

国内茅葺建造物の屋根材料に関する需給保持性の研究

DC15221 猶木 彩笑

1. はじめに

近年、文化財の保存技術として活用される茅葺技術は職人の減少や葺替えコストの高さによる新しい屋根素材の導入などの要因で衰退の一途を辿っているが、オランダなどの海外諸国では、茅材料は一般的な屋根材料として活用されている。これは海外の茅葺市場が安定していて、日本に比べ安価に茅葺工事が可能であるためと考える。茅葺屋根は、草屋根のため産業廃棄物をあまり出さないことや半永久的に材料を入手できること、軽量にもかかわらず厚みがあるため防音性や断熱性に優れているなどのメリットがあげられるが、工費が高価なことと、工期が長いというデメリットがある。しかし海外のように茅葺の市場を増やすことで、デメリットを軽くする又はなくすことが可能となると考える¹⁾²⁾³⁾。茅葺市場を増やしていくためにはまず国内の市場の現状を把握し、茅葺工事の需給性の向上提案と茅葺の需要性の向上を図る必要がとられ、これを本研究の主軸とする。本研究の流れは図 1 で示す。

2. 研究概要

2.1 茅材料使用量の数値化における試験体測定実験

屋根面積から茅材料使用量を算出するために、茅葺屋根の試験体を用い実験を行う。表 1 に測定する試験体材料を示す。茅材料は 2010 年度の研究に使用されたヨシ素材で根本や穂先の割れが少なくカビのないものを使用した。ヨシ素材の根本と穂先の向きをそろえ一般の葺き方と同様に根元部分を外側にして葺き作業を行った。葺き面沿って単位面積(100 mm × 100 mm)の範囲の茅本数を測定する。表 3 に試験方法を示す。表 4 から単位面積に茅が約 137 本あることが分かった。結果より式(1)が導き出される。本数値では値が大きすぎるため束の値で実験式を作成する。茅束断面から単位面積(100 mm × 100 mm)の範囲の茅材料本数を測定すると約 149 本あった。茅束の同心円上に 119,772.16 本あることから、値を式(1)にあてはめ以下の式(2)を導いた。

先行研究の論文から、茅葺屋根の厚みが平均 60 cmであることが確認された。これは、おおよそ茅束 2 本分の厚みであるため、単位平面使用茅量 11.4 束を 2 回分葺いたと仮定し以下の式(3)が導き出される⁷⁾⁸⁾。この式を用い調査対象の茅材料使用量を算出する。

$$N_1(\text{屋根平面使用茅量[本]}) = S(\text{屋根面積}[\text{m}^2]) \times 137 \text{ 万}[\text{本}/\text{m}^2] \quad \cdots \text{式(1)}$$
$$N_2(\text{屋根平面使用茅量[束]}) = S(\text{屋根面積}[\text{m}^2]) \times 11.4 \text{ [束}/\text{m}^2] \quad \cdots \text{式(2)}$$
$$N(\text{使用茅量[束]}) = S(\text{屋根面積}[\text{m}^2]) \times 22.8 \text{ [束}/\text{m}^2] \quad \cdots \text{式(3)}$$

2.2 国内の茅葺材料の需要量調査

式(3)を用い国内に現存する茅葺建築の材料使用量を調査

表 1 使用材料(実験 1)

分類	材料名	長さ[mm]	厚み[mm]	直径[mm]
試験体材料	茅(ヨシ素材)	760	—	2~5
	麻縄	16,800	—	3
	ベニヤ板	910, 1,820	12	—
	棒材(木)	600	—	20
	スリムネジ	40	—	3.3
	木割れ解消ビス	25	—	3.8

表 2 実験要因と水準(研究 1~3)

	実験要因	水準
研究 1	実験 1	茅葺屋根の使用茅量の測定
		茅葺屋根の使用茅束量の算出
	調査 1	茅葺建造物の分析対象物
		茅葺建造物の屋根分析情報
	調査 2	年間茅葺工事数の評価分析対象
		茅葺業者の分析情報
研究 2	調査 1	茅材料生産場の評価対象
		茅場の分析情報
	調査 2	茅刈り時の労働量分析対象物
		茅刈りの労働人材の区分
		茅刈り労働人材の分析情報
	調査 3	茅材料の保管期間分析の対象物
研究 3	調査	材料輸送の評価分析対象物
		材料輸送使用車両区分
		材料輸送車両の調査分析
		材料輸送時における環境評価の算出内容

表 3 実験項目と方法(研究 1)

	項目	方法
研究 1	調査 1	資料調査
	実験 1	試験体作成
		試験体測定方法

表 4 屋根面積指数一覧

	屋根形状区分	屋根面積指数	
①	切妻造、越屋根、かぶと屋根	1.00	①切妻造 ①越屋根 ①かぶと屋根
②	梁面が①と④	1.05	
③	梁面が①と⑥	1.065	
④	寄棟造	1.1	④寄棟造 ⑥入母屋造
⑤	梁面が④と⑥	1.135	
⑥	入母屋造	1.17	

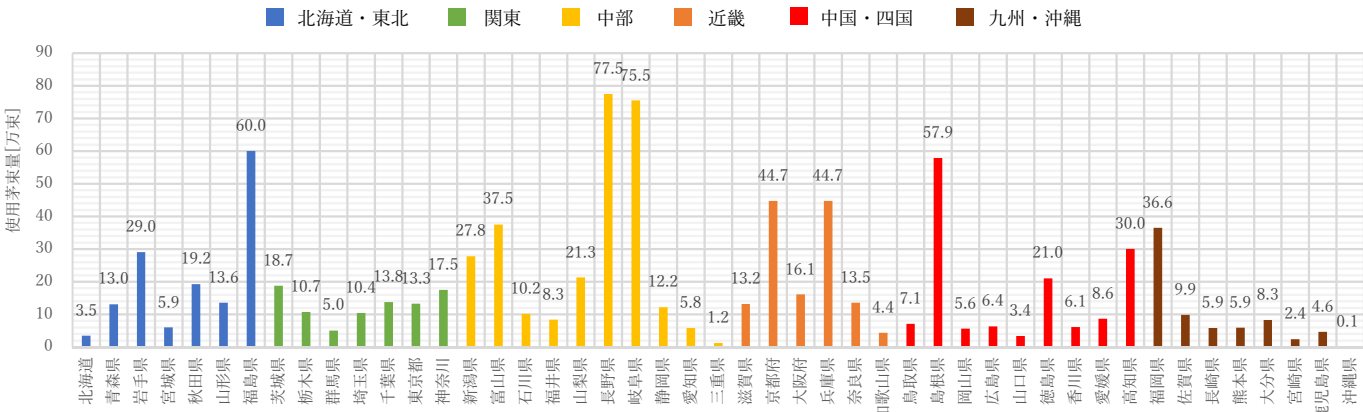


図2 文化庁のデータベースから算定した地域別使用茅葺量(万束)

する。調査対象は、文化庁に指定・登録された建造物 14,495 件と保存地区 118 地区とする。茅葺きの有無、屋根形状、屋根投影桁梁間、勾配などを調査し、式(4)から屋根面積を算出する。屋根面積指数は表 4 に示す。算出された屋根面積を式(3)にあてはめ、茅葺、仮葺を含めた使用茅葺量を図 2 に示す。

$$S(\text{屋根面積}[\text{㎡}])$$
$$= \text{屋根投影梁間}[\text{m}] \times \text{屋根投影桁行}[\text{m}] \times 2 \times \text{屋根面積指数} \cdots \text{式(4)}$$

2.3 各茅葺業者の年間工事事件数を勘案した葺替え調査

茅葺建築の葺替えは平均で 20～30 年だが今日では 10 年になった話もある⁹⁾。調査で確認された茅葺建造物の棟数をもとに茅葺屋根の葺替え寿命を 10 年・20 年とし、調査で確認された各地域の茅葺業者の年間工事数から葺替え周期を検証する。茅葺業者の年間工事数は、工事実績を掲載している情報を基にした。確認できなかった業者の工事数は、ヒアリング調査を基に算出した最低限の工事数(5 件/年)をあてはめ、地域ごとの年間工事数を導き出した。各業者の年間工事数を図 3、検証結果を図 4 に示す。

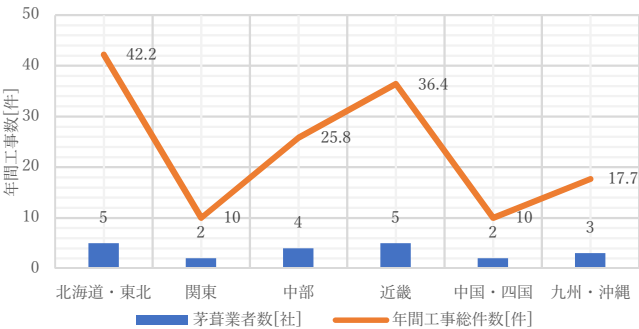


図3 茅葺業者の業者数と各年間工事事件数の総数

3. 国内の茅葺き材料の供給量調査

3.1 茅場の調査と労働量別の茅葺材料収穫量

国内の茅材料供給率の調査をする。調査対象は所在置・規模の情報を確認できた国内の茅場とする。茅材料は素材によって生産量が変わるため、国内で多く利用されるススキとヨシ素材の茅場面積分の生産量の実験式を作成した。以下に示す。また材料生産に必要な労働量を調査するために事業報告書⁶⁾を基に各人材の労働原単位を作成する。図 5 に都道府県ごとの茅場面積分の生産量に必要な労働量を示す。

$$\text{ススキ素材の生産量}[\text{束}] = \text{茅場面積} \div 0.083[\text{㎡/束}] \cdots \text{式(1)}$$
$$\text{ヨシ素材の生産量}[\text{束}] = \text{茅場面積} \div 0.166[\text{㎡/束}] \cdots \text{式(2)}$$

3.2 茅材料の貯蔵量

保管期間を加味し茅材料の生産貯蓄量を算出する。茅葺業者 7 社に茅材料の保管期間をアンケート調査した。各材料保管期間を図 5 に示す。次に茅刈時の労働量を想定した場合と

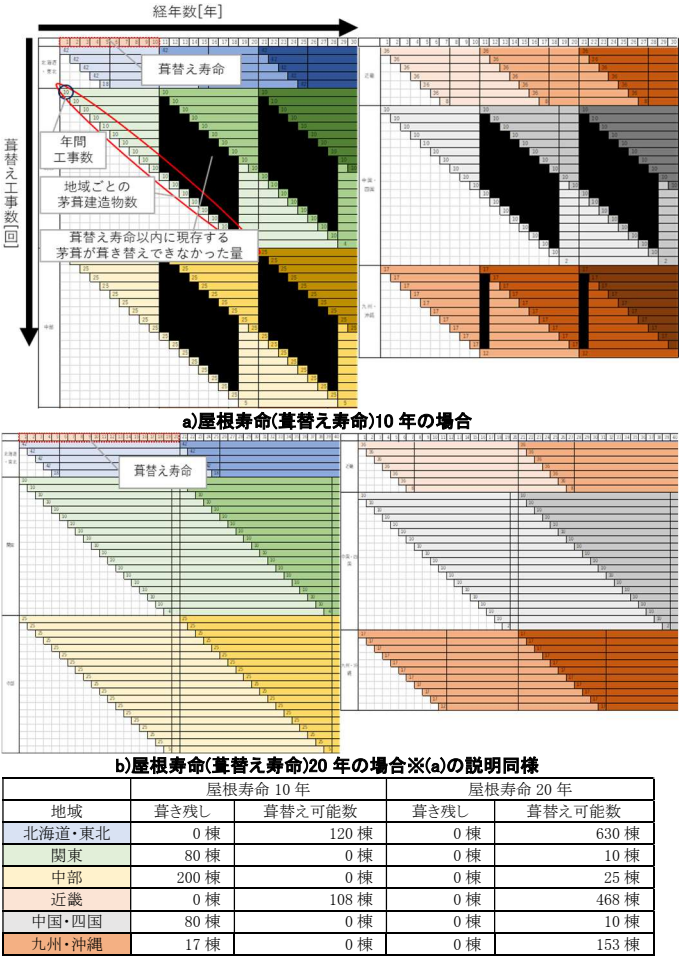


図4 茅葺業者の工事数を踏まえた葺替え周期の検証

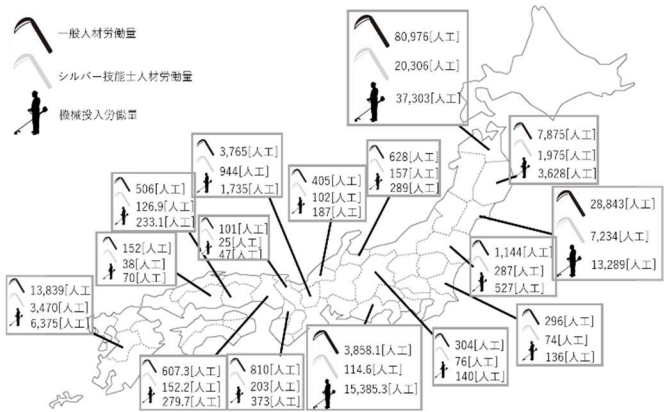


図5 地域別茅束生産可能量とそれに伴う労働量

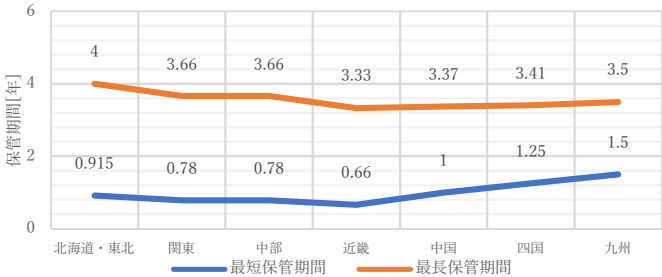
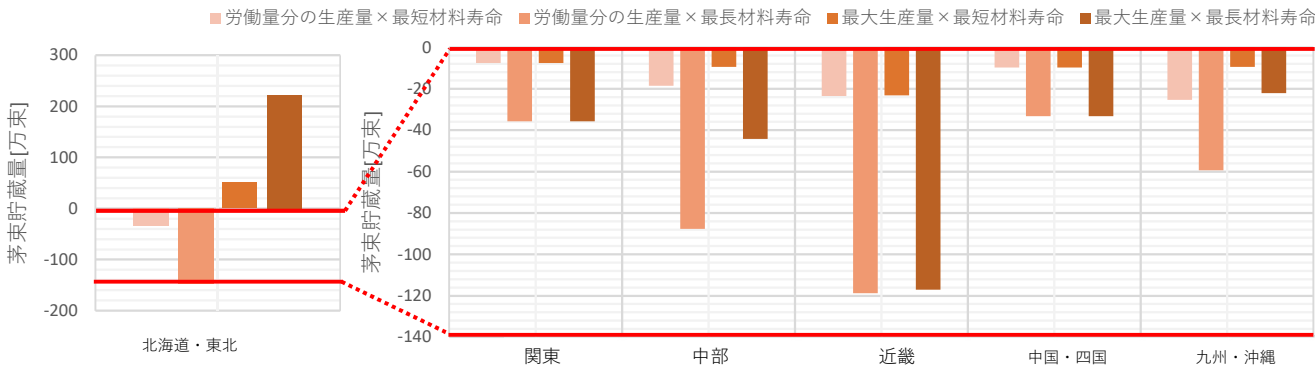


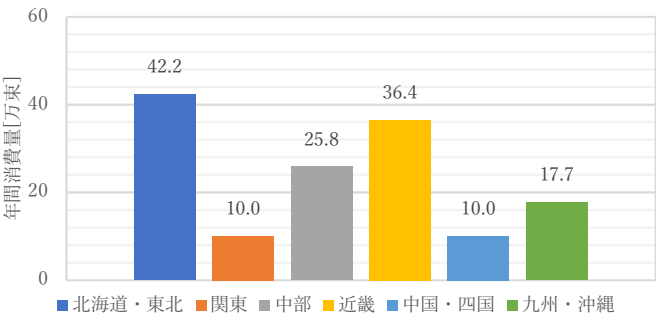
図6 地域別茅材料保管期間



- ・年間消費茅束数(Nc)=(茅葺業者 α₁社年間工事数[棟/年]+茅葺業者 α₂社年間工事数[棟/年]+...)×10,000[束/棟]……式1
- ・年間生産可能束量(n)=茅場面積[m²]×1/3.5[束/m²]……式2
- ・労働量分の生産束量(nw)=7,360[束]×1……式3
- ・年間生産茅束量(N)=nw-n (nw>n)……式4
- ・最短保管期間貯蓄量(Wt1)={N-Nc}×最短保管期間(T1)※2……式5
- ・最長保管期間貯蓄量(Wt2)={N-Nc}×最長保管期間(T2)……式6

図8 茅材料の保管期間と年間消費量を勘案した茅束貯蔵量(万束)

茅場の面積分茅刈した場合で茅束の生産量をだす。想定する労働量は事業報告書⁹⁾を参考に表5に示す。次に保管期間中に消費する茅材料を算出する。確認された茅葺業者の工事実績から年間材料消費量をだす。研究1から文化財1棟につき消費される茅材料が平均で1万束であったため、茅葺業者の工事1件につき1万束消費すると想定し、消費量を算出する。業者の年間消費茅束量を図7に示す。以上の算出結果を踏まえ茅束貯蔵量を導く。貯蔵量は、茅材料の保管期間(年)の間に生産されて納入される茅束量と工事で消費される量を加減し、最終的に残る茅束の量を算出する。尚、生産量については、茅場の面積分加工できた量と労働量を加味した場合の量の2パターンを検証する。想定する労働量は、茅刈りの事業報告書を基に、シルバー技能士人材10人、作業日数20日の労働量と一般人材10人、作業日数10日の労働量分の生産量とし



地域	工事数[件/年]	地域	工事数[件/年]
北海道・東北	42.2	近畿	36.4
関東	10	中国・四国	10.5
中部	25.8	九州・沖縄	17.7

※備考：工事1件につき1万束消費したと計算する

図7 各茅葺業者工事数から算出した年間材料消費量

表5 想定する人材の労働原単位と労働量分の茅束生産量

	労働原単位 [束/人・日]	労働量を加味した場合の 生産量①※東北地域	茅束生産可能量 ②※東北地域
技能士	32.7[束/人・日]	6,540 束	合計：7,360 束 1,142,857.1 束
シルバー人材	8.2[束/人・日]	820 束	
一般人材	8.2[束/人・日]	820 束	

備考：技能士シルバー人材の労働量…人材10人、作業日数20日
一般人材の労働量…人材10人、作業日数10日

た。労働量を表5にまとめる。保管期間内の茅束貯蔵量の算出結果を図8に示す。

4. 茅葺材料輸送時の環境影響の評価

4.1 各茅葺業者の材料輸送の実態・アンケート調査

材料輸送時の環境影響を明確化することで、茅葺き文化の社会的価値を評価する。茅葺き業者7社に材料輸送のアンケート調査を行った。各業者が使用する車種の概要を使用頻度順に表9にまとめる。また各業者の工事実績から現場までの輸送距離をGooglemapで導き、現場経験のある地域の中で最北端の地域、最南端の地域、工事件数の多い地域の輸送距離をだし、トンキロ換算のCO₂排出量¹⁰⁾を算出した。

4.2 輸送範囲限定距離のトンキロ換算CO₂排出量

茅葺業者のヒアリング調査やネット情報から確認された茅葺業者21社の分布から材料輸送範囲を限定しCO₂排出量

を従来の輸送距離と比較する。輸送範囲は茅葺業者の所在地から 100 ㌾、200 ㌾圏内とした。尚、200 ㌾圏内で輸送できない地域は近くの茅葺業者の輸送範囲を 300 ㌾に拡大し算出する。業者のない四国地方は自動車道が通っている近畿・中部地方の業者が工事すると考えるが、中部地方の茅葺業者は、2 社しか確認できていないため九州地方の業者の輸送範囲を中部地方に拡大した。これらの輸送範囲を図 6 に示す。限定した輸送距離の範囲で従来と比較した CO2 排出量を出したものを図 7 に示す。CO2 排出量の算出には、トンキロ法を用いた。輸送燃料ごとの CO2 排出係数と調査した各車種の燃費を基に輸送車両ごとのトラック輸送原単位を作成した。この輸送原単位にトンキロ値をいれてトンキロ換算の CO2 排出量を導き出した。なお、本研究では、材料輸送の使用車種が確認できた茅葺業者の CO2 排出量のみを検証した。

5. まとめ

各研究より以下の知見が得られた。

- 1)国内の茅葺建造物は、福島県、長野県、岐阜県、島根県に多く分布することが分かった。各地域に現存する茅葺建築の葺替え周期は、屋根寿命を 10 年で検証すると葺替えできない建造物が出るが、20 年の屋根寿命で考えた場合、国内の茅葺業者数で十分ライフサイクルを保てることが分かった。
- 2)関東・近畿・中部・四国地方では、茅葺面積分材料生産できた場合でも消費量が生産量を上回る結果となった。労働量を加味した材料貯蔵量は、全ての地域がマイナス値を示した。
- 3)各茅葺業者の材料輸送範囲を限定することで、年間の CO2 排出量を削減できる業者が多くみられる結果となった。

参考文献

1)田揚 裕子、後藤 治：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，2011.8
2)日塔 和彦：ヨーロッパの茅葺きとその技術～その 3 オランダの茅葺き技術とその保存体制～，日本建築学会大会学術講演梗概集，2003.9
3)齋藤 孝文、川嶋 雅章：茅葺き屋根の維持保存システムに関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，2002.8
4)文化庁：国指定文化財等データベース，2018 年度掲載データ
5)文化庁：ふるさと文化財の森，2018 年度掲載データ
6)平成 27 年度一般財団法人金ヶ崎町産業開発公社事業報告書，1-2p
7)重要文化財各修理工事報告書，工学院大学保有
8)和田 尚子、鈴木 雅和、横張 真：五箇山相倉集落における茅葺き屋根維持システムに関する研究，日本造園学会全国大会研究発表 論文集(25)，2007 年度
9)安藤 邦廣：新版 茅葺きの民俗学，はる書房
10)千崎 大輔、水沼 秀一：建築仕上材を対象とした製造・輸送時の CO2 排出量による環境負荷評価，工学院大学卒業論文，2010 年度

謝辞

本研究にあたり全国の茅葺き業者各位にアンケート・ヒアリング調査の多大なる協力を賜りました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

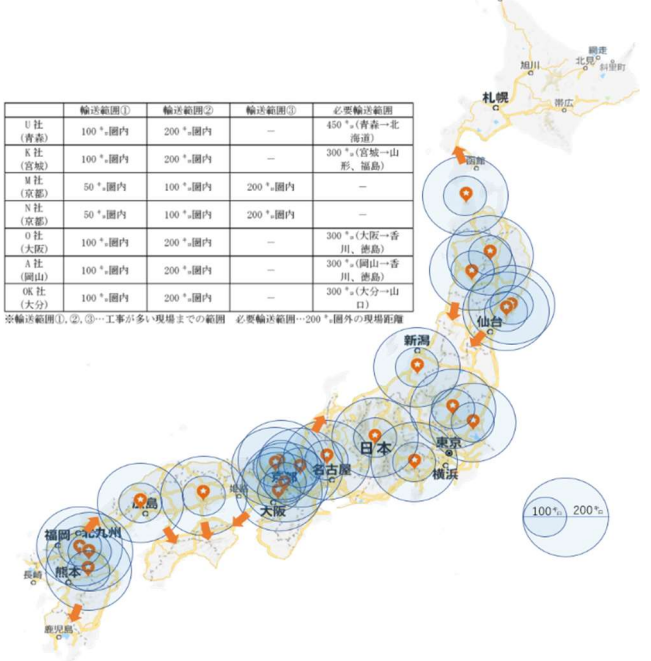


図 9 茅葺業者の分布と限定した輸送範囲
表 6 各茅葺き業者の材料輸送手段とその概要

茅葺業者	輸送車種(評価重量) ※使用頻度順	最大輸送 茅束量	輸送 総重量	使用 燃料	トラック輸送原単位
U 社	2t 平ロング(3.9t)	500 束	4.9t	軽油	0.079 kg-CO2/t・km
	4t ダンプ(5.9t)	350 束	6.6t	軽油	0.065 kg-CO2/t・km
	5.5t 平ロング(5.9t)	700 束	7.3t	軽油	0.065 kg-CO2/t・km
	10t 平ロング(11.9t)	1,000 束	13.9t	軽油	0.053 kg-CO2/t・km
OK 社	1.5t トラック(1.9t)	150 束	3.4t	軽油	0.130 kg-CO2/t・km
	2t ワイドロング(3.9t)	300 束	6.9t	軽油	0.079 kg-CO2/t・km
	10t トラック(9.9t)	700 束	16.9t	軽油	0.064 kg-CO2/t・km

※備考：調査した 7 社中の最南北の茅葺業者のデータを載せる

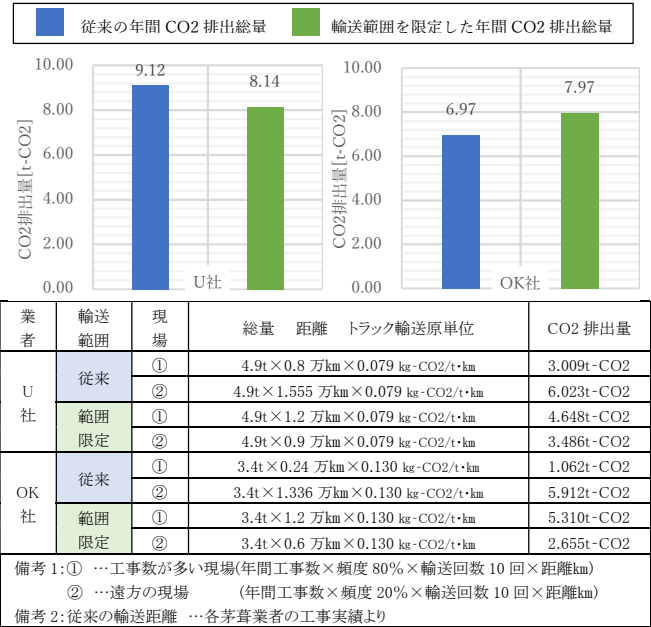


図 10 材料輸送時の年間トンキロ換算 CO2 排出量