におおよそ同程度の影響を与えるが、ロブスタ種が拡大するほとんどの地域は森林域にあり、土地需要は潜在的な非森林域の供給を超過する
森林域における適地 (km ²)	46,769	31,351	
アラビカ種	6,534	3,117	
ロブスタ種	44,713	30,870	
非森林域における適地 (km ²)	39,912	15,612	
アラビカ種	3,344	528	
ロブスタ種	39,613	15,603	

参考文献

Bunn, C., P. Läderach, O. Ovalle, and D. Kirschke. 2014. "A bitter cup: Climate Change profile of global Arabica and Robusta production." In Proceedings of the 25th International Conference on Coffee Science. 25th International Conference on Coffee Science. Armenia, Colombia.

<http://link.springer.com/article/10.1007/s10584-014-1306-x>

DaMatta, Fábio M., and José D. Cochicho Ramalho. "Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review." *Brazilian Journal of Plant Physiology* 18.1 (2006): 55-81.

FAOSTAT: <http://faostat3.fao.org/home/E>

FAO country boundary shapefile: Maps were created using the data.fao.org website.

GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROCESM-CHEM, and NorESM1-M, from Stocker, Thomas, Qin Dahe, Gian-Kasper Plattner, Melinda Tignor, and Pauline Midgley. "IPCC expert meeting on assessing and combining multi model climate projections." *Boulder, Colorado, USA* (2010): 25-27.

Hijmans, R. J., S. Cameron, J. Parra, P. Jones, A. Jarvis, and K. Richardson. "WorldClim." University of California, Berkeley (2008). (<http://www.worldclim.org/>)

International Coffee Organization: http://www.ico.org/trade_statistics.asp

IUCN and UNEP-WCMC 2015, *The World Database on Protected Areas (WDPA)*, September 2015, Cambridge, UK: UNEP-WCMC. Available at: www.protectedplanet.net.

University of Maryland forest data: Global Forest Change

Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. R. G. Townshend. 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change." *Science* 342 (15 November): 850–53. Data available on-line from: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>.

yield ・ ・ 収率と収量の和訳の揺れ

アンデス ・ ・ アンデス山脈 ・ 地方