

第2章 暗渠疎水材の特性、使用上の留意点等の整理

1. 推計結果の集計・整理

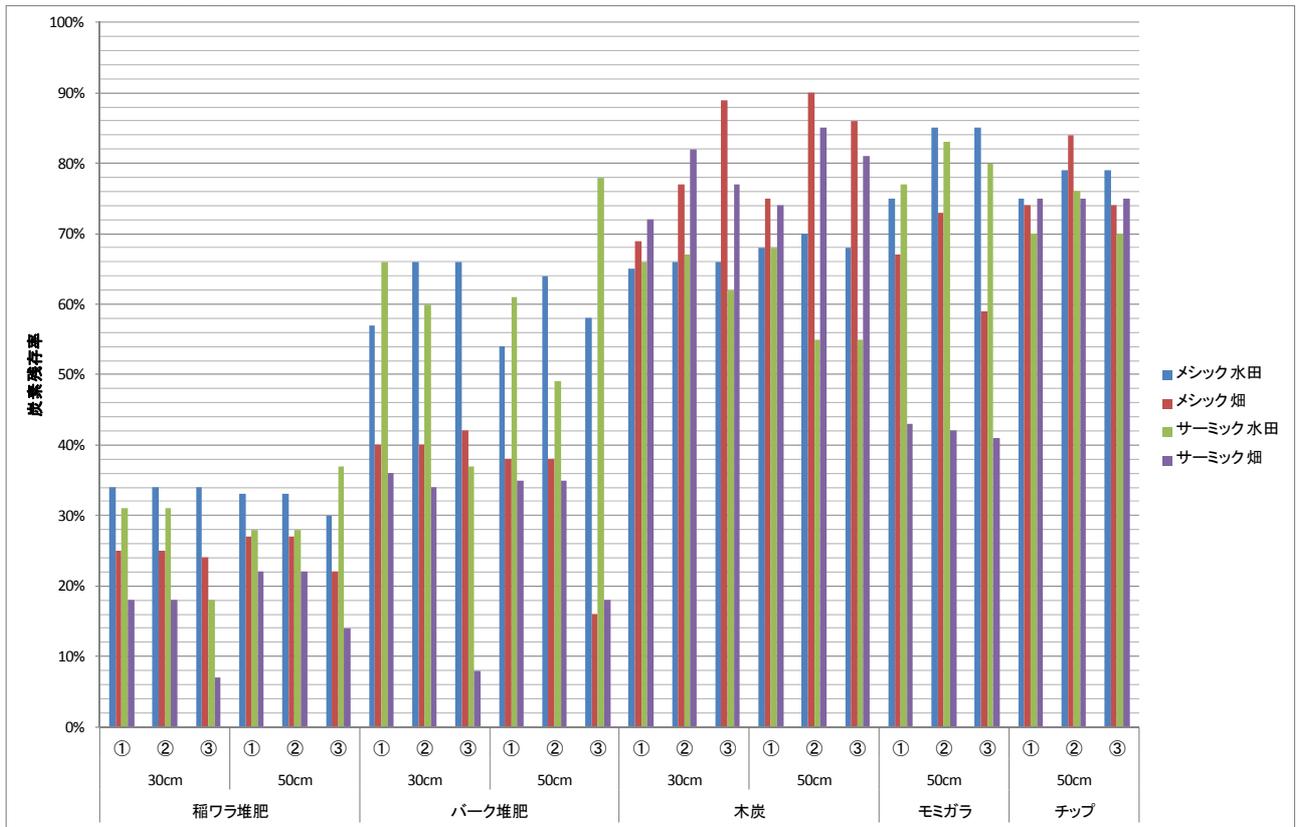
内田式による推計結果から、ケース①（上限 100%）、ケース②（分析値の生データ）、ケース③（土壌炭素変化量を考慮）、についてそれぞれ有機質資材の耐久性を疎水材（モミガラ）の標準的な耐用年数 10 年後及びその倍の 20 年後の炭素含有量の残存率を指標として評価した結果を表 86 に示す。

表 86 内田式による 10 年目・20 年目の炭素残存率比較

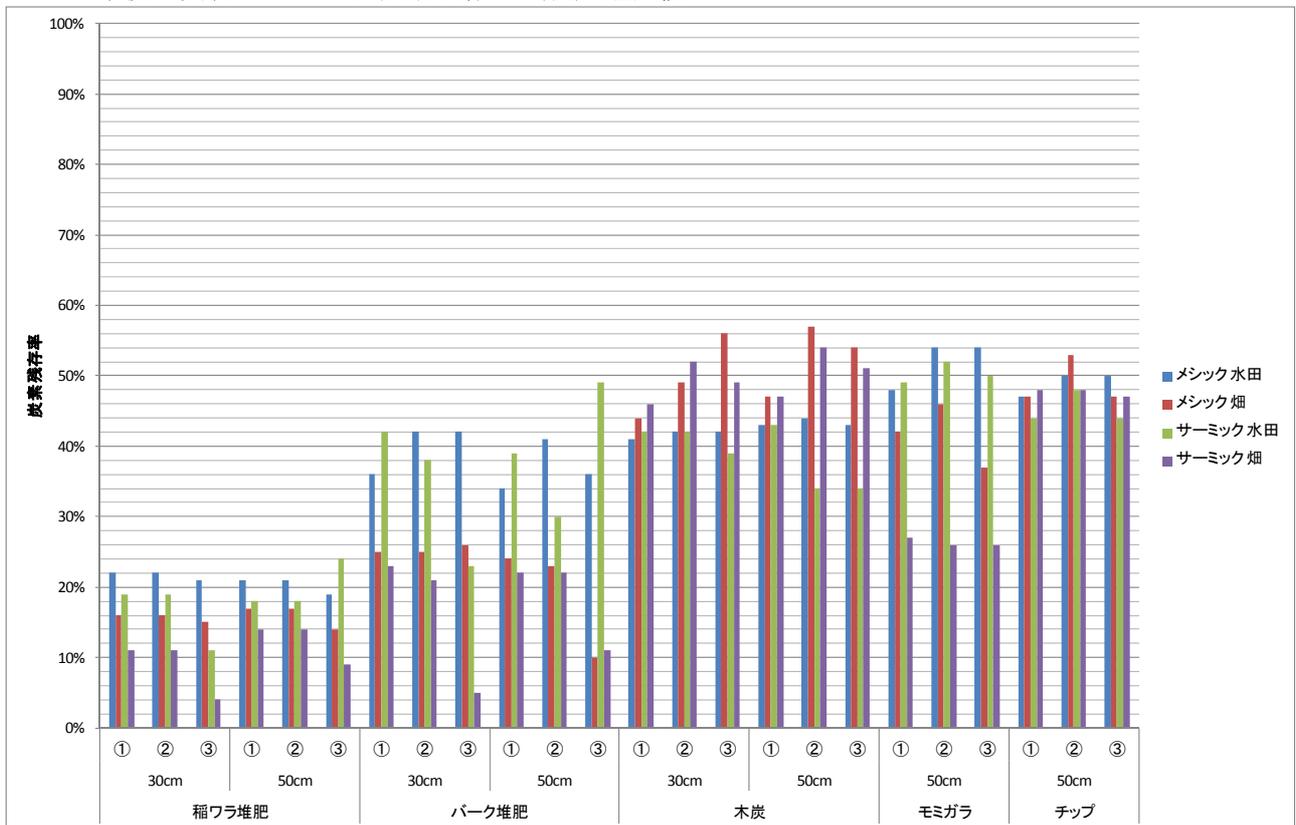
区分		稲ワラ堆肥									バーク堆肥						木炭						モミガラ			チップ		
		30cm			50cm			30cm			50cm			30cm			50cm			50cm			50cm					
ケース区分		①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
10年後	メシク	水田	34%	34%	34%	33%	33%	30%	57%	66%	66%	54%	64%	58%	65%	66%	66%	68%	70%	68%	75%	85%	85%	75%	79%	79%		
		畑	25%	25%	24%	27%	27%	22%	40%	40%	42%	38%	38%	16%	69%	77%	89%	75%	90%	86%	67%	73%	59%	74%	84%	74%		
	サーミック	水田	31%	31%	18%	28%	28%	37%	66%	60%	37%	61%	49%	78%	66%	67%	62%	68%	55%	55%	77%	83%	80%	70%	76%	70%		
		畑	18%	18%	7%	22%	22%	14%	36%	34%	8%	35%	35%	18%	72%	82%	77%	74%	85%	81%	43%	42%	41%	75%	75%	75%		
20年後	メシク	水田	22%	22%	21%	21%	21%	19%	36%	42%	42%	34%	41%	36%	41%	42%	42%	43%	44%	43%	48%	54%	54%	47%	50%	50%		
		畑	16%	16%	15%	17%	17%	14%	25%	25%	26%	24%	23%	10%	44%	49%	56%	47%	57%	54%	42%	46%	37%	47%	53%	47%		
	サーミック	水田	19%	19%	11%	18%	18%	24%	42%	38%	23%	39%	30%	49%	42%	42%	39%	43%	34%	34%	49%	52%	50%	44%	48%	44%		
		畑	11%	11%	4%	14%	14%	9%	23%	21%	5%	22%	22%	11%	46%	52%	49%	47%	54%	51%	27%	26%	26%	48%	48%	47%		

表 86 の結果を 10 年後、20 年後に分けてグラフ化したものを以下に示す。

・ 10 年後の資材・ケース別炭素残存率 (%) 推計値



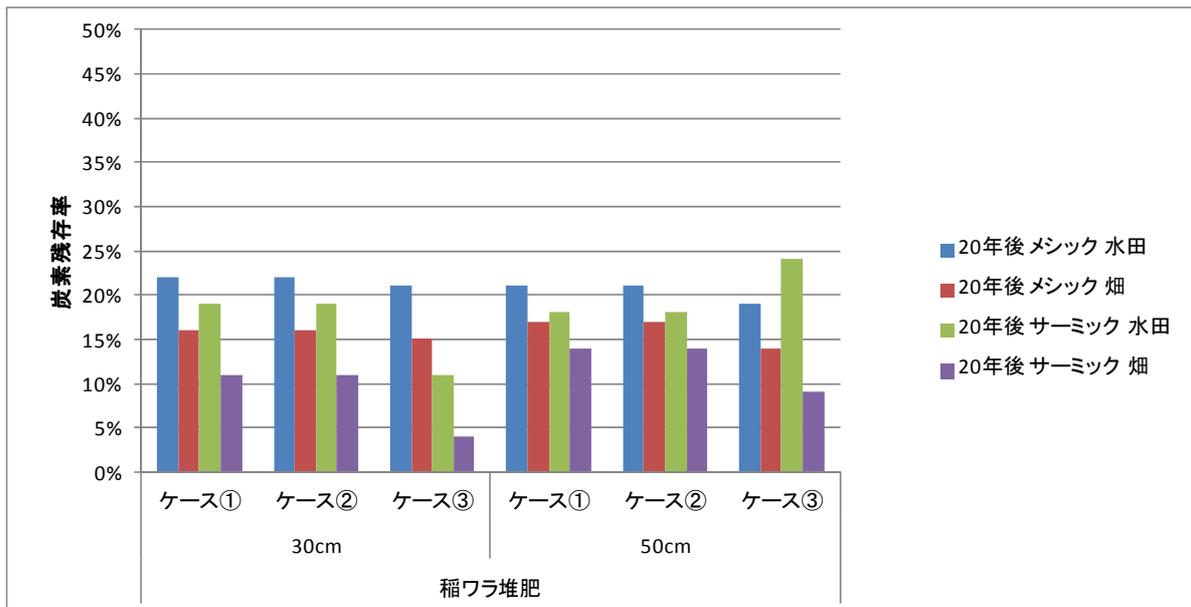
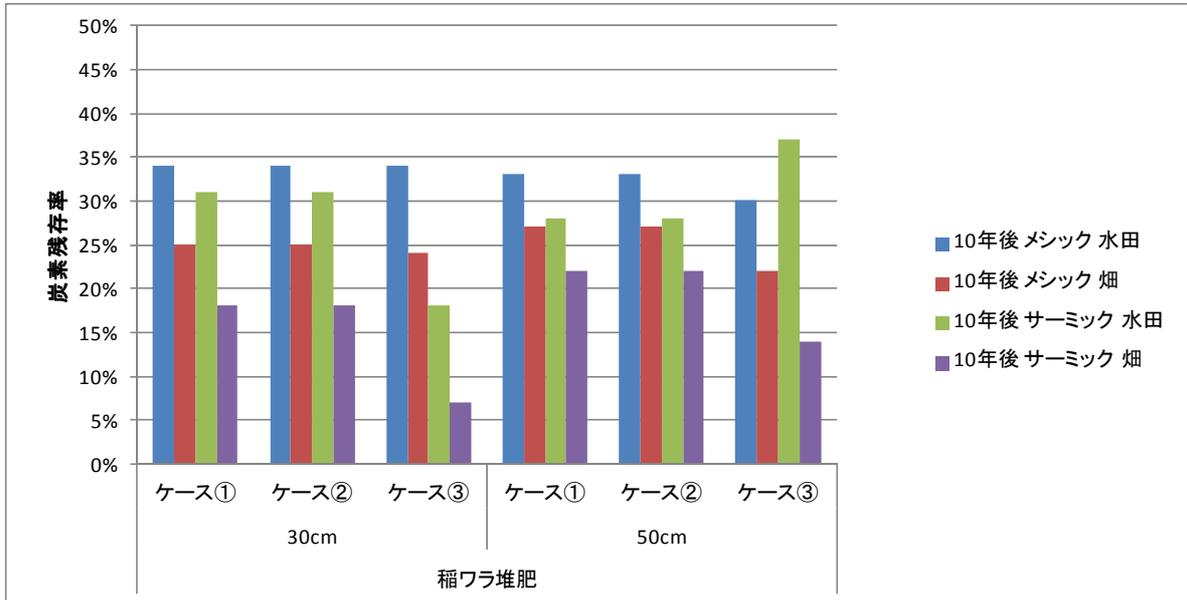
・ 20 年後の資材・ケース別炭素残存率 (%) 推計値



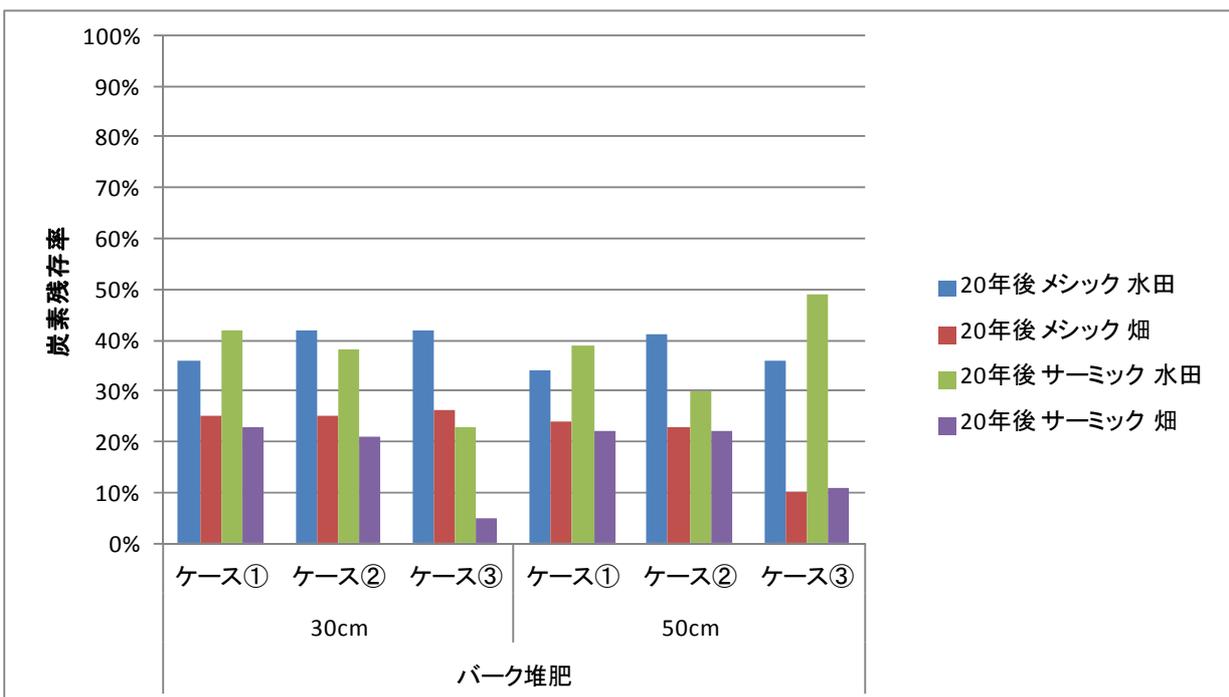
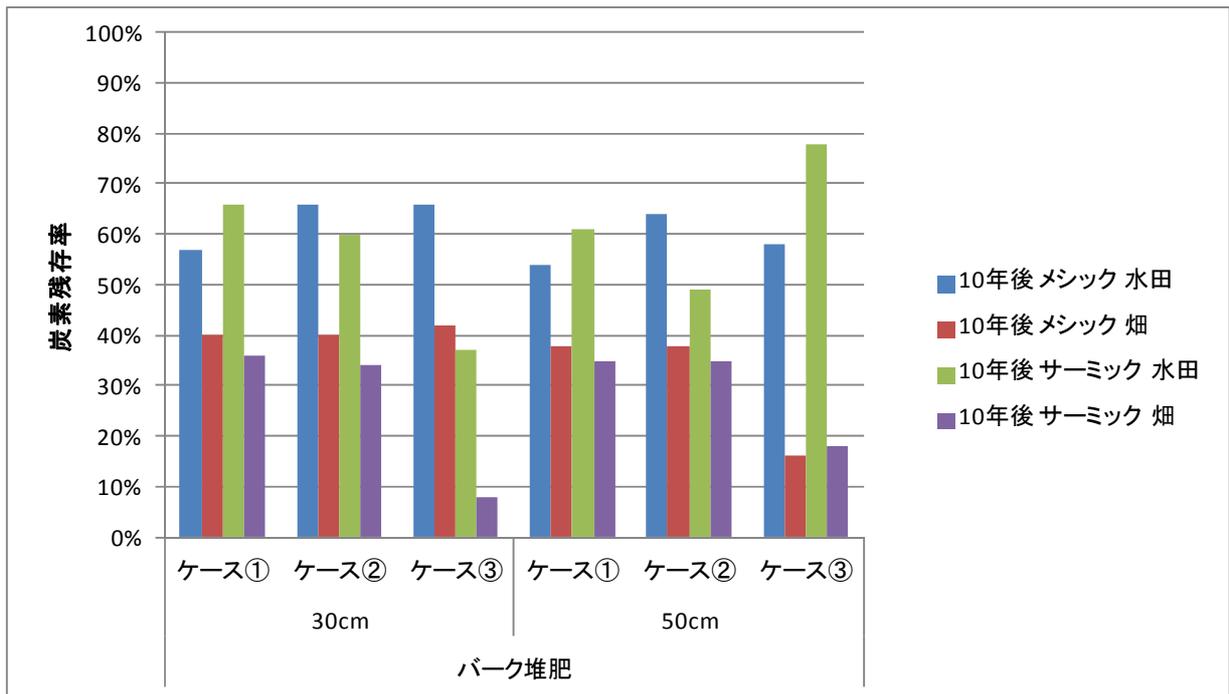
前頁の炭素残存率推計グラフを以下資材毎に示す。

(1) 土壌改良資材

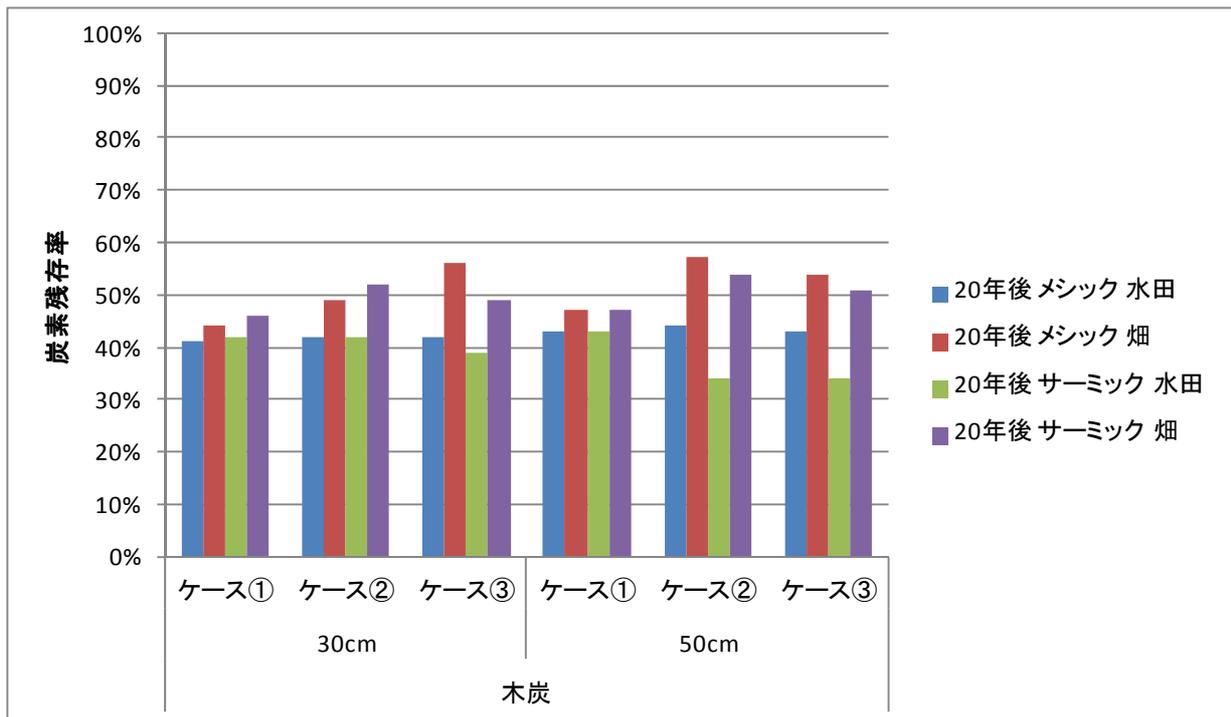
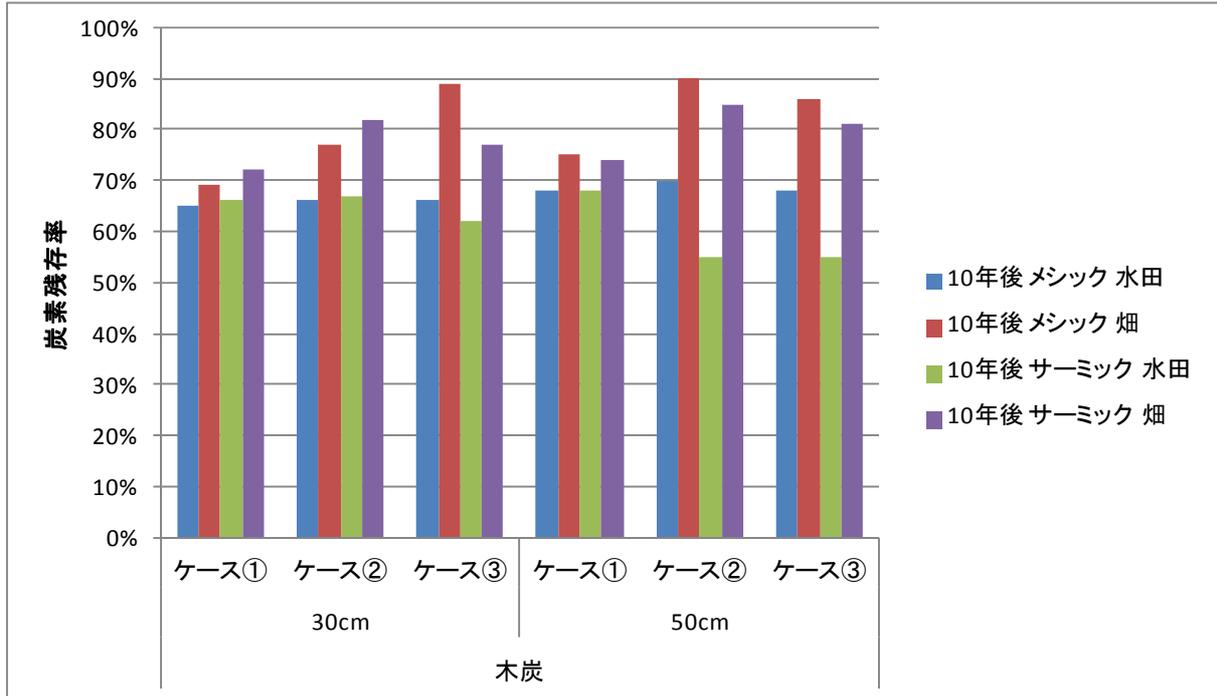
・稲ワラ堆肥（上：10年後、下：20年後）



・バーク堆肥（上：10年後、下：20年後）

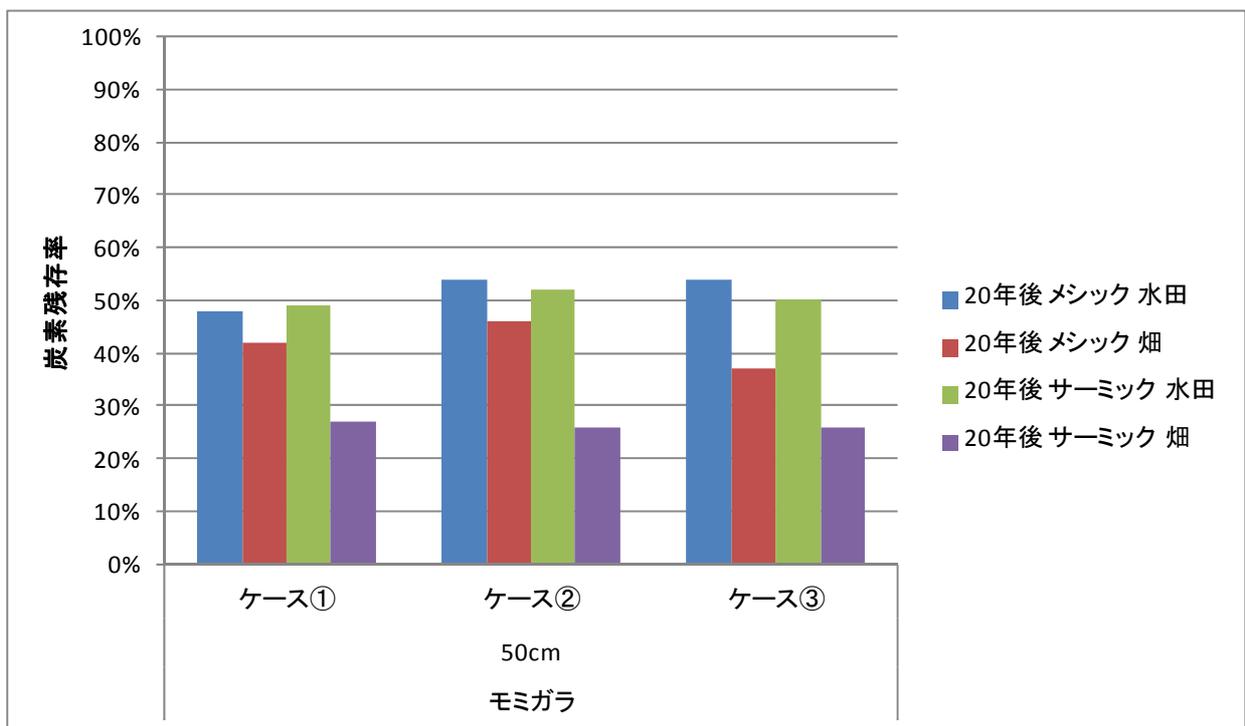
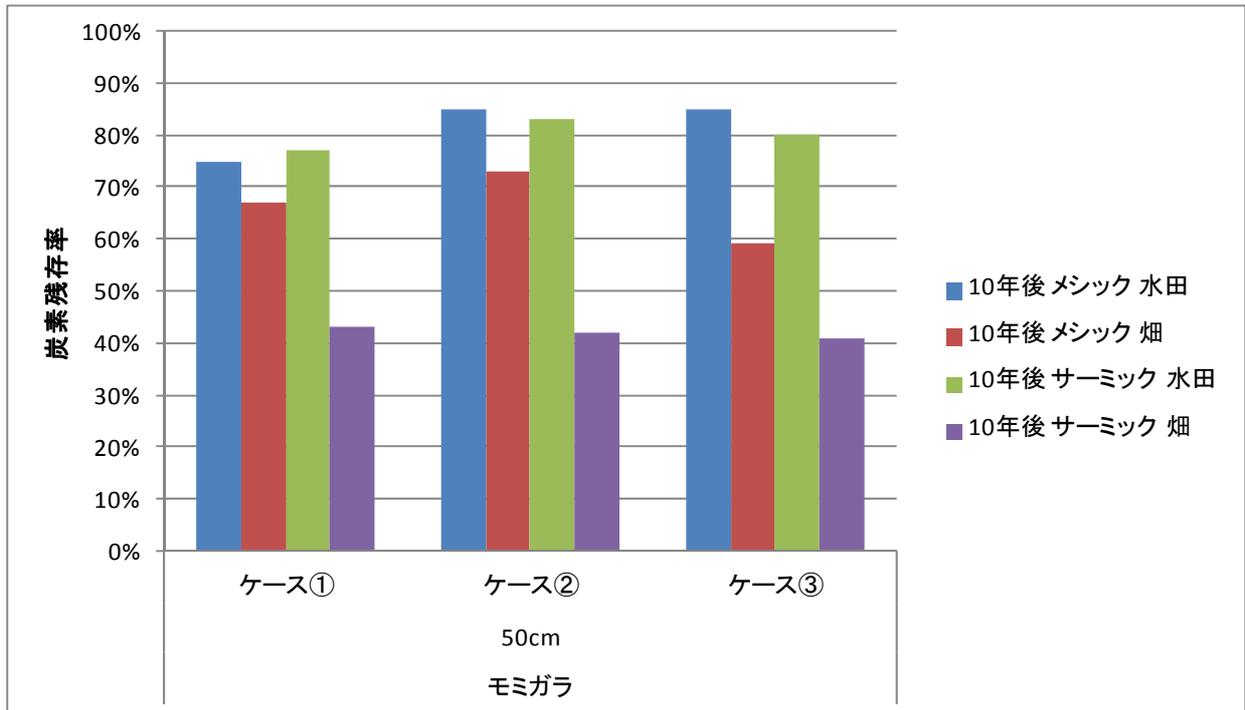


・木炭（上：10年後、下：20年後）

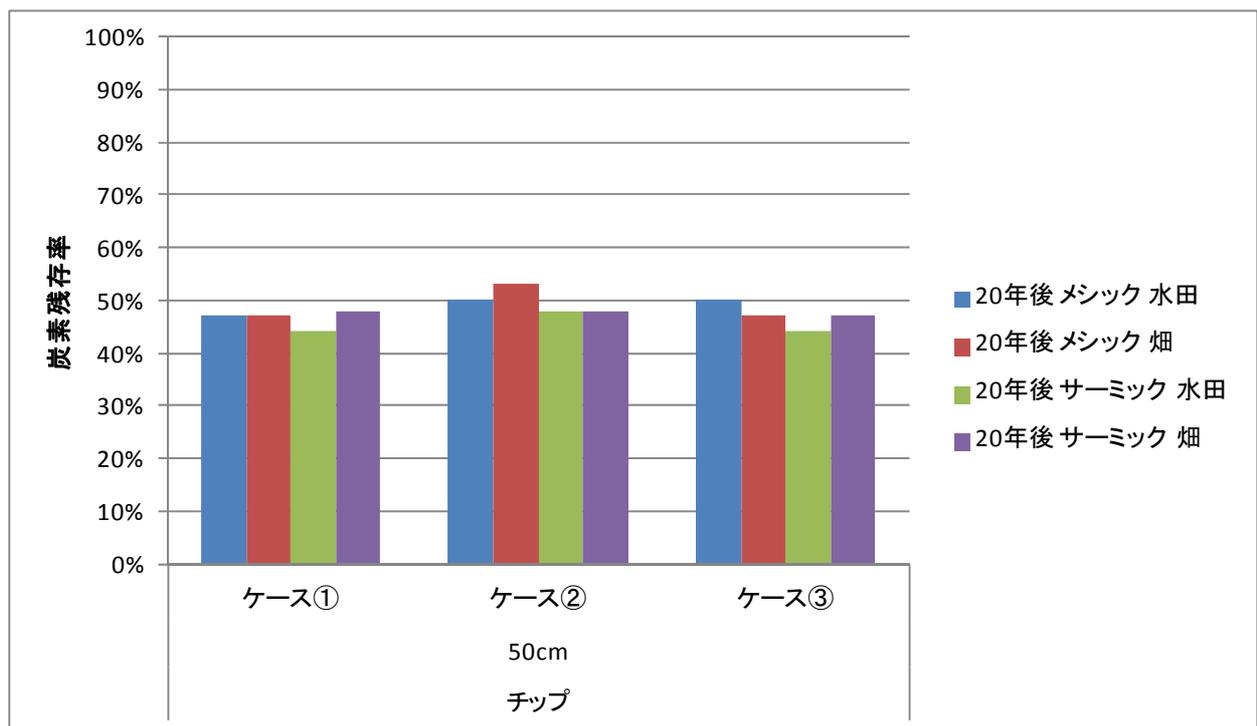
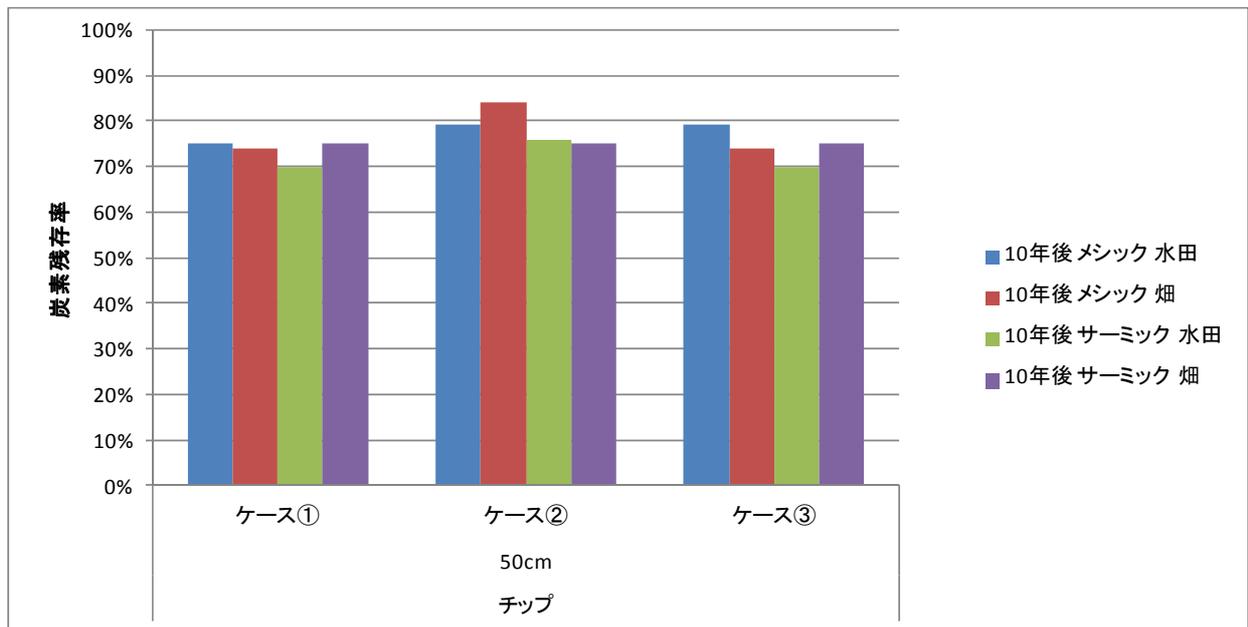


(2) 暗渠疎水材

・モミガラ (上 : 10 年後、下 : 20 年後)



・チップ（上：10年後、下：20年後）



これらの結果を深度、地目、気候区分毎に同じケース・条件での差異を整理した結果を以下に示す。

・深度：

深度の違いによる炭素残存率の差異を把握するため表 86(頁 155)より年数、気候区分、地目、補正ケース(①～③)が同じ条件毎に、深度 30cm と 50cm の炭素残存率の違いを倍数で現した結果を以下に示す。

表 87 深度 (30cm・50cm) による炭素残存率の違いの倍数表示

30cm・50cm区分			稲ワラ堆肥						バーク堆肥						木炭					
			ケース①		ケース②		ケース③		ケース①		ケース②		ケース③		ケース①		ケース②		ケース③	
			30cm	50cm	30cm	50cm	30cm	50cm	30cm	50cm	30cm	50cm	30cm	50cm	30cm	50cm	30cm	50cm	30cm	50cm
10年後	メシク	水田	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	
		畑	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.6	1.1	1.2	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	
	サーミック	水田	1.1	1.1	2.1	1.1	1.2	2.1	1.0	1.2	2.1	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.1	
		畑	1.2	1.2	2.0	1.0	1.0	2.3	1.0	1.0	2.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	
20年後	メシク	水田	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
		畑	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1	2.6	1.1	1.1	2.6	1.1	1.2	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	
	サーミック	水田	1.1	1.1	2.2	1.1	1.3	2.1	1.0	1.3	2.1	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.1	
		畑	1.3	1.3	2.3	1.0	1.0	2.2	1.0	1.0	2.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

・地目：

地目の違いによる炭素残存率の差異を把握するため表 86(頁 155)より年数、気候区分、深度、補正ケース(①～③)が同じ条件毎に、水田と畑の炭素残存率の違いを倍数で現した結果を以下に示す。

表 88 地目 (水田・畑) による炭素残存率の違いの倍数表示

水田・畑区分			稲ワラ堆肥						バーク堆肥						木炭						モミガラ			チップ		
			30cm			50cm			30cm			50cm			30cm			50cm			50cm			50cm		
			ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③
10年後	メシク	水田	1.4	1.4	1.4	1.2	1.2	1.4	1.4	1.7	1.6	1.4	1.7	3.6	1.1	1.2	1.3	1.1	1.3	1.3	1.1	1.2	1.4	1.0	1.1	1.1
		畑	1.7	1.7	2.6	1.3	1.3	2.6	1.8	1.8	4.6	1.7	1.4	4.3	1.1	1.2	1.2	1.1	1.5	1.5	1.8	2.0	2.0	1.1	1.0	1.1
	サーミック	水田	1.7	1.7	2.6	1.3	1.3	2.6	1.8	1.8	4.6	1.7	1.4	4.3	1.1	1.2	1.2	1.1	1.5	1.5	1.8	2.0	2.0	1.1	1.0	1.1
		畑	1.7	1.7	2.6	1.3	1.3	2.6	1.8	1.8	4.6	1.7	1.4	4.3	1.1	1.2	1.2	1.1	1.5	1.5	1.8	2.0	2.0	1.1	1.0	1.1
20年後	メシク	水田	1.4	1.4	1.4	1.2	1.2	1.4	1.4	1.7	1.6	1.4	1.8	3.6	1.1	1.2	1.3	1.1	1.3	1.3	1.1	1.2	1.5	1.0	1.1	1.1
		畑	1.7	1.7	2.6	1.3	1.3	2.6	1.8	1.8	4.6	1.7	1.4	4.3	1.1	1.2	1.2	1.1	1.5	1.5	1.8	2.0	2.0	1.1	1.0	1.1
	サーミック	水田	1.7	1.7	2.6	1.3	1.3	2.6	1.8	1.8	4.6	1.7	1.4	4.3	1.1	1.2	1.2	1.1	1.5	1.5	1.8	2.0	2.0	1.1	1.0	1.1
		畑	1.7	1.7	2.6	1.3	1.3	2.6	1.8	1.8	4.6	1.7	1.4	4.3	1.1	1.2	1.2	1.1	1.5	1.5	1.8	2.0	2.0	1.1	1.0	1.1

・気候区分：

気候区分の違いによる炭素残存率の差異を把握するため表 86(頁 155)より年数、地目、深度、補正ケース(①～③)が同じ条件毎に、メシックとサーミックの炭素残存率の違いを倍数で現した結果を以下に示す。

表 89 気候区分(メシック・サーミック)による炭素残存率の違いの倍数表示

メシック・サーミック区分			稲ワラ堆肥						バーク堆肥						木炭						モミガラ			チップ		
			30cm			50cm			30cm			50cm			30cm			50cm			50cm			50cm		
			ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③	ケース①	ケース②	ケース③
10年後	水田	メシック	1.1	1.1	1.9	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.8	1.1	1.3	1.3	1.0	1.0	1.1	1.0	1.3	1.2	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1
		サーミック	1.1	1.1	1.9	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.8	1.1	1.3	1.3	1.0	1.0	1.1	1.0	1.3	1.2	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1
	畑	メシック	1.4	1.4	3.4	1.2	1.2	1.6	1.1	1.2	5.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1	1.2	1.0	1.1	1.1	1.6	1.7	1.4	1.0	1.1	1.0
		サーミック	1.4	1.4	3.4	1.2	1.2	1.6	1.1	1.2	5.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1	1.2	1.0	1.1	1.1	1.6	1.7	1.4	1.0	1.1	1.0
20年後	水田	メシック	1.2	1.2	1.9	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.8	1.1	1.4	1.4	1.0	1.0	1.1	1.0	1.3	1.3	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1
		サーミック	1.2	1.2	1.9	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.8	1.1	1.4	1.4	1.0	1.0	1.1	1.0	1.3	1.3	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1
	畑	メシック	1.5	1.5	3.8	1.2	1.2	1.6	1.1	1.2	5.2	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.6	1.8	1.4	1.0	1.1	1.0
		サーミック	1.5	1.5	3.8	1.2	1.2	1.6	1.1	1.2	5.2	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.6	1.8	1.4	1.0	1.1	1.0

上記で得られた結果や考察を踏まえ、資材毎の炭素残存率の10年後、20年後の推計値の整理・評価した結果を次に示す。

2. 資材毎の評価結果のまとめ

資材毎の炭素残存率の10年後、20年後の推計値の整理・評価した結果を以下に示す。

2.1 稲ワラ堆肥

1) 炭素残存率推計値 (表 86 参照)

炭素残存率の推計値が水田では、メシクで10年後に30~34%、20年後に19~22%、サーミックで10年後に18~37%、20年後に11~24%。畑では、メシクで10年後に22~27%、20年後に14~17%、サーミックで10年後に7~22%、20年後に4~14%まで低下する。

2) 深度別残存率の評価結果 (表 86, 87 参照)

地目別、気候帯別いずれも、10年後、20年後ともに、炭素残存率の推計値は、概ね水田では、ケース③のサーミックを除いて、30cm>50cm、畑では、30cm<50cmと、逆の傾向が見られる。

なお、これらの差は、ケース③のサーミックの水田・畑では、2倍程度と大きいですが、それ以外のケース・条件では、~1.3倍程度と小さい。

3) 地目別残存率の評価結果 (表 86, 88 参照)

同じ気候帯内では、水田>畑である。この差は、特にケース③のサーミックの畑では、2.6~2.8倍と大きいですが、他のケース・条件では、30cmで1.4~1.7倍、50cmでは、1.2~1.3倍で、30cmの方が大きい。

4) 気候区分別残存率の評価結果 (表 86, 89 参照)

同じ地目では、ケース③の50cmを除いては、メシク>サーミックである。この差は、30cmの方が大きい傾向が見られる。また、水田では、ケース①、②では30cmで1.1~1.2倍程度、50cmでは1.2倍、ケース③では2倍弱。畑では、ケース①、②では30cmで1.4~1.5倍程度、50cmで1.2倍であり、ケース③では、30cmで3.4~3.8倍の差がある。

ケース③の畑は、メシクの30cmを除いて、同じ条件では、他の2ケースと比較して著しく残存率が小さく算定される。

2.2 バーク堆肥

1) 炭素残存率推計値 (表 86 参照)

炭素残存率の推計値が水田では、メシクで 10 年後に 54~66%、20 年後に 34~42%、サーミックで 10 年後に 37~78%、20 年後に 23~49%まで低下する。畑では、メシクで 10 年後に 16~42%、20 年後に 10~26%、サーミックで 10 年後に 8~36%、20 年後に 5~23%まで低下する。

一般的に、稲わら堆肥より、残存率が 1.1~2 倍強高い傾向が見られる。ただし、ケース③のメシク畑は、バーク堆肥の方が残存率が他のケース、条件と比較して著しく小さく、この傾向には当てはまらない。

2) 深度別残存率の評価結果 (表 86, 87 参照)

地目別、気候帯別いずれも、10 年後、20 年後ともに、炭素残存率の推計値は、概ね水田では、ケース③のサーミックを除いて、30cm>50cm、畑でも、ケース③のサーミックを除いて、概ね 30cm>50cm で同じ傾向が見られる。

3) 地目別残存率の評価結果 (表 86, 88 参照)

同じ気候帯内では、水田>畑である。ケース①、②では、30cm、50cm の差はなく、1.4~1.8 倍程度。ケース③では、水田と畑の差が大きくなり 1.6 倍以上で、3~4 倍強が多い。

4) 気候区別残存率の評価結果 (表 86, 89 参照)

同一地目内では、ケースによって、気候区分による残存率の大小関係が異なる推計結果となった。なお、ケース③の畑は、メシクの 30cm を除いて、同じ条件では、ケース①、②と比較して残存率が著しく小さく算定される。

2.3 木炭

1) 炭素残存率推計値 (表 86 参照)

炭素残存率の推計値は、水田では、メシクで 10 年後に 65~70%、20 年後に 41~44%、サーミックで 10 年後に 55~68%、20 年後に 34~43%。畑では、メシクで 10 年後に 69~90%、20 年後に 44~57%、サーミックで 10 年後に 72~85%、20 年後に 46~54%まで低下する。

2) 深度別残存率の評価結果 (表 86, 87 参照)

メシクでは、30cm<50cm のケースが多いが、その差は最大で 1.2 倍程度と小さい。

サーミックでは、水田で 30cm>50cm、畑で 30cm<50cm と逆の傾向を示す。その差は、メシクと同程度 (最大で 1.2 倍程度) であり、他の資材より概ね小さい。

3) 地目別残存率の評価結果 (表 86, 88 参照)

同じ気候帯内では、水田<畑で、他の資材と逆の傾向を示す。なお、その差は、~1.6 倍と他の資材と比較して概ね小さい。

4) 気候区別残存率の評価結果 (表 86, 89 参照)

水田、畑いずれも 30cm のケース①、②がメシク<サーミック。それ例外のケース、条件は概

ねメシク>サーミック。これらの差は、～1.3 倍程度と、他の資材でのケース・条件ほど大きくない。

2.4 モミガラ

1) 炭素残存率推計値 (表 86 参照)

炭素残存率の推計値は、水田では、メシクで 10 年後に 75～85%、20 年後に 48～54%、サーミックで 10 年後に 77～83%、20 年後に 49～52%。畑では、メシクで 10 年後に 59～73%、20 年後に 37～46%、サーミックで 10 年後に 41～43%、20 年後に 26～27%である。

2) 地目別残存率の評価結果 (表 86, 88 参照)

いずれのケース・条件でも、水田>畑。その差は、特に、サーミックで大きく、1.8～2.0 倍である。メシクでは、1.1～1.5 倍と小さい。

3) 気候区分別残存率の評価結果 (表 86, 89 参照)

いずれのケース・条件でも概ね、メシク>サーミックである。その差は水田で～1.1 倍程度と小さく、畑では 1.4～1.8 倍である。

2.5 チップ

1) 炭素残存率推計値 (表 86 参照)

炭素残存率の推計値は、水田では、メシクで 10 年後に 75～79%、20 年後に 47～50%、サーミックで 10 年後に 70～76%、20 年後に 44～48%。畑では、メシクで 10 年後に 74～84%、20 年後に 47～53%、サーミックで 10 年後に 75%、20 年後に 47～48%である。

2) 地目別残存率の評価結果 (表 86, 88 参照)

ケースによって、残存率の大小関係が異なる推計結果となった。ただし、いずれのケース・条件でも、地目による残存率の差は、～1.1 倍程度と、他の資材と比較して小さい。

3) 気候区分別残存率の評価結果 (表 86, 89 参照)

水田では、メシク>サーミックであるが、畑ではケースによって残存率の大小関係が異なる推計結果となった。ただし、いずれのケース・条件でも、気候区分による残存率の差は、～1.1 倍程度と、他の資材と比較して小さい。

3. 暗渠疎水材への適用を想定した場合の炭素残存率の評価

3.1 暗渠疎水材への適用を想定した炭素残存率の総括表のとりまとめ

炭素残存率の推計値に関するこれまでの結果を踏まえ、各資材の暗渠疎水材への適用を想定した炭素残存率を総括表にとりまとめた。なお、深度別結果（30cm、50cm）がある資材は、暗渠疎水材の条件に近い50cmの結果をまとめた。

表 90 地目別・気候帯別の埋設10年後の炭素残存率（%：3つのケーススタディーの総合結果）

地目	気候帯	稲わら堆肥	バーク堆肥	木炭	モミガラ	チップ
水田	メシック	30～33	54～64	68～70	75～85	75～79
	サーミック	28～37	49～78	55～68	77～83	70～76
畑	メシック	22～27	16～38	75～90	59～73	74～84
	サーミック	14～22	18～35	74～85	41～43	75

表 91 地目別・気候帯別の埋設20年後の炭素残存率（%：3つのケーススタディーの総合結果）

地目	気候帯	稲わら堆肥	バーク堆肥	木炭	モミガラ	チップ
水田	メシック	19～21	34～41	43～44	48～54	47～50
	サーミック	18～24	30～49	34～43	49～52	44～48
畑	メシック	14～17	10～24	47～57	37～46	47～53
	サーミック	9～14	11～22	47～54	26～27	47～48

3.2 炭素残存率推計結果の総括

上記を踏まえた炭素残存率推計結果の総括を以下に示す。

- 1) 木質系資材（木炭、チップ）は気候帯や地目による残存率の差異が小さい。
- 2) 残渣系資材（稲わら堆肥、バーク堆肥、モミガラ）は、地目別の残存率の差異が大きく、水田よりも畑の方が、資材の残存率は明らかに低い。また、この差異は、最も分解が速い稲わら堆肥よりも、易分解性と難分解性の部位が混合されていると考えられるバーク堆肥、モミガラでより大きくなる。また、分解速度が速くなるサーミックでより顕著になる。
- 3) 資材の種類に関わりなく、水田では、気候帯別の差異が小さい。

4) 今回の実証調査結果に基づいて、一定の仮定条件の下での評価結果から、暗渠疎水材としての利用が想定されるモミガラとチップについて、炭素残存率を資材の耐久性（残存率）と読み替えれば、以下の傾向がある。

①モミガラの残存率は以下のとおり。

- ・10年後
水田：7～8割程度
畑：メシクで6～7割程度、サーミックで4割程度

- ・20年後
水田：5割程度
畑：メシクで4～5割程度、サーミックで3割程度

②チップの残存率は以下のとおり。

- ・10年後
水田：7～8割程度
畑：7～8割程度

- ・20年後
水田：4～5割程度
畑：5割程度

なお、上記4)の①と②は、「暗渠疎水材選定のための参考資料案」へ反映させることとする。