

国内茅葺建造物の屋根材料に関する LC システム分析
—システム境界設定に基づく茅材料生産の炭素固定性状—
LC SYSTEM ANALYSIS ON ROOFING MATERIALS FOR DOMESTIC THATCHED
BUILDINGS—CARBON FIXATION PROPERTIES OF THATCHING MATERIAL
PRODUCTION BASED ON SYSTEM BOUNDARY SETTING—

猶木彩笑
Sae Naoki

Domestic thatching technology tends to decline due to factors such as "high construction costs" and "long construction period" However, these disadvantages can be mitigated by improving productivity efficiency. In this research, we construct LCAs for vegetable roof materials in thatched buildings , and build a foundation for research and verification to visualize each process and improve the efficiency of production systems. In addition, as part of the investigation and verification in the efficiency of the production system, performance evaluation and verification of production efficiency in carbon fixation of the material production will be carried out.

Keyword : Thatched buildings, Roof material, Plant material, Life cycle, Flowchart, Carbon fixation amount
茅葺建造物, 屋根材料, 植物性材料, ライフサイクル, システム図, 炭素固定量

1. はじめに

近年「茅葺」「茅採取」がユネスコ無形文化遺産に登録されたが、国内の衰退は自明であり、維持費が高いことから茅葺建造物は減少傾向にある。しかしこれらの課題は、ヨーロッパ諸国等にみられる茅葺きに関する情報の可視化によって生産性の効率化を図り、大幅な緩和が可能である。¹⁾²⁾本研究では、茅葺建造物の植物性屋根材料(以下『茅材料』と記述する)における LC(ライフサイクル)システム分析を主軸とし、システムを構成する要素(時間的、空間的)に存在する LC 全体のインベントリ (もの、こと)をデータベース(以下『DB』と記述する)化する。図 1 に研究フローを示す。尚炭素固定に関する分析は、未確定要素が多いため本研究内では、当分野において情報がより明細であり、効果が最も期待できる茅場の土地及び素材中の固定量を分析対象とした。

2. 茅材料に関する事象の国内該当要素及び地域性の条件分析
～2020 年度以前の茅材料に関する実績報告及び既往研究の分析～
LC システム図における項目決定は、国内で該当要素の多い事象及び物が対象となる。本研究では、2020 年時点で掲載されている国内の茅葺に関する研究報告及び文献等の情報及び茅場又は茅葺建造物の所有(又は管理)者、団体や職人等のヒアリングを基に、項目の抽出を行った。

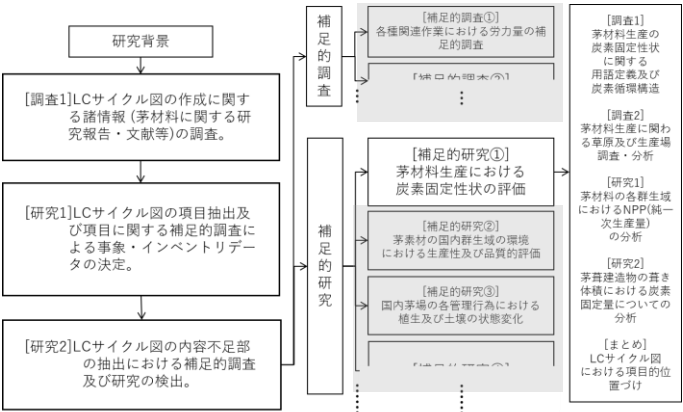
3. 茅材料に関する LC システム図の構成分析

3.1 茅材料の LC システムに関する用語定義

茅材料における LC システムの構築に際し、JIS Q 13315-2³⁾を参考に用語の定義を行う。表 1 に LC システムに関する用語の定義、表 2 に LC システムの項目分類における共通記号の詳細についてまとめる。

3.2 茅材料における LC システム図の作成概要

茅材料における LC システム図の項目決定は、茅材料のライフサイク



：未調査及び未研究箇所

図 1 研究フロー

表 1 茅材料における LC システム図に関連する用語定義

用語	定義
LC システム図	茅材料におけるライフサイクル(生産～供給～消費～腐朽)までの変化において生じる事象を項目化した図。
インベントリデータ	LC サイクル図において考慮すべき事項及びそれに対応する定量的データ。
「事」	茅材料における各種関連の行為及び活動の総称。
「物」	茅材料における各種関連の物及び茅材料で一部構成された物の総称。
システム	各事象に関連するデータを定量化するためのデータ収集及び計算の手順を伴うものを指す。
システム境界	評価対象のシステムとそれ以外との境界であり、どの単位プロセスが評価対象システムに含まれるかを指すもの。
S(ステージ)	茅材料におけるライフサイクルの一定時期の状況を指す。
P(フェーズ)	茅材料におけるステージ内の各段階及び工程を指す。
MP(マインドマップ)	茅材料における LC システム図に対して関連する別の集合要素の構成図。又 LC システム図の作成手法。

ルから生産(production)、供給(supply)、施工(消費)(roof)、修繕(maintenance)の一定時期で分類し、各事象項目を Sp(Stage production)、Ss(Stage supply)、Sr(Stage roof)、Sm(Stage

maintenance)のLCS(ライフサイクルステージ)として決定した。また各ステージの時系列的事象を抽出し、各々の段階的事象をLCP(ライフサイクルフェーズ)として決定した。LCP以降の項目化も同様に、各段階のプロセスを時系列ごとに抽出し、その都度参考資料等の摺り合わせを行い決定した。表3にLCシステム図の構成内容を示す。

3.3 茅材料における生産工程(Sp)の作成
－内容不足部における補足的調査概要－

SpのシステムMPでは茅材料の生産プロセスを基に、茅場(茅材料の生産場)の管理、茅材料の加工工程、乾燥工程、貯蔵工程の4フェーズに抽出した。また各Pのプロセスによって生じる「事」、「物」を時系列ごとに抽出し項目化した。その際、情報不十分のため項目化を行えなかった内容に関して補足的調査を行った。表4に補足的調査の内容及びSpにおける情報不足部の概要をまとめる。図3に作成したSpのシステムMPを示す。

3.4 茅材料における供給工程(Ss)の作成
－2018年度研究を勘案した項目化の検討－

SsのシステムMPでは茅材料の供給プロセスは茅材料の運搬のみの抽出となった。2018年度研究の材料運搬における諸データを基に、P

表4 SpシステムMPの情報不足部における補足的調査及び未調査部の概要

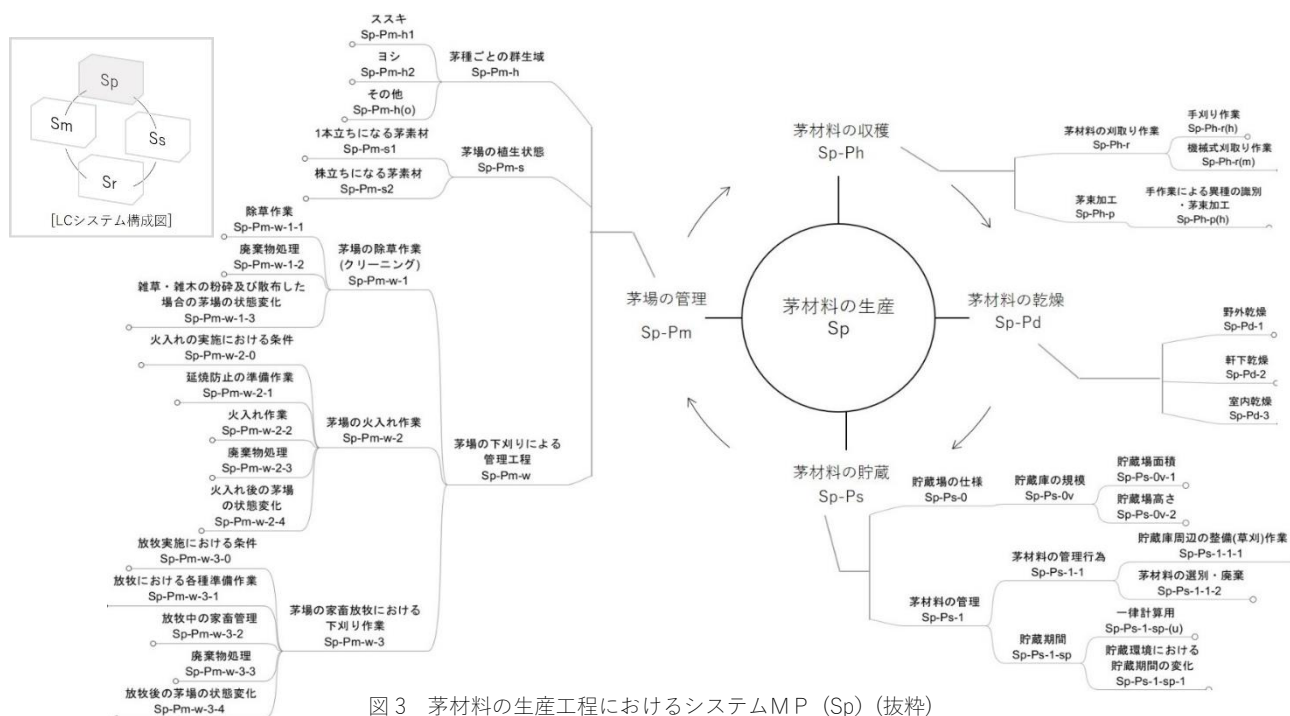
	概要	Spにおける補足部分
補 足 的 調 査 ※ 抜 粋	内容：①茅素材の生態調査、 ②茅刈りにおける人日量調査 実施日：2019/10/27 調査地：福島県茅葺集落内の個人茅場	Sp-Pm-s(茅場の植生状態)
		Sp-Ph-r(茅材料の刈取り作業)
	内容：①茅素材の生態調査、 ②職人へのヒアリング調査、 ③茅刈りにおける人日量調査 実施日：2019/11/3 調査地：山形県個人所有茅場	Sp-Pm-s(茅場の植生状態)
		Sp-Ph-r(茅材料の刈取り作業)
	内容：①茅素材の生態調査、 ②職人へのヒアリング調査、 ③茅刈りにおける人日量調査 ④集落内の茅葺建造物実測調査 実施日：2019/11/15～17 調査地：福島県茅葺集落内の共有茅場	Sp-Pm-s(茅場の植生状態)
		Sp-Ph-r(茅材料の刈取り作業)
		Sp-Ps-0(貯蔵場の仕様)
	内容：①茅材料生産のヒアリング調査 実施日：2020/7/22 調査元：岩手県茅材料生産を収益の一部とする団体	Sp-Ps-1(茅材料の管理)
	内容：①茅素材の生態調査 ②職人へのヒアリング調査 ③茅刈りにおける人日量調査 ④集落内の茅葺建造物実測調査 実施日：2020/10/31～11/1 調査地：福島県茅葺集落内の個人茅場 及び共有茅場	Sp-Ps-0(貯蔵場の仕様)
		Sp-Pm-w-1(茅場の除草作業(クリーニング))
		Sp-Ph-r(茅材料の刈取り作業)
未 調 査 部 分 ※ 抜 粋	概要	Spの対応部分
	ススキ・ヨシ以外の茅素材における生態調査	Sp-Pm-h(茅種ごとの群生域)、Sp-Pm-s(茅場の植生状態)における詳細項目
	茅場の管理及び環境的特徴における茅素材の植生変化	Sp-Pm-s11-c(ec)(茅場の環境的特徴)、Sp-Pm-s11-c,s(state)(茅場の状態的特徴)、他
	茅場の各管理行為における各種人日量の算出	Sp-Pm-w-1-1-1(h)1-(w)(除草作業における人日量)、他
	茅場の各管理行為における状態変化の調査	Sp-Pm-w-1-3e(土壌の状態変化)、Sp-Pm-w-1-3v(植生の状態変化)、他
	茅材料の各乾燥方法における含水量の変化	Sp-Pd-1(野外乾燥)、Sp-Pd-2(軒下乾燥)、他における詳細項目

表2 LCシステム図の項目分類における共通記号の用語定義

項目	記号	意味・定義	
共通分類記号	S	Stage	ステージ
	P	Phase	フェーズ
	(s)	summary	概要、詳細
	(u)	uniformly	一律、
	(e)	each	各々
	(o)	other	その他
	(f)	fit	適合
	(mf)	misfit	不適合
	0～9	数字。項目の名義尺度分類時に使用。	
インベントリデータにおける分類記号	(a)	amount	量
	(w)	workload	人日量
	(c)	cost	費用
	(ec)	environmental characteristics	環境特性
	(EA)	Environment Assessment	環境影響、環境影響評価
その他	(h)	human	手作業、手動
	(m)	machine	機械作業、機械式
	(t)	tool	道具、工具
	未調査	未調査部分。情報が不十分のため項目化できない箇所。	
	●	データ更新が必要、再調査対象の項目。	
項目の分割記号	-	hyphen	「事」を項目分けする又は事象や物等の異なる項目同士を同じレベルで分ける場合に設ける記号。
	,	comma	項目分けてアルファベット同士が並ぶ場合、相互間に設ける記号。
表記例			
SO-PO-O-O12-O,O,O...		備考：O...分類記号、「12」は「項目1の項目2」の意。	

表3 LCシステム図の構成内容(一部抜粋)

LCS項目		LCP項目		詳細項目	
Sp	茅材料の生産	Sp-Pm (Phase management)	茅場の管理	Sp-Pm-h(habitat)	茅種ごとの群生域
				Sp-Pm-s(state)	茅場の植生状態
				Sp-Pm-w(weeding)	茅場の下刈りによる管理工程
		Sp-Ph (Phase harvest)	茅材料の収穫	Sp-Ph-r(rearing)	茅材料の刈取り作業
				Sp-Ph-p(processing)	茅束加工
		Sp-Pd (Phase dry)	茅材料の乾燥		
		Sp-Ps (Phase storage)	茅材料の貯蔵	Sp-Ps-0	貯蔵場の仕様
Ss	の供給材料	Ss-Pt (Phase transport)	茅材料の運搬	Sp-Ps-1	茅材料の管理
Sr	茅葺工事	Sr-Pc (Phase condition)	茅葺建造物を建設するための条件	Ss-Pt-(c)	茅材料の運搬作業における各種関連費用
				Ss-Pt-(EV)	茅材料の運搬作業における環境影響
		Sr-Pp (Phase preparation)	茅葺工事における準備工程	Sr-Pc-a(architecture)	茅葺建造物を建設するための建築物の十分条件
				Sr-Pc-e(easing)	茅葺建造物を建設するための緩和措置
		Sr-Pr (Phase roofing)	茅葺工事における施工工程	Sr-Pp-m(material)	物資の調達
Sm	劣化した茅材料の修繕行為	Sm-Pl (Phase lifetime)	茅葺屋根の耐用期間	Sr-Pr-s(scaffolding)	足場設置
				Sr-Pr-r(roofing)	葺き工事
		Sm-Pm (Phase maintenanc e)	劣化被害における各メンテナンス行為	Sm-Pl-m(management)	茅葺屋根の耐用期間中の管理行為
				Sm-Pl-c(characteristics)	茅葺屋根の各要因(素材特性、環境特性)における耐用期間
				Sm-Pm-p(performance)	茅葺屋根の性能における劣化被害
				Sm-Pm-l(landscape)	茅葺屋根の景観性における劣化被害



の詳細項目化を図った。図5に作成したSsのシステムMPを示す。

3.5 茅材料における茅葺工事の工程(消費)(Sr)の作成

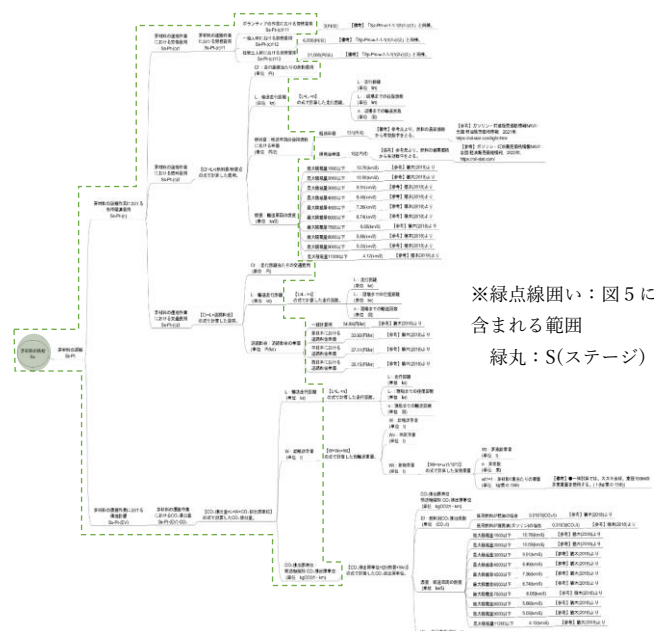
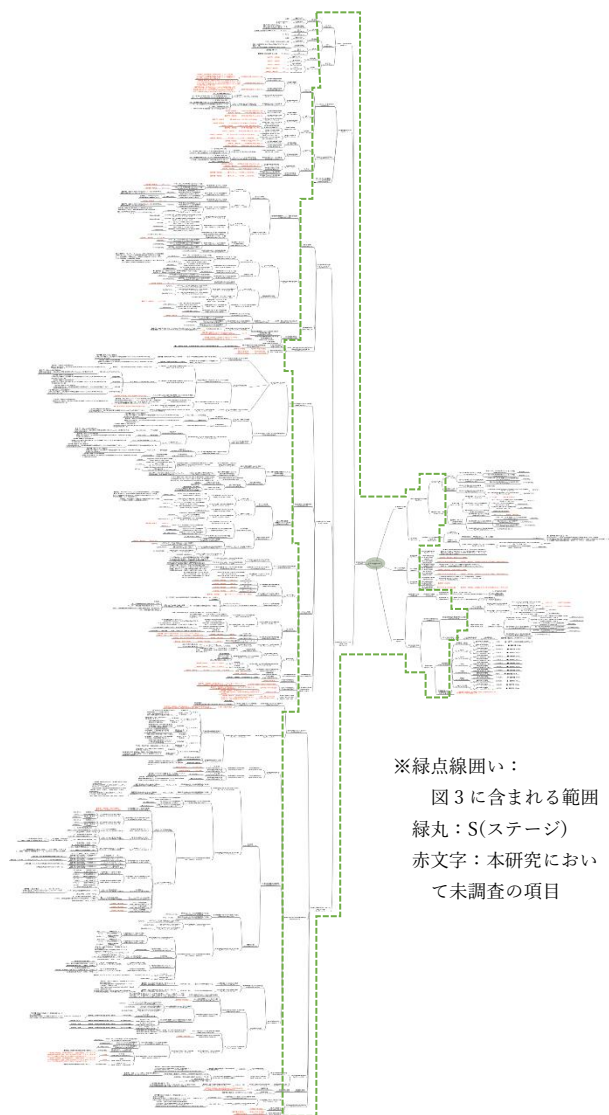
－2018 年度研究を勘案した項目化の検討－

Sr のシステム MP では茅葺工事のプロセス及び 2018 年度の研究を基に、茅葺建造物の件建設条件、工事における準備工程、施工工程、の 3 フェーズに抽出した。また各 P のプロセスによって生じる「事」、「物」を時系列ごとに抽出し項目化した。表 5 に Sr における情報不足部の概要をまとめる。図 7 に作成した Sr のシステム MP を示す。

3.6 茅材料における劣化時の修繕工程(Sm)の作成

－ 内容不足部における補足的調査概要－

Smでは茅材料の劣化状態における各修繕行為についてのシステムMPを作成する。茅屋根の各要因を踏まえた耐用期間、劣化被害にお



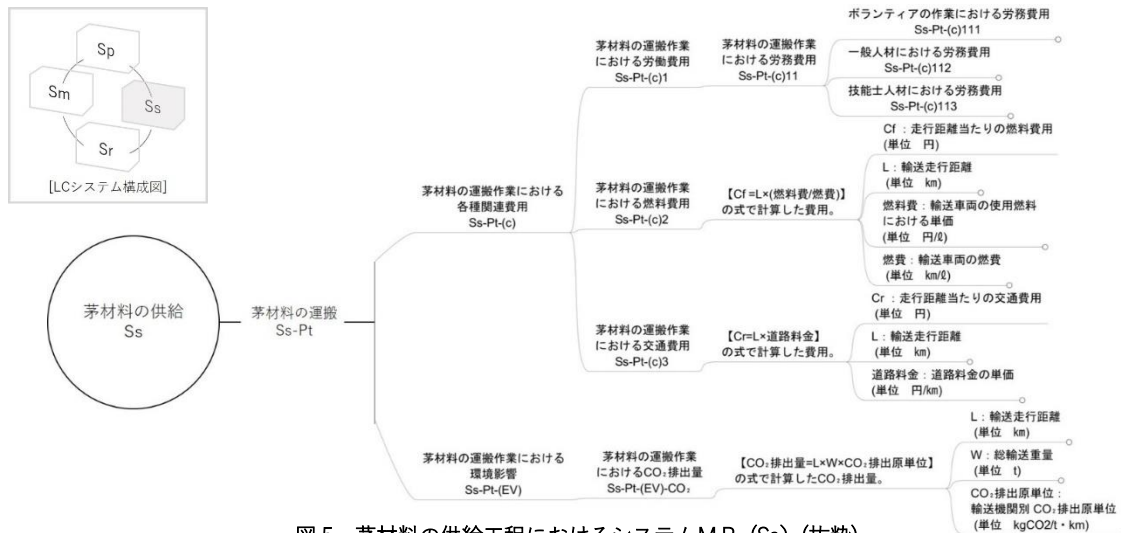


図5 茅材料の供給工程におけるシステムMP (Ss) (抜粋)

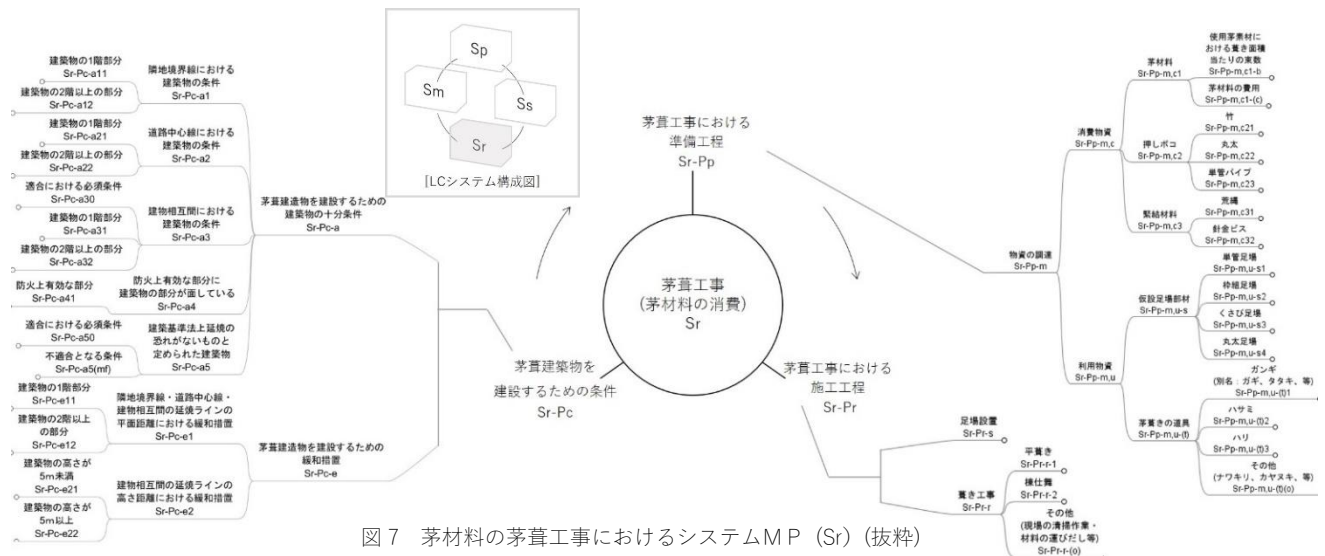


図7 茅材料の茅葺工事におけるシステムMP (Sr) (抜粋)

ける修繕行為の2フェーズに項目化し、各Pのプロセスによって生じる「事」、「物」を時系列ごとに抽出した。表6に補足的調査の内容及びSmにおける情報不足部の概要をまとめる。図9に作成したSmのシステムMPを示す。

4. LC図作成に向けた研究内容不足部の抽出における補足的研究の検討
茅材料におけるLCシステム図の作成において、全体の約71%のDB化ができた。また残りの未確定要素はDB化を行うために対応した補足的研究の検討を行った。表7に詳細内容を示す。

表5 SrのシステムMPにおける情報不足部の概要

	概要	Srの対応部分
未調査部分	茅葺工事における各種使用材料の消費量	Sr-Pp-m.c1-b(o)(u)(1 棟あたりの使用茅束数)、Sr-Pp-m.c21-(a)(使用材料における葺き面積当たりの使用量)、他
	現場における各足場設置の人日量、及び費用等の調査	Sr-Pr-s1-(w)(単管足場の設置における人日量)、Sr-Pr-s1-(c)(単管足場の設置における費用)、他
	茅葺屋根の規模における人日量の算出	Sr-Pr-r-1-(w)(葺き面の単位面積における平葺き作業の人日量)、Sr-Pr-r-2-(w)(棟の単位長さにおける棟仕舞作業の人日量)、他

※緑点線囲い：図7に含まれる範囲
緑丸：S(ステージ)
赤文字：本研究において未調査の項目

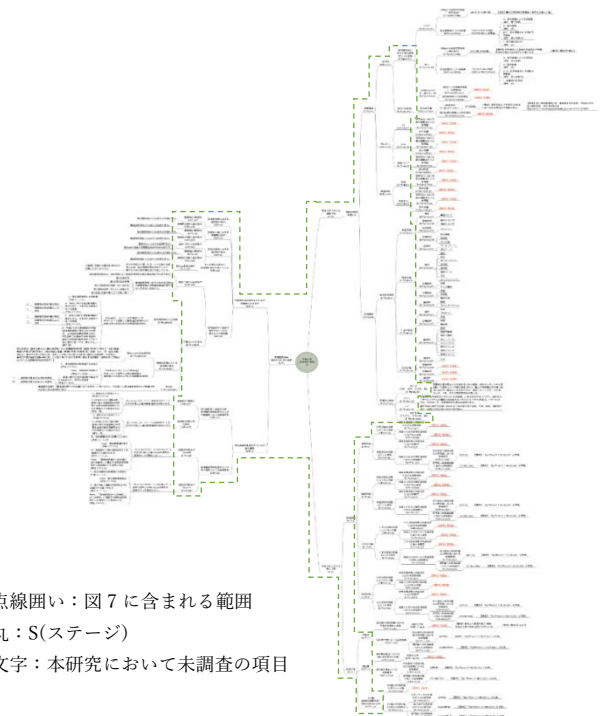


図8 SrにおけるシステムMPの全容

る参考値から茅場の面積値を積算した。算出に際し、国内茅場の統計的データの調査を行う。報告書及び茅刈りの WS に関するインターネット内の情報等から各茅場の面積、生産する茅素材を調査した。図 11 に調査した茅場の諸情報をまとめる。また茅場の調査漏れを防ぐため、茅場と想定される全国の各種統計情報を炭素固定量算出データに加えた。

5.3 国内茅場における炭素固定量算出

参考文献⁴⁾から茅素材における炭素固定量の算出におけるシステム MP を作成した。図 12 に炭素固定量の算出におけるシステム MP の概要を示す。本研究では、茅素材ごとの呼吸量の測定が行えなかったため、参考値を使用し、各茅素材の群生環境における炭素固定量を算出した。表 8 に計算式及び参考値、図 13 に国内茅場の炭素固定量を示す。

6 まとめ

LC システムを踏まえることで茅材料に関する既知及び未知の物事の見える化が可能となった。国内茅材料とその土壤中の炭素固定量は最低

とはかなりの炭素固定につながる事が分かった。

参考文献

- 1)日塔 和彦：ヨーロッパの茅葺きとその技術～その 8 ヨーロッパにおける 茅葺きの現代性とその意味、日本建築学会大会学術講演梗概集、2008 年 9 月
- 2)田揚 裕子 等：オランダ王国における茅葺き屋根について、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、2011 年 8 月
- 3)JIS Q 13315-2：2017 Environmental management for concrete and concrete structures- Part 2: System boundary and inventory data
- 4)国立研究開発法人 国立環境研究所：陸域生態系における炭素循環、森林生態系炭素収支モデル 発表論文・書籍・解説、2014 年、他

表 8 茅材料における炭素固定量の計算式及び参考値

計算式	インベントリデータ及び参考値の詳細		
炭 素 固 定 量 ($\text{tCO}_2/\text{年}$)= $A \times \text{炭素蓄積量} \times (1/0.273)$	炭素蓄積量	A 茅場(又は茅場想定地)面積(ha)	
		温帯草原に生息する植物中の炭素蓄積量	7.2($\text{tC}/\text{ha}/\text{年}$)
		温帯草原の土壌中に蓄積する炭素量	236.0($\text{tC}/\text{ha}/\text{年}$)
		湿原に生息する植物中の炭素蓄積量	42.9($\text{tC}/\text{ha}/\text{年}$)
		湿原の土壌中に蓄積する炭素量	642.9($\text{tC}/\text{ha}/\text{年}$)
		(1/0.273)	二酸化炭素換算値
【備考】 ススキ、その他の茅材料及び素材種が不明の茅場には「温帯草原」の値を採用し、ヨシの茅場では「湿原」の値を採用し炭素固定量を算出する。茅素材中の炭素量は、葺かれることによって約 20 年(茅葺屋根の平均的耐用期間)の炭素固定をするため、土壌中の炭素固定量と区別する。			

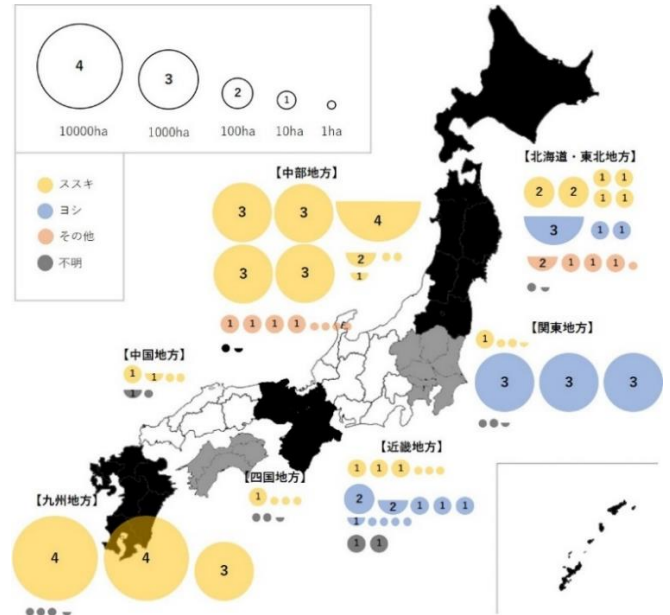


図 12 茅素材種における国内の茅場面積

で約 3 億($\text{tCO}_2/\text{年}$)であり、茅場の管理及び屋根材料として使用するこ

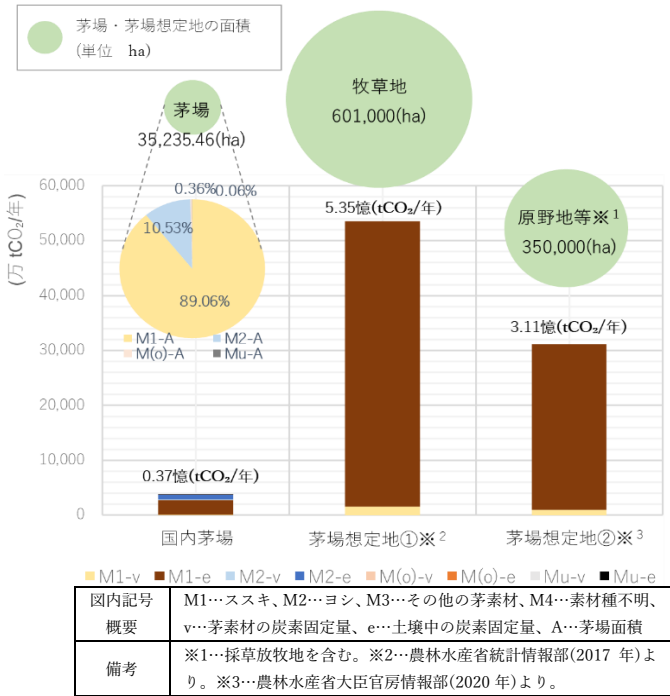


図 13 国内茅場及び茅場想定地における炭素固定量

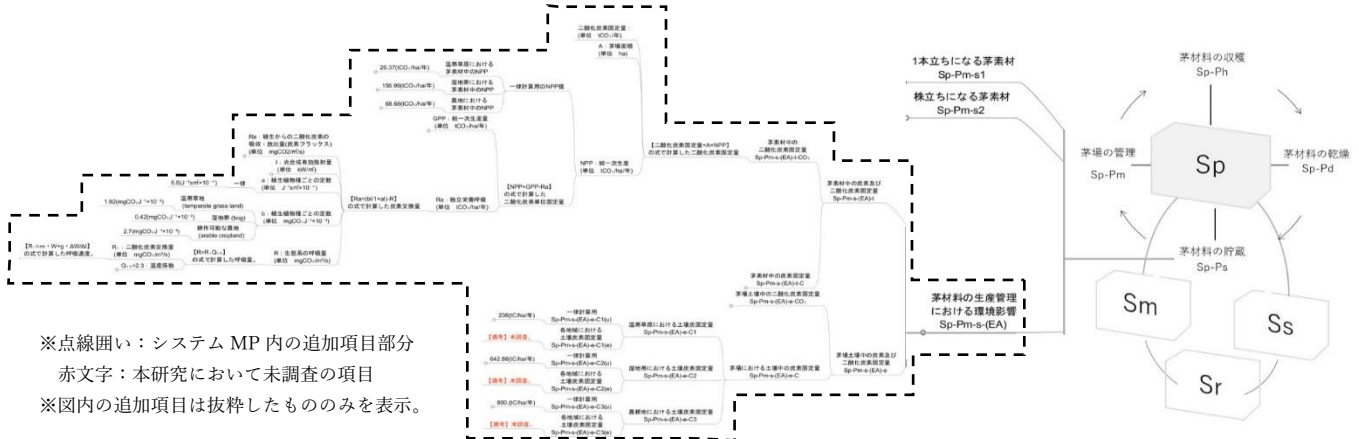


図 11 システム MP における追加項目(Sp-Pm-s-EA)の概要