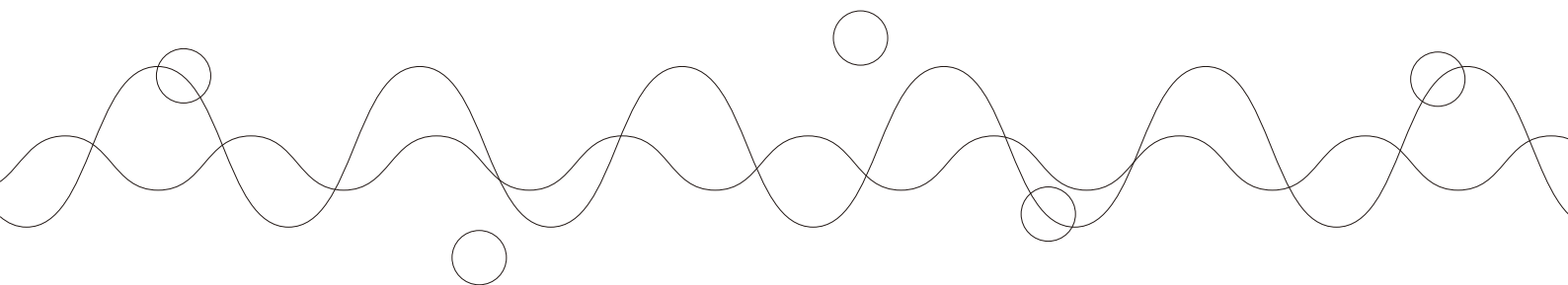


CRDS-FY2019-RR-01

調査報告書

『中山間地域の持続可能性の 維持・向上に向けた課題検討』



国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

目 次

1. はじめに	1
1.1 本書の目的	1
1.2 中山間地域に関する基本的な特徴	2
2. 中山間地域を取り巻く状況	3
2.1 社会的側面	3
2.2 環境的側面	4
2.3 政策的側面	6
2.3.1 中山間地域の振興に関する政策	6
2.3.2 中山間地域に関する研究開発関連政策	9
3. 今後の方向性に関する考察	12
3.1 中山間地域が抱える課題とその解決の方向性	12
3.2 移住・定住促進に資する研究開発の3つの柱	12
3.3 課題と研究テーマ例	14
4. おわりに	22
参考1. 謝辞	23
参考2. 検討経緯	24

1. はじめに

1.1 本書の目的

中山間地域とは、山間地及びその周辺の地域（中間地域）を指す（図1）。農業と林業が混在している地域であり、国内の耕地面積の4割、また農業産出額の4割を占めており、日本の農業地域として一定規模を有する（表1）。しかしながら平均傾斜が急で、一般的にアクセスが不便な地域であり、人口減少と高齢化が特に顕著に見られ、耕作放棄地も多い。

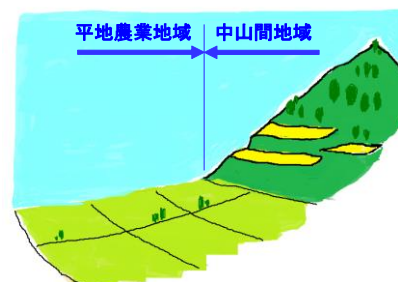


図1 中山間地域の位置

表1 中山間地域の主要指標

	全国	中山間地域	割合
人口（万人）	12,806	1,469	11.5%
耕地面積（千ha）	4,496	1,824	40.6%
農業産出額（億円）	88,632	35,747	40.3%

出典：平成28年度 食料・農業・農村白書

近年、中山間地域の農地を含む地域環境が人間社会にもたらす「多面的機能」¹（例：水源涵養、土砂災害防止）の低下が懸念されている。その大きな原因は、生業を支える地域人口の減少であると言われている。人口減少による人手不足で耕作放棄地が増えることにより、中山間地域が有する土砂災害抑止機能などが低下する。更にこれに加えて気候変動に伴う異常気象が大規模災害等の危険性を高め、深刻な影響を及ぼし始めてもいる。

こうした状況にも関わらず、昨今は平地農業の集約化・大規模化やそこでのICT等活用への注目の陰で、その緊急性が見過ごされている。中山間地域を対象とする政策・施策としては経済・社会的観点からの対応が複数確認されるが、これらを科学技術の側面から支えるような知識基盤・技術基盤は必ずしも十分ではない。

中山間地域が抱える問題に対しては、人口減少に伴う人手不足と、それによる中山間地域を取り巻く環境悪化への対応に取り組むことが必要であると考えられる。具体的には、人口減少に歯止めをかけ、人々が中山間地域に住みたい、住み続けたいと思うようになるための方策作りが必要であると考えられる。そのためには、環境変化・社会変化による各種の影響を科学的根拠に基づき評価・予測（見える化）し、対策を検討する必要がある。また環境・経済・社会に関する将来見通しとその対策立案のための分野横断的な幅の広い取り組みが必要と考えられる。

以上の認識に基づき、本書では、中山間地域を取り巻く状況を社会、環境、政策の3つの観点から調べた。また中山間地域の持続可能性の維持・向上に向けて今後重要と考えられる研究開発の方向性および課題例をまとめた。

¹ 農業・農村の有する多面的機能とは、「国土の保全、水源の涵養（かんよう）、自然環境の保全、良好な景観の形成、文化の伝承等、農村で農業生産活動が行われることにより生ずる機能、食料その他の農産物の供給の機能以外の多面にわたる機能」を指す。

1.2 中山間地域に関する基本的な特徴

農業地域類型区分において中間、山間の農業地域は以下のように定義されている（表2）。

表2 農業地域類型区分ごとの基準指標（第1次分類）

区分	基準指標
都市的地域	<ul style="list-style-type: none"> 可住地に占める人口集中地区（Densely Inhabited District, DID）面積が5%以上で、人口密度500人以上又はDID人口2万人以上の市区町村及び旧市区町村。 可住地に占める宅地等率が60%以上で、人口密度500人以上の市区町村及び旧市区町村。ただし、林野率80%以上のものは除く。
平地農業地域	<ul style="list-style-type: none"> 耕地率20%以上かつ林野率50%未満の市区町村及び旧市区町村。ただし、傾斜20分の1以上の田と傾斜8度以上の畑の合計面積の割合が30%以上のものを除く。 耕地率20%以上かつ林野率50%以上で傾斜20分の1以上の田と傾斜8度以上の畑の合計面積の割合が10%未満の市区町村及び旧市区町村。
中間農業地域	<ul style="list-style-type: none"> 耕地率が20%未満で、「都市的地域」及び「山間農業地域」以外の市区町村及び旧市区町村。 耕地率が20%以上で、「都市的地域」及び「平地農業地域」以外の市区町村及び旧市区町村
山間農業地域	<ul style="list-style-type: none"> 林野率80%以上かつ耕地率10%未満の市区町村及び旧市区町村。

出典：農林水産省ホームページhttp://www.maff.go.jp/j/tokei/chiiki_ruikei/setsumei.html（2019年3月15日アクセス）

次に上記を踏まえた中山間地域の基本的な特徴を以下に示す。²

- ① 傾斜地や林野を多く含み、水源涵養、洪水・土砂崩れや土の流出を防ぐ等の多面的機能が森林や農地の利用・管理と強く結びついている。
- ② 耕地以外に採草地・放牧地での土地利用が多い（耕地以外で採草地・放牧地として利用した土地が全体の約62%を占める）。
- ③ 農業集落の規模（1農業集落あたりの平均戸数）が小さい（都市的地域16.3戸、平地農業地域18.7戸、中間農業地域14.2戸、山間農業地域10.6戸）。
- ④ 耕作放棄地面積が大きい（都市的地域8.7万ha、平地農業地域10.3万ha、中間農業地域16.9万ha、山間農業地域6.4万ha）。

中山間地域は、日本の人口の1割、耕地面積と農業産出額の4割を占め、食料生産の場として重要な位置づけである。また農業・農村の有する多面的機能の維持・発揮等の面でも重要な役割を担う。しかし、傾斜地が多く存在すること等から、圃場の大区画化や大型農業機械の導入、農地の集積・集約化が容易ではなく、平地に比べ営農条件面において不利と言われている。さらに近年は農業従事者の高齢化と人口減少が顕著に進んでおり、耕作放棄地も都市的地域や平地に比べて突出している。

² ②～④は2015年農林業センサスから数字を抜粋

2. 中山間地域を取り巻く状況

2.1 社会的側面

5年おきに実施される「農林業センサス」の2010年版と2015年版を比較すると、全体的に農家数は減少しており、同時に高齢化と耕作放棄地の増加が進展している。またこれらの傾向の一部は中山間地域で顕著である。

- 農家数は現在全国215.5万戸であり、5年前に比べて37.3万戸減少した。減少の内訳は、都市的地域25%、平地農業地域32%、中山間地域43%。
- 農家従事者の平均年齢は中山間地域が比較的高い。全国農家平均が67.0歳で、地域別では都市的地域67.3歳、平地農業地域65.5歳、中間農業地域68.0歳、山間農業地域69.1歳となっている（参考：日本の平均年齢46.1歳）。
- 耕作放棄地面積は全国で42.3万haになり、5年前に比べて2.7万ha増加した。増加の内訳は都市的地域19%、平地農業地域28%、中山間地域53%。
- 農業経営体のうち家族経営をしているところは134万4千経営体あり、5年前に比べて18.4%減少した。その一方、組織経営のところは3万3千経営体で6.4%増加した。
- 農業経営体の経営耕地面積の規模別割合を見ると、5ha以上の農業経営体が57.9%を占め、5年前に比べて6.5ポイント上昇した。
- 農業経営体あたりの経営耕地面積は平均2.5ha（北海道26.5ha、都府県1.8ha）で、5年前に比べて16.0%（北海道12.9%、都府県14.5%）増加した。なお農業経営体あたりの平均耕作面積は中山間地域では約2.2haであり、全国平均2.5haに比べて小さい。

全国的に農家数は減少しているが、そのなかでも特に中山間地域の減少分が最も大きい。農業従事者は、高齢化が進んでいるが、特に中山間地域ではその傾向が顕著である。これに関連し、耕作放棄地の増加も中山間地域でその伸びが最も大きい。

かつての農業は家族経営体が多かったが、近年、全国的には、その数は減少している。これは、農地集約化の施策により5ha以上の農家が増加してきたことや、家族経営体の持つ耕地が組織経営体に移り、法人組織による農業が増加してきたことによる。その反面、中山間地域では農業経営体当たりの平均耕作面積は依然として全国平均（2.5ha）に比べて2.2haと小さく、農地の集約化は進んでいない。

2.2 環境的側面

日本の年平均気温は、世界の年平均気温と同様、変動を繰り返しながら上昇している。長期的なトレンドとしては、過去 100 年あたり 1.21℃の割合で上昇している（図 2）。異常高温の出現数が増加し、異常低温の出現数は減少している。

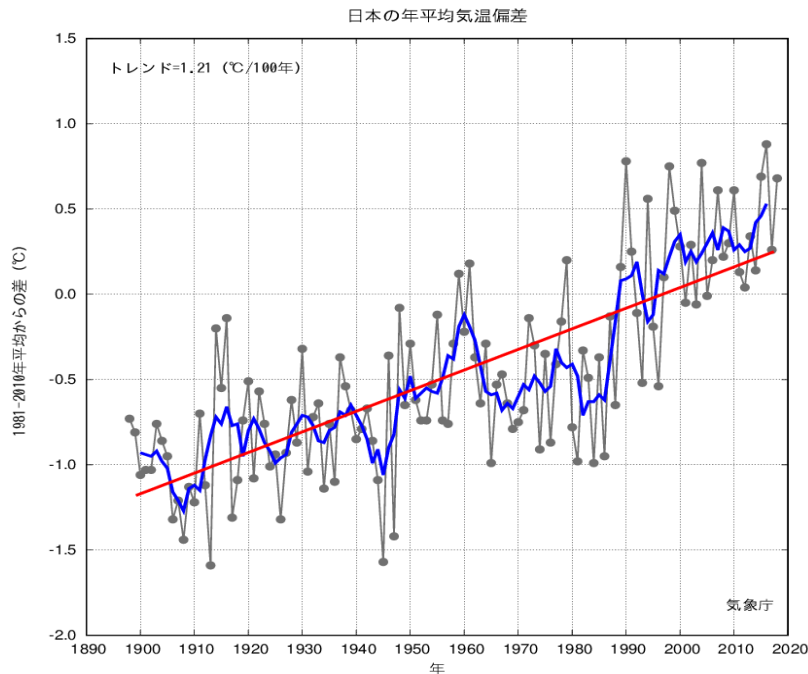


図 2 日本の年平均気温偏差の経年変化（1898～2018 年）

細線（黒）：各年の平均気温の基準値からの偏差、太線（青）：偏差の 5 年移動平均値、直線（赤）：長期変化傾向。
出典：気象庁ホームページ https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html（2019年3月15日アクセス）

また近年は年降水量が極端に少ない年が増えるとともに、少ない年と多い年の年降水量の差が極めて大きい時期も見られる（図 3）。変動の幅が広がるということは、渇水ないし洪水が発生するリスクが大きくなるということを意味する。

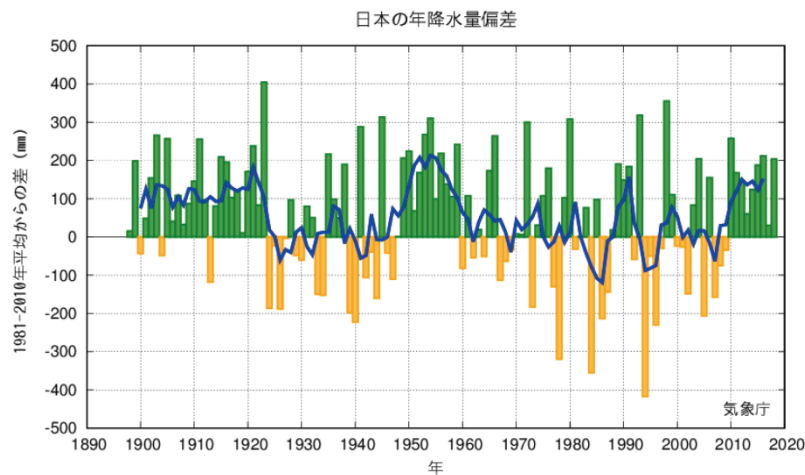


図 3 日本の年降水量偏差の経年変化（1898～2018 年）

棒グラフ：各年の降水量の基準値からの偏差、太線（青）：偏差の 5 年移動平均値。
出典：気象庁ホームページ https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn_r.html（2019年3月15日アクセス）

一方、中山間地域は、近隣の平野部に比べて標高が高く、かつ地域内での標高差が大きいいため、近年問題となっている高温リスクに対しては有利な面を有すると言われている（図4）。しかしその反面、斜面災害や土石流などの豪雨に起因する現象に対しては災害リスクが高く、ハード・ソフト両面での防災体制の拡充が重要な課題と考えられている。例えば、雨のリスクとその対策は確率雨量で判断されるが、100年超過確率雨量を超えるような連続降雨や短時間降雨による斜面災害が多く発生しており、従来のインフラ整備のみによる防災のあり方が限界に来ているとの認識が広がっている。

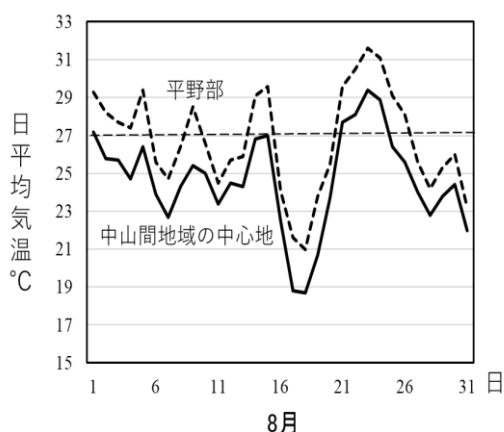


図4 新潟県上越市平野部（高田）と中山間地域（安塚）での8月（水稻登熟期）の日平均気温の違い（2018年）

登熟期の日平均気温が27°Cを超えると高温障害が出やすい³。

出典：気象庁データからCRDS作成

³ 寺島一男ら「1999年の夏期高温が水稻の登熟と米品質に及ぼした影響」『日本作物学会紀事』70巻3号, 2001, 449-458

2.3 政策的側面

中山間地域の振興に係る政策、並びに中山間地域に関する研究開発関連政策として以下のよ
うな農林水産省、文部科学省、環境省、国土交通省における取り組みが挙げられる。

2.3.1 中山間地域の振興に関する政策

<農林水産省>

表3 農政の流れ

時期	イベント	概要
1961年	農業基本法制定	農業従事者の所得確保のため規模拡大を推進。
1999年	食料・農業・農村 基本法制定	食料の安定供給の確保、多面的機能の発揮、農業の持続的発 展、農村の振興が新たな理念として提示。
2000年	食料・農業・農村 基本計画策定	概ね5年毎に見直し。2015年の改訂では、施策推進の基本 的視点を、『農業や食品産業の成長産業化を促進する「産業 政策」と、多面的機能の維持・発揮を促進する「地域政策」 とを車の両輪として食料・農業・農村施策の改革を着実に推 進』としている。 ※産業政策...需要フロンティア拡大、バリューチェーン構築、生産現場強化 ※地域政策...多面的機能の維持強化
2007年	農政改革三対策 開始	①水田経営所得安定対策（品目横断的経営安定対策）...小規 模・高齢農家も含めた地域農業の担い手の確保と地域農業 の維持・発展 ②米政策改革推進対策...生産調整の確実な実施、麦・大豆・ 飼料作物・非食用米の生産拡大・定着を支援 ③農地・水・環境保全向上対策...地域共同の取組として、農 地・農業用水等の資源の保全や環境にやさしい農業の実践 を支援
2013年	農林水産業・地域 の活力創造プラ ン策定（'14年、'16 年、'17年、'18年 に改訂）	基本的な考え方は、ア）需要フロンティアの拡大、イ）バ リューチェーンの構築推進と農地集約化による生産コスト 削減、ウ）生産現場の強化、エ）農村の多面的機能の維持・ 発揮、を図る取組を進めるというもの。

第2次世界大戦直後は、食料確保の観点から農産物の生産性を向上させる政策が推進されたが、1970年代から飽食の時代に移り、減反や農地の汎用化政策が取られるようになった。その後2000年頃からは、減少する農家数を維持するための産業政策が取られるようになり、近年では、家族経営や兼業を中心とする小規模の経営から、担い手へ農地を集約させる効率的な大規模経営への政策的誘導を進めている。同時期に、農業支援において新たな切り口として、農業・農村が有する「多面的機能の維持強化」が推進されるようになった。適切な管理や利用が行われている中山間地域は、多くの多面的機能を有すると考えられることから、営農上の不利な面を補う政策方向

としてその発展が期待されたが、中山間地域の衰退を抑止する決定打にはなっていない。米価の低下との関連では、コメから収益性の高い作物への転換の取組みが推奨され、水田の畑地転換が進むようになった。しかし、中山間地域は消費地との距離が離れているところが多く、立地条件も多様であるため、画一的な作物導入には適さず、しかも農家の高齢化により、新規作物の導入の推進は容易ではない。また、傾斜地水田の畑地化では、農地保全上の影響も考慮する必要がある。農地集約化の推進が掲げられているが、中山間地域では傾斜地が多く存在することから大規模化が容易でないため、農地の集約化は進まず、低コスト化、省力化の方向での構造改革には遅れをとっている。

表4 中山間地域、多面的機能等に関連した支援制度

名称	予算・内容
1) 中山間地域等 直接支払交付金	<ul style="list-style-type: none"> 2018年度予算は263億円 2000年度開始 中山間地域等において、農業生産条件の不利を補正することにより、将来に向けて農業生産活動を維持するための活動を支援。 集落を単位にして、農用地を維持・管理していくための協定を締結し、それに従って農業生産活動等を行う場合に、面積に応じて一定額を交付する仕組み。
2) 環境保全型 農業直接支払 交付金	<ul style="list-style-type: none"> 2018年度予算は25億円 2011年度開始 化学肥料・化学合成農薬を原則5割以上低減する取組と合わせて行う地球温暖化防止や生物多様性保全に効果の高い営農活動を支援。
3) 森林・山村 多面的機能発揮 対策交付金	<ul style="list-style-type: none"> 2018年度予算は15億円 2013年度開始 森林・山村の多面的機能の発揮を図るため、地域における自伐林業グループなどの活動組織が実施する森林の保全管理や森林資源の利用等の取組を支援。
4) 多面的機能 支払交付金	<ul style="list-style-type: none"> 2018年度予算は484億円 2014年度開始 地域共同で行う多面的機能を支える活動や、地域資源（農地、水路、農道等）の質的向上を図る活動を支援。
5) 中山間地 農業ルネッサンス 事業	<ul style="list-style-type: none"> 2018年度予算は400億円 2017年度開始 地域特性を活かす農業展開、農村移住促進、地域コミュニティによる地域資源の維持・継承の活動を支援。

中山間地域において、表4 1)～4) 項の施策は、営農条件が不利な地域であるという認識と、国土保全上重要な役割を持っているという考えにより進められている。一方、中山間地域は清らかな水、冷涼な気候、棚田の歴史等、平地にはない地域資源を有しており、これらを活かして収

益力のある農業を営むことができる可能性を秘めているという有利な面もあり、それを抽出し高めるといった観点から、5) 項の施策は進められている。この5) 項の考え方は、中山間地域の将来的可能性（潜在力）に着目している点で、特徴的ではあるが、本格的に取り組むための科学的な知見や技術的な裏付けは不十分である。

<文部科学省>

中山間地域の振興に間接的に関わる施策として、中山間地域の価値や地域資源の魅力の向上に繋がる施策としては、「省庁連携子ども体験型環境学習推進事業」（2002～2003 年度）があり、地域の多様な主体の支援に繋がる制度としては、「地域教育力再生プラン」（2004～2006 年度）があった。いずれも教育を通して中山間地域への認識を深めるものである。

<環境省>

2018 年度に閣議決定した第 5 次環境基本計画では「各地域が自立・分散型の社会を形成し、地域資源等を補完し支え合う『地域循環共生圏』の創造を目指す」と述べられている。

大きく 6 つの重点戦略が設定されており、このうち中山間地域の振興に関わると思われる戦略としては、「②国土のストックとしての価値の向上」がある。自然環境が有する多様な機能を有効に活用した防災・減災力の強化等、環境インフラやグリーンインフラ等を活用した強靱性（レジリエンス）の向上が示されている。もう一つは、「③地域資源を活用した持続可能な地域づくり」である。環境保全や持続可能性に着目した地域産業の付加価値向上、抜本的な鳥獣捕獲強化対策、都市と農山漁村の相互貢献による共生が示されている。また「④健康で心豊かな暮らしの実現」も関連しうる。森・里・川・海の管理に貢献する地方移住、二地域居住等の促進が示されている。

<国土交通省>

2015 年度に閣議決定した第 4 次社会資本整備重点計画では、「国土の適切な管理」「安全・安心で持続可能な国土」「人口減少・高齢化等に対応した持続可能な地域社会の形成」といった課題への対応の一つとして、グリーンインフラの取組を推進するとしている。

グリーンインフラは、「社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能（生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等）を活用し、持続可能で魅力ある国土づくりや地域づくりを進める」ものと整理されている。農業・農村が有する「多面的機能」にも着目しているが、主には都市的地域の農地が持つ機能、災害時の避難場所や仮設住宅の建設用地提供、ヒートアイランド現象の緩和、都市住民にとっての潤いのある景観や季節の変化を感じさせる風景の形成などを想定している。

<まとめ>

以上のようにして府省の中山間地域の振興に関する政策を俯瞰すると、効率性を重視した高収益農法（省力化、コストダウン、高付加価値化）の導入推進を主要なアプローチとしている。また、近年の農村人口の減少に起因する農作物産出の減少や多面的機能の低下を危惧し、農村地への定住促進を図る施策を進めていることが判る。中でも農林水産省は、中山間地域の重要性にも着目し、支援制度「中山間地農業ルネッサンス事業」を 2017 年度から進めている。これは、多様な地域条件を活かして収益性の高い農産物の生産・販売を支援すること、農村への移住促進、農地などの地域資源の維持・継承を目指すものである。

2.3.2 中山間地域に関する研究開発関連政策

<農林水産省>

農林水産省およびその関連機関では、AI やロボット等を用いた効率化・省力化による生産性向上やブランドによる高付加価値化など、生産現場の強化の観点からの研究支援策への注力が昨今の傾向として見られる。中山間地域を対象とした取組みは限定的だが、農林水産研究基本計画では以下の項目が関連すると考えられる。

(1) 農林水産研究基本計画

農林水産技術会議が策定する「農林水産研究基本計画」は、10年程度先を見通した基本方針として、研究開発の重点目標及び当該目標の達成を図るための具体的な施策を特定している。5年ごとに見直しが行われており、現在のものは平成27年3月に決定された。

全32件の重点目標のうち、中山間地域との関連が深いと思われる目標は次の4件である。

- ②中山間水田営農システムの確立
- ⑬農業生産の効率化と環境保全等の効果が両立する農業技術の開発及び導入便益の見える化
- ⑮地域資源を活用した新産業創出のための技術開発
- ⑰気候変動に対応した農林水産業の適応技術の開発

(2) 農林水産技術会議

農林水産技術会議の事業においては以下の3事業が中山間地域と関連が深いと考えられる。

- 生産性革命に向けた革新的技術開発事業（ICT・ドローン活用による経営資源最適配分システム鳥獣対策技術等）
- 革新的技術開発・緊急展開事業（国際競争力強化のための生産性向上・高付加価値化に直結する技術）
- 戦略的プロジェクト推進事業（センシング技術を活用した栽培管理効率化・安定生産技術、スマート育種システム、AI活用による効率的な流通等）

(3) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（略称、農研機構）

現在の農研機構は、2016年に旧農研機構、農業生物資源研究所、農業環境技術研究所、種苗管理センターが統合されてできた組織である。新たな農研機構の中長期目標、および旧農業環境技術研究所（現農業環境変動研究センター）の中期計画において挙げられている課題のうち、中山間地域に関する課題を以下に示す。

1) 農業・食品産業技術総合研究機構中長期目標（2016年度-2020年度）

- 中山間地域における高収益営農のための、高品質な有機野菜や薬用作物等の高付加価値の作目や地域作物を組み合わせた水田複合経営を可能とする技術開発
- 中山間地域における地域資源や生産基盤を維持するための、革新的な農業生産システムの確立、中山間地における機械化一貫体系に対応した、低コスト、省力、高能率及び高

耐久な機械・装置の開発、畦畔法面で自走して草刈りができる除草ロボット等

- 中山間地域等に活力や賑わいを取り戻すための、地域資源等を活用したイノベーション、新たな産業や雇用を生み出すことを目指した研究の推進（遺伝子の機能解析、生物間相互作用の解明を加速化、遺伝子組換え、ゲノム編集、オミクス解析等の技術）
- 農業・農村インフラの高度化、長寿命化及び強靱化や、効果的な鳥獣害対策などに資する研究。鳥獣種ごとの特性に応じた被害防止及び捕獲・駆除技術等の開発

2) 旧農業環境技術研究所（現農研機構農業環境変動研究センター）中期計画（2011年度-2016年度）

- 気候シナリオで予測される将来環境での作物の生育、収量、品質の予測モデルの開発
- 耕作放棄地の拡大等による生態系攪乱のパターンの変化が植物－昆虫類－鳥類の相互関係等に及ぼす影響の解明
- 農業環境中での農薬等の有機化学物質、硝酸性窒素、リン等の栄養塩類の動態を数理モデル化し、流域レベルの環境負荷を予測する技術の開発

<内閣府>

内閣府が所管する戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の第一期課題「次世代農林水産業創造技術」は、少子高齢化や農業従事者不足の問題解決のため、ロボット技術、ICT、ゲノム解析等の先端技術を活用して軽労化、超省力化を図るとともに、生産性を向上させるいわゆる「スマート農業」を目指すものとして推進された。

<文部科学省>

文部科学省が所管する事業の中では以下に示す3事業において中山間地域あるいは農業とのつながりを見出すことができる。但しこれらは、中山間地域の農業に直接的に適用しようとしたり、農業・農村が供する多面的機能の維持向上に正面から取り組むようなものではなく、主として地球観測や気候変動への適応に関連する事業である。

- 地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラム
- 気候変動適応研究推進プログラム（RECCA）（2014年度まで）
- 気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）（近未来予測、ダウンスケーリング、影響評価）

地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラムで開発された「データ統合・解析システム（DIAS）」は、地球規模または地域スケールの観測で得られたデータを収集、蓄積、統合、解析するシステムで、その適用分野として気象・気候、農業、防災、生物多様性、水等を挙げている。農業への適用では、例えば異常気象による農作物への影響予測が挙げられる。DIASは2006年度にスタートし、2011年度からは第II期として社会的、公共的インフラとして実用化するために社会経済情報等との融合を行った。2016年度からは第III期として実運用に向けた取り組みが進められている。

RECCA プログラムは「気候変動予測の成果を都道府県あるいは市区町村などの地域規模で行

われる気候変動適応策立案に科学的知見として提供するために必要となる研究開発を推進」するものと位置付けられていた。採択課題の中には「地球環境変動下における農業生産最適化支援システムの構築」があった。そこでは、気象モデル、作物モデル、土・水モデル等を開発するとともに、気象、土壌、水という3要素をダウンスケーリングデータから高精度に推定し、作物の収量と品質に関するシミュレーションに繋げる取り組みが実施された。

RECCAが2014年度で終了した後には、新たにSI-CATが立ち上がり、近未来予測、ダウンスケーリング、影響評価の3課題を推進中である。

<環境省>

環境研究総合推進費で設定されている研究領域のうち、以下に挙げる3領域が中山間地域と関連すると考えられる。

- 低炭素領域（気候変動の緩和策・適応策、温暖化現象の解明・予測・対応評価等）
- 自然共生領域（生物多様性保全、生態系サービスの持続的利用等）
- 統合領域（気候変動の緩和策・適応策、生態系サービスの予測評価等）

<国土交通省>

国土政策関連研究支援事業は国土計画・国土政策等に関する調査・研究に対する助成を行う事業として2007年度から2016年度まで実施された。この事業における「指定課題」には、「条件不利地域政策」（2011年度）、「条件不利地域における非経済的な価値に関する研究」（2013年度）、「『住み続けられる国土』を維持するための地域課題の解決等に関する研究」（2016年度）、「地理空間情報の可視化等による持続可能な国土・地域の形成に関する研究」（2016年度）が設定され、その下で中山間地域に関わる研究が進められた。

<まとめ>

府省による研究開発関連政策を概観すると、中山間地域だけでなく、平地や都市的農地を含めた生産現場強化、すなわち高収益農法の導入推進という観点での研究支援は多く見られた。その一方、農村・農地がもたらす（特に中山間地域がもたらす）多面的機能の維持・発揮に係る研究支援は限定的だった。しかし国土交通省の国土政策関連研究支援事業（2016年度終了）において中山間地域を対象とした指定課題が設定されていたことを踏まえると、中山間地域の良好な環境の維持は、農林業だけに影響する問題ではなく、国土保全上の大きな課題でもあることが示唆される。

3. 今後の方向性に関する考察

3.1 中山間地域が抱える課題とその解決の方向性

中山間地域の産業は、工業や観光業が活発な一部の地域を除けば、多くは農林業およびその関連産業が中心である。しかし農業従事者が高齢化ないし減少する中、かような地域の住民が抱く現在の悩みは、鳥獣害、草刈りや除雪の負担、不便な交通、農林業の担い手不足等である。これらに対して関連府省における中山間地域の振興のための政策は、前章で見たように、効率性を重視した高収益農法の導入推進を主要なアプローチとしている。しかしその一方で、人口減少に起因する生産性の低下や地域が持つ多面的な機能の低下も危惧されており、農村地への移住・定住を促進する施策も並行して進められている。

これら2つの方策は両輪として今後も進めていくことが重要であると考えられるが、とりわけ後者の移住・定住促進は、前者の前提条件ともなりうるものであるため、極めて重要であると言える。そこで本章では、中山間地域が抱える課題に対する取り組みの方向性として、「人々が中山間地域に住みたくなる」ために必要な方策に焦点を当て、それに寄与しうる研究開発課題群についての検討結果をまとめる。

3.2 移住・定住促進に資する研究開発の3つの柱

「人々が中山間地域に住みたくなる」ことを促進するための方策としては以下に示す3つが主要な柱になると考えられる。すなわち、ア) 経済的基盤の確立、イ) 主観的幸福度（幸福度や安心感）の向上、ウ) 移住・定住による地域及び住民自身への影響の見える化、の3点である。

ア) 経済的基盤の確立

中山間地域の農地の多くは小区画、分散、多筆（管理する圃場の数が多いこと）、急峻（交通アクセス不便）であり、これらは「規模の経済」に基づく効率性重視の現代の営農においては不利な条件とみなされる。そのため、経済的基盤の確立には、こうした不利な条件を緩和するか、あるいは有利な条件を見いだしてその価値を優位性・差別化にまで高めるかのいずれかが必要となる。

まず不利な条件を緩和する技術例としては、低コストな道路網の整備による交通アクセスの改善、区画の長手方向長さをより大きくとれるように「等高線区画」を取り入れた水田整備を行うことや大規模な切土・盛土による大区画畑整備、小規模な区画に合わせた高効率な農業機械の導入、ICT 機器を高度に活用する灌漑排水設備や栽培施設の遠隔・自動管理などが挙げられる。これらは、広域に分散している農地の管理・活用を少人数で可能とする点で、担い手の減少による可耕地の荒廃を抑制する役割が期待される。

有利な条件の発掘例としては、中山間地域の気象条件や土壌条件の複雑性、多様性を巧みに活用した、希少性や高品質を売りにした農産物や加工品の開発、豊かな生態系を活用した低投入・省力型病虫害防除、標高による気温の違いを活用した計画的な栽培・出荷やリスク分散などが挙げられる。これらの技術の安定化や高度化を支えるためには、基礎から応用に至る幅広いセンシング、栽培、分析、制御技術やその基礎的知見の集積が必要になる。

イ) 主観的幸福度の向上

中山間地域は、地形や資源分布、居住形態から見て、生産や消費において「規模の経済」を実現しづらい。そのため中山間地域を活用したい、あるいは住みたいとの思いを強めさせるためには、経済的な基盤の確立に加え、住む人の幸福度や安心感（主観的幸福度⁴）を高める方策が必要となる。

主観的幸福度の向上方策としては次に示す2点が考えられる。一つ目は、中山間地域が有する多面的な価値を、生態系サービス研究や社会学的視点からの検討に基づき評価することにより、地域内住民の幸福度を視覚化することである。二つ目は、住民自身の存在価値を、地域内のつながり（社会関係資本⁵）、例えば生業や地域管理の分担に基づき視覚化することである。

なお幸福や安心の感じ方は人それぞれに異なるものである。そのため中山間地域という条件不利地で住民が感じている幸福感や安心感を評価できるような複数の指標を見いだす研究が必要となる。この複数指標の設定により、従前の住民や、潜在的な移住・定住者に対して、中山間地域に住むことの価値を偏りなく視覚化することが可能になる。

ウ) 移住・定住による地域及び住民自身への影響や効果の見える化

移住・定住の促進により中山間地域が持続可能な形で維持・活用されるようになってゆくためには、新たな移住・定住がもたらす各方面への影響や種々の効果を明らかにすることも重要となる。

例えば、人が住み、継続的に地域に手を入れたことによって農林地による保水や斜面の安定性が改善されることが視覚化されれば、移住・定住の社会的・経済的意義はより明確になると期待される。近年、豪雨や地震などの自然災害や、局地的・時間集中的な降雨災害の増加が見られ、それらによって特に中山間地域における被害が増大傾向にあると言われている⁶。こうした状況に対し、生態系を活用した防災・減災（Ecosystem-based Disaster Risk Reduction; Eco-DRR）あるいはグリーンインフラとも呼ばれるような自然環境の多面的機能の改善を図る取り組みがもたらす地域への影響・効果は、極めて大きいと期待される。

また農林業を通じた中山間地域への人の関与は、地域内のみならず、河川を通じてその下流域へも大きな効果や影響を与え得る。例えば森林における間伐・剪定作業などの継続的な実施や林道の維持管理、あるいは農地における法面や農道の除草や侵食防止、用排水路の管理等は、傾斜地盤の安定化や洪水の安全な流下を支える。加えて流域水循環の健全化は、水循環基本法でも掲げられた重要な理念であるが、源流域としての中山間地域の役割や影響は大きく、森林や農地の管理によって各種物質の流域におけるベースフローや下流域・河口域での生態系や灌漑水質が様々な影響を受ける可能性が高い。

⁴ 佐々木宏樹, 2016, 「主観的幸福度アプローチによる都市と農村の比較分析」『新たな価値プロジェクト研究資料 第1号 農業・農村の新たな機能・価値の評価手法開発』, pp. 5-43

⁵ 人が他人に対して抱く「信頼」や、「持ちつ持たれつ」などの言葉で表現される「互酬性の規範」、あるいは人々間の絆である「ネットワーク」を指す用語。市場では評価されにくい「集団としての協調性」を生み出すものと考えられている。

⁶ 中山間地域等総合対策検討会, 2007年11月, 「中山間地域における喫緊の課題をめぐる情勢と対策の方向性について」取りまとめ

3.3 課題と研究テーマ例

ここでは、前述の3つの柱に沿って研究開発上の課題ならびに研究テーマ例を挙げる。なおこれらの検討は、巻末に示した2回のワークショップと、その前後に実施した関連学協会との議論に基づいている。

ア) 経済的基盤の確立

《課題》

①不利条件の緩和に向けた課題

中山間地域における農作業の技術的基盤の強化には、急傾斜の狭小な区画でも効率的な機械作業体系やそれを省力的に実現する自動化などのシステムの開発が必要になる。また、急傾斜でも十分な作業距離が確保できる区画形状への圃場整備技術、及びそこでの作業体系についても実証的な研究が必要となる。更に、気象災害に対する安全性や安定性も経済的基盤の確立には必須の条件である。

これらの課題に応える基礎技術体系の開発取り組み例として、SIP（戦略的イノベーション創造プログラム、内閣府）で研究が進む「スマート農業」が挙げられる。スマート農業の将来像は、①超省力・大規模生産の実現、②作物の能力を最大限に発揮、③きつい作業、危険な作業から解放、④誰もが取り組みやすい農業の実現、⑤消費者・実需者への安心と信頼の提供である。開発される技術として、草刈りロボット、ICTやドローンを活用した雑草や病害の省力的な防除技術、効率的な生育診断、精密な肥培管理、水管理や施設の換気等の自動化などがある。これらの技術は、機械工学、情報工学などの先端的な作業・制御・センシング技術とこれまでの農学の諸分野の知見を総合化することで実現しつつある。

なお、ロボットや通信技術を活用した無人化・自動化技術については、現在でも一定の労働力が確保できる平野部より、急速な人口減少と高齢化により労働力の不足が極限に達している中山間地域の方が、その導入効果が大きいとも言える。ただし、ロボットにより人が担うべき作業の多くが代替できるようになると、ややもすると定住者がさらに居なくなってしまう可能性があるという矛盾も抱えている。このような観点から、ロボットと人が共存して協働作業する作業体系の開発を目指す必要性も指摘されている⁷。

また圃場の区画整備を行うためには、現在圃場を管理する住民の将来を見据えた意思が必要とされるため、継続的な担い手の確保において、地域継承の動機付けの格好の機会となる。そのため、中山間地域の不利な条件を緩和する傾斜地に適合した圃場整備技術の高度化は、その直接効果である作業効率の向上以外にも大きな意味を持っている。また区画と合わせて、水田においては水利条件の改善が必要な地域が多いことも特徴であり、小渓流や伏流水などを利用した水源の安定性の面からの研究も併せて必要となる。

②有利条件（営農のポテンシャル）の発掘に向けた課題

中山間地域は、多くの谷や尾根により構成され、標高差も大きな地域である。平均的な標高が高いことから、近隣の平野部に比べ一般に冷涼な気候となるが、内部の標高差により温度環境の

⁷ 亀井雅浩, 2017.12, 西日本農研ニュース, No.67, 巻頭言

レンジが広いことも重要な特徴である。また、日照については、尾根筋では長いが逆に谷間では短い。また、複雑な地形条件は土壌の多様性を生むとともに、傾斜地に造成された農地に特有の切土、盛土構造が、圃場内での土壌の物理・化学性のばらつきに顕著な影響を及ぼしている。これまでも、それぞれの土地の条件を考慮しながら、最適な農業生産を挙げられるような工夫がなされてきてはいるが、出荷の効率性やセンシング技術・管理技術の個別最適の限界により、画一的な栽培や作目の選択が行われることも多い。大規模でばらつきのない農産物を生産する点では、中山間地域は低平地に比べ現況では明らかに不利な条件にある。この問題に対して、科学技術が提示できる解決策には次の4つが考えられる。

一つ目は、多様な生産条件を個別に考慮することにより、決められた品質・作目を満たしつつ最大の生産を挙げる技術体系を構築することである。これは、平野部の比較的規模の大きな農地で開発が進んでいる精密農業技術の延長線上にある技術である。平地農業地域と中山間地域は、その平均傾斜により定義されているため、中山間地域に分類されていても、実際の農地の傾斜条件や区画条件には大きな幅がある。傾斜地に大きな畑地を造成するためには、切土・盛土が必要となるため土壌条件は不均一になりがちであるが、造成後の作業条件は良好となるため、大規模な営農が可能となる。耕作放棄地を取り込んだ畑地整備により、露地や施設園芸の産地形成が実現した事例が全国に見られる。このようなタイプの取り組みにおいては、土壌条件の不均一性を診断し、リアルタイムな生育診断とも合わせて精密かつ簡易な土壌管理、肥培管理を実現する技術の導入が有望である。

二つ目は、土壌条件や気象条件の地域内での差異を積極的に利用した栽培技術や作付計画の開発である。土壌条件に対しては、作目の選択と少量で多様化した生産物を加工等により効率的に活用するポストハーベスト技術や事業の展開、気象条件の違いに対しては、栽培期間をずらせることを活用した労働時期の競合の解消や気象災害リスクの回避技術などが有望であり、実際に各所で取り組みが行われている。センシングや精細メッシュ気象情報、予測、生育モデルを組み合わせた精度の高いノウハウの体系化が求められる。特に、センシングについては、地表面の情報を効率的に取得できる上空からのリモートセンシングに加え、農業や水文環境の把握において不可欠な土壌・地質といった地下部のデータの取得を効率化する技術の研究も重要となっている。

三つ目は、品質の均一化を無理に図らず、その多様性を生産物の価値として売り出すための基盤技術の創出である。例えば、国内外のワインの産地は無数にあり、それぞれの優劣は議論されるが、多くの産地が競争的な環境の中でも醸造用ブドウの生産を続けられているのは、それぞれの産地の製品に単純な優劣指標を超えた特徴があり、それを消費者が楽しむ文化があるからである。一つの集落内でも土壌条件や気象条件が著しく異なる中山間地域は、条件に応じた多様な味覚の生産物が得られる可能性を秘めている。この違いを見える化できれば、消費者の農産物の評価軸の多次元化が実現し、良いとされるものの画一化による安価な大量生産文化と対極をなす新たな価値観の創出が期待される。農産物の品質の見える化には、これまで食味を代表する主要な成分の分析や健康へ良い効果をもたらすとされる機能性成分の発掘や分析がすすめられてきたが、科学的な客観性を高めることにより、逆に評価軸を絞り込んでしまう（大規模なマーケット戦略に流されやすい）という弊害も否定できない。味覚や嗜好に関する科学を客観的な科学分析結果に付加することにより、成分量の線形和で片付けられがちな農産物の味の違いの提案に変化をもたらす可能性がある。また、このような人間的な指標で表現される質と栽培条件とのかかわりを分析することは、従来の「言葉」で表現される経験知・地域知と数量的に表現される「学理」の

融合につながる有望な研究分野でもあり、その前線として中山間地域のような多様な条件のフィールドを活用することが期待される。

四つ目は、豊かな生態系を活用した病虫害制御の可能性に関する科学的実証である。中山間地域は農地と林地が接した多様な生態系を有する場であるため、昆虫群集やそれを餌とする土着の天敵が豊富である。これらを適切に利用して害虫防除を行うことができれば、農薬などの化学資材投入の低減や防除作業労力の軽減などが可能となる。さらに、これらの減農薬や無農薬で栽培した農産物を、高価に販売できることも期待される。このような生態系を積極的に活用した農業技術は、中山間地域に限らず、今後研究を進めるべき重要な分野であるが、特に豊かな生態系と適度な地形単位を有する中山間地域の農地は、その研究実証の場として有利なフィールドである。

《研究テーマ例》

1. 『窒素溶脱抑制と土壌炭素蓄積促進のための最適な有機物施用シナリオの研究』

これまで未経験の気候変動条件に近い将来に見込まれる中、持続可能な食料生産を実現するには、有機物資源を循環利用して化学肥料の使用量を低減すると共に地下への窒素溶脱等の環境負荷を低減する農地管理と、作物収量維持の両立が必要不可欠である。本提案では、未経験の気候変動条件下において、土壌や作物の異なる圃場ごとに最適な管理方法を策定するため、土壌中における水・炭素・窒素動態をメカニスティックに記述すると共に、多数の実測値で校正・検証されたモデルを用いて、作物窒素吸収を維持しながら地下水を含む水域への窒素溶脱や温室効果ガスの発生を大幅に低減し、炭素蓄積を促進する最適な化学肥料・有機物施用シナリオ策定技術を構築する。

2. 『物質動態の解明を基軸とした中山間地域の耕畜連携型土地利用に関する研究』

耕作放棄地の増加や粗放な農地管理は、温室効果ガスを吸収する機能（地球温暖化緩和機能）、農地を土壌浸食から守る機能（農地保全機能）、流域の水質を保全する機能（水質保全機能）などの農地の多面的機能の減退と、主要な穀類や粗飼料の生産ポテンシャルの縮小をもたらし、ひいては農村社会の維持を難しくする。本提案では、流域における作物生産における複数元素の動態を解析し、流域の生産性と資材利用効率を適切に維持できる農地・草地・畜産の最適な配置計画の策定技術を構築する。この手法により、農地の草地利用や畜産との物質のやりとりを含めた物質循環系を核とする中山間地域の農地保全型耕作システムの創出を図る。

3. 『中山間地域における水田の汎用化技術に関する研究』

近年、米の価格低迷や生産調整拡大により、米以外の収益性の高い作物生産を志向した水田の畑地転換が進み土地利用が変化している。低平地の水田を対象にした畑転換技術に関しては、米の生産調整が開始されて以来、多年にわたる研究蓄積があるが、傾斜地の水田の畑転換に関しては、体系的な研究が行われていない。水田として長年利用されてきた傾斜地の農地の畑地化は、斜面の安定性や降雨の流出特性に影響を及ぼし、また、水分環境の制御においても、複雑な地下水文環境の影響も相まって、低平地とは異なる技術要素が存在し、その基礎的知見も不足している。本提案では、傾斜地の水文特性を地表水・地下水両面から評価し、侵食や崩壊などに対する農地の保全機能を維持しつつも優良な畑として安全に活用するための技術体系を構築する。

4. 『ICT 技術の広範な普及を見据えた中山間地域での超省力型営農技術基盤の確立』

中山間地域では、たとえ ICT 技術や自動機器が広く導入されても、それらを効率的に使用できる区画や施設設計になっていなければ、低コストな生産にはつながらない。結果として、経営規模も制約される。本提案では、情報技術やロボット技術を現在の中山間地域の基盤の規格にあったものにするという研究の方向性だけではなく、農地の区画や周辺施設の整備方法についても同時に検討し、最新の営農技術を効率的に活用できる農村のインフラ整備技術を構築する。

5. 『品質の多様性がもたらす食文化の豊かさを創出する中山間地域農業の展開を支える研究』

産業革命以降の工業的な価値観から脱し、持続的な社会を実現するためには、「良いもの」を低価格で大量に供給することをひたすら追求する姿勢ではなく、様々な方向での「良いもの」、「特徴的なもの」を生み出し、それを楽しむことの豊かさを知ることが重要である。中山間地域は、複雑な地形や大きな標高差により、距離が短い範囲でも気象条件、土壌条件の違いが大きく、様々な品質（良否ではない多様な尺度での味や形状）や種類の農産物を少量ずつ生産することに向いている。本提案では、このような特徴を土壌、品質、育種等の様々な手法により分析し、その発現に科学的な根拠を与えるとともに、これらの多様な農産物に対する消費者の嗜好性の変動分析を高度化し、長期的な視点でみた少量生産の可能性を提示できる技術を構築する。

6. 『中山間地域における土着天敵を活用した低投入・省力型モデル農業の開発』

農耕地の周囲にインセクタリアープランツ（土着天敵の蜜源となる植物）を植えることで、土着天敵の働きを増強させる技術が現在各地で開発されつつある。中山間地域は農地・里山・林縁・森林など多様な生態系が混在するため、昆虫群集やそれを餌とする土着天敵（寄生性、捕食性天敵）が豊富であり、土着天敵を活用する減農薬や無農薬栽培は、農産物（主に露地野菜）の高付加価値化に寄与できると考えられる。本提案では、農薬など化学資材の低減や防除のための労力軽減を実現するために、中山間地域の生態系の豊かさを活かして、土着天敵を用いる害虫防除技術を構築する。

イ) 主観的幸福度の向上

《課題》

主観的幸福度の向上のためには、当該地域が有する多面的な価値や、住民によって構築される社会関係資本等を総合的・客観的に評価（見える化）する技術を開発し、移住・定住した際の将来展望シナリオを持つことができるようにすることが重要と考えられる。

このシナリオは、例えば、前項ア) で提示したような ICT 技術や圃場整備、作目の転換などの様々なメニューを導入することによって可耕地がどのように変わり、そのときの労働負担や収益がどの程度になるかについて、十分な信頼性のある評価結果を提供する。また現在の生態系の豊かさやその役割を科学的な観点から明らかにし、そこに暮らす人々が実感できる形で提示する。同時に、新たな生産活動が、地域内外の環境や生態系の保全、あるいは資源管理に及ぼす将来的な価値を提示することを通じて、その公益性を見える化する。地域内外の人のつながりに関しても、個々人の主観的幸福度が定期的に確認できるようにしていく。こうした、多面的な価値の見える化を、住民目線で実現するための科学的なプラットフォームの構築が求められていると考え

られる。

なお、地域と切り離された普遍的な学理や経験知・暗黙知では、マクロな農業の将来像をある程度描くことは出来ても、地域の固有性を生かした取り組みの有効性を地域住民に説明することは困難である。当該地域に根差した知や、自然・環境・社会特性などの変動要素を適切にパラメータ化した学理的なモデルに基づき、構想する取り組みの効果を価値として総合的・客観的に評価（見える化）する技術の開発が必要となる。

《研究テーマ例》

1. 『中山間地域居住の幸福度の向上・減退メカニズムの解明』

経済活動のみにより人の嗜好性や幸福度を評価することには限界があるとの認識から、研究面に限らず、政策面においても、人の幸福度の定量化が国際的に行われるようになってきている。我が国においても、地域間や都市部と農村部に住む人の幸福度、あるいは中山間地域に由来から住み続けてきた高齢者の幸福度について、調査や研究が見られる。しかし、中山間地域の人口動態を左右する若年層を含めた幸福度とそれらに影響を及ぼす主要な要因の科学的分析については、十分なデータの蓄積がない。本提案では、年齢層やその生業・居住歴を広くカバーする大規模な調査により、中山間地域居住者の幸福度（Well-being, ウェルビーイング）や場所愛（Topophilia, トポフィリア）とそれを左右する要因を体系的に解明する。

2. 『植物資源環境変動による生態系サービスに寄与する生物群動態の推定』

近年、化学肥料、農薬、機械の普及により、ミミズによる土壌肥沃度の改善、天敵昆虫による害虫密度抑制などの調整サービスの利用や里山の利用が減少した。また経済のグローバル化や地域の弱体化、高齢化により耕作放棄地が増加している。その結果河川などの富栄養化や、里山、地域の生物多様性の減少が進んでいる。近年ではさらに気候変動による温暖化などの問題が顕在化してきており、今後生物多様性や享受できる生態系サービスがどのように変化するかが把握困難な状況にある。本提案では、中山間地域をフィールドとして、生物多様性を保全し生態系サービスを最大限享受するには、生態系サービスを発揮する生物群集が、気候変動、景観変化、農法によりどのように変化するかを把握・評価する技術を構築する。そして、各生物群の密度が生態系サービスのポテンシャルを反映するとの考えの下、農地で主要な生態系サービスを提供する生物群が植物資源環境の変化に対してどのように変化するかを把握・評価する技術を構築する。

3. 『地域の伝統知や在来知の再評価研究』

中山間地域の人口減少や生業変化により、生態系サービスを生み出す伝統知、地域知や在来知など（以下、伝統知等と略す）が喪失しつつあり、植物資源や自然資源に未利用資源が生じると共に管理が不十分な農林地が増加している。知が喪失すれば、生態系サービスの供給（賦存量）を維持し、需要を喚起して、フロー（実利用量）を社会経済に活用することもできない。地域の伝統知は、地域に存在する多様な資源から特色のあるものを生産・創造するための重要な資産である。例えば、地域に特徴ある農林産品、伝統工芸や民俗芸能など有形・無形の文化財を支える道具・素材の生産は、伝統知等に支えられた地域の生態系サービスに依存することが大きい。また、普遍的な科学技術に基づく科学知だけでは、地域独自の自然環境や社会経済環境に対応した植物資源（自然資源）管理は難しい。本提案では、喪失しつつある伝統知等を収集して体系的なイン

ベントリーとして保存する。また、生態系サービスの供給と需要における伝統知等の効果・影響を評価し、現代的な価値に基づく伝統知等の再評価を行う。更に科学技術による科学知と比較し、将来の生態系サービス利用における、科学知と伝統知等の補完的役割や相乗効果などについての知識体系を構築する。

4. 『社会インフラとしての生態系の評価と予測研究』

人間の生活は自然資本（多様な生物とそれを育む水、土壌、大気など）とそれが生み出す生態系サービスによって成り立っている。竹や栗は利用しなければ厄介者で無価値であるが、人が利用すれば製品となる。気候変動や人口減少に適応できる持続可能な中山間地域社会の構築には、生態系からの便益を社会インフラとして利用していく自然共生デザインや管理手法の開発が要請される。本提案では、地形や土地の特徴を考慮し、多様な生物が持つ多面的機能の現況の価値評価と将来予測を統合的・定量的に解析（見える化）し、地域の持つニーズや自然資本、伝統知を活用できる地域・流域のデザインツールを構築する。

5. 『水田の全生物群集とその機能の解明に基づく生態学的に安定な作物保護技術の開発』

近代的な作物保護技術は、特定の病虫害や雑草を排除するために様々な防除技術を開発し、輝かしい成果を収めてきた。しかし、特定の生物種をターゲットにした強力な化学物質を用いる防除は、生態系のバランスを崩し、その効果を持続的に発揮できない場合がある。もともと水田には多くの生物が生育・生息し、生態系が維持されてきた。このような水田の全生物群集と、食物網などの生態系機能を明らかにして、生態学的に安定な作物保護の手段を、水田毎に講じることが求められる。本提案では、生物多様性の豊かな中山間地域の水田をフィールドとして、環境DNA手法やAI技術による解析手法などを駆使して、全生物群集の解明や、食物網の解明を体系的に行い、生態系の豊かさと経済的な価値の高い農産物生産の両立による物質的にも精神的にも幸福感が得られる豊かな農村モデル社会構築と、健全な農村と都市とのつながり方の科学的根拠を構築する。

ウ) 移住・定住による地域及び住民自身への影響や効果の見える化

《課題》

中山間地域に人が住むことによりもたらされる効果は、中山間地域そのものだけでなく、下流域やその先の河口域までもを含めた範囲で、様々な効果・影響が評価される必要があると考えられる。そのためのモデルを開発し、例えば上流（中山間地域）での地域管理作業が、下流域を含めた極めて広範な地域の安全性の向上に繋がる可能性を評価することを目指す。

こうした物質循環に係るモデルは従来から研究が行われており、既に河川、土壌（農地・森林）、地下水に対する汎用的なモデルが各種開発されている。一方で、これらのモデルを用いて圃場～流域レベルで水や物質の移動を予測（見える化）するためには、各種パラメータや因子間の相互作用をどのように設定するのか、あるいはこれまで十分に考慮されていなかった機構をどのように取り込むか（例えば、欧米を中心に開発されたモデルでは、水田に特徴的な人為的な管理を含んだ流出特性や生化学的反応等は考慮がなされていなかった）等、新たに検討すべき課題は多い。これらを分野横断的に進め、精査することにより、気候変動、土地利用の変化、水管理方法の変

更等が将来の流域の水資源や環境に対してどのような影響を及ぼすかの予測が可能になると考えられる。

また、農家戸数の減少により生じる耕作放棄地や農地周辺部の管理の粗放化が流域環境に及ぼす影響を評価（見える化）する必要もあると考えられる。例えば、中山間地域の農地に隣接する森林の荒廃が下流域の土砂災害リスクにどう関係するかを明らかにすることで、農林地の一体的な管理への動機づけを図ることが可能になると期待される。特に土砂流出については、豪雨により対策の不十分な畑地が侵食を受けたり、耕作放棄地が崩壊したりした場合、土砂の流亡や土砂と共に排出される窒素・リン等の栄養分が、その周辺や下流の生態系や、灌漑水の取水や水質に影響を与えるため、その正しい予測と対策の構築、それらに基づく地域のデザインを考える必要がある。

更に、河川上流域からの土砂や様々な物質の供給は、下流域のみならず海洋にも影響を及ぼすことが広く知られている。そのため、沿岸域の資源や環境を適切に管理するためには、複数の流域の土地管理状況に応じた物質供給量の正確な積み上げと海洋域を含んだマクロな物質循環系に関する基礎的な研究や応用的なシミュレーション手法を分野横断的に関連付ける必要性も生じる。

《研究テーマ例》

1. 『森林-農地の連関での物質循環と防災・減災機能の評価解析研究』

農林地では、利用低迷による管理不足や耕作放棄地の増大が生物多様性の低下や生活圏への野生動物の侵入を容易にし、農業被害、害虫が媒介する感染症の拡大、土壌汚染から河川への水質汚濁などの災害をもたらしている。これを解決するため、森林や農林地における既存データおよび発見的・継続的モニタリングにより、水・土・養分の動態や循環に及ぼす影響要因を総合的に把握し、予測できることが必要である。本提案では植物資源や里山の自然資源の需要と温暖化抑止効果の LCA 解析、野生動物との軋轢や感染症拡大リスク、土壌内の土壌汚染から河川への水質汚濁への影響も合わせてシステム解析し、森林-農地の連関での物質循環と防災・減災機能を解明する予測モデルを構築する。この構築では、安定同位体利用や、微量元素までを含む複数元素動態バランスを評価軸とする最新の解析手法や、物質移動解析や土壌微生物叢との連関解析手法を用いる。予測モデルの展開を促進するため、植生や農作業の情報を、高精度な地理情報システム（GIS）と連動させる。

2. 『適正な土地利用・生態系配置による防災減災・生態系サービスの活用研究』

適正な土地利用・生態系配置は防災減災や生態系サービスの活用に不可欠であるが、空間明示的な土地利用のあり方について、総合的な検討が進んでいない。例えば、森林の土砂災害防止機能、水田や湿地の遊水機能、霞堤・防風林・屋敷林など伝統的手法による防災減災機能などは、土地利用計画に十分に反映されていない。コンパクトシティーなどの議論では、社会経済的な視点が先行しており、植物資源利用・防災減災・生態系サービス活用に基づいた土地利用・生態系配置の議論は十分に行われていない。本提案では、土地利用・生態系配置と自然災害・生態系サービスとの関連を、地理情報システム（GIS）を用いた空間明示的な統計モデルやメカニズムモデルにより解析する。その結果に基づき、将来の土地利用・生態系配置の複数シナリオについて、防災減災効果や生態系サービス増減を定量化できる技術を構築する。

3. 『地域社会の変化に対応できる土壌侵食モデルの構築研究』

中山間地域等の傾斜農地において特に問題となる降雨時の土壌侵食（水食）は、表土流亡や土を担体とするリン等栄養物質、放射性物質（Cs）、重金属（Cd）等の汚染物質、さらには線虫や微生物の輸送を通じ、農業生産性や生活の安全安心に影響を与える。しかし、その予測は難しく、今後頻発が予想される豪雨化を想定した水食予測の取り組みは国内ではまだ少ない。本提案では、水食予測のためのパラメータの改善ならびに降雨毎水食予測モデルの提案を行い、土壌侵食や崩壊が流域生態系サービスの維持・向上や中山間地域の農地保全へ及ぼす長期的な影響を適切に予測する技術体系を構築する。具体的には、年間水食量予測式（Universal Soil Loss Equation, USLE）を改善し、圃場整備や農地の維持管理事業等の計画、実行、評価の各段階での利用を可能にする。特に、土壌に関する侵食係数および土地管理方法を改善し、気象、水、土壌、作物等の状態に基づいて土壌侵食の各プロセスを再現し、USLEへ結果を還元することで、設定したパラメータの評価・検証を行う。

4. 『気候変動下におけるグリーンインフラとしての森林生態系の機能評価研究』

森林の防災機能（侵食防止、崩壊抑止、土石流・雪崩・津波の減勢等）や気象被害（風害、冠雪害等）は、いずれも森林と周辺の物理環境との力学的相互作用を通じて発揮される機能または発生する現象である。しかし、中山間地域で進む人口減少や既存の社会基盤（グレーインフラ）の老朽化は、自然災害に対する地域社会の暴露や脆弱性のレベルを変えるとともに、新たな災害対策に投入可能な社会資本を潜在的に制約する。このような制約の下、地域における植物資源の持続的利用と安全・安心な社会を実現するには、生態系を基盤とする防災・減災（Eco-DRR）と防災工学的なハード対策を組み合わせたハイブリッド技術を、各地域の特性に応じて効果的・効率的に適用する必要がある。気候変動下における森林生態系の機能評価には、自然環境の変化とともに、森林生態系のレジリエンスに関わる社会・経済的因子の評価も必要である。本提案では、近年の計測技術の進歩により、表層地形や森林群落の三次元構造をはじめ、相互作用の場に関して採取可能となった高解像度データ及び新たな計測手法を用いて、森林生態系の機能を評価可能とするために、森林生態系のメカニズム解明と予測モデルの開発までを体系的に行う。

5. 『流域上流部の土地利用が海洋域の環境や生物資源に及ぼす影響に関する研究』

河川流域からの栄養塩や金属類の流出が沿岸域の環境や漁業資源に及ぼす影響についてはすでに多数の報告があるが、河川上流域に当たる中山間地域の農地の広域的な荒廃や耕種の転換が海洋に及ぼす影響については研究が限られており、河川水質を仲立ちとしてその関係を推定するのが現状では限界となっている。ここでは流域の範疇を超えた複数の流域とそれらが流れ込む沿岸域（特に湾域など）を一つの単位と考え、その最上流域の農地の管理が、海洋域の環境・資源管理にどのような意味を持つのか、その科学的根拠を明らかにする。

4. おわりに

本書では、我が国の農業地域として大きな部分を占める中山間地域に焦点を当て、それらを取り巻く社会的状況をいかに克服し、持続可能な社会の構築へ寄与できるか、またそのための研究開発の方向性としてどのような方向がありうるかを調査し、検討した。

従来、関連府省における中山間地域の振興のための政策は、効率性を重視した高収益農法の導入推進を主要なアプローチとしてきている。その一方で、人口減少に起因する生産性の低下や地域が持つ多面的な機能の低下も危惧されていることを受け、農村地への移住・定住を促進する施策も全国各地で進められている。

本書では、その後者の方策の重要性を指摘し、検討した結果、ア) 経済的基盤の確立、イ) 主観的幸福度の向上、ウ) 移住・定住による地域及び住民自身への影響や効果の見える化、という3つの取り組みが今後の方向性として重要であるとの認識が得られた。また、これら3つの柱それぞれに関連づけられる多数の研究テーマ例が得られた。これらの研究に実際の中山間地域をフィールドにして取り組み、科学的知見を蓄積すると同時に、将来的には、より広義の概念の抽出や、汎用的技術の開発に繋げていくことが重要と考えられる。

今後は、本書でとりまとめた内容を参考とした研究開発立案の検討が関連府省や関係機関等において行われることを期待するとともに、引き続き当該分野の動向を俯瞰し、本検討結果を今後の各種提言活動へ活用していく方針である。

参考1. 謝辞

本検討は、後述する2回のワークショップ、及びその前後に実施した多数の議論等に基づいている。本検討の趣旨にご理解を賜り、多大なるご協力いただいた学協会・機関の皆様に対し、この場を借りて深い謝意を表す。

参考2. 検討経緯

研究開発戦略センター（CRDS）では、環境・エネルギー分野の今後の研究開発の方向性や、国として推進すべき重要な研究開発課題の探索・深掘りを行う一貫として、農林地およびその周囲環境の持続可能性に焦点を当てた検討を2016年度から実施してきた。具体的には2016年12月12日（第1回）と2018年3月3日（第2回）にワークショップを開催し、当該テーマと関連が深い学協会や大学・研究機関との議論を行った。またワークショップの場に留まらず、その前後においても具体課題に関する議論を行う等、関連学協会・大学・研究機関のご理解、ご協力を得て検討を深めた。本書は、こうした検討を踏まえた上で対象として中山間地域に焦点を当てることとし、その持続可能性のために必要な研究開発の方向性ならびに具体的な研究テーマ例を挙げる形でとりまとめを行うこととした。

以下に第1回、第2回のワークショップの概要を示す。なおワークショップの結果は、ワークショップ報告書として、それぞれ2017年5月（CRDS-FY2017-WR-01）、2018年7月（CRDS-FY-2018-WR-03）に発行済である。

<第1回ワークショップ概要>

- 名称：俯瞰ワークショップ「フューチャーグリーン」
- 日時：2016年12月12日(月) 11:00-17:30
- 場所：TKP 市ヶ谷カンファレンスセンター ホール 3C
(東京都新宿区市谷八幡町8番地 TKP 市ヶ谷ビル)
- プログラム：下表

時間	内容
11:00-11:05	開会挨拶 佐藤順一（JST/CRDS 上席フェロー）
11:05-11:20	趣旨・概念説明・事務連絡 松田一夫（JST/CRDS フェロー）
11:20-11:40	講演1 白岩立彦（京都大学、教授） 「食用作物の生産技術とグリーンパワー」
11:40-12:00	講演2 田中浩（森林総合研究所、研究統括理事） 「森林の恵みを活かした持続可能な循環型社会の形成に向けて -2050年の森のための研究・技術開発-」
12:00-13:00	ランチミーティング
13:00-14:00	講演3 八木一行（農研機構農業環境変動研究センター温暖化研究統括監） 「農業分野における気候変動と資源循環に関わる課題」 講演4 大政謙次（東京大学、名誉教授、農業気象学会） 「生物環境情報工学分野からみたフューチャーグリーン」 講演5 間藤徹（京都大学、教授、土壌肥料学会） 「100億人を養う地球に求められる環境技術 -フューチャーグリーン-」
14:00-14:10	休憩

14:10-15:10	講演6 溝口勝（東京大学、教授、農業農村工学会） 「農村超スマート社会をめざして ー地域の管理技術学としての農業農村工学ー」
	講演7 黒田慶子（神戸大学、教授、森林学会） 「森林資源の新たな活用と森林の存続に必要な視点」
	講演8 矢口芳生（福知山公立大学、教授、農業経済学会） 「多世代・地域の共生農業システムの発掘・分析・モデル構築・普及」
15:10-17:20	総合討論 司会 松田一夫（JST/CRDS フェロー）
17:20-17:30	閉会挨拶 佐藤順一（JST/CRDS 上席フェロー）

■参加者（敬称略）

（1）講演者（8名）

- ・大政 謙次 東京大学 名誉教授（農業気象学会）
- ・黒田 慶子 神戸大学 大学院農学研究科 教授（森林学会）
- ・白岩 立彦 京都大学 大学院農学研究科 教授
- ・田中 浩 森林総合研究所 研究統括理事
- ・間藤 徹 京都大学 大学院農学研究科 教授（土壌肥料学会）
- ・溝口 勝 東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授（農業農村工学会）
- ・八木 一行 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター
温暖化研究統括監
- ・矢口 芳生 福知山公立大学 地域経営学部 教授（農業経済学会）

（2）JST-CRDS 環境・エネルギーユニット

- ・佐藤 順一 上席フェロー
- ・松田 一夫 フェロー
- ・松本 麻奈美 フェロー
- ・大平 竜也 フェロー
- ・尾山 宏次 フェロー
- ・島津 博基 フェロー
- ・鈴木 康史 フェロー
- ・関根 泰 フェロー
- ・高橋 玲子 フェロー

（3）関係府省・機関

- ・安岡 澄人 農林水産省 大臣官房 政策課 技術政策室 研究調整官
- ・柚山 義人 農林水産省 農林水産技術会議事務局 研究開発官（基礎・基盤、環境）室
研究調整官
- ・中谷 誠 農林水産省 農林水産技術会議事務局 研究統括官（生産技術）室 研究統括官
- ・松島 健一 農林水産省 農林水産技術会議事務局 研究統括官（生産技術）室 研究専門官
- ・仲田 積実 環境省 総合環境計画課 企画調査室 主査

- ・白谷 栄作 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 企画管理部長
- ・塩野 隆弘 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 企画管理部
企画連携室長
- ・加藤 知彦 新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター
環境・化学ユニット 研究員
- ・高橋 正通 森林総合研究所 企画部長
- ・木口 実 森林総合研究所 研究ディレクター
- ・平田 泰雅 森林総合研究所 研究ディレクター
- ・坪山 良夫 森林総合研究所 研究ディレクター
- ・岡 輝樹 森林総合研究所 鳥獣生態研究室長
- ・久保 成隆 農業農村工学会 学会会長
- ・渡邊 紹裕 農業農村工学会 前学会会長
- ・石井 敦 農業農村工学会 理事（研究担当）
- ・小泉 健 農業農村工学会 学会専務理事
- ・犬伏 和之 日本土壌肥料学会 副会長／千葉大学 大学院園芸学研究科 教授
- ・佐藤 祐一郎 京都大学 学術研究支援室（北部地区担当チーム）
リサーチ・アドミニストレーター（URA）

(4) JST

- ・浅田 龍造 低炭素社会戦略センター 研究チーム 特任研究員
- ・阿部 宜之 戦略研究推進部 研究評価グループ 主任調査員
- ・今津 杉子 研究プロジェクト推進部 研究プロジェクト推進部
ICT／ライフイノベーショングループ 主査
- ・川原 隆幸 産学連携展開部 イノベーション推進マネージャー
／研究支援グループ 技術移転プランナー
- ・齊藤 知恵子 CRDS ライフサイエンス・臨床医学ユニット フェロー
- ・南 裕一 低炭素社会戦略センター 企画運営室 副調査役

<第2回ワークショップ概要>

- 名称：俯瞰ワークショップ 「フューチャーグリーン ～持続可能な農林地利活用を目指して～」
- 日時：2018年3月19日(月) 13:30-18:00
- 場所：AP市ヶ谷5階会議室（東京都千代田区五番町1-10 市ヶ谷大郷ビル）
- プログラム（下表）

時間	内容
13:30-13:40	開会挨拶 佐藤順一（JST/CRDS 上席フェロー）
13:40-14:00	趣旨・概念説明、事務連絡 松田一夫（JST/CRDS フェロー）
14:00-14:20	講演1 白岩立彦（京都大学大学院農学研究科教授、作物学会会長）

	「作物生産からみたフューチャーグリーン」
14:20-14:40	講演2 西村拓（東京大学大学院農学生命科学研究科教授、農業農村工学会） 「気候変動と人口減少下における地域・生態系計画と植物資源利用を支援する数値モデル群の構築と活用」
14:40-15:00	講演3 波多野隆介（北海道大学大学院農学研究院教授、土壤肥料学会） 「近未来（2050年）の日本の農業流域の最適管理手法を作る」
15:00-15:20	講演4 坪山良夫（森林研究・整備機構森林総合研究所企画部長、森林学会） 「森林資源の持続的な利用と多面的機能の発揮に向けて」
15:20-15:40	休憩
15:40-16:00	講演5 占部城太郎（東北大学大学院生命科学研究科教授、生態学会） 「フューチャーグリーン：生態学と生物多様性の視点から」
16:00-16:20	講演6 加藤亮（東京農工大農学研究院准教授） 「森林－農地－貫型 2050 植物資源環境診断処方技術の開発」
16:20-17:50	総合討論 司会 松田一夫（JST/CRDS フェロー）
17:50-18:00	閉会挨拶 佐藤順一（JST/CRDS 上席フェロー）

■参加者リスト（敬称略）

（1）講演者（6名）

- ・占部 城太郎 東北大学大学院 生命科学研究科 教授、生態学会
- ・加藤 亮 東京農工大学 農学研究院 准教授
- ・白岩 立彦 京都大学大学院 農学研究科 教授、作物学会
- ・坪山 良夫 森林研究・整備機構 森林総合研究所 企画部長、森林学会
- ・西村 拓 東京大学大学院 農学生命科学研究科 教授、農業農村工学会
- ・波多野 隆介 北海道大学大学院 農学研究院 教授、土壤肥料学会

（2）JST-CRDS 環境・エネルギーユニット

- ・佐藤 順一 上席フェロー
- ・中村 亮二 フェロー
- ・大平 竜也 フェロー
- ・尾山 宏次 フェロー
- ・関根 泰 フェロー
- ・高橋 玲子 フェロー
- ・松本 麻奈美 フェロー
- ・松田 一夫 フェロー

（3）関係府省・機関

- ・松島 健一 農林水産省 農林水産技術会議事務局 研究専門官
- ・板橋 直 農林水産省 農林水産技術会議事務局 研究調整官
- ・梶井 正将 国土交通省 水管理・国土保全局河川環境課 企画専門官

- ・江口 定夫 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター 主任研究員
- ・吉村 亜希子 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門企画管理部企画連携室
企画チーム長
- ・信濃 卓郎 農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター 福島研究拠点
農業放射線研究センター長
- ・竹中 明夫 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター 上級主席研究員
- ・王 勤学 国立環境研究所 地域環境研究センター 主席研究員
- ・石井 励一郎 総合地球環境学研究所 研究基盤国際センター 准教授
- ・姫島 恵里 環境再生保全機構（ERCA） 環境研究総合推進部 研究推進課 主事
- ・角田 洋子 環境再生保全機構（ERCA） 環境研究総合推進部 研究推進課
- ・小泉 健 農業農村工学会 学会専務理事
- ・中村 充朗 農業農村工学会 調査研究部長
- ・蔵治 光一郎 東京大学大学院 農学生命科学研究科 附属演習林 企画部 企画チーム長
- ・濱本 昌一郎 東京大学大学院 農学生命科学研究科 准教授
- ・吉田 丈人 東京大学 総合文化研究科 准教授
- ・大山 義人 東京農工大学大学院
- ・工藤 貴史 東京農工大学大学院
- ・千野 結子 東京農工大学大学院
- ・村上 章 京都大学大学院 農学研究科 教授
- ・柴田 英昭 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 教授
- ・原口 智和 佐賀大学 農学部生物環境科学科 准教授
- ・堀野 治彦 大阪府立大学大学院 生命環境科学研究科 教授
- ・犬伏 和之 千葉大学大学院 園芸学研究科 教授
- ・太田 祐子 日本大学 生物資源科学部 森林資源科学科 教授
- ・森 章 横浜国立大学大学院 環境情報研究院 准教授

(4) JST

- ・古賀 明嗣 環境エネルギー研究開発推進部 部長
- ・児山 圭 環境エネルギー研究開発推進部 ALCA 担当 副調査役
- ・南 裕一 低炭素社会戦略センター 企画運営室 副調査役
- ・浅田 龍造 低炭素社会戦略センター 研究チーム 主任研究員
- ・河原崎 里子 低炭素社会戦略センター 研究チーム 研究員
- ・日紫喜 豊 CRDS 科学技術イノベーション政策ユニット フェロー

■作成メンバー■

佐藤 順一	上席フェロー	(環境エネルギーユニット)
吉田 修一郎	特任フェロー	(環境エネルギーユニット)
中村 亮二	フェロー	(環境エネルギーユニット)
松田 一夫	フェロー	(環境エネルギーユニット)

※お問い合わせ等は下記ユニットまでお願いします。

CRDS-FY2019-RR-01

調査報告書

『中山間地域の持続可能性の維持・向上に向けた課題検討』

令和元年 6月 June 2019

ISBN 978-4-88890-644-9

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
環境・エネルギーユニット
Environment and Energy Unit,
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町
電話 03-5214-7481
E-mail crds@jst.go.jp
<https://www.jst.go.jp/crds/>
©2019 JST/CRDS

許可無く複写／複製をすることを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.
Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

