

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

戦略研究 「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」
(JPMERF19S20500)

令和元年度～令和3年度

Creating the Circulating and Ecological Economy by Build Back Better in the Aso as a Model Area

〈戦略研究プロジェクト代表機関〉
九州大学

令和4年5月

目次

I. 成果の概要	1
1. はじめに（研究背景等）	1
2. 研究開発目的	2
3. 研究目標	2
4. 研究開発内容	3
5. 研究成果	5
5-1. 成果の概要	5
5-2. 環境政策等への貢献	16
5-3. 研究目標の達成状況	17
6. 研究成果の発表状況	18
6-1. 査読付き論文	18
6-2. 知的財産権	19
6-3. その他発表件数	19
7. 国際共同研究等の状況	19
8. 研究者略歴	19
II. 英文Abstract	21

I. 成果の概要

プロジェクト名 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

プロジェクトリーダー 島谷 幸宏 (九州大学大学院 特命教授)

研究実施期間 令和元年度～令和3年度

研究経費

(千円)

	契約額
令和元年度合計額	94,268,000
テーマ1	38,998,000
テーマ2	28,270,000
テーマ3	27,000,000
令和2年度合計額	93,771,000
テーマ1	38,998,000
テーマ2	27,773,000
テーマ3	27,000,000
令和3年度合計額	93,583,000
テーマ1	38,998,000
テーマ2	27,585,000
テーマ3	27,000,000
合計額	281,622,000

研究体制

(テーマ1) 自然災害と生態系サービスに基づいた創造的復興に関する研究 (九州大学) (JPMEERF19S20510)

(テーマ2) 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 (東海大学) (JPMEERF19S20520)

(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 (慶応大学) (JPMEERF19S20530)

本研究のキーワード 熊本地震、九州北部豪雨、生態系サービス、草原、生物多様性、水資源、地下水枯渇、圏域、コミュニティ、伝統知、バイオマス、価値創造

1. はじめに (研究背景等)

自然災害は、人命・財産に直接的な被害を与えると同時に、生態系の構造 (物理化学的構造、および生物群集や生物多様性) を変容させ、その結果、生態系の機能としての生態系サービスに影響を及ぼす。2012年の九州北部豪雨は阿蘇カルデラに大きな被害をもたらしたが、草原の崩壊面積が森林に比べて小さいこと、水田や氾濫的環境に遊水機能を持たせることが有効であることが指摘されるなど、平常時の自然の管理状態や土地利用が、災害の発生や被害の大きさを左右する可能性も災害現場で観察されている。また熊本地震では地下水脈への影響により湧水の枯渇、地割れ等により放牧ができなくなる

などの暮らしや産業に影響が生じた。特に阿蘇地域は筑後川や白川など九州6つの1級水系の水源となっており、流域人口は240万人、さらに筑後川導水を通して福岡都市圏250万人の上水源となるなど、生態系サービスの中でも水の供給サービスは非常に重要である。また、阿蘇地域の復興を考えると、産業の基盤となる生態系サービスの復活や活用は不可欠である。

一方、熊本県は熊本地震からの復興にあたって、単なる復興ではなく創造的な復興を基本的な方針としている。また環境省は第5次環境基本計画のなかで、「地域循環共生圏」の創造を目指している。

2. 研究開発目的

阿蘇地域を対象とし、熊本県が唱える創造的復興と環境省が唱える地域循環共生圏を統合し、阿蘇の持続的社会的姿を描くこと。

3. 研究目標

プロジェクト 全体目標	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	自然災害と生態系サービスに基づいた創造的復興に関する研究
テーマリーダー/ 所属機関	島谷幸宏/九州大学
目標	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>

テーマ 2	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
テーマリーダー/ 所属機関	市川勉/東海大学
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	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
テーマリーダー/ 所属機関	一ノ瀬友博、慶応大学
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。

4. 研究開発内容

本研究は「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」という課題名であり、熊本県が熊本地震発生後に政策として挙げた「創造的復興」と環境省が政策として挙げた「地域循環共生圏」をどのように関連付け、それらの関連付けをもとに自立分散型の社会をどのように構築し、大都市等の他の地域との補完と支えあいの連携をどのようにはかり、阿蘇地域に持続的な地域社会を形成するかという問いに答えるのが全体の目的である。

「創造的復興」は、兵庫県の貝原俊民・前知事が、震災後に提唱した理念である。「復興にあたって重要なことは、単に1月17日以前の状態を回復するだけではなく、新たな視点から都市を再生する『創造的復興』を成し遂げることである。そのため、・・・関西国際空港開港、大阪湾ベイエリア整備、明石海峡大橋建設等により世界都市関西の形成が期待されるなか、阪神・淡路の文化的特性を活かし、新しい都市文明の形成をめざすこととする。」とある。また、東日本大震災復興構想会議（座長：五百旗頭真前防衛大学校長）において、被災地の復興に向けた指針策定のための復興構想に、「震災からの単なる復旧ではなく、未来に向けた創造的復興を目指していくことが重要である」として明記された（山中2015）。その後、熊本地震においても創造的復興の概念が適用されてきた。熊本地震に対して、熊本県が主催した、「くまもと復旧・復興有識者会議（座長：五百旗頭真熊本県立大学理事長）」の最終提言で、「震災前より良い状態をつくる『創造的復興』の考え」が提言された。

国際的には「創造的復興」に該当する言葉は「Build Back Better (BBB)」である。BBBはインド洋津波に対する多国籍復興支援時にアメリカ大統領であったビル・クリントンが復旧と復興に対する物理的、社会的、経済的なレジリエンスを改善するためのホーリスティック・アプローチとして提唱したものである。Mannakalaら(2013)は「研究者らはBBBの理論による復興フェーズは単にコミュニティを元の状況に戻すばかりではなく、より安全で、より持続的で、よりレジリエンスがあるコミュニティにすることである。ここでのレジリエンスは災害に抵抗し、適応することにより災害によるストレスあるいは破壊力を吸収する能力と定義される。脆弱なコミュニティにレジリエンスを形成することは、気候変動の影響が増大する未来に対して重要である。」としている。コミュニティのレジリエンスが強調されているところに注意する必要がある。

一方、阪神淡路大震災における創造的復興に対しては、宮原(2006)に見られる批判もある。宮原は「『創造的復興』のベースにあるのはやはり、『都市(地域)の開発・再開発』に重心をおく旧来の『復興』観である。『災害前より良くなること』に前のめりの力点があり、『一度衰えたものが、再び盛んになること』が相対的に軽視されている。とくに、『被災者・住民のくらしの再生』が第一目標として掲げられていない。」とし、開発型の復興観を批判し、開発型の復興から再生型の復興への

転換が必要であるとしている。

また栞田(2018)は、東日本大震災と熊本地震を対象に、被災地における参与観察や被災者・被災企業に対するインタビュー調査により産業復興、住宅復興、面的整備の焦点を当て復興政策の実態と課題について研究を行っている。栞田は、熊本地震の調査により、生活・住宅などの債権に対する自治体独自の支援の一般化や産業復興に対するグループ補助金などは評価されるとしているが、「他方、面的整備は制度の設計や運用などに重大な課題を抱えており、熊本地震を経て改善の余地が大きいことが確証された。」としている。ここで栞田の言う改善の余地とは、「町民が置き去りにされている(政治的意図が強すぎるのではないかという声がある)」「町民への説明が不十分(住民参加の場づくりがおろそかであること)」などのことであり、宮原の言う開発型の復興観と通ずるところがある。

表 1 熊本地震後の創造的復興10項目

重点項目(10項目)	
項目名	平成31年度末の到達イメージ(案)
① 「すまい」の再建	被災者の意向に沿った「すまい」の再建・確保を完了
② 災害廃棄物の処理	発災後2年以内(平成30年4月まで)に災害廃棄物の処理を完了
③ 阿蘇へのアクセスルート(道路、鉄道)の回復	県として最大限の働きかけを行い、国と連携して早期の復旧を図る
④ 熊本城の復旧	2019年の国際スポーツ大会までに、熊本市とともに復興のシンボルとして天守閣を復旧
⑤ 益城町の復興まちづくり	熊本高森線の4車線化について、平成31年度までにモデル地区を先行整備~以降順次整備
⑥ 被災企業の事業再建	グループ補助金を活用した施設・設備の復旧等による事業再建完了
⑦ 被災農家の営農再開	農地及び営農施設の復旧等による営農再開100%完了
⑧ 大空港構想 NextStageの実行	阿蘇くまもと空港の新たな運営者の決定及び国内線別棟ビルの運営開始
⑨ 八代港のクルーズ拠点整備	専用岸壁、おもてなしエリアの整備により、年間200隻程度の大型クルーズ船寄港を実現
⑩ 国際スポーツ大会の成功	2つの国際大会(女子ハンド、ラグビー)の成功を通して復興する熊本を国内外に発信

表1に熊本県の創造的復興の10項目を示した。これを見ると、産業復興、経済的な生活復興に対してはかなりの重点が置かれ、面的整備については栞田が指摘したように開発型の復興観に基づく施策が中心になっていることが分かる。唯一、熊本城の復興に関しては再生が中心となった復興であることが分かる。

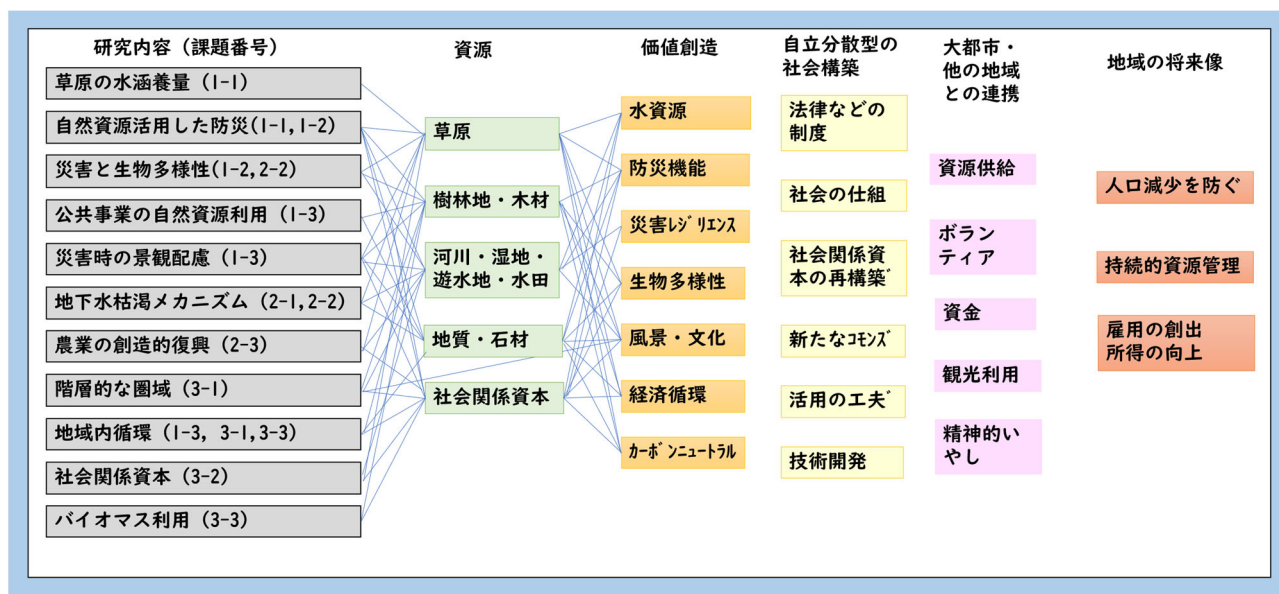


図 1 本研究における研究内容・資源・価値創造等の関係

さて、本研究では図1に示すように、様々な地域資源について研究してきたわけであるが、研究の過程でそれら地域資源に、今日的な社会状況等を踏まえた新たな価値あるいは再生すべき価値を見出

し、それらを活用することが阿蘇地域の持続的な発展にとって重要であることが明らかとなってきた。研究を進めるほどに、阿蘇において開発型の復興を実行することではなく、阿蘇地域に存在する、自然資源や社会関係資本などの豊かな地域資源に新たな価値づけをし、保全、再生、強化することこそが地域の持続的な発展にとって重要であるとの結論に至った。



図 2 創造的復興の概念図

そこで本研究における創造的復興とは地域資源に新たな価値を発見あるいは再発見し、その新たな価値を地域内外と共有し、自立分散型の社会を構築すること、すなわち価値創造としての創造的復興と定義する。さらに地域内外との価値を共有し、当該地域に自立分散型社会を構築し、その恵みを大都市圏や他の地域と共生する仕組みを構築することにより、地域循環共生圏が構築されるとの結論に至った。

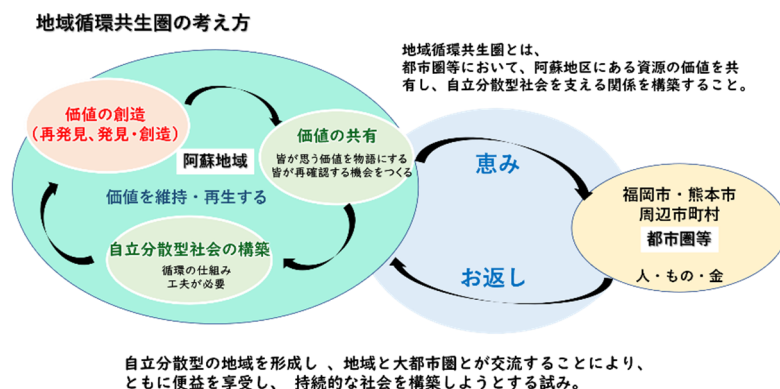


図 3 創造的復興を地域循環共生圏につなげる概念図

すなわち、創造的復興とは地域循環共生圏形成の災害復興時の一断面である。

図1に示した本研究の研究内容と自然資源（草原、樹林地・木材、河川・湿地・遊水地・水田、地質・石材）および社会関係資本などの地域資源と価値創造の項目、自立分散型の社会構築、他地域との連携、地域の将来像の関係を見ると、研究課題と地域資源等が非常に複雑に関係していることが分かる。全体の成果としては自然資源のカテゴリ別に創造的復興と地域循環共生圏の関係を分析した。

参考文献

山中茂樹. (2015). 災害復興基本法への道. 災害復興研究, (別冊), 155-172.

宮原浩二郎. (2006). 「復興」とは何か-再生型災害復興と成熟社会, 先端社会研究. 75-40.

Mannakkara, S., & Wilkinson, S. (2013). Build back better principles for post - disaster structural improvements. Structural Survey.

栗田但馬. (2018). 東日本大震災と熊本地震からの復興政策の実態と課題--変化をどう説明するか-. 大阪経大論集, 69(2), 149.

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

本研究は前述したとおり、3つのテーマ、9つのサブテーマから構成されている。それぞれのテーマおよびサブテーマは、前述した研究全体の目標を意識しつつ、個別の目標も掲げて研究を実施してい

るため、それぞれのサブテーマの個別の目標に対する成果はそれらの報告書に譲ることとし、ここでは、前章で述べた枠組みに従って資源別に創造的復興と地域循環共生圏の関係について分析した結果を全体成果として示す。

5.1.1 草原

阿蘇国立公園を特徴づける自然資源と言えは何より草原である。本研究では草原に関してはテーマ1-1、2-1で水資源涵養機能について、2-2で草原の斜面崩壊に関する防災機能について、3-2で草原をめぐる管理やコミュニティについて、3-1では、観光における草原の価値について研究を実施している。

1) 阿蘇の空間と土地利用とコミュニティの関係

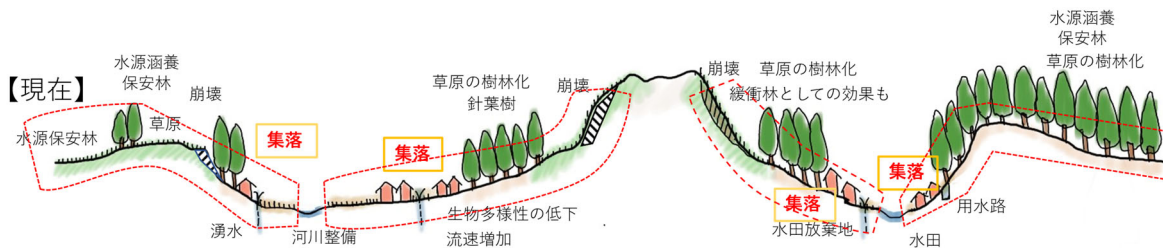


図4 阿蘇の横断的な地形と土地利用の概念

図4に、阿蘇外輪山およびカルデラを含む南北の横断的な地形と土地利用の概念図を示した。中央部に標高1500m級の中央火口丘群と呼ばれる活火山が位置し、その周りに平坦なカルデラ平野が位置し、北側を阿蘇谷、南側を南郷谷とんでいる。さらにその周囲にカルデラ面より300-700m高い外輪山がなだらかに傾斜し位置している。伝統的な土地利用はカルデラ面に水田—集落が位置し、山腹斜面下部が里山林、草原さらに外輪山上部の平坦地形となっていた。集落は水田—集落—屋敷林—草原の横断的な一つのセットを、管理利用する仕組みとなっていた。現在も基本的な構造は変わらないが、社会状況の変化により森林が増加している。

草地の管理形態は、手野などに見られる**牧野関係者が担う（入会権）**、南阿蘇村一関（いちぜき）地区や西原村では**地区全戸で担う（総有）**、南阿蘇村両併地区では、入会権を共有財産に転換した持ち分の所有者が参加して管理する（共有）など、地域ごとに多様性がみられる（サブテーマ3-2）。

総有の一例として一関集落は、住民のライフスタイルや生業を同じくする家々で構成されており、牧野の野焼きや輪地切りなどの管理は住民全員で「利用する権利」と「管理の義務」を担う共同性の強い総有の形態となっている。一方、共有の例としての両併2区は伝統的な価値観を持つ世代と、コミュニティから解放された若者世代の2つの社会関係性の特徴を持つ集落である。移住者を「歓迎する」住民の割合が高く、隣人に同質性を求める傾向は小さい。入会地は地域の財産としての共有性を守るために、個人名義の共有地として登記し、地元の権利者だけで草原の管理をしている。いずれにしても、草地の管理に果たす集落が持つ役割は大きい（サブテーマ3-2）。

阿蘇の草原を維持するためには野焼きが必要であるが、阿蘇全体の野焼きについては、およそ160の牧野組合などと地域住民および野焼きボランティアが実動部隊として取り組んでいる。熊本県の調査によると熊本地震以降、地割れや道の損壊で野焼きが出来ない地域が1000ヘクタール以上発生したが、2021年度は1万5887ヘクタールと地震発生前とほぼ同じ水準にまで回復している。この復興には、日本中央競馬会(JRA)の支援事業を活用した復旧工事の進捗と、野焼きボランティアによる活動の下支えが効いている。このことから、地震により深刻な課題を抱えたものの、適切な投資が行われれば持続可

能性の回復が可能である（サブテーマ3-2）。

2) 阿蘇の草原の過去・現在の地域循環共生圏の視点からの概要

図5に草原をめぐる阿蘇地域と都市圏等の関係の過去・現在・未来の図を示した。この図に基づき、過去と現在の地域循環共生圏の観点から見た草原に関わる現状を概観する。

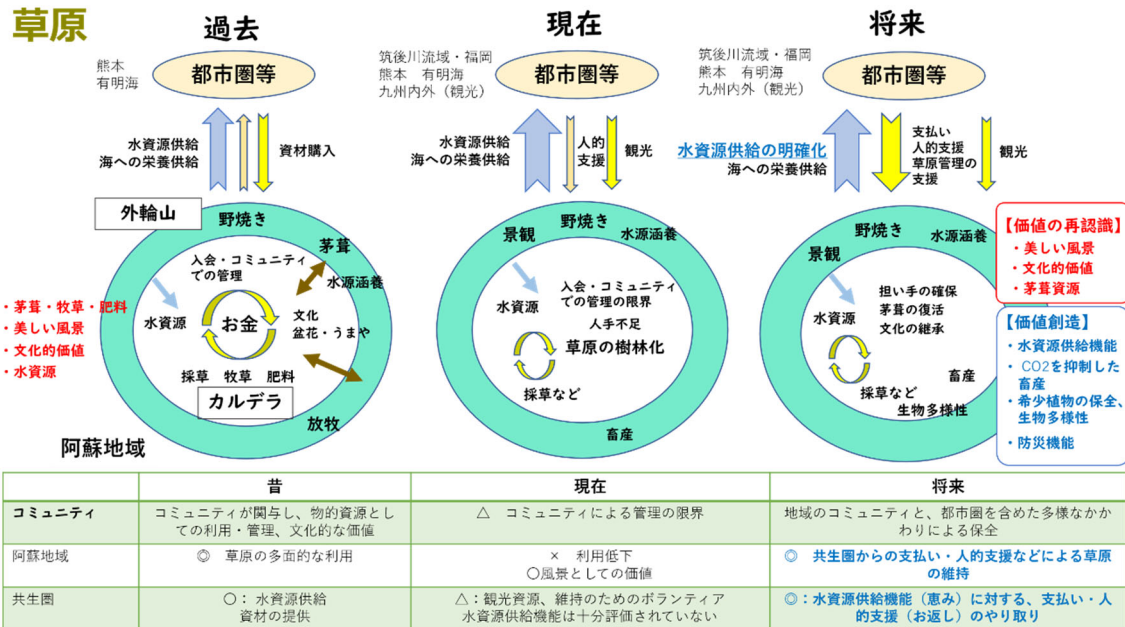


図5 草原をめぐる阿蘇地域と都市圏等の関係の過去・現在・未来

過去の草原は旧来の地元集落農家の総有としての採草放牧入会権入会地（松木洋一, 1983）を基本に集落が関与することによって成立していた。阿蘇の原野を牛馬の放牧採草地、田畑の緑肥の採集地、茅葺屋根用の茅場として利用する入会慣行は、寛永10年（1633年）に加藤清正が制度として確立し、その後国守細川忠利が踏襲したものとされている（同じく松木）。緑肥、屋根材、花卉などは、一部は阿蘇地域以外にも販売されていたが、大部分は阿蘇地域で消費される循環型の利用がなされており、それに伴い経済も地域循環していた。草原の面積は1920年には現在の10倍近い364万ha（環境省ホームページ）あったとされ、森林より草原の水資源涵養機能が高いことから、現在よりも多くの水を九州北部地区や沿岸部に供給していたが、それらの地域の人々は特に阿蘇草原の水資源涵養機能は意識されておらず、水資源に関する地域間の交流等は特になかった。

集落が中心であった入会地は戦前・戦後を通じ近代化される過程で、主として山林・原野・造成草地を農民グループで採草放牧利用する集団的土地経営体（松木洋一, 1983）として牧野組合が形成されていった。一方、阿蘇の草原は戦後、有畜農家を構成員とする牧野組合が結成されたが、有畜農家は入会権者の一部にすぎず、草原管理は地区単位や入会権者全員で行なわれるのが普通である（高橋2013）。ここでいう草原管理とは、野焼きや輪地切り（わじぎり：野焼き前に防火帯として草を刈ること）のことである。近年、化学肥料の普及などにより緑肥、堆肥としての利用が減るとともに、茅葺き屋根の家もなくなるなど、農業形態や生活様式の変化にともない利用されなくなっている（サブテーマ2-3）。また、牛肉輸入自由化と価格の低下などの影響による畜産業の低迷、後継者不足・兼業化などにより、農家で飼育する牛馬の頭数が減り、その結果、採草や放牧が行われることなく放置される草原が増えてきている（サブテーマ2-3）。一方、近年阿蘇の観光資源としての価値は高まり、年間170万人程度の観光客が訪れていたが、コロナの影響は大きく約47万人にとどまっている。地域の資源循環や資金循環の観点から見ると、家畜のえさの飼料化、化学肥料の普及、茅葺き屋根の消滅などによ

り、地域内での資源循環や資金循環は小さくなっている。一方、観光客の増加、草原維持のためのボランティアの増加など都市圏等からの資金流入や支援なども見られるようになった。

3) 水資源涵養機能

サブテーマ1-1では草原の水資源涵養機能について集中的に研究を実施した。阿蘇外輪山の北側の新宮牧野を対象にススキ草原の蒸散量について樹液流センサーを用いた観測を行った。阿蘇外輪山北部の草原は筑後川の上流域に位置し、多目的ダムである下釜・松原ダムによって草原から供給された水は一旦貯留されその下流に供給されている。筑後川は、日田盆地、筑紫平野を通り、有明海に流入しており、農業、水産業、工業などの重要な水源となっている特に福岡都市圏の上水の約1/3は筑後川の水であり、重要な都市水源となっているため、外輪山北部を対象地とした。

草原による水資源消費である蒸発散については、とりわけ阿蘇のような湿潤環境下の草原については知見が乏しく、その収集が本課題の主要な目的である。土壌から植物体内を経て要面から大気へと放出される水の流れを、植物体内(幹や茎)の流速を計測することで算出する手法である。使用するセンサーは既存の熱パルス比法(Heat Ratio Method, Burgess et al., 2001)を改良したmicroHRMセンサー(Clearwater et al., 2009)を使用した。このmicroHRMセンサーは茎内部の流速(断面積あたりの水の通過速度)を10分間隔で捕捉することが可能であり、従来センサーと異なり、草本植物やササなど、微小な幹・茎についても流速計測が可能という特徴がある。市販品が存在しないため、実験室においてセンサーを手作りして野外に設置した。

樹液流計測および植物密度の測定データを用いて、蒸発散量の推定を行った結果を表に示したが、ススキの年間蒸散量は、阿蘇地域で見られるササ、スギ・ヒノキ、ヤシャブシに比べて、小さいことが明らかとなった。特にスギやヒノキなどに比べると年間120mm程度、小さいことが明らかとなった。また、近年の阿蘇地域のヒノキの低密度林の遮断蒸発量の観測によると、低密度・老齢林では遮断蒸発量は年間降雨量の8—13%程度(240-390mm)になることが、明らかになっている。

表 2 阿蘇における樹種別の年間蒸発散量

		ススキ (C4)	ササ (C3)	スギ・ヒノキ	ヤシャブシ
年間蒸散量		約130mm	約200mm	約250mm	約200mm 出典1
年間蒸発量	林床面蒸発	ほとんどの期間でLAIが3以上のため、寄与は限定的(ゼロに近い)			
	遮断蒸発	スギ・ヒノキより低いと考えられる	スギ・ヒノキより低いと考えられる	8~13% 出典2	スギ・ヒノキより若干低い
年間蒸散・蒸発量		ススキ < ササ < ヤシャブシ < スギ・ヒノキ			

阿蘇地域における年間蒸発散量について表にまとめた。ススキとササ、ヤシャブシ、スギ・ヒノキを比べると、ススキが圧倒的に小さいことがわかる。他の植物についても冷涼な阿蘇では一般的に言われている値よりも小さな値を示している。ススキの蒸散量が小さい理由は、ススキがC4植物であるためと考えられる。C4植物は、光合成炭素固定回路にC4ジカルボン酸回路を用いる植物のことで、強い日射や高温のもとでも水の損失を避けてや乾燥に耐えるよう適応した植物と考えられている。このような生理的特性によってススキの蒸散量が小さくなっている。また、ススキは草本であるため遮断蒸発量は樹林に比べて相当低い。

降雨から蒸発散を引いたものが、下流に流れる水資源の量である。地下深く浸透する量を除いて、筑後川上流域に降った雨は下流の下釜・松原ダムで貯留され、水資源となると考えられる。筑後川は九州一の大河で、これらのダムより下流は日田盆地、筑後平野の穀倉地帯を抜け、久留米都市圏を経て、有明海に至る。途中、福岡導水により人口250万人を擁する福岡都市圏に上水を配っている。

2003年時点の、筑後川上流の草原面積は約83.5km²であり、そのすべてが森林に変わるとすると、蒸発散量が年間300mmから400mm程度減少すると想定すると(ススキの遮断蒸発量は研究例がなく、あくま

で想定値であり、今後変わる可能性がある)、水資源量としては年間2500~3000万 m^3 失われることになる。福岡導水として福岡都市圏に送られている水の量が年間約6000万 m^3 、また冬季に有明海のノリの色落ちを防ぐために松原下釜ダムから緊急放流されているがその量が120万 m^3 から3000万 m^3 であることから考えると、草原の維持は水資源保全の観点から重要であることがわかる。

またカルデラ内に関してサブテーマ2-1で研究を実施した。阿蘇谷の水田を畑地に、草原を林地に転換すると、地下水涵養量は大幅に減少し、阿蘇谷の水循環機能が大幅に損なわれる結果となった。また、現在の南阿蘇は草原面積が著しく減少したため、針葉樹を草原に戻すケースを検討したところ、涵養量が現在よりも増加する結果となった。針葉樹の面積を10% (約4.1 km^2) 草原に戻すごとに、地下水涵養量はおよそ100万 m^3 増加する。

また、これまでカルデラ内の地下水と熊本市内の地下水は連結されていないことが定説であったが、連動立野火口瀬下流側に地下水位観測井の設置により、地表面下35mに地下水が確認されたことから、阿蘇カルデラと熊本平野は、白川だけでなく地下水でも連結していることが明らかとなった。また、水循環シミュレーションの結果から、熊本市内の年間涵養量約5億6千万 m^3 の40%に相当する約2億2千万 m^3 が阿蘇外輪山西部や白川中流域 (白川中流域の水源は阿蘇カルデラ) から引水した水田・湛水田により涵養されていることを示すことができ、熊本地域に住む約100万人の人々にとって、草原を含む阿蘇山は非常に重要な水資源であることが明らかとなった。

4) 草原の価値に基づく地域循環共生圏構築

図6に草原を資源とした阿蘇の創造的復興と地域循環共生圏の関係を示した。

今回の研究で示された草原の価値は、多くあるが、その中で草原、とくにススキ草原の水資源供給機能が定量化され、しかも福岡都市圏や有明海、熊本都市圏の水源として重要であることを示すことができたことは大きな成果である。

現在、福岡都市圏の住民は、上水道が筑後川からの導水によって賄われていることは知っているが、その水源地が阿蘇の草原であることは意識されていない。また、有明海の恵みが筑後川によってもたらされていることは認識されているが、その水源地が阿蘇の草原であることは十分に理解されていない。さらに熊本都市圏の地下水は、熊本都市圏の水田からの水涵養であると認識されているが、その水源の40%は阿蘇に由来していることが理解されておらず、現在の熊本都市圏の地下水資源の保全の政策に反映されていない。地域循環共生圏を成立させるためには、以上のような地域資源の価値を明確にし、それを当該地域及び関連する都市圏等と価値の共有を図ることが必要である。したがって、共有するためには、科学的な根拠を明確にするとともに、わかりやすい概念やフレーズそして、共有を図るための施策が重要である。

草原

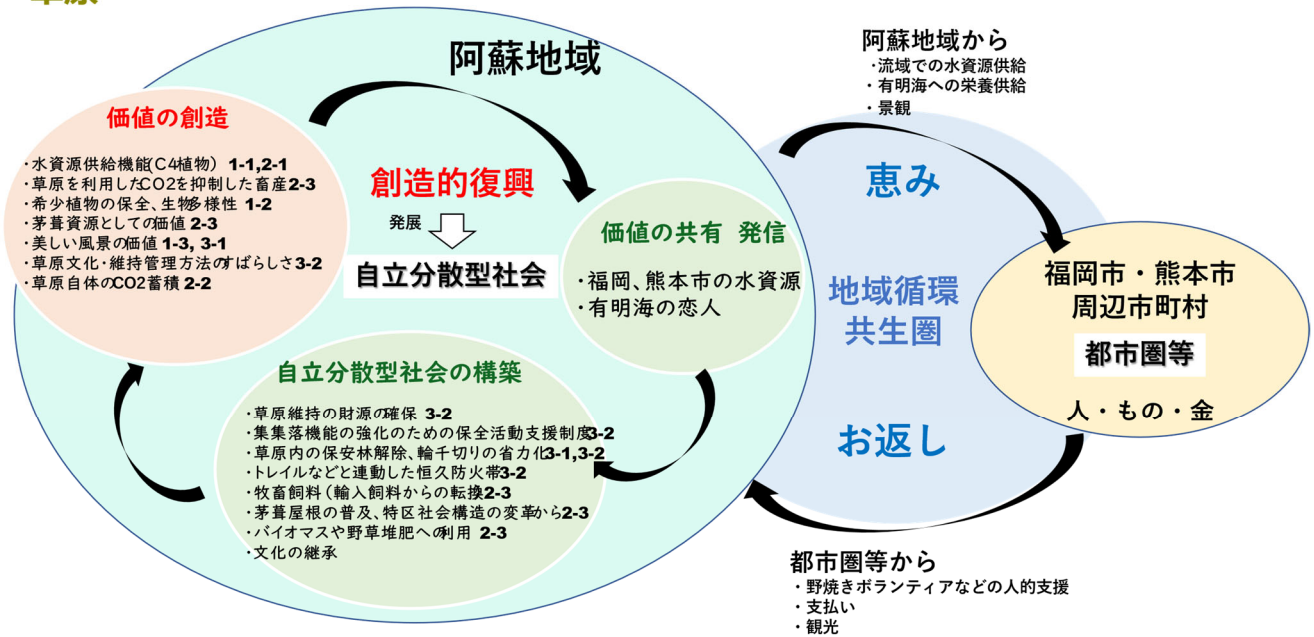


図 6 草原を巡る、創造的復興、自立分散型の社会、都市圏との連関

草原に関しては水資源としての価値だけではなく、景観の価値も重要である。サブテーマ3-1では、阿蘇の社会生態システムにより維持されてきた二次的自然、草原景観が縮小してしまうと、他地域との人的交流の機会が失われ、地域循環共生圏が弱体化する可能性を示した。

また草原の生物多様性の保全の場の価値も重要で、採草・野焼き等の人為的攪乱の頻度によって成立する草原が異なること、東外輪地域は他地域と比較し降雨日、火山灰土壌が卓越し種構成が異なることを定量的に示した(サブテーマ1-2)。

このように水資源、景観、生物多様性のほか、炭素固定、茅葺屋根などの資材としての価値もあり、それらの価値を地域内および地域外で十分に共有し、その資源を保全・再生・活用するための社会の仕組みを構築し、さらにそれらの価値を他の地方とも共有することによって都市圏等からお返しが来るといふ、地域循環共生圏が構築することが重要である。

草原を維持するための仕組みに関しては、サブテーマ2-3、3-1、3-2の報告書で詳細は述べるが、情報を共有する仕組み、財源の確保、集落機能の維持のための支援制度、保安林の解除、トレイルなどと連動した恒久防火帯の整備、牧畜飼料などへの活用などの提案がなされた(サブテーマ2-3、3-1、3-2)。このような提案の一部は、すでに環境省阿蘇事務所により議論が開始されている。

このような地域循環共生圏が構築されることにより図5の将来像に示すように、地域内での資源や経済の循環が高まり、他地域からの資金の流入も増加するものと考えている。

参考文献

松木洋一. (1983). 牧野組合(林業経済基礎知識(12)). 林業経済, 36(9), 32-32.

高橋佳孝. (2013). 多様な主体が協働・連携する阿蘇草原再生の取り組み. 大原社会問題研究所雑誌, 655, 3-18.

環境省阿蘇草原再生ホームページ、<https://www.aso-sougen.com/>

5.1.2 河川・湿地・湧水・水田

阿蘇カルデラ内の平野の河川・湿地・湧水・水田などの水空間を地域資源のまとまりとして捉え、それらを地域資源とした創造的復興・地域循環共生圏について研究を実施した(サブテーマ1-1, 1-2, 2-1, 2-2, 2-3, 3-2)。

阿蘇カルデラ盆地の中央部に火山口群が存在するため、低地は北側の黒川が流下する阿蘇谷と南側の白川が流下する南郷谷に分かれている（図7）。両河川は東から西に流下し、盆地西端部の立野地点で両河川は合流し白川と称し、盆地を抜け大津市、熊本市を流下し、有明海に注いでいる。阿蘇谷は広い平坦な平野で、かつては大部分が湿地であったが、湿地は水田に変わり、大部の集落は山沿いあるいは自然堤防上の微高地に立地しているが、戦後の人口増に伴い氾濫原にも住宅が建設されるようになった（サブテーマ1-2、2-2）。平地であるため氾濫危険区域は広い範囲に及びその中には温泉や住宅も含まれる。一方、阿蘇谷は、低地と言っても平坦な部分は狭く、白川は低いところを流れているため氾濫の範囲は川沿いに限定されている（サブテーマ1-2）。

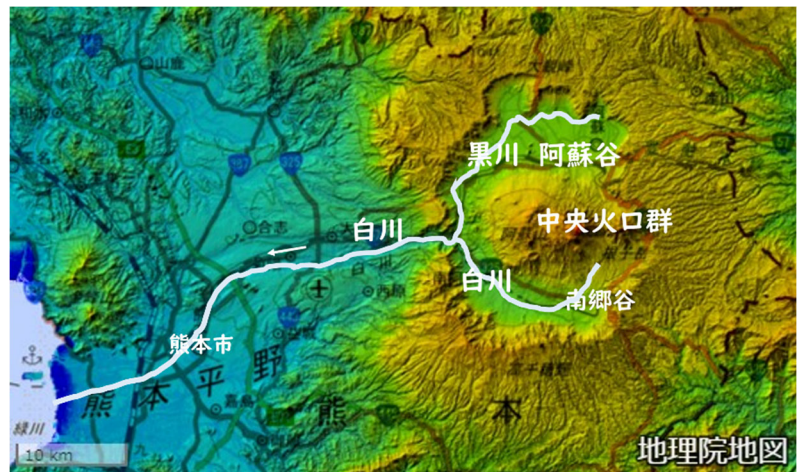


図7 阿蘇の地形

白川は政令指定都市・県庁である熊本市の中心部を流下する、治水上重要な河川で昭和28年、平成24年に大水害に見舞われなど、現在でも治水安全度は高くなくその向上が重要な課題である。白川の流域面積のほとんどを阿蘇のカルデラ盆地が占めており、阿蘇盆地の河川改修を進めると下流への洪水流量が増大するという課題がある（サブテーマ1-2）。そのため、国土交通省は立野地点に流水型ダムである立野ダムを建設中であるが、それを建設しても下流の治水安全度は十分ではなく、熊本県はカルデラ内の治水対策として平成24年の黒川の氾濫を受け下流への流出増をもたらさない治遊水地と河川改修をセットとする治水方式で治水安全度の向上を図っている。河川改修のみによる治水は下流への大きな洪水流量の増大をもたらすため、遊水地、水害防備林及び道路をかさ上げた横堤、田んぼダム導入により将来の気候変動による豪雨の際にもリスク軽減が可能なことを示した（サブテーマ1-2）。また平常時湿地となる遊水地には、貴重な生物が生息するため（サブテーマ1-2）、適正な管理により、環境教育や観光の重要な資源となり得る。特に、今後の遊水地建設予定地の旧河道にはオヤニラミなどの貴重種が存在するため、設計と維持管理には十分に留意する必要がある（サブテーマ1-2）。熊本県と協議し、本研究成果を設計、管理に反映することとなった。

また近年、水田の洪水調整機能として、田んぼダムが注目され水田の防災機能が新たな価値として重要となってきつつある。田んぼダムは水田の畔の高さを活用し、大降雨時に水田の排水口に流出を絞る調整板を設置し、水田に降った雨の流出抑制する施設である。阿蘇カルデラ盆地内に田んぼダムを設置すると、遊水地1～2個分のカルデラ下流の熊本都市圏への流出抑制効果を発揮することが明らかとなっている（サブテーマ1-2）。また、南阿蘇村と連携して、田んぼダムの実装を行ったが、アンケートの結果、ゴミにより詰まりへの懸念が多くあげられた一方、降雨情報に対する意識、関心の高まりが確認され、田んぼダムは、防災意識の向上に寄与していること、さらに住民同士や住民と行政をつなぐコミュニケーションツールとして役立つことが確認されている。（サブテーマ1-2）。

また、阿蘇盆地は火山地形であるため阿蘇谷、南郷谷ともに湧水が豊富で重要な農業用水、生活用水、観光用水、遊水地の水源となっている（サブテーマ1-1、1-2、2-1、2-2、2-3、3-2）。震災による亀裂や地震動により山体の地下水は下方に移動し、地下水位が低下し枯渇した湧水も見られたが、ほぼ回復したことが観測されている（サブテーマ2-1）。地震時に一部の湧水は枯渇したが、その他の湧水は水道施設が途絶する中で、緊急時の水源として活用され、災害レジリエンスを高めた（サブテーマ1-1）。また、沢水や湧水は地震によって機能しない農業用水路の緊急水源として活用され、農

業・酪農に大きな効果を発揮した（サブテーマ2-3）。地震の時にも途絶しない自然資源である水源の重要性が示された。また、それらの水資源を活用するためには集落を中心としたコミュニティの活用が重要であることが示されている（サブテーマ1-1, 3-2）。

一方、湧水の湧出量は長期的に減少しているが、その要因は水田や草原の減少、ポンプ揚水（サブテーマ2-1、2-3）であるため、減少傾向にある水田および草原の保全あるいは再生が重要である。阿蘇の水田は浸透能が高く、水を常時貯留している水田は大きな水資源涵養源となっている（サブテーマ1-1）。

以上のように、カルデラ内の河川、湿地（遊水地）、湧水、水田などの水環境は、水資源涵養機能、防災機能、災害発生時のグリーンレジリエンス機能、生物多様性機能などを保持しており、それから派生する景観的価値、観光資源としての価値も重要である。これらの価値や機能は都市圏にも恩恵を与えており、地域循環共生圏を形成していると考えられるが、価値共有がまだ十分でないため、都市との互酬関係が十分意成立していない。しかしながら、本研究を通して、河川・湿地・水田・湧水の新たな価値づけに関しても徐々に浸透が始まった段階ととらえることができる。

行政施策として、遊水地の生物多様性機能は熊本県の河川サイドに認識され行政施策に組み込まれている。また、田んぼダムに関しても南阿蘇村の政策に組み込まれている。熊本の地下水と阿蘇の地下水、カルデラ内の水田、草原などが連続していることを明示したことは大きな成果である。熊本市の水道水源が地下水に100%依存していることから、熊本都市圏では地下水財団などを設立し、熊本都市圏の冬水田んぼなどを支援してきたが、阿蘇カルデラに対する施策は行われていないのが現状であり、熊本都市圏と新たな価値を共有し、支援策が展開されることが必要である。

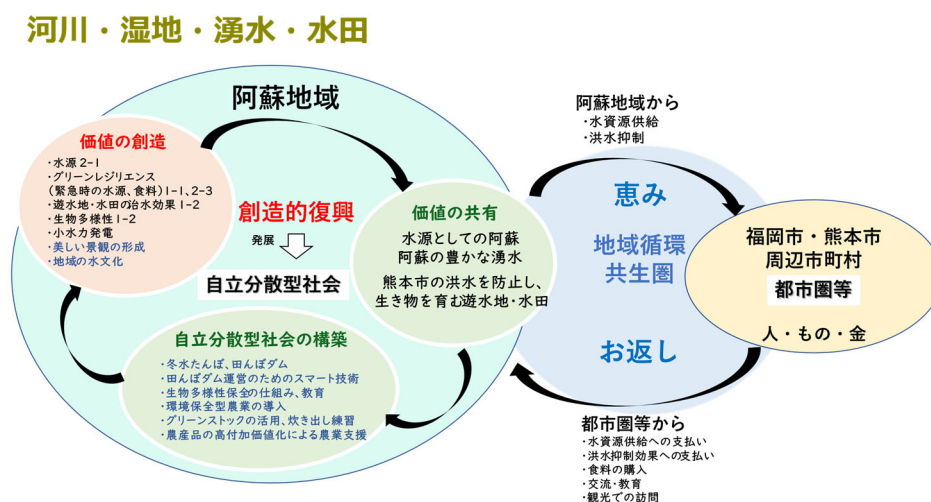


図 8 河川・湿地・湧水・水田を巡る、創造的復興、自立分散型の社会、都市圏との連関

一方、ここで述べた新たな価値について、阿蘇の住民には十分に伝わっておらず情報の共有に今後力を入れていく必要がある。

5.1.3 森林・木材

阿蘇の外輪山、阿蘇五岳では草原を維持することが土地管理の上で望ましいと考えられるものの、地域内に森林の占める割合はすでに多くなっておりさらにこれからも増加する見込みであることから（サブテーマ3-1）、森林の価値の再認識、創造を行い、その価値を活用した自立分散型社会の構築は一方の視点として重要である。阿蘇の森林の機能としては防災機能およびバイオマス資源、木材資源と

しての機能があるため、それらの観点から研究を実施した。（サブテーマ1-2, 3-3, 1-3）

平成24年の九州北部豪雨、平成28年の阿蘇地震では、阿蘇地域で多数の斜面崩壊による土砂災害が発生した。斜面崩壊に対する植生の崩壊確率は、針葉樹林、広葉樹林、広葉樹二次林は、二次草原よりも有意に小さく、斜面崩壊抑制に寄与することを示すものと評価できる（サブテーマ1-2）。一方、樹林地は一旦崩壊が発生すると流木が発生し、発生土砂量も多くなるというリスク増大の側面もあり、草原と樹林地が斜面崩壊の災害リスクに対してどちらが安全かという単純な結果にはならない（サブテーマ1-2）。一方、過去の研究において傾斜15度未満の緩傾斜区間に抵抗力が高い樹木を配置することで土砂災害を防止する緩衝機能が働くと言われていたが、阿蘇のような黒ボク土、赤ボク土を中心とする地質においても傾度15～17度のスギ壮齢林、広葉樹の壮齢林で土砂災害を抑止したことが確認されている（サブテーマ1-2）。サブテーマ1-2で作成した、斜面崩壊の崩壊確率予測によると、阿蘇外輪山北急斜面及び中央火口丘群付近では崩壊確率が高い場所が多く見られるため、集落と斜面崩壊地の間の傾斜度15度程度未満の場所にある樹林帯の保全あるいはそれがない場所での樹林帯の設置は災害安全度の向上に重要である（サブテーマ1-2）。

木材の恒久的利用や地域内循環を考える場合には、木質バイオマス利用および公共事業における木材の需要が重要である（サブテーマ3-3, 1-3）。

保安林や国立公園に該当せず、平均傾斜が30°未満、林道から100 m以内に位置する人工林を間伐推進ゾーンと設定すると、阿蘇地域7市町村それぞれの潜在熱需要量に対する樹木の年間生長量は平均20%前後であり、この区域の人工林の木質バイオマスのみで潜在熱需要をまかなうことができるほどの資源量が存在することが明らかとなっている（サブテーマ3-3）。木質バイオマスの利用には薪、チップ、ペレットの3形態があるが、阿蘇地域ではそれぞれの地域内および地域間の利用がすでに見られる。薪は南阿蘇、高森を合わせて年間480トン、チップは小国郷において年間1000トン、ペレットは南小国町の河津製作所で年間50トンがすでに阿蘇地域で生産され、地域内での循環利用あるいは大都市圏での販売が行われている。（サブテーマ3-3）

道路事業、治山事業、ウッドデッキトレイルなどの公共施設に計画的に木材を活用することにより、地域内での木材需要の下支えができ、コンクリートや鉄を使うよりも地域内で資金が循環し、CO2排出量を抑制できることなど自立分散型の社会の構築、カーボンニュートラル社会の構築などに大きく貢献するものと思われる。そこでサブテーマ1-3では、木製ガードレールについて研究を実施した。

阿蘇における人工林は樹齢55～60年であり、産出される材木の中心は中径木の丸太材や大径木に移行してきている。今後は大径木の用途拡大が大きな課題となるが、公共事業への利用が大径木の利用として有効である。大径木疎林は遮断蒸発量が小さく、成長量も小さいため伐採更新はカーボンニュートラル上も重要である。阿蘇森林組合では製材機の大径木への対応を実施しており、大径木を用いたガードレールの作成は可能である。サブテーマ1-3では、大径木を用いたガードレールと従来の鉄製ガードレールの製作時の経済循環率（コストのうち地元へ落ちるお金の割合）とCO2の排出率を比較した。その結果、経済循環率は木製ガードレール100%、鉄製ガードレール10%、CO2排出量も大幅に木製ガードレールが小さく、価格はほぼ同等であることが明らかとなっている。

樹林地

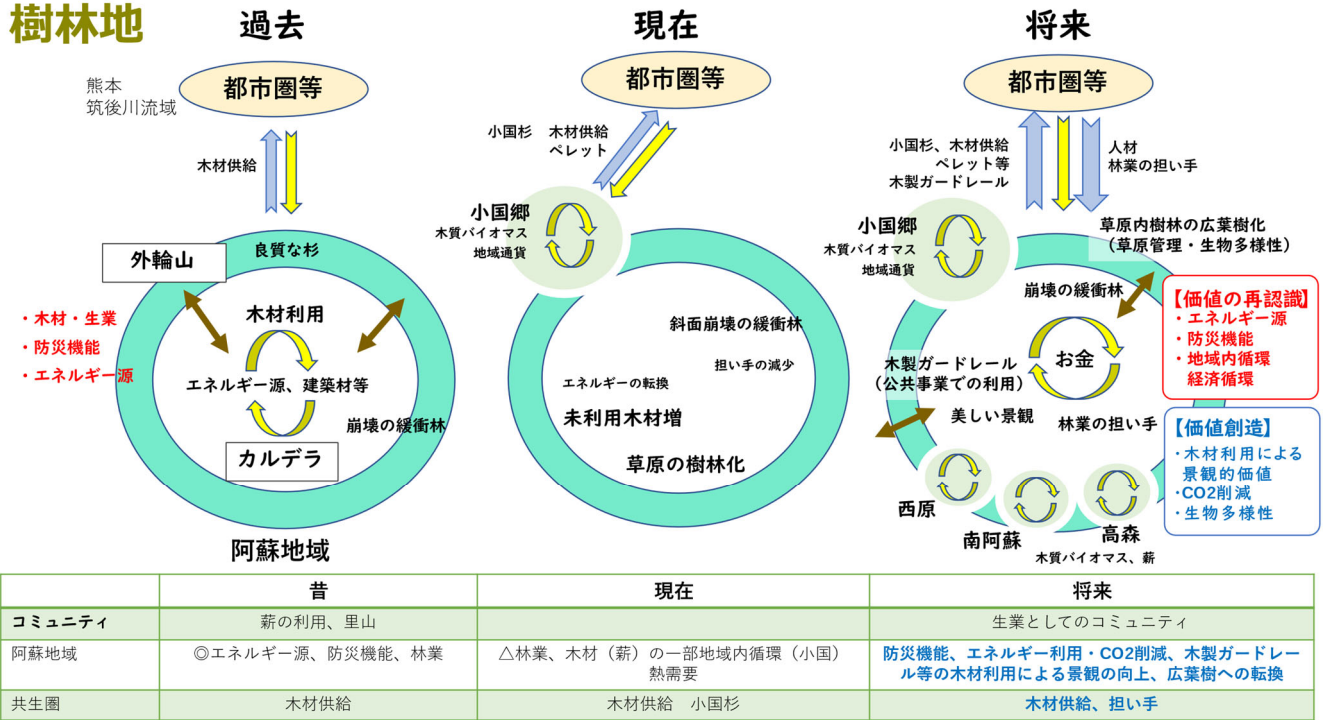


図 9 樹林地を巡る地域循環共生圏の考え方

以上をまとめると、森林や木材に関しては斜面崩壊リスクの緩衝林、木材バイオマス、公共施設の資材としての利用などの価値を活用した、防災機能の向上、地域内資金循環、CO₂削減、景観の価値向上などあらたな価値創造が可能なこと、それらの実施により地域循環共生圏が形成されることが明らかとなった（図9）。

5.1.4 石材

阿蘇地域には、石橋、棚田の石積み、住宅や神社などの石積み、河川の護岸などで、阿蘇で産出される石で作られた建造物が現在でも多く見られ、地域の景観を形作っている。地元の石材を活用することは、景観の維持向上、地域での経済循環、工事による二酸化炭素排出量の低減など、今日的価値を有するため、サブテーマ1-3では、建設工事への石材の利用について研究を実施した。

阿蘇地域には、以前は数カ所の採石場が存在していたが現在はほぼ全て閉鎖されており、自然公園法により新規の採石が禁止されていることから、地元石材を活用するには過去に建設された石材の再利用あるいは公共事業等で発生する石材の利用が考えられる。一方、今後ダム建設や長期にわたる砂防・治山事業等で大量の石材が掘り出されている現状が判明し、それらを活用することにより、建設工事への石材の利用が可能であることが明らかになった（サブテーマ1-3）。

そのためには、現場発生石材を建設事業者から引き受け一時貯留し、石積みを含む事業が発生する都度そこから無償で支給するメカニズムである「ストーンバンク」の手法を提案した。

また、地場産石材を公共事業に活用した場合に、コンクリートを用いた場合と比較して、地域経済循環率と二酸化炭素排出量抑制への貢献の両方で大きなメリットが期待できることを確認できた。

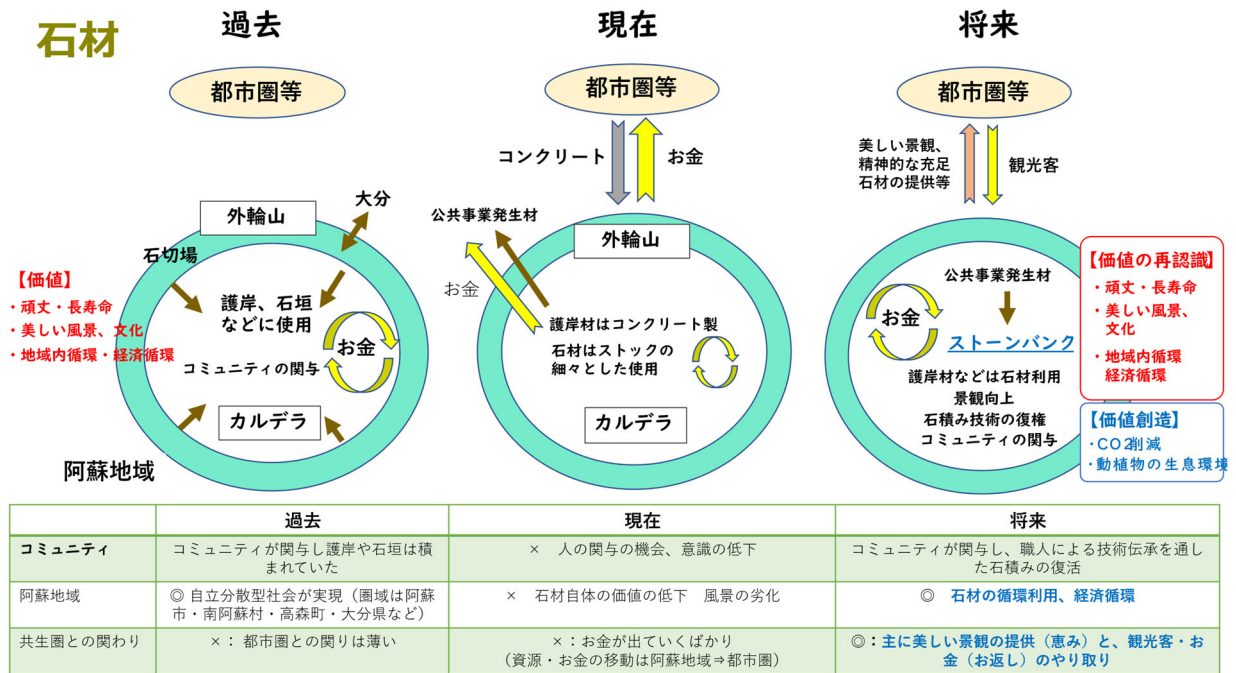


図 10 石材を巡る地域循環共生圏の考え方

図9に示すように、過去には外輸山で産出される石材が地域コミュニティの関与のもとで、護岸や石垣として用いられ、ほぼ地域内で経済は循環し、美しい風景や石積みの文化を形成してきた。しかし、現在は公共事業の企画化（施工工種の制限、コスト管理など）、石材の供給がない、石を詰める人がいないなどの社会状況の変化により、建設材料はほぼコンクリートに変わり、石を使う場合も圏外からの購入となり貨幣は外に出ていくばかりである。石材はわずかにストックされた量を神社仏閣等に細々とつかわれているのが現状である。

将来的には石材の景観資源としての価値、技術伝承としての文化的価値、地域経済循環としての価値、二酸化炭素排出量の低減の価値などの価値を再認識し、公共事業などによって発生する石材をストックするシステムであるストーンバンクなどを活用し積極的に活用することによって、創造的復興と地域循環共生圏が達成されると考えている。

5.1.5 地域循環共生圏の大きさ

本研究により地域循環共生圏の圏域は地域資源や社会状況によって異なることが明らかとなった。（サブテーマ1-1, 3-1, 3-2, 3-3）

もっとも大きなサイズを示すのは観光である（サブテーマ3-1）。熊本県、福岡県からの来訪者が多いとはいえ、全国あるいは海外からの来訪者も多い。コロナの影響を受けて、現在は圏域の広さがほぼ九州となっており、社会状況により地域循環圏の圏域は影響を受けることが分かる。

次に圏域が大きいのが水資源である（サブテーマ1-1, 3-1）。6つの1級河川の水源となり約500万人の農業用水、工業用水、上水の水源地となるとともに、これらの河川は有明海や瀬戸内海などの沿岸域に水や栄養塩を供給している。阿蘇が水源であるという価値共有がなされれば、これらの地域も地域循環共生圏の範囲となりうると考えている。カルデラ内の水環境は観光の視点を含めると地域資源として重要であることは前節でみたが、観光を含めると大きな地域循環共生圏の圏域サイズをもっている。また水害の防除、水資源という観点からみると阿蘇外輸山の内側の地域及び下流の熊本都市圏が地域循環共生圏の圏域となる。

木質バイオマスは薪、チップ、ペレットそれぞれが異なる圏域を持っていることがサブテーマ3-3に

より明らかとなっている。薪は町村内および大都市、チップは複数の市町村、ペレットは複数市町村+大都市圏とそれぞれ分かれている。今後のバイオマス利用の進展によってこの圏域の大きさは変化するものと予測されている（サブテーマ3-3）。

また、社会関係資本に関しては、個々の人間が様々な組織に属しながらそれぞれの資源単位で維持管理がなされている。草原の維持は集落が中心となりながら大都市からのボランティアの力も借りている（サブテーマ3-2）。木質バイオマスの利用に関しては小国町、広域的な組織である阿蘇森林組合、林業の担い手の交流の場である阿蘇地域林業担い手対策協議会など、町単位、広域組織単位で効果を上げている（サブテーマ3-2）。資源の種類により対応する社会システムの大きさは異なる。

本研究では地域循環共生圏を進めていく上で「集落」を基本単位とすることと階層的な重層性の重要性を強調したい。地域資源の保全や災害からの創造的復興には、集落コミュニティがいかに効率的に機能できるかが重要な観点である。集落では、構成員である個人が隣保組や縁戚関係などで互いにつながりあい、個人間のネットワークを形成している。そして日常の互酬的な行動や地域資源管理活動、祭礼等をとおして信頼と集落に固有な文化が生まれ、集落内組織のネットワークの中に社会関係資本が蓄積されていく。さらに集落が地理的歴史的に近隣と集落間のネットワークを形成し、道路や水路や山野の管理、農林業、地域経済等を連携する広域調整を行う。広域圏は旧村単位や、合併市町村単位から、さらに郡市単位へとネットワークの重層性を拡張していく。公共政策としては、平時から集落コミュニティの内発的資源管理システムが、活発に地域循環共生圏の形成に寄与していることを、積極的に評価していくことが有効である。個々の人間が様々な組織に属しながらそれぞれの資源単位で維持管理がなされている。（サブテーマ3-2）

これらをまとめると、大きく分けて3つの階層が確認された。最も大きな空間スケールは、阿蘇地域を源流とした6つの流域圏が広がる九州北部である。そのひとつ下のスケールは、広域行政、観光振興など、行政的に明確な圏域が確認される阿蘇地域7市町村の範囲、あるいはそれを構成する自治体である。最も小さい単位としては集落を取り上げることができる。それら3つの階層に対応するように社会ネットワークが形成されており、空間単位が小さくなるほどその結びつきは強くなる。集落レベルでは、集落内、時には集落間において様々な共同活動が行われ、地域循環共生圏を支える自然資本を維持している。いわば、地域循環共生圏の基盤である。こういった自然資源の空間的な把握、そしてそこに関わる人間による社会ネットワークの両方が地域循環共生圏の形成に重要な役割を果たすと考えられる。

5.1.6 まとめ

本研究により、創造的復興とは価値創造による復興であり、それら価値を当該地域あるいは大都市圏等の他圏域と共有し、循環型社会の構築と他地域との互酬関係を構築することによって、地域循環共生圏が形成されることを概念的に提示した。すなわち創造的復興とは災害復興場面における地域循環共生圏を構築する一場面として捉えることができる。

阿蘇地域では、草原、河川、湧水、水田、森林、木材、石材について、新たな価値を提案するとともにそれらを活用するための種々の提案を行った。

また、地域循環共生圏の圏域は階層的であり、対象とする地域資源や社会状況によってその圏域の大きさは異なること、地域循環共生圏を駆動する主体の中心は集落であり、集落の力を向上させたための施策の重要性を示した。

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

阿蘇草原再生協議会が策定した「阿蘇草原再生全体構想<第3期>」（令和3年11月）において、

本研究によって明らかとされた阿蘇草原に関する科学的知見が活用されている（水源涵養効果・水循環（P12～13）、防災・減災（P14）等）。

阿蘇草原再生情報戦略会議：阿蘇草原再生協議会として検討を加えていく、あるいは実現をしたい政策目標や大事な点を抽出しながら協議会活動にどうやって活かしていくか、自由闊達に論議する場として環境省阿蘇くじゅう国立公園管理事務所およびメッツ研究所が事務局、座長が阿蘇草原再生協会の会長の高橋氏が務める戦略会議である。区・牧野組合等、学識経験者、NPO（阿蘇グリーンストック）、行政（環境省、農水省、熊本県、阿蘇市、阿蘇地域農業遺産推進協会）などが参加する戦略会議である。当研究グループからは代表の島谷が、本研究の成果を阿蘇草原再生協議会の活動に活かすために学識者の立場で参加している。これまで2回の会議が行われ、環境保全型農業直接支払制度の導入に向けた検討、水源涵養に着目した受益者を巻き込む仕組みづくり、水源涵養機能に着目した他事例集、などについて議論がなされており、本研究の成果が活かされている。

環境省からの依頼を受け、第13回全国草原サミットシンポジウム阿蘇分科会（令和3年9月）、第4回阿蘇草原再生千年委員会（令和3年12月）において、特に阿蘇草原の水源涵養効果・水循環、地域循環共生圏等を中心とした本研究の成果を報告した。

阿蘇くじゅう国立公園（阿蘇地域）管理運営計画策定検討会（令和2年度、令和3年度）に委員として参画し、本研究の成果を踏まえた科学的知見（石材・木材のインフラ活用、景観ガイドライン等）を提供した。

熊本県との遊水地に関する協議：サブテーマ1-2で遊水地に貴重生物が生息すること、遊水地の維持管理の手法によっては貴重生物に影響を与えること、今後建設予定の遊水地の旧河道部に貴重種が生息することなどが明らかになったため、熊本県阿蘇振興局と遊水地の維持管理、今後の遊水地の建設に、本研究成果を取り入れ維持管理を見直すこと、設計時に環境に配慮することが合意されている。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

気候変動適応における広域アクションプラン策定事業との連携：

環境省では令和2年度から3カ年の予定で、「気候変動適応における広域アクションプラン策定事業」が実施されている。九州・沖縄の広域協議会では災害対策、暑熱対策、自然生態系（沿岸域）の3つのテーマについて分科会を設置し、検討を進めている。災害対策分科会に研究代表者の島谷、サブテーマ1-2のリーダーの皆川が参加している。災害対策分科会では、Eco-DRR、環境教育と防災教育の連動、ナッジを活用した避難が主なテーマであるが、サブテーマ1-2の成果である、自然資源を活用した防災、環境読本などの成果を広域アクションプランと連携させる議論が進んでいるため、今後行政等が活用することが見込まれる。

5-3. 研究目標の達成状況

研究全体の目標として、「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。」をあげたが、5-2で述べたように、目標を

大きく上回る成果をあげた。

全体としてのとりまとめを行う際に、上記に記載した資源ごとにweb会議を何度も実施し、議論を繰り返した。本研究は自然資源に関する研究が複数のサブテーマにまたがっており、お互いにそれぞれの研究内容及び成果を理解しながら、最終的なまとめを行えるよう留意した。またその成果をアドバイザーの先生たちに示しアドバイスをいただくなどして、研究全体のとりまとめを行うなど工夫した。

また、阿蘇の草原に関する千年委員会で研究成果の紹介をさせていただき、その場で熊本県知事などの反応、財界人などの反応を確認しながら、研究成果を取りまとめるように努力した。

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

28件

<主な査読付き論文>

【テーマ1】

- 1) 平岡和真, 寺村淳, 田浦扶充子, 大津耕太, 島谷幸宏: 土木学会論文集 F6 (安全問題) 77 (2), I_84-I_90 (2021), 熊本地震発生後の自然資源を活用したレジリエンスの向上に関する研究.
- 2) S. MANAGI, and G. HALKOS: Journal of Forest Economics, 35 (2) (2020), Natural Capital and Ecosystem Service: Sustainable Forest Management and Climate Change.
- 3) 山下大佑, 皆川朋子, 浅田寛喜: 土木学会論文集B1(水工学) Vol.75, No.2, I_61-I_66 (2019), 阿蘇黒川流域を対象とした土地利用の変遷に伴う浸水リスクの変化に関する研究.
- 4) Tsurumi, T., R. Yamaguchi, K. Kagohashi, and S. Managi: Journal of Happiness Studies. (IF: 3.852), 2021, Are cognitive, affective, and eudaimonic dimensions of subjective well-being differently related to consumption? Evidence from Japan.
- 5) 岸上 祐子, 馬奈木 俊介: 人工資本・人的資本・自然資本, 化学工学, 第86巻第2号: 2-5 (2022, サーキュラーエコノミーからの新国富の上昇.

【テーマ2】

- 1) 天野弘基, 市川勉, 中川啓: 土木学会論文集B1(水工学), 77, 2, I_133-I_138 (2021), 水収支解析による阿蘇南郷谷における熊本地震の影響評価.
- 2) 天野弘基, 市川 勉, 平野葉一, 中川 啓: 土木学会論文集G(環境)、V76, 5, I_495-I_503 (2020), 阿蘇南郷谷における水循環への水田の影響について.
- 3) H. AMANO and Y. IWASAKI: Sustainability, 14, 1, 545 (2022) (IF:3.251)
“Estimation of Groundwater Recharge in Kumamoto Area, Japan in 2016 by Mapping Land Cover Using GIS Data and SPOT 6/7 Satellite Images”
- 4) H. AMANO and Y. IWASAKI: International Journal of Environmental Research and Public Health, 17, 18, 6605 (2020) (IF:3.390) “Land Cover Classification by Integrating NDVI Time Series and GIS Data to Evaluate Water Circulation in Aso Caldera, Japan”

【テーマ3】

- 1) Sasaki, K. and Ichinose, T.: Sustainability 14(4), 2277 (2022) (IF:3.25)
“The Impact of the COVID-19 Pandemic on the General Public in Urban and Rural Areas in Southern Japan”
- 2) Iwamoto, M., Nogami, S. Ichinose, T. and Takeda, K: Methods in Ecology and Evolution 13(5), 969-975 (2022) (IF:7.78)
“Unmanned aerial vehicles as a useful tool for investigating animal movements”
- 3) 谷本大樹、田中尚人：土木学会論文集, D3, 75(6), 309-316 (2020), 阿蘇地域における文化的景観の保全方策に関する研究.
- 4) 村上唯、山本信次、高田乃倫予：岩手大学農学部演習林報告 50, 1-17 (2019), 森林組合による都市部への薪販売の現状と意義：葛巻町森林組合を事例として.
- 5) 原科幸爾、山本信次、伊藤幸男、高野涼、松本一穂：岩手大学農学部演習林報告 51, 79-89 (2020), 阿蘇地域における防災力向上等の多面的付加価値の創出を意図した木質バイオマス利用ゾーニング.
- 6) 吉川紀愛、山本信次、高田乃倫予：岩手大学演習林報告51, pp. 1-13 (2020), 国立公園化による地域環境ガバナンスの変遷.
- 7) 高野涼、山本信次、伊藤幸男：林業経済 74(2), 1-18 (2021), 地域住民による森林整備を支援する森林政策の論点－森林・山村多面的機能発揮対策交付金を例に一.
- 8) 高野涼、伊藤幸男：東北森林科学会誌 26(2), 49-54 (2021), 木の駅プロジェクトを契機とした地域づくりの展開 - 秋田県二ツ井宝の森林プロジェクトを事例として -
- 9) 山本信次、高田乃倫予、土屋ほのか：林業経済研究 67(3), 62-68 (2021), 原発事故が福島県内の市民活動としての薪利用に及ぼした影響.

6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

6-3. その他発表件数

査読付き論文に準ずる成果発表	16件
その他誌上発表（査読なし）	30件
口頭発表（学会等）	68件
「国民との科学・技術対話」の実施	28件
マスコミ等への公表・報道等	11件
本研究に関連する受賞	3件

7. 国際共同研究等の状況

- 1) ASO 2.0 Project, 阿蘇地域の集落調査、ウォルフラム・マンツエンライター・ウィーン大学教授・日本学研究所・オーストリア共和国、共同で社会調査、研究会や研究集会、レクチャーなどを開催、その成果はオーストリア及び日本で発表するとともに、論文として英文阿蘇研究書を発刊。

8. 研究者略歴

プロジェクトリーダー

島谷幸宏

九州大学工学部卒業、博士（工学）、建設省土木研究所、九州大学工学研究院教授を経て、現在、熊本県立大学特別教授

テーマリーダー

1) 市川勉

東海大学、工学部卒業、東海大学工学部教授を経て現在、東海大学名誉教授

2) 一ノ瀬友博

東京大学農学部卒業、兵庫県立大学助教授を経て、現在、慶応大学環境情報学部 学部長、教授

II. 英文Abstract

Creating the Circulating and Ecological Economy by Build Back Better in the Aso as a Model Area

Principal Investigator: Yukihiro SHIMATANI

Institution: Kyushu University, Fukuoka City, Fukuoka, JAPAN

Tel: 092-891-7992

E-mail: shimatani@civil.kyushu-u.ac.jp

Cooperated by: Kumamoto University, Tokai University, Keio University, Iwate University

[Abstract]

Key Words: Kumamoto earthquake, The heavy rains in northern Kyushu, Ecosystem services, Grass lands, Biodiversity, Water resources, Groundwater decline, Sphere, Community, Traditional wisdom, Biomass, Value creation

The overall objective of this research, entitled "Creating the Circulating and Ecological Economy by Build Back Better in the Aso as a Model Area" is to answer the question of how to relate the "Build Back Better" policy of Kumamoto Prefecture after the Kumamoto Earthquake and the "the Circulating and Ecological Economy" policy of the Ministry of the Environment, and how to build an independent and decentralized society based on these associations. The overall objective of the project is to answer the question of how to build a sustainable community in the Aso region, and how to coordinate with other regions, such as large cities, to complement and support each other.

It has become clear that it is important for the sustainable development of the Aso region to find and utilize new values or regenerated for local resources such as grasslands, water environment, forests, stones, and social capital, taking into account the current social conditions. The more the research progressed, the more we came to the conclusion that it is important for the sustainable development of the Aso region not to implement development-oriented reconstruction but to add new values to the rich local resources such as natural resources and social capital in the Aso region, and to conserve, regenerate, and enhance them, so that these values can be shared with other regions and a mutually beneficial relationship can be established. The conclusion was reached that new and regenerated value can be shared with other regions and a mutually beneficial relationship can be established.