テーマ1：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

九州大学　島谷幸宏
熊本大学　皆川朋子
九州大学　樋口明彦

テーマ1：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

成果目標

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（島谷）

- プロジェクト全体の総括
- 草原の大都市圏への水供給サービスの定量的評価

→ 全体

- グリーンレジリエンス（災害直後の自然資源活用）

→ 生態系サービス 供給サービス

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（皆川）

- 斜面崩壊リスクの回避低減

→ 調整サービス

- 治水＋生物多様性保全
- 攪乱と生物多様性との関係性把握

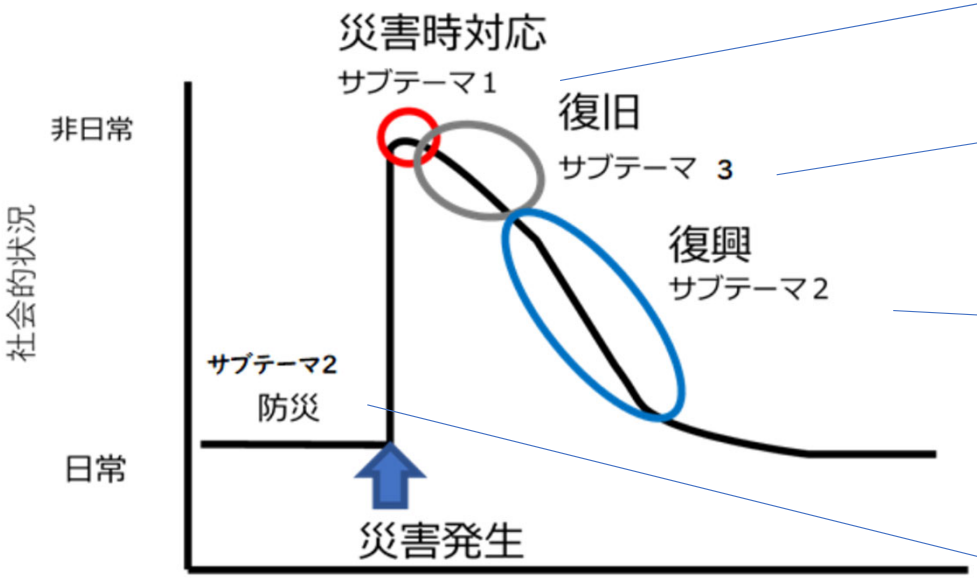
→ 生息地生育地サービス

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（樋口）

- 景観ガイドライン
- 木材・石材の公共事業への利用

→ 文化的サービス

テーマ1：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



災害の社会的状況曲線とサブテーマの関係

生態系サービス

供給サービス（災害直後の自然資源の利用）

文化的サービス（景観ガイドライン、木材利用、石材利用）、供給機能、調整機能

生息・生育地サービス（遊水地、天然林、草原）

調整サービス（自然資源を活用した防災・減災 Eco-DRR）

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

総括と草原水資源、災害直後の自然資源の利用

サブテーマ1　成果①　草原の水資源供給量は樹林より大きい

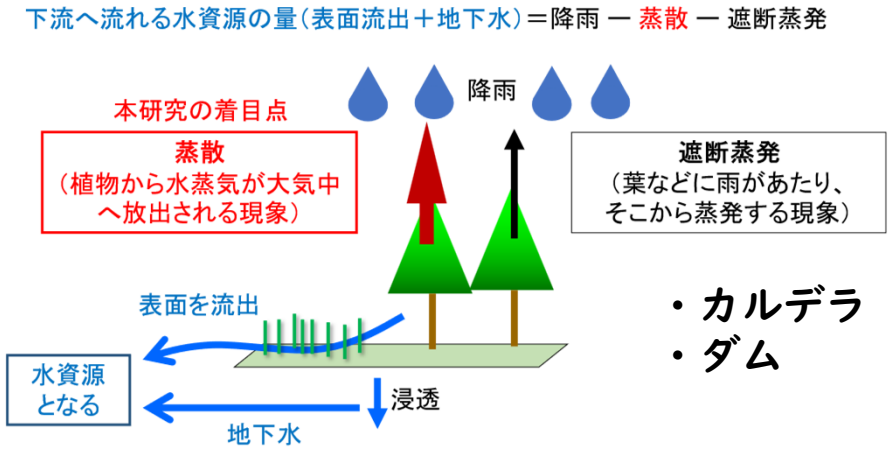
		ススキ（C4）	ササ（C3）	スギ・ヒノキ	ヤシャブシ
年間蒸散量		約130mm	約200mm	約250mm	約200mm　出典1
年間蒸発量	林床面蒸発	ほとんどの期間でLAIが3以上のため、寄与は限定的（ゼロに近い）			
	遮断蒸発	スギ・ヒノキより低い と考えられる	スギ・ヒノキより低い と考えられる	8～13%　出典2	スギ・ヒノキより 若干低い
年間蒸散・蒸発量		ススキ ＜ ササ ＜ ヤシャブシ ＜ スギ・ヒノキ			

すべてススキ草原の場合 ＞ すべて森林（スギ・ヒノキ）の場合

年間300から400mm程度は、蒸発散量に差があると考えられる

但し、ススキの遮断蒸発量については今後研究が必要

樹液流の測定



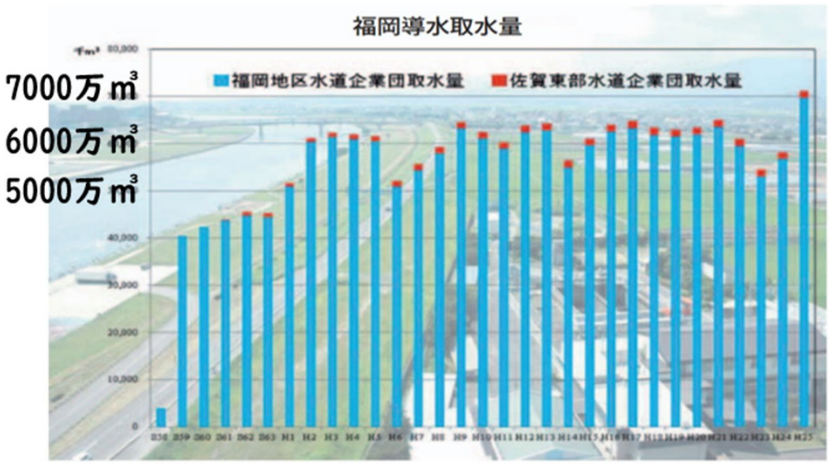
・カルデラ
・ダム

サブテーマ1　成果①　水源涵養は都市圏、有明海、農業に対して重要であり、地域循環共生圏として重要

有明海のノリが色落ちした時に、ダムから緊急放流　120～3000万㎥

表1　松原・下筌ダムによる緊急放流実績

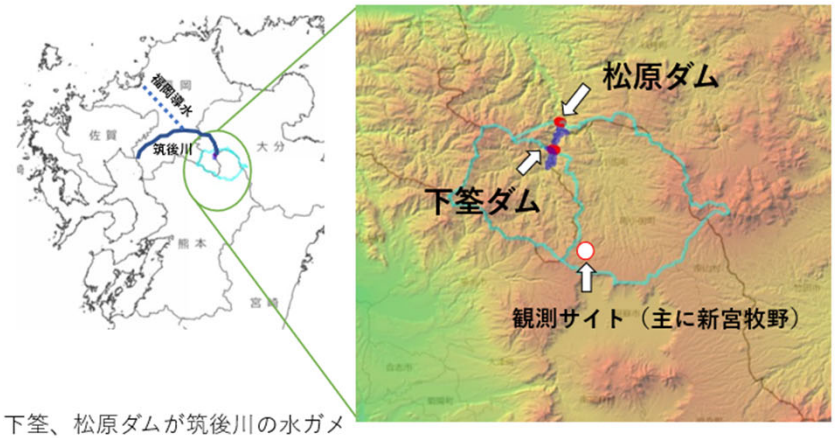
平成7年1月～2月	瀬ノ下流量 40 m³/s を確保	約 2,000 万 m³
平成8年1月～2月	瀬ノ下流量 40 m³/s を確保	約 3,000 万 m³
平成11年3月	瀬ノ下流量 40 m³/s を確保	約 500 万 m³
平成15年1月～2月	瀬ノ下流量 40 m³/s を確保	約 610 万 m³
平成17年11月	瀬ノ下流量 45 m³/s を確保	約 120 万 m³



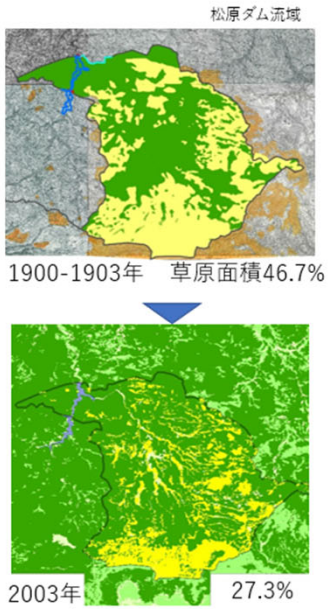
福岡都市圏に導水する水は年間6000～7000万㎥

阿蘇・草原の水資源への貢献はいかほどか

阿蘇の草原面積は減少し、樹林化が進む。
草原が水資源をどれほど供給しているか、価値を明らかにしたい。
福岡の水がめである下筌・松原ダムの流域を対象として調査。



下筌、松原ダムが筑後川の水ガメ



2003年の草原がすべて樹林に変わった場合、
蒸散のみ1090万㎥/年
遮断込み　2500-3400万㎥/年の差

研究課題2－1で阿蘇カルデラの地下水と熊本都市圏の地下水がつながっている、カルデラの地下水涵養が白川を通して、地下水涵養
1億㎥

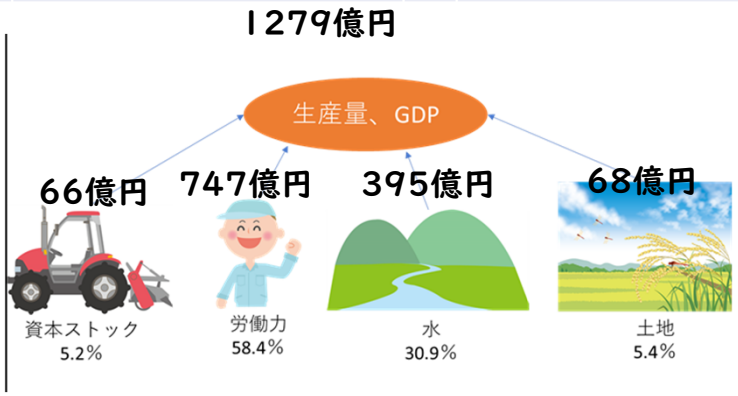
サブテーマ1　成果①　水源涵養は都市圏、有明海、農業に対して重要であり、地域循環共生圏として重要

インプットデータ
- 産業に対する水・土地の寄与率を算出し、産業連関表を作成する
- 農業GDPの経年変化に対して農業用水の利用と耕作地面積がどのように変化したか

応用一般均衡モデル
1. 企業の利潤最大化
2. 家計の消費効用最大→最適化
3. 技術力、労働力、水資源の量といったパラメータ変化を動学条件に加える

福岡県	通常の産業連関表の付加価値額（%）	水・土地含む産業連関表の付加価値額（%）
資本	39,200 (30.6)	6,638 (5.19)
労働	30,490 (23.8)	74,796 (58.48)
その他	58,210 (45.5)	
農業用水		39,572 (30.94)
耕作地		6,894 (5.39)
合計	127,900	127,900

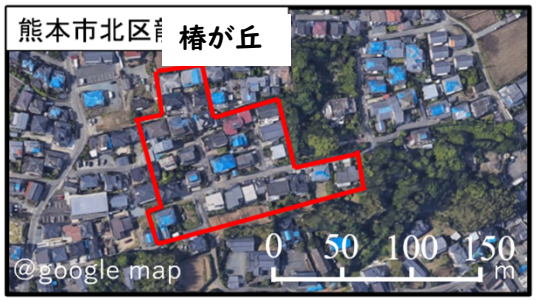
結果
- 福岡県の農業経済に対して、水の寄与は30.9%



現在と同規模の経済活動を維持するためには
水がより希少になり今後価値が高まっていく

サブテーマⅠ　成果②　自然の水・自然資源由来の食糧は災害直後のレジリエンスにの向上に寄与

	両併地区	椿が丘地区
対象世帯数	20～30世帯程度	25世帯程度
地域特性	農村地域	都市郊外住宅街
年齢層	少子高齢	少子高齢
震災	家屋被害等	家屋被害等



・同程度の規模のため比較しやすい

水

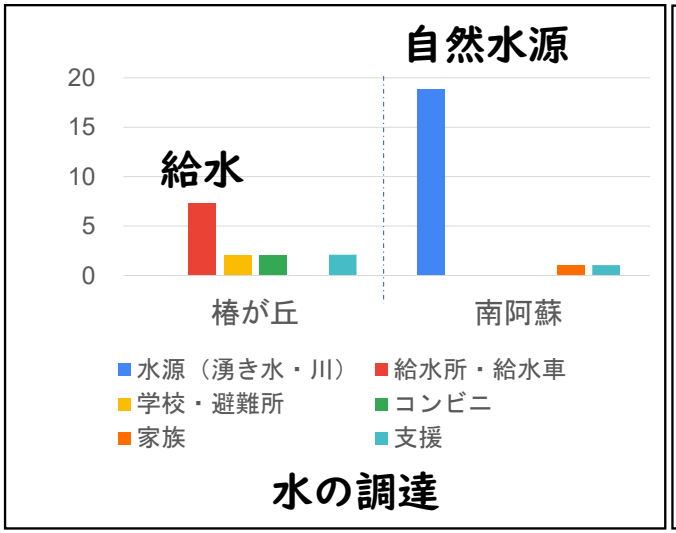
家庭での備蓄量に限界
湧水・小川⇒無限
どこにあるか知っている

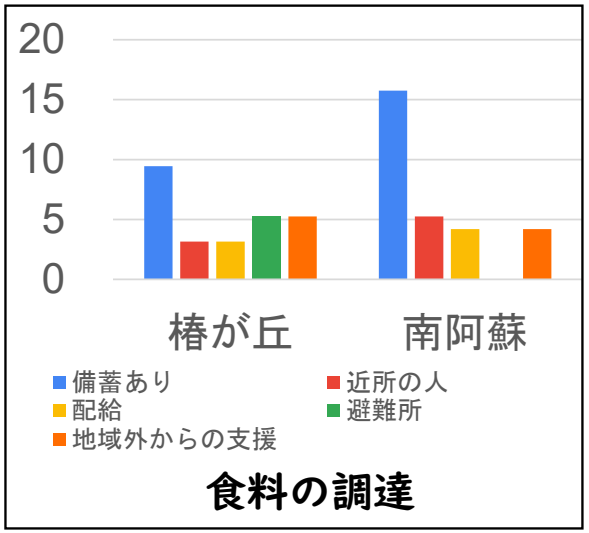
食料

量的に：南阿蘇＞熊本市
活用力：南阿蘇＞熊本市

結論

自然資源の利用は災害発生時のレジリエンスを高める
量と活用力（コミュニティ力）が重要





食料に関して備蓄はあったが使えなかった項目平均の割合

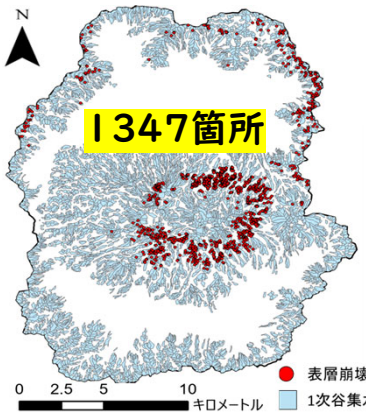
椿が丘：38% >> 南阿蘇：2%

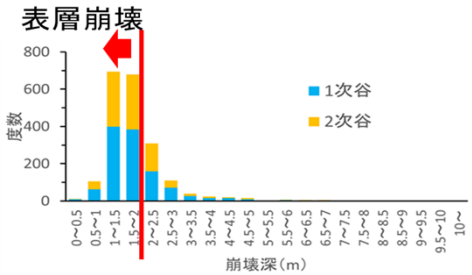
サブテーマ２

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

成果①　斜面崩壊リスク・緩衝林の評価

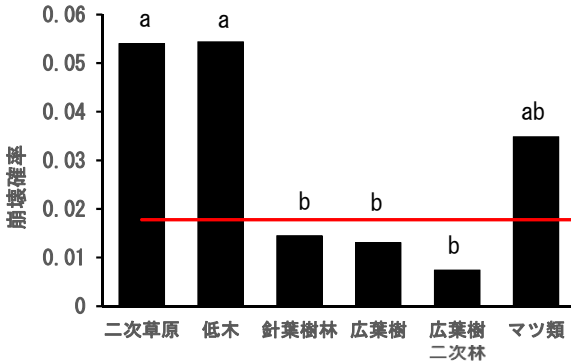
対象データ：平成24年九州北部豪雨災害

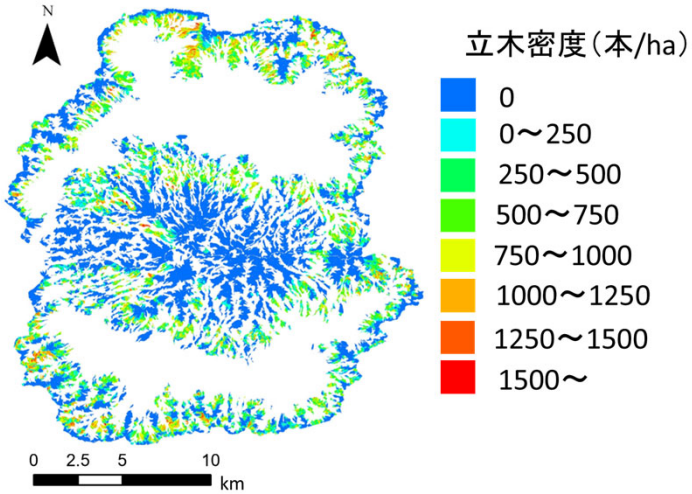


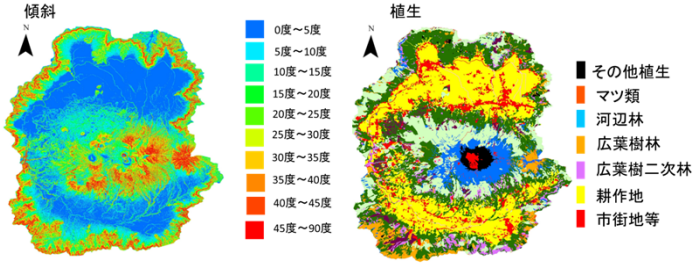


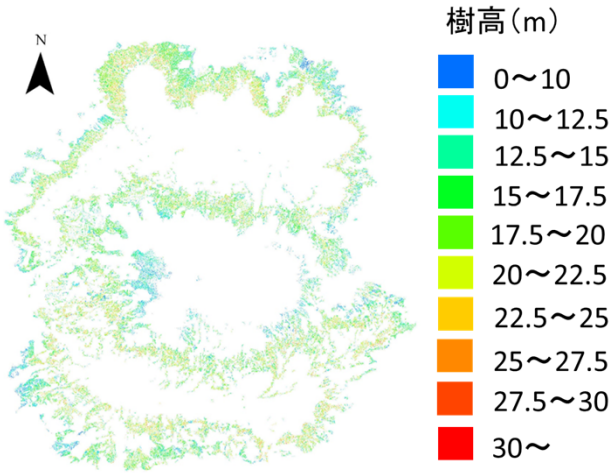
■脆弱な火山地域であっても樹木の斜面崩壊抑制が認められる➡ 森林の機能を活用した減災

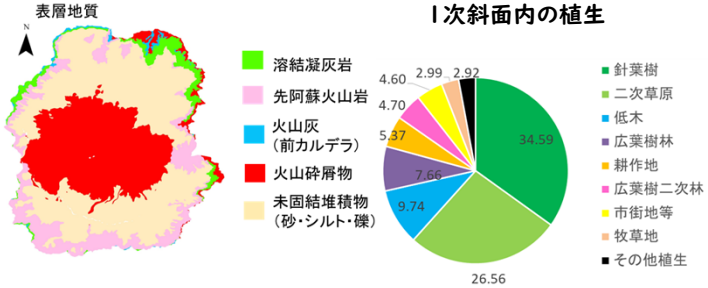
針葉樹、広葉樹、広葉樹二次林>二次草原、低木











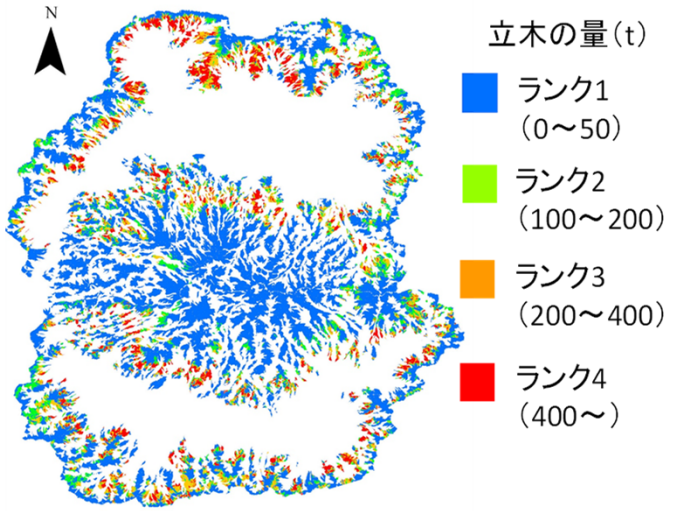
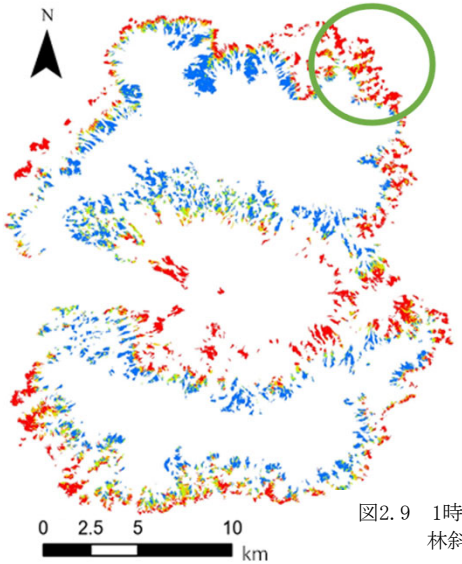


図4　立木の量

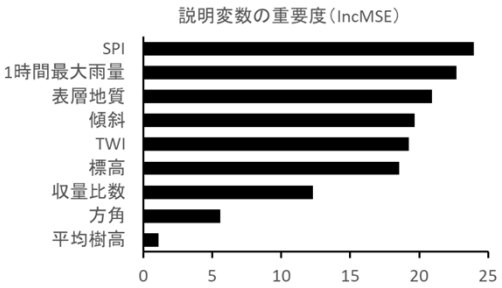
成果①　斜面崩壊リスク・緩衝林の評価



ランク1（とても低い）
ランク2（低い）
ランク3（高い）
ランク4（とても高い）

ランク	ランクの範囲
とても低い	min ＜ p ≦ c*0.5
低い	c*0.5 ＜ p ≦ c
高い	c ＜ p ≦ c*2
とても高い	c*2 ＜ p ≦ max

図2.9　1時間最大雨量120㎜における針葉樹林斜面の崩壊リスク予測結果

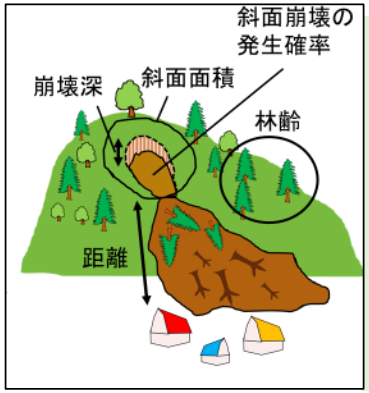


■緩衝林（暴露低減）の配置

平成24年九州北部豪雨及び平成28年熊本地震を対象に空中写真を用いて評価

⇒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機能している可能性（既往知見と一致）

下流への災害リスク評価へ



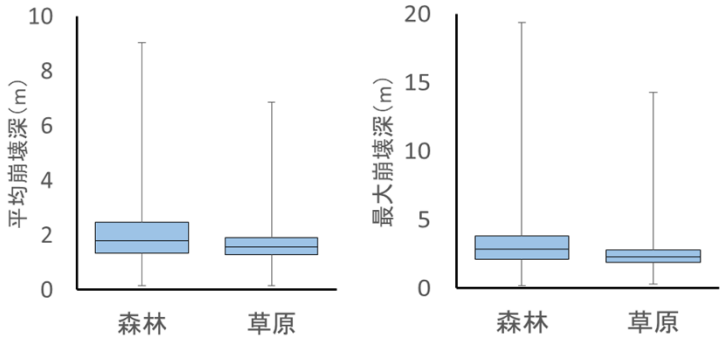
＋崩壊土砂量
（面積×崩壊深）

＋流木量（樹木密度、樹高）

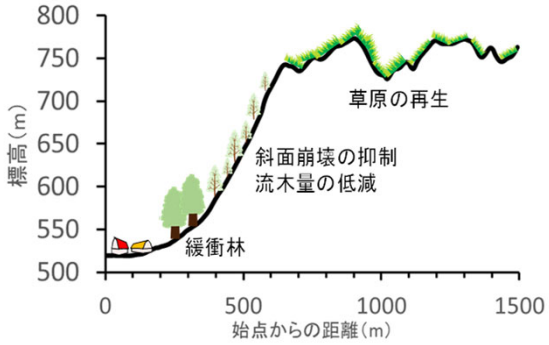
＋下流の土地利用
（集落や水田までの距離など）

を考慮し災害リスク評価を行う

■森林、草原の崩壊深



崩壊深：　森林　＞　草原
（九州北部豪雨災害及び熊本地震）
⇒崩壊土砂量は多く、流木が加わることで被害はより甚大



成果② 治水＋生物多様性機能の強化策

①自然地形と氾濫リスクの関係性評価

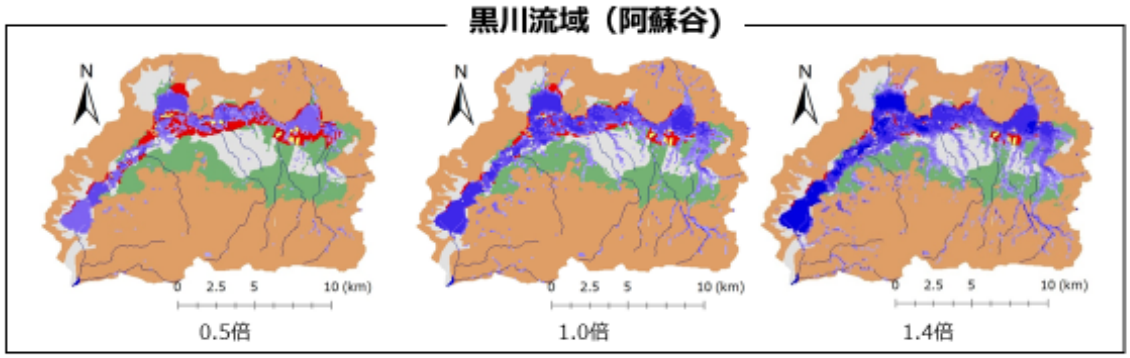
結果　阿蘇谷と南郷谷の比較

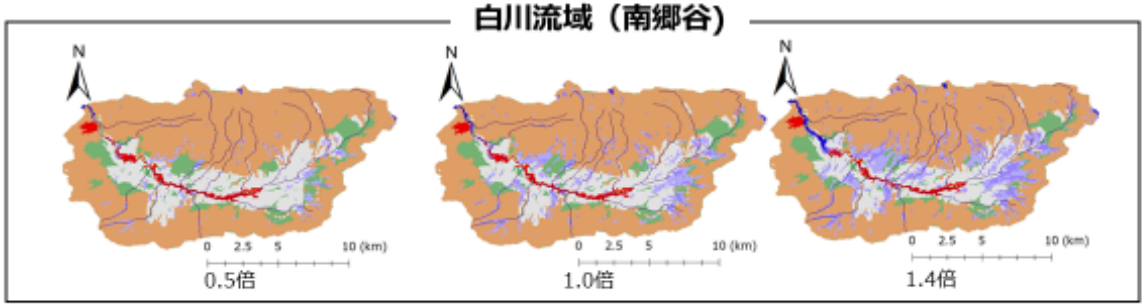
浸水深(m)
3.5
0

阿蘇谷と南郷谷では浸水の形態が大きく異なる

黒川流域（阿蘇谷）：**黒川沿いの谷底平野**が浸水・拡大、その後支流が浸水

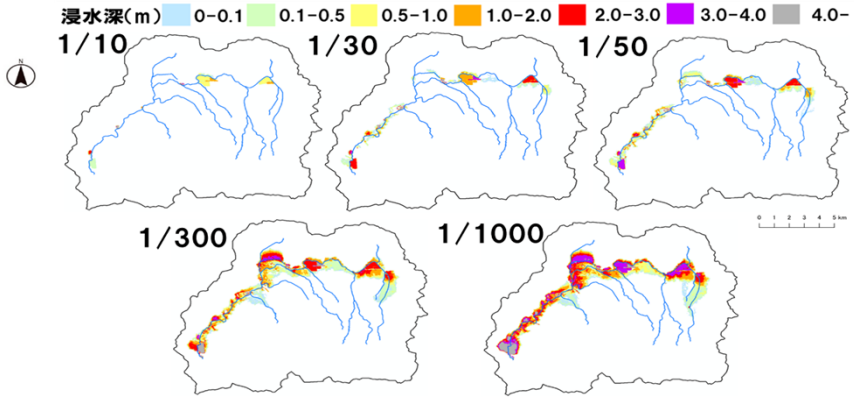
白川流域（南郷谷）：**支流沿いが浸水・拡大**、白川沿いは下流のみで局所的

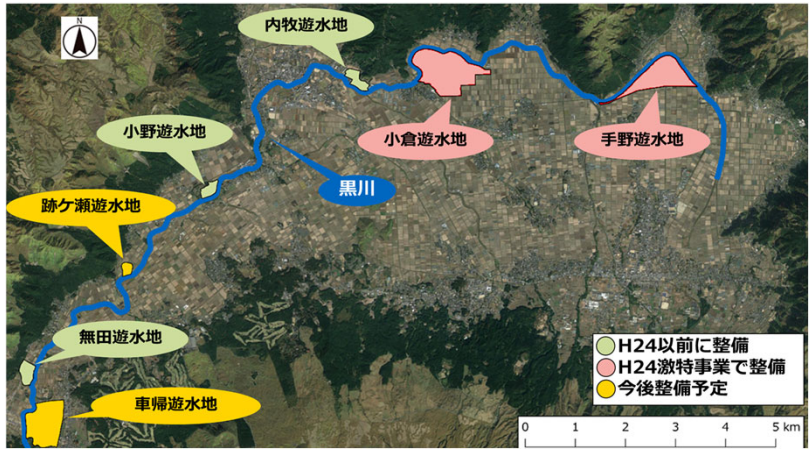




②氾濫予測（現況対策＋計画2遊水地

- 1/30を超える降雨で氾濫が生じ、浸水被害は回避できない
- 下流へのピークカット量は60m³/s程度





成果② 治水＋生物多様性機能の強化策

③遊水地・水害防備林・横堤などを用いた治水効果の評価

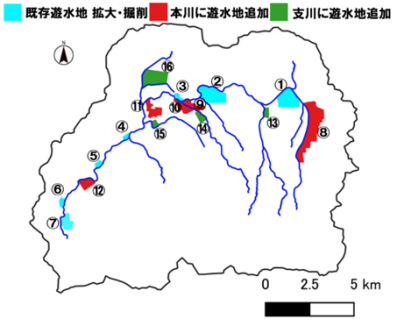
既存遊水地拡充案
①②③④⑤⑥⑦

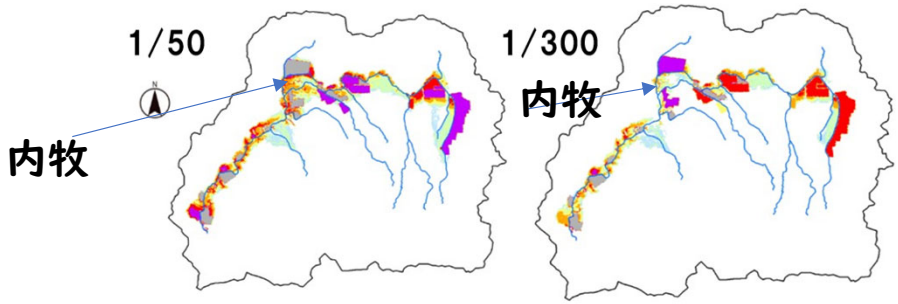
本川遊水地
⑧⑨⑩⑪⑫

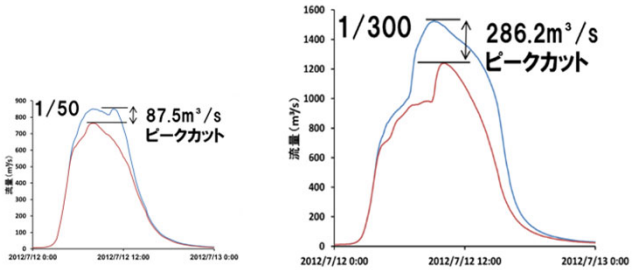
支川遊水地
⑬⑭⑮⑯

九州地方整備局：複数の治水対策案の立案及び治水対策案の抽出について（白川流域）
面積拡大,掘削案・場所を選定

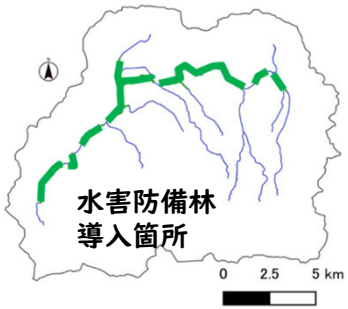
2012年九州北部豪雨の降雨での計算時に本川合流前地点でのピーク流量が200m³/sを超えるような支川を選定



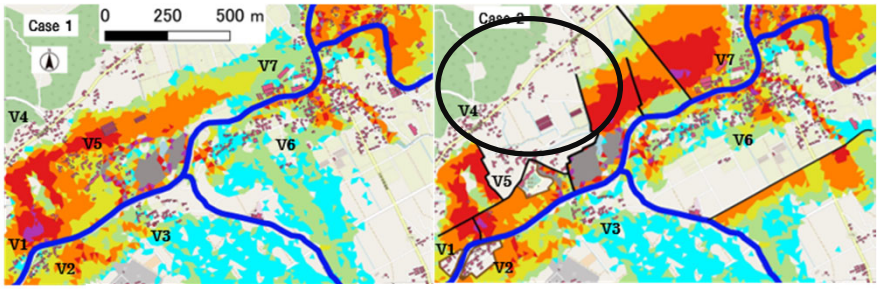




- ◆ 1/50では浸水域が内牧を除いて遊水地内に限定される
- ◆ 1/300において内牧では浸水深が1～2m→0.5m程度に減少
- ◆ ピークカット量は1/50,1/300,1/1000でそれぞれ87.5,286.2,522m³/sとなる



・水害防備林→家屋流出戸数が33%減少



現況　　横堤設置

・横堤・輪中堤→集落の浸水被害は回避することができるが
上下流バランスの検討が必要

成果② 治水＋生物多様性機能の強化策

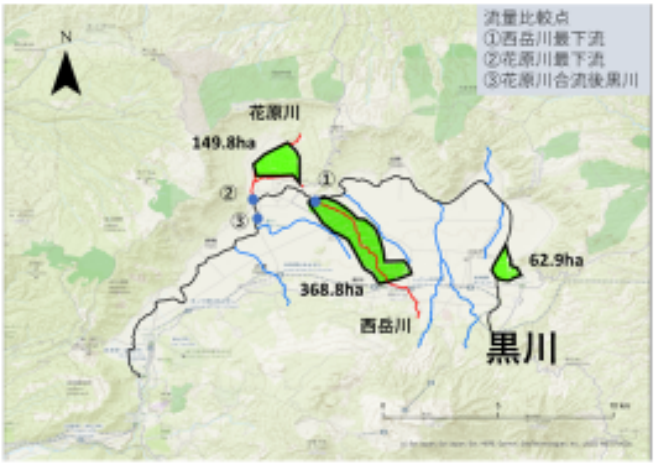
④ 田んぼダムの治水効果の評価

田んぼダムの価値
➡防災意識の向上、地域防災力の強化
➡下流域の被害軽減、地下水涵養機能の強化 ➡下流域への想い
防災力の強化、
行政―住民、流域間連携のツール

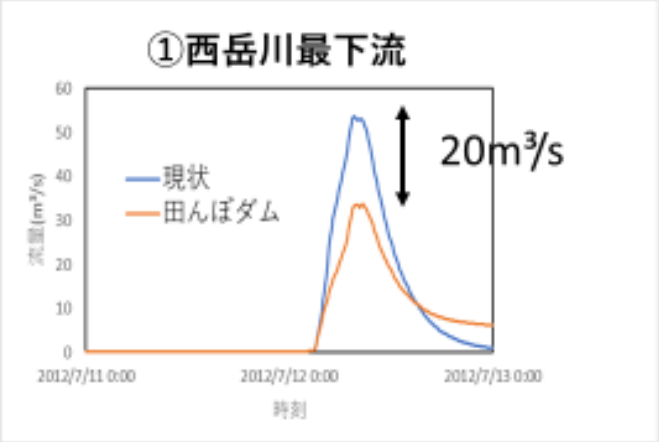
南阿蘇村と連携し試験導入

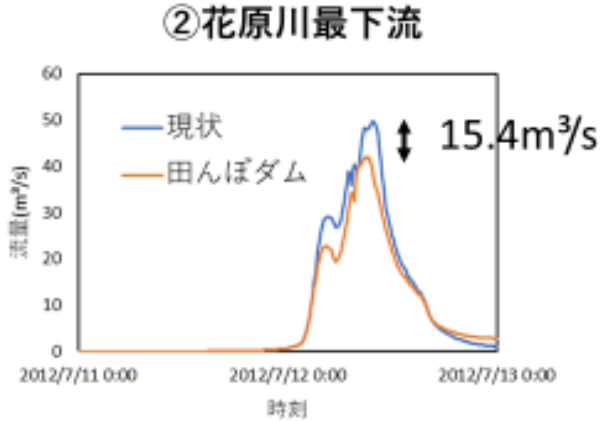
各地点における流量 1/50（2012九州北部豪雨波形）

田んぼダム実施地域



流量比較点
①西岳川最下流
②花原川最下流
③花原川合流後黒川

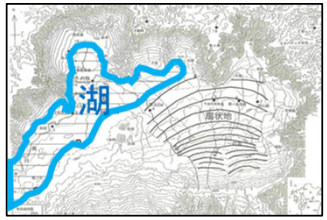




成果② 治水＋生物多様性機能の強化策

⑤遊水地を活用した生物多様性機能の強化

■重要種27種を含む357種確認、氾濫原依存種の生息場として機能、ただし、効率優先の土砂植生管理が実施



9000年前の阿蘇谷（長谷川他（2010））

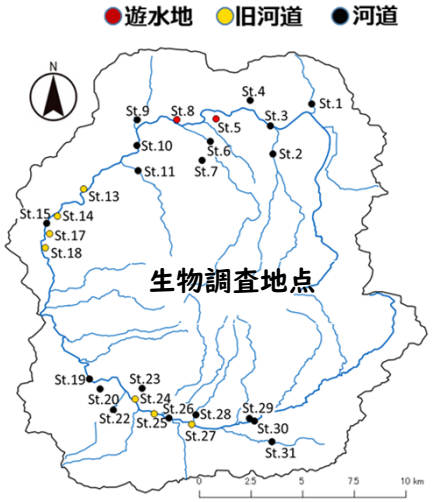
遊水地＝かつての氾濫原環境を再生➡
生物多様性の保全機能の強化

無田遊水地

手野遊水地

小倉遊水地

湧水や地下水により水域が形成



■環境教育読本作成

旧河道➡遊水地計画反映

オヤニラミ（環境省絶滅危惧ⅡB）の生息が継続できる遊水地の設計をしていただくよう行政（県）及び設計コンサルタントに説明（2020.5）

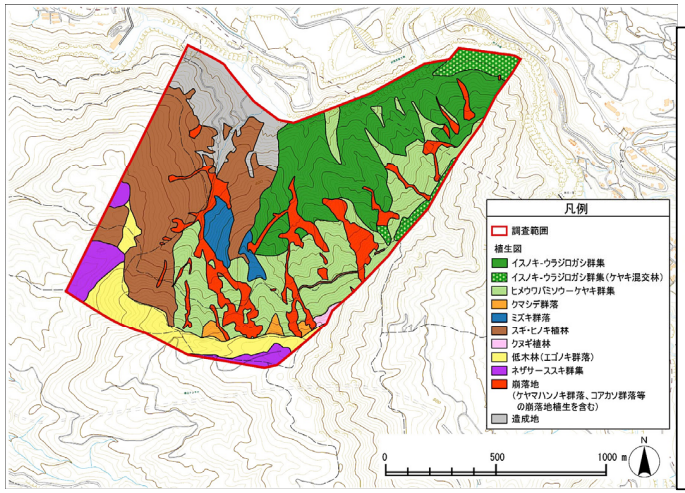
➡ これを保全した遊水地計画が立案

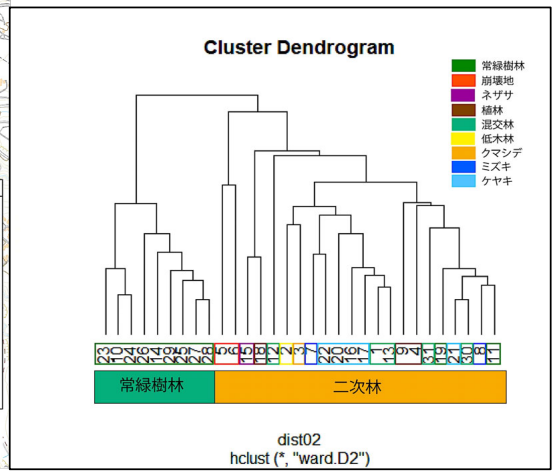
熊本県資料より

成果③ 生息生息地サービス かく乱

周期的な撹乱による植生の変化

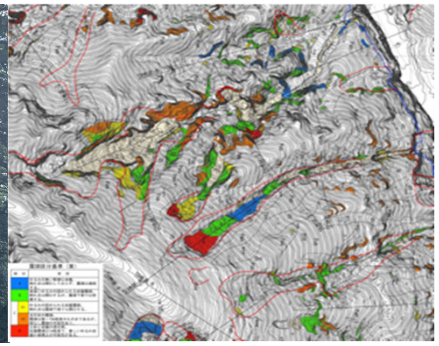
北向谷原生林の中にモザイク状に存在する二次林は、繰り返し起こる撹乱によるさまざまな遷移段階から成立している。二次林といえども自然植生であり、北向谷の原生林はその中にさまざまな遷移段階の二次林が存在する動的平衡状態にあること、またさまざまな遷移段階が含まれることにより、相乗的な生物多様性が維持されていることが示された。





北向谷原生林の斜面上部は頻繁な撹乱によって，
いくつかの遷移段階を示す二次林となっている．

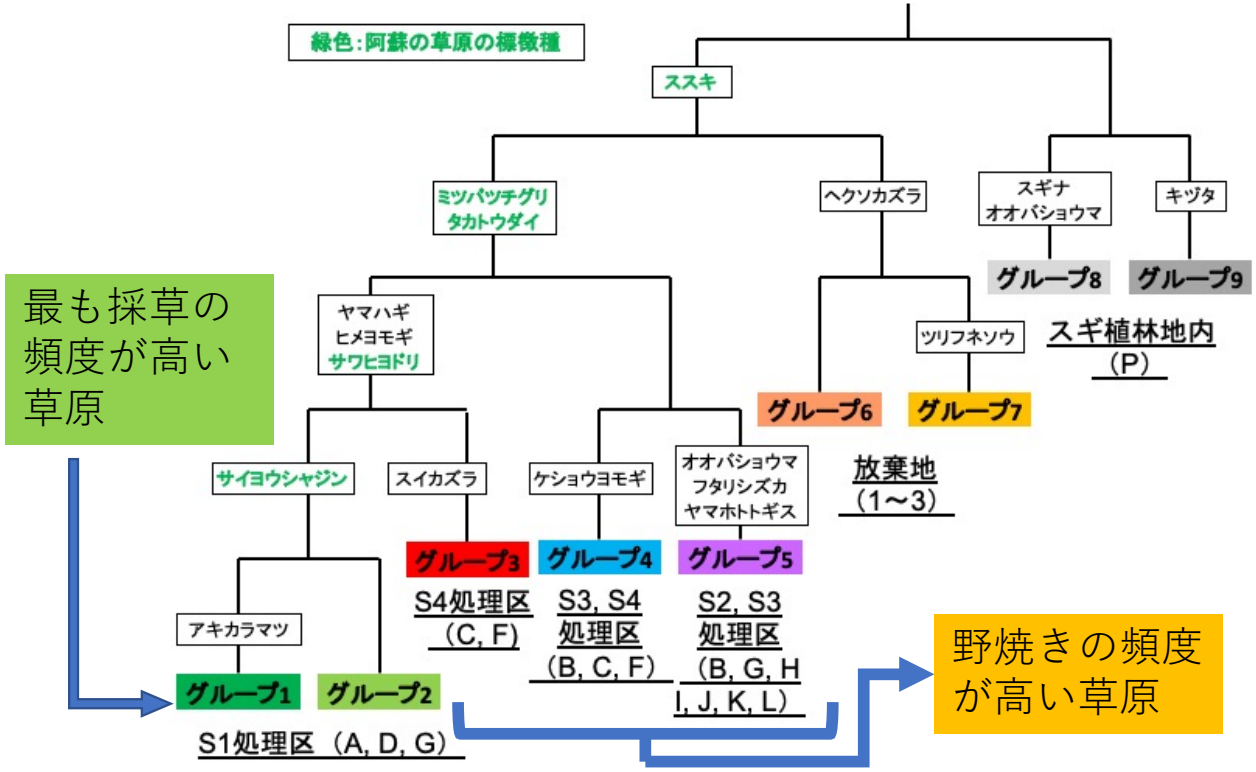
斜面上部が崩壊しやすい溶岩層となっており，
撹乱頻度に影響していると考えられる．



成果③ 生息生息地サービス かく乱

阿蘇の草原における人為的攪乱と生物多様性の関係性の解明

阿蘇の高森町野尻において、採草と野焼きの頻度が異なる草原を利用して、植生調査を行い、クラスター解析を行うことによって、採草・野焼きといった人為的攪乱の頻度によって成立する草原が異なることが明らかとなった。



採草と野焼きの頻度によって左図のように、異なる種組成の草原が成立していることが分かった。阿蘇の草原における種多様性を高めている要因の一つに、草原維持のための人為的攪乱の頻度の違いが関係していると考えられる。

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

自然災害の頻発化・激甚化

▼

文化的サービスの質に無配慮な公共土木工事
=災害の度に文化的サービスの質が低下

▼

災害復旧を文化的サービス強化の機会として捉えた
一般的な災害復旧手法とは異なる
創造的復興型アプローチの創出の必要性

▼

文化的サービスを考慮した
国立公園内の災害復旧
景観ガイドラインの作成

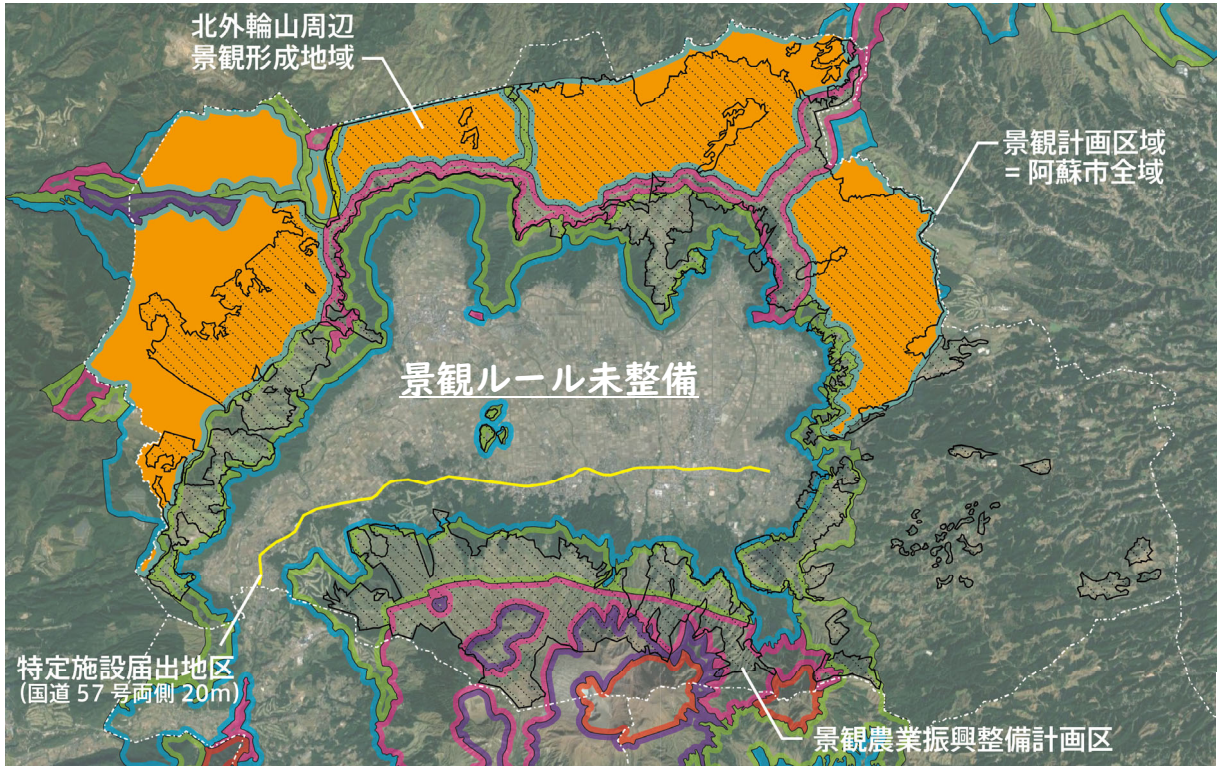
▼

公共事業における
自然資源・循環資源の
活用手法の提案

成果①　景観ガイドライン

国道事務所，県土木事務所，市町村土木関連部署へのヒアリング，環境省主催の行政関係者他の意見交換会から明らかになったこと

- 大規模災害復旧事業では緊急性を優先。景観への配慮　事後に別途実施するかどうか検討。
- 河川，道路等の維持管理業務担当者には阿蘇の景観の特殊性に配慮すべきとの意識は存在。具体的方針やマニュアルは存在せず，担当者個々の判断による部分が大。
- 砂防・治山分野も，景観の特殊性への認識はあるが，具体的な対策は試行錯誤段階。
- 環境省も含め国・県・市町村の間で，横断的なルールの必要性を感じている職員は多いが，具体的な取り組みは進んでいない。
- 地元市町村の景観計画は世界文化遺産に向けた動きに合わせ県のリードで急遽整備。表層的記述のみで実効性なし。



世界文化遺産候補地にはカルデラ床部分も含まれるが，阿蘇谷，南郷谷とも具体的な景観関連の規制は自然公園法普通地域の規制と景観農振の規制のみで，カルデラ床部分をカバーするルールが未整備

カルデラ床部分を中心に，関係行政間で共有された
景観コントロールのガイドライン確立が急ぎ必要

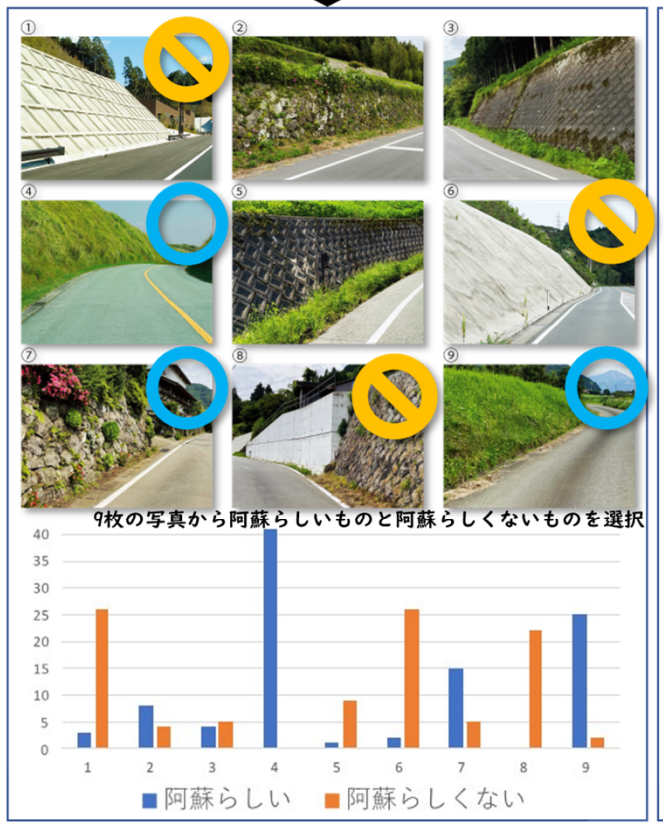
成果①　景観ガイドライン

阿蘇の現状についての客観的な市民意識を把握するため観光客600人へアンケートを実施

・コンクリートを用いたものは「阿蘇らしくない」との評価が大

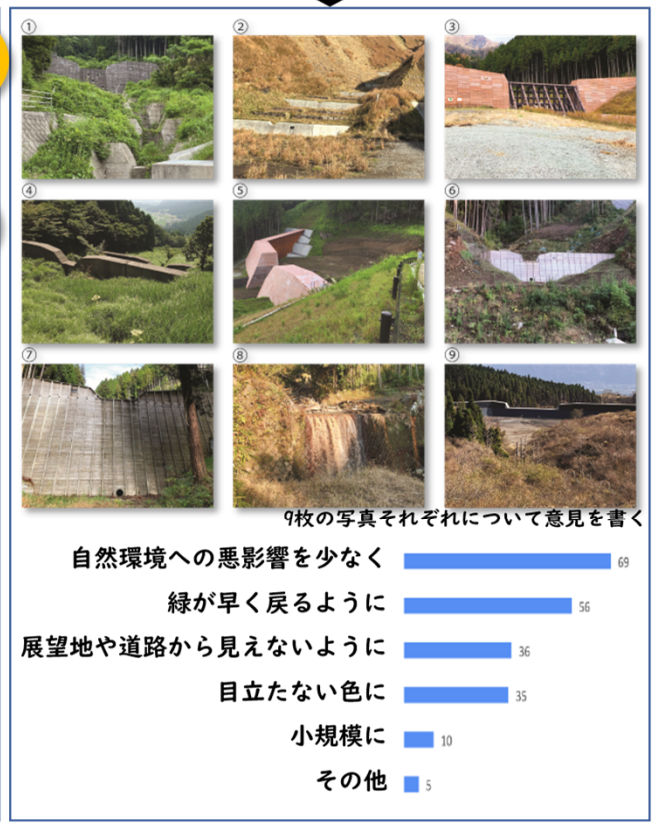
・歴史的な石積みや緑で覆われたものは「阿蘇らしい」との評価が大

アンケートの一例「道路法面について」
高評価：石積や緑　低評価：コンクリート



アンケートの一例「川の護岸について」
高評価：石積や緑　低評価：コンクリート

アンケートの一例「砂防・治山施設について」
自然との調和を求める意見が多い



成果①　景観ガイドライン

景観ガイドライン案の構成

第一部：阿蘇国立公園における景観設計の基本的な考え方
　1.阿蘇の景観保全にまつわる歴史
　2.地域にとって「風景」を良くすることの価値と必要性
　3.現行の土木構造物が阿蘇にもたらしている課題
　4.地域循環共生圏の考え方を取り入れた土木構造物のあり方
第二部：エリア別の景観特性と課題
第三部：工種別の景観設計上の課題と方針
　1.牧野系
　　牧野道・牧柵
　2.治山系
　　斜面崩壊防止工・谷止工（治山ダム）・山腹工
　3.河川系
　　護岸工、護床工・砂防工、工事用道路・遊水池・橋梁
　4.道路および道路付属物
　　道路法面工・標識、案内板・落石防護工
　5.農地系（農地復旧、水路復旧）
　　農地法面・水路工
　6.集落系
　　宅地造成、宅地復旧
第四部：阿蘇の風景を守っていくために（提言）
　1.官民一体の合意の必要性
　2.国立公園総合型協議会とビジョンの働き
　3.関係する計画のアップデートについて

基本としている考え方

- 祖先たちの手で守られてきた田園景観に内在する「作法」を大切にする
- 工作物は出来るだけ目立たないように配慮する
- 石材や木材などの地域循環資源を有効に活用する
- CO2排出を抑制し地球環境に優しい手法を用いる
- 地域経済に貢献する仕組みを盛り込む

第三部の構成イメージ（例：河川護岸）

成果②　木材・石材の公共事業への利用

石積みと木製レールの　地域内循環率・CO2排出量

	コンクリートブロック擁壁	石積み擁壁
1m²事業費	20,000円	26,000円
地域内の支払金額	6,300円	17,200円
お金の地域内循環率	31%	64%
製造・据付の過程で排出されるCO2の環境コスト	1,500円	1,000円以下

	鉄製レール	スギ製レール
長さ1m当たりのレールコスト	8,000円	8,000円
事業費のうち地域内の支払い残額	0円	8,000円
お金の地域内循環率	0%	100%
製造・据付の過程でのCO2の排出量	40kg	-40kg

成果②　木材・石材の公共事業への利用

阿蘇固有の石積みは重要な歴史的・文化的資産，風景構成要素であることを確認
補修・修復等に必要な地元の石材を地域循環資源として確保するストーンバンクを提案

阿蘇地域に無数に存在する地元の石材を用いた石積み構造物

阿蘇地域には、長い歴史の中でストックされてきた無数の石造構造物が存在

▼

火山活動由来の地の石材を用い地域の作法で組まれた阿蘇の歴史的・文化的資産

▼

これらの補修・復元・新設には石が必要
現在国立公園内での営利採石は不可

▼

災害や公共事業で発生する石材は貴重な地域資源　地域内循環の理念にも合致

▼

これらの石材を有効活用するメカニズムとして「阿蘇ストーンバンク」を提案

工事発生石材等をストックし、地域内の公共事業等で石積みを行う際に無償で資材として提供。実現に向けて関係機関との議論を開始。

阿蘇ストーンバンクによる地元石材の地域循環資源化のイメージ

南阿蘇村の某建設会社が所有する土捨て場。外壁として空積みの石垣が積まれている。阿蘇では砂防工事他で常時大量の石が出るため、こうした土捨て場が多数存在している。

成果②　木材・石材の公共事業への利用

未利用の森林資源を地域循環資源として活用する可能性を検討
スギ大径木の新たな活用方法「木製ガードレール」を提案、その効果を検証→可能性あり

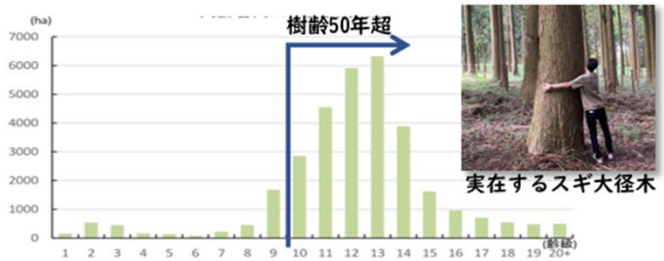
戦後の拡大造林でスギ・ヒノキ林が急拡大

▼

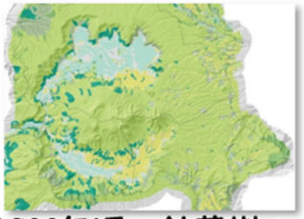
伐採・活用されないまま大径木に成長

▼

未活用の貴重な地域循環資源



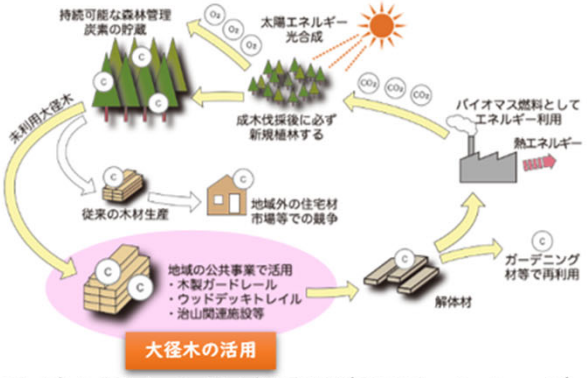
スギの樹齢別森林面積(7市町村内)
樹齢50年超の大径木が過半を占めている



1900年頃の針葉樹の分布(濃緑色部分)

2018年現在の分布
戦後の拡大造林で急増

大径木に適した新活用案として木製ガードレールのFSを実施 ➡ **実現可能性大**



スギ大径木の地域循環資源化イメージ

市場性のある伐出・加工過程案

観光客アンケート実施→高い評価を得た

八割以上が賛同　循環型社会，温暖化問題への貢献に関心大

金属製ガードレール

木製ガードレール(CG)

胸高直径45cmのスギ丸太から
試作した木製ガードレール

まとめ

・草原は水資源涵養機能が樹林より大きく、水資源の保全の価値が高いことを示した。

・大都市圏、有明海、農業に草原からの水資源は恵みをもたらし、地域循環共生圏を構築しうることを示した。

・水、農産物などの自然資源は災害直後の災害レジリエンスを高めるのに有効（グリーンレジリエンス）であり、量と活用力が重要であり、施策への展開が求められる。

・緩傾斜樹林、水害防備林、横堤、田んぼダムなどのEco-DRR手法は災害リスクを低減する創造的復興手法としての有効性を示した。

・遊水地は生物多様性の保全にとっての価値があり、創造的復興手法としての有効性を示した。

・景観ガイドライン作成し、景観の価値を保持する手法を提案した。

・公共事業への石材、木材の利用は経済地域循環率、CO2削減、景観上有効な手段としての価値創出を行い、創造的復興の手法として有効であることを示した。

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）

阿蘇草原に関する科学的知見が活用（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への参加、知見の提供

・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）における成果の報告

・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にて、石材・木材のインフラ活用、

景観ガイドライン等）を提供

・熊本県との遊水池の維持管理、設計時の配慮について協議・合意

＜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

・ストーンバンクのメカニズムについて、成立可能性について地元自治体と共に議論を進めていくことを予定

研究目標の達成状況

「目標を大きく上回る成果をあげた」

理由
①当初目標としていた研究成果がほぼすべて達成できた。

②研究成果の政策への反映が環境省、熊本県、南阿蘇村などにすでに始まっている。この点は特に予想を大幅に上回っている。

研究成果の発表状況

査読付き論文　10件

主なもの

1) S. MANAGI, and G. HALKOS: Journal of Forest Economics, 35 (2) Natural Capital and Ecosystem Service: Sustainable Forest Management and Climate Change, 2020.
2) I. A. JUMBRI, and S. MANAGI: Global Sustainability, 3, E5 Inclusive Wealth with Total Factor Productivity: Global Sustainability Measurement, 2020.
3) 平岡和真,　寺村淳,　田浦扶充子,　大津耕太,　島谷幸宏：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, 土木学会論文集 F6（安全問題）77 (2), I_84-I_90, 2021.
4) Arachchi, J. I., & Managi, S. Preferences for energy sustainability: Different effects of gender on knowledge and importance. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 141, 110767. (IF: 14.982) ,2021.
5) Halkos, G., S. Managi, and K. Tsilika. "Ranking Countries and Geographical Regions in the International Green Bond Transfer Network: A Computational Weighted Network Approach", Computational Economics. (IF: 1.876) ,2021.
6) Kurniawan, R., Y. Sugiawan, and S. Managi. "Economic growth - environment nexus: An analysis based on natural capital in inclusive wealth", Ecological Indicators 120: 106982. (IF: 4.958) ,2021.
7) Tolliver, C., H. Fujii, A. R. Keeley, and S. Managi. “Green Innovation and Finance in Asia”, Asian Economic Policy Review 16 (1): 67-87. (IF: 1.455) ,2021.
8) Tsurumi, T., R. Yamaguchi, K. Kagohashi, and S. Managi. "Are cognitive, affective, and eudaimonic dimensions of subjective well-being differently related to consumption? Evidence from Japan", Journal of Happiness Studies. (IF: 3.852) ,2021.
9) 岸上 祐子, 馬奈木 俊介：サーキュラーエコノミーからの新国富の上昇：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.
10) 山下大佑, 皆川朋子：浅田寛喜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、土木学会論文集B1(水工学) Vol.75, No.2, I_61-I_66, 2019.

査読付き論文に準ずる成果発表	0件
その他誌上発表（査読なし）	1件
口頭発表（学会等）	20件
「国民との科学・技術対話」の実施	10件
マスコミ等への公表・報道等	4件
本研究に関連する受賞	0件