

2. 現地調査の結果

2.1 訪問機関

2.1.1 米国

以下に米国における訪問機関を示す。なお、米国での現地調査は、東京農業大学 西尾善太 准教授にご同行頂いた。

表 2.1-1 米国での訪問機関等

日付	時間	訪問機関	場所	対応者
2017 年 2 月 21 日	8:30-10:00	米国農業研究サービス (ARS)	Beltsville, MD	V.R. Reddy, Ph.D D.H. Fleisher L.H. Ziska, Dr
2017 年 2 月 21 日	11:30-12:30	米国農務省(USDA)	Washington, D.C.	William Hohenstein, Mr
2017 年 2 月 22 日	11:30-12:30	カリフォルニア州食料農業局(CDFA)	Sacrament, CA	Armith Gunasekara, Ph.D Carolyn Cook Alyssa Louie, DVM
	14:00-15:00	カリフォルニア大学デービス校・世界食料センター	Davis, CA	Josette Lewis, Ph.D
	15:00-16:30	米国農務省・気候ハブ	Davis, CA	Steven Ostoja, Ph.D
2017 年 2 月 23 日	15:00-17:00	スタンフォード大学	Stanford, CA	David Lobell, Ph.D

2.1.2 イスラエル・欧州

以下にイスラエル・欧州における訪問機関を示す。なお、イスラエル・欧州での現地調査は、東北大学 國分牧衛 名誉教授にご同行頂いた。

表 2.1-2 イスラエル・欧州での訪問機関等

日付	時間	訪問機関	場所	対応者
2017 年 2 月 27 日	10:00-13:00	ARO (Volcani センター)	Bet Dagan, Israel	A.L. Aycicegi, Ms A. Perl, Dr G. Toperoff, Dr D. J. Bonfil, Dr M. Perel, Mr N. Firon, Dr I. Ginzberg, Dr S. Cohen, Dr S. Moisa, Ms
2017 年 2 月 27 日	15:00-16:30	ARO (Gilat センター)	Negev, Israel	U. Yermiyahu, Dr. O. Sperling, Dr Y. Oka, Dr
2017 年 2 月 28 日	10:00-12:00	イスラエル水資源局	Tel Aviv, Israel	A. Givati, Dr
2017 年 3 月 1 日	10:00-13:00	欧州委員会	Brussel, Belgium	A. SGOBBI, Ms J. MILOS, Ms

日付	時間	訪問機関	場所	対応者
		気候行動総局、農業 総局		
2017 年 3 月 2 日	10:30-12:30	英国気候変動委員 会（CCC）	London, England	D. Johns, Mr K. Brown, Ms I. Thillainathan, Ms M.D. Mauro, Dr
2017 年 3 月 3 日	13:30-17:00	フランス国立農業 研究所（INRA）	Paris, France	T. Caquet, Dr

2.2 研究者による意見

2.2.1 米国

米国での現地調査は、東京農業大学 西尾善太 准教授にご同行頂いた。西尾 准教授に、米国での現地調査を通じての日本の農業分野の強みと弱みについて評価して頂いたので、その結果を以下に記す。

(1) 米国の先進性

米国の農業が先進性を維持している原動力の一つは、他国の安価な農産物や労働力との厳しい競争環境であろう。米国の農業は我が国と比べてかなり大規模であるにも関わらず、その収量を着実に増加してきた。例えば、20 年ほど前まで米国の平均水稻収量は日本よりも低かったが、多収品種やレベラーによる大区画圃場の均平化技術の普及により日米の水稻収量は逆転し、その差は年々拡大している。また米国の農業は、収量増加や低コスト化のために遺伝子組換え作物も積極的に利用している。他方で、最近の米国の農業にとって新たに大きな脅威となっているのが気候変動とその対応策である。今回のヒアリングでは、気候変動の影響を認識している一部の生産者は、農務省農業研究局 (ARS) が開発した、気象データから生産者の意思決定を支援するモデルの重要性を理解し、実際に導入を始めているという。大規模な生産者はわずかな対応策でも大きな収益差につながることから、生産者らが自発的な経営的判断によって積極的に新技術を導入していることも米国農業の先進性を支えていると考えられる。

(2) 日本にない着眼点

米国の農業研究の基盤として、連邦政府や州政府からの研究費に加えて、各作物の生産者団体 (ボード) が売り上げの一部を大学等に拠出する研究費が大きな割合を占める。このため研究費の出し手である生産者によって研究成果の現場への還元が常にチェックされており、研究開発側へのプレッシャーになっている。日米の普及制度の違いはあるが、自己責任の考え方の強い米国では、技術開発の実用性や費用対効果に対する評価は一般的にシビアである。このため、公的研究機関の技術開発にも生産者らの経営的判断に耐えうるものが求められており、研究開発の側にもそのような意識が働いていると考えられる。一方で、米国の生産者は政府から新たな規制が設けられることを常に強く警戒しているという。気候変動対応については、不確実な将来予測によって政府の規制が強化されることを生産者が強く懸念していることから、気候変動に関する研究成果や対応技術の社会への発信法について、行政機関や研究機関の関係者が特段の配慮を行っている様子が伺える。一方でこのような緊張関係は、生産者からの厳しい評価に応える技術開発を促す可能性がある。

(3) 日本にない社会実装

米国における農業研究と普及体制の特徴として、各州の州立大学 (連邦政府から土地を付

与されたランド・グラント大学)に農学部及び農業改良普及センター(エクステンションセンター)が設置されている。さらに州立大学と農務省農業研究局の共同設置の研究拠点も多数あり、それぞれの地域の大学と公設研究機関が一体となって研究開発から生産者への普及支援が行われており、研究開発から現場への普及の流れが一貫している。また、今回の訪問先の一つの「気候ハブ(Climate Hub)」のような連携組織を農務省が立ち上げたり、州立大学の教授が直接生産者へ新技術の説明を行ったりする等、研究開発と農業現場の距離を近づけようとする常々の努力が、研究成果の社会実装を強く促していると考えられる。今回のヒアリングでは、担当者は活動のポイントの一つとして地域の生産者や研究機関との個人的なネットワークの構築の重要性を挙げており、関係者の相互信頼関係を構築する仕組みづくりは、日米のどちらにおいても非常に重要であると感じる。

(4) 日本で行われていない研究の分野・技術

米国を含めて多くの主要農業国では、近年の気候変動に伴う干ばつと水資源不足が深刻となっており、今回訪問したカリフォルニア州でも最優先の課題である。このため水の使用量が最小限で済む灌漑法や効率的な水資源の管理手法、作物の乾燥耐性及び耐塩性の向上、塩害抑制の研究や技術開発が非常に盛んである。また農務省農業研究局では、二酸化炭素濃度の上昇による玄米の栄養分(ビタミンやミネラル)の変動が発展途上国の栄養不足に及ぼす影響を調査し、気候変動による世界の食料安全保障への影響が検討されている。カリフォルニア州では果樹、野菜を中心に100種類を超える作物が生産されていることから、多種類の作物に対する気候変動の影響や適応策が研究されている。このため日本でも一般的な水稻や果樹に加えて、カリフォルニア州において重要なアーモンドやクルミ等の作物が研究対象に含まれている。

(5) 日本の農業の研究の方が進んでいる点

気候変動の農業への影響については、日本では水稻の高温障害による白未熟粒の品質劣化や水稻の冷害についての研究が進んでおり、その発生要因や対策技術は世界的にも最先端の研究蓄積がある。さらに水稻では出穂性や耐病性等をコントロールする様々な遺伝子を対象とする最新のゲノム研究から遺伝子組み換え技術、重金属の吸収抑制技術等、世界をリードする研究成果が多数ある。もう一つの日本の農業の強みは、園芸分野において民間企業が中心となって行われている海外市場も含めた高品質の野菜や花き等の新品種の開発と公的機関による画期的な果樹新品種等の開発である。我が国における高付加価値の園芸農産物の品種開発及びその生産技術は、世界的にも特筆すべきと考えられる。

(6) 訪問機関の評価

農務省農業研究局では米国の主要作物であるトウモロコシ、大豆、綿花について気候変動に対応するための播種期や肥料等をアドバイスするモデルを開発しており、実際に利用する

生産者が増えているという。農務省は、新政権が中止を命令しない限り、気候変動対策はこれまで通り粛々と進めるとしている。環境保護に熱心で干ばつ被害が深刻なカリフォルニア州は、連邦政府の政策の動向に関わらず、今後も州政府独自で気候変動対策を強力に進めるという。カリフォルニア大学デービス校内に設けられた大学の組織であるワールドフードセンターと農務省の組織である気候ハブは、今後も連携して現場の研究ニーズの吸い上げや研究成果のフィードバックを続け、スタンフォード大学は世界的な研究機関として世界中の食料生産に対する気候変動の影響をより詳細に明らかにしていく。それぞれの研究機関・政府機関の任務や役割は異なるが、これらの組織の成果によって最終的に米国農業の競争力の強化につながるという意味では、各機関の目的が一致している。

(7) 総じての日本の強み・弱み

農産物の外観や食味に対する要求水準が高い日本では、農業技術開発は、水稻、野菜、果樹を中心とした国内の高品質市場における競争力の向上に特化してきた部分がある。これは日本の農業の大きな強みであるが、水稻のように海外の技術レベルが上昇し、国際交渉の動向次第で今後輸入品との競争に晒される可能性がある分野は、その優位性が揺らぐ恐れがある。日本の強みのある分野の農業技術開発は、引き続き国内消費者に訴える高品質と価格競争力の強化に努め、海外消費者への輸出も見据えてさらに競争力を強化していく必要がある。一方、日本の弱みといえる分野の一つは近年の水稻や畑作物等の土地利用型作物の生産性の頭打ちである。農業者の高齢化や担い手不足を補うため、最近は我が国の得意分野のロボット技術や ICT 技術等の開発が行われているものの、受け入れ側の生産者の構造が依然として零細中心であり、費用対効果的に新技術の導入が難しい状況もある。これらの弱みの要因の一つは、僭越であるが、農業に対して「覚悟」をもって取り組むプロ生産者の割合がこの分野でまだ少数派であることではないか。我が国の農業を支える研究資源が減少する中で、強みのあるプロ生産者の競争力を高める技術開発の重要性がますます高まるであろう。その一方で、今後の世界の気候変動及び環境対策は、世界各国の農業のあり方を根底から変えていく可能性がある。我が国の農業の強みをどう生かし、弱い部分をどう強化していくのか、今回のヒアリングを通して、生産者の経営的判断に応える技術開発とその普及の環境作りの参考となる貴重な情報が得られたのではない。

2.2.2 イスラエル・欧州

イスラエル及び欧州での現地調査は、東北大学 國分牧衛 名誉教授にご同行頂いた。國分名誉教授にわが国でも重要作物であるコムギとブドウについて、気候変動下での研究実態と方向性について考察頂いたので、その結果を以下に記す。

本調査事業の欧州（イギリス、フランス、ベルギー）・イスラエル調査団に加わり、気候変動に関わる研究・行政機関を訪問し、農林水産業における気候変動対応策について聞き取り調査を行った。聞き取りを行った内容は、近年の気候変動が農林水産業に及ぼしている実態、対応策及び対応研究などであった。ここでは筆者の専門・関心から、コムギとブドウ（ワイン）生産に焦点を絞り、栽培環境の違いに対応した作物の研究方向について、わが国と世界的な産地との比較を試みた。

（１） コムギ生産への影響と適応策

絶対的な水不足下でのイスラエルのコムギ栽培

イスラエルでは他の中東・欧州諸国と同様、コムギ食品が主食である。コムギは比較的冷涼で乾燥した地帯に適する作物ではあるが、イスラエルは国土も狭く単収も低いことから、コムギの需要に生産が追いつかず、多くを輸入に依存している。

イスラエルのコムギ作は、年降雨量が 100mm 程度の南部の砂漠地帯から、降雨量が多とも多い北部でも 700mm 程度にすぎない地帯で行われている。イスラエルの農業は優れた点滴灌漑技術などを基盤に先端的な水準であるが、コムギは露地栽培が主体であるため、世界の主要なコムギ生産地の中では、もっとも水の少ない条件で行われているといえる。世界の主要なコムギ生産国の単収と年降水量の関係をみると（図 2.2-1）他の気候要因や技術的要因を捨象して判断すると、降水量が 1,000mm 前後にピークがみられ、この値から遠ざかるほど単収は小さくなる傾向がみてとれる。降水量が適値にあるイギリス、ドイツ、フランスなどの欧州主産地の単収は 7～8t/ha 台に達する。これらの国では、好適な土壤水分に恵まれ、干ばつと湿害の発生が少ないことが高い単収に大きく寄与していることが推測される。一方、イスラエルはオーストラリアと並び、もっとも降水量の少ない条件下でコムギが栽培されており、水不足が 2t/ha 程度の低収に止まっている最大の要因と考えられる。乾燥条件下では湿潤地域に比べて病害虫の発生が少ないというメリットは認められるが、水不足に伴う生理的ストレスのデメリットがはるかに大きいといえる。なお、アメリカのコムギ栽培は主として北部や西部の半乾燥地帯で行われており、国の平均降水量よりも少ない地帯が主産地であることが低収の主要因である。アメリカのコムギ作も、世界最高水準の単収を誇るトウモロコシやダイズの栽培地に比べて、水不足が大きな収量規制要因であることが窺える。

対照的に日本は、これらのコムギ生産地に比べて降水量がかなり多い条件にあり、湿害及び多湿に伴う病害虫の多発が大きな阻害要因であることを示している。既往のあるいは現在実施中の農水省研究プロジェクト研究などを通じて、多雨に伴って多発する初期生育期の出

芽・生育障害、雪害、成熟期の穂発芽と病害発生などを対象に、遺伝的な耐性付与を中心とした研究が実施されているが、依然として多雨に由来するこれらの障害要因を十分には克服できる技術水準に達していない。遺伝的改良に止まらず、農業生態学的視点から戦略の再構築が必要かもしれない。

世界的にみてもイスラエルのコムギ栽培は水が不足する過酷な環境条件であり、単収は地帯・年次による降雨量に強く規制されることが、イスラエルの研究機関からの説明でも強調された。農業用水は有料であり、生産費に占める水の使用量は小さくないことから水の利用効率が重視される。また、塩害の発生や水の再利用による水質低下も問題となる。わが国のコムギ生産性が多雨に起因する湿害に大きく規制されるのとは好対照である。また、登熟期の気温はかなり高く、イスラエルのコムギ単収水準を下げているもう1つの要因であるが、この点はわが国と共通する。本来、冷涼な環境に適する特性を有するコムギの高温適応性を高めるためには、高温下での登熟機構に関する遺伝的・生理的研究が必要であるが、この視点からの研究は残念ながらほとんどみられない。高温下での登熟機構の生理学的機構と遺伝的改良の可能性は、わが国においても今後の重要な研究課題といえよう。

イスラエルのコムギ作はいわば宿命的な乾燥環境下で行われており、さらに近年では干ばつと一時的な洪水が頻発しているとの説明であった。この国のコムギ作の現状は、半乾燥の栽培地域、たとえば中東、中央アジア、サブサハラ、オーストラリアなど広範なコムギ栽培地帯における将来の姿と想定することもできる。

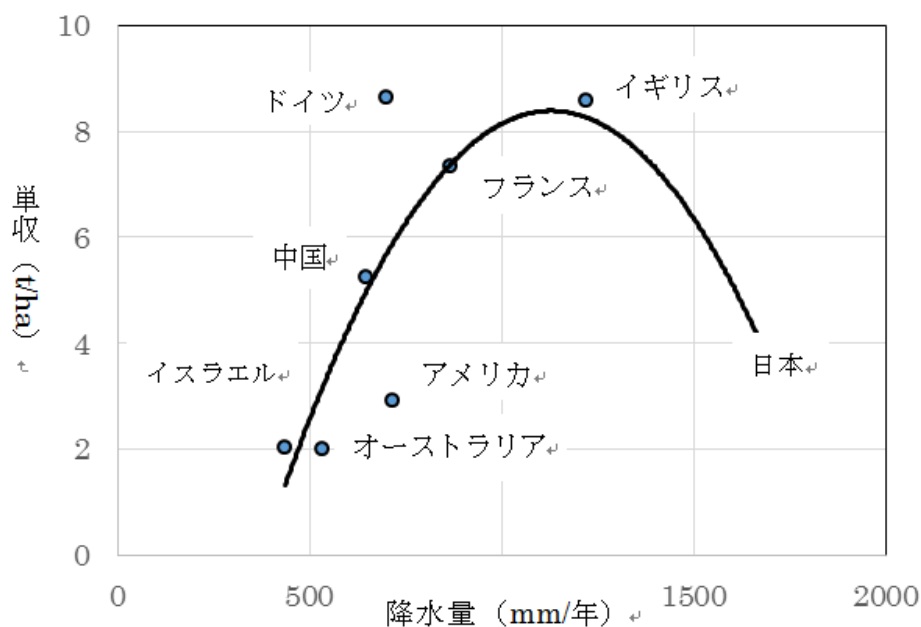


図 2.2-1 世界の主要なコムギ生産地における単収と降水量との関係

出典：単収は FAOSTAT、降水量は気象庁 HP から作図

夏期の高温と洪水の頻発—英仏の事例

前述のように、英国、フランス両国のコムギ単収は約 7～8 t/ha ときわめて高く、世界の最高水準にある。この高い単収には、適度な降雨とともに、コムギの登熟期にあたる夏期が比較的冷涼であることが大きく寄与している。光合成の最適気温域はコムギではイネやダイズなどに比較して低い¹⁵ 前後とされており、開花期から登熟期の期間にあたる両国の夏期の気温はこの水準に近い値で推移している（図 2.2-2）。しかし、近年、光合成の適温域を超す異常高温に遭遇する年が多く見られており、このことが 2000 年以降の単収変動を大きくしている 1 つの要因とみられている（フランス 6.2～7.6、イギリス：6.7～8.6t/ha）。登熟期の高温を回避するため、慣行の播種時期を前に移動する対応が考えられるが、早播きでは生育ステージが早く進むために冬期～早春にかけての霜害の危険度が増す。

加えて近年、冬から春にかけて多雨の年が増えており、圃場湛水による冠水や長期の停滞水による湿害の発生が頻発している。コムギを含む畑作物はイネと異なり、湛水条件下では根の呼吸活性が低下し、それに伴う各種生理活性の低下が生じ、結果として生育が著しく阻害される。冬期から春にかけての湿害に対しては、圃場排水を良くする土木的な対策以外に有効な対応技術は確立されていない。現在までのところ、湿害耐性を遺伝的に改良することには成功していないので、当面は圃場排水などの栽培的手段に依存せざるを得ない。生育期間の湿害はわが国でも発生しており、その対応策は欧州と共通の研究課題である。

わが国の多雪地帯では冬期の雪害が問題となるが、英国とフランスのコムギ作地帯では降雪は少なく、雪害は少ない。また、わが国のコムギ作における大きな阻害要因である成熟期における多雨条件下で多発する穂発芽は一部の地域を除いて大きな問題とはなっていない。コムギ栽培からみたわが国の気象条件は、欧州で問題になっている生育期の湿害に加え、冬期の雪害、登熟期の高温、さらには成熟期の多雨による穂発芽発生など、阻害要因が多いことがわが国の単収水準（3～4t/ha）が欧州主産地の約半分にとどまっている主要因と考えられる。欧州と並ぶコムギの大生産地である米国、オーストラリアの単収はわが国よりも低位（2～3t/ha）にあるが、この両国では降雨量の少ない地帯にコムギが栽培されていることが大きな要因であり、イスラエルのコムギ作と共通する。多雨が主要な阻害要因のわが国とは好対照である。多雨に伴うこれらの阻害要因の技術的対応はわが国のコムギ研究者の宿命的な挑戦課題といえる。

（２）ブドウ（ワイン）生産への影響と適応策

気候変動とワインの品質変化

欧州ではブドウは果実としての利用よりもワインの原料としての利用が圧倒的に多い。欧州の食生活にとってワインはきわめて重要な要素であり、キリスト教とも密接に結びついて普及した。欧州は世界のワイン生産量の約半量を生産しているが、近年、新世界（南米や南アフリカ、オーストラリア）や中国などの新産地の生産急増に押され、世界マーケットでのシェアを低下させている。加えて、近年の気候変動、とりわけ温暖化は年次によりワインの

品質変化を招いており、欧州主要産地、特に南欧州（スペイン、イタリア、フランス）はこれまで長い年月をかけて確立してきた高い評価が脅かされるのではという懸念を抱いている。

フランスはボルドー、ブルゴーニュの2大産地を始め、世界に冠たるワイン生産地・輸出国であることから、気候変動とブドウの生産性とワイン品質との関連には強い関心を持っており、研究にも力を入れている。

フランス INRA 本部訪問では、INRA が実施した近年の気候変動とワイン品質に関するプロジェクト成果の説明を受けた。最近終了したこのプロジェクトでは、代表的なブドウ品種を対象に、複数の栽培地・年次に醸造されたワインの品質を分析し、気候要因と品質（化学成分、味）との関係を解析して多くの科学的知見を得ている。

この研究結果から、特に登熟期の高温に伴い、糖含有率の増加と酸味の低下がみられ、果実味の変動も確認された。糖含有率の増加は醸造によるアルコール分の増加につながる。ワインの酸味と果実味は、ワイン醸造用品種の風味を左右する重要な要因である。温暖化によって、ブドウ産地・品種によって期待される一定の風味が、高温により維持できないことが明らかにされた。この結果は、その優れた風味により世界的に高い評価を得ているフランスのワインメーカーの懸念を科学的に裏付けたものである。

気候変動に伴う化学成分の変化への適応策として、欧州各地の代表的な主力品種の耐暑性を遺伝的に改良する方向が考えられるが、この視点での研究は少ないように思われる。温暖化に伴うワインの品質変化には、ワインの風味を決定する多くの化学成分（糖分、酸味に関わる成分、渋みを呈するタンニン、果実味や香りに関わる成分）の変動が関係しており、これらの変動は既存品種の温度や土壌水分に対する生理的反応の結果である。このような複数の体内生理的プロセスを遺伝的に改良することは困難であることがこの視点からのアプローチを阻害していると考えられる。

ブドウ品種の生育適温には品種間差異が認められており、欧州の主要産地における主力品種はそれぞれの地域の気象に合致した品種が選択されている。たとえば、フランスにおいては、ボルドーではカベルネ・ソービニオン種とメルロー種が、ブルゴーニュではピノ・ノワールが代表品種であり、それぞれの産地銘柄として高い評価が定着している。これら既存品種に比べて晩生種では、登熟期間の気温が相対的に低く、高温下の影響を回避できることから、より晩生の品種への切り替えを図ることは有力な適応策となりうる。しかし新品種から醸造されるワインの風味は既存品種とは異なるものであり、これまでの高い評価を得てきた銘柄品種と同等以上の評価を得るのは容易ではない。

気候変動に適応した持続的なブドウ・ワイン生産に関する国際研究集会

上述のように、気候変動に伴うワイン品質変化の懸念を背景に、フランスでは気候変化とブドウの生産性、品質、経済に及ぼす影響などに関する研究集会が開催されている。近年の例では、2016 年秋にフランス・ボルドーで開催された研究集会がある。この研究集会は

「International Symposium: Sustainable Grape and Wine Production in the Context of Climate Change; Bordeaux, April 10-13, 2016」という名称で、INRA の ACCAF (Adaptation to climate change for agrosystems and forestry, projects LACCAVE and PERPHECLIM)の一環として開催したものであり、180 名の研究者や関連業者が参加している。この集会の HP によると、以下の 4 つの大きなトピックに関して発表と討論が行われた。このシンポジウムの発表内容はフランス始め、世界の主要なワイン産地が抱えている課題を網羅しており、有益な情報が多い。トピック毎の主要な発表内容は下記の通りである。

- 1) 気候変動の特徴とモデリング
 - ・ブドウ産地の気候変動のモデリング
 - ・フランスの将来の気候変動予測と適応策
 - ・英国の気候変動とブドウ生産
- 2) 気候変動がブドウ、ワイン、環境に及ぼす影響
 - ・STICS モデルを用いたヨーロッパにおける気候変動がブドウ収量に及ぼす影響解析
 - ・ドイツにおける気候変動と水収支及びブドウ生産
 - ・気温と CO₂ 濃度上昇がシラーズ種の生理、成長及び収量に及ぼす影響
 - ・スペインの予測される気候変動化における水不足がブドウの生育過程に及ぼす影響のモデル解析
 - ・気候変動と土壌がブドウの栄養成分に及ぼす影響
 - ・気候変動がブドウのベリー様成分に及ぼす影響のシミュレーション
- 3) 適応策
 - ・気候変動による成分変動はブドウ園における対応を必要としている
 - ・予測されるブドウ栽培地・品種の適地の変化：Space 対応か地理的対応か？
 - ・地域的対応策において、ワイナリーの協同化は主要な役割を果たすか？
 - ・ブドウの遺伝学が気候変動にどう寄与できるか。
 - ・気候変動による成分変化に対する醸造過程での適応策
 - ・半乾燥地帯における剪定・側枝の競合によるテンペラニーリョ種の成熟遅延の可能性
 - ・整枝法によるピノ・ノワール種とソービニオン・ブラン種における成熟遅延の可能性
- 4) 消費者の受容と生産者の戦略
 - ・ボルドーのワインメーカーの気候変動適応策
 - ・気候変動適応：生産者と研究者のネットワーク化の役割

この国際研究集会には、フランス国内からの他、イタリア、スペイン、ドイツ、英国、イスラエルなどの古くからの欧州・中東ワイン産地に加え、チリ、アルゼンチン、ブラジルなどの南米、南アフリカなどの新興産地からの参加も多く見られた。出席者名簿から、アジアからはネパールからの参加者名がみられたが、日本からは皆無であった。近年の気候変動と

ブドウ・ワインに関する研究動向を知る絶好の機会と思われ、日本のブドウ・ワインの気候変動対応策、ひいては国際マーケットへの進出戦略を考えるうえでも大いに参考になろう。

INRA での聞き取りや国際研究集会の発表内容から、フランスのワイン業界の世界的な視点とブドウ・ワイン研究者の課題解決へのアプローチの特徴として以下の指摘ができよう。

1) 地域問題から世界的規模の課題へ

個々のワイン生産者と地域の課題から、国際的な視点での課題設定と適応策が検討されている。

2) 学際的なアプローチの必要性

遺伝、品種特性、土壌、気象、栽培、醸造、食味、経営・経済学、マーケティングなど、多くの学問領域を活用した総合的な解析と適応策が検討されている。このようなアプローチは、個々の経営者のみならず、地域や国レベルでの総合的な適応策の策定に有益な知見を提供しており、個別研究の多いわが国としても、見習うべき点であろう。

気候変動に適応したわが国ワイン生産の方向

わが国においては、近年、ワイン需要の高まりを背景に、多くの地域でワイン醸造が行われている。

図 2.2-2には、わが国の主要なワイン生産地3地点(池田町(北海道)、松本市(長野県)、勝沼町(現在は甲州市、山梨県))に注目し、欧州主産地(ボルドー市(フランス)、トリア市(ドイツ))と月別の平均気温降水量を比較した。因みに各地の主力品種は下記のとおりである。

池田町：かつては輸入ワインを原料としていたが、近年は清見を母本に、山葡萄との交配から育成した山幸、清舞などの独自品種の開発に成功している。

松本市：欧州系代表ワイン用品種(メルローやシャルドネ)のほか、生食用の多彩な品種を栽培・醸造。

勝沼町：欧州系代表品種(カベルネ・ソービニオンやシャルドネ)のほか、甲州など、独自の品種を栽培・醸造。

ボルドー市：赤ワイン用のカベルネ・ソービニオンとメルロー。この基幹2種を、あるいはさらに1~2種を加えたブレンドが主体。

トリア市：白ワイン用のリースリングが主力。

わが国の産地の環境条件はかなり異なるので、温暖化がブドウ・ワイン生産に及ぼす影響は異なるものと想定される。池田町の場合、寒冷な気候条件がワイン用品種の栽培を困難にしてきたハンディがあったが、温暖化に伴い欧州系ワイン専用種の栽培可能性が増すものと推測される。一方、松本市と勝沼町では、現状でも夏期の気温はボルドーやトリアよりもかなり高い水準にあることから、欧州産地よりも温暖化による欧州系品種の生産性・品質への影響はより大きいことが懸念される。また、わが国の産地はいずれも、欧州産地に比べて夏

期の降水量が格段に多い。国内では夏期の降水量が少ないとされる松本でも、ボルドーやトリアに比べるとかなり多い。甲州種など、わが国独自の品種には酸味や香味の繊細さが特徴のものもあり、温暖化が成分変化と味わいに大きく影響する可能性も考えられる。今後のわが国のワイン生産の戦略は、このような気候的な特徴と温度・降水量への反応特性を踏まえたうえで、世界の主産地とは異なる独自の品種、栽培方法及び醸造技術などの方向を総合的に考える必要があろう。

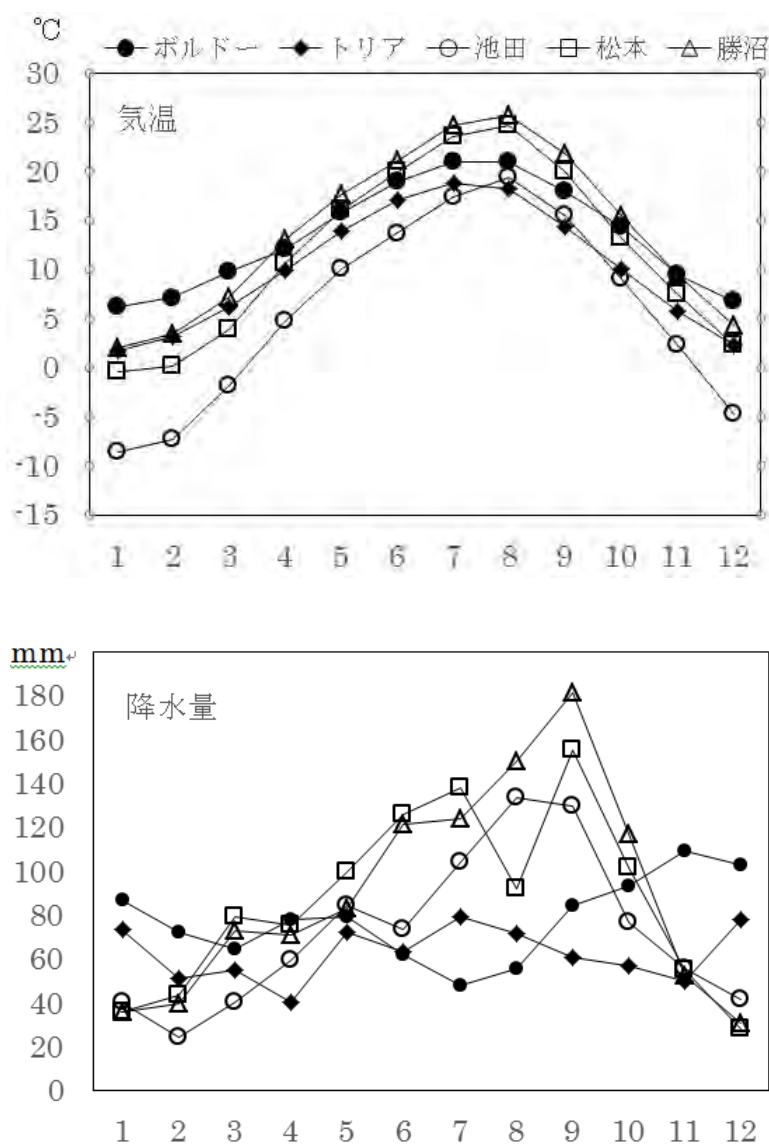


図 2.2-2 ワイン主産地における気温と降水量—欧州と日本との比較
ボルドー（フランス） トリア（ドイツ） 池田（北海道） 松本（長野） 勝沼（山梨）
出典：気象庁 HP のデータなどから作図

2.3 米国

(1) 米国の状況

米国は、大部分が温帯に属しているが、ハワイ州及びフロリダ州は熱帯、アラスカ州は寒帯、ミシシッピ - 川の西側の大平原は半乾燥地帯、南西部諸州は乾燥地帯に属している。

米国は、世界有数の農業大国で、トウモロコシ、ダイズ、コムギのほか、畜産物の生産が盛んである。トウモロコシ、ダイズが世界第1位の生産量で、ともに世界全体の生産量の約3割を占めている。また、牛肉、鶏肉、牛乳が世界第1位の生産量で、牛肉、鶏肉は世界全体の生産量の2割弱を占めている（FAO：2013年）。

アイオワ州、イリノイ州を中心とする中西部では、トウモロコシ、ダイズが、ノースダコタ州、カンザス州等ではコムギが、テキサス州を中心とする南部では牛肉の生産が盛んである。

表 2.3-1 米国の農林水産業概況

(単位：万トン)

	米 国					日 本
	2009	2010	2011	2012	2013	2013
小麦	6,037	6,006	5,441	6,168	5,797	81
とうもろこし	33,255	31,616	31,395	27,382	35,370	0.02
大豆	9,142	9,061	8,419	8,205	8,948	20
牛乳	8,588	8,747	8,902	9,087	9,127	751
牛肉	1,189	1,205	1,192	1,179	1,170	51
豚肉	1,044	1,019	1,033	1,056	1,051	131
鶏肉	1,633	1,697	1,711	1,704	1,740	145

資料：FAO統計

出典：農林水産省 米国の農林水産業概況

http://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokusei/kaigai_nogyo/k_gaikyo/attach/pdf/usa2-1.pdf

2.3.1 米国農業研究サービス (ARS)

(1) ARS でのヒアリングの概要と特徴

ARS は米国を代表する農業分野における政府系の研究機関である。当該機関に訪問することによって、「コメ」や「コムギ」等に関する最新の影響評価研究や、政府に付属する研究機関としての研究成果の社会実装のあり方等についてヒアリングを実施した。

表 2.3-2 ARS でのヒアリングの概要

項目	内容
影響評価 (米国におけるコメ、ムギ、ダイズの現状)	㊦ コメ、ムギ、ダイズ、その他に関する数学的モデルは存在する。ただし、主として収量が影響評価の対象である。
影響評価 (米国の品質に関する現状)	㊦ コメについて米国でも粘り、白味、固さが問題になりつつあるため、今後は調査の対象になると思う。ARS でも白未熟粒の研究を行う予定である。
影響評価 (ARS における研究状況)	< (作物の) 安全性 > ㊦ 「安全性」についてはテーマが二つある： 気温変化とバクテリアの増殖に関する研究 害虫の増加に伴う農薬の多量使用による作物残留に関する研究 < (作物の) 栄養 > ㊦ 作物に含まれる炭素、窒素や硫黄等の物質の含有量を作物毎に調査している。コメについては 18 種類の品種のコメを対象に CO₂ 濃度が鉄分やビタミン等の含有量に与える影響について研究している。 < トウモロコシ・ジャガイモ・コムギ > ㊦ 気候変動がトウモロコシやジャガイモ、コムギの収量に与える影響についてシミュレーションを行っている (図 2.3-1)。
影響評価に関する課題	㊦ 影響評価に必要なデータ (植栽日、灌漑の量・程度・範囲等) の集積が必要である。
気候モデル	㊦ 今後 CMIP5 の 5 つの GCM を使用する予定である。 ㊦ Weather Generator からのデータをダウンスケールして使用することもある。
社会実装	< 農業エクステンションオフィス > ㊦ 州や郡に米国農務省のオフィスがあり、農業エクステンションオフィスが配置されている。プレゼンや学会誌を通じて情報発信する役割を担っている。 < リサーチセンター > ㊦ ARS は農家とそれほど直接的な接触があるわけではないが、ARS の使命は米国の農家に情報を提供することにある。100 を超すリサーチセンターが各地にあるため、そこで情報発信や実装を行っている。 < 米国農務省 気候ハブ > ㊦ 農業や林業に対する気候変動の影響について農家や林業の業者に伝達するために気候ハブという組織があり、当該組織も別途活動している。 < モデル >

項目	内容
②	コットン、ダイズやジャガイモ等の栽培に関するモデルを農家に提供している。彼ら自身がモデルを使用できないと合理的な農業経営ができない。

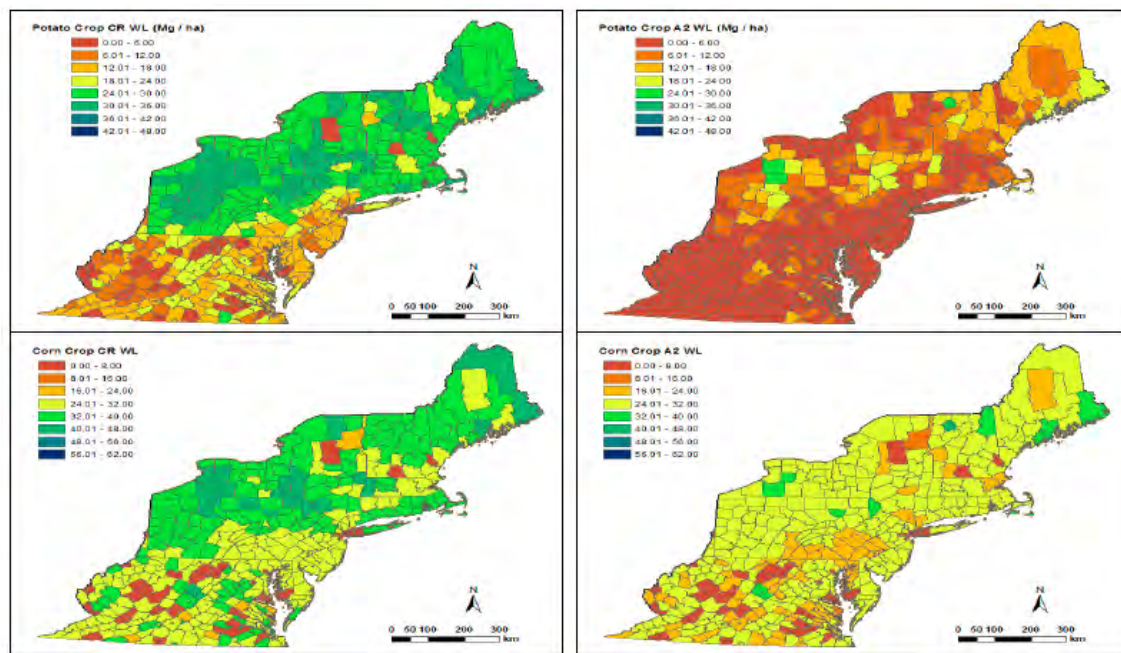


図 2.3-1 ARS における影響評価の例

図はトウモロコシとジャガイモのシミュレーション結果を示す。左図はトウモロコシとジャガイモの現状もしくはベースラインの収量を示す。右図は 2050 年における SRES A1B シナリオ下での天水農業による収量を示す。

出典：

<http://agsci.psu.edu/research/food-security/research-publications/presentations/presentation-files/mapping-regional-production-capacity-and-climate-change-sensitivity>

(2) ARS での質疑

以下に ARS での質疑に関する回答を示す。

	・ 米国におけるムギ、ダイズ、コメの影響評価の状況について 米国におけるムギやダイズ等の収量や品質に関する影響評価の現状について ㊦ コメ、ムギ、ダイズ、その他に関する数学的モデルは存在する。スタンフォード大学の David Lobell 先生はこの分野で最も著名で、数学的モデルやデータセット等を使用して研究しており、広範な範囲をカバーしている。 ㊦ 土壌モデルのデータも集まっており米国農務省に集積されている。農家からは実際の収量に関する情報が集まっているので、それと歴史的な気候変動のデータとを照らし合わせて数式化するモデルが開発されている。 米国におけるコメの収量や品質等に関する影響評価の現状について ㊦ 米国でも粘り (Stickiness)、白味 (Chalkiness)、固さ (Hardness) が問題になりつつあるため、今後は調査の対象になると思う。我々の研究室 (ARS Quality Lab) でも白未熟粒の研究もしようと考えている。 ㊦ アーカンソー州の農業研究施設ではメタボロミクス・遺伝子の観点から二酸化炭素からどのような影響を受けているのかを研究しているが、まだ研究結果は出ていない。 ・ ARS におけるムギ、ダイズ、コメの研究の状況について ムギやダイズ、コメの影響評価に関する研究について最新の研究成果 / 論文について <u>L.H. Ziska, Dr.</u> ㊦ コメの研究に 20 年程携わっている。最近では気候変動、特に二酸化炭素がコメに対して及ぼす影響に関して調査している。また、穀物についての「栄養」及び食料の「安全性」について研究を行っている。 < 安全性 > ㊦ 「安全性」にはテーマが二つある。一つ目は、バクテリアの増殖に関する研究である。Pathogen (病原体) やバクテリアについて、1 月 ~ 12 月にかけて気温が上昇・下降するのに従い、バクテリアの数も増減する。バクテリアの中には温度が上昇すると数が急激に増加するものがある。 ㊦ トウモロコシのカビが増大するのと同じく、気温や湿度が上昇すると増加するバクテリアもあり、食物の貯蔵に影響を及ぼしている。また、天候不順のため停電が貯蔵システムに悪影響を及ぼし、結果的に食物に影響を及ぼすという人為的な側面もある。 ㊦ 二点目は、害虫が増加するにつれ農薬を多量に使用するため、それが残留して人体に影響を及ぼす危険性についての研究である。 ㊦ ダイズについて、気温が上昇するにつれて害虫が増大するのが問題となっている。ダイズの収量には影響がないが、農薬の使用量に影響を及ぼしている。特に南部において気温が上昇すればするほど、農薬の使用量が上昇したことが分かった。つまり、これは人体に対する危険度が高まっていることを意味している。 < 栄養 > ㊦ 作物に含まれる炭素、窒素や硫黄等の物質の含有量を作物ごとに調査している。二酸化炭素が増加すると、作物中の炭素の含有量が増加しているのに対し、窒素、カルシウムやリンは減少する。ただし、窒素を蓄えられるダイズ、ピーナッツ、アルファルファ等の作物の場合、二酸化炭素の量の変動による影響は少ない。
--	---

- ㊦ コメについて農地での実験結果を示す。ここでは 18 種類の品種のコメを検討しており、日本のコメも含まれている。中国で栽培されているハイブリッド米も含まれている。現状の二酸化炭素量と 570ppm（今世紀半ばに到達）での状態を比較すると、タンパク質の含有量については CO₂ 濃度が高い方がタンパク質の量が全体的に減少する。平均すると 10%減少している。
- ㊦ コメに含まれる鉄分についてみると、品種の中には二酸化炭素量の増減による影響を受けなかったものもあるが、多くの品種で鉄分の含有量が減少したことが分かる。
- ㊦ 中国のコメの品種について調べた結果、4 つのビタミン（B1、B2、B5 と B9）すべてが減少することが分かった。一方、ビタミン E については、二酸化炭素が増加するにつれて増加することが分かった。
- ㊦ コメから主に栄養素を取っている国、つまり貧しい国ほど、コメを介して二酸化炭素量の変化が人の健康に影響するという関係があることが分かった。日本の場合、1950 年代は（食事の）50～60%はお米を消費していたが、今はお米の消費量が減少したため、栄養素の変動の影響がその分減少している。
- ㊦ 10 年前にコムギの品質やタンパク質に関して同じような調査をして公表している。

< コメ収量 >

- ㊦ 収量に関しては、一般論として二酸化炭素が増加するほど植物は大きくなる。理屈としては収量も増加するように感じられると思うが、Red Rice や Wild rice 等は、二酸化炭素の影響を大きく受け、収量も増加する。一方、一般的に農家が栽培しているコメはそれほど収量が増加しないことが分かっている。

D.H. Fleisher 氏

- ㊦ 雨水に頼る農家もいれば灌漑システムを活用する農家もあり、色々と条件は異なるが、二酸化炭素の影響を調査したところ、ジャガイモの場合は 50%、コムギは 40%収量が減少し、収量に関してかなりの影響があることが分かった。
- ㊦ ジャガイモの研究では、植付日や肥料を与えるタイミング等のマネジメントによる影響の方が、気候の影響よりも大きいインパクトがあることが分かった。
- ㊦ 冬コムギについては現在研究中である。
- ㊦ EU は適応に関する研究は進んでいるようであるが、米国ではまだまだデータが不足している。播種日、灌漑の量・程度・範囲等に関する総合的なデータの集積が必要である。
- ㊦ モデルを利用すると、その土地で栽培されている作物よりも、もっと適切な作物があることが推定できるというメリットがあるが、何を栽培するか、栽培できるかは、インフラ、社会制度、交通、農家の慣習等、様々な要素も絡んでくる。モデルの結果から、単純に気候がこう変化するので、この作物が良いというようにはならない。ただし、どの作物が適しているかについてある程度のことは推定できる。
- ㊦ 土壌の性質に関するデータについて 36 m²の解像度のデータがある。SSURGO³¹と呼ばれる、人が 20 年～100 年という長年かけて足を運んで集めたデータで構成されたデータベースであり、それをもとに 36 m²の解像度を実現している。最近自ら調査した土壌データと比較すると、SSURGO のデータと近い結果が得られた。SSURGO のデータの精度は高いと思う。
- ㊦ AgMIP³²では、ジャガイモのパイロットプロジェクトを手がけている。総勢 28 人で、9 種類の作物について調査を行っている。

³¹ https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_053627

³² <https://www.agmip.org/>

- 影響評価に利用する気候モデルの選択やダウンスケーリングやバイアス補正方法について
 - 最近では CMIP5、そして南アメリカが使用している CCAF というモデルからシミュレーションを行っている。
 - ダウンスケーリングやバイアス補正に関する課題についてはこちらでも同様に認識している。今後は、CMIP5 の 5 つの GCM を使用したいと思っている。
 - Weather Generator からのデータをダウンスケールして使用することもある。
- ・社会実装や自治体等との連携について
- 影響評価結果を社会実装するための取り組み
- ARS は米国農務省の一部であるため、もちろん社会実装することも求められている。州や郡に米国農務省のオフィスがあり、そこには農業エクステンションオフィスも配置され、プレゼンや学会誌を通じて情報発信する役割を果たしている。
 - 州・郡ごとに栄養学の専門家もいるので、州政府や地方自治体と協力して農家や市民に情報を提供している。我々としては研究成果が社会で実装されることは大変喜ばしいことだと思っており、実装や普及のための努力は惜しまない。
 - ARS 自体は農家とそれほど直接的な接触があるわけではないが、ARS の使命は米国の農家に情報を提供することにある。セミナー、ポスターや出版物を通じて研究成果を提供するようにしている。100 を超すリサーチセンターが各地にあるため、そこで情報発信や実装を行っている。
 - 農業や林業に対する気候変動の影響について、農家や林業の業者に伝達するために前農務長官が開始した気候ハブという組織がある。その気候ハブも別途活動している。
 - 米国特有の現象だと思うが、農業エクステンションオフィスや ARS の職員が農家と接触する場合や社会実装を行う場合に問題になるのが、政府に対する拒否反応である。政府が口を出す度に、何か干渉される、または制約されるのではないかと受け取られる。そのため、役に立つデータであっても容易に提供できるわけではない。
 - 農家によっては、政府職員に近接することは嫌いながらも、実経験から気候変動の影響に関してどういう現象があったなど、具体的な情報を提供してくれる人もいる。
 - 500 人の農家に協力してもらい、こちらのモデルを提供してコットン、ダイズやジャガイモの栽培に使用してもらった。農家の人もモデルを使用できるようになった。なお、米国の農家は規模が大きく、5000 エーカー単位の生産者もいる。このため、播種前の段階からビジネスとしてデータが必要になるので、こういったモデルを利用する。
 - 農家は大規模栽培を行っているため、いつ種を播くか、どの種類の種を播くか、そして種と種の間隔（スペーシング）、また播き方によって注文する種子の種類や量が変わってくる。そして種を播く時期や灌漑の方法によって作物の成長の度合いも変わるので、肥料や農薬の散布の仕方や量も変わってくる。したがって、彼ら自身がモデルを使用できないと合理的な農業経営ができない。
- ・その他
- 気候変動に応じて研究施設を相応しい場所に移動させる予定について
- 温室があるので、気候が変動しても温室で調整できる。また、米国全土に施設があるため、わざわざ施設を移転させなくても単に中身を変えれば良い話である。本当に動かす必要があるならば、どこにどの程度移転させたらいいのか、その影響はどうかを予測できないといけないため、施設の移転は現実的には難しいのではないかと。
 - ARS 自身、40 数種類の温室施設を持ち、また 50 の畑を保有している。米国農務省からは他の施設ともう少し緊密に連携を取るよとの指示は出ているので、連携を強化する必要があるとは思っている。

2.3.2 米国農務省（USDA）

（１）米国農務省でのヒアリングの概要と特徴

米国では 2009 年に発令された大統領令 13514「環境・エネルギー及び経済における連邦政府のリーダーシップ」により、米国農務省を含む連邦関連機関が適応計画を策定することとなった。本令を踏まえ、2012 年に米国農務省より「USDA Climate Change Adaptation Plan 2012」が公表された。2014 年には米国農務省が 2012 年度の更新版である「USDA Climate Change Adaptation Plan 2014（以下、CCAP）」が作成された。

このように米国農務省では、既に適応計画を策定しており、またその改訂も実施している。したがって、米国農務省による適応計画の策定、進捗管理、課題、並びにその他ノウハウについてヒアリングを行うことは非常に有効であると考えられる。そこで本調査においては、米国農務省にヒアリングを実施した。

表 2.3-3 米国農務省でのヒアリングの概要

項目	内容
既に生じている影響や被害	- 近年、大規模な干ばつが発生しているため、気候変動の影響を農家が肌身で感じられるようになってきた。農家は水資源の管理や生産性への影響に関心を持ち始めている。 - 作物の品質に関してはそれほど関心が高くない。気候変動がむしろ収量を増加させている側面が見られる。
適応計画（CCAP）の進捗管理	- 計画の中で関係する部分のみを毎年行使していく方針である。 - 林業、リスク管理、自然資源の保護その他の分野毎に米国農務省の組織があり、各組織で適応計画を作成している。米国農務省はこれらを統合した計画を毎年 6 月にホワイトハウスへ提出することが義務付けられている。
適応計画（CCAP）を運営する上での重要な点	- 計画を立案することで、物事を戦略的に考え、気候変動に対して長期的な視点からどう対応するかを考えられるようになった。 - 気候変動そのものに対する理解が深まり、また、リスクや将来性その他の対策等に関して当事者がまとまって話し合い、対応ができるようになった。
気候予測情報	米国農務省では気候予測は実施しておらず、NOAA、NASA や NSF 等の専門組織から情報の提供を受けている。
影響評価情報	- 農業分野の影響評価については、パートナーシップを通じて実施しており、各機関から協力を得ている。 - 法律で 4 年ごとに影響評価情報の更新が義務付けられている³³。
不確実性の伝え方	- 不確実性の伝え方に関する問題の核心は、農家は気候変動の情報について誰を信用するかという点にあるのではないかと。 - 肥料の量、種子の選び方、機械、農業の計画立案等に関するコンサルタントが民間に多数おり、米国農務省は民間部門を利用し、情報を提供することに重点を置いている。
社会実装	< 情報提供 >

³³ 最新版：Climate Change and Agriculture in the United States: Effects and Adaptation(2013)

項目	内容
	③ 気候変動について、農家にとって重要なデータ、例えば季節変動、降雨量、降雪量、気温変動、その他の予測情報を提供している。 ④ 米国農務省のスタッフは米国全土に 9 万人おり、さまざまな内部及び外部の専門家等がいる。米国農務省が一体となり、農家が必要としている情報を提供するよう取り組んでいる。 < トレーニング > ③ 技術専門家に対するトレーニングや情報提供も行っている。 ④ 専門家のトレーニングについては、オンラインで行う場合と会場で行う場合がある。 < 農業エクステンションサービスセンター > ③ 大学に農業エクステンションサービスセンターがあり、農家と米国農務省の職員を教育するために大学を活用している。
気候ハブ	< 目的と役割 > ③ 地域によって適応策等に関する情報ニーズが異なるため、このニーズに答えるべく気候ハブが設立された。 ④ 気候ハブは必要な場合に情報を提供できる情報源としての機能を果たしている。 ⑤ 米国農務省が特定の作物に焦点を当てるのではなく、気候ハブがその地域で栽培される作物全体をカバーするようにしている。 < 人的規模 > ③ 気候ハブは全国に 10 ヶ所あり、1 ヶ所につき 4～6 人が配置されている。米国全土には 40～60 人がおり、農家や企業との橋渡し役になっている。 ④ 気候ハブの人員は全国で 60 人ほどだが、米国農務省のオフィスが全 50 州に遍くあるので、そのスタッフや情報を活かせば農家と直接接触し、情報を伝達できると考えている。
CCAP への農業者の反応	③ CCAP は米国農務省の内部文書として作成された計画であるため、企業等は自分たちに関係する部分について目を向ける程度の利用に留まっている。 ④ 農家は計画の有無についてはあまり興味がない。ただし、個別の問題、例えば耐性のある作物の開発、水管理に関する新しい方法、土壌の品質保持の方法等については関心が非常に高い。

(2) 米国農務省での質疑

- ・ USDA Climate Change Adaptation Plan 2014 (以下、CCAP 2014) について
Climate Change Adaptation Plan のアップデートについて
- ㊦ USDA Climate Change Adaptation Plan についてこの中の関係する部分のみを毎年更新していく方針である。
- ㊦ 組織が複雑なため、さまざまな適応に関する計画があるが、共通しているのは組織として明確に気候変動の問題を一貫して取り上げ、一貫性のある形でその内容を把握するということである。
- 気候変動による影響評価 (Climate Change and Agriculture in the United States: Effects and Adaptation) について
- ㊦ 当該資料は National Climate Assessment の成果物で、法律で 4 年ごとの更新が義務付けられている。現在次のバージョンの公表に向けた作業を進めているところである。
- 11 の研究機関の研究概要及び適応計画における役割について
- ㊦ 米国農務省自体が非常に大きな組織で、林業、リスク管理、自然資源の保護その他の分野毎に組織があり、各組織で適応に関する計画を作成している。これらを統合した計画を米国農務省がホワイトハウスに提出している。
- ・ CCAP の策定や運用過程について
科学的知見について
- < 気候予測 >
- ㊦ 米国農務省には環境の専門家、農業の専門家はいるが、気候変動の専門家はいない。したがって、米国農務省では気候予測は実施しておらず、NOAA、NASA や NSF 等の専門組織から情報の提供を受けている。
- ㊦ 米国農務省の特長は、農業に実際に適用するために必要な情報を収集、提供する点にある。このような外部組織から得られた情報を更に深化し、実用化することが米国農務省の作業の中心である。また、農業分野への情報の適用に関しては当オフィスが監督する体制となっている。
- < 影響評価 >
- ㊦ 農業分野の影響評価については、パートナーシップを通じて実施しており、各機関から協力を得ている。農業や畜産、森林等に及ぼす影響を評価している。
- ㊦ 米国と世界規模での食物の安全性や食の安全保障の観点から、作物の育成のみではなく、その貯蔵、流通、運搬、販売その他の工程すべてを通じた食の安全性について調べ、気候変動が及ぼす影響について調査している。
- ㊦ 研究を行っているのは科学者で、各分野から専門家が集まり、影響について評価・調査している。
- ㊦ 気候変動に対する適応計画を作成すると同時に、2010 年から Science Plan (科学プラン)³⁴も作成して並行して作業している。このプランでは、我々が行っている影響評価等の作業の適合性、方向性、将来あるべき姿について基本的な立場から見直すことを行っている。

³⁴ https://www.usda.gov/oce/climate_change/science_plan2010/USDA_CCSPPlan_120810.pdf

適応計画の進捗管理について

- ㊦ 毎年 6 月にホワイトハウスに行動（アクション）のリストの提出が義務付けられており、進展具合と新規の問題について報告を行っている。
- ㊦ 当オフィスの役割は、各分野のプランの作成状況を確認し、促進し、また問題が生じた場合はそれを調整することである。

自治体や農家、企業からの問い合わせや反響について

- ㊦ CCAP の精神は、農家や自治体からポジティブに受けとめられていると思う。ただし、CCAP は内部文書として作成され計画であるため、企業等は自分たちに関係する部分について目を向ける程度の利用に留まっている。そのため、計画全体に対する反応はあまりはっきりとは分らない。
- ㊦ 農家は計画の有無についてはあまり興味がないようである。ただし、個別の問題、例えば耐性のある作物の開発、新品種の開発、水管理に関する新しい方法、健全な土壌の保持の方法等については関心が非常に高いようである。

・ CCAP の推進のための地方自治体や農業従事者との協力体制について

気候ハブ以外の取組みについて

< 情報提供 >

- ㊦ 我々が提供するサポートの一環に、気候変動について、どのような種類の気候変動が起こるのかを知らせることが挙げられる。例えば、農家にとって重要なデータ、例えば季節変動、降雨量、降雪量、気温変動、その他の予測情報を提供している。
- ㊦ 各分野の予測が統一した基準で行われているようにすることも当オフィスの職務の一部である。
- ㊦ 米国農務省のスタッフは米国全土に 9 万人おり、作物種子の専門家、自然資源の専門家、請負業者や外部の専門家等がいる。米国農務省が一体となり、農家が必要としている情報を提供するよう取り組んでいる。

< トレーニング >

- ㊦ 技術専門家に対するトレーニングや情報を提供することも行っている。
- ㊦ 専門家のトレーニングについては、オンラインで行う場合と会場で行う場合がある。また、関連する業者や専門家の技量を高めるためのさまざまなサービスを提供している。

< 農業エクステンションサービスセンター >

- ㊦ 米国の場合、大学に農業エクステンションサービスセンターがあり、農家と米国農務省の職員を教育するために（大学を）活用することができるようになっている。

< その他 >

- ㊦ ハンドブック「ADAPTATION RESOURCES FOR AGRICULTURE」³⁵は、内部の職員のために作成したものであるが、研究成果の実装のためにも役立っている。このハンドブックは、現場の農家や事業者等が、研究成果を実際に実地に適用し、作物の抵抗性や適応性を高める上で使用できるような情報を具体的に記載したものである。
- ㊦ ハンドブックに記載されている情報の特徴は、具体的な手法を明確に示している点にある。例えば、農家は、実際にどの作物を植栽し、気候変動にどう対応させるか、どれほどの価格で入手できるかということを知る必要がある。研究者が農家に情報を渡

35

https://www.climatehubs.ocs.usda.gov/sites/default/files/adaptation_resources_workbook_ne_mw.pdf

す際、そのことも考え合わせなければならない。ここに記載されている情報は、その手がかりになるものだと思っている。

気候ハブについて

< 設立の根拠 >

- ① 地域によって適応策等に関する情報ニーズが異なる。ニーズに応えていく必要があったが、従来は対応出来ておらず課題であった。そこでこのようなニーズに答えるべく気候ハブが設立された。
- ② 気候ハブは、情報を提供するリソースベースとしてだけではなく、必要な場合に情報を提供できる情報源としての機能も果たしている。
- ③ 米国農務省が何か特定の作物に焦点を当てるのではなく、気候ハブがその地域で栽培される作物全体をカバーするようにしている。
- ④ 気候ハブのような取組みを行っている政府機関として、内務省では地域別に Climate Center を設立し、野生動物の生態に関し、気候変動がどのような影響を及ぼすかについて調査している。

< 人的規模 >

- ① 気候ハブは全国に 10 ヶ所あり、1 ヶ所につき 4~6 人が配置されている。つまり米国全土には 40~60 人がおり、農家や企業との橋渡し役になっている。
- ② 気候ハブの人員は全国で 60 人ほどだが、米国農務省のオフィスが全 50 州に遍くあるので、そのスタッフや情報を活かせば農家と直接接触し、情報を伝達することもできると考えている。相互の連携を形作るため、ハブを活用している。

< 気候ハブの今後 >

- ① 現在、まだ米国は政治的・行政的に流動的な時期にあるので、気候ハブの将来について明確な回答をするのは難しい。少なくとも米国農務省としては、気候変動に関して今まで取り組んできた作業に関してすべてホワイトハウスに伝達し、訴えかけていくつもりである。

不確実性の伝え方について

- ① 不確実性の伝え方に関する問題の核心は、農家は気候変動の情報について誰を信用するかという点にあるのではないかと思う。米国の場合は、肥料の量、種子の選び方、機械、農業の計画立案等に関するコンサルタントが民間に多数おり、米国農務省は民間部門の情報源を利用する、つまりこういった人材を資材として活かすことに重点を置いている。

気候ハブの他国や他機関等との協力体制等について

- ① 気候ハブの取組みに興味を示してくれる国も多い。例えば、カナダの場合は米国北部の州とカナダの大学が提携して、気候変動に関する研究や調査を共同で行うような方向性が生まれてきている。
- ② メキシコも気候ハブに興味を示しており、中南米・カリブ海諸国も各国にハブを設立する計画がある。ブラジルも関心を示している。

温暖化による影響が出始めているという関心や現場の声について

- ① カリフォルニアで大規模な干ばつが発生したが、カリフォルニア以外に目を向けても、米国中西部では 2012 年、また米国南部では 2011 年に干ばつが発生した。気候変動がどれほど大きな影響を及ぼしているかが肌身で感じられるようになってきた。水管理や肥料の使用法についての研究の必要性が認識され始めてきている。

- ㊦ 干ばつが発生したことで、農家は水管理や生産性への影響に関心を持ち始めていると思う。聞く耳をもって接してくれるようになってきている。
 - ㊦ 作物の品質に関してはそれほど関心が高くないようである。米国で起こっている目を引く現象として、気候変動がむしろ収量を増加させている側面が見られるというものがある。品質に対する関心はそれほど高まっていないようである。
- その他
- 総論として米国農務省として適応計画を策定し、運営していく上で最も重要な課題について
- ㊦ CCAP の取組みとして2つの重要な点を挙げることができる。一つ目はプロセスである。計画を立案することで、物事を戦略的に考え、気候変動に対して長期的な視点からどう対応するかを考えられるようになったことである。
 - ㊦ 二つ目は、具体的な情報が収集できたことである。この取組みにより、作物、土壌や水の状況が分かってきた。これまでは行政の各分野の担当者は科学的な研究をしている専門家との接触が少なく、理解も浅かったという問題があった。この取組みによって気候変動そのものに対する理解が深まり、また、リスクや将来性、その他の対策等に関して当事者がまとまって話し合い、対応ができるようになった。
 - ㊦ 米国農務省の APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service) という組織が適応計画を作成したが、その作成過程でどのような種類の害虫や環境汚染物質が存在するかが分かってきた。それを基に調査機関と相談し、対策について具体的に話し合うことができるようになった。適応計画を作成すること自体にプラス効果があったということである。
- 2016 年 6 月に発生した干ばつについて、米国農務省としての対応について
- ㊦ 干ばつの結果、NDRP (National Drought Resilience Partnership)³⁶という仕組みが組織された。その仕組みの特長は、問題の先を読んで対策を打つ点にある。予測の質も向上した。そのおかげで、農場のマネジメント、水のマネジメント、土壌の健康状態を予測し、それに先立って手を打つことが可能になりつつある。それが、米国農務省の干ばつに対する支援・対策の一環である。

³⁶ <https://www.drought.gov/drought/resources/national-drought-resilience-partnership>

2.3.3 カリフォルニア州食料農業局（CDFA）

（１）カリフォルニア州食料農業局の概要と特徴

2008 年に当時のシュワルツェネッガー知事が州知事命令（S-13-08³⁷）を発令した。この州知事命令により 2009 年のカリフォルニア気候適応戦略（California Climate Adaptation Strategy）の作成につながった。戦略では、Mitigation（緩和策）は Adaptation（適応策）の一部であるという考えであり、適応策と緩和策を一体的に取り組むこととしていた。その後、2014 年に、カリフォルニア州自然資源庁が他の関連機関とともに、本計画を更新し、セーフガーディング・カリフォルニア（Safeguarding California、以下 SC2014）が策定された。SC2014 には農業分野における取組みも CDFA の検討内容を取り込む形で含まれている。

このようにカリフォルニア州では既に適応計画を策定しており、またその改訂も実施している。このためカリフォルニア州による適応計画の策定、進捗管理、課題、並びにその他ノウハウについてヒアリングを行うことは非常に有効であると考えられる。そこで本調査においては、農林水産業を管轄するカリフォルニア州食料農業局にヒアリングを実施した。

表 2.3-4 カリフォルニア州食料農業局でのヒアリングの概要

項目	内容
既に生じている影響や被害	㊦ 過去 3 年の間にカリフォルニアでは干ばつが発生している。 ㊦ コメの品質に関する気候変動による影響については、特に問題となるようなことは報告されていない。 ㊦ California Central Valley は特に酷暑のエリアであり、熱ストレスによる動物の斃死が発生していると想像される。 ㊦ 干ばつの影響で、家畜が水分を十分に得られない等の理由で衰弱死する事例が報告されている。
適応策の取組み	< 技術 > ㊦ リモートセンシングや精密農業、地表水の保全に関する高効率水利用技術やツール、暑さに強い作物種、Crop Shifting（栽培地の移動）、家畜が快適に過ごすための対策、再生可能エネルギー、炭素の隔離、土壌肥沃度の向上対策など < 制度 > ㊦ 適応策の取組みを進めるために農業者にインセンティブを提供している。 ² The State Water Efficiency and Enhancement Program ² The Dairy Digester Research and Development Program ² The Healthy Soil Program（予定） ² The Alternative Manure Management Program（予定）
農業者による適応策の取組み	㊦ 干ばつが続いたため、コメの代わりにトマトを栽培することが一般的に見られる。
適応策の今後の方向性	㊦ マルチベネフィット（生態系サービスなど）をもたらすインセンティブの提供
適応策に取り組む際の課題	< 情報 > ㊦ 全ての作物や家畜に対しての適応ツールが提供されることが望

³⁷ <https://www.gov.ca.gov/news.php?id=11036>

項目	内容
	まれる。 ㊦ 極端な気温による作物への影響に関する知見が不足している。 ㊦ 気候モデルにおける不確実性が課題である。 < 資金 > ㊦ 適応プログラムのための資金が十分ではない。
社会実装	< ツール > ㊦ Climate Smart Agriculture series (Webinar を含む) を活用した情報提供 (図 2.3-3) ㊦ Cal-adapt を活用した情報提供。郡、自治体や計画立案担当者が主に利用している (図 2.3-4、図 2.3-5) < Climate Analogue > ㊦ カリフォルニア州と似たような気候を持つ他の地域や国の実例からの学び (Climate Analogue)。

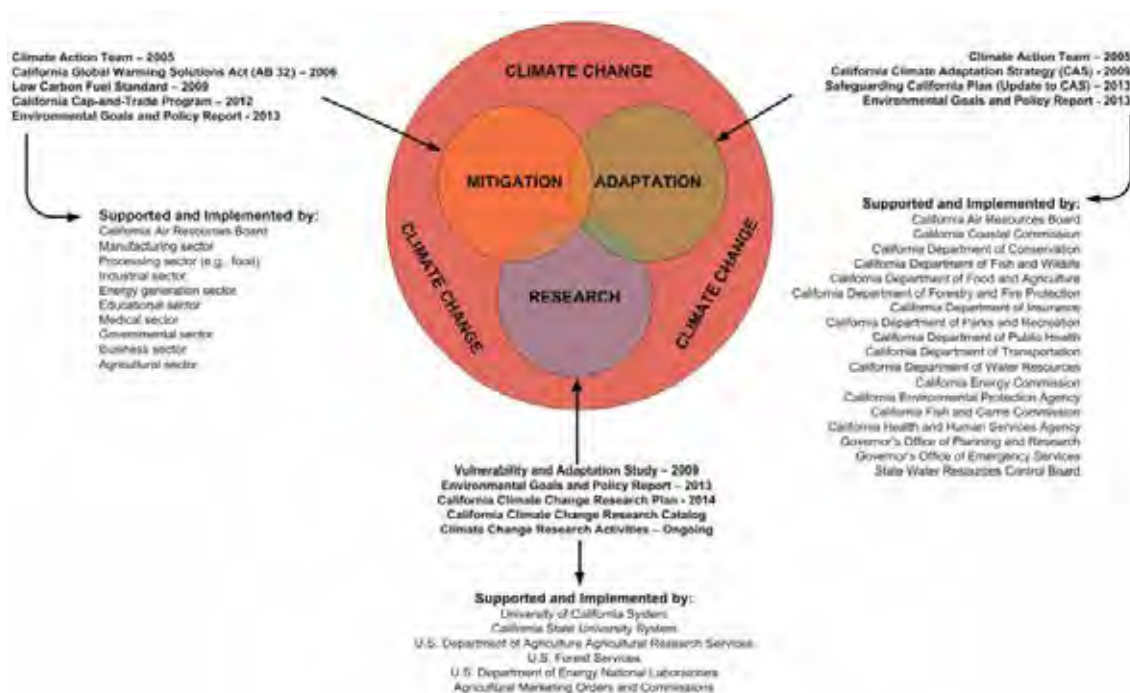


図 2.3-2 CDFA における気候変動対策の関係性

出典：CDFA 資料より



図 2.3-3 Climate Smart Agriculture series

出典： <https://www.cdfa.ca.gov/climatesmartag/>



図 2.3-4 Cal-Adapt のトップ画面

出典： <http://cal-adapt.org/>

WILDFIRE: FIRE RISK MAP



図 2.3-5 Cal-Adapt：森林火災のリスクマップ画面
出典：http://cal-adapt.org/fire/

(2) カリフォルニア州食料農業局での質疑

以下にカリフォルニア州食料農業局での質疑に関する回答を示す。

	・農林水産分野における適応策 / 計画の推進に関する状況 州として適応策 / 計画の策定に取組みはじめたきっかけ 2008 年に当時のシュワルツェネッガー知事が州知事命令 (S-13-08³⁸) を発令した。これは気候変動がカリフォルニアの経済、天然資源、公衆衛生に影響を与えるものとして認めるものである。 この州知事命令は、州機関に適応戦略の作成を命令するとともに、海面上昇、海岸侵食、そして地盤沈下などによるインフラやコミュニティへの起こりうる影響を調査することを命令した。州政府レベルでは、この州知事命令により「Safeguarding California Plan」³⁹の作成につながった。これは州全体にわたる適応戦略であり、3 年毎に改訂されることとなっている。 適応策 / 計画に関する考え方 ここ数年当方が認識しているのは、緩和策は結局適応策に入る部分もあるのではないかということである。温室効果ガスの排出が削減・緩和されることで、気候変動の影響も削減できる側面もあると考えられるため、一緒に考えるようにしている。 大統領が代わり、連邦政府のレベルではホワイトハウスのウェブサイトから気候変動に関する表記は削除された。ただ州の気候変更のポリシーについては、現カリフォルニア州の Brown 州知事の指揮の下、変更点はないので、今後も緩和や適応に関する活動を継続していく。 適応計画に関連する計画や取組み < AgriVision (AG Vision) > 2010 年にカリフォルニア州食料・農業委員会が米国農場トラストとのパートナーシップの元、「California Agricultural Vision」⁴⁰ (以下、AG Vision) プロセスを開始した。 AG Vision はカリフォルニアの農業を今後も持続可能なものにするために我々が最も高い比重を置いているもので、関係者 (ステイクホルダ) 間でのプロセスをまとめたものである。 農業関係者だけではなく、産業の代表者にも働きかけてこのプロセスに参加してもらえよう、ニュースリリース等を送付したりもしている。 < ライス・プロトコル ⁴¹ > コメを生産するときにメタンガスが発生する。メタンガスを削減するための管理手法には、種子を乾燥させる Dry seed (乾田直播) の手法、そして排水を早い段階に行う手法がある。 カリフォルニアには Cap and Trade というプログラムがある。これは CO₂ の排出量が多い生産者からお金を徴収し、対策を導入した農家にそれを分配したり、その他の目的に有効活用する取組みである。 緩和策も適応策もそれほど大きな違いはないと思っている。助成金は緩和策の分野で支給されるが、農家がこの支給されたお金を有効利用して適応策を取るように推奨している。
--	--

³⁸ <https://www.gov.ca.gov/news.php?id=11036>

³⁹ <http://resources.ca.gov/climate/safeguarding/>

⁴⁰ https://www.cdffa.ca.gov/agvision/docs/Ag_Vision_Final_Report_Dec_2010.pdf

⁴¹ <https://www.arb.ca.gov/cc/capandtrade/protocols/rice/riceprotocol2015.pdf>

< 気候変動プロトコル >

- ž 州の気候変動プロトコルは3つのカテゴリーにおいて適応戦略について記載している：
 - ü 政策及びプログラム⁴²： 気候行動チーム
 - ü ローカル&地域的な行動とプロジェクト⁴³： 地域機関のための適応計画ガイドや、計画に気候変動ハザードの緩和策を入れるように地域機関に要請する法律を含む
 - ü 研究及びツール開発⁴⁴： 研究のための州の気候行動チーム、州の気候変動評価、そして計画ツールの開発を含む（例えば、Cal-Adapt⁴⁵： マップベースのツールで潜在的な気候リスクを特定する）

< 研究 >

- ž カリフォルニアで行われている研究活動は、以下の4つのアジェンダに分けて行われている：
 - 2 CO₂ 隔離
 - 2 経済的な費用や恩恵（benefit）
 - 2 害虫に関する予測
 - 2 肥料の調合法（それによる温室効果ガスの削減）

適応策 / 計画の策定に取り組む体制

< 研究者 >

- ž カリフォルニア州は公式な研究コントラクト等を通じて研究機関と協力体制をとっている。2006年にはカリフォルニア州は気候影響プロセスを通じて気候変動による影響の評価を開始した⁴⁶。
- ž 研究者はアドバイザーグループやレビューパネルに参加するように要請されたとともに、政策についてのコメントを提供した。何人かの研究者はClimate Change Consortium groupへの参加が任命された。

< Climate Change Consortium >

- ž カリフォルニア州で収穫できる特産物（フルーツ、野菜、ナッツ）を対象として活動する団体であるClimate Change Consortiumを設立した。
- ž Climate Change Consortiumを設立した背景には、カリフォルニアのためにより優れたビジョンを打ち立てようという動きがあった。その中で、可能な限り持続可能な農業を形成していくことが大きな目的として掲げられている。

取組みを現場に推進 / 普及させるための方策（組織、手法やツール、支援策など）

< 制度 >

- ž CDFA は農場での気候適応戦略を促進するためのいくつかのインセンティブを提供している。これには、灌漑水保全やエネルギー効率向上、酪農の発酵装置、土壌健全化の慣行のための助成がある。これらはCDFAの環境農業・イノベーション・オフィス（OEFI）の管轄である⁴⁷。

⁴² <http://resources.ca.gov/climate/safeguarding/state-policies-and-programs/>

⁴³ <http://resources.ca.gov/climate/safeguarding/local-action/>

⁴⁴ <http://resources.ca.gov/climate/safeguarding/research/>

⁴⁵ <http://cal-adapt.org/>

⁴⁶ http://climatechange.ca.gov/climate_action_team/reports/climate_assessments.html

⁴⁷ <http://www.cdca.ca.gov/oefi>

< 情報 >

- ㊦ CDFA はまた Climate Smart Agriculture series⁴⁸ を活用して適応プロセスに関する情報提供を行っている。

< Climate Analogue >

- ㊦ Climate Analogue というものがある。これはカリフォルニア州と似たような気候を持つ他の地域や国の実例から学ぶというのがコンセプトとなっている。
- ㊦ 例えば、最近温度が 1 ~2 度変化した場所の実例やその管理方法のデータを収集し、それを共有する。その内容をデータベース化した後は、例えば生産者がコメのことについて知りたいと思ったときは、「コメ」の項目をクリックすれば、害虫や水について他の地域が行った実例が一覧表示される。そして、生産者がデータベースの中から情報を取得できるようにすることで、生産者が問題を解決する際にリソースとして活用してもらえるようにする。

< Cal-adapt >

- ㊦ Cal-adapt はウェブサイト上で市民でも誰でも利用することができるツールである。市民の一般の利用に供するものというよりは、郡、自治体や計画立案担当者が主に使っているようである。
- ㊦ Cal-adapt では、農業に対する影響、洪水の被害、地域毎の洪水の分布図等の情報を得ることができる。
- ㊦ サンフランシスコの場合、現在はエアコンが一般的に使用されていない。将来気温が上昇して極端な高温や熱波等の問題が発生した際に、計画立案者が公衆の衛生や健康に悪影響が及ぶのを防止するための政策立案に役立つのではないかと。

管理手法

- ㊦ ウェビナー（インターネットによるセミナー）は非常に人気があり、ウェビナーへの参加申請は、定員 100 名のところ 300 受け付けた（申込率 300%）。人気があることは間接的な評価指標としか言えないかもしれないが、そのような機会を通じて推奨事項（Recommendation）を発信することも評価項目・手法（適応計画の管理）の一つと捉えている。

連邦政府や米国農務省との連携

- ㊦ CDFA は米国農務省と密接に連携しており、特に Natural Resources Conservation Service（NRCS）とともに活動している。
- ㊦ CFDA と米国農務省は土壌健全化サミットを共催した。米国農務省は例えば SWEEP プログラムの改訂に際して、アドバイスを提供する。CDFA は米国農務省の節水カリキュレーターを活用したりしている。
- ㊦ CDFA は米国農務省 気候ハブの脆弱性評価のレビューに参加したり、またアウトリーチ活動のパートナーとなっている。CDFA は Davis の南西気候ハブの運営委員会のメンバーとなっている。

他の州との連携

- ㊦ 他の州との連携は特に実施していない。

大学、研究機関との連携

- ㊦ Climate Change Consortium を設立している。

⁴⁸ <https://www.cdfa.ca.gov/climatesmartag/>

- ㊦ CDFA は研究者と一緒に気候変動に関するフォーラムやカンファレンスを開催している。カリフォルニア州は昨年1月に気候変動シンポジウム⁴⁹を開催した。
 - ㊦ CDFA の土壌健全化サミット⁵⁰を設立している。
 - ㊦ Climate Smart Agriculture Webinar Series を開催している。
- ・農林水産分野における適応策 / 計画の推進に方法について
科学的知見の提供
- < 影響の認知 >
- ㊦ 過去 3 年の間にカリフォルニアでは干ばつが発生したため、年配の農業者等も我々のツールに関心を寄せているようである。干ばつや水害の問題が発生したことは、気候変動による影響に興味を引くきっかけになったのではない。
 - ㊦ カリフォルニアでは害虫が大発生すると業界全体が大打撃を被る。その問題も、気候変動による影響に関心を引くきっかけになっているのではない。
- < 適応策の認知度 >
- ㊦ 適応策は、カリフォルニア州では州知事が必要だと提唱したことで始まった比較的最近の取り組みで、まだ開始されてから 4~5 年しか経過していない。このため、緩和策と比べて適応策を普及させるには時間がかかり、まだ人々が徐々に気づき始めている段階にある。
 - ㊦ 海面上昇の問題等は湾岸地域の居住者にとっては目に見える問題でもあるため、認知度が高まってきているようである。また、ビーチが広がるサンノゼやサンフランシスコには Google 等の大企業もあり、海面の上昇等の問題を気にかける人が増えてきているようである。
- < 気候変動に懐疑的な人 / 協力的ではない人への説得 >
- ㊦ 気候変動が本当に起こっているか懐疑的な人について、最初の会議では研究者が気候変動の状況について説明を行った。次に、関係者をグループ分けし、適応策について今何をする必要があるかについて具体的に議論を交わした。最初は多少抵抗する参加者や、理解しない参加者もいたが、気候変動が今実際に起きているとしたら、我々は何をしなければならないのかについて話し合うようにした。
- 適応策の普及に関する課題
- ㊦ 適応策は特定の作物や地域毎に特定されなければならない。したがって、適応策の導入に際しては、導入される前に実証されなければならない。これは CDFA にとってはチャレンジである。我々は全てのカリフォルニア州の適応策の実証を行う必要があるからである。
 - ㊦ 全ての作物や家畜に対してのツールが提供されることが望まれる。
 - ㊦ 極端な気温による作物への影響に関する知見が不足している。
- ・コメに関する適応策の取り組みについて
コメに関する適応策について
- ㊦ 干ばつ期において、農業者は作付けしないか、あるいはより必要となる水が少ない作物に転換するかもしれない。
 - ㊦ カリフォルニア・ライス委員会のオフセット・プロトコルには、稲作からのメタン排出を削減するためのコメ農業者への選択肢として、早期排水や乾田直播などが含まれ

⁴⁹ <http://californiascience.org/>

⁵⁰ https://www.cdfa.ca.gov/oeffi/healthysoils/docs/Joint_USDA_CDFA_SoilHealthSummitAgenda.pdf

る。

< SWEEP >

- ② SWEEP は特定の作物に対する対策ではない。コメは洪水の多いところで育つため、コメ農業者からの申請は多くない。一般的には、SWEEP ファンドは、マイクロ灌漑（ドリップシステム）の導入や、スケジュール化された灌漑をサポートするツールを導入するために利用される。

< Ag WUE >

- ② Ag WUE プログラムは水資源局によって管理されるものであり、水利用効率改善のための資金を水供給者に提供するものである。この資金は直接的にコメ農業者に提供されることはないが、潜在的には水供給における信頼性や効率の改善によってコメ農業者にベネフィットをもたらす。

気候変動がコメの品質に及ぼす影響に対する具体的な適応策

- ② カリフォルニアにおいてコメの品質に関する気候変動による影響については特に問題は報告されていない。ただし、負の影響はあるかもしれない。

・農林水産分野の適応策の取組みについて

総論として、どのような作物に対して、適応策に取り組まれていますか。

- ② リモートセンシングや精密農業、地表水の保全に関する高効率水利用技術やツール、耐性の作物種、Crop Shifting（栽培地の移動）、家畜が快適に過ごすための対策、再生可能エネルギー、炭素の隔離、土壌肥沃度を向上させる管理の統合などがある。

制度的な取組みについて

- ② 最近 CDFA では環境農業・イノベーション・オフィス（OEFI）と呼ばれる新しいオフィスを設立した。ここでは気候変動に関する様々な対応を行っている。
- ② その中で 4 つのインセンティブを設けた。1 つ目は、State Water Efficiency Enhancement Program、そして 2 つ目は Dairy Digester Research の開発プログラムである。3 つ目は、Healthy Soil Program でこれについては開発中であるが、土壌の有機物を増やし、CO₂ の隔離、土壌の水分の保持率を上げることを目的としている。最後に、Alternative Manure Management Program で、これもまだ開発中であるが、これは GHG 排出量を削減することが目標に掲げられている。

< Dairy Digester >

- ② 今までは家畜糞尿を貯蔵槽に流していたが、その家畜糞尿を発酵装置にかけ再生可能エネルギーに活用しようという動きがある。ただし、発電所（Central power plant）が併設されていないため、発酵装置を牧場に建て、グリッドにつなげるようにしている。牧場に 10,000 頭ほど牛がいれば設置することは可能であるが、1,000 頭規模の牧場が多く、小規模の牧場の場合は採算が合わない。
- ② 費用対効果の観点から、我々が対象としているのは大規模な農家のみで、小規模な酪農家に対しては金銭的な支援その他のサポートは行っていない。発酵装置を導入するのにカリフォルニア州では 300 万ドルほどの助成金を支出しているが、発酵装置 1 台を導入するのに総額 600 万～1,000 万ドルの費用がかかる。

< SWEEP - 緩和策と適応策 >

- ② 農場で化石燃料を使ってポンプで地下水を汲み上げるのにエネルギーを消費している。そのため、温室効果ガスの削減と節水という 2 つの目的を達成するため、このよ

うなポンプを使うのではなく、ドリップ(Drip irrigation)方式の灌漑システムを導入し、センサーを使用したポンプシステムを開発する取組みを行っている。

- ㊦ GHG Reduction Fund という基金があるが、このポンプシステムを導入・改善する補助金はその基金から捻出されている。資金は Cap and Trade の予算が原資となっている。
- ㊦ SWEEP のプログラムの中には、(大規模な酪農家だけではなく小規模な酪農家も) 広範な酪農家を対象にしている CO₂ の削減策やその他の支援策がある。

< Healthy Soil Program - 緩和策と適応策 >

- ㊦ Healthy Soil Program はまだ始動していない。このプログラムの要点は、適応策を導入する農家が補助金を受領できるよう当方がサポートする点にある。つまり、CO₂ の隔離のために堆肥を使用したり、適応策を取ったりした農家は何らかのメリットが得られるように当方がサポートを行うということである。それにより、農家は土壌の肥沃化や土壌の水分の保持率の向上を達成することでその灌漑に役立てることができるのではないかと考えている。

総論として、適応策に取り組むに際して、課題はありますか。

- ㊦ 適応プログラムのための資金が十分でないことや、気候モデルにおける不確実性が課題である。

適応策の今後について方向性はありますか。(好事例、課題、方向性等)

- ㊦ マルチベネフィット(生態系サービスなど) をもたらす慣行のためのインセンティブを提供したいと考えている。また、長期的な気候変動による影響を見据えた意思決定を支援するための農業者へのツール開発、アウトリーチ、教育をサポートしたいと考えている。カリフォルニア州は、GHG 排出量を削減する取組みと適応戦略を統合化しており、自らの農場においてボランティアな適応慣行とともに排出削減を実施するための様々な取組みを行っている。

その他

< Biochar >

- ㊦ Biochar は関心が高まってきているトピックである。ワイン用のブドウの樹を剪定するとき、切り落とされた枝類を処理しなければならない。そこで、それを燃やして電気を発電させるのだが、その時に生成される燃えかすが「Biochar」である。
- ㊦ カリフォルニアには数多くの作物があるので、Biochar がどの作物に適しているのかはまだ調査中の段階である。例えば、殺虫剤や肥料の使用量のデータのように、Biochar を使用したことによりどのような変化があったかのデータが蓄積されれば他の農家も使ってみようかなと食指も伸びるのではないと思う。
- ㊦ Biochar を使用することで土中の栄養分も吸収してしまう恐れがあり、そのため作物による土中からの養分の吸収に悪影響を及ぼしてしまうのではないかと危惧されている。そうすると当然生産量も減少してしまうだろう。今後研究を進めていこうと思っている。

< カリフォルニア州以外の取組み >

- ㊦ Subsurface システムを使ってコメを栽培する研究も行われている。
- ㊦ この灌漑システムでは水を張って水田を作り出すわけではなく、地下にチューブを通して根に直接水分を供給して栽培する。
- ㊦ この手法でアルファルファも栽培しているが、動物がチューブを噛んでしまう問題があった。ただし、チューブから養分を供給することができるので、生産量が増えたという結果が出ている。

- ㊦ 実験段階で、研究を現在進めているところである。コメについては、メタンの点でも非常に良い副次的効果が得られるのではないかと期待されている。
 - ㊦ 大学で実験されている対策として、水田でサーモンを養殖するというものがある。まだ実験を繰り返しているところだが、最初の実験段階では上手くいっているという報告を受けている。
- ・農林水産分野における気候変動を活用した取組み
- 気候変動を活用した新たな取組み事例
- ㊦ 州政府レベルでは、栽培や育種について取組みは行っていない。民間やその他の団体は、育種に関する研究に資金援助をしている。例えば、耐塩のあるレタスや、蜂による受粉を必要としないアーモンドなどが挙げられる。
 - ㊦ CDFA は作物の植替（Crop Switching）を促進する取組みは行っていない。
- 適応策に関する企業との連携の事例
- ㊦ 企業との連携事例は特にはない。CDFA は革新技术について民間企業とはやり取りしているが、特定の製品を農業団体に推奨することはない。
- ICT や AI、IoT を活用した取組み事例はありますか。
- ㊦ 今のところ活用した取組み事例はない。
- その他
- <作物の植替（Crop Switching）>
- ㊦ カリフォルニアでは果樹園は非常に大きなビジネスである。
 - ㊦ アーモンドの木の場合、大体 10 年から 25 年という周期で植え替えを行うのが一般的である。また、フルーツやナッツ等を栽培するときには冬の間に低温期（Chilling Hour）を置く必要があり、中でも特にアプリコット、チェリーやピーチを上手く栽培するには Chilling Hour を長時間取る必要がある。
 - ㊦ その果樹に投資を行った場合、10 年後に気温が上がってしまい、冬季に十分な Chilling Hour が得られないのではないかとということが大きな問題となっている。
 - ㊦ 農家はこの問題を気にしていないが、果樹を栽培・育成する果樹園の経営者にとっては、Chilling Hour が短い品種を開発したいという要望がある。
- <作物の生産地の移動（Shifting）と植替（Switching）>
- ㊦ 「Shifting」とは作物の生産地を移動させることを言う。既にその動きも見られ、新聞でも関連する記事を見かけるようになった。
 - ㊦ これに対して、作物の「Switching」は異なる品種の作物を栽培することをいう。
 - ㊦ 事例として、コメの代わりにトマトを栽培することが挙げられる。トマトは一年生の作物であり、水の使用量が少ない割に一定の収穫量を確保できるようなのである。
- ・その他
- CDFA による干ばつの対策について
- ㊦ カリフォルニア州における干ばつは、全州全体の緊急の節水対策の促進につながった。CDFA では、干ばつにより SWEEP の導入が促進されることとなった。地表水に関する規制（持続的な地表水の管理法⁵¹）が設けられた。この規制は地域のステイクホルダにより地表水の持続可能な管理の協力を依頼するものである。

⁵¹ <http://www.water.ca.gov/groundwater/sgm/>

動物への影響について

- ㊦ California Central Valley という巨大な谷があるが、このエリアは特に酷暑のエリアなので、熱ストレスが動物に加わり動物が死んでしまう現象は、実際に起こっていると思う。実際に計測したわけではないので、細かい数字は分からない。
- ㊦ 酪農家も日陰を作ったり、大きな扇風機を建てたりして動物が受ける熱ストレスを減らす対策は取っているので、そこまで大きな被害は出ていないのではないか。
- ㊦ データを計測したりしているわけではないのではっきりしたことは言えないが、牛乳の生産量や、卵や肉にも影響が出ているのではないか。
- ㊦ 過去 4 年間続いている干ばつの影響で、家畜が水分を十分に得られない等の理由で衰弱死する事例が報告されている。
- ㊦ 米国でこの問題を管轄しているのは州政府ではなく、連邦政府である。例えば、酪農家が水不足のために家畜が死んでしまったときは、連邦政府の Income loss (収入損失) プログラムで亡くなった家畜一頭につきいくらという形で補助金が支給される。

2.3.4 カリフォルニア大学デービス校・世界食料センター

(1) カリフォルニア大学デービス校・世界食料センターでのヒアリング概要と特徴

カリフォルニア大学デービス校 (UC Davis) は農業と食品科学 (フードサイエンス) の分野において世界でトップレベルの大学であり、ここに世界食料センター (World Food Center) が設立されている。その主たる目的は、科学の研究機関、政策機関、企業、NGO、また研究機関を持たない食糧・農業に関する組織に対して、研究で得た情報を外部の提携・協力機関へ発信・提供することである。

上記の役割を担う世界食料センターやカリフォルニア大学デービス校に対して、気候スマート農業 (Climate-Smart Agriculture) や適応策 (農業技術) の研究・普及に関する取組みについてヒアリングを行うこととした。

表 2.3-5 カリフォルニア大学デービス校・世界食料センターでのヒアリングの概要

項目	内容
適応研究に関する取組み	< 全般 > - 干ばつや暑さに強い作物 (コメ、コムギ等) の品種を探す研究を行っている。 - 世界のアーモンドの生産量の 8 割がカリフォルニア州で生産されている。Chilling Hours をどの程度キープできるかがポイントであり、多くの品種を開発するために研究を行っている。 < コメに関する研究 > - 気候変動の影響を考慮に入れた耐暑性品種の開発、及び水の管理に関する研究が行われている。 - メタン対策として稲わらの管理について研究している。 - 未熟粒や胴割れ、デンプン質に関して研究を行っている。 < 水管理に関する研究 > - 水資源は気候スマート農業 (Climate Smart Agriculture) の観点からも優先順位の高いテーマであり、カリフォルニア大学デービス校でも水管理に関する研究を行っている。
ICT や AI、IoT を活用した取組み事例	< CIMIS - 灌漑予測システム > - 灌漑の予定を立てるのに役立つシステムがある CIMIS がカリフォルニア州から提供されている (図 2.3-6)。カリフォルニア大学デービス校も調査のためにカリフォルニア州より資金援助を得ている。 < ビッグデータの利用 > - 予測モデルを構築するためにビッグデータを活用しようという動きがある。カリフォルニア大学デービス校では何百という農家から水の使用、肥料の使用について実際のデータを入手・分析し、それを基にモデルを作成している。
見られる適応事例	- 価値の低い作物、例えばトマト栽培をやめてクルミに切り替える等の動きがある。 - ワイン生産者はカリフォルニア州の今の気候に似た土地を探した結果、オレゴン州に土地を購入した。ブドウの栽培適地が北上し、気候・天候の違いで大きな影響が出るため、対策に乗り出したのではないかと。
社会実装	< ツール > 生産者が活用できるようにウェブサイトを作成している。様々な会議に

項目	内容
	参加したり、関係者と会合を開いたり、その他ツールに関する情報を見ることができる（図 2.3-7、図 2.3-8）。 <伝え方> ① 関係者への情報提供の方法については、ウェビナーの開催やレポートの発行、それにセミナーの開催などがある。 ② 情報を提供するに際しては、農家がこういったものに優先順位を置かかを考えるようにしている。農家は気候変動にはあまり関心がないので、水の管理や、害虫の対策等、具体的にアプローチする方法を提案すると理解してもらえる。 ③ 生産者の気候変動に関する認知度が低いこともあり、気候変動という名称ではなく、気候スマート（Climate Smart）や水利用効率化プログラム（Water Efficiency Program）といった名前でプロジェクトや対策を行う予定である。



図 2.3-6 The California Irrigation Management Information System (CIMIS)のトップ画面 ⁵²

⁵² <http://www.cimis.water.ca.gov/>



図 2.3-7 Agronomy Research & Information Center のトップ画面⁵³



図 2.3-8 Agronomy Research & Information Center - コメのトップ画面⁵⁴

⁵³ <http://agric.ucdavis.edu/>

⁵⁴ <http://rice.ucanr.edu/>

(2) カリフォルニア大学デービス校・世界食料センターでの質疑

以下にカリフォルニア大学デービス校・世界食料センターでの質疑に関する回答を示す。

・世界食料センターやカリフォルニア大学デービス校における取組みについて 世界食料センターについて ㊦ カリフォルニア大学デービス校は農業と食品科学（フードサイエンス）の分野において世界でトップレベルの大学であり、ここに世界食料センターが設立された。その主たる目的は、科学の研究機関、政策機関、企業、NGO、また研究機関を持たない食糧・農業に関する組織が気候変動の影響についての理解を深め、且つ連携し合える体制を作る点にある。 ㊦ 世界食料センターは科学者の集まりではないため、ここでは研究は行っていない。研究で得た情報を外部の提携・協力機関へ発信・提供している。それが当センターの主な目的である。 ㊦ 世界食料センターは科学と政策・産業への影響や関わりに興味・関心を持っている。 世界食料センターやカリフォルニア大学デービス校における Climate-Smart Agriculture や適応策（農業技術）の研究・普及に関する取組みについて < 研究全般 > ㊦ 気温の上昇が作物に及ぼす影響について研究を行っており、干ばつや暑さに強い作物（コメ、コムギ等）の品種を探す研究を行っている。 ㊦ ストーンフルーツ（プラム、モモ、ネクタリン）やアーモンドについても、暑さに強い品種の開発が重要だと考えている。ストーンフルーツの栽培は一定の Chilling Hours（冷却期間）がないと上手く育たないのが問題である。 ㊦ 世界のアーモンドの生産量の 8 割がここカリフォルニア州で生産されているため、この Chilling Hours をどの程度しっかりとキープできるかが大きなポイントとなる。多くの品種を開発するためにさまざまな研究を行っている。 ㊦ 最近は業界が研究に資金を提供してくれるようにもなった。例えば、Central California Almond Growers Association（CCAGA）という団体があり、資金の提供を頂いている。 < コメに関する研究 > ㊦ カリフォルニア州の北部ではコメの研究が盛んで、日本のコメ（すべての品種）についても研究されている。ここから 100 マイル以内の範囲はコメの産地で、ここで生産されたコメは日本にも輸出されている。また、サクラメント市の日本酒の醸造所が日本酒を造る際にこのコメが使われている。またパン屋でもこの米粉を使ってパンを焼いたりしている。 ㊦ コメの研究については、気候変動の影響を考慮に入れた耐暑性品種の開発、及び水の管理に関する研究が行われている。 ㊦ 稲わらの管理についても研究している。収穫した後に残った稲わらを放っておくと冬に水が溜まり、野鳥が群れる水田のような池が形成される。その溜まった水からメタンガスが発生してしまうことが問題となっている。カリフォルニア州はその対策として、カーボン・クレジットというプロトコルを発行した。そのプロトコルを使ってできる限りそのメタンガスの発生を抑えられるよう対策をとっている。 ㊦ コメの品質に関する研究についての詳細は判らないが、コメの品質は品種改良で最も重要な点の一つではないかと思っている。特に、米国は日本や韓国等、品質の高いコメを求める国々にコメを輸出しているため、品質に関する研究も検討されていると思われる。最近では未熟粒やひ割れ、デンプン質に関して研究を行っていると聞いている。

- ㊦ カルローズ（Calrose）という品種は、日本の品種を改良して作成されたカリフォルニア米である。短粒米で、日本のコメのように粘り気がある。賞も受賞していて、私はこれが最高品質のコメだと思っている。また、高温耐性の品種の開発や、病気に耐性があるコメ、生産性が高いコメについても研究をしているようである。

< 水管理に関する研究 >

- ㊦ 水資源は Climate Smart Agriculture の観点からも優先順位の高いテーマだと思う。カリフォルニア州は過去 5 年間続いた干ばつ期間をようやく終えたかと思ったら、今度は洪水に悩まされた。干ばつが農業に与えた影響も小さくはなかったが、大量の雨が農業へ及ぼす影響も大きなものがあった。水管理はこれから最も優先順位が高いトピックの一つになるだろう。カリフォルニア大学デービス校でも水管理に関する研究を行っている。

< 普及 >

- ㊦ 生産者が活用できるようにウェブサイトを作成している。内容はカテゴリー別に分かれており、クリックするとトピック毎に表示され、様々な会議に参加したり、関係者と会合を開いたり、その他ツールに関する情報を見ることができる。

現場への情報の提供方法について

- ㊦ 関係者への情報提供の方法については、ウェビナーの開催やレポートの発行、それにセミナーの開催などがある。
- ㊦ 情報を提供するに際しては、農家はどういったものに優先順位を置くかを考えるようにしている。農家は気候変動にはあまり関心がないので、水の管理や、害虫の対策等、具体的にアプローチする方法を提案すると理解してもらえ、彼らの中の優先順位を高めてもらうことができると考えている。
- ㊦ 生産者の多くは、GHG や干ばつの影響を身近に経験していても気候変動に関する理解が足りないところがある。CDFA と当方でプロモーションしようとしているのが、例えば気候変動ではなく、気候スマート（Climate Smart）、水利用効率化プログラム（Water Efficiency Program）やカーボン・クレジット（Carbon Credit）といった名前に替えてプロジェクトや対策をやろうとしている。

関係者とのコンタクトの取り方について

- ㊦ 業者関係者と連絡や交流時を行う際の方法・手段として通常行っている連絡方法は、1 対 1 のパーソナルな方法であり、個別にコンタクトしてスピーチをしてもらったりしている。
- ㊦ もう少し幅広い関係者と連絡を取る際には（大学を経由して連絡する場合等）、別のルートがある。カリフォルニア大学には複数のキャンパスがあり、Cooperative Extension Specialist という専門家を配置するプログラムがある。これらの専門家は研究も行い、且つ農家とコンタクトをとる役割も担っている。
- ㊦ 郡（County）毎に Farm Adviser もいて、農家と直接コンタクトを取りながら様々なアドバイスを行うといった方法もある。
- ㊦ 生産者に直接コンタクトするときには、業界団体や組織を通じて連絡する場合もある。例えばカリフォルニア州の場合、Almond Board of California というアーモンドの業界団体を通じてコンタクトを取ることもある。また、中には研究資金を拠出している協会もある。
- ㊦ 他のコンタクトのチャネルとして、生産者の農場で直接研究を行うことで関係を築く方法もある。
- ㊦ キャンパスには Advisory Board という助言を行うための委員会があり、そこには関係

者がつめていて連絡・交流を図る方法もありえる。例えば、食品関係の科学者に食品会社の人が足を運び、植物科学者の元には種子を取り扱う企業の人が足を運ぶ、といった具合である。

- ㊦ その他にも大学が業界関係者を対象としたコースを開講していることも情報提供の一つの手段といえるかもしれない。例えば、収穫後の管理についてのコース、果物や野菜品質と安全性を研究テーマにしたコース、Seed Breeder(種の育種者向け)のコース、さらに分子生物学のテクノロジーに関するコースといったものがある。Certificate(認証)のコースもあり、例えば水資源の管理についての技能を認証するコースもある。

・カリフォルニア州との連携について

- ㊦ カリフォルニア州の計画に基づき、カリフォルニア州のポリシーである Cap and Trade の目的をどう達成するかについて、カリフォルニア大学デービス校の教授が考察し、レポートを提出している。農業がターゲットをどのように実現していくべきかについて主に記載している。
- ㊦ カリフォルニア州の機関を対象にセミナーを行い、Q&A のセッションも行った。他にも様々な会議やイベントを開催している。当センターは、関係者を集めて話し合う機会を作ることを目指しており、ネットワークを拡大させていく取組みを行っている。
- ㊦ カリフォルニア州全体で運営している灌漑の予定を立てるのに役立つシステムである CIMIS がある。カリフォルニア大学デービス校も調査のためにカリフォルニア州より資金援助を得ている。

・農林水産分野における気候変動を活用した取組み

気候変動を活用した新たな取組み事例

- ㊦ 将来的な方向性としては、今後もより価値の高い作物を育成していくと思う。これらには、ピスタチオ、アーモンド、ブドウ、そしてコメ等も含まれる。逆に今後はトマトや酪農製品などの生産量は減少していくと思う。特にアルファルファや牧草の問題が絡むため、酪農製品の生産は一部減少していくだろうと考えている。
- ㊦ 将来を見据えるとき、判断基準として経済性が大きな要因になっているのではないかと思う。区切りとしては大体 5 年～10 年ではないか。
- ㊦ 農家が実際に 5 年～10 年先を見据えて行動しても、結局のところ気候変動の影響で 5～10 年はすぐにキャッチアップしてしまうという問題がある。そのため、土地の値段、市場での値段もどんどん上がっている中、価値の低い作物、例えばトマト栽培をやめてクルミに切り替える等の動きは表れてきている。
- ㊦ 農家にとって一番重要なのは、エーカーあたりの収益を最大化することだと思う。農産物の値段や生産サイクルを考慮に入れても、例えば果樹園で 20 年間植栽したとき、気候変動の影響が出るまでに 20 年ほどかかるとすると、その間に農家は収益を上げることができるので、作物を切り替えるコストに見合う投資ができたと考えるのではないか。
- ㊦ 気候変動により気温が上昇しても、穀物を 25 年間植えて利益が出るのであれば、農家はそのままその農作物を作り続けるだろう。
- ㊦ ワイン産業について、ワインの原材料となっているブドウは気候に非常に敏感で、温度と降水量によりその質や収穫量に大きな差が出てきてしまう。その対策として、ワイン生産者はカリフォルニア州の今の気候に似た土地を探したが、最近オレゴン州に白羽の矢を立てたようである。オレゴン州に土地を購入し、準備を行っていると聞いている。ブドウの栽培適地が北上し、気候・天候の違いで大きな影響が出るため、対策に乗り出したのではないか。

適応策に関する他機関や企業との連携の事例

- ㊦ 現在、オランダと「Climate-Smart Agriculture」に関する連携について検討しており、ウェビナー（Webinar）を通じた対話を実施している。3回ウェビナーを開始しており、その中で、気候変動の影響について、また塩分濃度（Salinity）、酪農経営（Dairy management）や土壌等が二酸化炭素の隔離や排出量とどのような関係があるか等について対話を実施した。
- ㊦ ウェビナー後は、スピーカーを招待してスピーチを行ってもらっている。その中には、州レベルの政策関係者やオランダなど海外からの参加者も含まれる。また、業界関係者にも参加してもらった。農業従事者以外にも食品の加工業者や食品会社の関係者らも含まれている。カリフォルニア大学デービス校やオランダの Wageningen 大学の研究者も参加した。
- ㊦ 業界関係者や企業が参加している理由として、さまざまな規制があるので、業界がそれにどう対応するかについて意見を聞きたい、共有できる情報があれば共有し、また他の企業の情報についても知りたいと思って参加している企業も多いようである。
- ㊦ Good Corporate Citizen として企業として良いアピールになればとの理由で参加するケースもあるようである。
- ㊦ 業界関係者や企業は、最新技術やその最新技術が市場にもたらすインパクトについて知りたいと思っているようである。つまり、興味があるから参加している、ということである。
- ㊦ ウェビナーの中には、スタートアップ企業も参加しているケースもあった。これは酪農（Dairy）に関するウェビナーの時で、主なスタートアップ企業の参加理由は、酪農市場は拡大し、Digester の技術が発展してきているため、その可能性について知りたいからとの説明があった。しかし、このようなケースは稀である。

ICT や AI、IoT を活用した取組み事例

< CIMIS - 灌漑予測システム >

- ㊦ 灌漑の予定を立てるのに役立つシステムである CIMIS がカリフォルニア州から提供されている。カリフォルニア大学デービス校も調査のためにカリフォルニア州より資金援助を得ている。
- ㊦ このシステムでは、各地に設置された気象観測所から収集した情報をオンラインで誰でも閲覧できるようになっている。農家は ET Co-Efficient という機能を使い、灌漑のタイミングや予定を立てるのに役立つことができる。気温や風速以外にも様々な情報が得られ、農家が灌漑のタイミングや予定等の判断の一助になるように整備されている。
- ㊦ これらのシステムやオンライン情報を通じて、農家がいつ灌漑すべき、または灌漑しなくてもいいのかの判断を助けている。観測・調査対象は主要穀物で、コメも含まれている。コメに特化した情報も提供されている。
- ㊦ 定期的な農家の利用者の割合は 50% に満たないかと思うが、今後は増加すると考えている。その理由の一つは、地下水のくみ上げを規制する新規の規制が導入されたことであり、灌漑をどのタイミングで行うかを正しく決めないと規制に違反してしまうからである。
- ㊦ もう一つの理由としては、ET センサーの開発を挙げることができる。これはカリフォルニア大学デービス校の卒業生が開発したセンサーで、これにより生産者がブドウ畑等で利用できるシステムができたため、利用が増えるのではないかと考えている。
- ㊦ 最近、カリフォルニア大学デービス校の大学関係者、技術系の会社、生産者の 3 者が協働するコンソーシアムが形成された。そこではこういった技術がソリューションになり得るかを検討している。

< ビッグデータの利用 >

- ㊦ ビッグデータの利用については、予測モデルを立てるためにビッグデータを活用しようという動きがある。カリフォルニア大学デービス校の研究者が行っているのは、何百という農家から水の使用、肥料の使用について実際のデータを入手・分析し、さらにそれを基にモデルを作成することである。このような分析により、例えばより効率性の高い肥料を使用するためのモデルを作成したりしている。窒素問題に関しては、ビッグデータを活用することで地下水への影響も軽減できるのではと思っている。
- ㊦ カリフォルニア大学デービス校では水資源に関するモデルも作成している。その際は、例えば都市部や農村部での水の使用、表面水や地下水の利用等、いくつかのレベルに分けてモデルを作成している。水資源と経済の両方を組み込んだモデルを作成し、予測も行っている。

その他

気候変動に関連する取組に対する課題と今後の見通し

- ㊦ CIMIS 等のシステムの利用に際し、若い世代は携帯や遠隔操作機器を駆使し、技術に慣れているので、新しい技術への適応が早いと期待されている。例えば若い世代であればセンサーを使って灌漑のコントロール等を行うことも問題なくできると思われる。
- ㊦ 地下水の汲み上げ、窒素が地中に深く浸透した場合の問題、酪農でガスが発生した時の問題に対して様々な規制が導入されており、農家はそれに対応しなければならない。こういった必要性により、カリフォルニア州の農業全体において最新の技術を利用しようという動きが出てきている。
- ㊦ 連邦政府から出る資金援助はごくわずかで、例えば現時点では、Climate Smart の取組みへの援助しかない。それに対し、カリフォルニア州政府は灌漑システムの管理、Dairy Digester への投資、Healthy Soil プログラムに対し資金援助を行っている。これらはカリフォルニア州が進める灌漑のソリューションの導入に資金援助を行う形をとっている。
- ㊦ 将来の影響評価について、カリフォルニア州内ではしっかりとした気候モデルを使用していないのが問題である。ただし、スタンフォード大学の David Lobell 先生は気候モデルを使用し、緻密な研究をされている。先生は 25～50 年のサイクルで検討されているのではないかと。

2.3.5 米国農務省・気候ハブ

(1) 米国農務省・気候ハブでのヒアリング概要と特徴

米国農務省は、地域への適応に関する情報の普及を行うことを目指して気候ハブを通じた活動を実施している。そこで、気候ハブにおいて、実際にどのような活動が実施されているのかを把握するべく、ハブの一つであるカリフォルニア・ハブに訪問し、ヒアリングを実施した。

表 2.3-6 米国農務省・気候ハブでのヒアリングの概要

項目	内容
目的と役割	< 目的と役割 > - 過酷な気象現象や気候変動に関する事柄を取り扱うことを目的に米国農務省によって 2014 年に設立された。 - 気候ハブの役割は、科学者・研究者と実務家・生産者間の橋渡しをすることであり、生産者に様々な情報を提供することで、生産調整や作物管理方法の改善に役立ててもらうことにある。 3つの主な分野を通じた活動を行っている： 研究と情報の統合、技術交流、ツール開発、実装の手助けとステイクホルダの教育、そしてアウトリーチ < 人的規模 > - いずれの気候ハブもディレクター、ポスドク、コーディネーターを含む人事構成からなり、関連するプロジェクトにおいて、パートナーやステイクホルダと一緒に活動している。 - 通常、常駐スタッフが2~3人いる。 < インフラ > - 新たなインフラは設けられていない。
費用	- プロジェクトに携わるときは様々な質問を受けるが無料で回答するようにしている。 - プロジェクトや取組み、イニシアティブ等が気候ハブの重点分野にあるものは、費用は掛らない。
気候予測情報	気候ハブは気候予測情報を作成する機関ではない。気候予測情報は NOAA や NASA、USGS から情報の提供を受けている。
影響評価情報	- 影響評価情報について最良な情報を可能な限り提供するための活動を行っている。 - 他の情報源と矛盾する入手可能な情報があれば、その両方の適切な部分の情報について提供を行う。
適応情報	我々の活動は、情報やその情報をどのように活用することが可能かを提供することであり、特定の技術の推奨を行わない。
社会実装	< ツールの提供やサポート > - 気候ハブが提供しているツールについて、生産者が理解できるよう説明会を開いたり、共同でウェブベースのインターフェイスを開発したりしている。 < 普及方法 > - 技術支援書やワークショップ、トレーニング、そしてウェビナーなどの形態がある。
課題	< 情報に関する課題 >

項目	内容
	㊦ 気候ハブのホームページ上に気候変動に対応するためのツール等の情報や数がありにも多いため、ユーザーはどれを使った方がいいのか分からないという状況が生まれている。 <組織的な課題> ㊦ 米国農務省の組織が巨大であるため、今何をするべきか、これからどうすべきかの結論がなかなか出せない。 <人的な課題> ㊦ カリフォルニア・ハブのオフィスは人的なキャパシティがないため、ハブの活動を広めるための担当者がいない。 <資金的な課題> ㊦ 資金が常に課題になっている。
今後	㊦ 気候ハブは若い組織で、戦略的な計画の立案や遂行方法についてはまだ模索している段階である。戦略的な計画を遂行する方法を検討する段階に入っている。 ㊦ 今後 5 年間でターゲットにしたロードマップを作成している。ロードマップでは森林、農業、特産品と酪農といった 4 つの問題に焦点が当てられている。

(2) 米国農務省・気候ハブでの質疑

以下に気候ハブでの質疑に関する回答を示す。

カリフォルニア・気候ハブについて

気候ハブを設立するに至った経緯について

- ㊦ 米国農務省には 39 の異なる Agency があり、それぞれ異なる指令に基づいてその責務を果たしている。例えば自然環境に関しては森林や土壌に特化した Agency が存在する。
- ㊦ 気候ハブは、過酷な気象現象や気候変動に関する事柄を取り扱うことを目的に、米国農務省によって 2014 年に設立された。

カリフォルニア・気候ハブの活動目的について

- ㊦ 気候ハブの役割は、科学者・研究者と実務家・生産者（農家、酪農家、森林業者）間の橋渡しをすることであり、生産者に様々な情報を提供することで、生産調整や作物の管理方法の改善に役立ててもらっている。不確実性については、情報提供を行うことでより良い対処ができるように支援している。
- ㊦ 我々は 3 つの主な分野を通じた活動を行っている： 研究と情報の統合、 技術交流、 ツール開発、 実装の手助けとステイクホルダの教育、そしてアウトリーチである。
- ㊦ 我々は 4 つの主なセクターで活動しており、国内の農業に関する関心事項を幅広くカバーしている。この 4 つのセクターとは、作物（特産物）、放牧地、森林、そして家畜と酪農である。

現在のカリフォルニア・気候ハブの人的規模について

- ㊦ いずれの気候ハブもディレクター、ポスドク、コーディネーターを含む人事構成からなる。ハブはそれぞれ特定の分野に注目しており、関連するプロジェクトにおいて、パートナーやステイクホルダと一緒に活動している。
- ㊦ 通常気候ハブのオフィスには常駐スタッフが 2~3 人いるが、カリフォルニア・ハブのオフィスは人的なキャパシティがなく、リソースもないのが現状である。

現場 (Land Manager) が気候ハブからサポートを受けるのにかかる費用について

- ㊦ プロジェクトに携わるときは様々な質問を受けるが、無料で回答するようにしている。プロジェクトや取組み、イニシアティブ等が気候ハブの重点分野にあるものは、費用は掛らない。
- ㊦ 我々の取組みへのサポートや能力開発のための外部のファンドを獲得することも考えている。我々の予算は限られているため、我々の能力を開発するための機会を得たいと考えている。

気候ハブは恒久的な機関か

- ㊦ 気候ハブは永続的な機関であるが、全てのハブは既存の米国農務省の部署によって行政上サポートされている。ステイクホルダのニーズに関するハブのミッションをサポートするためにディレクターとスタッフを雇用するものの、新たなインフラは設けられていない。

カリフォルニア・気候ハブの今後について

- ㊦ 気候ハブは設立されてまだ 2 年という若い組織で、戦略的な計画の立案や遂行方法についてはまだ模索している段階である。運営委員会が設立され、専門家がこの戦略的な計画を遂行する方法を検討する段階に入っている。

- ② 今後 5 年間でターゲットにしたロードマップを作成している。ロードマップでは森林、農業、特産品と酪農といった 4 つの問題に焦点が当てられている。
 - ② その中でも、我々が投資できるプロジェクトの中でユーザーが本当の意味でポジティブな影響を受けられる、成功するようなプロジェクトを取捨選択して投資を行っていきたいと考えている。投資に対して最大のリターンを狙う中で、現場のユーザーや生産者が本当に実行しなければいけないことを浮き彫りにすることが理想的であると思っている。
- ・カリフォルニア気候ハブにおける具体的な取組みについて
- 気候ハブの役割
- ② 農家や牧場主、そして情報を提供したり、広める人等のデータを活用するユーザー間のインターフェイスとして活動している。つまりわれわれは橋渡しの機関である。
 - ② プロジェクトマネージャーが関係者間でつながりが希薄だなと感じたときは、関係者間の橋渡しをするようにしている。それが当組織の責務だと思っている。
 - ② 気候ハブの重要なところは、関係を構築することにある。強い実務的で専門的な関係を構築し、維持するために活動を行っている。主要な米国農務省の機関や、CDEA や CalFire、CDNR 等の主要な州の機関からの代表者で構成される運営委員会を組織している。
 - ② 農家等からの問い合わせについて、その内容が気候ハブに所属するスタッフの科学的知見で対応できるのであれば、直接我々で対応する。そうでないのであれば、適切な科学者と農家をつなげるよう試みる。そのための仲介をする。
- 現場 (Land Manager) への情報や Tool の提供方法について
- < 気候予測や影響予測に関する情報提供 >
- ② 気候ハブは気候予測情報を作成したり、やり取りしたりする政府機関ではない。気候予測情報を作成している政府機関としては、NOAA や NASA、そして USGS を挙げることが出来る。
 - ② 影響予測情報等について、最良な情報を可能な限り提供するための活動を行っている。もし、他の情報源と矛盾する入手可能な情報があれば、その両方の適切な部分の情報提供を行う。我々はマネジメント上の推奨や提案は行わない。また政策的な勧告も行わない。
- < 情報や Tool の提供とサポートについて >
- ② 米国農務省は気候ハブを設立することで、農家や酪農家や森林業者へ情報の橋渡しを行う役割を担っている。具体的な活動としては、生産者がツールを理解できるよう説明会を開いたり、共同でウェブベースのインターフェイスを開発したり、デモンストレーションを行ったりしている。
 - ② 橋渡しをする形で情報やサービスを提供したいとは思っているが、個別の問題が出たときはまずその内容を明確にし、分析を行う。さらに個別の調査が必要だと分かった場合には、適切な研究者を選定し、ツールを開発する等の個別の対応を取る。
 - ② カリフォルニア大学デービス校には専門家が多数いるので、挙げられた研究課題を彼らに提示して個別に対応を取ってもらうというプロセスを辿る。研究の照準を個々のニーズに合わせることで、研究成果を実務に適用できるようにしている。
 - ② 我々の活動は、情報やその情報をどのように活用することが可能かを提供することであり、特定の管理や推奨を行うものではない。情報についてのインターフェイスとして、また橋渡しをする機能を担っている。

本取組みを現場に推進 / 普及させるための工夫等

- ④ 技術支援書やワークショップ、トレーニング、そしてウェビナーなどの形態がある。これにより我々の活動は、技術交換や、ツール開発、そして実装支援に焦点をあてることになる。
- ④ US Forest Service という部署と共同でセミナーやワークショップを開催している。そこでは、気候変動に森林がどう適応するか等について参加者が分かりやすい形で情報を伝達するようにしている。
- ④ 生産者が、当組織が勧めるアプローチとは別のアプローチを採用したいと希望している場合には、それが実現できるようにサポートしている。

現在の取組みや活動における課題

< 情報に関する課題 >

- ④ 気候ハブのホームページ上に気候変動に対応するためのツール等が掲載されている。ツールの情報や数が多いにも多いため、ユーザーはどれを使ったらいいのか分からないという状況が生まれてしまっている。
- ④ この情報過多の問題は農業や林業分野でよく見られ、危険な傾向にあると感じている。米国では情報が多いほど良いと認識されがちだが、私はそれではソリューションに辿りつく道筋がはっきりとせず、危険性を伴うと感じている。
- ④ ユーザーにアンケートやトレーニングを行う際にテストケースを示したり、どのようなツールがあるかを示したりすることは大事だと思うが、逆にユーザーがツールを使用しなかったときになぜ使わなかったのか、その使わない理由を具体的に探るべきだと思う。

< 組織的な課題 >

- ④ US Forest Service 等複数の組織があって膨大な数のスタッフが関わっており、さらに役所的なところがある等様々な要因から、今何をするべきか、これからどうすべきかの結論がなかなか出せないでいる。
- ④ 例えば、森林分野について、どの木を植樹するか、土壌をどう活用するか等、将来を見据えて今すべきことを明確にしていかなければならないと感じている。

< 人的な課題 >

- ④ 通常気候ハブのオフィスには常駐が2~3人いる。カリフォルニア・ハブのオフィスは人的なキャパシティがなく、リソースもないため、ハブの活動を広めるための担当者がいない。そのため、森林管理等の専門家や生物学者等との人的関係を築けていない。
- ④ 他の Soil Service Agency や Field Agency の中には担当者とネットワークを築いている機関もあるが、当気候ハブはまだそれができていない。私は生態学者としてのバックグラウンドがあり、森林や作物の専門知識を有しているため、それを活かすためにも現場の人とコミュニケーションをもっと取りたいとは思っているが、まだそれができていない。

< 資金的な課題 >

- ④ 資金が常に課題になっている。資金があれば取り組むことが可能な課題が多くある。

・その他の機関等の協力関係について

< 総括 >

- ㊦ カリフォルニア・ハブでは、例えば、現場の農家や森林管理者の個々人と、また NRCS の現場の機関やカリフォルニア大学デービス校農業エクステンションセンターの専門家などのグループとともに活動している。
- ㊦ 当方が特定のプロジェクトに関わることもあるが、気候ハブとして独自の戦略やビジョンもあるので、すべてのプロジェクトに対応するわけではない。
- ㊦ トピックによっては、関係者、普及員、フィールドエージェントやマネージャー、そして各種委員会や組織等（例えば、Almond Board や Dairy Industry ）と協力して、当方も参画できるようなものであれば当方も協力するようにしている。
- ㊦ 州の機関やカリフォルニア大学農業エクステンションセンターとともに活動している。
- ㊦ 当方のビジョンや業務範囲から外れるような内容については、例えば大学院生等を使ってケースバイケースで研究を行うといった対応をとっている。
- ㊦ 州と州だけでなく、地域と地域をつなげてより広い範囲で活動できるようにしていきたいと思っている。さらに全米にネットワークが張り巡らされているので、各所と情報交換を行うとともに海外にも広く展開していきたいと思っている。ただし、最近大統領が変わったので、将来については不確実な部分があるのは否めない。

・コメに関する取組みについて

- ㊦ 気候ハブは、特産物、林業、家畜を主な対象としている。このため、コメは研究・観測の対象外である。コメについては専門家もあり、また特別な分野として認識されている。経済効果も高い作物である。このため我々はコメにはあまり焦点を当てていない。
- ㊦ コメに対する適応策としては、気候変動による気温上昇に対して強いコメの遺伝子や育種、そして干ばつに強いコメの遺伝子や育種がある。

・気候変動に関連する主要作物に関する取組みについて

主要作物に関する気候変動に関連する取組み

- ㊦ 気候ハブのもっとも興味のある分野としては、地域特産品についてである。州の経済的な観点から地域特産品に注力したいと考えている。
- ㊦ 我々は特定の作物や特定の品種についての研究や助言を行っているわけではない。汎用性が高く、一般的に利用できるような成果物を作成したいと考えている。例えば、フルーツの生産者や特定の作物の生産者等が幅広く利用できるようなものを目指している。
- ㊦ Climate Smart Adaptation も、ある作物の生産者が広く使えるような汎用性の高いものにしたいと考えている（それに関するレポートも現在作成中）。つまり、管理法、問題への対処法、適応能力、経済的な実効性を俯瞰的に検討することで、イチゴやレタス等の生産者が業界横断的に使用できるものを作成したいと思っている。

取組みについて、今後の方向性を教えてください。

- ㊦ 次の３つの分野に取組みたいと考えている。一つは森林についてであり、森林状態や森林の適応策、そして森林再生などが含まれる。二つ目は特産品についてであり、変化する気候の中で農家がより適応可能となるための情報や、意思決定のためのサポート・ネットワークの提供である。三つ目は畜産分野で、肉用牛や乳牛はカリフォルニア州において主要な産業であるため、カリフォルニア州としても取り組んでいる。

・農林水産分野における気候変動を活用した取組み

気候変動を活用した新たな取組み事例

- ② 気候ハブではマネジメントに関する推奨は行っていない。農場管理計画や投資における変更等を検討するための農業分野において活用できるような情報の提供や活用を行うことは可能である。
- ② 我々のミッションは、良い意思決定をするための科学に基づく情報をユーザーに提供することである。もう少し技術的な側面を取り組むことも可能であるが、我々が焦点をあてているところではない。
- ② カリフォルニア州では水保全が重要な課題となっており、水利用や水利用効率化は農家にとって重要な課題である。対策としてはドリップ方式や埋め込み式ドリップ等などの灌漑システムなどを挙げることが出来る。
- ② なお、森林分野においては、天然の森林が死滅する中で、どのような種の木を植えるべきかについて課題がある。

適応策に関する企業との連携の事例

- ② 現時点では行っていないが、将来的にはあり得ると考えている。酪農に従事する民間企業と接触しているところである。

・その他

米国農務省以外に気候ハブのような取組みを実施している省庁等について

- ② 同様な取組みはないが、気候ハブの活動を補完する連邦政府の機関は存在する。ただし、それらの機関は気候ハブと同じミッションや目的を持っているわけではない。その他の関連する機関としては、LCCやCSC、RISA等を挙げることができる。

既存の普及組織との関係について

- ② 気候ハブには情報を広めるための運営委員会や関連パートナーを有している。これらのメンバーと定期的に情報を交換している。コミュニケーションの頻度は、その時の活動内容に依存する。気候ハブはコンビーナーとして活動している。

森林管理について

- ② 最近カリフォルニアで発生した森林火災が原因で 1 億本を超える枯木が出てしまったことは大きな問題として取り上げられた。山火事等、様々な原因があったが、その火事が農業に与える影響は非常に大きなものがあると認識している。
- ② 森林火災は、農業だけでなく、土壌に影響を及ぼしたり、貯水池の今後の使用法にも影響を及ぼしたりしている。そのことから、生産者も少なからず影響を受けることが予想される。
- ② 気候変動や火災の影響で 1 億本の枯木が発生した、水資源の不足により樹木の産地が北上している、森林火災で大きな被害が出ている等の問題は大きな影響を及ぼしている。森林火災も、近年は従来よりも規模が大きく甚大な被害を及ぼすものが発生する傾向が見られる。

2.3.6 スタンフォード大学

(1) スタンフォード大学でのヒアリング概要と特徴

スタンフォード大学の David Lobell 氏は、米国における農業分野の影響評価における第 1 人者であり、IPCC 第 5 次評価報告書 WG2 に多数の論文が引用されるのみならず、Lobell 氏自身も当該報告書の筆頭著者となっている。また、米国における特に果樹や野菜等における研究者として、ARS の Reddy 氏からも照会を受けた。そこで、米国における果樹や野菜等に関する最新の影響評価研究について David Lobell 氏にヒアリングを実施した。

表 2.3-7 スタンフォード大学でのヒアリングの概要

項目	内容
既に生じている影響や被害	㊦ 東北地域ではリンゴが生産されており、消費者も最近は品質が以前と異なることに気づき始めている。 ㊦ コムギについて、コムギの生産量は毎年大きく変動することもあり、米国の生産者は気候変動に関して認識がないか、薄いように感じている。 ㊦ カリフォルニアのチェリー農家は気候が変化していることを非常に敏感に感じている。 ㊦ 干ばつが非常に深刻な問題となっている。農家は水資源が少なくなっていることを心配している。
影響評価（米国における果樹、野菜の現状）	㊦ 米国において果樹や野菜の影響評価について研究している人が非常に少ない。
影響評価（米国の品質の現状）	< 果樹、野菜 > ㊦ 果樹や野菜の品質に関する研究は行われていない。 ㊦ 品質に対するニーズがなかったからなのかは分からない。品質に関する研究はもっと行われるべきである。 < コメ、コムギ > ㊦ カリフォルニアではコメの品質に関するデータがない。 ㊦ コムギに関する品質のデータはあるものの、実験データに限られる。企業は品質に関するデータを開示しない傾向にある。 ㊦ コメやコムギの品質のデータがあれば活発な研究が可能である。
影響評価(Lobell 氏)	< 果樹、野菜 > ㊦ 果樹は量と品質の両方の面で温暖化に非常にセンシティブだということが分かった。 ㊦ チリングデグリー（Chilling degree）が重要だと考えられてきたが、私が研究した限りでは、それほど重要ではないことが分かった。 ㊦ 果樹やチェリー、アーモンドについて、Flowering time（開花の時期）の気温が大切だということが分かった。 < 適応研究 > ㊦ コムギの適応策について、高温耐性の品種の育成、植栽(Seasoning)の時期をずらしたときの影響・効果等について研究を行っている。
今後の研究課題	㊦ 果樹(tree crop)について、今後 5 年ほどかけてメインの研究テーマにしたい。

項目	内容
気候モデル	< 気候モデル > ㊦ その時にあるモデルすべてを使って影響評価を行っている。 ㊦ どの気候モデルが優れているかについては、まだ実証されていない。 < ダウンスケーリング / バイアス補正法 > ㊦ ダウンスケーリングの手法について、自分たちはそれほど洗練された手法は使っていない。 ㊦ どのようなダウンスケーリング手法を用いるかは、モデルや使いたいデータによってどの手法を用いるかが変わるのではないかな。
社会実装	< 不確実性の伝え方 > ㊦ 気候変動による影響について説明しなくてはいけないときは、例えば、温度が 1 、 2 、 3 上がるとどうなるか、というように分かりやすく説明している。 < 効果的な伝え方 / 説明方法 > ㊦ 可能性はあるが明白ではないことを政策立案者や政治家に説明をする際に二つの方法を取っている： ㊦ 一つ目が、自分が分からない不確実なものを説明するときは、使う言葉に気を付けて一貫性を保ちながら説明するようにしている。 ㊦ 二つ目は、政策立案者に説明するときに重要なのは、彼らが関心を持つことに的を絞って説明することになっている。

(2) スタンフォード大学での質疑

以下にスタンフォード大学での質疑に関する回答を示す。

. 米国における果樹、野菜の影響評価の状況について	
米国における果樹、野菜の影響評価の状況について	
㊦	CIMSANS ⁵⁵ という財団があり、特に果樹や野菜についての気候変動影響評価について調査している。2015 年 7 月にカリフォルニア大学デービス校でモデリングのワークショップが開催された。(出席はしていないが、) 果樹や野菜に対してどのような影響を及ぼすか、またどういったモデルを使うかについて議論したようである。
㊦	果樹や野菜の影響評価について、関連情報があるのではないかと思います色々調べてみたが、米国において果樹や野菜について研究している人がすごく少ない事実に驚いている。
㊦	Eike Luedeling 博士 ⁵⁶ が良い研究をされている。同氏は私よりも沢山の調査をされており、チェリー、クルミ、他の種類のナッツの研究もされているようである。
㊦	この種のレポートや研究はあまり世に出ておらず、データ自体も限られている。そのため、研究者も研究をしたくても思うようにできず、途中で断念してレポートを作成できないのではないかと思います。
㊦	野菜に関してはデータが少ない。カリフォルニア州では果樹に関する影響ばかりに焦点が当たってしまい、野菜に関する調査を怠ってきた感がある。
㊦	野菜に関して言えば、温室で栽培しているところもあり、温室で栽培している場合は温度に対して野菜がどう変化するか等のデータを得やすいのではないかと思います。
㊦	データは野菜や果樹だけではなく、家畜についても収集を行うべきだと思う。そうすれば、データが不足している今の状況が改善すると考えている。
㊦	IPCC の経験から言うと、世界中から著名な人が集まって、今あるデータを用いて議論をしようにもデータ自体があまりない。このため、折角世界中から集まったのに大きな成果が得られなかった。もう少し昔からきちんとしたデータがあれば、参加者間で様々な議論が行え、結果も異なったのではないかと思います。
㊦	コストがかからないのであれば、また日本政府が真剣に考えているならば、実験・実証を更に拡充させていくべきだと思う。例えば、CO ₂ レベルや温度が上がるとどのような影響を果樹や野菜に及ぼすか等について検証を進めるべきだと思う。
米国における果樹や野菜の影響評価における品質の検討について	
㊦	カリフォルニア州では果樹や野菜についての品質に関するデータがない。
㊦	果樹や野菜の品質に関する研究が何故行われなかったのか、ニーズがなかったからなのかは分からない。ただし、品質に関する研究はもっと行われるべきだと思う。
< コメ >	
㊦	コメの品質に興味はあるものの、品質に関するデータに関しては日本の方が良いデータがある一方で、米国はその点については遅れていると思う。
㊦	カリフォルニアでは品質に関するデータがない。
< コムギ >	
㊦	コムギに関する品質のデータはあるが、実験データに限られている。温度を少し上げるとどういう影響が生じるか程度のデータしかない。

⁵⁵ Center for Integrated Modeling for Sustainable Agriculture and Nutrition Security

⁵⁶ <http://www.eikeluedeling.com/index.html>

- ㊦ 米国では民間企業は資金を提供して様々なデータを収集しているが、米国政府はそういったことは行っていない。そのためデータが殆ど公にならないという問題がある。
- ㊦ 企業は品質に関するデータを開示しない傾向にある。データが公に開示されれば、研究も活発になると思うが、まだそういう状況には至っていない。
- ㊦ 逆に日本にそのようなデータがあれば、共有してもらえればもっと活発な研究ができると思う。日本にはそういったデータはあるか。
- ㊦ (日本側) 収量面については、農林水産省で市町村別にコムギ、ダイズや作物の統計を取っており、何十年分のデータがある。品質については、コムギの場合も外観に関するデータしかない。コムギに関しては、内部品質やタンパク質といった、外観では分からない点が問題になっている。当該データは製粉会社しか持っておらず、基本的には非公表のデータである。
- ㊦ これまで何度も民間企業に対してデータを提供してほしいとアプローチしたが、最後には社内弁護士がすごくナーバスになり、データの公表は差し控えたいということになった。
- ㊦ コムギの品質に関するデータが日本にあれば共同研究したいと思う。

・先生の果樹や野菜の研究の状況について

果樹や野菜の影響評価に関する最新の研究成果 / 論文について

- ㊦ 果樹については、以前に勤務していた研究所では色々と研究を行っていたが、スタンフォード大学に移ってからはほとんど行っていない。
- ㊦ 当該論文⁵⁷に関しては、どこからも資金援助がなかったため、個人的な興味として、既存のデータを活用して研究を行い、論文を作成した。論文を作成している時に気づいたのが、米国ではこの点について研究している人がすごく少なかったことである。
- ㊦ 当該論文を作成する中で分かったことは、量と品質、両方の面で、果樹は温暖化に非常にセンシティブだという点である。
- ㊦ 長い間、チリングデグリー (Chilling degree) が重要だと考えられてきた。それは確かに重要ではあるが、私が研究した限りでは、それほど重要ではないことが分かった。
- ㊦ 果樹やチェリー、アーモンドについて、Flowering time (開花の時期) の気温が大切だということが分かった。初夏の時期に気温が温かくなると、収量に対して非常にネガティブな影響があることが分かった。一旦花が咲き、春の終わり頃から夏にかけて温度が上がってしまうと、品質に影響があることが分かった。
- ㊦ アフリカのソルガムという穀物について、降水量と生産量の因果関係について調べた。その結果、降水量が重要で、何日雨が降ったかという日数が重要なのではないということが分かった。つまり、降雨日数は農作物の生産には大きな影響を及ぼしていないようである。
- ㊦ 衛星データを使用してグローバルな規模での収量について分析を行っている。また、極端な気象現象があったときにシステムがどのように反応するのか、そして適応の戦略が上手くいっているかについても研究している。
- ㊦ コムギの適応策について、高温耐性の品種の育成、植栽 (Seasoning) の時期をずらしたときの影響・効果等について研究を行っている。
- ㊦ 果樹 (tree crop) について、今後 5 年ほどかけてメインの研究テーマにしたいと思っている。

影響評価を実施するに際する気候モデルの選択について

- ㊦ 特定の時期について影響調査をしたい場合は、その時にあるモデルすべてを使って影響評価を行っている。そのため、なぜこれを 1 つ使うのか、といった明確な理由はな

⁵⁷ CALIFORNIA PERENNIAL CROPS IN A CHANGING CLIMATE, Lobell et al., 2009

い。

- ㊦ どの気候モデルが優れているかについては、実証がまだされていない。
- ㊦ 現実的な問題として、どのモデルを使用したらよいかという議論はあるが、私はあまり重要視していない。

気候モデルを作成するに際してのダウンスケーリングやバイアス補正方法について

- ㊦ ダウンスケーリングの手法について、自分たちはそれほど洗練された手法は使っていない。どのようなダウンスケーリング手法を用いるかは、モデルや使いたいデータによって変わるのではないか。
- ㊦ どのバイアス補正が良いかについては、あまり強い意見はない。

・社会実装や自治体等との連携について

影響評価結果を社会実装する取組みについて

- ㊦ 米国農務省やランド・グラント大学（カリフォルニア大学デービス校等）では適応策に関する研究センターがあり、社会実装について様々な活動を行っているようである。一方、スタンフォード大学は研究をメインに手掛けている。スタンフォード大学でも適応策の研究をしているが、資金援助をもらって行っているわけではないため、それほど活動ができていない。
- ㊦ 米国農務省はオフィスに適応策のハブとして活用して大学に展開している。

影響評価結果における不確実性の見せ方、説明の仕方等について

- ㊦ 気候変動による影響について説明しなくてはいけないときは、非常にシンプルなシナリオに基づいて説明を行っている。例えば、温度が1、2、3 上がるとどうなるか、というように分かりやすく説明している。
- ㊦ 可能性はあるが明白ではないことを政策立案者や政治家に説明するのは非常に難しい。その際に自分が取っている方法が二つある。
- ㊦ 一つ目は、自分が分からない不確実なものを説明するときは、使う言葉に気を付けて一貫性を保ちながら説明するのが良いのではないかと思う。例えば、「Unlikely」ということを表現する際も、レベルをいくつか分けて表現できるので、それを上手く使いこなすことが大切なのではないかと思う。そうすることで、聴衆は分からないことは分からないが、（内容に）合意はしやすくなるのではないかと思う。
- ㊦ 二つ目は、政策立案者に説明するときに重要なのは、様々なことを説明するのではなく、彼らが関心を持つこと、つまり影響があることに的を絞って説明することだと思う。例えば、「影響は3%前後です」と伝えても、彼らはあまり興味を示してくれない。「影響は5%以上あります」と強く言うことで、政治家等の協力を得やすくなるのではないかと思う。
- ㊦ 科学者の性格とエコノミストの性格を比較すると、エコノミストは物事を誇張して説明する傾向がある。例えば、この対策を導入すれば雇用が増え、経済効果がある等、自信を持って伝達しているから受け入れられやすい。一方、科学者は物事を説明する際に慎重なアプローチ方法を取る傾向がある。きちんとしたデータとその奥にある原因や裏付けがないと、エコノミストのようにはっきりとは主張しない。その結果、受け入れられ難くなっているところがあるのではないかと思う。

・温暖化による影響が出始めているという関心や現場の声について

- ㊦ 米国全体でいえば、東北地域ではリンゴが生産されており、消費者も最近は品質が以前と異なることに気づき始めている。気候変動による影響の認識が高くなってきているように思われる。
- ㊦ コムギについて、米国の生産者は気候変動に関して認識がないか、薄いように感じて

いる。コムギの生産量は毎年大きく変動するので、実際にそれが気候変動の影響なのかどうかを考えたくないと思っている節がある。最近は改善されつつあるが、生産者は保守的であるため、気候変動に興味を示さない傾向にある。

㊦ 他の州も状況は恐らく同じだと思うが、カリフォルニアの状況を中心に言うと、気候変動に関しても、自分たちは真剣に考えたくない、関係ないという態度を取っている。しかし、こういった態度は、最近少しずつ変わりつつある。農家も最近気候が変化してきているのは感じているようである。特にチェリーの農家は非常に敏感に感じ取っているようである。

㊦ 農家は「Climate change = 気候変動」ではなく、「Climate variability」という違った言葉で表現し、それに対応したいと考えている。対応するためには今後どうしたらいいのかということを知りたがっている。例えば、高温耐性の品種にはどのようなものがあるかについて興味があるようである。

㊦ カリフォルニアは他の州とは違い、水資源への依存度が非常に大きくなっている。最近も長期にわたって干ばつがあり、非常に深刻な問題となっている。水資源が少なくなっていることを心配しており、また雪解け水の量も年々少なくなっていることを懸念事項として認識している。農家も早く何とか解決しないといけないと腰を上げようとしている。ただし、水利用に関する規制に関しては、農家は反対の立場を取っている。

・日本の適応計画についてのコメント

㊦ （農業分野以外も含み重大性、緊急性、確信度に関する一覧表を提示）

数多くの点について評価されていて非常に良いと思う。赤の丸の数が非常に多いので驚いた。ただ、赤の丸が多いと優先順位付けが難しくなるのではないか。重大性については、日本において重大とみなされているのか、それとも取組みの重要性のことかを明らかにする必要があるのではないか。

2.4 イスラエル・欧州

2.4.1 イスラエル農業研究開発機構（ARO）

（１）イスラエルの状況

国土の大部分が乾燥・半乾燥地域に属しており、近年、平均気温が上昇している。また、30 を超える極端に暑い日が 1981-2000 よりも 1995-2009 の期間で増加した。年間降水量は、比較的降雨の多い沿岸地域、北部で概ね 400mm、南部で 100mm 程度と少ない（図 2.4-1・図 2.4-2）。したがって、農業用水の確保が必須となっており、節水技術（点滴灌水技術）に根ざした農業が発展している。

主な農産物は、バレイショ、トマト、パプリカ、ピーマン、グレープフルーツ、アボカド、デーツ（なつめやし）、柿となっている。

2013 年のイスラエルの総水使用量は 2,076 百万 m^3 であり、1 人当たり約 257 m^3 。水消費量の約 25% は排水処理から供給され、主に農業分野で利用されている。残りの水需要のうち、25% が脱塩水によって供給されている。脱塩水製造はエネルギー集約的な水製造法であり、2007 年から 2013 年の間に 182%（123 百万 m^3 から 347 百万 m^3 ）増加した。

イスラエルの植林地は 2008 年から 2014 年にかけて 17% 増加した。イスラエルは一世紀前と比べ、樹木が増加した世界でも数少ない国の一つである。

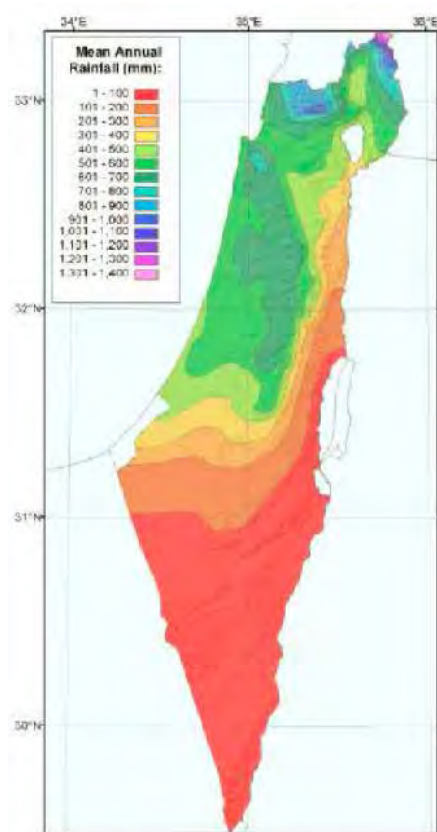
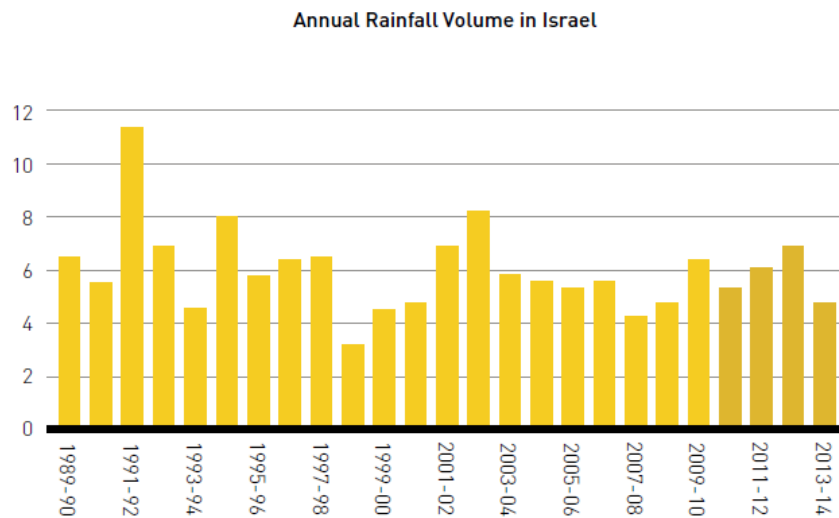


図 2.4-1 1981-2010 年の降水量



1990-2010 年の年平均降水量は 60 億 m³。2011-2014 年の平均降水量は 57.4 億 m³ で僅かに減少している。

図 2.4-2 イスラエルの年間降水量（単位：10 億 m³）

出典：ISRAEL'S TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (2015)

(2) ARO でのヒアリング概要と特徴

ARO (Volcani センター) を訪問した。以下にヒアリングにより得られた知見について概要と特徴を記載する。

< ARO について >

ARO の 6 つの研究所は、植物科学、動物科学、植物保護、土壌、水及び環境科学、農業工学、ポストハーベスト技術及び食品科学を担当している。 ARO はまた、国内各地で 4 つの研究所を運営しており、農産物や設備のテストセンターとしても機能している。

農業研究活動の全範囲をカバーしながら、特に乾燥地帯の農業に焦点を当て、世界最高水準の農産物生産を達成できるようにしている。

専門分野の中には以下の分野がある。

- ・ 乾燥した条件下での農業
- ・ 限界土壌における農業
- ・ 排水と海水を使用した灌漑
- ・ 保護された環境での作物栽培
- ・ 水不足の条件下での淡水養殖
- ・ 最新の害虫駆除法と収穫後の貯蔵方法の使用による農作物の損失の最小化
- ・ 世界の多くの地域にすでに存在し、将来的にさらに拡大する可能性のある悪条件に適した作物や家畜の新たな系統の育種と開発

表 2.4-1 ヒアリングの概要と特徴

項目	内容
国や地域の状況や環境に関する認識	< 現状 > 水不足が大きな問題となっており、農地の半分が灌漑農業を実施している。汽水の利用、排水処理水や海水の淡水化で水不足を補っている。 < 将来見通し > 今後も水不足が予測されている。また、気候変動による極端な気象現象の増加、気温や水量の大きな変化が予測されている。また、将来は農業用水が増加することが見込まれている
影響	主として高温や干ばつ(水不足)による影響が現れている。イスラエルにとって、ジャガイモやトマトは主要な野菜であり(表 2.4-2)、これらの研究を実施している。 < 水 > 水不足の土地柄であり(特に南部で水不足が深刻)、水供給システムが構築されている(図 2.4-3)。 < コムギ > 収量及び生産量は気温と降水量の状況によって大きく変化する。降水のタイミングと雨量が要因となり、大きな変動が生じている。また気温については、2 月(開花から登熟期、気温の低い時期)に降雨日の

	増減による影響を強く受ける。 <トマト> 高温ストレスにより実がならない、種子が結実しない、形が小さいなどの問題が生じている。 <ジャガイモ> 1週間以上の熱波にさらされた場合は、生育しないなど生育障害が発生している。 表面の皮が粗くなるなどの病気が生じている。 <その他> リンゴ、ザクロにも裂果などの高温障害がみられる。
適応（R&Dを含む）	<方向性> 緩和よりも適応に注力していく。発生頻度が高く、被害の小さい影響に対する対策の優先度を高くしている。 また、耐暑性などに関する特性の特定や品種開発のために、遺伝子レベルの分子生物学的な研究、交配による伝統的な遺伝研究などを実施している。 収量だけでなく、品質の研究も実施している。 <水> 将来、農業分野における水使用量が大幅に上昇すると予測されており、イスラエルは排水処理（図 2.4-4）や海水の淡水化などに取り組んでいる。 <コムギ> ARO では収量に与える気温と降水の関係を調査しており、その関係を用いて将来の収量予測などが可能となっている。 <トマト> ARO では耐暑性の研究として、分子生物学的な手法を用いた遺伝子レベルの研究や、耐暑性のある親系統を使った新品種の取組みなどを実施している。 <ジャガイモ> ARO では遺伝子レベルで問題の根源がどこにあるのか判明させるため分子生理学的な実験も実施しており、高温になると有害物質（アルカロイドなど）に関する遺伝子発現が低下することが分かった。 肥料にカルシウムを混ぜた場合は、ジャガイモの表皮が滑らかになった。 <病害虫> イスラエルでは、プラスチックやスクリーンを利用した低コストの病害虫対策を実施している（図 2.4-5）。
社会実装	ARO では、生産者が栽培における選択に役に立つ情報として、気温、蒸発、期待される収量や品質などの情報を提供している。また、農業エクステンションサービスセンターが仲介役となり生産者に直接コンタクトし、新しい技術に関する調査結果を現場に展開し、現場からも結果を収集している。
課題	節水対策の導入や水利用の効率改善があげられる。

表 2.4-2 農林水産物の生産量

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total output (million NIS, current prices)	22,984.5	24,979.9	25,581.3	26,512.3	28,476.4	29,165.8	29,845.2	29,931.0
Total output (million \$, current prices)	5,594.9	6,962.4	6,504.9	7,102.1	7,958.5	7,563.9	8,265.8	8,365.5
	% of total agricultural output							
Field crops	7%	6%	6%	6%	7%	7%	8%	10%
Fresh vegetables, potatoes, melons	25%	22%	24%	22%	22%	21%	22%	21%
Fruits (incl. citrus)	22%	23%	25%	25%	25%	24%	23%	24%
Flowers and garden plants	5%	4%	3%	4%	3%	4%	3%	3%
Misc. Crops	3%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	4%
Meat products	20%	22%	21%	22%	21%	21%	21%	20%
Milk	10%	12%	10%	9%	11%	10%	11%	11%
Eggs and chicks	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
Fish	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Misc.	0.5%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.7%	0.3%	0.3%

主要な野菜は、ピーマン、ジャガイモ、トマト。柑橘類の果物やブドウが果物生産の最大部分を占め、鶏肉が肉生産の多くを占めている。

出典：ISRAEL'S TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (2015)



図 2.4-3 Main Water Supply System

出典：WATER AUTHORITY: Water Sector in Israel IWRM Model, 7th World Water Forum 2015
<http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/02-Israel%20Water%20Sector%20-%20IWRM%20Model.pdf>



図 2.4-4 排水処理施設

出典：イスラエル農務省 <http://www.agri.gov.il/download/files/1612clim.pdf>



図 2.4-5 スクリーン

出典：イスラエル農務省 <http://www.agri.gov.il/download/files/1612clim.pdf>

(2) ARO での質疑応答

我々の質問に関する回答について以下に示す。

・気候変動による農業分野への影響について
既に生じている作物への影響や、問題となっている現象について

< 水に関する影響 >

- ㊦ イスラエルでは水不足が大きな問題となっており、汽水、排水処理水などで水不足を補いながら、農地の半分が灌漑農業を実施している（水資源局が水管理を実施）。今後も水不足が予測されている。その状況のもと、節水対策の導入や水利用の効率改善が課題となっている。気候変動による極端な気象現象の増加により、強雨による土壌浸食、汽水の利用増加を予測している。

< コムギに関する影響 >

- ㊦ コムギは気候の影響を受けやすく、収量及び生産量は気温と降水の状況によって大きく変化する。特に降水（のタイミングと雨量）が要因となって大きな変動が生じる。
- ㊦ 生産量の地域・年次間分布に気温と降水量が関係しており、その関係性を用いて調査に使用している。将来は気候変動により気温、水量が大きく変化すると予測されているため、生産に大きな影響が生じると考えている。
- ㊦ 主要な生産地が 3 つあり、南部の方が水不足で生産が難しい。また去年は北部で干ばつが発生し、コムギの生産が大きく落ち込んだ。今後年間 73,000 トンもの生産が落ちてしまうかもしれないとの予測がある。
- ㊦ 2 月（開花から登熟期の気温の低い時期）に降雨日の増減による影響を強く受ける。

< トマトに関する影響 >

- ㊦ 市場に出回る量が不足するなどの影響が生じている。
- ㊦ 高温に関する影響について 32（日中）23～25（夜）の中で調査している。32 以上では熱ストレスにより高温で実がならない事例が発生している。また、イスラエルでは温室で栽培されているため高温となる傾向があり、種子が結実しないことや形状の異常（大きくならないなど）の問題が生じている。
- ㊦ 収量だけでなく品質にも影響が生じる。

< ジャガイモに関する影響 >

- ㊦ 1 週間以上の熱ストレスがあると、ジャガイモが育たない（1 週間以内の熱波であればそれほど問題ではない）。
- ㊦ 表皮が粗くなる、白っぽくなる、剥けてくる病がある。

< その他果樹に関する影響 >

- ㊦ リンゴ、ザクロが高温になると裂果するため、これらの研究も実施している。

特にどのような作物の影響に対して対策が重要となっているか。

< コムギに関する対策 >

- ㊦ コムギの生産は水と気温の影響を受けやすく、こういった対策が必要か、我々の知見を使って気候変動の対策を立てていくことが重要である。

< トマトに関する対策 >

- ㊦ 対策に関する R&D の中で 2 つの問題が生じている。1 つ目は、トマトの開発においてプロセスがセンシティブなため、問題の所在を正確に把握することが難しいこと。2 つ目は高温に対して（耐性）適応できる品種を育てようとしているが、受精が高温に敏感（高温で花粉に異常が生じる）ため、花粉管がうまく伸びずに受精ができないことである。受粉をモニタリング（発芽している花粉、活性のある花粉、活性のない花粉）することは問題の所在を特定することに役立つ。

< ジャガイモに関する対策 >

- ㊦ 消費者受けの見かけが良いものなど品質に関する調査を実施している。
- ㊦ ジャガイモは温度の低い地域で生産される。気温上昇により収量の減少が予想される。世界人口が増加するなかで生産量を増やさなければならないだろう。暖かい気候の中でも生産できるようにしておかなければ、我々にとって脅威となる。
- ㊦ ジャガイモの表皮が重要であり、コルクのような組織を有し、そこで水分を保持し、病原菌の感染、ソラニンにより青くなることを防ぐ。良い表皮は貯蔵やマーケティングとしても有効である。

< 土壌・水に関する対策 >

- ㊦ 気候変動は大きな問題であり、将来使用可能な水量、農業用水に影響が生じる。将来は農業用水が家庭利用水の量を上回ると予測されており、排水処理水を使わなければ農業用水を満たすことができない。
- ㊦ 海水の淡水化（国民使用水量の 1/3 を賄う）に多額の金額を費やしている。

・ 農林水産分野における適応策 / 計画の推進に関する状況

方向性について

- ㊦ イスラエルでは緩和より適応に注力していきたい。
- ㊦ 発生する可能性が高く、損害が低い事象にフォーカスして対応していく。損害は大きいが発生する可能性が低いものについては R&D を進めていく。

普及活動について

- ㊦ 生産者が栽培品種や耕作法の選択時に役立つ情報として、気温、蒸発量、期待される収量や品質などの情報を提供している。
- ㊦ 農業エクステンションサービスセンターが仲介役として機能している。生産者に直接コンタクトして、新しい技術について現場に展開して、結果を現場から収集している。

・ ジャガイモ、トマトの適応策の具体的な取組みについて

トマトに関する適応策の取組み

- ㊦ イスラエルの予算及び EU のプロジェクトの資金を用いて研究している。
- ㊦ 耐性に関するメカニズムを研究しており、加熱により発現した遺伝子を網羅的に調べ、どの形質が耐熱性に寄与しているか（何番目の染色体のどの部分に耐暑性 QTL があるか）を探り当てる研究である。適度な熱処理をしておくと、開花期の高温に耐性ができるようだ。QTL は 3 番目の染色体にあるようだということが分かった。
- ㊦ また、果実の種子の数を支配する遺伝子があるようだ。花粉の活性に関しては 11 番目の染色体のある位置に、それを支配する遺伝子があるようだということが分かった。
- ㊦ 遺伝的に耐暑性の強い親系統を使った新品種の取組みも実施している。

ジャガイモに関する適応策の取組み

- ㊦ 表皮が粗くなる、白っぽくなる、剥けてくる病気があり、肥料にカルシウムを混ぜた場合は、表皮がなめらかになった。カリウムとカルシウムの相乗効果も認められる。
- ㊦ 遺伝子レベルでこういった反応を起こすか。問題の根源がどこにあるのか判明させるため分子生理学のテストも実施している。高温になると有害物質に関する遺伝子発現が低下する。

気候変動が水に及ぼす影響や水管理に関する適応策の具体的な取組み

- ㊦ イスラエルは厳しい気候環境である。今でこそ世界は適応という言葉を使っているが、長年にわたり節水に関する研究をしてきた。
- ㊦ 特に灌漑で使用する水の効率改善を目的として、政府・省庁はツールを開発し技術のシミュレーションを推奨してきた。排水処理や様々なプラントで利用可能であり、肥料の量や GHG の削減、河川や海の汚染の削減などにメリットがあるが、高コスト、土壌構造に影響、地下水汚染などのデメリットもある。
- ㊦ 水使用量を節約するために、スクリーン等で保護された栽培方法を実施している。プラスチックや虫除けスクリーンを使うため低コストである。ICT でコントロールすることで窓の開閉を考えている。

・農林水産分野の適応策の取組みに関するその他の情報

その他の適応策に関する取組み

- ㊦ 牛舎の冷却がある。また、家畜の飼料穀物や牧草類はほぼ輸入しているため、気候変動の影響を受けやすく、脆弱性が高い分野である。
- ㊦ 適応策 R&D の内容は、育種（フルーツ・野菜が対象）、水の効率改善、土壌の保全技術、植物の保護、エネルギー使用効率改善、農業システムにおける生物多様性のモニタリング、遺伝子バンク、畜産における熱ストレスの減少などである。
- ㊦ ザクロ、ブドウ、バナナやモモなど 10%以下のフルーツに対して温室栽培が行われている。蒸発が減少し、灌漑量を削減することができている。
- ㊦ バナナの収量が増加している。灌漑の割合が減少してきている。1960 年以降テクノロジーが導入されたが、最近のテクノロジーはプラスチックやスクリーンである。
- ㊦ ワイン用のブドウについては、温度をコントロールすることで味も品質も良いものがとれる。

適応策の取組みについてグッドプラクティス

- ㊦ 政策や R&D、予算についてノーリグレット（気候変動が起きない場合でも費用効果の高い有効な適応策）の観点で優先順位をつけようとしている
- ㊦ 果樹園でネットを使うことにより、品質・収量向上、水も節約する。
- ㊦ 虫除けの網については革新的な技術を利用しており、非常に好評。ピーマン、ハーブを栽培でき、さらにトマトを砂漠でも栽培できる。

適応策の今後の方向性

- ㊦ 適応に関する研究と開発、技術改善をしていきたい。
- ㊦ 蒸発量が増えると予想し、これらの研究にも注力したい。灌漑を使った農業についても調査をしていく。水のバランスや水価格に係る問題のため慎重に研究したい。
- ㊦ エネルギー需要が高まり、輸入飼料の値段も高まると予測している。自然災害の保険に関する法律があり、保険やそのコストへの影響が大きくなると予測している。

農林水産分野における気候変動の活用 & 企業と連携した取り組み

気候変動を活用した取り組み

- ㊦ パパイア、マンゴー、ライチ、バナナ、ナシ、チェリー、リンゴなどさまざまなフルーツがとれる。死海周辺は湿度が高く、野菜やフルーツなど既にバラエティーに富んでいる。揚水など大量に水が必要になり、コストもかかるため、拡大する見込みはないのではと考えている。

ICT や AI、IoT を活用した取り組み事例

- ㊦ リモートセンシングや精密農業が、民間で使われている。
- ・ 影響評価の状況について
- ㊦ コムギの成長モデル (Gilat で開発) プラントに関する 2 つのモデルがある。この 2 つを統合させようとしている。様々なシナリオを用いて研究しようとしている。
 - ㊦ 温度と降水量による影響の研究。降水を変化させた際のコムギやバイオマス収量への影響について研究している。何日雨が降るかということとコムギの収量を調べたところ 2 月に影響が大きかった。

2.4.2 イスラエル ARO Gilat センター

(1) Gilat センターでのヒアリング概要と特徴

ARO の Gilat センターを訪問した。以下にヒアリングにより得られた知見について概要と特徴を記載する。

< Gilat センターについて >

Gilat センターでは、以下のビジョンと目標を掲げ活動している。

ビジョン

乾燥地帯及び半乾燥地帯における持続可能な農業に関する課題の解決

目標

環境を保護しながら農産物の収量と品質を向上させるための知識、技術、製品を開発

半乾燥した環境における農業の共同研究

気候変動、水質及び水の利用可能性、砂漠化及び土壌劣化などの現在及び将来の危機に対する解決策の開発

半乾燥した環境での農業研究における国際協力の開始と開発

Negev の中等・高等教育機関の学生プロジェクトと協力して、乾燥地と半乾燥地における農業研究のために次世代に対する訓練を実施

表 2.4-3 ヒアリングの概要と特徴

項目	内容
国や地域の状況や環境に関する認識	イスラエルでは厳しい気候の中、様々な作物を栽培してきた。そのため気候変動について他国ほどセンシティブには考えていない傾向がある。Gilat 地域では気温上昇とその影響をあまり感じないが、降水量のパターンが変化してきていることは気候変動の影響かもしれないと考えている。
影響	気候変動に焦点を当てて取組んでいるわけではない。将来の影響評価などは Volcani センターで実施している。 < 害虫 > 他国から飛来・侵入して一時的な増加減少が見られるが、一定のパターンはない。農作物への直接的な被害よりも、輸出時の植物検疫を通過できない恐れがあることを懸念している。
適応（R&D を含む）	< 方向性 > Gilat センターはイスラエルの気候の中で、高品質の生産物を栽培するために研究を実施している。生産者は高収益が期待できる作物を栽培する。新たな問題が発生した時は、Gilat センターで分野横断的に関係者が協力して解決策を検討している。 < 害虫 > スクリーン等を使用しているが、害虫防御だけでなく、日射の緩和や節水も大きな目的となっている。また、一部の果樹では雹からの保護として利用するなど、複数の利益（害虫対策、日射、雹などの緩和）

項目	内容
	を目的とした使用が増加している。 害虫の侵入を未然に防ぐため検疫に力をいれることも必要と感じる。 <アボカド> 高品質の作物を収穫するために栽培、採取、保存に関する研究を進めている。栽培については塩分や酸素、養分、品種、市場等に対する研究を実施。塩分耐性の強いインドネシア品種をもとに改良が加えられている。 <農業の2大技術> ドリップ式灌漑（図 2.4-6、図 2.4-7）と低質の水を利用して灌漑を行う技術。水不足の土地柄であるが農業には大量の水が必要なため、塩分を含んだ水やリサイクルした水を利用している。かつて果樹の含有ナトリウムが基準値を超えたが、現在は問題ないレベルとなっている。水と土壌に関するモニタリングを政府は継続的に実施すべきである。
社会実装	研究だけでなく、生産者とコミュニケーションを取ることも重要と考えている。また、生産者と容易にコミュニケーションを取りやすい環境にある。 <生産者の意識> メディアやネットなども利用して情報を収集し、研究論文等も読み込んで Gilat センターの研究者に質問するなど知識欲の旺盛な生産者が多い。 <生産者とのかかわり方> Gilat センターでは生産者と良好なネットワークを築き、問題点を突き詰め、解決案を提案している。他に、農業エクステンションサービスセンターでも生産者とのネットワークを有し、生産者の意見を聞き、生産者の農場で実験を行っている。結果は Gilat センターで分析を行っている。生産者も気軽に Gilat センターに立ち寄ることができ、コミュニケーションをしっかりとることができる。また、研究者も生産者の質問に回答しようと、精力的に研究調査を行っており、相乗効果が生まれている。定期的にセミナーを開催している。
企業との連携	主に農業に関する研究プロジェクトで民間企業と協力している。政府系機関と民間企業が一体となって重要な課題に取り組むことは大切だと思う。
ICT の活用	イスラエルでは費用対効果を鑑みてリモートセンシングなどの先進的な技術を導入している。灌漑についてもコンピューターによる管理を導入している。
課題	生産者が栽培などの方法を変えたいと思っても、多大な時間を要することもある。時間がかかればその間に大きな影響を受けることもあり、迅速に対応することが必要。 情報や知識の伝達は民間主導ではなく政府主導で行うべきである。



図 2.4-6 ドリップ（点滴）灌漑

出典：Water Authority 提供資料

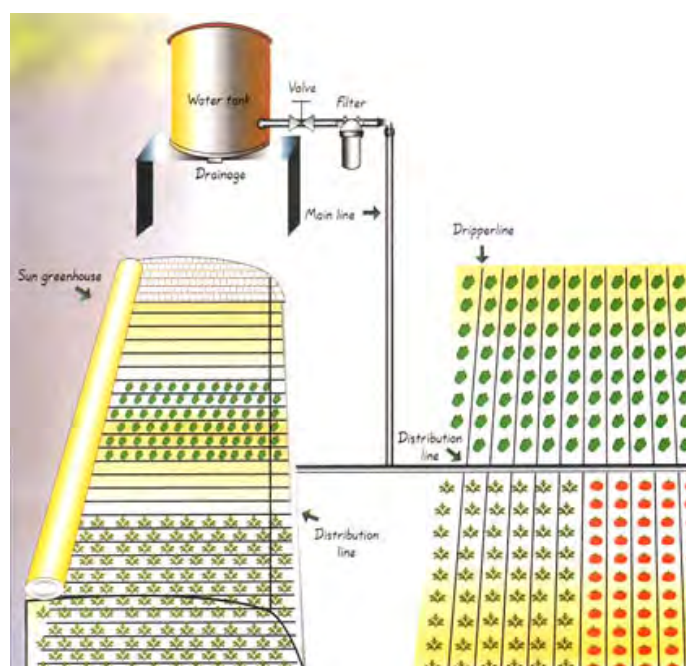


図 2.4-7 小規模なドリップ（点滴）灌漑の模式図

出典：Dov Sitton, Advanced Agriculture as a Tool Against Desertification, Israel Ministry of Foreign Affairs, 2000

<http://mfa.gov.il/MFA/InnovativeIsrael/AboutIsrael/Spotlight/Pages/Advanced%20Agriculture%20as%20a%20Tool%20Against%20Desertifica.aspx>

(2) Gilat センターでの質疑応答

我々の質問に関する回答について以下に示す。

・気候変動による農業分野への影響について

既に生じている作物への影響や、問題となっている現象について

- ㊦ 気候変動の影響は他国に比べ小さい方だと思われる。イスラエルは既に非常に厳しい気候の中、様々な作物を栽培しているため、その知見を得るため他国から視察に訪れる。気候変動により気温が上昇し乾燥していく中、世界と共有できる知識や知恵を蓄積している。
- ㊦ イスラエルは厳しい気候に晒されているため、農業に関するモデルが既に作成されている。これは他国が適応策を検討する際に興味深いのかもしれない。

<生産者の感覚>

- ㊦ この地域に限った話では、気温上昇はあまり感じられない。ただ降水量のパターンが変化してきており、これは気候変動の影響かもしれない。また干ばつ期間の長期化、冬の寒冷期間の長期化、嵐の強度・頻度の増大等の変化は生じている。
- ㊦ 生産者は開花時期や果物の熟成時期がずれていると感じ取っている。一定のパターンがあるわけではないが、高温期と低温期が安定しない等、具体的な変化を感じ取っている。特に柑橘類の果物を栽培している農家からそのような声が聞かれる。

特にどのような作物の影響に対して対策が重要となっているか。

- ㊦ 他国と比べて気候変動についてセンシティブには考えていない傾向がある。イスラエルの農業については、例えばドリップ式灌漑を行い、肥料の散布も定期的の実施、その他必要な作業・措置も着実にやっている。また集約的に作物を栽培する取り組みも行っている。

<病害虫>

- ㊦ 他国から飛来・侵入して一時的に増減している。ただし、一定の決まったパターンはないようだ。害虫侵入が発生した場合、農作物への被害も無視できないが、他国に輸出する際の植物検疫で不合格となる恐れがある方が深刻な問題ではないかと思う。気候変動により気温が上昇した場合、害虫の悪影響が拡大する恐れがあるため、それを未然に防ぐ検疫等に力を入れないといけないと思う。
- ㊦ 害虫による影響以外にも、一部の地域では日射から作物を保護するためにスクリーンを使用しているが、実質は節水が大きな目的である。また、地域によっては雹からも作物（主にモモなどの果樹に使用）を保護できる。最近はこのように複数の利益を目的とした使用が増加した。

・農林水産分野における適応策の推進に関する状況

普及活動について

- ㊦ Gilat センターは生産者と非常に良好なネットワークを築いている。どのような問題があるのかを突き止め、その問題の解決案を立案している。この他に、農業エクステンションサービスセンターも隣のビルにあり、そのネットワークを通じて生産者の意見を聞き、生産者の農場で様々な実験を行っている。実験結果については当研究所が分

析を行っている。他にも ARO には 4 つの R&D センターがあり、それらも生産者とネットワークを有しており、様々な意見を聞きながら研究を進めている。

- ㊦ 生産者の中には高学歴者もあり、コミュニケーションは取りやすい一方で、厳しい質問を受けることもある。また生産者はメディアやインターネットも利用しており、メディアで見聞した情報に関する質問を受けることも多々ある。
- ㊦ イスラエルは小さな国のため、生産者とのコミュニケーションが容易なのかもしれない。ただし蓄積している知識量は十分だとは言えない。生産者は文献を読んで様々な質問をしてくるため、知識欲が旺盛な生産者に対応できるようにしておかなければならないと考えている。また農業という分野は簡単に解が出る分野ではないため、当センターの方でもしっかりと研究や調査を行った上で寄せられた質問に回答したいと思っている。農業エクステンションサービスセンターも生産者としてしっかりと意思疎通を取るようにしているため、Gilat センターと農業エクステンションサービスセンターが協働して組織的な知識の伝達・サービスの提供を行うようにしている。
- ㊦ 定期的にセミナーを開催しており、Q&A セッションの時間を設けている。また、セミナー開催時に限らず、当センターは誰に対しても常時門戸を開いており、生産者側で質問があればいつでも来て質問ができる体制を整えている。それは、当センターが研究だけではなく、生産者とコミュニケーションを取ることも大事だと考えていることの一つの表れだと思う。
- ㊦ またイスラエルには Growers ' Organization という生産者の団体があり、ここから資金の提供を受けて研究を実施している。
- ㊦ 新しい方法を採用することを提案した場合、昔から継承した方法の変更にに対し抵抗が少ない。むしろ、新しい技術を歓迎している。伝来の方法や慣習の影響が小さいため、新しい技術や方法を抵抗なく受け入れられる素地があるのだろうと思う。また教育レベルも高いため、農家の質が高いことも関係している。

大学や他研究機関との連携

- ㊦ 新しい作物の育成で何らかの問題が発生したときは、Gilat センターは 14 の科学者のグループの中から関係者が協力して解決に当たるようにしている。ホホバ・オイル（砂漠に適した作物）を生産するプロジェクトの際には、灌漑や肥料そして害虫の問題が発生したため、生理学者も協力し、ともに解決した。
- ㊦ 国際的な活動については様々なコースがあり、世界各地から学生（最近是中国、インド、カナダ、ケニアやエチオピア等）が当研究所に勉強にきている。地域プロジェクトとしては、ヨルダンやパレスチナとの共同プロジェクトも実施した。

・農林水産分野における適応策の推進に関する課題

策定された適応策を普及する際の課題

- ㊦ 生産者が方法を変えたいと思っても、方法を変更するには多大な時間がかかってしまうということもある。農業は彼らの収入源であるため、方法の変更に例えば 5 年を要すると、非常に大きな影響を受けてしまう。
- ㊦ 情報伝達に関しては、政府が主導して行うべきだと思う。他国では民間企業が主導するケースもあるようだが、企業の視点から見た有益な情報伝達に終始している。情報や知識の伝達は民間主導ではなく、政府主導で行うべきだと思う。

・アボカドの適応策に関する具体的な取組みについて

Gilat センターは気候変動問題に直接的に取り組んでいない。イスラエルの気候の中で高品質な農作物を栽培するための研究に焦点を当てている。

アボカドの適応策に関する取組み

- ㊦ 最高品質のものを栽培、採取、保存するための方法について研究を行っている。またアボカドの栽培について、塩分や酸素、養分、品種、市場等に対する研究も行われている。イスラエルはアボカドについて経済的に非常に成功した国なのではないか。乾燥した気候でも数多くの作物を栽培することに成功しているため、適応に関するモデルケースとして他国からの視察を受けている。

アボカドの改良等の経緯

- ㊦ 有機栽培を行っているが、それはニッチな市場。一般的には農薬を使用している。
- ㊦ アボカドは作物として面白く、熱帯雨林気候や亜熱帯気候でも育つ適応力の高い作物（品種や栽培法にもよると思う）。イスラエルはアボカドの生産量が非常に多く、固有の品種も開発している。
- ㊦ アボカドの品種やその組み合わせについては研究開発が盛んな分野で、今後も引き続き研究開発が進められていくと考えられる。品種の起源については、メキシコ原産ではなく、塩分への耐性が強いインドネシアの品種を元に改良が加えられている。
- ㊦ ここで言う組み合わせは、台木（Rootstock）を使った接ぎ木（Grafting）のことを指している。アボカドの地下部と地上部を接ぎ木するが、根が強い品種に収量が高い品種を組み合わせることで、より望ましい品種を開発している。

気候変動が水に及ぼす影響や水管理に関する適応策の具体的な取組み

- ㊦ イスラエルの農業を特徴づける技術が2つある。1つはドリップ式灌漑で、もう一つが、低質の水を利用して灌漑を行うことができる技術。2点目の背景には恒常的な水不足に悩まされている一方、作物を栽培するには大量の水を要するという状況がある。その対策として、例えば塩分を含んだ水や、排水をリサイクルした水を利用している。
- ㊦ リサイクルした水の利用により、以前、柑橘類に悪影響が発生した。果樹に塩分が入り込み、ナトリウムのレベルがFDAの基準値とイスラエルの基準値の両方を超過してしまい、人々の健康に害が及ぶと危惧された。そこで、この後イスラエルが国家として、塩分濃度の高い水（海水）を蒸発させて使用する方法に取り組んだ。この手法は8年前から取り入れられ、塩分濃度の低い水を生成することに成功した。その水分を調査したところ、塩化物（Chloride）が30%減少し、ナトリウムも30%減少、さらにマグネシウムのレベルも低下するなど好ましい結果が得られた。
- ㊦ 政府は継続的に水と土壌のモニタリングを行うことが対策として大切だと思う。
- ㊦ イスラエルでは水は無料ではなく、有料という認識が根底にある。農業用水も、飲料水も有料。脱塩処理した水は地下水よりも高価。ただ、高品質の水に関しては政府から1 m³当たり50セントが補助金として助成される。水の値段には更に輸送費が上乗せされるが、その輸送費には補助金は支出されていない。（脱塩処理した水でも地下水でも）結局、イスラエルでは水は安いものではない。
- ㊦ 灌漑用の水の割合は50%が淡水（Fresh water。脱塩水を含む）、14%が汽水（brackish water）、そして排水を処理した水が32%を占める。

・農林水産分野における気候変動の活用&企業と連携した研究

企業との連携による適応策の研究事例

- ㊦ 2年前にイスラエルのICLという化学会社・農薬製造会社と8年間に及ぶ(研究開発)契約を締結し、主に農薬に関する研究プロジェクトで協力している。プロジェクト数は年々増加し、今では16のプロジェクトを同社と協働して推進している。また当センターのような政府機関と民間企業が一体となって重要な課題に取り組むことは大切だと思う。

GMOに関する状況

- ㊦ 研究(乾燥地域で育つ柑橘類の研究等)は行われているが、我々の取引先である欧州との関係において、センシティブな問題であるため(欧州では遺伝子組み換え作物に抵抗がある消費者が多い)まだ準備段階である。農家も遺伝子組み換え作物を栽培する用意はできていない。

ICTやAI、IoTを活用した研究事例

- ㊦ 様々な技術を活用する取組みを行い、例えばリモートセンシングなど先進的な技術を取り入れている。農家も金額面で工面できればその技術を使用することにやぶさかではないだろうと思う。ただ農家もあくまで農業をビジネスとして捉えているため、ポイントは収益面でプラスの効果が期待できるかではないかと思う。
- ㊦ 生産者はコンピューターやコントローラー等を使い慣れており、灌漑についてはコンピューターによる管理も導入しており、情報リテラシーは高いと思う。その他にもドローンを使った空撮やイメージングで取得できるデータを活用する選択肢もある。一般的にテクノロジーの方が研究者の知識・技術よりも進歩しているため、肥料や灌漑の場面でそれを実際にどう駆使していくかをしっかりと見据えていかなければならないと思う。いずれにせよ、生産者は新規技術の取り入れに関してオープンである。

・影響評価の状況について

- ㊦ 収量の予測や適応等について、直接取り扱っていない。そのような問題はイスラエル農務省が担当している。

収量の予測について

- ㊦ 収量の予測については、生産者と協力する形で生産者の農場で行っている。Gilatセンターなどで研究してしまうと研究結果が生産者にすぐに伝わらないという問題があるため、実際の農場で実地の研究や実験を行っている。

品質への対応について

- ㊦ 例えば柑橘類の場合は市場で質が重視されるため、可能な限り高品質な品目を栽培・出荷するようにしている。イスラエルの輸出品目には、ジャガイモ、マンダリン(柑橘類)、フレッシュのハーブ等がある。冬季でも温暖で冬野菜が収穫できるため、ピーマン、トマト、ピーナッツやセロリも欧州に向けて出荷している。

・その他

- ・Gilatセンターでは畜産の研究を実施していない。Volcaniセンターではトリ、牛などを対象に研究を実施している。
- ・(日本での亜熱帯果樹栽培における)最低気温の問題についても研究していない。

2.4.3 イスラエル水資源局

(1) イスラエル水資源局におけるヒアリング概要と特徴

< イスラエル水資源局について >

イスラエル水資源局は、イスラエルの水利用の管理、運用、開発を担当している、政府の行政部門である。天然水資源の保全、再生、新たな水資源の開発等を通じ、水の消費者と生産者にとって高品質で信頼できる上水道及び下水道サービスを提供し、イスラエル国民の持続的な福祉の向上を目指している。



< ヒアリングの概要と特徴 >

イスラエル水資源局 (water authority) を訪問した。以下にヒアリングにより得られた知見について概要と特徴を記載する。

表 2.4-4 ヒアリングの概要と特徴

項目	内容
国や地域の状況や環境に関する認識	地中海や砂漠に近く、気候変動の影響を大きく受ける地域である。イスラエルでは近年深刻な干ばつが頻繁に発生している。特に北部の地域が大きく影響を受けている。さらに 2013 年、2014 年と洪水と干ばつが同時に発生した。また、自然災害の件数が近年増加している。
気候変動予測等	リアルタイム (一日 6 回更新) で洪水予測 (図 2.4-8) を行っており、洪水予測の結果は対象地域の警察や消防署にも通知される仕組みとなっている。また森林や農業形態も徐々に変化しているため土地利用の予測や、水資源や水文学に関する予測も実施するなど数多くのモデリングツールを使用している。 テルアビブで 2~3 年前に発生した洪水被害が契機となり、モデルを作らなければならないとの意識が強まった。
渇水対策	< 渇水予測 > 渇水予測は欧州の研究機関と研究を行っており、今後干ばつの頻度と程度も増大することが予測されている。 < 対策 > 2008 年にかつてない水危機が発生したが、干ばつに加えて除塩処理施設が稼働していなかったことも要因。テレビを通じた節水と水道料金の引き上げの 2 つの施策により水需要をコントロールできた (図 2.4-9)。 現在は除塩処理施設が設置されたため、汽水や排水処理水等の活用が行われている。 将来的な灌漑用・農業用水の使用量が増加することを考慮し、気候変動予測に基づいて計画が策定されている。 < 農業 > 国土の大半が乾燥しており、農業経営には灌漑が不可欠となっている。水と土地の質や効率を改善することが有効な対策である。 高い農業生産性を誇っているが、水処理技術で他国をリードしていることが主な理由で、例えば、塩分の高いかん水は処理した上で農業用水に供される。

項目	内容
	農業生産量は年々増加している。節水するために農業ではドリップ式灌漑を採用している（図 2.4-6、図 2.4-7）。必要な部分に必要な量だけの水等を供給するシステム。イスラエルは節水技術に関して世界一の技術力を有する（図 2.4-10）。
水管理に関する技術や研究	農業用水のほとんど（85～90%）は処理された水、汽水性の水が使用されている。リサイクルされた水は品質がよく安全性についても問題になったことはない。 イスラエルでは節水、水使用効率の向上、井戸掘削、水質の浄化・改善、排水能力や処理能力の向上に力を入れて、水需要を満たそうとしている。5つの大型の除塩処理プラントが稼働している（図 2.4-11）。イスラエルでは様々な災害に見舞われたが、様々な技術を駆使して対応してきており、国民はそれほど負担を感じなかったのではないかと。水管理について、経済的な価値を考慮することも大切だが、水資源は限りがあるため、持続可能な方法で実行することも大切。
将来懸念している気候変動・影響	水不足と水の品質（低下）が一番の脅威であり、品質については塩分濃度の上昇も問題になっている。 洪水と干ばつでとりわけ干ばつが深刻な問題であり、湖や帯水層に浸透する水量の低下も問題になっている。 また、異常気象による極端な寒暖の差も問題となっている。 イスラエルでは灌漑の技術を含め高度な技術を駆使するなど様々なソリューションを通して対応していく。

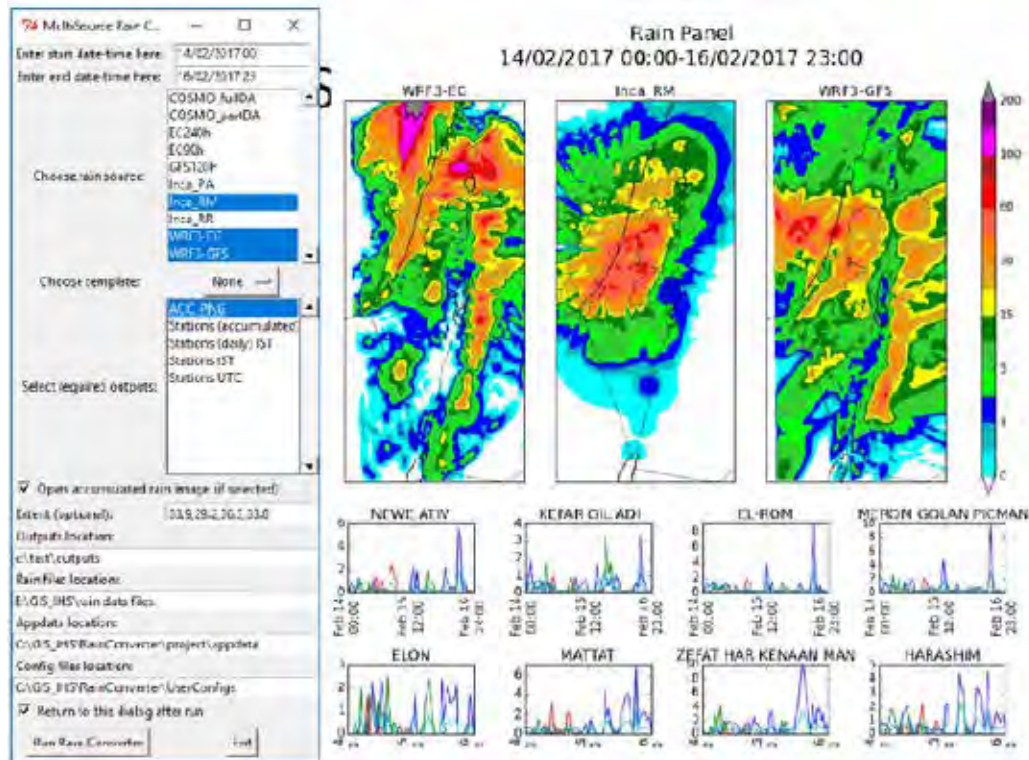


図 2.4-8 洪水予測システム

出典：Water Authority 提供資料

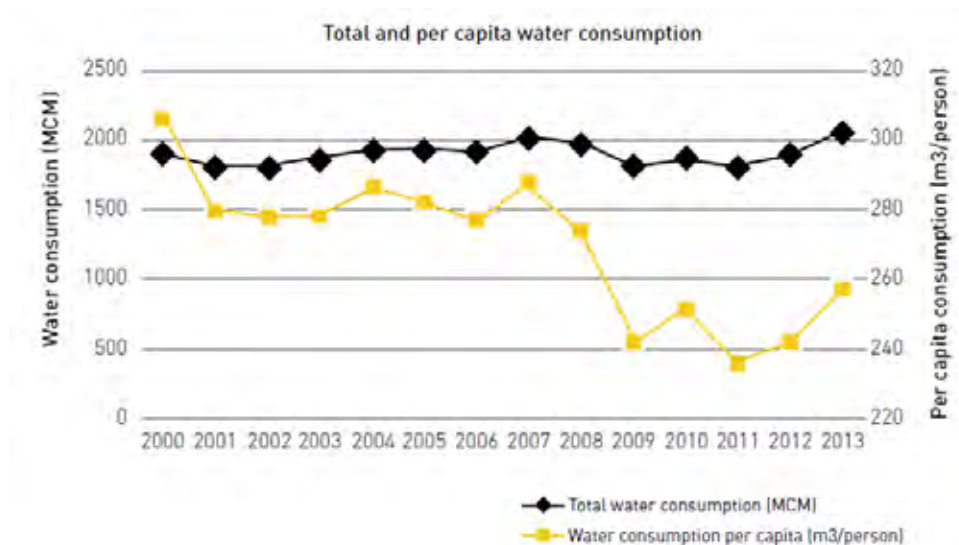


図 2.4-9 総水供給量及び一人当たり水供給量

近年、イスラエルの総水使用量は概ね安定しており、2013 年には 2,076 百万立方メートルとなっている。一方で 1 人当りの水使用量は 2007 年から 2009 年にかけて大幅に減少した。この削減は、イスラエル水道局が 2008 年に開始した全国的なマルチメディア意識向上キャンペーンに関連している可能性が高い。目標は、イスラエルの水資源の深刻な枯渇を強調して、水の消費を減らすよう市民に説得することであった。キャンペーンは、テレビ、ラジオ、新聞、インターネットを通じて市民に届いた。なお、現在キャンペーンは終了しているにもかかわらず、保全の精神が喚起され、国民は節水し続けている。

水供給の約 25% はリサイクル水であり、その大部分は農業で使用されている。残りの供給のうち、50% が地下水、25% が地表水、25% が淡水化である。イスラエルは水リサイクルの世界的リーダーであり、最近リサイクル率 75% を達成した。

出典：ISRAEL 'S TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (2015)

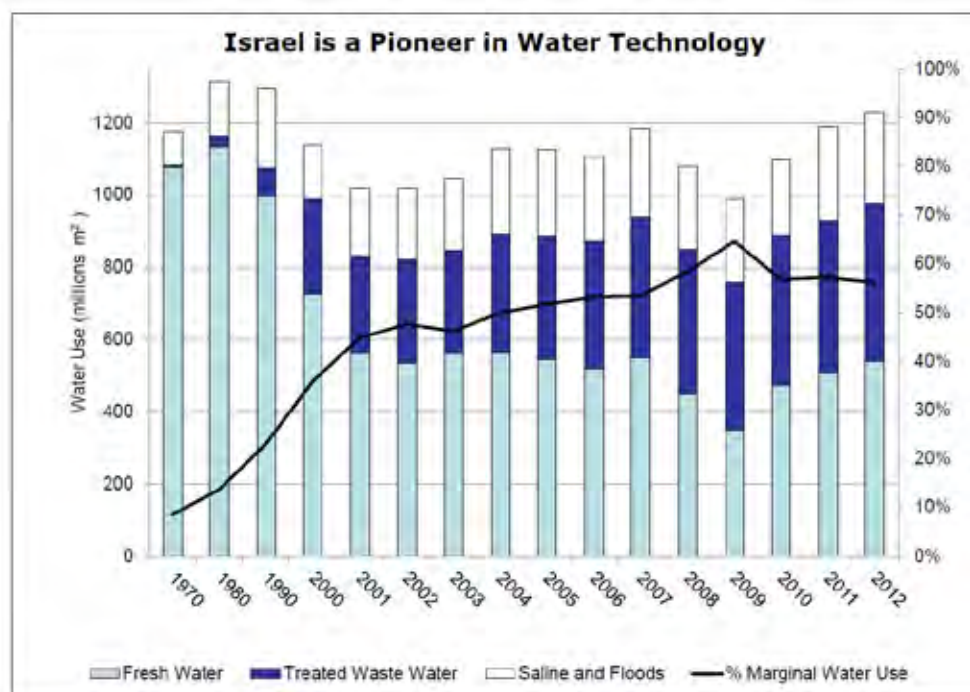


図 2.4-10 農業分野における水消費量
出典：Water Authority 提供資料

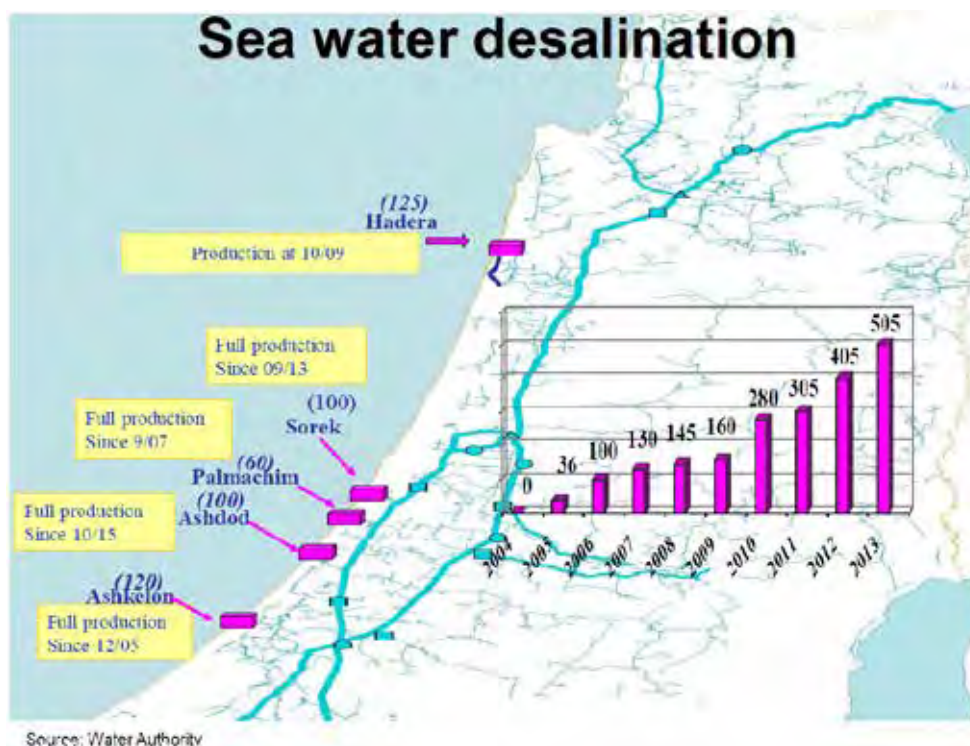


図 2.4-11 海水淡水化施設と生産量
出典：Water Authority 提供資料

(2) イスラエル水資源局での質疑応答

我々の質問に関する回答について以下に示す。

・ 降水に関する気候変動予測の実施状況

< 洪水予測等 >

- ㊦ イスラエルでは、リアルタイムで洪水予測を行っている(ダウンスケーリングも実施)。また土地利用(森林や農業)形態も徐々に変化しているためその予測や、水資源や水文学の予測を行っている。
- ㊦ 最近イスラエルでは、水量が減少している一方、自然災害の件数が増加しており、2006年では2件であったものが年々増加してきている(2013年と2014年には2年連続で洪水と深刻な干ばつが同時に起こった)。
- ㊦ テルアビブで2~3年前に発生した洪水災害が契機となり、我々もしっかりとした(洪水予測)モデルを作成しなければならないという意識が強まった。
- ㊦ 水源のモデリング等については、米国のモデルや欧州のモデルも使用している。統合ツールについては、イスラエルが独自に開発した「Rain Converter」を使用しており、他にも他国やイスラエルで独自に開発したものを含め、数多くのモデリングツールを使用している。
- ㊦ Weather Research Forecast (WRF)と呼ばれるモデルを洪水予測に用い、降水量や蒸発量、土地の利用等を勘案し、水の流れる方向(地下に潜る等)を予測している。洪水予測は3日後の予測ができ、川の流れの予測も含まれている。既にオンラインで使用されており非常に効率が高いツールである。1日に6回更新が行われ、赤色になると洪水が発生する恐れがあることを知らせる注意報・警報がSMSやアラート等を通じて発出され、対象地域の警察や消防署にも通知される。季節毎の洪水量の予測はイスラエルでも重要だと見なされている。

・ 渇水に対して講じられている対策

< 状況について >

- ㊦ 近年は深刻な干ばつが頻繁に発生していることが分かる。去年は過去100年の間で最も干ばつがひどい年であった(今年もひどい干ばつに見舞われた)。
- ㊦ 水資源局では干ばつが単発であれば問題なく対応できるが、最近のように毎年連続して発生すると、農業用水の確保など対応に追われてしまう。
- ㊦ 降水量の減少については、イスラエル北部の地域が最も影響を受けている。キネレット湖はイスラエルで最も重要な水資源だが(ヘルモン山という山が北部のゴラン高原にあり、その雪解け水や雨の水がキネレット湖に流れ込む)最近降水量が著しく低下してきており、湖に流れ込む流量が10年前から既に減少し始めている。
- ㊦ 表面水に関して(イスラエルにはあまり川がないが)流出量が年々減少してきている。
- ㊦ 水道料・水使用料について、欧州では料金が高騰しているが、イスラエルの場合は2013年の料金と2015年の料金を比較した場合、後者が低下している。その理由は主に2つあり、一つは水の消費効率が向上したこと、そしてもう一つは石油価格が下落したことによると考えている。

< 対策について >

- ㊦ 2008年にはイスラエルでかつてない水危機が発生した。干ばつが続いたこと、及び、除塩処理施設がまだ稼働していなかったのも大きな理由の一つと推測している。当時、政府は大規模なキャンペーンを行い、テレビを通じて消費者に節水を呼びかけた。そ

れが奏功し、翌年の 2009 年からは家庭の水の使用量と需要が安定化した。また水道の料金も引き上げた。キャンペーンと値上げのいずれの方が効果的なのかは議論の分かれるところだが、2 つの施策により水の需要を制御することができた。

- ㊦ 水処理のプロセスは、先ず各地方自治体から下水を集積し、貯水池に保存する。次にそれを濾過し、生物的・化学的な処理を施して品質改善した後に水を供給する。
- ㊦ 2008 年以降に除塩施設が設置されたため、汽水や排水、海水の処理水等の活用が始まった。2017 年には、全体の 50% が処理水等で占めている。また、除塩水中、海水と汽水が 30 ~ 40% を占めている。
- ㊦ 将来的には灌漑用・農業用水の使用量が増加することを考慮し、気候変動の予測に基づいて計画が策定されている。水の消費量が安定し、更に抑制・低下すると仮定して対策・計画が立てられている。
- ㊦ 今後の予測について欧州の研究機関と研究（シミュレーションも実施）を実施している。干ばつが頻繁に発生することが予測されるため、影響が生じるかについても研究を行っている。干ばつを制御することが対策の土台になるものと考えている。

< 農業及び灌漑 >

- ㊦ 農業及び灌漑の観点から、イスラエルでは土地と水は政府が所有している。市民は（自分の土地であっても）勝手に井戸を掘って水を取得することはできず、必ずライセンスを取得した上でなければ行うことができない。水資源局（Water authority）と規制が重要な役割を果たしている。
- ㊦ イスラエル国土の大半は乾燥しており、20% の地域は特に深刻。そのため、農業を営むには灌漑が不可欠となっている。
- ㊦ 乾燥した土地における有効な対策は、水と土地の質・効率を改善することである。さらに、国土が狭いことと相まって、生産性を高めるために土地を効率的に活用することも考えていかなければならない。
- ㊦ 農業用地については、欧州、オーストラリア、カナダの農業用地の規模が大きいのに対して、イスラエルは 1 農家当たりわずか 0.04 ヘクタールしかない（日本はそれより少し低い）。土地の面積が限定されているなかで、高い生産性を誇っているが、水処理技術で他国をリードしていることが主な理由として挙げられる。例えば塩分の高いかん水（Saline Water）は処理した上で農業用水に供される。
- ㊦ またイスラエルでは節水するためにドリップ式灌漑方式を採用している。これは水分を必要な部分に必要な量だけ水を供給できるシステムで、これにより節水を実現している。イスラエルは節水技術に関して世界一の技術力を有する。
- ㊦ 作物や家畜等に関する生産量が 1950 年代から現在に至るまで大きく増加している。イスラエルは農地が限られ、淡水の使用量が減っているにもかかわらず、生産量は年々増加している。
- ㊦ GDP と労働人口に関しては、農業に従事する人口は年々減少しているが、高度な技術を駆使することで生産量を高めることに成功している。

・ 水管理に関する最新の技術や研究について

- ㊦ 農業用水のほとんど（85 ~ 90%）は処理された水、汽水性の水が使われている。天然の淡水は年々減っており、リサイクルした水を農業で使っている。
- ㊦ リサイクルした水は品質が良いことが知られている。都市人口の増加及び生活水準の向上により、生活用水に必要な量が年々増えている。天然の淡水は生活用水で使われる。

- ㊦ 隣国と水資源を共有しているため、7%隣国に水を供給している（ヨルダンなど）
- ㊦ イスラエルでは節水、使用効率の向上、井戸の掘削、水質の浄化・改善、排水能力や処理能力の向上に力を入れている。
- ㊦ 自然から得られる天然水が水需要の半分を担っている一方、除塩水と処理水が不足分に当てられている。この2つの水のソースがなければイスラエルでは十分な水量の確保（特に農業用水の確保）が困難。
- ㊦ 2004年の時点では除塩処理プラントが全くなかったが、その後大型プラントが次々に建設され、現在では5つの大型プラントがイスラエル国内に建てられている。特に過去2~3年に進展が見られた。「アスケロン」プラントをはじめ他のプラントの規模も、世界的に見て大規模である。水の生産量は合計500M m³（5億m³）で、その水は産業用や農業用水に使用されることはなく、飲料水として利用されている。
- ㊦ プラントは、BOT（Build, Operate and Transfer）方式という方法を利用して建設された。BOT方式の下では政府が資金を拠出してプラントを建設するわけではなく、国際的な入札で民間企業の力を借りて建設する。そしてイスラエル政府はこれらのプラントで生産された水を買取る契約をしている。そして20年後には運営権等がイスラエルに返還される仕組みになっている。
- ㊦ これらはすべて民間企業が建設したもの。一番大型のプラントは「Veolia」というフランスの資本で建設されたもので、5つのプラントはすべて異なる企業が、それぞれの入札に応じて建設したもの。イスラエルでは除塩をしなければ十分な量の飲用水の確保は困難であった。このシステムは我々にとって画期的なシステムであった。
- ㊦ 海外からの視察者から処理水の安全性についてよく質問を受けるが、30年間水質を調査して、問題になったことは一度もない。処理水には化学的・生物学的な処理が施されており、非常に高品質の水が得られている。欧州では処理水に対して抵抗があるため使用されていないが、イスラエルはこれ以外に選択肢がなかったため、高い技術を活用して水を生産している。
- ㊦ イスラエルでは天然水、湖水、地下水、表面水、汽水、除塩水など、様々な水源を利用して農業用や飲用に供している。ここで一番重要なのは、水を公平な価格で市民に供給できた点だと思う。水が高価過ぎると市民が利用できなくなってしまうため、彼らが利用できる価格に抑えられたことは一つの成果であった。昔は、イスラエルには水資源を一括して管理する水資源局（Water Authority）はなかった。今はそれが設立され、水のモニタリング、モデリング、水の分配・配置について決定を行っている。2014年の大規模な干ばつを皮切りにイスラエルは様々な災害に見舞われたが、イスラエルの国民はそれほど負担を感じなかったのではないと思う。それは、様々な技術を駆使して対応できたおかげだと思っている。今後、気候変動は様々な課題を投げかけてくと思うが、高度な技術を駆使して対応できると確信している。
- ㊦ 水資源の管理について、経済的な価値を考慮することも大事だが、持続可能な方法を用いることが必要だと思う。水資源には限りがあるため、（経済的・個人的な理由での井戸の採掘など）持続可能な水資源の管理を阻害することがあってはならないと思う。
- ㊦ 農業用水の利用について、例えば市民が飲み水に10シェケル払っているとすれば、農業用水の値段は1シェケル。補助金により値段が抑えられている。
- ㊦ 昔は1立方メートル当たり1ドルだったが、今は60セントまで費用が低下した。これは石油価格（の下落）が寄与しているところもある。プラントにとってエネルギーコストをどれだけ抑えられるかが当面の課題。再生可能エネルギーや風力等を使用するのも一つの手。イスラエルの淡水化処理費用は低めだが、これはプラントの規模にもよる。プラントの規模が大きければ大きいほど、コストを引き下げることができるためである。

・農林水産業分野において将来懸念している気候変動、及びその影響

- ㊦ イスラエルには様々な課題があり、様々な解決案を考え出している。国土は小さく、乾燥しているが、帯水層（地中の水分を多く含む層で、水分を貯水するストレージの役割を果たす。北部及び東部から流入する水が帯水層の地下水の主流となっている）が海岸沿いと山岳という大きく分けて 2 つのエリアに走っている（その他の水源として、北部にはキネレット湖がある）。そのため、農業その他の場面で地下水を多用している。ただ国土の半分は砂漠が占め、降水量が少ないイスラエル南部の地域では年間降水量が 100mm 以下（最も乾燥したエラットという都市では 20mm 以下）しかない。降水量の多い北部では年間降水量が 1,000mm 以上ある。イスラエルの人口は 900 万から 1,000 万で、人口の大半は降水量が少ない南部に住んでいる。
- ㊦ 南部は水分の蒸発量が多く、水は北部・東部から（土中を通じて）水が浸透することで南部に運ばれている。イスラエルで今一番大きな脅威として認識されているのが水不足と、水の品質の低下。品質については、塩分濃度の上昇も問題になっている。気候の年々変動も大きくなってきており、例えば今年 12 月には大雨が降って洪水まで発生した一方、雨がほとんど降らなかった地域もあった。EM（Eastern Mediterranean）ではあまり見ないケース。それと異常気象による極端な寒暖の差や干ばつも引き続き問題になっている。また Natural recharge（雨量ではなく、湖や帯水層に染み込む水の量）の年間貯水量が低下してきていることも問題になっている。
- ㊦ 解決案は様々あり、それらを通してイスラエルが抱えている環境や気候変動に関する問題を解決していかなければならないと考えている。
- ㊦ 特に最近では気候変動の脅威が次第に高まってきている。イスラエルの気候は、地中海や砂漠に近く、気候変動の影響を大きく受ける地域であることから、「Science hot spot」とも呼ばれている。そのため気候変動には強い関心を寄せている。気候変動についてイスラエルで大きな問題となっているのは、洪水と干ばつに関する問題。中でもイスラエルが問題視しているのは干ばつで、最も深刻な問題として取り上げられている。
- ㊦ 気候に関する問題（特に農業に関する問題）は、一つの省庁の力だけで解決できる問題ではない。灌漑の技術を含め、様々な高度な技術を駆使して対応していく必要があると思う。また、これは将来に必要な変革だと考えている。

2.4.4 欧州委員会（気候行動総局・農業総局）

（１）EU の状況

EU は米国と並ぶ農業国（地域）であり、主に家族経営による農業が営まれている。また、北極圏域から地中海沿岸まで南北に広がった地形を反映して、オリーブからエンバクまで広範な品目の農産物が生産されているのが特徴である。

EU における農用地面積は、加盟国全体の国土面積の 43% を占めているが、年々減少傾向にある。対世界比で見ると、牧草地の割合が低い一方、耕地面積の割合が高く、果樹園等の永年作物地の割合も比較的高いのが特徴となっている。

EU において畜産は重要な地位を占めており、農業総産出額に占める畜産の割合は 42.5%（2014 年）である。

EU 28 カ国の平均経営面積は 16.1ha（2013 年）で、最大はチェコ（133ha）、最小はマルタ（1.2ha）と、国ごとに大きく異なる。

表 2.4-5 EU の農林水産業概況

（単位：万トン）

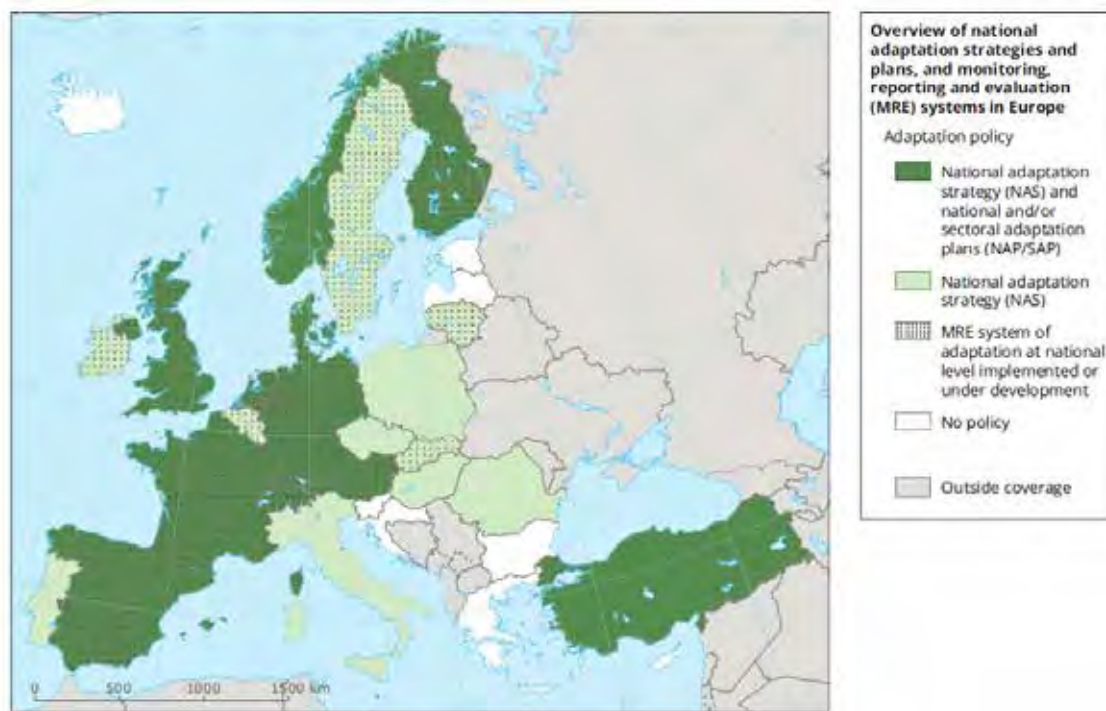
	EU 28					日 本
	2009	2010	2011	2012	2013	2013
小 麦	13,948	13,757	13,874	13,606	14,361	81
とうもろこし	6,003	5,920	7,027	5,991	6,652	0.02
大 麦	6,228	5,333	5,192	5,501	5,995	18
てん菜	11,575	10,512	12,515	11,531	10,762	344
ばれいしょ	6,312	5,722	6,233	5,462	5,347	260
菜 種	2,148	2,058	1,925	1,925	2,100	0.2
ぶどう	2,547	2,462	2,521	2,157	2,649	19
トマト	1,845	1,682	1,627	1,523	1,537	75
オリーブ	1,304	1,271	1,339	943	1,324	－
りんご	1,207	1,082	1,172	1,095	1,174	74
ライ小麦	1,205	1,075	1,014	1,011	1,143	－
牛 肉	796	815	805	769	739	51
豚 肉	2,244	2,309	2,325	2,280	2,241	131
鶏 肉	941	960	989	1,030	1,051	145
生 乳（牛）	14,765	14,827	15,052	15,066	15,240	751

資料：FAO 統計 ※クロアチア分も含む。

出典：農林水産省 EU の農林水産業概況

http://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokusei/kaigai_nogyo/k_gaikyo/attach/pdf/eu-1.pdf

欧州において国家適応戦略を策定している国は 23、国家適応計画（NAP）を開発した国は 12 である。欧州の半分以上の国々が適応策を特定し評価している。



Source: Updated from EEA, 2014, 2015a.

出典：EEA Climate Change, impacts and vulnerability in Europe 2016
<http://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>

（２）欧州委員会（気候行動総局・農業総局）におけるヒアリング概要と特徴

< 欧州委員会（気候行動総局・農業総局）について >

○ 欧州委員会気候行動総局（Directorate-General for Climate Action）

気候行動総局（DG CLIMA）は 2010 年 2 月に設立された。それ以前は、気候変動は環境総局（DG Environment）が担当していた。気候行動総局は欧州委員会の EU 及び国際レベルでの気候変動対策の取組みをリードしており、以下を任務としている。

- ・気候変動政策と戦略の策定と実行
- ・気候に関する国際交渉において主導的役割を果たすこと
- ・EU の排出量取引制度（EU ETS）の実施
- ・EU 加盟国の国家排出量の監視
- ・低炭素技術と適応策の促進

○ 欧州委員会農業総局（Directorate-General for Agriculture and Rural Development）

農業総局（DG AGRI）は EU の農業及び地方開発を担当する部門であり、共通農業政策（CAP）のすべての面を取り扱っている。10 の部門で構成され、各部門の中に 4～5 つほどのテーマ別ユニットがある。

農業総局は、以下のような目標を掲げている：

- ・持続可能性、環境についてのルール、動物福祉、トレーサビリティなどの EU の基準を尊重しながら、農家が十分な量の安全な食料を生産するための手助け
- ・予測の範囲を超えた生産状況に直面した場合でも、収入を安定化できるようなサポートシステムを伴う、農業ビジネスの提供
- ・持続可能で近代的な農業部門への投資の促進
- ・多様な経済性を持つ活力のある農村コミュニティの維持
- ・フードチェーンを通じた雇用の創出と維持

< 欧州委員会（気候行動総局・農業総局）におけるヒアリング概要と特徴 >

欧州委員会を訪問した。以下にヒアリングにより得られた知見について概要と特徴を記載する。

表 2.4-6 ヒアリング概要と特徴

項目	内容
既に生じている影響や被害	地域によって生じている影響は大きく異なり、ネガティブな影響だけでなく、ポジティブな影響も生じている（北ヨーロッパで作物栽培時期の長期化など）。 農作物だけでなく家畜にも影響が生じている。直接的な影響（熱ストレス）だけでなく、間接的な影響（家畜飼料の収量、品質など）も生じている。家畜の品種によって影響度が異なる。
影響評価	欧州環境庁がエコシステム、森林、家畜など広域に影響評価をしている

項目	内容
	る（図 2.4-12～図 2.4-16）。 欧州委員会にも Joint Research Center があり、品質も含め影響評価を実施している（図 2.4-12～図 2.4-16）。また、農業資源のモニタリングを行い、その情報をもとに収量予測などを実施している。
対策	林業に対して植林に関する情報を提供する必要がある。長期的な栽培であるため、将来も含め詳細な情報（選ぶべき品種、将来の水分量など）を提供している。 DG サンテには独自のモニタリングシステムがあり、害虫、植物や家畜についての変化を関係諸国に通知している。
EUAdaptation Strategy（欧州適応戦略）	< 進捗管理 > 適応に関する進捗状況を測るための指標であるスコアボード（表 2.4-7）を作成し、各国がどのように戦略を作成し、どのように実行に移すかなどの進捗を確認する。 評価に関する情報は Climate ADAPT で得られる。 適応戦略の見直しを行っており、2018 年に公表予定。都市レベルでの活動を拡大させたい < 適応戦略の運用 > 地方レベルの詳細な評価について、ガイダンスを提供してメンバー諸国に推奨しているが、必須ではない。 地域での詳細な評価は科学的な知見や予算面などから難しく、国によって状況が異なる。
ファンドを通じた活動	< LIFE Programme（図 2.4-18） > 都市や地方への適応戦略のサポート、農業プロジェクトに関する水の効率改善、耕作方法などについてうまく機能している。 他の分野にも展開していくことや補助金を出す制度も検討している。 < Rural Development Fund > 地域を対象としたファンドで、森林保全活動、消防士活動のためのインフラ構築、救助時のヘリコプターなどに資金を提供している。 また、遺伝的に改良された高品種の牛の開発についても予算が使用されている。 < 課題 > LIFE プログラムに関して、戦略の実行方法について多くのリクエストが寄せられている。 都市レベルでは追加的な活動を行いたい時に、予算を獲得することが課題となっている。 欧州委員会ではファンディングの検討に必要な情報を与えることを実施している
広報と意識向上キャンペーン	< Covenant of Mayors > 緩和と適応の両方に対応している。欧州委員会は影響や対策についてガイダンスを提供する（特定の都市に対してアドバイスは行わない）。都市や地方によって優先事項や焦点が異なり、またヨーロッパの都市は自治権があるため、ガイダンスを参考に都市自身で進めていく。 100 以上の国々が署名しており反応が良い。欧州だけでなく他国にも拡大したいと考えている。 < Climate ADAPT（図 2.4-19） > 欧州委員会は必要な情報（例えば、植物や品種の選定の際に必要な情

項目	内容
	報など）を与えることが役割である。 影響評価に関する不確実性のガイダンスを載せて、不確実性を考慮した計画づくりを指導している。 都市や国レベルでの情報の共有、基金などが利用できるかの紹介、他の関連プロジェクトなども掲載している。

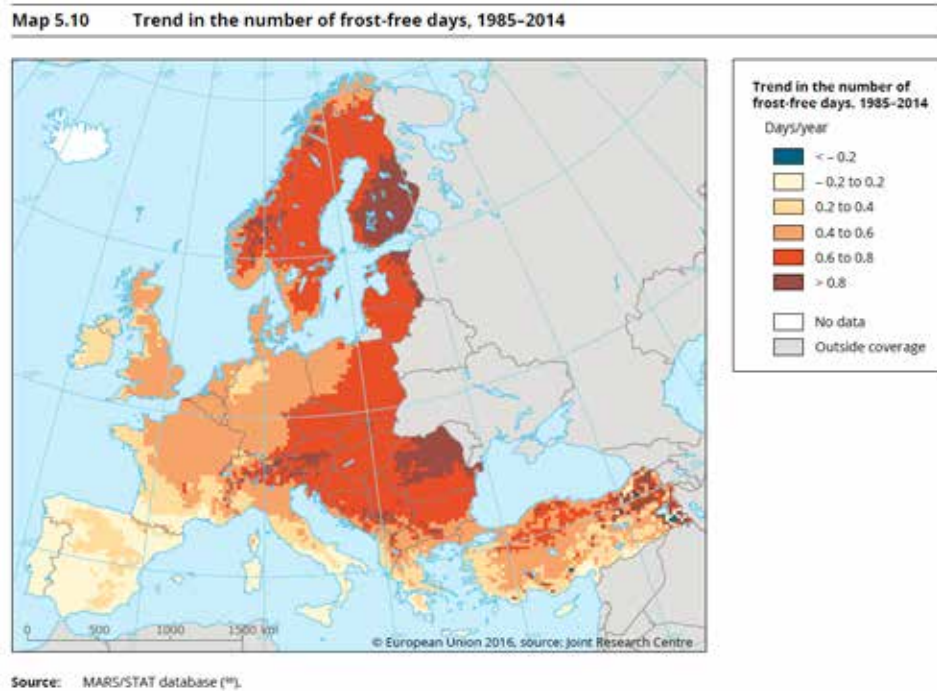


図 2.4-12 無霜期間の変化（1985-2014）

出典：EEA Climate Change, impacts and vulnerability in Europe 2016

<http://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>

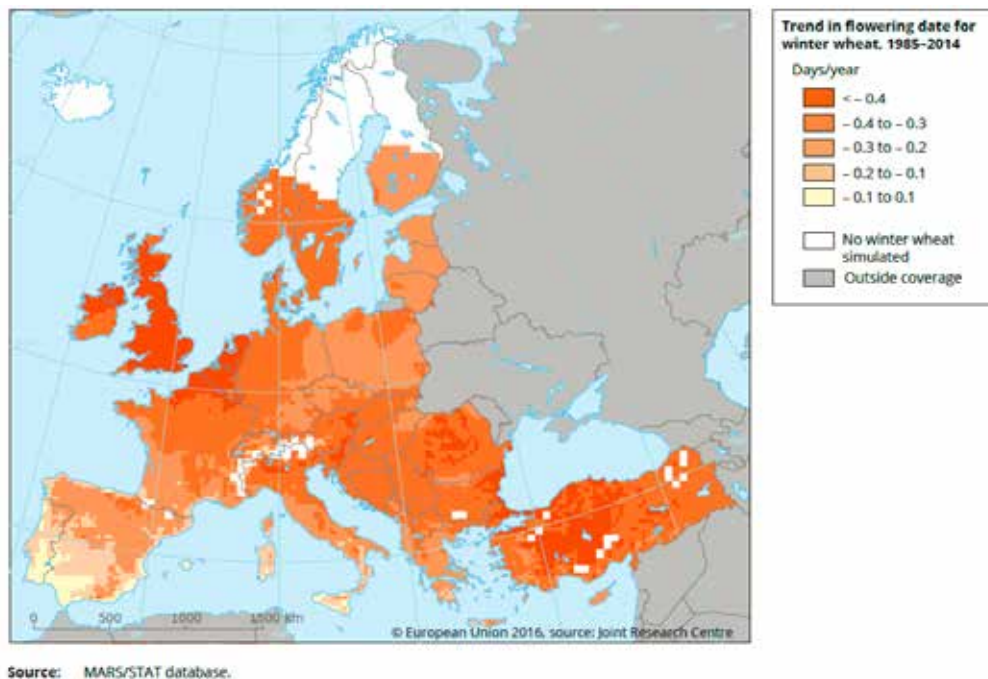


図 2.4-13 冬コムギの開花時期の変化（1985-2014）

出典：EEA Climate Change, impacts and vulnerability in Europe 2016

<http://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>

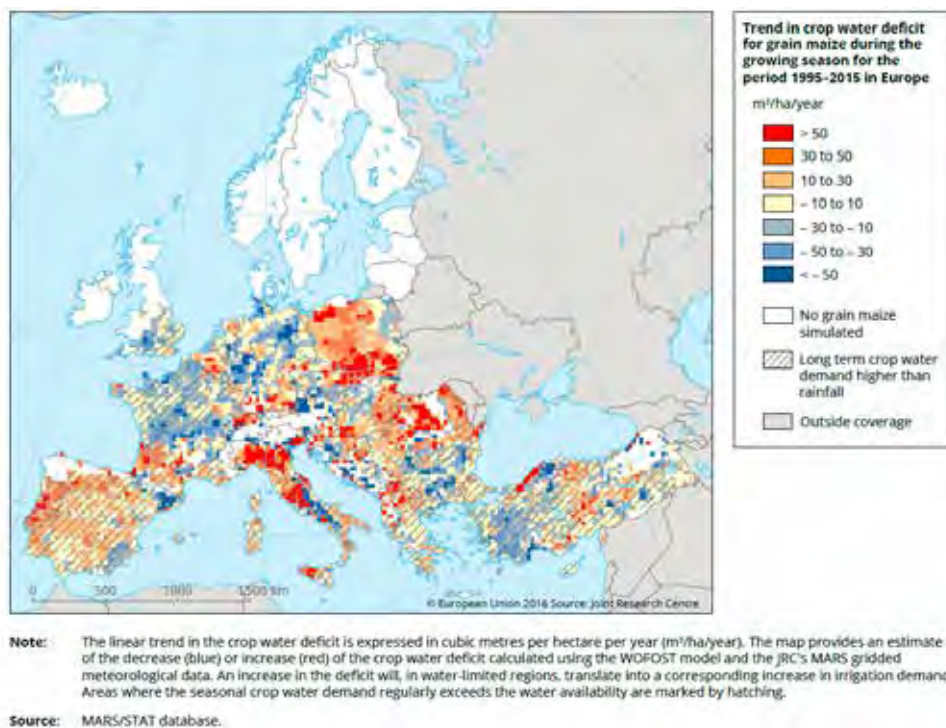


図 2.4-14 子実用トウモロコシ栽培における生育時期の水不足の傾向（1995-2015）

出典：EEA Climate Change, impacts and vulnerability in Europe 2016

<http://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>

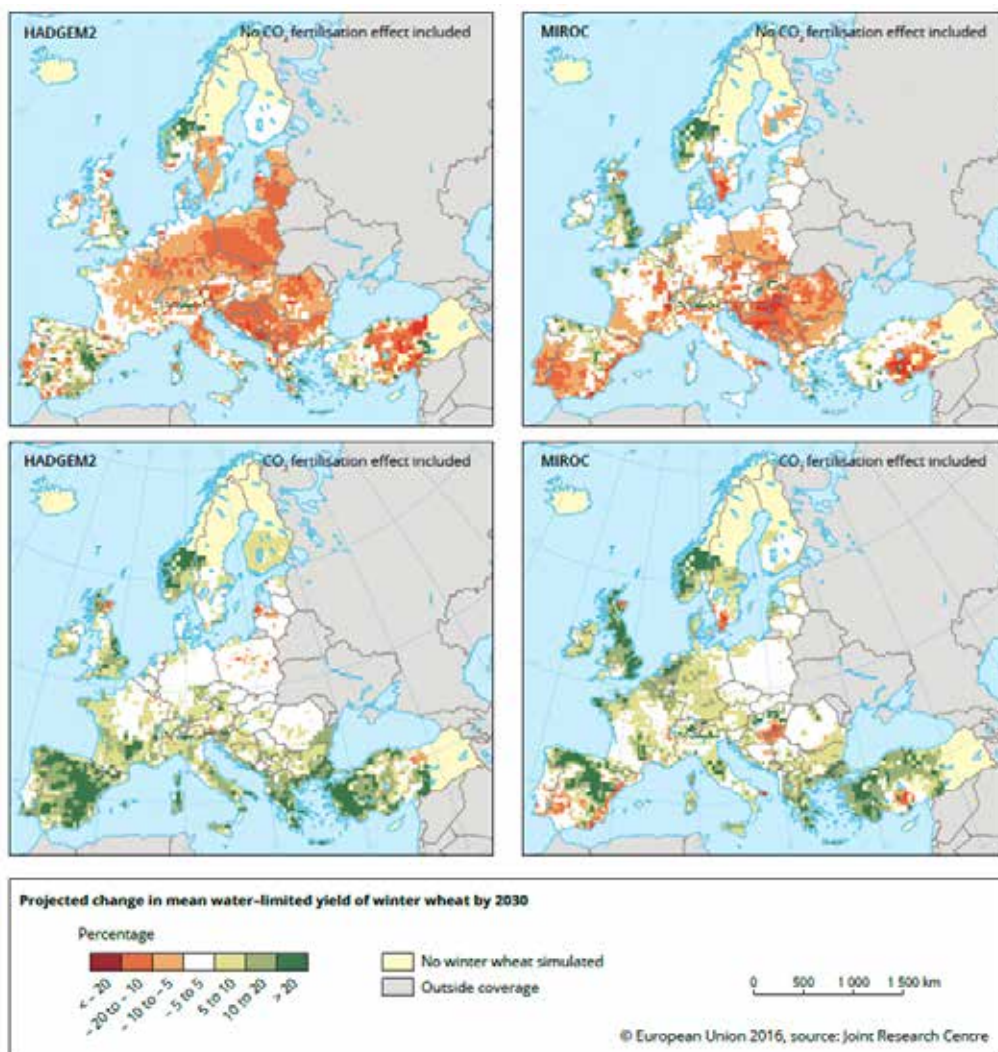
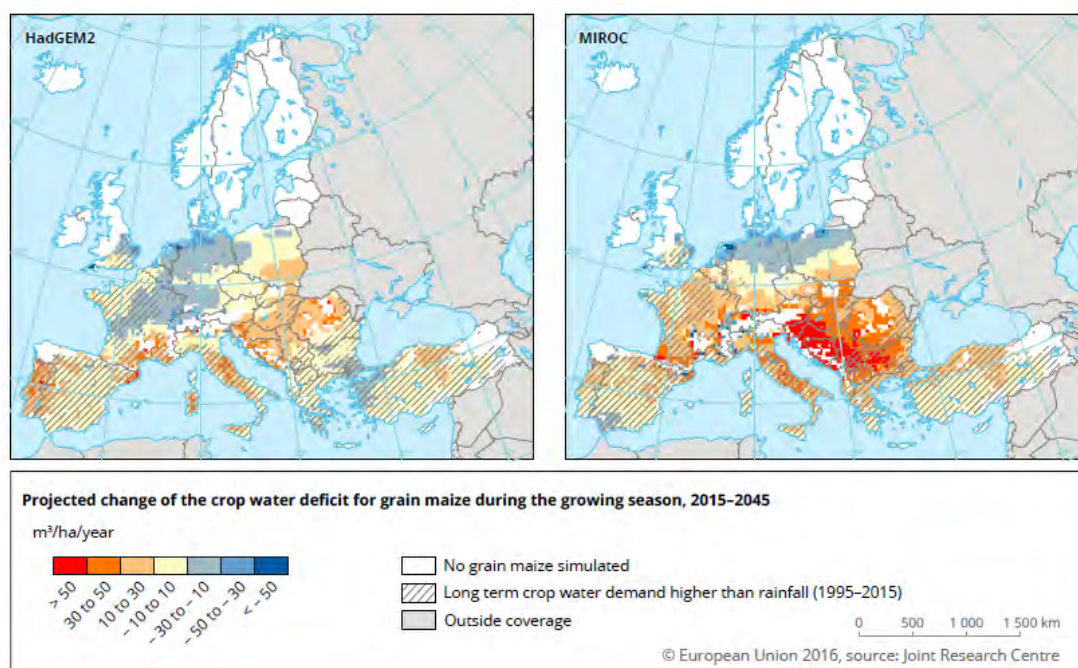


図 2.4-15 2030 年までの冬コムギの収量変動予測（水の制約を受けた状況下）
 出典：EEA Climate Change, impacts and vulnerability in Europe 2016
<http://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>



Note: The map shows projections of changes in the crop water deficit for grain maize in the growing season in the 2030s compared with the reference period centred on 2000 for two different global climate models. The simulations were performed using the WOFOST model for the RCM8.5 emissions scenario. Red indicates an increase in the crop water deficit and blue indicates a reduction of the deficit. Areas where the seasonal crop water requirement regularly exceeds the water availability are marked by hatching.

Source: JRC.

図 2.4-16 子実用トウモロコシの生育時期における水不足の変化 (2015-2045)

出典：EEA Climate Change, impacts and vulnerability in Europe 2016

<http://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>

進捗状況を評価するスコアボード

欧州委員会は、加盟国の準備状況を測定するための適応準備スコアボードを作成している。

表 2.4-7 スコアボードの内容

Policy framework				
A	Adaptation strategies	A1	A national adaptation strategy has been adopted and/or	
		A2	Number and scope (% of population or territory covered) of adaptation strategies adopted at relevant subnational levels, in line with national multilevel governance arrangements	
B	Adaptation action plans	B1	A national adaptation action plan has been adopted and/or	
		B2	Number and scope of adaptation action plans adopted at local or relevant subnational levels, and/or	
		B3	Adaptation action plans adopted at sectoral level, or embedded in sectoral strategies	
Scoreboard				
Adaptation policy-making process	Main areas of performance		Key domains of relevance	
	N°	Definition	N°	Definition
Step 1: Preparing the ground for adaptation	1	A central administration body is in charge of adaptation policy making and vertical and horizontal coordination arrangements are in place with other governmental bodies	1a	A central administration body officially in charge of adaptation policy making
			1b	Horizontal (i.e. sectoral) coordination mechanisms exist within the governance system, with division of responsibilities
			1c	Vertical (i.e. across levels of administration) coordination mechanisms exist within the governance system
	2	Stakeholders (e.g. interest groups, scientists and general public) are involved in the preparation of adaptation policies	2a	A dedicated process is in place to facilitate stakeholders' involvement in the preparation of adaptation policies
			2b	Transboundary cooperation is planned to address common challenges with relevant countries
Step 2: Assessing risks and vulnerabilities to climate change	3	Systems are in place to monitor and assess current and projected climate change, impacts and vulnerability	3a	Observation systems are in place to monitor climate change, extreme climate events and their impacts
			3b	Scenarios and projections are used to assess the economic, social and environmental impacts of climate change
			3c	Sound climate risks/vulnerability assessments for priority vulnerable sectors are undertaken to support adaptation decision making. The selection of vulnerable sectors may be based on a lighter pre-screening vulnerability assessment
			3d	Climate risks/vulnerability assessments take transboundary risks into account , when relevant
	4	Knowledge gaps on climate change and climate change adaptation are tackled	4a	Key stakeholders (e.g. from science, administration and the private sector) are involved in defining and working on research priorities
			4b	Identified knowledge gaps are used to prioritise public funding for research on impacts, vulnerabilities and adaptation to climate change
	5	Knowledge transfer processes are in place to build adaptive capacity across sectors	5a	Adaptation relevant data and information is available to all stakeholders (e.g. through a dedicated website or other comparable means).
			5b	Science-policy interfaces, such as workshops, are in place to facilitate dialogue between researchers and decision and policy -makers
			5c	Capacity building activities take place; education and training materials on climate change adaptation concepts and practices are available and disseminated
Step 3: Identifying	6	For priority sectors, a range of adaptation options is	6a	Adaptation options considered are consistent with the results of sectoral risk assessments, and with measures and good practices

adaptation options		considered, consistent with the results of sectoral risk assessments and taking into account good practices and measures		identified in similar contexts
			6b	The selection of priority adaptation options is based on robust methods (e.g. multi-criteria analyses, stakeholders consultation, etc.) and consistent with existing decision-making frameworks
			6c	Mechanisms are in place to coordinate disaster risk management and climate change adaptation
	7	Dedicated and adequate funding resources have been identified and made available to implement adaptation action	7a	A dedicated budget is available for financing cross-cutting/coordinated adaptation action (e.g. national scenarios and climate services, capacity building, website)
			7b	Where relevant, funding is available to increase climate resilience in vulnerable sectors
Step 4: Implementing adaptation action	8	Climate change adaptation is mainstreamed into priority and key national planning and sectoral policymaking	8a	Adaptation has been included in the national frameworks for environmental impact assessments and strategic environmental assessments
			8b	Prevention/preparedness strategies (e.g. early warning systems) in place under national disaster risk management plans comprehend current and projected climate extremes
			8c	Key land use and resource management planning policies take into account the impacts of climate change
			8d	National policy instruments promote adaptation at sectoral level, in line with national priorities and in areas where adaptation is mainstreamed in EU policies
			8e	Adaptation is mainstreamed in insurance or alternative policy instruments, where relevant, to provide incentives for investments in risk prevention
	9	Climate change adaptation policies, measures and projects are effectively implemented	9a	Adaptation projects are effectively implemented, e.g. as defined in action plans or sectoral policy documents
			9b	Cooperation mechanisms foster and support adaptation at relevant scales (e.g. local, subnational)
			9c	Procedures or guidelines are available to assess the potential impact of climate change on major projects or programmes, and facilitate the choice of alternative options
			9d	There are processes for stakeholders' involvement in the implementation of adaptation policies, measures and projects
Step 5: Monitoring and evaluation	10	Systems are in place to monitor and report on climate change adaptation, including adaptation-related expenditures, via relevant indicators	10a	The integration of climate change adaptation in sectoral policies is monitored, including e.g. by developing relevant indicators
			10b	Information on adaptation actions is collected and disseminated, including e.g. related expenditures
			10c	Cooperation with regional or local administrations allows to collect information on adaptation action at sub-national levels
	11	An evaluation framework is in place to assess whether adaptation policy objectives are met and a periodic review of the adaptation strategy is planned	11a	A periodic review of the national adaptation strategy and action plans is planned
			11b	Stakeholders are involved in the assessment, evaluation and review of national adaptation policy

EU Adaptation Strategy (欧州適応戦略)

EU Adaptation Strategy (EU Strategy on adaptation to climate change) は気候変動の影響に対する欧州のレジリエンスを強化する。メンバー国の行動の促進、情報に基づく意思決定の促進、主要な脆弱な分野における適応促進を目的としており、以下の 8 つの行動に基づいて実行される。



図 2.4-17 欧州適応戦略を実行するための 8 つの行動

欧州適応戦略により、EU は適応に関する包括的な情報を提供することによって（主に Climate-ADAPT を通じて）、一貫した適応アプローチを確実にするための指針や忠告を与え（例えばガイダンスにより）、適応行動のための資金を割り当てることによって（例えば LIFE プログラム）、国家、地域、地方レベルの公共及び民間セクターを支援する重要な役割を果たしている。

LIFE （The Financial Instrument for the Environment and Climate Action）

環境のための EU の資金調達手段である。EU の気候適応政策の実施と施行、及び他の多くの政策分野における適応を促進した実証プロジェクトの主要な資金源の 1 つである。2014-2020 年、LIFE は環境と気候の保護に約 34 億ユーロを拠出する。この新しい LIFE プログラムは、気候変動に取り組むための小規模低炭素技術及び適応技術、気候変動問題を解決するための新しいアプローチや方法論の試行に対して、公共機関、NGO 及び民間企業、特に中小企業を支援する。地方や地域における緩和戦略又は適応戦略や実行計画も金銭的に支援される。さらに、LIFE のサブプログラムでは、現在気候に関する規制を改善するために、関係者を巻き込んだキャパシティ・ビルディングと意識向上活動を支援する。

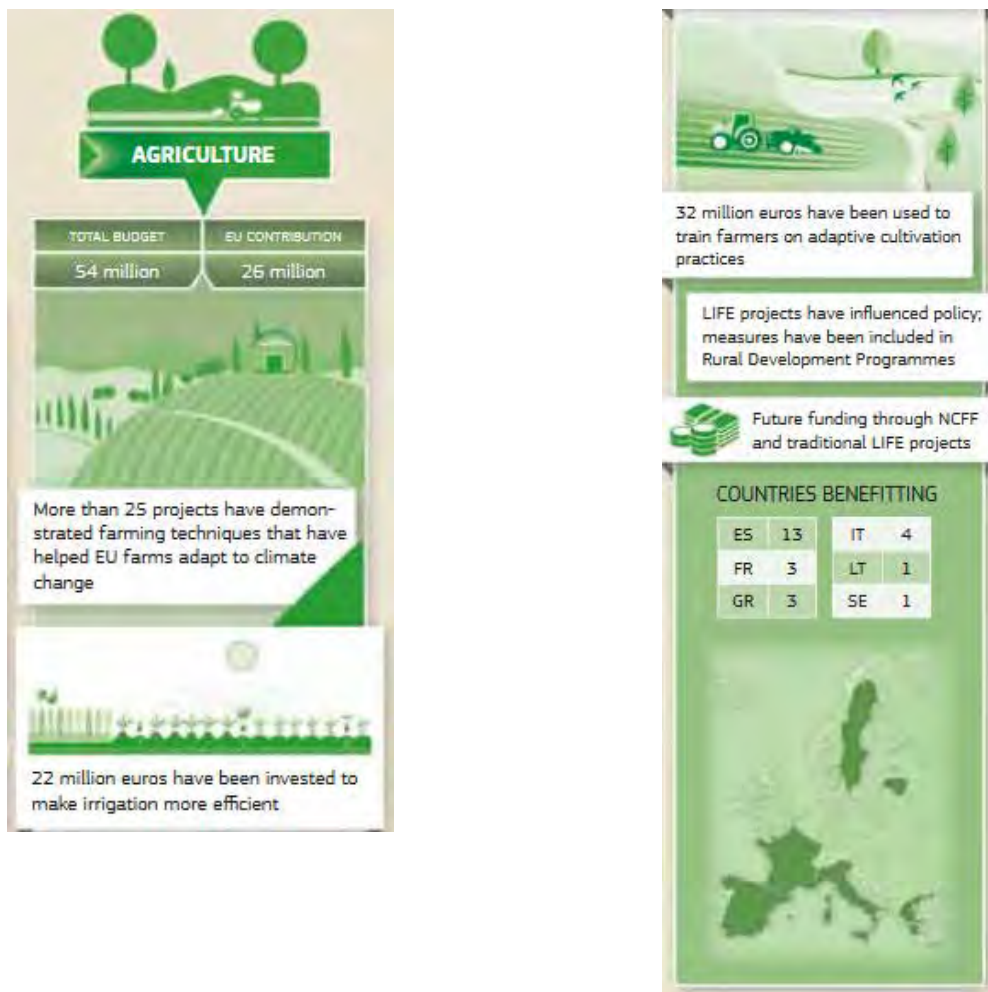


図 2.4-18 適応に関する LIFE の影響（農業分野を抜粋）

出典：European Commission LIFE and climate change adaptation, LIFE Environment

<http://ec.europa.eu/environment/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/climatechangeadaptation.pdf>

欧州地域開発ファンド（European Regional Development Fund）

EU は、加盟国向けの政策として、経済・社会上の地域格差の是正、競争力向上と雇用創出、欧州における地域間協力の 3 つの目標を掲げ、ファンドを通して各国における投資支援を実施している。そのファンドの中で最大のものが欧州地域開発ファンドである。

欧州地域開発ファンドは、地域間の不均衡を是正することにより、EU における経済的・社会的結束を強化することを目指している。投資を革新的な研究や低炭素経済などいくつかの重要な優先分野に集中させている。

1975 年以来、主に企業向けのインフラ構築及び生産性の高い雇用創出のための投資に支援を行ってきた。

(参考) 地方開発のための欧州農業ファンド (European Agricultural Fund for Rural Development)

地方開発のための欧州農業ファンドは、加盟国の農村開発計画に資金を提供する。2014 ~ 2020 年の総予算はほぼ 1000 億ユーロで、EU の農業、林業セクター、農村地域の強化に取り組んでいる。農村開発プロジェクトは、返済する必要のない助成金を通じた支援を受けることができるが、金融的手段 (ローン、保証、株式など) を通じて支援を受けることも可能である。

Covenant of Mayors:

欧州委員会は、気候変動に直接または間接的に関連する EU の広範な広報と意識向上キャンペーンをいくつか実施しており、Covenant of Mayors もその 1 つである。

欧州委員会は、地方自治体が持続可能なエネルギー政策を実施することを支援するために、Covenant of Mayors を発足させた。2020 年の EU の気候とエネルギー目標を達成するために、地方や地域の主体を結集する上で重要な役割を果たし、2020 年までに EU の温室効果ガス排出量 20%削減目標の達成以上を地域及び地域当局に奨励する。

2008 年に欧州委員会によって発足され、2013 年 11 月下旬には 1 億 3,700 万人以上の人口を持つ 5,395 の地方自治体及び地域当局によって署名された。

Climate-ADAPT (The European Climate Adaptation Platform)

CLIMATE-ADAPT は、欧州委員会 (DG CLIMA、DG 共同研究センター及び他の DG) と欧州環境庁との事業体である。欧州の気候変動適応を支援することを目指している。欧州全体の影響、脆弱性、適応政策に関する情報が含まれており、適応ケーススタディやその他の情報へのアクセスを容易にする多くのソフトウェアツールも含まれている。

欧州委員会が主導し、ユーザーは次の項目についてデータと情報にアクセスして共有することができる。

- ・ヨーロッパで予測される気候変動
- ・地域及びセクターの現在及び将来の脆弱性
- ・EU、国家、国境を越えた適応戦略と行動
- ・適応ケーススタディと潜在的な適応オプション
- ・適応計画をサポートするツール

欧州委員会は、EU 域内外の関係するすべての関係者に対して、欧州の健全な適応情報へのアクセスを容易にする必要性を満たすために、Climate-ADAPT を継続的に改善することを目指しており、欧州における適応情報のための「ワンストップショップ」としてさらなる開発を推進している。

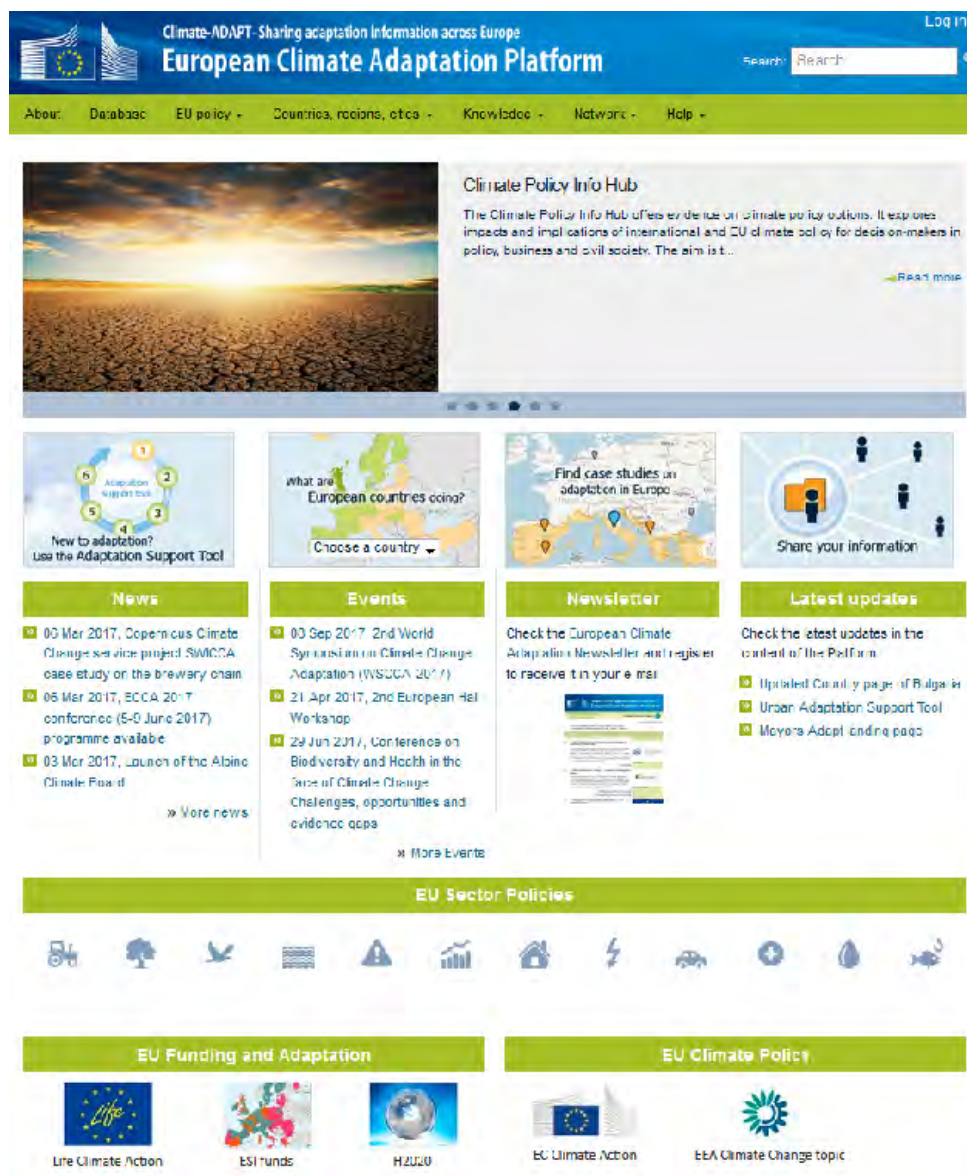


図 2.4-19 Climate-ADAPT のポータル画面 (2017.3.17)

出典 : <http://climate-adapt.eea.europa.eu/>

(2) 欧州委員会気候行動総局 / 農業総局での質疑応答

我々の質問に関する回答について以下に示す。

・気候変動による農業分野への影響について

EU において影響が既に生じており、問題となっている影響

- ㊦ 地域によって生じている影響は大きく異なり、ネガティブな影響だけでなく、ポジティブな影響もある（北ヨーロッパで作物の栽培時期が長くなったことは放牧にとって良い影響）。
- ㊦ 農作物だけではなく家畜にも影響が見られる。家畜に関して、間接的な影響と直接的な影響がある。直接的な影響は熱ストレス、間接的な影響は家畜飼料、品質、牧草自体の変化による家畜の生産性への影響である。また、家畜の品種によっても影響度が異なる。

気候変動による影響評価について

- ㊦ 欧州環境庁がエコシステム、森林、家畜、またそれ以外についても広域に影響評価を実施している。
- ㊦ 欧州委員会にも Joint Research Center があり、農業リソースについてモニタリングしている。衛星システムから得られる情報をもとに農業作物の地域や収量について広域に（サブサハラ地域も含む）予測をしている。早期の警告（害虫の被害など）も可能。また品質についても影響評価を実施している。

EU において重要となっている対策

- ㊦ 林業に対して植林に関する情報を提供する必要があると考えている。木は一度植えると、長い年月を経た後に使用するため、今の気候の情報だけでは不十分である。現時点でできるだけ詳細な情報を与え、将来を考慮に入れた上で、どんな品種にすべきか、土壌の水分に関する今後の予測情報を提供している。
- ㊦ DG SANTE (SANTE: The Directorate-General for Health and Food Safety) には独自のモニタリングシステムがあり、害虫、植物、家畜についての变化などの情報を関係諸国に通知している。
- ㊦ 野生動物による林業や一部の作物への影響がみられるが、気候変動による被害ではなく、野生動物の保護によってもたらされている。

・The EU Strategy on adaptation to Climate Change(適応戦略) について

適応戦略の進捗管理について

- ㊦ 適応の進捗状況を測る指標であるスコアボードを作成した。各国がどのように戦略を作成し、どう実行に移すのか、またどのように監視しているのかについて確認できる。Climate-ADAPT から関連情報が得られる。
- ㊦ メンバー諸国で独自のモニタリングシステムとレポートシステムを持っており、その情報をもとに評価を行う。
- ㊦ 現在、適応戦略の見直しをしており、結果は 2018 年に公表予定。その中で都市レベルでの活動を拡大させたいと思う。主要国だけでなく、ローカルレベルに対しても、情報提供だけでなく総合的な管理が重要であると考えている。

適応戦略の運用について

- ㊦ 地方レベルの詳細な評価について、メンバー諸国に対し推奨しているが、必須ではな

く、国によって状況が異なる。ガイダンスを提供することや、セクターにおける影響情報を提供し分析を推奨している。地域においても地方レベルの評価を意識しているが、科学的な知見や予算面などから現実には難しい状況である。欧州委員会では厳しく指導するのではなく、参加を呼びかけ、情報を共有し改善させていくことを第一に考えている。

- ㊦ 他にも、地方ごとに農業技術が異なるため、国レベルの情報を地方レベルにダウンスケールすることや、他地域に当てはめて活用することは難しい。
- ㊦ 個人的な意見だが、戦略の実行に関してボトルネックを見つけることや（広範にわたるため）、地域の取組みをうまく支援していく点が難しいと思う。

・ファンドを通じた活動について

The LIFE programme (LIFE Climate Action sub-programme) について

- ㊦ ファンドは幾つかあるが、LIFE プログラムは小規模に実行している。都市や地方への適応戦略のサポート、農業関連プロジェクトに関する水の効率改善、耕作方法などについてうまく機能している。今後は、他の分野にも展開していくことや補助金を出す制度も検討している。
- ㊦ なお、民間企業からも適応に関して資金提供を誘致しているが、実際まだ難しいところ。また、欧州投資銀行にも働き掛けている。
- ㊦ DG 農業総局は直接的ではないが LIFE プログラムの目的に協賛し支援している。例えば、林業については山火事情報の提供や消防士のトレーニングに対し資金提供などを行っている。

欧州地域開発ファンド (European Regional Development Fund) について

- ㊦ 地方開発を対象にしたファンドがある。例えば、森林を守る保護活動、消防士の活動のための道路の整備、山火事を見つけるために必要なインフラ構築、救助活動時のヘリコプターなどに資金を提供している。
- ㊦ アイルランドでは5年後に良い品種を選定するために、遺伝的に改良された牛に関する取組みについて予算が使われている。

ファンドの提供の取組みにおける課題

- ㊦ LIFE プログラムに関して、戦略を作成した後にどう実行するのかについて、多くのリクエストが寄せられており、検討している。
- ㊦ 都市レベルでは、ファンド使用後に追加で活動を行いたい場合、新たな予算獲得が課題となっている。
- ㊦ 欧州委員会では必要な情報を与えること、例えば資金が必要であれば、それに対応できると考えられる情報を提供することを実施している。

・自治体等のサポート等を通じた活動について

Covenant of Mayors の現状

- ㊦ 2008 年に Covenant of Mayors が設立され、2014 年に Mayors Adapt が開設された。その後 2015 年に Covenant of Mayors と統合した後、最終的には Covenant of Mayors for Climate & Energy となった。
- ㊦ 緩和と適応の両方に対応している。欧州委員会は特定の都市に対してアドバイスするのではなく、全体に対しどのような影響があるのか、またどういった対策が必要とな

るのかについてガイダンスを提供する。都市や地方によって優先事項や焦点が異なり、またヨーロッパの都市は自治権があるため、ガイダンスを参考に都市自身で進めていくことになる。

- ㊦ 2年ごとにレポートが出されており、野心的なターゲットや対策（活動）を記載している。

Covenant of Mayors の今後の見通しについて

- ㊦ 欧州委員会が主導している Covenant of Mayors に対する反応が非常によく、このプログラムを延長したいと思っている。すでに 100 以上の国々が署名しており、これをヨーロッパだけではなく他国にも広げたいと考えている。日本もパートナーになっている。

(5) Climate ADAPT について

利用者への情報や Tool の提供方法について

- ㊦ 欧州環境庁が日々の管理を行っている。他サイトとの比較から、もっとユーザーフレンドリーなサイト、もう少し内容をキャッチアップすることを目指す必要がある。ユーザーからは情報の所在に関する問い合わせが多い。

科学的知見の提供について

- ㊦ 欧州委員会は必要な情報（例えば、植物、品種の選定の際に必要な情報など）を提供することが役割である。
- ㊦ Climate-ADAPT に不確実性の取扱いについてガイダンスを載せており、不確実性を考慮した計画づくりを指導している。
- ㊦ 適応以外の情報も載せている。例えばどのようなファンディングやリソースが利用できるのかなどについて紹介している。また都市や国レベルでの情報の共有、Horizon2020⁵⁸ のプロジェクトでこういったリサーチプログラムがあるか等の情報も掲載している。
- ㊦ 優先順位に関しては、ノーリグレットアクションの観点があり、その視点からビジネスでこういった行動を取るか、農業だけでなく他の分野にも利用できることを情報提供している。

⁵⁸ 2014 年～2020 年の 7 年間にわたる総額 800 億ユーロ規模の EU 研究・イノベーション枠組み計画。2013 年の予算は、産業リーダーシップに 170 億€、社会的課題に 297 億€、欧州イノベーション工科大学院に 27 億€、欧州原子力共同体（ユーラトム）に 16 億€、卓越した科学に 244 億€。

2.4.5 英国気候変動委員会（CCC）

（１）英国の状況

国土面積は日本の約 3 分の 2。グレートブリテン島（イングランド、スコットランド、ウェールズ）とアイルランド島北部（北アイルランド）から構成される。グレートブリテン島には、北部、中部及び西部に低い山脈が走り、アイルランド島北部には台地や湖沼が多く点在する。

暖流の北大西洋海流の影響で、高緯度に位置（樺太島北部に相当）する割には温和であり、全土が温帯気候に属している。

イングランドの南西部は平坦地が多く穀倉地帯となっており、北西に行くにつれて酪農、丘陵地での牛や羊の放牧地帯となる。1 経営体当たりの平均経営面積（93.6ha（2013 年））は、EU28 ではチェコに次いで 2 番目に大きく、大規模かつ効率的な農業が行われている。耕地の大部分はイングランドに集中しており、コムギ等の穀物が生産されている。

主要農産物は、コムギ、オオムギ、ナタネ、テンサイ、生乳、牛肉、豚肉等であり、蒸留酒の輸出額は世界第 1 位（2013 年）である。

表 2.4-8 英国の農林水産業概況

(単位：万トン)

	英 国					日 本
	2009	2010	2011	2012	2013	2013
小 麦	1,408	1,488	1,526	1,326	1,192	81
大 麦	667	525	549	552	709	18
てん菜	846	653	850	729	800	344
ばれいしょ	640	606	631	455	558	260
菜 種	191	223	276	256	213	0.2
生 乳(牛)	1,385	1,407	1,385	1,384	1,394	751
鶏 肉	127	138	135	138	144	145
牛 肉	83	91	94	89	85	51
豚 肉	72	76	81	83	83	131

資料：FAO統計

出典：農林水産省 英国の農林水産業概況

http://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokusei/kaigai_nogyo/k_gaikyo/attach/pdf/gbr-1.pdf

CCRA 2012 で明らかにされた主要な気候変動リスクと機会は以下を含んでいる。

- ・夏の土壌水分不足による、作物収量と品質を維持するための灌漑需要の増加
- ・夏の降水量の減少による、夏の水資源の確保のための競争の激化
- ・優良農地における作物の喪失やその他の影響（洪水や海岸浸食による失った農地による）
- ・現存するそして新しい樹木の病気や害虫によるリスクの増加（木材生産の減少や樹木の枯死など状況の悪化）

- ・ 森林における生産性の変化（木材収量が維持される場合に、種の選択の結果として）
- ・ 森林火災の増加（暖かく乾燥した状況による）
- ・ 作物栽培期間の長期化や CO₂ 施肥効果による収量の増加
- ・ 新しい作物を栽培する機会（より暖かい気候と生育期間の長期化による）
- ・ 木材収量の増加（水の制約を受けない場所における）
- ・ 以前は英国には適さないと考えられていた木材種を植える機会

（２）英国気候変動委員会におけるヒアリング概要と特徴

< 英国気候変動委員会について >

英国気候変動委員会（CCC）は、2008 年の気候変動法の下で設立された独立した法定機関である。CCC の目的は、温室効果ガス排出量の削減と気候変動に対する準備の進捗について議会に報告し、排出目標に関して英国政府と非政府機関に助言することである。

この役割を果たすために、CCC は以下に焦点を当てている。

- ・ 炭素収支の設定と会合、気候変動への準備について、政府に独立したアドバイスを提供する
- ・ 排出削減と炭素収支の進捗状況を監視する
- ・ 気候変動についての科学、経済、政策に関する独立した分析を行う
- ・ さまざまな組織や個人と協力して証拠と分析を共有する

< ヒアリング概要と特徴 >

英国気候変動委員会を訪問した。以下にヒアリングにより得られた知見について概要と特徴を記載する。

表 2.4-9 ヒアリング概要と特徴

項目	内容
既に生じている影響や被害	極端な気象現象によって農作物の収量（コムギ、ジャガイモ、家畜飼料など）に影響が生じている。作物の栽培適地や病害虫の北上が見られる。ただし、病害虫については気候変動の影響かは不明。
対策	コムギについて作付け時期をずらす方法や、遺伝子組換え、土地利用の変化、新品種の育成などがある。気候変動は新たな機会ももたらしており、英国ではブドウ、アプリコット、オリーブなどの生産が増加している。
影響評価研究	水資源（洪水と干ばつ）（図 2.4-21）、土壌の質の変化（図 2.4-22）、経済的な観点から見た影響評価や国際的なリスクなどを評価している。
CCRA の策定 ⁵⁹	< 改訂に関して >

⁵⁹ UK Climate Change Risk Assessment 2017 Synthesis report: priorities for the next five years
<https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2016/07/UK-CCRA-2017-Synthesis-Report-Committee-on-Climate-Change.pdf>

その他の情報は以下のサイトに詳しい。

<https://www.theccc.org.uk/tackling-climate-change/preparing-for-climate-change/climate-change-risk-assessment-2017/>

項目	内容
(改訂)	前回の長期にわたるリスクをアカデミックな観点で調査する方法から、当面の5年に集中し、対策に関する優先順位の評価について注力した。 また、著名な学者・研究者のもとに、100名以上の専門家を集め、既存文献に基づいて評価を実施。 国内リスクだけでなく他国からの影響、極端現象による影響、損失だけでなく利益の調査も実施。 <評価に関して> リスクに対して、今後5年間対策を講じるべきかどうかをまとめた。そのために、リスクの把握→リスクへの対応のチェック→将来英国の利益となるかの調査を行い、これらをもとに5年間に対策を講じるべきかどうかを評価した。 分類された分野でリスクの高い順から以下の通り(図 2.4-23) ・洪水及び海岸の変化リスク ・健康や福祉、生産性に関するリスク ・水供給、農業・エネルギー供給・工業分野へのリスク ・自然資本(土地、海岸、海洋、淡水生態系、土壌、生物多様性)へのリスク ・国内及び国際的な食料生産と貿易に対するリスク ・病害虫、外来種による人、動植物へのリスク
NAP への貢献	進捗の把握に指標を用いている。また、指標で脆弱性やレジリエンスの評価をしている。評価をもとに政府に助言をしており、政府がそれらを NAP に反映していく(図 2.4-24・図 2.4-25)。

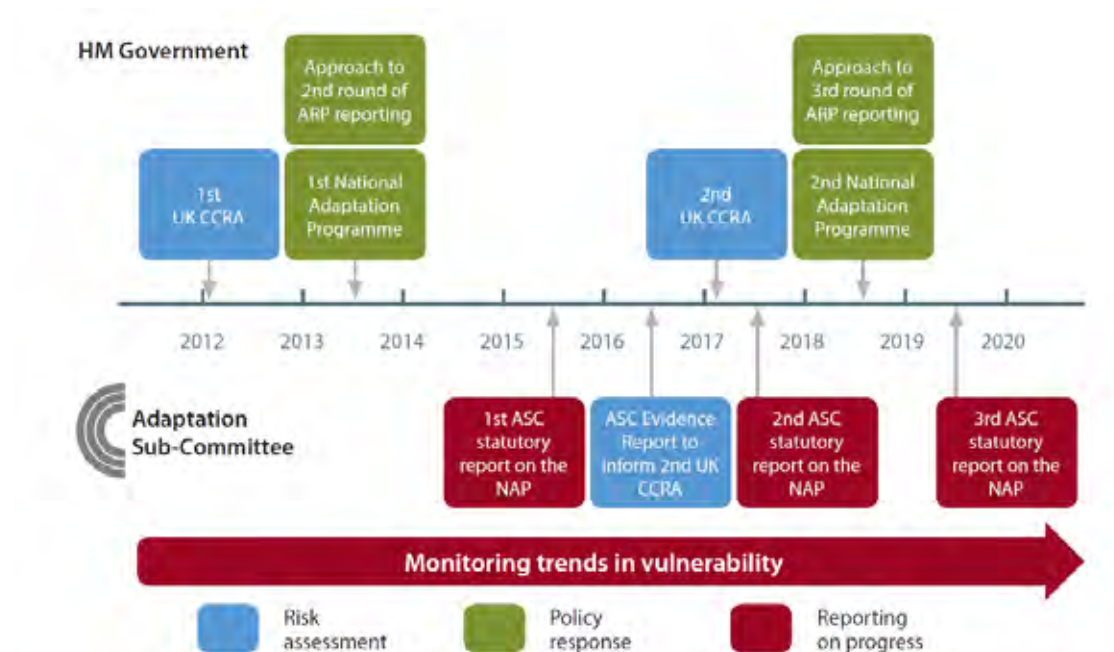


図 2.4-20 英国の評価のフレーム及びスケジュール

出典：CCC 提供資料

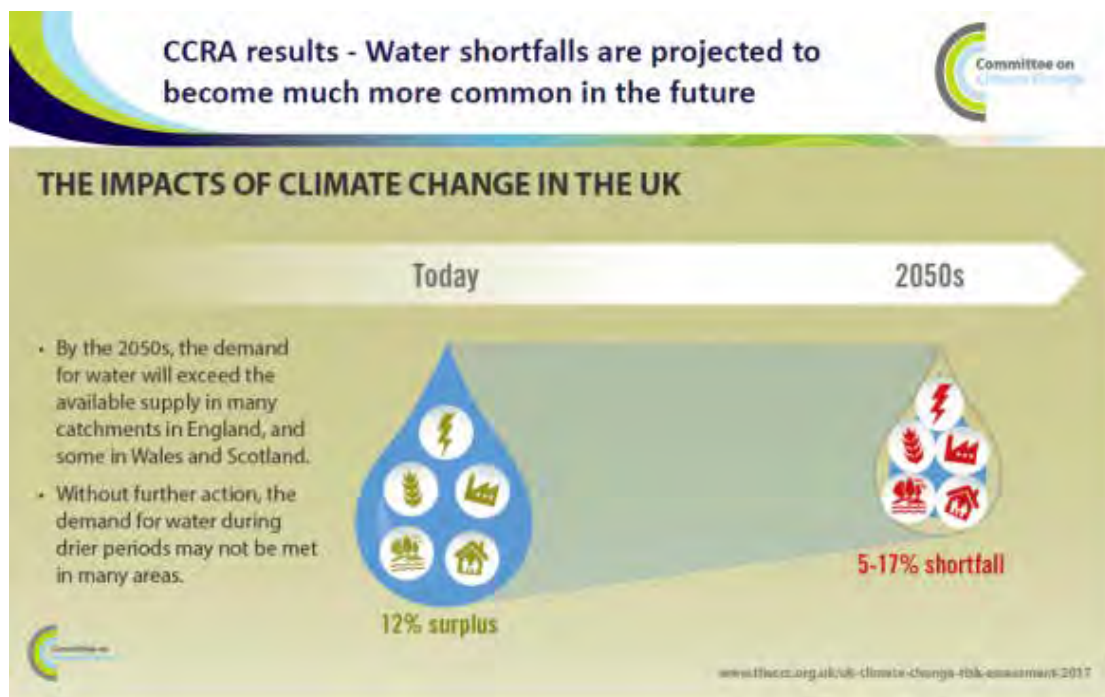


図 2.4-21 水需要に関する将来予測
出典：CCC 提供資料

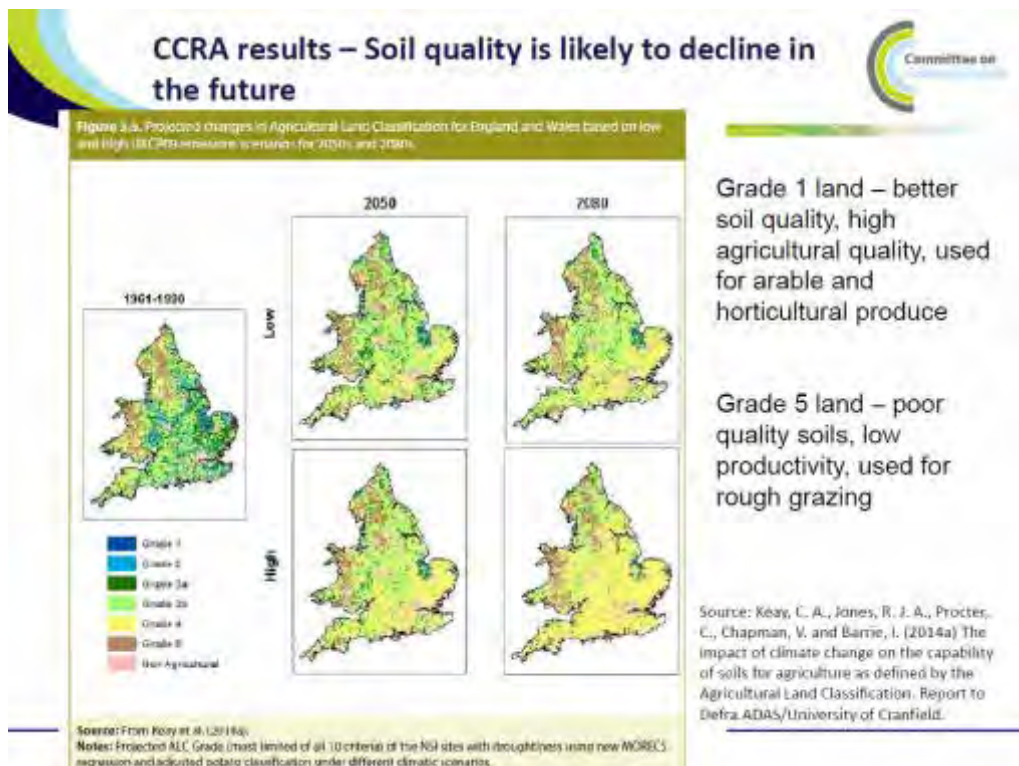


図 2.4-22 土壌の質に関する将来予測
出典：CCC 提供資料

The 60 or so risks and opportunities can be boiled down to six key priority areas



図 2.4-23 6つの優先度の高い分野における対策等の評価
出典：CCC 提供資料

Actions in the National Adaptation Programme are being delivered...

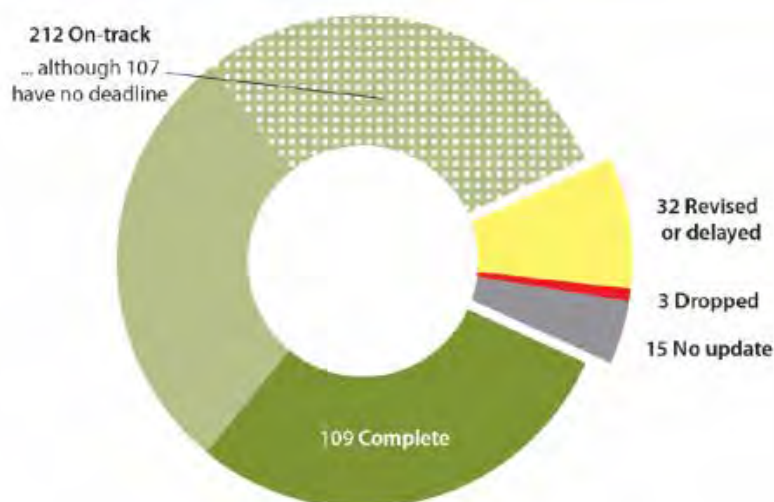


図 2.4-24 NAP プログラムの対策の状況
出典：CCC 提供資料：原著は ASC (2015) Progress in preparing for climate change

Assessment based on: update of NAP actions, analysis of policies, and ~200 quantitative indicators

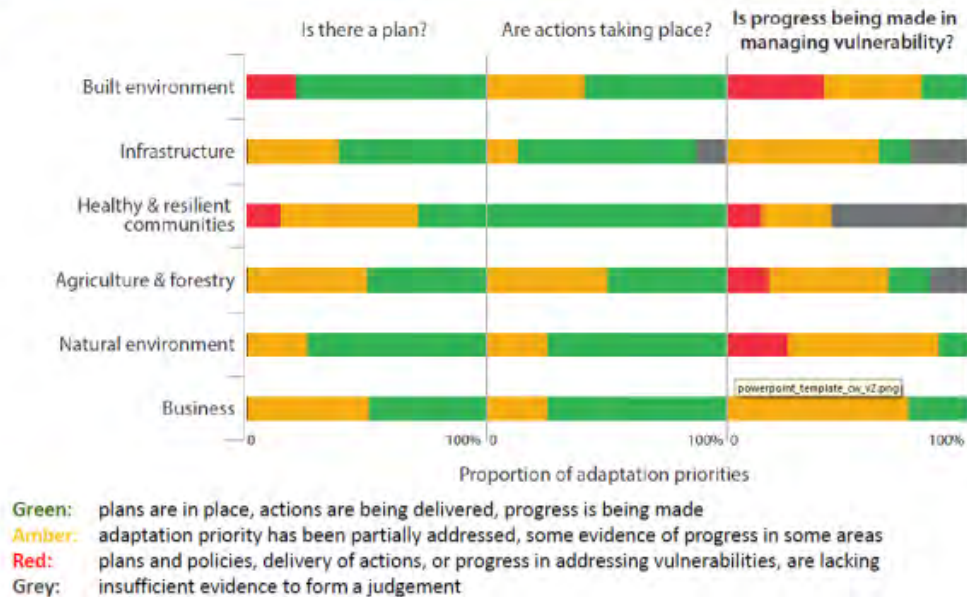


図 2.4-25 NAP プログラムにおける対策の評価

出典：CCC 提供資料：原著は ASC (2015) Progress in preparing for climate change

(3) 英国気候変動委員会での質疑応答

我々の質問に関する回答について以下に示す。

・気候変動による農業分野への影響について

英国において影響が既に生じており、問題となっている作物や被害

- ㊦ 極端な気候現象によってすでに農業の収量に影響が生じている。2012 年に干ばつが長く続いたあと、洪水が発生し、コムギの収量が 15% 減少、ジャガイモの収量は 26% も減少した。さらに極端な気象により家畜の飼料が減少した。
- ㊦ 長期的に作物の栽培適地が北上している傾向にある。例えば飼料用のトウモロコシは気候変動によって栽培適地が北上している。
- ㊦ また、長年にわたって見られている傾向は病害虫。気候変動によって引き起こされたものなのか、様々な要因が重なって起きたのかは判断することは難しいが、穀物への影響として（媒介昆虫が運ぶ）ウィルス性の病気が発生している。

英国において重要となっている対策

- ㊦ 主にコムギについて、秋に播いていた種を遅らせて、春に播くようにすることで洪水被害から逃れる方法がある。他に、遺伝子組換え、土地利用を変えること、新しい品種を育てることがある。
- ㊦ 気候変動は新たな機会をもたらした。英国ではブドウの収穫量が増え、またブドウ園の数が増えている。以前は国内で生産されなかったアプリコットやオリーブの生産が増えている。気候変動がもたらす機会とリスクをどのように管理していくかが今後の課題となっている。

・気候変動による影響評価研究について

英国で実施されている作物に関する影響評価

< 水資源 >

- ㊦ 干ばつと洪水の問題が非常に大きく、かつリスクが高いため、関連する指標を作成し、今後の水利用について検討している。今後英国では水不足が深刻化するため、指標の値が高くなると予想されている。
- ㊦ 水の需要について現在と将来の予測をしている。現在の水資源は+12%で足りているが、2050 年には 5-17%不足すると予測されているため（図 2.4-21）、農業用水等の利用や効率を含めて、対策を真剣に考えなくてはならない。

< 土壌 >

- ㊦ 土壌の質の変化をリスクと捉え評価している（図 2.4-22）。質を改善するために、土壌への影響が少ない農産物の特定や、どのような影響をもたらすかを研究している。トウモロコシは一部の土壌に悪い影響を与えるとのデータがある。また、土壌の質に関して、有機物と土壌の水分、炭素と物理的・生物的物质を統合した指標が作成されており、政府も大きな関心を持っている。

< 経済他 >

- ㊦ 経済的な観点から見た影響（英国での洪水による経済的な影響に関するリスク評価（CCC 以外で実施））によると何十億ポンド規模の被害が出ると言われている。
- ㊦ 英国は他国から多く輸入している（脆弱性という意味では良いことだと思っている。自給自足率が高いと脆弱性が高くなってしまうと考えている）。他国からの輸入が多いため国際的なリスクにも直面している。従って、国内の農作物に関してはレジリエンスを高めること、そしてサプライチェーンの改善、供給源の多様化、他国の適応策について、政府に助言している。

. CCRA(2017) の策定について

CCRA(2012)の改訂のポイント

- ㊦ 目的が異なる。最初のレポートでは長期にわたるリスクに関してアカデミックな観点から調査が行われたが、今回は当面の 5 年に集中し、対策に関する優先順位の評価について焦点を置いている。

策定の体制

- ㊦ 著名な学者や研究者に 1 つの章の担当を依頼した。主著者の下には専門家で構成されたチームがあり、このレポートのために 100 人ほどのアカデミック関係者が集まった。

リスク評価の違い

- ㊦ 5 年ごとに行われている気候変動のリスク評価であり、1 回目のレポートは ASC (アダプテーション・サブコミッティ) が作成して、2 回目は CCC が実施している。1 回目のリスク評価は、イギリス政府が民間企業に調査を依頼し、作成させたレポート。2 回目はアカデミックだけではなく民間企業からも人々を募り、100 名以上の専門家を集め、大勢の関係者の調査結果を基に作成されている。また 1 回目は新しいモデリングを作成し、新しい科学的調査を行った。2 回目は、既に発表されている情報に基づいて調査を行った。

品目の選定について

- ㊦ 調査内容は、最初のレポートでは英国国内のリスクに焦点を絞ったのに対し、今回は他国からの影響も含め幅を広げた。また、極端な気象現象が起こったときの影響、損失だけでなく利益の調査も行った。海面上昇、極端な夏の高温、降水量が大きく増加した場合の 3 つに焦点を当てた。

評価について

- ㊦ リスク 1 つ 1 つに関して、政府が今後 5 年間対策を講じるべきかそうでないかをまとめた。現在と将来に関して今はどのくらいで、今後どうなっていくか、リスクの大きさを把握した。その後に NAP が既にリスクに対応しているか、脆弱性について適切な対策となっているかをチェックした。最後に、今後 5 年間に新しい対策をした場合に、イギリスにとって利益があるかを調査した。その結果をもとに 5 年間に対策を講じるべきか、対策ではなく調査をすべきかを決定した。今でも十分に対策が練られているものもあった。また、今は様子を見て 5 年後に評価をしようというものもあった。
- ㊦ リスクを調査した上で優先順位付けを行った。リスクをリスト化しグループ化し 6 つのカテゴリーに分類した (図 2.4-23)。
- ㊦ 1 つ目は洪水及び海岸線の変更で、何らかの適応策を講じなければ深刻化する。
- ㊦ 2 つ目は高温や熱波により人が亡くなってしまうケースがある。建物、病院、高齢者施設では十分な高温対策がとられていない。
- ㊦ 3 つ目に深刻な水不足があげられており、農業分野も含まれている。降水パターンが最近不安定になってきており、大きな変動が予測されている。
- ㊦ 4 つ目は自然環境に関してもリスクが高まってきている (高温や水不足、水への影響)。
- ㊦ 5 つ目に食料に関するリスク。他国から輸入しており、他国の方がリスクの高い状況にある。
- ㊦ 6 つ目は植物、穀物、家畜、人間に対する害虫や病気のリスク。これらの研究が必要だと感じている。

策定に関する課題や次回の策定に向けたアイデア

- ㊦ 使用した気候予測データは 10 年前に開発されたものであり、アップデートしたものを使えば良かったと思う。政府は来年、RCP8.5 に基づいた新しい予測データを公表する。
- ㊦ 気象パターンに関する予測や自然に関する脆弱性についてもっと調整し理解できればよかった、また、リスクを統合して考えた方がよかったのかなと思う。例えば、干ばつが続いたあとに大雨が降った場合（英国ではよくある）に水分野に関してどういった影響があるか、特に土壌管理、土壌浸食、どのような汚染が起こるのかなど合わせて考えることも必要だったと思う。洪水が起こった場合、インフラにどういった影響があるのか、またインフラに被害が生じた場合、最終的にどのような被害が起こるのか考える必要があると思う。例えば、洪水によって橋が損傷した場合、電気、インターネット、電話、ガスへの影響について考えることも重要だと思う。

NAP (2018) 策定への貢献について

- ㊦ 昨年の夏にレポートを公表し、それを受けて今年 1 月に英国政府が正式な評価を行うことになり、CCC はこの 6 つの内容を NAP に反映させていくという声明を出した。また、対策の優先順位の評価に関して助言を行った。
- ㊦ 政府は NAP を作成することが義務である。我々は証拠をもとに精査していく。2013 年に最初の NAP を政府が公表し議会で提出した。NAP が既にリスク対応しているか、脆弱性についても適切な対策となっているかをチェックした。1)適切な計画があるか、2)適切な対策が実施されているか、3)脆弱性の管理が適切に進んでいるかの 3 つに基づいて評価をしている。

. National Adaptation Programme 2013(NAP)について

NAP 策定への不確実性のアドバイス

- ㊦ 議会等に影響評価を説明する際は、「これが確実に起こるわけではない」と説明する。将来の方向性により何がどのくらいの早さで起こり得るのかを説明している。幾つかの事項に関しては今やらなければいけない、それが理にかなっていると説明する（例えば洪水リスクに対する対策、水の需要の変化、土壌保全、害虫や病気対策など）。

NAP に関する進捗管理について

- ㊦ 進捗を把握するために指標を使っている。また、指標で脆弱性やレジリエンスの評価をしている。対策がとられていても今後脆弱性が高まることを予測している。評価をもとに政府に助言をしており、政府がそれらを NAP に反映していくステップ。重要なエリア、水不足の深刻化、洪水被害の増加、熱波や高温、農業分野、自然への影響が大きくなること等を説明している。

2.4.6 フランス INRA

(1) フランスの状況

国土面積は日本の約 1.5 倍、農用地面積は国土の半分を占め、EU 農用地面積全体の 16% を占め EU 最大となっている。農業生産額も EU 最大で、EU 全体の 18% を占める一大農産物生産国（2014 年）である。

農産物の輸出大国でもあり、農産物輸出額は、米国、オランダ、ドイツ、ブラジルに次ぐ世界第 5 位、農産物輸入額は世界第 7 位（2013 年）となっている。

南西部のボルドーから北東部のナンシーを境界に、同境界より北部は農業地帯であり、パリ近郊や中央地域にはコムギなど大規模な穀物地帯が広がる一方、同境界より南部は山岳地帯となっており、肉牛の放牧など畜産業が盛んで、その大半が条件不利地域である。地中海沿岸やボルドーなど南西部、ロワール地方などではワインの生産が盛んである。

主要農畜産物は、コムギ、オオムギ、トウモロコシ等の穀物、テンサイ、ブドウ、生乳、肉類等。加工品では、ワイン（輸出額世界第 1 位（2013 年））、チーズ（同 3 位）等である。

表 2.4-10 フランスの農林水産業概況

単位：万トン

	フランス					日本
	2009	2010	2011	2012	2013	2013
小 麦	3,833	3,821	3,599	4,030	3,861	81
大 麦	1,288	1,010	878	1,135	1,032	18
とうもろこし	1,529	1,397	1,591	1,561	1,505	0.02
てん菜	3,513	3,187	3,811	3,369	3,361	344
ばれいしょ	725	662	744	634	698	260
菜 種	559	481	537	546	437	0.2
ぶどう	610	589	664	538	552	19
生 乳（牛）	2,266	2,333	2,436	2,400	2,371	751
牛 肉	152	153	157	150	140	51
豚 肉	226	225	222	216	212	131
鶏 肉	107	102	109	109	112	145

資料：FAO 統計

出典：農林水産省 フランスの農林水産業概況

http://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokusei/kaigai_nogyo/k_gaikyo/attach/pdf/fra-1.pdf

Explore 2070 プロジェクトの一部として実施された影響評価の研究によると、フランスにおける一般的な水の涵養量の減少は 10～25%を示し、特に、ロアール盆地では大部分で 25～30%の減少、フランス南西部では 30～50%の減少が予測されている。

(2) フランス INRA におけるヒアリング概要と特徴

フランス INRA (ACCAF) を訪問した。以下にヒアリングにより得られた知見について概要と特徴を記載する。

< INRA >

INRA はフランスの農務省と研究開発省の 2 つの省庁からサポートを受けている。INRA の職員は全員常勤職員で、研究者、科学者や技術者等で構成されている。INRA の正社員総数は 8,500 名で、これは米国の米国農務省に続いて世界で 2 番目に大きな農業分野の組織であり、欧州においては、同分野最大の研究機関としての地位を誇っており、17 の地域センターを有している (図 2.4-26)。

INRA には包含的なプログラム (メタプログラム) が 8 つあり (図 2.4-27) ここで気候変動等の調査・研究を行っている。主に政府からの要請に基づいて行動しているが、民間からの直接的な問い合わせにも答えて課題の設定や分析、それに基づいた取組みも協働している。一番大きな課題は ACCAF (Adaptation to Climate Change of Agriculture and Forestry) に関するものであり、ACCAF では気候変動が農業、林業、畜産業にもたらす影響と、それへの適応策について研究・取組みを行っている。

17 regional centers

to relay the national strategy into a local strategy and to contribute to regional research, higher education and innovation dynamics



図 2.4-26 17 の地域センター

出典：INRA 提供資料

8 metaprogrammes

to address transdisciplinary societal challenges or to contribute to emerging scientific domains



図 2.4-27 8つのメタプログラム

出典：INRA 提供資料

表 2.4-11 ヒアリング概要と特徴

項目	内容
既に生じている影響や被害	熱波や干ばつ、洪水により、農作物の収量、品質、成長、栄養度などに影響が生じている。干ばつや洪水の頻度と程度が変化してきており、生産者は対処法の問題に直面している（表 2.4-12）。 高温により、発芽や開花時期が早くなり、霜の影響（リンゴ、モモ、アプリコットなどに発生）を受けやすくなっていることや、害虫の影響も生じている。一方で、栽培期間の長期化により、テンサイでは収量の増加が見られる。 降雨時期の変化により、果樹に影響が生じている（チェリーの裂果など（図 2.4-28））。 果樹の品質が変化してきている。グレープ、リンゴ、シトラス、ナシ、アプリコットで品質の問題が生じている。 欧州全体における主要作物への気温と降水量の影響については、コムギとオオムギの収穫量が大幅に減少、トウモロコシやテンサイは国により収穫量に増減が見られる。（図 2.4-29）
対策の全体観	ワインに関する適応が大きなテーマとなっている。 Preventive な適応については、「育種戦略のスピードアップ」「農法を変える」「新しい農業システム」がある（図 2.4-30）。
影響評価及び適応	<ワインに関する影響評価と適応研究> ワインは文化的、経済的な価値が高く、ワイン生産者は気候変動に対する関心が高い。 LACCAGE プロジェクト

項目	内容
	ブドウ生産に関する影響評価及び適応など総合的な研究を実施している。 調査分野： 1) 収穫時期の早まり (図 2.4-32)、2) 水のバランス、3) ベリー類の風味、4) ブドウの栽培適地の変化、5) 経済的な影響、6) 消費者の反応に関する問題 解決策 (適応研究)： 1) 新たなブドウ品種の開発、2) 新しいブドウ栽培技術、3) ワイン醸造学の技術、4) 栽培適地の最適化、5) リスクと保険に関する事項、6) 消費者の役割、7) 将来シナリオの作成 < トマトに関する影響評価と適応研究 > 2 上昇時について研究を実施し、収量は増加するが、品質に負の影響があることが分かった。 TomGEM というプロジェクトでは収量を安定させること、熱ストレス耐性の観点から品種改良の研究が実施されている。 < イチゴに関する影響評価と適応研究 > GoodBerry プロジェクトでは、3つのベリー種を対象に生産性が高く、高品質のものをつくるために、品種改良を行っている。
研究結果の社会実装等について	社会との関係はコミュニケーションが大きな役割を果たす。 市民に研究結果を伝えていくこと、生産現場の人間とかがわっていくことなどにより社会にアプローチをかけている。 生産者とは関係を強めて一緒に研究を進めていく。一方、市民には研究結果を様々なメディアやウェブ、イベントを通じて積極的に情報発信していくことが重要である。

表 2.4-12 近年のフランスにおける極端現象

Extreme	Years	Seasons	Impact
Heat wave	2003, 2006, 2015, 2016	End of June – Early August	Maturation, Physiological stress
Drought	2003, 2011, 2015-2016	Spring, Summer, Winter	Growth, nutrition, quality, yield
Elevated temperature	2007, 2011, 2015-2016	Winter, Spring	Earlier development Mild winter => less pest control
Rainy period	2002, 2004, 2011, 2013, 2016	Spring, Summer, Fall	Flowering, Harvest (e.g., grape)
Frost	2012, 2016	End of Winter, Spring	Plant destruction
Hailstorm	2008(3), 2009 (5), 2010(3), 2012(4), 2013(3), 2014(4), 2016(2)	Spring- Summer	Localized – Plant and yield destruction

出典：INRA 提供資料



図 2.4-28 チェリーの裂果
出典：INRA 提供資料

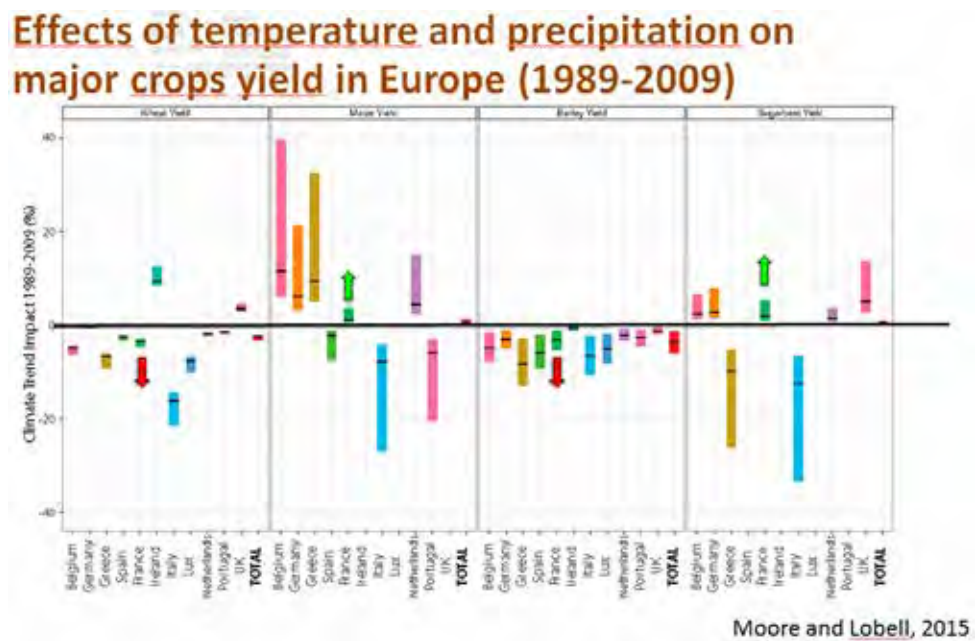


図 2.4-29 欧州の主要穀物に係る各国収量へ気温と降水量が与える影響
出典：Moore and Lobell (2015)

Preventive adaptation

- Speeding up breeding strategies ●
 - Escape (e.g., early varieties)
 - Avoiding drought (roots)
 - Tolerance (metabolism)
- Change in agricultural practices ● ●
 - Earlier sowing dates ●
 - Development of irrigation ●
 - Agroforestry ●
 - Sowing under plant cover/conservation agriculture ●
 - Varietal blend (increased resilience) ●
- New farming systems
 - Change in cultivation area ●
 - Crop replacement (e.g., maize -> sorghum) ● ●
 - Intra-field (associations, successions, ...), intra-farm and intra-region diversification ● ●
 - New domestications? ●



図 2.4-30 適応策の具体例と分類

出典：INRA 提供資料

Many roads (and reasons) to adapt

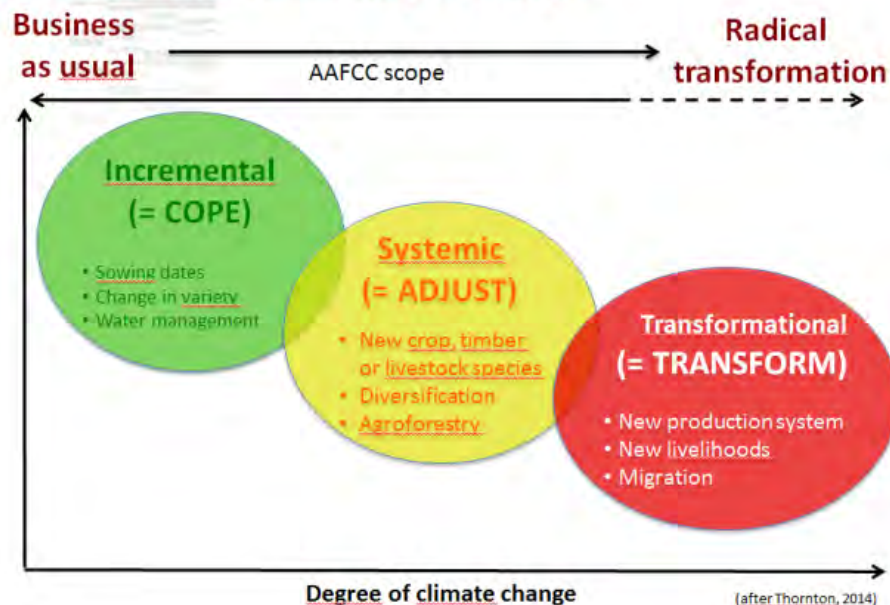


図 2.4-31 適応策の3つの分類

出典：INRA 提供資料 図の原著は Thornton (2014)

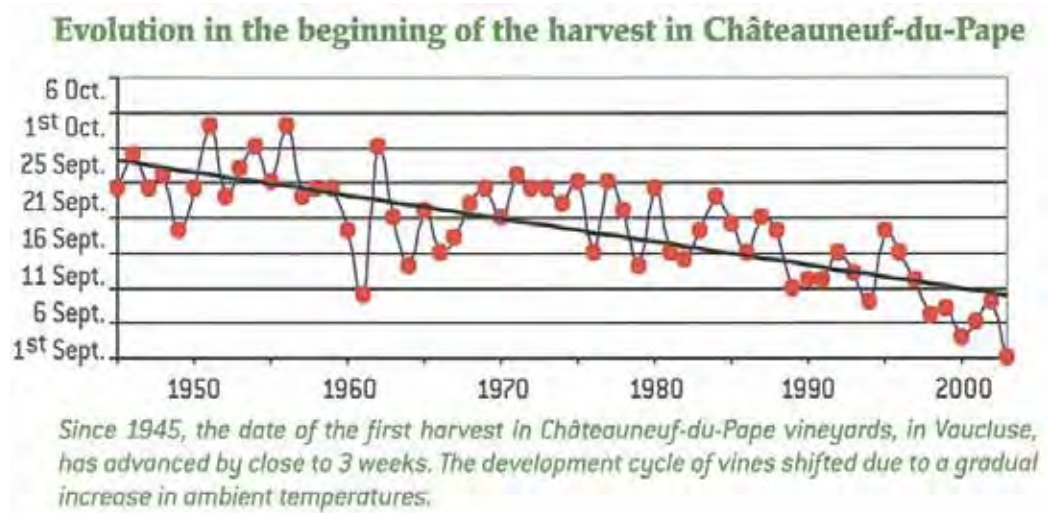


図 2.4-32 ブドウの収穫開始日の経年変化

出典：INRA SCIENCE ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE (2015)

(3) フランス INRA での質疑応答

我々の質問に関する回答について以下に示す。

・気候変動による農業分野への影響について

フランスで影響が既に生じており、問題となっている作物や被害について

< 熱波や干ばつ、洪水による影響 >

㊦ 熱波や干ばつが大きな問題になっている。冬に乾燥し、夏も気候が変わって栽培が難しくなってきた。農作物の収量、品質、成長、栄養度に影響が生じている。特にムギへの影響が大きくなっている。

㊦ 干ばつや洪水の程度と頻度が変わってきている。生産者は対処方法が分からないという問題に直面している。

< 高温による影響 >

㊦ 一部の地域の冬と春に影響が生じている。植物の発芽や開花時期が早くなり、霜の影響、害虫の影響（冬にカビが死なず、越冬して春に被害が一気に拡大する）、栽培期間の長期化（テンサイでは収量の増加）が見られる。

< 霜の影響 >

㊦ 霜の時期が遅くなり、早く種を播いても春先の霜によるリスクが大きくなっている。南フランスでリンゴ、モモ、アプリコットの霜被害が発生している。

< 降雨時期の変化による影響 >

㊦ 開花や収穫の時期に影響が生じている。果樹が影響を受けており、チェリーは収穫前の降雨により大きな影響を受ける。

< ストームによる影響 >

㊦ 雹を含むストームの強度は地域によって異なる。夏だけでなく春にも見られるようになってきている。

< 品質への影響 >

㊦ フルーツの品質が変わってきている。南フランスではグレープ、リンゴ、シトラスの味が変化している。ナシ、アプリコットについても品質の問題が報告されている。

< 欧州における気温と降水による作物への影響 >

㊦ コムギとオオムギは大幅に減少という傾向が見られる。

㊦ トウモロコシは微増傾向（地域によっては水問題が深刻化しているため今後影響は変わってくるとみられる）。オランダ、ドイツでは収穫量が増え、他では減少している。ギリシャでは最近灌漑を始めたことから収穫量が増加している。また、フィンランドなど北欧では増加しているが、今後、害虫の問題が発生すると思われる。

㊦ テンサイは地域によって影響に違いがある。テンサイは炭素を固定化できるため生産量を拡大したいと考えている。収穫時期について 4 月頃だったものが 2 月末から収穫できるなど 1 か月以上早くなっている。

フランスにおいて重要となっている対策

< 全体の方向性 >

㊦ 国全体で適応策を推進している（以前は緩和だけで大丈夫との意識があった）。

㊦ 地域によっては作物を栽培しても利益が出ないなど負の影響が見られるものの、全国的には重大な影響は生じていない。今後 15 年程度は重大な損失はないと考えられている。しかし、10 年後に対策を開始しても遅いため、早く進めるようにしている。

㊦ 負の影響が生じている地域では、作物の栽培方法や品種の変更など対策を進めている。

しかし、革新的な技術を使用するためには、生産者の経済的な問題もある（国からの補助がないと難しい面がある）。

- ㊦ ワインに関する適応が大きなテーマとなっている。
- ㊦ （Preventive な）適応については、「育種の戦略をスピードアップ（して早く対策を立てる）」、「農法を変える」、「新しい農業システム」がある。
- ㊦ 「農法を変える」の具体例は、種播きの時期を早める、灌漑システムを発達させるなどがあり、「新しい農業システム」の具体例は、栽培地の変更、品種の転換、地域内での多様化などがある。
- ㊦ また、それぞれの対策は、「対処」、「順応」、「変革」に分類され、INRA では「対処」と「順応」に関する研究を実施している。
- ㊦ 地方自治体で小規模スケールの対策がとられているが、国全体でコーディネートされていない。

・気候変動による影響評価研究について 影響評価の実施について

< 果樹の影響評価について >

- ㊦ 杉浦先生の論文が最も進んでいる。
- ㊦ ナシの影響評価は実施していない（リンゴと変わらないのではないか）。
- ㊦ モモの果実のサイズと構成について、気温と水不足の関係を調査している。モモの品質の評価は実施していない。
- ㊦ リンゴの日焼けのリスクやチェリーの裂果（収穫の前に大量に雨が降ることにより生じる）に関する研究を実施している。
- ㊦ 開花時期のタイミングについてモニタリングしており、一般市民による（開花の時期などの）情報提供を実施している。

・フランスにおける果樹、野菜の影響評価と適応の状況について ブドウの影響評価と適応の現状

・LACCAVE プロジェクト

ワインは文化的・経済的な価値が高く、継続的に実施しているプロジェクト（様々な専門家が集って実施）。ワイン生産者は他の農業生産者よりも気候変動に対して関心が高い。投資額が大きく、植えてから当初 3～5 年は収穫できないため、森林（100 年）に次いで長いタイムスケール（10～50 年）で考えている。

項目	内容
実施研究	「ブドウの生産に関する影響評価」及び「適応」
参画機関	25 の研究機関（大学含む）95 の研究者（気候学、遺伝子学、農業学、環境生態学や葡萄酒学など）
調査分野	1）収穫時期の早まり：1980 年代と比べると 2～3 週間収穫時期が早くなってきている。ワイン生産全体の行程に影響を与えている。 2）水のバランス：水のストレスが増えている。南フランスの水不足により収穫量と品質の低下が見られる。春先は必要以上の雨、収穫時期の秋口にかけては水不足が増加。 3）ベリー類の風味：糖分が高くなり、酸味が低下することにより風味に変化が生じている。 4）ブドウの栽培適地の変化：2050 年を対象にブドウの適地を予測。今後はフランス北部やポーランドまで北上することが予測

	されている。 5) 経済的な影響：気候変動は収量や品質に影響を与えるため、今後市場が変わることが予想される。 6) 消費者の反応に関する問題：A.O.P.の格付けを取得するために産地や醸造法等様々なルールが定められている。気候変動の影響により、生産者等の行動が変わってくることが予測されている。
7つの解決策	1) 新たなブドウ品種の開発：乾燥と高温等様々な環境に対し耐性がある品種を作り、栽培していこうという試み。 2) 新しいブドウ栽培技術の改良：様々な試験や検証を行い、新たな栽培方法の可能性を模索。 3) ワイン醸造学の技術：技術を習得・向上させることで、気候変動による影響を最小化するよう醸造工程を改良する取組み。 4) 栽培適地の最適化：どの地域でブドウを栽培したら良いかというビジョンに基づき、ブドウの最適な栽培地を選定・発掘する。 5) リスクと保険に関する事項：社会システムの変革（新しい品種や醸造法を試すリスクに対する保険がないなど、リスクが取れない仕組みが社会にあるため、補助金や政策によりこの問題点を改善・克服しようとする取組み） 6) 消費者の役割：ワインの味や酸味に関する消費者の意見を聞くことにより、生産者が改良などに関する有益な情報を得ること。 7) 将来シナリオの作成：共通のビジョンを持ち、新しい適応策を練り上げる取組み（保守的、革新的、通常、改革の4つのシナリオを作成）。

レタス、トマト、イチゴ等の影響評価と適応の現状

<レタス⁶⁰の影響評価と適応について>

- 生産者は高品質、経済的に価値の高いものを作りたいと考えている。害虫に関する研究がほとんどである。気候変動影響の調査は INRA では行っていない。品種改良については 5 年前まで実施していたが、現在は民間企業が行っている。すぐに食べられるためのパッキングに関する研究を実施。

<トマト⁶¹の影響評価と適応について>

- 温度が 2 上昇した場合の研究を実施している。エネルギー消費量が 30% 減少、光合成が活発になり、収量が増加することが分かった（CO₂ の大気中濃度が上がるため）。一方で、ストレス期間が 62% 長くなり、品質に負の影響があることが分かった（定量化していないが、味で判断できる。ポリフェノールや酸に変化が見られる）。品種を変えていかなければならないと思っている。
- EU の資金の TomGEM というプロジェクト（新しい遺伝子、品種改良の研究）がある。収量を安定させること、熱ストレスに強い品種を作ることが目的で、開花時期、花粉の受精、結果を考えた場合に、良いコンビネーションの品種を探している。他に将来の状況に合わせた研究、親系統を使った新品種の改良をしている。果実の品質低下が問題となっており、品質に関する研究をすべきということを理解している。

⁶⁰ レタスの生産量は欧州で第 2 位

⁶¹ トマトの生産量は欧州で第 5 位。80% が温室で栽培されている。

< イチゴ⁶²の影響評価と適応について >

- ㊦ INRA では侵入害虫の制御に関する研究を実施しているが、気候変動影響や適応に関して研究を実施していない。フルーツは温室で栽培されることや、イチゴ栽培は経済的に価値が高くないこともある。ただし、将来的にはこういう状況は変わってくると思っている。
- ㊦ EU の資金が入り 6 ヶ月前に開始された GoodBerry プロジェクト（ヨーロッパを中心に 19 パートナーが参加して実施）がある。ストロベリー、ラズベリー、カシスを対象として生産性が高く、高品質のベリーフルーツをつくることを促進するための知識を供給する。品種改良を目的とし、Omics という技術を使い、良い遺伝子を特定する研究がある。このデータベースはオープンサイエンスデータ。INRA では遺伝子のメカニズムの研究しか実施していないため、このプロジェクトで幅広く研究している。

果樹や野菜の影響評価における品質の検討

- ㊦ フランスでは収量に関する研究に偏っており、質に関する研究はあまり行われていない（増やそうと考えている）。
- ㊦ コムギやフルーツ、トマト、モモ、ワイン、野菜に品質低下の懸念の声が挙がっている。
- ㊦ Wheat Initiative プロジェクトに世界中から民間企業も参加している（2011 年から開始、日本も参加）。コムギの遺伝子を改良すること（収量、栄養、効果的な水の利用の点を含む）生物・非生物学的観点から気候変動・影響に対する適応策を開発・発展させること、そして質が高く安全なコムギを生産することが目的となっている。
- ㊦ CAQ40 では穀物とフルーツの品質に関する研究を実施し、高温耐性や水ストレス、登熟というサイクルに関する研究、新品種や次世代の種の研究開発を実施している。
- ㊦ 品質について、ナタネ、コムギ、エンドウ以外にも、種子の品質に関する研究も実施している。特に 25 以上で起こった影響に関心が高い。
- ㊦ その他に、種やフルーツの質量が低下してきている問題、高温や水不足のため味、栄養分及び品質に影響が生じている問題がある。また、高温時には種子の保存に問題が生じること、次の収穫時の収量にも影響が生じることが問題となっている。

・社会実装や自治体等との連携について

影響評価結果を社会実装する取組みやアイデアについて

- ㊦ 社会との関係はコミュニケーションが大きな役割を果たしている。
- ㊦ 研究結果を市民に伝えていくこと、生産現場の人間とかかわっていくことなどにより、社会にアプローチをかけている。

< 生産者との関係 >

- ㊦ 研究者と生産者の関係を強めて一緒に研究を進めている（農家にデータを出してもらい、フィードバックを行うなど）。コミッティなどを作って、生産者から INRA への要望について積極的に聞いている。

< 市民との関係 >

- ㊦ 研究成果を市民に展開することは我々の義務であり重要だと思っている。
- ㊦ 気候変動や適応策について、一般向けの雑誌への執筆、ラジオやテレビへの出演を通し積極的に情報展開している。また、ウェブサイトやイベントなどで自身の研究について説明している。

⁶² 南フランスがイチゴの産地であるが、イチゴの生産量は少なく、スペインから輸入している。

ž COP21 やミラノでエキスポ 2015 などが開催され、フランス市民は気候変動に関心が高くなってきており、何か重大なことが起きていることを理解している。市民は子供世代がより良い環境で生きるために、具体的な解決策が必要だと感じている。INRA は市民の懸念に回答する義務を負っている。

< 自治体等との関係 >

ž 国の組織、R&D の組織、民間、地方自治体、農業委員会、水資源機構の関係者が諮問委員会を構成している。諮問委員会は年 1 回大きなミーティングを実施。社会との大きな接点となる。

ž もっと現実的 / 実践的な情報が欲しいとリクエストがあり、連絡を密に取っている。

3. IPCC 第5次評価報告書の翻訳

以下ア～ウの文献について、学識経験者等の監修により日本語に翻訳を行った。

「ア」及び「ウ」の日本語訳については、農研機構 農業環境変動研究センター 西森基貴氏及び飯泉 仁之直氏に監修頂いた。また、「イ」については、農研機構 農業環境変動研究センター 八木一行氏及び秋山博子氏に監修頂いた。

ア WG2：食料安全保障及び食料生産システム

イ WG3：AFOLU

ウ WG2：アジア

なお、日本語に翻訳したものは別紙にまとめた。