

研究課題番号	S II-5
研究課題名	「阿蘇をモデル地域とした地域循環共生圏の構築と創造的復興に関する研究」
研究実施期間	令和元年度～令和3年度
研究機関名	九州大学
研究代表者名	島谷 幸宏

1. 研究開発目的

(1) プロジェクト全体

自然災害と生態系の構造、生態系サービス（主に水循環と防災・減災）との関係に基づいた創造的復興手法を開発する。熊本地震において大きな変動を受けた地下水の動的変動メカニズムの解明と今後の回復の見込み、地下水の変動が農業に与える影響について明らかにする。地域の自然資本と社会関係資本を再評価し、その資本を維持・活用することによって地域のレジリエンスを高める「地域循環共生圏」の構築手法を開発する。上記3つを統合し、阿蘇における地域循環共生圏の構築と創造的復興の統合提案を行う。

(2) テーマ1

(1) 研究全体を総合化し創造的復興を地域循環共生圏につなげるための方法の提案、(2) 草原の水供給サービスの定量化、(3) 発災時の自然資源の活用手法（グリーンレジリエンス）の提案の3つである。また、創造的復興に寄与するため、(4) 自然条件・社会条件と災害との関係性、(5) 攪乱と生態多様性との関係性の解明、(6) 土地利用の見直し、自然環境の適切な管理、伝統的な手法などによる災害リスクを低減する創造的復興手法（Eco-DRR）を提案する。さらに、(7) 文化的サービス（特に景観）を考慮した国立公園内の災害復旧ガイドラインの作成、(8) 建設工事における自然資源活用手法を提案する。

(3) テーマ2

(1) 阿蘇の水循環の中核をなす草原と水田の過去から現在までの変化について衛星画像などを用いて把握し、(2) 地表面の浸透能力の把握、河川流量、地下水位、湧水量などの水文データを詳細な観測によって収集し、(3) 地表面の土地利用の変化や熊本地震等の災害時の水循環の変化・影響を評価し、(4) 草原や水田の保全策を提案することである。以上の調査、データ収集と評価から、阿蘇草原の持続可能な在り方について提言を行い、阿蘇における農業、畜産などの産業資源、自然景観などの精神性を含む観光資源の保全、活性化の方向性を打ち出すことで、そこから熊本都市圏との人的、経済的交流（人・モノ・金的交流）という活力ある地域循環共生圏構築への一つの方向性を提示する。

(4) テーマ3

地域の自然資本に基づく経済活動、コミュニティの社会資本関係、バイオマスに着目した物質循環の三つの視点から、地域循環共生圏の圏域を明らかにし、地域のレジリエンスを高める地域循環共生圏の重層性を構築する。2012年の水害、2016年の地震から大きな被害を受けた阿蘇を事例対象地域とし、自然災害や人口減少といった社会的な課題に対し、地域のレジリエンスを高めるためには、圏域内のどのような要因に着目し、その連携をいかに構築するのか、その手法を開発することを最終目標とする。なお研究は、それぞれの視点に合わせて、3つのサブテーマ（1. 阿蘇地域における地域のレジリエンスを高める地域循環共生圏の重層性構築、2. 集落レベル、市町村レベルの復興プロセスと社会関係資本に基づく創造的復興手法の提案、3. 地域が主体となった地産地消型再生可能エネルギー活用と里地・里山再生モデル提示）によって構成されている。

2. 研究目標

プロジェクト全体

自然災害と生態系の構造、生態系サービス（主に水循環と防災・減災）との関係に基づいた創造的復興手法を開発する。また、熊本地震において大きな変動を受けた地下水の動的変動メカニズムの解明と今後の回復の見込み、地下水の変動が農業に与える影響について明らかにする。地域の自然資本と社会関係資本を再評価し、その資本を維持・活用することによって地域のレジリエンスを高める「地域循環共生圏」の構築手法を開発する。上記3つを統合し、阿蘇における地域循環共生圏の構築と創造的復興の統合提案を行う。

テーマ1

プロジェクト全体を総括し、「地域循環共生圏の構築と創造的復興」に関する包括的提案を行う。阿蘇地域が大都市との共生圏を構築する際に重要な、草原の供給サービスの定量的評価を行う。また、発災時に自然資源を有効に活用してレジリエンスを高めるための手法を開発する。

自然災害と生態系サービスの関係性からみた創造的復興手法の提案のため、攪乱と生物多様性、および自然条件・社会条件と災害との関係性を把握し、土地利用の見直し、伝統的な手法、自然環境の適切な管理などにより災害リスクを低減する創造的復興手法を提案する。阿蘇を代表する草原生態系の生物多様性が、草原管理方法、地形や気候とどのように関連し、維持されてきたのかを解明することを目的としている。

災害による文化的サービスの変容とマネジメント手法の提案のため、文化的サービス、地域の資源循環に配慮した災害復旧・基盤整備手法の開発を行い、阿蘇地域固有の生態系サービス・文化的サービスに特に景観の視点から光を当て、ともするとこれらに負の影響を及ぼしかねない土木的災害復旧の現在の方法論の見直しにつながるガイドラインを構築すること、そして、自然を適切に管理し、自然との関係性を考慮した土地利用を進める上で効果的な、阿蘇地域固有の自然資源を活用した工事手法を提案する。

テーマ2

阿蘇カルデラ内から熊本地域の水循環を表現できるモデルを構築し、草原面積の変化、水田等土地利用の変化による水循環への影響、熊本地震等の災害による影響を評価する。その結果を用いて水循環における草原、水田等農畜産業の重要性を評価する。また、阿蘇カルデラをはじめとした中山間農地における土地利用の変化、災害からの復旧状況を評価し、熊本地震からの創造的復興策として、草原及び水田維持のための持続可能な農畜産業の在り方を提案する。

テーマ3

阿蘇地域を対象に自然資本に基づく経済活動、コミュニティの社会資本関係、バイオマスに着目した物質循環の三つの視点から、地域循環共生圏の圏域を明らかにし、地域のレジリエンスを高める地域循環共生圏の重層性を解明する。

3. 研究の進捗状況

全てのテーマが予定通り進捗している。ただし、聞き取りが必要な研究に関してはコロナウィルスの影響によりヒアリングの一部が行えない状況が発生しており、今後の進捗に影響を与える可能性がある。

4. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

テーマ1からは、研究を総括しての知見、草原の水資源涵養機能、グリーンレジリエンス拠点、生態系を活用した減災・防災の価値・技術、地域石材資源、木材資源を活用した文化的サービスの維持・強化について、テーマ2からは阿蘇カルデラの水循環、阿蘇カルデラと熊本地域の地下水の連続性、阿蘇地域の地下水涵養量の推定を目的とした土地被覆分類、水循環の変化が農業に及ぼす影響の評価、テーマ3からは地域循環共生圏の重層性、集落を支援する新しい直接支払制度、森林資源に着目した

地域循環共生圏などについて、重要な知見および提言がなされている。詳細は政策決定者向けサマリーを参照いただきたい。

5. 評価者の指摘及び提言概要

現在も阿蘇地域に続いている自然甚大災害に対して、復旧ではなく、創造的な復興を目指す多分野にわたる総合的な研究プロジェクトであり、地域循環共生の理念のもとに取り組んでいることを評価する。しかし、現段階では、各テーマがバラバラであり、どこに向かっているのかよくわからない。

地域循環共生圏のバウンダリーと目標とするイメージに対する共通認識が弱いように見え、全体として、期待される研究目標の達成に向けて動いているようには見えない。研究リーダーの構想・ビジョンを個別課題の分担者に浸透させる努力が必要である。各テーマ、特に、テーマ2、3が現時点であまりに分析的研究に終始し、どう創造的復興を行うか、という視点が見られない。創造的復興には新たな設計的方法論が不可欠であり、全テーマを設計論に集約化するように研究を進めて欲しい。是非、他地域にも適用できるものを作り上げて欲しい。

6. 評点

評価ランク：A

研究課題番号	S II-5-1
研究課題名	「自然災害と生態系サービスの関係性に基づいた創造的復興に関する研究」
研究実施期間	令和元年度～令和3年度
研究機関名	九州大学
研究代表者名	島谷 幸宏

1. 研究開発目的

テーマ I の目的は①研究の全体を総合化し創造的復興を地域循環共生圏の創造につなげるための基本的な考え方を提示すること及び②自然災害と生態系サービスの関係性に基づいた創造的復興の具体的な方法を示すことの2点である。サブテーマごとの目的を以下に示す。

サブテーマ 1 は、（1）研究全体を総合化し創造的復興を地域循環共生圏につなげるための方法の提案、（2）草原の水供給サービスの定量化、（3）発災時の自然資源の活用手法（グリーンレジリエンス）の提案の3つである。

サブテーマ 2 は、創造的復興に寄与するため、（4）自然条件・社会条件と災害との関係性、（5）攪乱と生態多様性との関係性の解明、（6）土地利用の見直し、自然環境の適切な管理、伝統的な手法などによる災害リスクを低減する創造的復興手法（Eco-DRR）を提案することの3点である。

サブテーマ 3 は、（7）文化的サービス（特に景観）を考慮した国立公園内の災害復旧ガイドラインの作成、（8）建設工事における自然資源活用手法の提案の2点である。

2. 研究目標

サブテーマ 1 地域循環共生圏の確立と創造的復興の総合化

・プロジェクト全体の総括

プロジェクト全体を総括し、「地域循環共生圏の構築と創造的復興」に関する包括的提案を行う。

・草原の大都市圏への水供給サービスの定量的評価

阿蘇地域が大都市との共生圏を構築する際に重要な、草原の供給サービスの定量的評価を行う。

また、発災時に自然資源を有効に活用してレジリエンスを高めるための手法を開発する。

サブテーマ 2 自然災害と生態系サービスの関係性からみた創造的復興手法の提案

・攪乱と生物多様性との関係性把握

・自然条件・社会条件と災害との関係性を把握し、土地利用の見直し、伝統的な手法、自然環境の適切な管理などにより災害リスクを低減する創造的復興手法の提案斜面崩壊によって植生が頻繁に破壊される箇所では、植生遷移が中断されることでいわゆる二次林が自然植生として成立する。

このような自然のサイクルが生物多様性にもたらす影響について解析し、現在の植生構造と自然災害の分布や頻度との関係を明らかにする。一方、潜在自然植生が森林である日本において、草原は人為的な半自然環境として維持されてきた。そこには草原特有の生態系があり、独自の生物多様性が存在している。阿蘇を代表する草原生態系の生物多様性が、草原管理方法、地形や気候とどのように関連し、維持されてきたのかを解明することを目的としている。

サブテーマ 3 災害による文化的サービスの変容とマネジメント手法

・文化的サービス、地域の資源循環に配慮した災害復旧・基盤整備手法の開発

阿蘇地域固有の生態系サービス・文化的サービスに特に景観の視点から光を当て、ともするとこれらに負の影響を及ぼしかねない土木的災害復旧の現在の方法論の見直しにつながるガイドラインを構築すること、そして、自然を適切に管理し、自然との関係性を考慮した土地利用を進める上で効果的な、阿蘇地域固有の自然資源を活用した工事手法を提案することを、目標としている。

3. 研究の進捗状況

サブテーマ1 地域循環共生圏の確立と創造的復興の総合化

プロジェクト全体のこれまでの成果を総合化した。今後、この内容をさらに充実させるためのタスクフォースを結成する。「草原の水共有サービスと経済的価値」では、現地でのササ・ススキの樹液量計測等により、ススキはササに比較して蒸散が低い結果が得られ、水涵養効果が高いということが示唆された。草原の経済価値推計に向けては、熊本と福岡における水の価値を示す推計モデルの開発を行い、阿蘇水源量を利用した生産関数と産業連関表の連結化を進めた。「グリーンレジリエンス手法の開発」では、地域での聞き取りを行い、阿蘇地域は自然資本と社会関係資本が豊富であることから、災害レジリエンスが高いことが示唆された。

以上のように研究は予定通り進捗している。

サブテーマ2 自然災害と生態系サービスの関係性からみた創造的復興手法の提案

斜面崩壊に関しては、斜面崩壊箇所、地形的要素、地質、植生、土地利用に関するデータを整備し、斜面崩壊要因分析を行い崩壊確率マップが示され、計画通り進捗している。今後は得られた崩壊確率に、崩壊が発生した際の外力（土砂、流木等）、暴露の受けやすさ（カルデラ内集落配置）等を加味し下流域に及ぼす影響を評価し、植生のあり方、土地利用や集落構造のあり方を提示する。草原・山地斜面における攪乱と生物多様性に関しては、現地調査を行い、航空写真を用いて作成した植生予察図の修正・確定を行い、予定通り進捗している。今後より詳細な群落組成を把握するために、コドラート調査を行い、微地形の解析と合わせて攪乱頻度と植生の関係について考察を行う。

草原については新たに調査地域を設定したので、詳細な種組成についてコドラート調査などを行い、既存のデータと合わせて解析することで、維持管理手法と種組成の関連について考察を行う。氾濫に関しては、土地利用の変遷、超過洪水に対する浸水被害を評価し、また、遊水地、河道、旧河道等における水生生物相を明らかにし、遊水地及び旧河道が高いポテンシャルを有していることを示すことができ、ほぼ計画どおり進捗した。今後は、伝統知・地域知に関する知見についても蓄積し、治水機能強化のための伝統的治水工法の提案、遊水地における生物多様性・生態系保全機能、地域コミュニティ、地域防災力の強化策を検討し提示する。

サブテーマ3 災害による文化的サービスの変容とマネジメント手法

本年度はフィールドにおける災害復旧事業事例調査、地元木材資源の活用に関するケーススタディ、石材資源の活用に関するケーススタディ等を実施することができ、ほぼ計画通りの進捗とすることができた。二年度については、コロナ禍の影響により、フィールドを訪れることが不可能となっており、ネット等による情報収集等の遠隔から可能な取り組みのみを実施している状況にある。九州を対象とした非常事態宣言が解除されたことを受け、夏季に向けてこれまでの遅れを取り戻すべくフィールドワークを徐々に再開していきたいと考えている。

4. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

サブテーマ1 地域循環共生圏の確立と創造的復興の総合化

地域循環共生圏を考えるときに圏域の捉え方は重要であるが、交流をベースにした広域圏、市町村などの行政圏、草原などを支える集落の3つの圏域の重層性が明らかになりつつあり、またそのネットワークも重要である。地域循環共生圏の構築にあたっては地域資源からのアプローチが重要であり、有力な地域資源の絞り込み、それを活用する場合のネックとなる条件のクリア手法、適正な利用方法などを明らかにし、実行することによって、地域の活力発揮に寄与しうる。石材、木材などの自然資源の活用は一定程度のストック量がないと活用できないことが明らかとなっており、自然資源の利用のためにはフローの仕組みとともに、ストックの仕組みを整え、不足分は融通しあうことも必要である。

また、自然資本である草原や森林の管理は集落が基盤である、集落の社会関係資本の維持や新た

な展開を視座においた施策が必要である。社会関係資本の新たな展開には、圏域を大都市圏との交流が重要であり、今回の調査で明らかとなった草原の水資源涵養機能などを広域圏（流域圏）にある大都市に分かりやすく示すことが必要である。これは阿蘇草原再生協議会（事務局：九州地方環境事務所）の取組の推進につながるものである。

最終成果では、社会関係資本も視野に、それぞれの圏域において資源を適切に循環させ、レジリエンスの強化に資する仕組みの提言につなげたい。草原の発散量を樹液流計で測定したところ、C4植物であるススキ草原の発散量はスギと比べ著しく小さいことが明らかとなっている。この量を、面的に拡大することによって、単位面積当たりの水資源の保全量が算定でき、その結果、草原維持の水資源の観点からの根拠を示すことが出来る。

概算値で1日当たり1mm、年間200mm程度はスギに比べて水資源量は多いと予測された。この結果をテーマ2の成果をあわせて面的に拡大するとともに水循環モデルに組み込むことで下流域にもたらず草原の生態系サービスを可視化でき、行政的に価値のある成果となる。

自然の恵みを活用し、災害を減らし、災害から立ちあがることを、グリーンレジリエンスと定義する。災害直後には、電気、水道、ガス、交通網などが機能せず、生活に困窮することが全国で見られる。このような状況下で、自然資源を活用して災害直後を乗り切ることが有効である。

熊本地震時の災害直後のヒアリングから、熊本市内に比較し、阿蘇地域の方が自然資源の活用がなされていた。その要因は、阿蘇地域は自然資源が豊富であるとともに自然資源を活用するノウハウが個人およびコミュニティ共に蓄積されているからである。しかし、阿蘇においてもトイレ用水や洗浄水の不足、電気の不足などの問題が生じている。

今後は、災害直後に活用できる自然資源の量（水、食料、エネルギー）と活用力（個人、コミュニティ、ネットワーク）を明らかにし、集落単位での拠点整備に必要な要件を明らかにする。

サブテーマ2 自然災害と生態系サービスの関係性からみた創作的復興手法の提案

本研究では、気候変動への対応を踏まえ、阿蘇を含め、地形が険しく降水量が多い日において多発する斜面崩壊と河川氾濫に着目し、生態系を基盤とした災害リスクの低下と生物多様性保全の強化、その促進が持続的な地域社会に連関するための手法と価値を示すことを目的としている。これらは、気候変動、人口減少下における、流域単位での防災を念頭に置いた自然調和型地域づくり、次期生物多様性国家戦略や国土利用計画等につながる規範になる。

斜面崩壊に関しては、斜面崩壊に及ぼす植生を含めた崩壊要因分析、緩衝林の立地や樹種・樹齢の抽出を行った結果、広葉樹二次林が斜面崩壊に負に寄与していたこと、傾斜15～17度の斜面に配置されたスギや広葉樹の壮齢林が暴露回避のための緩衝林としての役割があることが示唆された。今後、これらの結果を踏まえ、崩壊土砂量や倒木による外力、暴露の受けやすさ（土地利用、集落配置）等を加味し、下流域に及ぼす災害リスク軽減のための植生管理、集落構造のあり方を提案する。

氾濫被害が頻発する低地においては、自然地形を踏まえた適切な土地利用、遊水地等の伝統的治水工法を活用した治水機能、生物多様性保全機能の強化が求められる。特に黒川流域においては低地への市街化が進行し浸水被害が増加していること、また、遊水地及び旧河道は生物多様性の保全において高いポテンシャルを有していること、遊水地の地盤を多様化することで生物多様性保全機能が強化されることを示した。今後は、伝統知・地域知に関する知見についても蓄積し、治水機能強化のための伝統的治水工法の提案、遊水地における生物多様性・生態系保全機能、地域コミュニティ、地域防災力の強化策を検討し提示する。

山地斜面に成立する自然林において、自然災害による攪乱の影響がモザイク状に見られることが明らかになった。傾斜の違いなどによって攪乱の規模や頻度が異なるためであり、攪乱からの回復の段階が一樣でないことによって生物多様性が維持されている。斜面崩壊などの攪乱も動的安定のサイクルとして生物多様性の維持に重要な役割を果たしていることが示されたことになる。人為的に維持されている草原生態系においては、地形や異なる管理方法をもたらす生物多様性の違いが明

らかになった。草原は地域社会との密接な関係があり、生物文化多様性の象徴とも言える生態系である。その持続可能な管理の正しいあり方を提案する。

サブテーマ3 災害による文化的サービスの変容とマネジメント手法

初年度に実施したフィールドサーベイから、阿蘇固有の文化的サービス、とりわけ文化的景観は、永い営みの中で、地形、水脈などの自然の恵み、そして石材や木材などの地域資源を巧みに活かしてきたことでかたちづくられていることが明らかになりつつある。今後さらに詳細なフィールドサーベイを実施し、本サブテーマの主たる目標である原則およびガイドラインの作成に資する資料を取りまとめていく予定である。

一方、事業者へのヒアリングの結果から、一般的な手法で実施されている多くの災害復旧事業や社会基盤整備事業は、地域性や歴史性に対して十分な配慮がなされているとは言えない状況にあることが確認され、原則およびガイドラインの必要性が明らかになった。

阿蘇の文化的景観の重要な構成要素である火山活動起源の溶結凝灰岩等の石材については、環境破壊につながる危惧があり新規の産出は困難である。現在進行中の大規模災害復旧事業で掘削工事の過程等で大量の石材が発生しており、これら発生材を保存し一定量の「ストーンバンク」的なストックを確保することができれば、今後長期にわたり環境破壊を伴わない石材の利活用サイクルを確立することが可能であると考えられる。今後地元自治体、熊本県、国土交通省等にヒアリングを行い、実現可能性について検討したい。

阿蘇産出の木材については、地元森林組他へのヒアリングの結果、治山用が僅かにあるものの建築系の用途が大半であり、土木的な用途への活用はほぼゼロであることが確認された。一方、長期の林業不振の結果から山には建築用材には向かない50年生以上の大径木が増大していることも把握できた（以上は阿蘇に限らず全国的な傾向）。これらの巨木からは、土木であれば使用可能な大きな材を得ることが可能であり、その道が開ければ、阿蘇の林業振興にも大きく寄与しうる。今後は木製ガードレイル等大径木を活用した木材の土木分野での利用オプションについて研究を進めていきたい。

上記に加えて、初年度には、コンクリート等外部から持ち込むことが必要な材料を用いた一般的な事業手法と、地域で確保可能な循環資源である石材・木材を活用した手法とを、地域内循環率と環境負荷コストについて比較した基礎的なシミュレーションを実施した。その結果、投下事業費の地域内循環率の向上、環境負荷コストの縮減等の効果があることが認められた。今後は、対象構造物の範囲を広げた上でより詳細な比較検討を進め、循環資源活用の効果を提示していきたい。

以上の他に、阿蘇および国内の国立公園に広く適用・応用が可能な原則およびガイドラインの開発の参考とする目的で、海外のナショナルパーク、世界遺産等を対象に、原則、ガイドラインに相当するルール等についての情報収集作業に着手する予定である。

5. 評価者の指摘及び提言概要

研究リーダーが直接担当しているので、3つのテーマの中では一番有望な感じであるが、それでも、サブテーマごとにバラバラな印象がする。ストーリー性をもたすべきである。サブテーマ間の関係を今一度分担研究者が理解できるようにリーダーが機会を与え、徹底を図ることが望まれる。創造的復興に纏め上げていくうえでテーマ1の役割が重要であり、是非、指導力を発揮して進めて欲しい。

創造的復興を実現するためには、地域資源の活用によって地域への負荷を低減しながら、新たな産業創出など地域の活性化（復興）に貢献できる社会のシステムを創出できるかがポイントになる。環境負荷を低減しながら雇用（あらたな経済活動等）を創出するのはどの様なシナリオを描けるのかが明確になって欲しい。

6. 評点

評価ランク：A

研究課題番号	S II-5-2
研究課題名	「熊本地震による阿蘇カルデラから熊本地域の地下水を中心とした水循環への影響の評価に関する研究」
研究実施期間	令和元年度～令和3年度
研究機関名	東海大学
研究代表者名	市川 勉

1. 研究開発目的

阿蘇カルデラ一帯は、福岡都市圏、熊本都市圏と水循環を通じて深く関係している。阿蘇山の火山活動によって形成された地層が多量の地下水を包含し、特に熊本都市圏では人々の英知によって都市活動の源泉としてその地下水を利用してきた。一方、阿蘇カルデラ内の住民も千年にわたる草原の維持活動、カルデラ内の営農活動を継続してきたが、その維持が阿蘇カルデラ周辺の水循環を形作り、その結果として浸透した多量の降雨を阿蘇カルデラ内に効率よく保水してきた。しかし、畜産業・農業従事者の高齢化、人口減少などの社会的要因、度重なる水害、熊本地震等の自然的要因によって草原や農地の面積は減少の一步をたどり、水循環量は減少している。これまで、水文資料の定量的な調査は断片的であり、必ずしも系統的な調査は実施されていない。また、森林に比べて草原が水循環に及ぼす効果については知見が限られていた。したがって、各種災害からの復興についても産業や暮らしを飛躍的に活性化させる創造的復興に至っているとは言い難く、またそれに資する資料も少ない。

そこで、本研究の目的は、阿蘇カルデラ内の水循環の保全は、熊本地域地下水の保全にもつながることから、①阿蘇の水循環の中核をなす草原と水田の過去から現在までの変化について衛星画像などを用いて把握し、②地表面の浸透能力の把握、河川流量、地下水位、湧水量などの水文データを詳細な観測によって収集し、③地表面の土地利用の変化や熊本地震等の災害時の水循環の変化・影響を評価し、④草原や水田の保全策を提案することである。

以上の調査、データ収集と評価から、阿蘇草原の持続可能な在り方について提言を行い、阿蘇における農業、畜産業などの産業資源、自然景観などの精神性を含む観光資源の保全、活性化の方向性を打ち出すことで、そこから熊本都市圏との人的、経済的交流（人・モノ・金的交流）という活力ある地域循環共生圏構築への一つの方向性を提示する。

2. 研究目標

【全体目標】	阿蘇カルデラ内から熊本地域の水循環を表現できるモデルを構築し、草原面積の変化、水田等土地利用の変化による水循環への影響、熊本地震等の災害による影響を評価する。その結果を用いて水循環における草原、水田等農畜産業の重要性を評価する。また、阿蘇カルデラをはじめとした中山間農地における土地利用の変化、災害からの復旧状況の評価し、熊本地震からの創造的復興策として、草原及び水田維持のための持続可能な農畜産業の在り方を提案する。
【サブテーマ1】	阿蘇カルデラ内及び熊本地域の水循環を解析するモデルを作成し、長期にわたる土地利用、特に、草原や水田の縮小、熊本地震などの災害によってどのような水循環の変化が発生しているかを評価する。この評価には地下水、地表水、気象の水文データをはじめ、土壌の浸透特性、地層の透水性、地表の浸透特性、土地利用の変化といったデータを収集し、シミュレーションに使用する。そして、得られた結果をもとに、草原、水田等農畜産業の重要性を評価し、草原再生、水田維持が重要であり持続可能な土地利用、産業のあり方に関する提言をまとめる
【サブテーマ2】	衛星画像およびGIS データなどを解析して、阿蘇・熊本地域の1981年、1996

	<p>年、地震直前の2015年、地震後の2016年そして2040年代（将来予測）の土地被覆分類を行う。阿蘇地域は、雲に覆われることが多く短い年間隔での衛星画像収集は困難で上記の4年とした。そして各土地被覆の面積の経時変化を把握する。また、阿蘇地域の草原における浸透能力試験を行う。さらに、被災が大きかった阿蘇カルデラ内南阿蘇村周辺をドローン、踏査によって詳細に調査する。特に、地中生活を行うキムラグモの個体数を調査し、地震の影響をより高精度に生態系の変化として分析する。土地被覆分類結果と浸透能力試験結果をサブテーマ（1）へ提供する。最終的には、得られた結果から地域循環共生圏の構築に寄与する提言をまとめる。</p>
【サブテーマ3】	<p>阿蘇地域を中心に、熊本地震でどのような被害が起き、現場がどのように対応したかを聞き取り調査するとともに、統計データによって農業への影響を明らかにする。その際に、特に水の問題に着目し、地震のような災害に備えるために、どのような水環境を守っていく必要があるのか、そのために平常時からどのような対策が必要なかを明確にして提言していく。あわせて、災害後も農業と地域の活性を守っていくために、平常時から必要な活動・支援策についても提言する。</p>

3. 研究の進捗状況

【サブテーマ1】	<p>初年度である2019年度は、水文資料の収集、水田の涵養量評価、熊本地域の地盤の透水性、阿蘇カルデラ内南阿蘇村の湧水量、河川流量などの水文調査、カルデラの出口の立野火口瀬に地下水位観測井を設置し、実施する地下水位観測、そして、熊本地震による影響調査を実施する予定であった。立野火口瀬に設置した地下水位観測井は、地表面下35mに地下水位を確認した。水文資料は、国土交通省、熊本県、熊本市、上下水道局、嘉島町が132点で観測している地下水位のデータすべてを収集した。また、白川の河川流量、降雨データも収集を終わっている。水田の涵養量は、熊本県と協力して実施し、熊本地区11市町村、阿蘇谷・南郷谷すべての地区の小字ごとの減水深を調査し、地下水涵養量の評価を行った。熊本地域の地盤の透水係数は、200本余りの地盤のボーリングデータに記載されている揚水試験データを使用して透水係数を算出し、分布図を作成した。南阿蘇湧水群の湧水量は8月から継続的に観測し、表示されている湧水量に達しない水源が11の水源の内8か所に上ることが分かった。また、阿蘇谷、南郷谷の非灌漑期の水路、河川流量調査を実施した。このような状況から、現時点までの進捗状況は、「計画通り進展している」と評価できる。最終年度には、計画通り草原、水田等農畜産業の重要性、熊本地震からの復興について提言をまとめる。</p>
【サブテーマ2】	<p>衛星画像を用いて、阿蘇地域の被災領域として土地被覆が裸地へ移行した領域を抽出した。また、南阿蘇村周辺において地震後時間経過に伴って裸地領域の拡大が見られたので現地調査を行い、その原因が土木補修工事であることを確認した。次に、衛星画像とGISデータなどを用いて、阿蘇地域について、1981年、1996年、地震直前の2015年、地震後の2016年、2040年代（将来予測）の土地被覆分類を行い、さらに各土地被覆の面積の経時変化を把握した。阿蘇地域南郷谷の草原において浸透能力試験を行った。南阿蘇村2箇所をドローン、踏査によって調査した。ドローンの空撮では、高解像度での植生分類が可能であることを確認した。キムラグモの個体数について35地点での調査を継続し、</p>

	<p>地図上に調査地点と生息有無をマッピングした。このように、阿蘇地域の解析は順調に進み基本的な手法は開発できた。また提言の材料も得られた。今年度以降の熊本地方の解析も目標通りに進むと考えられる。</p> <p>以上の進捗状況から「計画通り進展している」と判断できる。</p>
【サブテーマ3】	<p>聞き取り調査については、当初予定の8割程度を実施できた。まだ実施できていない施設園芸農家への聞き取りは2020年度の早い段階で実施予定である。また、自治体などへの聞き取りによる裏付けが必要な事項に未達成分があり、2020年度の早い段階で実施する。聞き取りの中で、災害発生時の自然水の重要性や、その自然水の供給が不安定化しているという極めて重要な課題を明らかにできた。今後、自然水の供給が不安定化した要因についても検討していく。統計データについても、県や市町村で把握していない項目があるなど、当初予定より「進捗が一部遅れている」と評価できる。牧野については、牧野組合へのアンケートではデータが不正確なことが分かり、衛星写真を用いた解析を行うことで対応できた。</p>

4. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

特に記載すべきことはない。

5. 評価者の指摘及び提言概要

水循環の詳細な調査解析をしており、その知見の成果は期待できる。そして、水循環モデルを作成し、これら基礎的なデータを基に定量的な評価を行っていく方向性も納得できる。しかし、年次を経ても各サブテーマを深化させる方向に進めることに重みがあるようで、テーマとしてのストーリー性が見えないし、サブテーマ間の相互連関も薄い。地域資源循環共生圏とか創造的復興の理念を理解した上での研究内容になっていない。例えば、熊本地震による水循環への影響の評価という内容が、水文現象の物理的過程に限定されているほか、サブテーマ2, 3の研究成果が観察の報告と著述的レベルにとどまっている。加えて、このサブテーマでなぜキムラグモの調査をするのか、対象とする地下水とどう関係するのか不明である。

テーマ2としての統合の仕方、また、プロジェクト全体としての創造的復興に繋げるための方法論を共有して進めて欲しい。

6. 評点

評価ランク：A

研究課題番号	S II-5-3
研究課題名	「自然資本と社会関係資本に着目した地域循環共生圏の重層性構築に関する研究」
研究実施期間	令和元年度～令和3年度
研究機関名	慶應義塾大学
研究代表者名	一ノ瀬友博

1. 研究開発目的

本研究では、地域の自然資本に基づく経済活動、コミュニティの社会資本関係、バイオマスに着目した物質循環の三つの視点から、地域循環共生圏の圏域を明らかにし、地域のレジリエンスを高める地域循環共生圏の重層性を構築する。2012年の水害、2016年の地震から大きな被害を受けた阿蘇を事例対象地域とし、自然災害や人口減少といった社会的な課題に対し、地域のレジリエンスを高めるためには、圏域内のどのような要因に着目し、その連携をいかに構築するのか、その手法を開発することを最終目標とする。

なお研究は、それぞれの視点に合わせて、3つのサブテーマ（1. 阿蘇地域における地域のレジリエンスを高める地域循環共生圏の重層性構築、2. 集落レベル、市町村レベルの復興プロセスと社会関係資本に基づく創造的復興手法の提案、3. 地域が主体となった地産地消型再生可能エネルギー活用と里地・里山再生モデル提示）によって構成されている。概略は、図1および図2に示すとおりである。



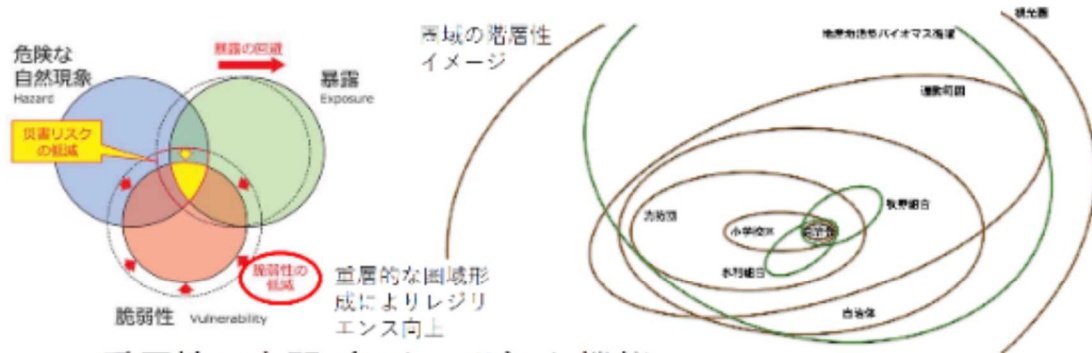
○各地域がその特性を生かした強みを発揮
 →地域資源を活かし、**自立・分散型の社会**を形成
 →地域の特性に応じて補完し、**支え合う**

- ・空間の階層性（集落レベルから都道府県レベルまで）
- ・物質の循環から経済まで
- ・都市と農山漁村地域の交流と支え合い
- ・地域資源を再認識し、活用→マルチベネフィット

図1 地域循環共生圏の概念図（環境省資料より作成）

テーマ3：自然資本と社会関係資本に着目した
地域循環共生圏の重層性構築に関する研究

地域の自然資本に基づく経済活動、コミュニティの社会資本関係、バイオマスに着目した物質循環の3つの視点から、地域循環共生圏の圏域を明らかにし、地域のレジリエンスを高める重層的な地域循環共生圏の構築手法を開発する。



- ・ 重層性←空間（スケール）と機能
- ・ 重層的な地域循環共生圏が地域のレジリエンスを高める
- ・ 社会資本関係から検証（特に復興プロセスに着目して）
- ・ 自然資本から検証（経済活動と、特にバイオマスに着目）

図2 研究の概略

2. 研究目標

【全体目標】	阿蘇地域を対象に自然資本に基づく経済活動、コミュニティの社会資本関係、バイオマスに着目した物質循環の三つの視点から、地域循環共生圏の圏域を明らかにし、地域のレジリエンスを高める地域循環共生圏の重層性を解明する。
【サブテーマ1】	阿蘇地域の自然資本に基づく経済活動に着目し、地域循環共生圏の圏域の重層性を明らかにする。当該地域におけるこれまでの土地利用の変遷と将来人口推計を基に、将来の自然資本の分布を予測し、変化に耐えうる圏域を明らかにする。
【サブテーマ2】	草原などの自然資源を守り、自然災害も乗り越える持続性を持った自立分散型の地域循環共生社会を阿蘇で実現するために、社会関係資本に基づく集落ベースのローカルガバナンスや危難からの創造的復興に関する研究知見を集め、そのメカニズムの解明と、地域循環共生圏構想に資する社会関係資本強化の政策介入法を考案する。
【サブテーマ3】	木質バイオマス利用からみた地域循環共生圏の具体像として、森林資源利用ゾーニングを示し、その時の利用可能量や創出される付加価値を示し、圏域の重層性や空間単位を提示する。

3. 研究の進捗状況

サブテーマ1は、初年度に予定していた研究は全て完了し、さらに2年目、3年目に予定していた研究についても既に着手しており、順調に研究を進めている。具体的には、阿蘇地域の人口・農業生産・観光に関する統計情報を既に収集し、データベース化、及び地理情報の整備が終了した。域内の農業

生産物の流通先として、阿蘇地域の道の駅、直売所を調査し、出荷する農業者の分布、利用者の動向についてヒアリングを実施した。阿蘇地域を訪れる都市住民として熊本市、福岡市、北九州市内の住民を対象とするWeb アンケートを実施した。本調査は当初2年目に予定していたが、初年度末に実施し、ほぼ分析も終了している。水資源と再生可能エネルギーについては、熊本市、阿蘇地域の自治体、関係団体のヒアリングを実施し、情報を整理した。2050年の土地利用の予測については、当初2年目から研究を手がけ、3年目に予測を実施の予定であったが、既に過去の土地利用の傾向に基づく予測を実施した。以上のように、研究計画時点よりも早く研究を進展させている。

サブテーマ2は、初年度に計画した調査、分析は計画通り100%完了した。コロナウィルス感染防止のためアクションリサーチの手法による地域介入研究は2月以降控えているが、研究者が南阿蘇ラボに定住しているため、インフォーマルな活動や日常生活レベルでの地域住民との連携構築は大きな支障なく継続している。

本研究課題については研究チーム全体で地域構造の重層性や階層性については明確な定義や認識を共有することなく論じてきたきらいがあった。2020年4月の全体のWeb ミーティングで環境省からもこの概念を整理することの重要性が示されたことから、サブ1が広域圏域からマクロなアプローチを、サブ2が集落からミクロなアプローチをとり重層構造の特性を解明する役割分担と地域設定をした。サブ2では重層的な社会構造のなかで、個人や集落をはじめとする地域組織間のネットワークと自然資源保全がどう関わりあっているのかの論点整理をした。集落の社会関係資本の構造類型を明らかにするために、2019年度は南阿蘇村の2集落で社会関係資本調査を完了し、2020年度は西原村で2集落予定して地元への協力依頼を始めている。コロナ禍もあり年度後半に実施する予定である。草原と牧野については牧野組合長等との個別ヒアリングを継続している。初年度の南阿蘇村ではほぼ悉皆調査が終わったことから、2020年度は西原村及び阿蘇市へと調査対象地域を広げる。集落の自治やローカルルール形成、危機時のレジリエンスと創造的復興については、南阿蘇村や西原村での調査が初年度順調に進捗したため、今年度は集落ベースのワークショップやフォーカスグループインタビューで課題へ迫る計画である。展開時期については感染症対策との兼ね合いで調整をしている。サブテーマ2は以上の知見を総動員して、集落や個人のネットワークが生み出す社会関係資本が、日々の暮らしの効率化や、自然資源の保全、災害へのレジリエンスなどに深く関わり、その機能を効率的に制御していることを踏まえ、集落ベースの地域循環共生圏政策としての政策介入法について探求し政策提言に繋げる。2019年度は、集落規模や補助事業内容が住民の共同性を強化するスキームを持つことが、社会関係資本を増加させる施策として勘案すべき要素であることまで明らかにした。

サブテーマ3も、計画通りに研究が進展している。地理情報の整理と地理情報システムの構築、バイオマス利用ゾーニングの検討と賦存量評価、森林の防災・水源涵養機能の評価、森林管理および人材育成に関する検討、木質バイオマス（薪・チップ）利用調査を計画通りに進めることができた。また、木質バイオマスからみた地域循環共生圏のイメージ図についても検討を行い、最終年度の成果に向けた議論が深まった。研究目標について、2019年度のキックオフ会合等の議論に基づき、次の点を変更した。1) バイオマス利用ゾーニングでは、牧野に囲まれた保安林の一部を耐火性の高いクヌギなどの広葉樹に転換することで、野焼きの際の輪地切りの負担軽減につなげる。2) 木質バイオマス利用からみた地域循環共生圏を検討する上で、木質チップや薪といった利用形態の違いによる圏域や重層性にも着目する。3) 森林情報の整理や木質バイオマス利用ゾーニングについて、阿蘇カルデラ周辺の3市町村（阿蘇市、高森町、南阿蘇村）から、阿蘇7市町村（阿蘇市、南小国町、小国町、産山村、高森町、西原村、南阿蘇村）まで検討範囲を拡大する。4) 森林の多面的付加価値評価については、特に森林の防災・水源涵養機能に着目し草原との比較を行う。

4. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

地域循環共生圏は、急激な人口減少と超高齢化を迎える中で、近い将来の気候変動に対応できる持続可能で自立・分散型の社会のあり方として、提唱されたものである。この研究が開始した2019年か

ら2020年にかけては、世界的な新型コロナウイルス感染症流行という自然災害が発生し、改めて自立・分散型の社会のあり方が問われている。本研究は、この地域循環共生圏の評価方法を提案しようとする初めてのまとまった学術研究で、今後の地域循環共生圏推進の学術的なバックボーンとなる。加えて、将来の土地利用の予測に基づくバックキャストと、それを活用した政策目標の設定は、差し迫ってはいないものの、近い将来にティッピングポイントを迎えてしまう環境保全、自然保護の問題に、今の世代が合意形成し、具体的なアクションを起こすための手法として貢献できる。

環境政策の観点から、草原などの自然資源を集落が保全するという、集落の内発的活動を活性化する施策モデルの有用性を明らかにすることで、農林水産省とは違う環境省独自の地域循環共生に資する地域活動支援のための環境直接支払制度や、草原環境保全のために管理道路整備へ公的投資をする必要性などが検討できる。また持続可能な地域社会として重要性が高まっている防災に関して、集落のレジリエンスや創造的復興支援策を社会関係資本による政策評価で行ったり、社会関係資本を向上させる観点を補助事業の中に埋め込むなど、新しい地域環境政策の検討材料が得られる。

木質バイオマスの利用方法やその規模に応じて、どの程度の空間範囲を単位として利用システムを構築するかという点において、地域循環共生圏の圏域の単位とその重層性の提示につながる。また、近年自然災害が多発するなかで、適切な木質バイオマス利用が防災力向上につながることを示せば、バイオマス利用の付加価値を大きく向上させ、生態系を活用した防災・減災の推進にも貢献することになる。特に、保安林等の制限林が多く、草原の森林化が課題となっている阿蘇地域において、森林をどのように管理し、どのようなバイオマス利用をすれば地域のレジリエンス向上につながるかを示すことは、森林管理に係る支援事業等の要件設定や、環境政策面からどのような支援策を講じていくかの検討材料になる。

5. 評価者の指摘及び提言概要

自然資本と人間関係資本の相互関係が生み出す重層性とか、それを踏まえた圏域の概念整理とか、重要な発想は示唆されているので、創造的に復興される対象地域のビジョンとその選択肢、それを実現するための戦略などが早く明確になると良い。今のところ、阿蘇地域の市町村レベルのデータのプラットフォームが未熟であり、初歩的な論述にとどまっているように思われる。また、地域のステークホルダーとの係わり方が見えない。さらに、この地域の持続性は、熊本市街や福岡市などとの連携による、レジリエントな地域循環共生圏と創造的復興も思考されたい。

テーマ3としての統合の方法論、また、プロジェクト全体としての地域循環共生圏の考え方に基づいた創造的復興に繋げるための方法論を、共有して進めて欲しい。

6. 評点

評価ランク：A