

3. 分析方法

3.1 調査・分析項目

本調査では、全国 33 箇所の調査ほ場の土壌及び使用する有機質資材(3.2 にて示す)を対象として、以下の調査・分析を行った。

- ・ 有機質資材の炭素含有率 (資材別)
- ・ 有機質資材の炭素貯留量 (気候帯別・土壌タイプ別・資材別・深度別)
- ・ pH
- ・ 塩基置換容量 (CEC)
- ・ 電気伝導度 (EC)
- ・ 窒素量
- ・ リグニン量
- ・ セルロース量

3.2 使用する有機質資材

本調査では、実際に農地基盤へ投入した場合に効果的に炭素貯留量の増加が見込める有機質資材として、以下の 5 種類を対象とした。

- ・ 土壌改良資材：稲わら堆肥、バーク堆肥、木炭 (計 3 種類)
- ・ 暗渠疎水材：モミガラ、チップ (計 2 種類)

3.3 調査・分析手順

(1) 調査・分析のフロー

調査・分析の全体フローは以下のとおりである。

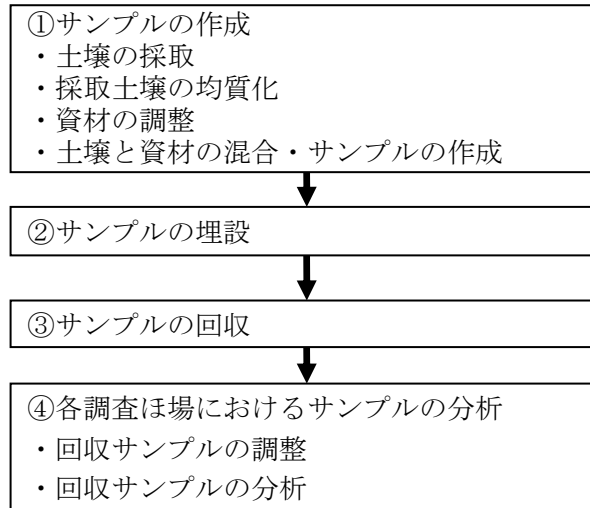


図 1 分析・調査フロー

投入資材毎の回収サンプルの分析フローを以下に示す。

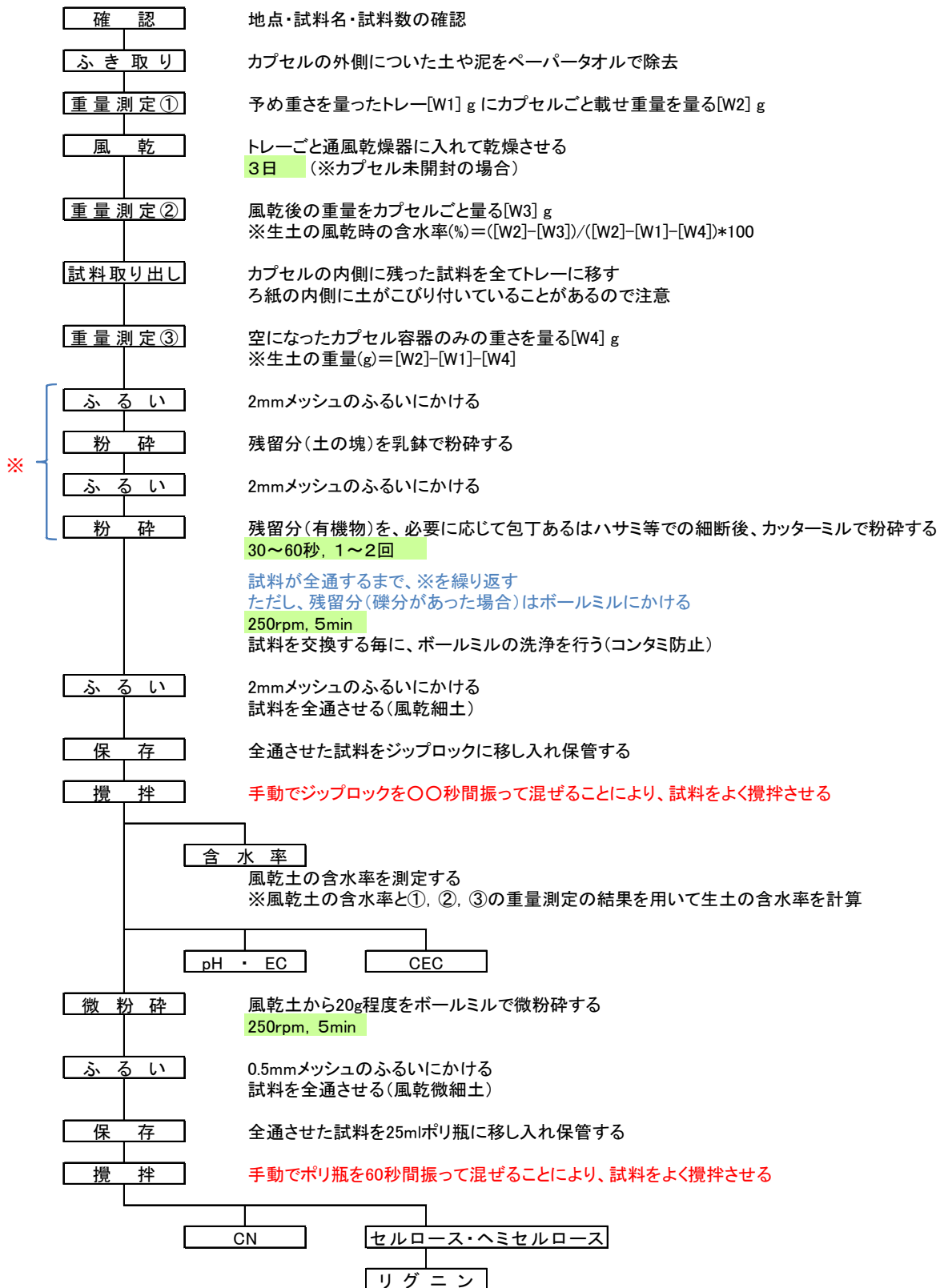
1) 稲ワラ堆肥



2) バーク堆肥



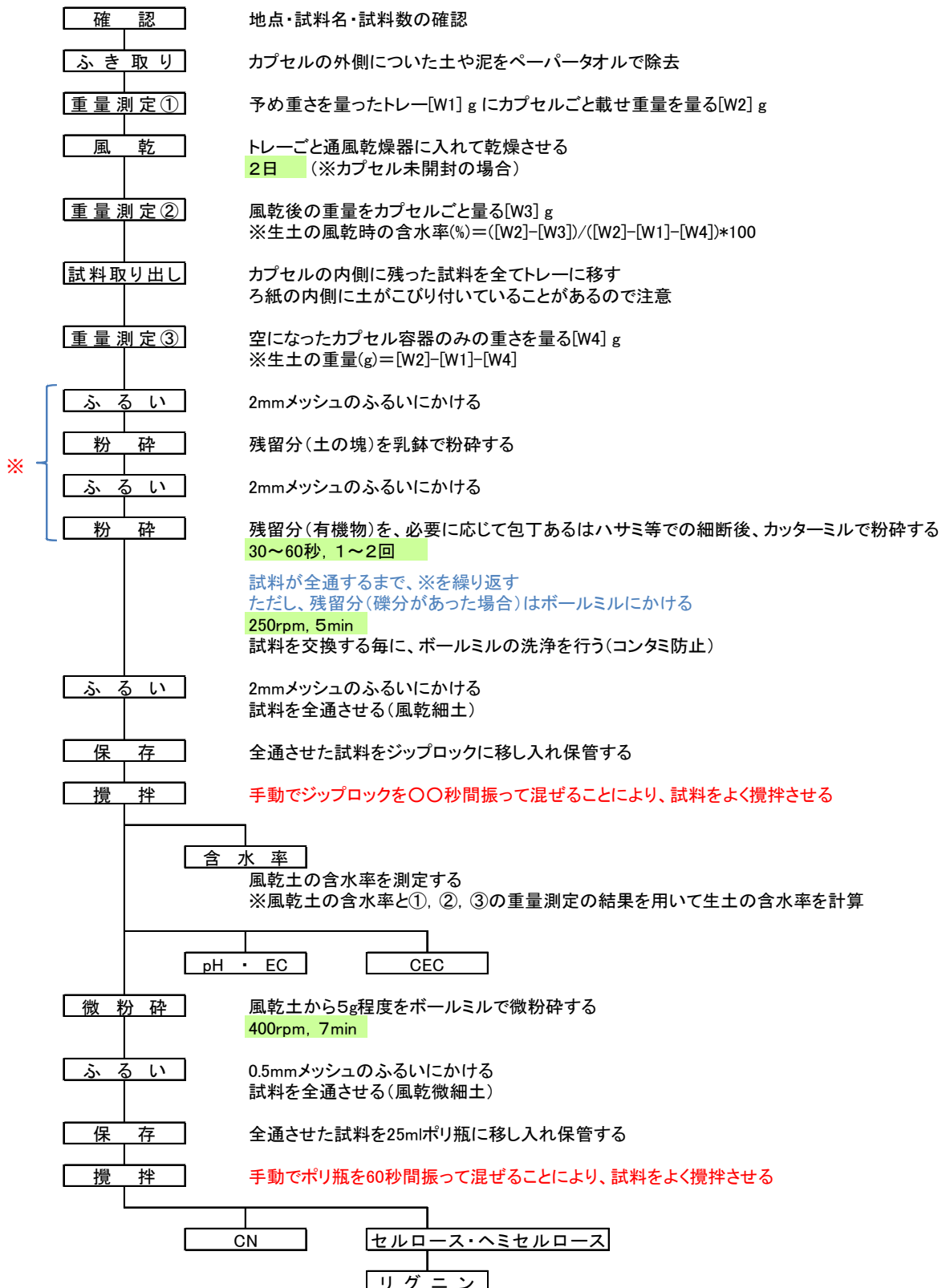
3) 木炭



4) チップ



5) モミガラ



(2) サンプルの作成方法

《土壌の採取》

1. 層位、層界に関係なく、30cmライン、50cmラインそれぞれの上下5cmの範囲から約20kgの土壌試料を採取する。
2. 採取した土壌はビニール袋に入れ分析機関へ送付する。

表 3 土壌サンプル採取に係る基本スケジュール

調査日	調査項目	調査の概要
1 日目	調査地点（ほ場）に到着&ほ場の状況を確認	・ ほ場管理者と採取地点の確認を実施。
	土壌サンプルの採取	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌サンプル採取スペースにおいて湿潤土壌を採取。 ・ 土壌の掘削は剣先スコップ及び移植ゴテを使用し、約1m幅で実施。 ・ 土壌断面の撮影等を行った後、掘削土壌を掘り返した順（層ごとに）に埋め戻し、土壌状態を復元。
2 日目	雨天の場合の予備	—

《採取土壌の混合（均質化）》

1. 大型のトレー等に採取土壌をあけ、人力で粉碎・混合したのちふるいにかけて乾燥させる。
2. 1. で乾燥させた土壌を3～4mmメッシュのふるいにかけて均質化する。



図 2 採取土壌の均質化状況

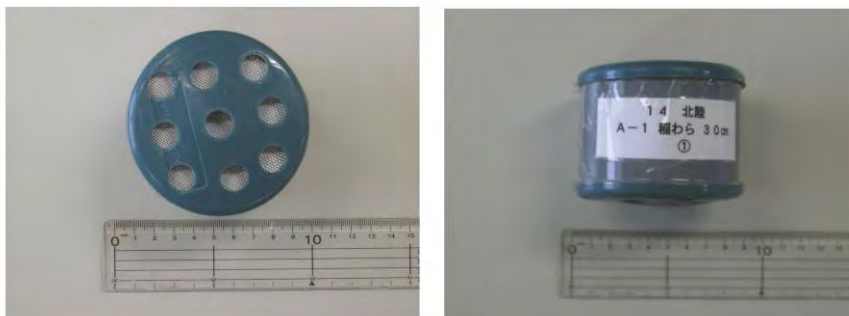
3. 均質化した土壌の一部を取って、水分含有率、炭素及び窒素含有率（乾式燃焼法）を5反復で分析（リグニン量、セルロース量、pH、EC、CECについては3反復）する。

《資材の調整》

1. 稲わら堆肥、バーク堆肥、木炭（1mmアンダーの製品）は袋詰めされたものから必要量を取り出し、風乾して乳棒等で粉碎したものを3～4mmメッシュのふるいにかけて均質化する。
2. 均質化した資材について、水分含有率、炭素及び窒素含有率（乾式燃焼法）を5反復で分析（リグニン量、セルロース量、pH、EC、CECについては3反復）する。この値（平均値）を作成する全サンプルに適用する。
3. 組成分析に用いる試料の精秤量は「土壤環境分析法（土壤環境分析法編集委員会編）」の炭素：乾式燃焼法の試料調整に準じる。

《土壌と資材の混合・サンプルの作成》

1. 小数点以下2桁の自動計量器に、空のカプセル（下写真：蓋、ろ紙、固定用ネット等も含む）を置いて風袋重量を計測し記録しておく。



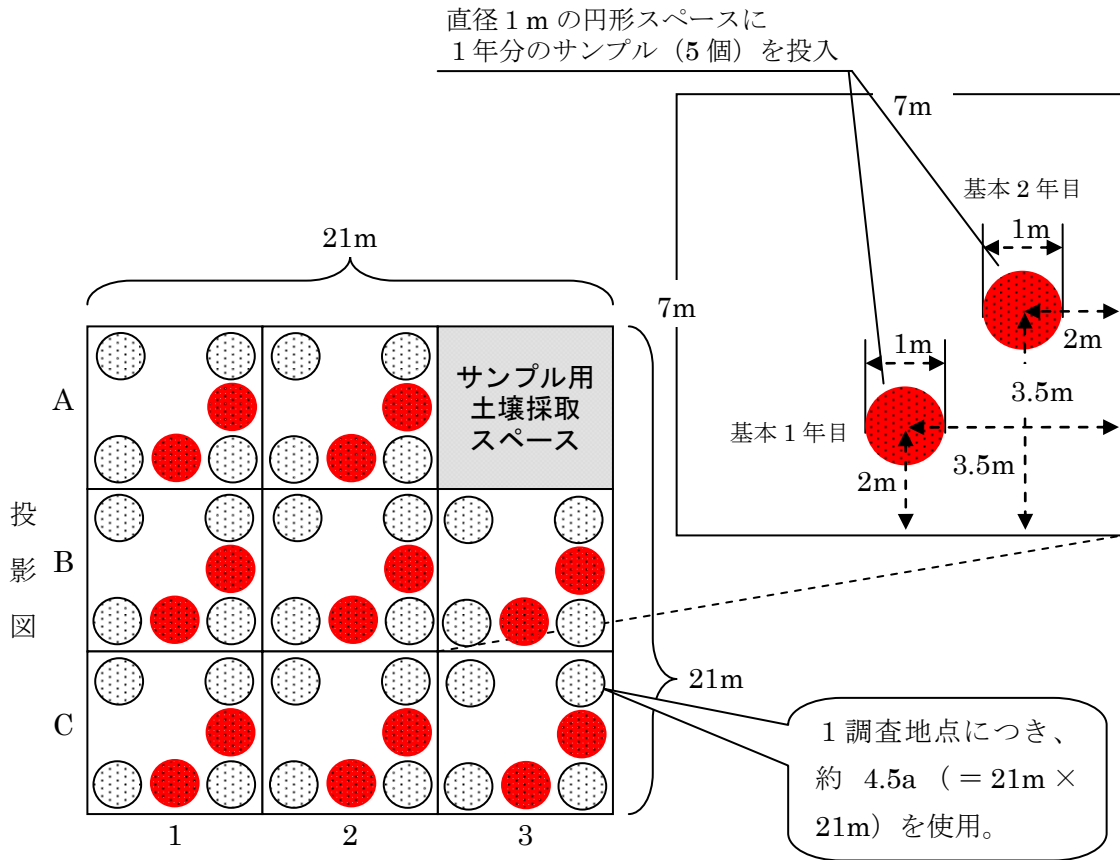
2. 土壌改良資材については、1サンプルにつき、土壌：175gと資材：35gをそれぞれ計量し、薬さじ等で両者を混合したのち、上記のカプセルに収納し蓋をする。なお、暗渠疎水材については、1サンプルにつき土壌10gをカプセルの底部に敷き、その上にモミガラは20g、チップは30gをそれぞれ計量して土壌の上に置く（混合しない）。
※ろ紙や固定用ネットは大きめのものを用いる。



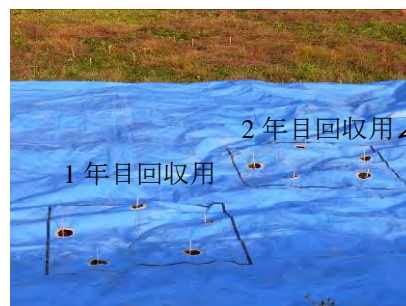
(3) サンプルの埋設方法

《サンプルの投入》

1. 埋設はほ場管理者から使用許可を得ているほ場スペース（21m×21m）の空きスペースに埋設する（図 3）。



- | | |
|---------------------------|------------------|
| A-1 : 有機質資材—稲わら堆肥 (30 cm) | B-3 : 暗渠疎水材—モミガラ |
| A-2 : 有機質資材—稲わら堆肥 (50 cm) | C-3 : 暗渠疎水材—チップ |
| B-1 : 有機質資材—バーク堆肥 (30 cm) | |
| B-2 : 有機質資材—バーク堆肥 (50 cm) | |
| C-1 : 有機質資材—木炭 (30 cm) | |
| C-2 : 有機質資材—木炭 (50 cm) | |



7m×7m 規格のブルーシートに予め埋設用の穴を設定し現地で埋め込み用のポイントを特定する。

図 3 基本的な調査地点の設定方法（イメージ）

2. 埋設は、土壌掘削用のオーガー機器等を使用し、円柱状に30cm、50cm深に掘削し、サンプルを投入する。

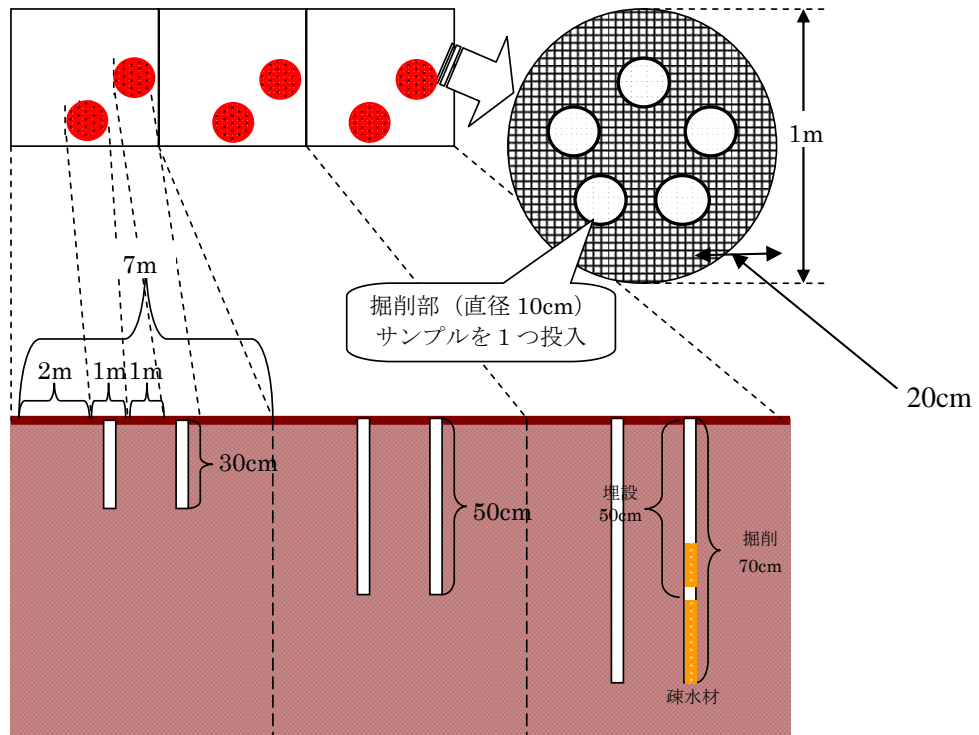


図 4 土壌の掘削方法 (イメージ)

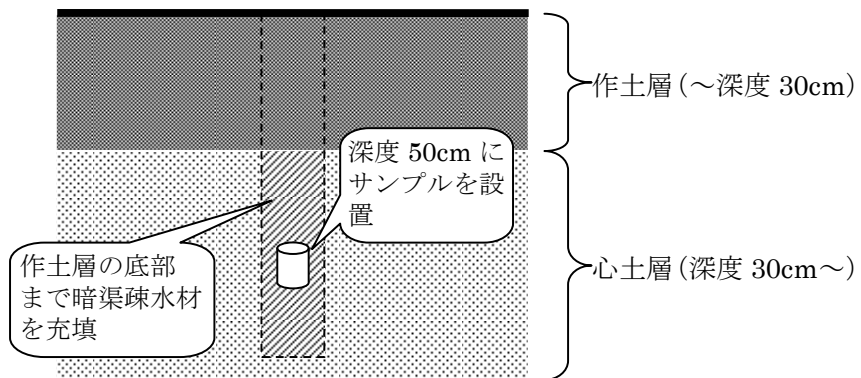



図 5 70cm 掘削穴におけるサンプルの設置方法

3. サンプル投入後は、掘削土の上下関係（土層毎の順番）を維持して埋め戻し、十分に転圧して土壌状態を復元。

表 4 サンプル投入に係る基本スケジュール

調査日	調査項目	調査の概要
1 日目	<p>調査地点（ほ場）に到着&ほ場の状況を確認</p> <p>所定の埋設孔を開けた7m×7mのブルーシート（右写真）でサンプル投入ポイントを特定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ほ場管理者と投入サンプルの投入地点の確認を実施。 ・ 過年度に埋設されたサンプル投入ポイントをもとに、今回埋設する2年分の埋設ポイントを特定し、記録。 
2 日目	<p>サンプル投入ポイントの掘削・サンプル投入・土壌の埋め戻し</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌掘削用のオーガー機器等を活用しつつ、土壌を掘削。 ・ 掘削した土壌をサンプラーから取り出した後に写真撮影し、土壌タイプを確認。併せて採掘後のほ場を写真撮影。 ・ 掘削後、各掘削穴にサンプルを1つずつ投入。 ・ サンプル投入後、掘削土壌を掘り返した際の上下関係（土層ごとの順番）を維持して埋め戻し、十分に転圧をかけて土壌状態を復元。
3 日目	<p>雨天・積雪の場合の予備</p>	<p>—</p>

(4) サンプルの回収方法

1. 土壌掘削用のボーリング機器等を活用しつつ土壌を掘削し、埋設深度に近くなったら、サンプルが破損しないように剣先スコップ及び移植ゴテを使用し回収する。
2. 周辺土壌への物理的影響を最小限に抑えるため、掘削にかかる活動範囲は可能な限り限定する。サンプルの回収～調整の作業手順を以下に示す。

手順1. サンプルの取り出し：



手順2. サンプルの洗浄・風乾

- ①取り出したサンプルの外側についている泥を水洗いする。



- ②水洗いした後のサンプルを乾かし、カプセル毎重量計測する。



手順3. 分析用試料の調整・保管

- ①全量とりだして、通風乾燥機内で風乾状態とした後、重量計測する。



- ②粉砕器にかけて全量を2mmのメッシュを通過させ、ポリビンにて保管する。

(5) 回収サンプルの分析方法

《回収サンプルの調整》

1. サンプルは破損等がない限り5つ全てを分析する。
2. 回収したサンプルの外側に付着した泥をペーパータオル等で除去する。
3. 回収したサンプルをカプセルごと風乾し、その重量を計測する。なお、風乾しにくいサンプルは、カプセルごと通風乾燥機に入れて乾燥させる。
4. 粘土含有量の高いサンプルも、乾燥させることで収縮して回収しやすくなる。ここで、カプセルから内容物を全て取り出し、回収土壌の重量も計測しておく。
5. 乳鉢での粉碎と併せ、チップ等で粉碎が困難なものは、市販の食品用カッターミルで粉碎し、2mmメッシュのふるいにかける。
6. ふるいに残った試料は、カッターミルや乳鉢で再度粉碎し、全量を2mmメッシュのふるいを通過させる。
7. ふるいにかけた試料はポリビン等に保存する。

《回収サンプルの分析》

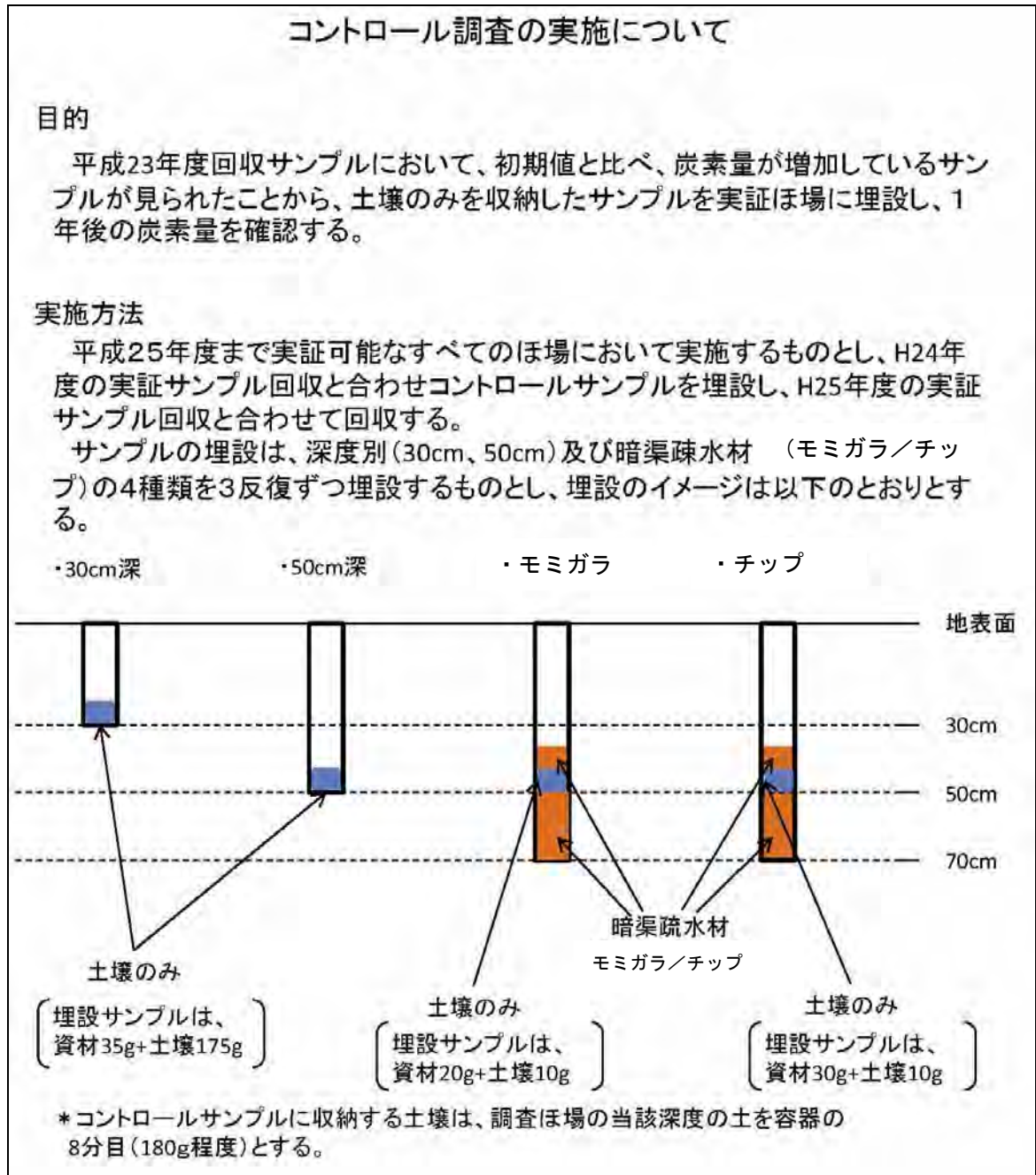
回収サンプルの分析は、前述した土壌・資材の分析に準じる。

表 5 組成分析方法

データ項目	分析方法
生重量・乾重量	乾熱法（※精度は分析するサンプルの生重量の1,000分の1とする）
含水率	乾熱法
炭素量	乾式燃焼法（参考）土壌環境分析法編集委員会編「土壌環境分析法」
窒素量	乾式燃焼法（参考）土壌環境分析法編集委員会編「土壌環境分析法」
リグニン量	（財）日本土壌協会「堆肥等有機物分析法」に基づく方法
セルロース量	（財）日本土壌協会「堆肥等有機物分析法」に基づく方法
pH	ガラス電極法（参考）土壌環境分析法編集委員会編「土壌環境分析法」
CEC	セミミクロ Schollenberger 法（参考）土壌環境分析法編集委員会編「土壌環境分析法」
EC	1：5水浸出法（参考）土壌環境分析法編集委員会編「土壌環境分析法」

3.4 コントロール調査

コントロール調査は、平成23年度～平成24年度回収サンプルにおいて、初期値と比べ、炭素量が増加しているサンプルが見られたことから、以下に示す方法で、土壌のみを収納したサンプルを実証ほ場に埋設し、1年後の炭素量を確認したものである。



3.5 地温・土壌水分計の設置

調査ほ場（全国 33 か所）のうち 13 か所の調査ほ場で地温・土壌水分の連続観測（深度 30cm、50cm）を行った。実施に当たっては、委託者と協議の上、統一の観測機器（水補給不要のもの）を購入し調査ほ場内に設置した。

表 6 地温・土壌水分計の設置箇所

気候帯	地域	地目	土壌タイプ	所在地	地図番号
メシク	北海道	水田	灰色低地土	北海道夕張郡栗山町	1
			グライ土	北海道空知郡南幌町	2
				北海道滝川市 (実験事業：滝川東地区内)	4
		畑	褐色森林土	北海道上川郡美瑛町	6
					4箇所
サーミック	関東	水田	グライ土	埼玉県吉川町	18
			多湿黒ボク土	栃木県真岡市	19
			灰色低地土	千葉県富里市 (実験事業：中沢地区内)	20
			グライ土	千葉県長生郡睦沢町 (実験事業：三王下地区内)	21
	東海	畑	黒ボク土	三重県津市	22
	近畿	畑	褐色森林土	奈良県宇陀市	25
	九州	水田	灰色低地土	熊本県天草市	29
			多湿黒ボク土	熊本県合志市	31
		畑	黒ボク土	熊本県合志市	32
					合計 13箇所

①測定条件：


1. 調査ほ場（33か所）のうち13か所の調査ほ場で地温・土壌水分の連続観測（深度30cm、50cm）を行う。
2. 統一の観測機器で、かつ水補給不要のものを購入し調査ほ場内に設置及びデータ解析を行う。
3. 温度センサーと土壌水分センサーを使用し、1つのデータロガーに接続する。

②測定機器類：

1. 土壌水分計：Watermark(ウォーターマーク)土壌水分センサー

 <p>*1 箇所当たり、30 c m深と 50 c m深にそれぞれ設置する (2センサー/箇所)。</p>	<p>土中にセンサーを埋設し、土壌水分の状態 (kPa=センチバール)を計測する。電気抵抗の読み値を土壌吸引張力値に変換測定範囲： 0 (もっとも湿っている) から 200 (最も乾いている。) [kPa]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外部センサー (データロガー用) ・20 f t (6m) ケーブル ・測定範囲： 0 から 200 [kPa]
---	---

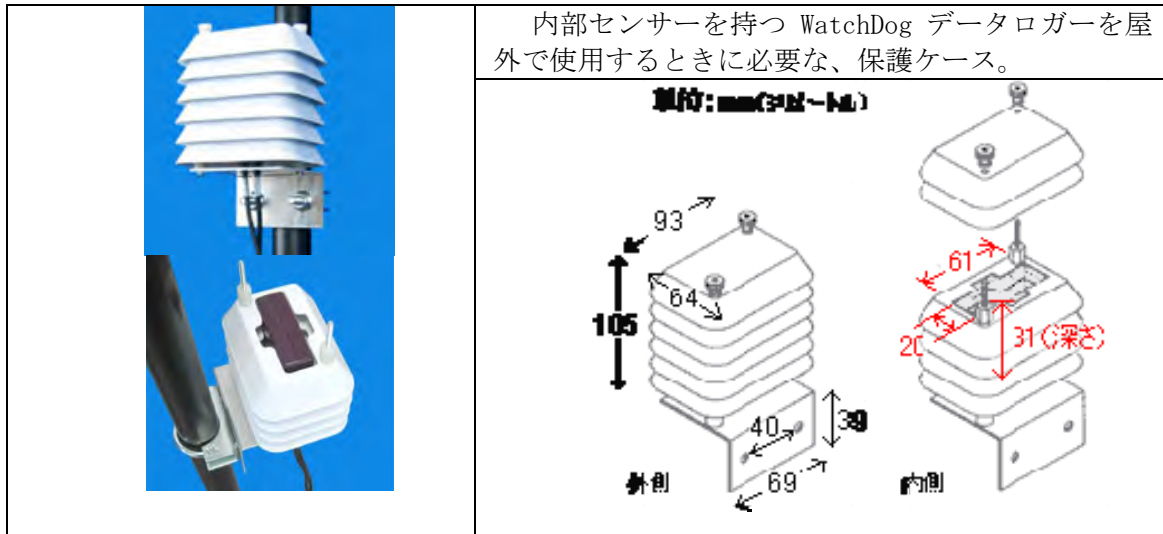
2. 地温計：外部温度センサー

 <p>*1 箇所当たり、30 c m深と 50 c m深にそれぞれ設置する (2センサー/箇所)。</p>	<p>土中にセンサーを埋設し、地温を計測する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外部センサー (データロガー用) ・20 f t (6m) ケーブル ・測定範囲： -30℃ から +100℃
---	--

3. データロガー：外部温度センサー

 <p>*1 箇所当たり、1 基設置し、土壌水分計 (2センサー) と温度計 (2センサー) から計 4つのポートを接続する。</p>	<p>土壌水分と地温のセンサーを接続し、記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・内部センサーは地温と湿度をログ ・最大 4 ポートまで外部センサーを接続 ・1-60 分の間でログ間隔を設定可能 ・30 分ログ間隔で 209 日間作動。 ・10,800 データログ。 ・CR2450 電池で 12 カ月間作動
--	---

4. 専用設置ケース：ラジエーションシールド



(3) 計測の条件：

- ① 自動計測間隔は1時間で設定する。
- ② データ回収間隔は機器の保安・点検を考慮して2ヶ月程度とする。
- ③ 寒冷地で積雪によりアクセスが困難となる調査ほ場においては、積雪前と融雪後に行う。
- ④ 計測対象となる全13箇所については、平成23年3月中旬までの期間中に試料埋設時と同時にそれぞれロガーをセットし、逐次計測を開始する。

表 7 地温・土壌水分計設置に係る基本スケジュール

調査日	調査項目	調査の概要
1 日目	調査地点（ほ場）に到着&地温・土壌水分計設置位置を確認	・ ほ場において、ほ場管理者と地温・土壌水分計設置位置の確認を実施。
	地温・土壌水分計設置	・ 特定された位置の土壌を 50cm 掘削し、50cm 深と 30cm 深に地温・土壌水分センサーを埋設し、掘削土壌を掘り返した際の上下関係(土層ごとの順番)を維持して埋め戻し、十分に転圧をかけて土壌状態を復元。
	データロガー設置	・ 地温・土壌水分センサーをデータロガーと接続し、ラジエーションシールドを被せて計測開始。

また、地温と気温、土壌水分と降水量の関係を整理・解析するため、下表に示すようにデータの取得に当たって各調査ほ場より最寄りの観測所におけるアメダスデータを収集した。

表 8 データの取得に当たっての留意事項

測定項目	留意事項
地温	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2010年11月以降、各ほ場に測定器を順次設置。 ・ 2深度(30cm、50cm)において連続測定を実施。
土壌水分	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2010年11月以降、各ほ場に測定器を順次設置。 ・ 2深度(30cm、50cm)において連続測定を実施。 ・ データ整理にあたっては、測定値の単位(kPa: キロパスカル)をpFに変換。pFとkPa(ϕ)の関係は、$pF = \log(10.2 \times \phi)$とした。
気温、降水量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各調査ほ場より最寄りの観測所におけるアメダスデータを使用。 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 栗山町(北海道) → 夕張 ➤ 南幌町(北海道) → 江別 ➤ 滝川市(北海道) → 滝川 ➤ 美瑛町(北海道) → 美瑛 ➤ 吉川市(関東) → 越谷 ➤ 真岡市(関東) → 真岡 ➤ 富里市(関東) → 成田 ➤ 睦沢町(関東) → 茂原 ➤ 津市(東海) → 津 ➤ 宇陀市(近畿) → 大宇陀 ➤ 天草市(九州) → 本渡 ➤ 合志市(九州) → 菊池

4. 試料調整調査結果

4.1 得られたデータについて

本調査においては、サンプル投入前の土壌試料や有機質資材について組成分析を実施し、分析結果を整理した。

なお、炭素貯留量の算定に直接関係する含水量と炭素量について予め5反復による均質性評価を行い、土壌サンプルの均質性を確認した後にサンプルの作成を行った。

4.2 投入前サンプルの組成

(1) 土壌の均質性確認（含水率・炭素含有率・窒素含有率）

各実証調査ほ場で、層位・層界に関係なく、30cmライン、50cmラインそれぞれの上下5cmの範囲から採取した土壌をふるいにかけて乾燥させて、3～4mmメッシュのふるいにかけて均質化し、それぞれ5反復で水分含有率、炭素及び窒素含有率（乾式燃焼法）を分析した。

分析結果及びそれを基に標準偏差を計算した結果は以下のとおりである。

表 9 投入前のサンプルに含まれる土壌の含水率均質性確認（％）

土壌区分			土壌水分(30cm)						土壌水分(50cm)								
			①	②	③	④	⑤	平均	標準偏差	①	②	③	④	⑤	平均	標準偏差	
水田	メシク	灰色低地土	北海道 栗山	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	0.00	11.6	11.7	11.7	11.9	11.9	11.76	0.12
			東北 和賀	19.3	19.2	19.3	19.2	19.6	19.32	0.15	9.5	9.6	9.6	9.7	9.7	9.62	0.07
		北陸 白山	8.8	8.9	8.6	8.8	8.8	8.78	0.10	6.6	6.3	6.6	6.6	6.8	6.57	0.16	
		南越 南越	9.1	9.1	8.6	8.8	9.2	8.96	0.22	7.5	7.4	7.3	7.3	7.9	7.48	0.22	
		北海道 滝川	7.8	6.8	7.6	6.5	8.8	7.50	0.81	6.4	6.6	6.2	6.6	6.9	6.54	0.23	
	東北 和賀	17.7	17.5	17.5	17.6	17.3	17.52	0.13	20.8	20.6	21.0	20.7	20.8	20.78	0.13		
	北陸 金沢	7.8	7.3	7.0	7.1	7.4	7.33	0.28	7.4	7.6	7.6	7.9	7.4	7.58	0.17		
	多湿黒ボク土	北海道 厚真	9.8	9.9	10.1	9.8	9.8	9.88	0.12	11.1	10.8	11.0	10.9	11.1	10.98	0.12	
	東北 和賀	23.0	23.0	23.3	22.6	23.1	23.00	0.23	14.5	14.5	14.5	14.7	14.4	14.52	0.10		
	北陸 小地谷	19.8	19.6	19.9	19.8	19.0	19.63	0.35	25.6	25.4	25.1	25.4	25.2	25.36	0.18		
畑	メシク	黒ボク土	北海道 厚真	20.0	20.2	20.5	20.1	19.3	20.02	0.40	21.7	21.6	21.4	22.1	22.2	21.80	0.30
			東北 花巻	16.6	16.5	16.3	16.9	16.6	16.58	0.19	13.8	13.5	13.5	13.8	14.1	13.74	0.22
		北陸 小地谷	9.4	9.0	8.8	8.9	9.3	9.08	0.25	12.9	12.9	12.8	12.9	12.8	12.86	0.02	
		北海道 美瑛	9.9	10.0	9.9	9.9	10.0	9.94	0.05	7.8	8.0	7.8	7.8	7.8	7.84	0.08	
		褐色森林土	東北 和賀	17.6	17.6	17.6	17.5	17.5	17.56	0.05	17.2	17.0	17.2	17.3	17.3	17.20	0.11
	能登 能登	16.0	15.5	16.1	15.8	16.6	15.98	0.36	19.7	20.9	20.1	20.4	20.3	20.29	0.38		
	宇都宮 宇都宮	4.7	4.7	4.7	4.7	4.6	4.69	0.04	3.8	3.9	3.8	3.9	3.8	3.83	0.07		
	富里 富里	22.2	22.6	21.8	22.0	21.8	22.10	0.28	24.7	24.2	23.9	23.9	23.9	24.12	0.32		
	中国 松山	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.83	0.02	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.18	0.02		
	九州 天草	8.4	8.4	8.4	8.6	8.2	8.40	0.13	9.1	9.2	9.1	9	9.4	9.16	0.14		
水田	メシク	灰色低地土	関東 吉川	27.1	27.4	27.5	27.2	27.5	27.35	0.18	22.4	22.3	21.8	22.0	21.9	22.09	0.21
			陸奥 陸奥	11.0	10.9	10.9	10.9	11.3	11.00	0.15	7.7	8	7.7	7.3	7.4	7.62	0.25
		中国 出雲	7.0	6.9	7.3	7.2	7.3	7.14	0.17	13.4	13.0	13.3	13.1	13.3	13.21	0.15	
		九州 玉名	23.3	23.1	23.4	23.2	23.2	23.24	0.10	15.2	14.7	14.7	14.7	14.7	14.80	0.20	
		多湿黒ボク土	関東 真岡	23.1	22.8	22.7	22.7	22.4	22.74	0.21	30.2	29.3	29.0	29.4	29.4	29.45	0.38
		中国 伯耆	20.1	19.9	20.3	20.6	20.6	20.29	0.28	20.4	19.7	19.9	19.5	21.2	20.13	0.58	
	九州 合志	34.0	34.5	34.6	34.8	35.0	34.58	0.34	37.6	34.6	33.9	44.3	47	39.48	5.26		
	東海 津	16.9	16.7	16.8	17.2	16.9	16.91	0.18	13.7	13.4	13.7	13.3	13.2	13.49	0.22		
	近畿 高島	15.4	15.9	15.9	15.7	16.2	15.82	0.27	20.3	20.1	20.5	20.4	20.4	20.34	0.12		
	九州 合志	32.6	32.6	32.8	32.4	32.7	32.62	0.13	37.7	37.4	38	37.9	37.7	37.74	0.21		
	畑	黒ボク土	東海 新城	8.6	8.4	8.6	8.5	8.5	8.52	0.07	6.0	6.0	5.7	6.7	6.0	6.07	0.32
			近畿 宇陀	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.48	0.04	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.17	0.02
		褐色森林土	九州 南関	18.8	18.9	19.0	18.8	18.8	18.86	0.08	21.6	21.7	21.5	21.6	21.7	21.62	0.07

土壌の含水量を5反復で計測した結果、概ね均質性を確認できた。

(2) 有機質資材の均質性確認

稲わら堆肥、バーク堆肥、木炭、モミガラ、チップの5種類の有機質資材を風乾させて、バーク堆肥については、3～4mmメッシュのふるいにかけて均質化し、それぞれ5反復で水分含有率、炭素及び窒素含有率（乾式燃焼法）を分析した。分析結果及びそれを基に標準偏差を計算した結果は以下のとおりである。

表 12 有機質資材の含水率5反復結果

サンプル区分		水分含有率(%)	標準偏差
土 壤 改 良 資 材	バーク堆肥	No.1	59.16
		No.2	60.27
		No.3	60.45
		No.4	60.22
		No.5	59.50
		平均	59.92
	稲ワラ堆肥	No.1	33.54
		No.2	33.70
		No.3	34.39
		No.4	33.94
		No.5	33.66
		平均	33.85
	木炭	No.1	21.55
		No.2	21.69
		No.3	21.53
No.4		21.51	
No.5		21.37	
平均		21.53	
暗 渠 疎 水 材	チップ	No.1	8.51
		No.2	8.31
		No.3	7.69
		No.4	8.03
		No.5	7.63
		平均	8.03
	モミガラ	No.1	8.46
		No.2	8.32
		No.3	8.91
		No.4	8.63
	No.5	8.65	
	平均	8.59	

表 13 有機質資材の炭素含有率 5 反復結果

サンプル区分		炭素含有率 (%)	標準偏差	
土壌改良資材	バーク堆肥	No.1	27.83	0.20
		No.2	27.75	
		No.3	27.29	
		No.4	27.45	
		No.5	27.53	
		平均	27.57	
	稲ワラ堆肥	No.1	33.75	0.24
		No.2	34.27	
		No.3	33.99	
		No.4	34.43	
		No.5	34.24	
		平均	34.14	
	木炭	No.1	81.40	0.32
		No.2	81.24	
		No.3	81.91	
No.4		81.82		
No.5		81.08		
平均		81.49		
暗渠疎水材	チップ	No.1	48.51	0.20
		No.2	48.40	
		No.3	47.93	
		No.4	48.29	
		No.5	48.24	
	平均	48.27		
	モミガラ	No.1	35.32	0.07
		No.2	35.29	
		No.3	35.23	
		No.4	35.16	
No.5		35.12		
平均	35.22			

表 14 有機質資材の窒素含有率 5 反復結果

サンプル区分		窒素含有率 (%)	標準偏差	
土壌改良資材	バーク堆肥	No.1	1.14	0.0
		No.2	1.14	
		No.3	1.15	
		No.4	1.14	
		No.5	1.17	
		平均	1.15	
	稲ワラ堆肥	No.1	1.66	0.0
		No.2	1.66	
		No.3	1.65	
		No.4	1.67	
		No.5	1.65	
		平均	1.66	
	木炭	No.1	1.16	0.0
		No.2	1.19	
		No.3	1.20	
No.4		1.20		
No.5		1.15		
平均		1.18		
暗渠疎水材	チップ	No.1	0.36	0.0
		No.2	0.35	
		No.3	0.35	
		No.4	0.36	
		No.5	0.36	
	平均	0.36		
	モミガラ	No.1	0.53	0.0
		No.2	0.53	
		No.3	0.52	
		No.4	0.53	
No.5		0.53		
平均	0.53			

以上より、水分含有率、炭素含有率、窒素含有率いずれも 5 反復で計測した結果、概ね均質性を確認できた。

(3) 投入前サンプルの組成

投入前サンプルの均質性の傍証として各土壌の化学性の主な項目である、pH、EC等について分析した結果を以下に示す。何れも3反復で計測した結果、概ね均質性を確認できた。

① pH

表 15 投入前のサンプルに含まれる土壌 pH の均質性確認

pH(H ₂ O)				pH(30cm)					pH(50cm)				
				①	②	③	平均	標準偏差	①	②	③	平均	標準偏差
1	メッシュク	灰色低地土	北海道 栗山	6.0	6.0	6.0	6.00	0.00	6.2	6.2	6.1	6.17	0.05
2			東北 和賀	5.5	5.5	5.5	5.50	0.00	5.5	5.4	5.4	5.43	0.05
3			北陸 白山	6.2	6.2	6.3	6.23	0.05	6.6	6.7	6.8	6.70	0.08
4		グライ土	北海道 南幌	6.0	6.1	6.1	6.07	0.05	5.3	5.3	5.2	5.27	0.05
5			北海道 滝川	5.3	5.1	5.1	5.17	0.09	5.1	5.2	5.1	5.13	0.05
6			東北 和賀	5.7	5.8	5.7	5.73	0.05	5.2	5.1	5.2	5.17	0.05
7		多湿黒ボク土	北陸 金沢	6.7	6.7	6.7	6.70	0.00	7.8	8.0	7.9	7.90	0.08
8			北海道 厚真	6.4	6.4	6.4	6.40	0.00	6.4	6.4	6.5	6.43	0.05
9			東北 和賀	5.7	5.8	5.7	5.73	0.05	5.7	5.7	5.6	5.67	0.05
10		黒ボク土	北陸 小千谷	6.2	6.2	6.3	6.23	0.05	5.9	5.9	5.9	5.90	0.00
11	北海道 厚真		5.6	5.7	5.7	5.67	0.05	5.9	6.0	6.0	5.97	0.05	
12	東北 花巻		5.6	5.7	5.7	5.67	0.05	5.3	5.4	5.4	5.37	0.05	
13	褐色森林土	北陸 小千谷	6.6	6.7	6.6	6.63	0.05	5.9	5.9	5.9	5.90	0.00	
14		北海道 美瑛	5.5	5.6	5.6	5.57	0.05	5.9	5.9	5.9	5.90	0.00	
15		東北 和賀	5.0	5.0	5.0	5.00	0.00	5.1	5.0	5.0	5.03	0.05	
16	サーミック	灰色低地土	北陸 能登	4.9	4.9	4.9	4.90	0.00	5.0	5.0	5.0	5.00	0.00
17			関東 宇都宮	6.4	6.5	6.4	6.43	0.05	6.6	6.6	6.6	6.60	0.00
18			富里	5.5	5.5	5.5	5.50	0.00	5.4	5.4	5.4	5.40	0.00
19		グライ土	中国 松山	6.5	6.5	6.5	6.50	0.00	6.5	6.5	6.5	6.50	0.00
20			九州 天草	8.0	7.8	7.9	7.90	0.08	8.0	8.0	8.0	8.00	0.00
21			関東 吉川	5.8	5.8	5.8	5.80	0.00	5.8	5.9	5.8	5.83	0.05
22		多湿黒ボク土	陸沢	6.6	6.5	6.2	6.43	0.17	6.9	6.9	6.8	6.87	0.05
23			中国 出雲	5.5	5.4	5.5	5.47	0.05	5.7	5.6	5.6	5.63	0.05
24			九州 玉名	7.3	7.1	7.1	7.17	0.09	8.1	8.1	8.1	8.10	0.00
25		黒ボク土	関東 真岡	6.1	6.1	6.1	6.10	0.00	5.8	5.8	5.8	5.80	0.00
26	中国 伯耆		6.1	6.2	6.1	6.13	0.05	6.2	6.2	6.2	6.20	0.00	
27	九州 合志		7.0	7.1	7.1	7.07	0.05	7.0	7.0	7.0	7.00	0.00	
28	褐色森林土	東海 津	5.6	5.6	5.6	5.60	0.00	5.5	5.5	5.5	5.50	0.00	
29		近畿 高島	5.5	5.5	5.5	5.50	0.00	5.4	5.3	5.4	5.37	0.05	
30		九州 合志	6.6	6.5	6.6	6.57	0.05	6.4	6.4	6.4	6.40	0.00	
31	サーミック	褐色森林土	東海 新城	6.3	6.3	6.4	6.33	0.05	5.1	5.2	5.2	5.17	0.05
32			近畿 宇陀	6.0	6.0	6.0	6.00	0.00	6.3	6.3	6.3	6.30	0.00
33			九州 南関	6.5	6.5	6.5	6.50	0.00	6.2	6.1	6.2	6.17	0.05

② EC [mS/cm]

表 16 投入前のサンプルに含まれる土壌の EC の均質性確認 (mS/cm)

電気伝導度 (EC: mS/cm)				EC(30cm)					EC(50cm)				
				①	②	③	平均	標準偏差	①	②	③	平均	標準偏差
1	メッシュク	灰色低地土	北海道 栗山	0.07	0.07	0.06	0.07	0.00	0.07	0.06	0.06	0.06	0.00
2			東北 和賀	0.12	0.13	0.13	0.13	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00
3			北陸 白山	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00
4		グライ土	北海道 南幌	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.07	0.07	0.07	0.07	0.00
5			北海道 滝川	0.08	0.08	0.07	0.08	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.00
6			東北 和賀	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00
7		多湿黒ボク土	北陸 金沢	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.17	0.17	0.18	0.17	0.00
8			北海道 厚真	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00
9			東北 和賀	0.06	0.05	0.05	0.05	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00
10		黒ボク土	北陸 小千谷	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
11	北海道 厚真		0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.08	0.09	0.09	0.09	0.00	
12	東北 花巻		0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	
13	褐色森林土	北陸 小千谷	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.06	0.05	0.06	0.06	0.00	
14		北海道 美瑛	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	
15		東北 和賀	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.04	0.03	0.04	0.04	0.00	
16	サーミック	灰色低地土	北陸 能登	0.07	0.07	0.07	0.07	0.00	0.07	0.07	0.07	0.07	0.00
17			関東 宇都宮	0.04	0.04	0.03	0.04	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00
18			富里	0.10	0.10	0.11	0.10	0.00	0.10	0.10	0.09	0.10	0.00
19		グライ土	中国 松山	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
20			九州 天草	0.09	0.08	0.08	0.08	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
21			関東 吉川	0.31	0.30	0.31	0.31	0.00	0.29	0.31	0.31	0.30	0.01
22		多湿黒ボク土	陸沢	0.03	0.04	0.04	0.04	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00
23			中国 出雲	0.06	0.06	0.05	0.06	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
24			九州 玉名	0.13	0.15	0.14	0.14	0.01	0.13	0.13	0.14	0.13	0.00
25		黒ボク土	関東 真岡	0.08	0.08	0.08	0.08	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.00
26	中国 伯耆		0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.04	0.04	0.03	0.04	0.00	
27	九州 合志		0.07	0.07	0.07	0.07	0.00	0.09	0.09	0.09	0.09	0.00	
28	褐色森林土	東海 津	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	
29		近畿 高島	0.06	0.06	0.06	0.06	0.00	0.06	0.07	0.07	0.07	0.00	
30		九州 合志	0.07	0.07	0.08	0.07	0.00	0.09	0.09	0.08	0.09	0.00	
31	サーミック	褐色森林土	東海 新城	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.07	0.07	0.06	0.07	0.00
32			近畿 宇陀	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
33			九州 南関	0.09	0.09	0.09	0.09	0.00	0.11	0.11	0.11	0.11	0.00

③ CEC [cmol/kg]

表 17 投入前のサンプルに含まれる土壌のCECの均質性確認 (cmol/kg)

塩基交換容量 (CEC)		CEC(30cm)					CEC(50cm)							
		①	②	③	平均	標準偏差	①	②	③	平均	標準偏差			
1	メッシュ	水田	灰色低地土	北海道 栗山	22.7	22.9	22.7	22.77	0.09	32.2	32.3	32.5	32.33	0.12
2				東北 和賀	18.0	18.0	18.4	18.13	0.19	14.2	14.4	14.2	14.27	0.09
3				北陸 白山	9.2	9.3	9.2	9.23	0.05	8.9	8.8	9.1	8.93	0.12
4		グライ土	北海道 南幌	18.5	18.5	18.9	18.63	0.19	17.1	17.9	17.5	17.50	0.33	
5			滝川	20.1	19.6	20.4	20.03	0.33	20.6	20.1	20.3	20.33	0.21	
6			東北 和賀	35.2	35.1	35.1	35.13	0.05	33.6	33.8	33.5	33.63	0.12	
7		多湿黒ボク土	北陸 金沢	16.0	15.7	16.0	15.90	0.14	16.5	16.3	16.1	16.30	0.16	
8			北海道 厚真	14.4	14.4	14.5	14.43	0.05	12.1	12.2	12.7	12.33	0.26	
9			東北 和賀	19.2	18.8	18.4	18.80	0.33	15.1	14.9	14.9	14.97	0.09	
10		畑	北陸 小千谷	27.3	26.2	27.1	26.87	0.48	26.0	25.6	25.6	25.73	0.19	
11			北海道 厚真	14.8	15.4	14.6	14.93	0.34	15.2	14.5	15.9	15.20	0.57	
12			東北 花巻	14.4	14.3	14.3	14.33	0.05	14.1	13.9	14.2	14.07	0.12	
13		褐色森林土	北陸 小千谷	40.2	41.2	40.3	40.57	0.45	34.5	34.0	34.7	34.40	0.29	
14			北海道 美瑛	10.3	10.2	10.0	10.17	0.12	8.3	8.1	8.1	8.17	0.09	
15			東北 和賀	17.6	17.5	17.6	17.57	0.05	17.7	17.7	18.3	17.90	0.28	
16		サーミック	水田	灰色低地土	北陸 能登	13.1	13.2	13.8	13.37	0.31	14.3	13.4	13.4	13.70
17	関東 宇都宮				9.4	9.4	9.2	9.33	0.09	8.2	8.0	8.0	8.07	0.09
18	富里				21.7	21.1	22.0	21.60	0.37	20.8	20.1	20.6	20.50	0.29
19	中国 松山		8.4	9.2	9.2	8.93	0.38	11.9	12.9	12.6	12.47	0.42		
20	九州 天草		11.2	11.8	11.6	11.53	0.25	12.0	12.1	12.0	12.03	0.05		
21	グライ土		関東 吉川	44.5	43.8	44.0	44.10	0.29	51.5	52.2	50.9	51.53	0.53	
22			陸沢	9.8	10.2	10.5	10.17	0.29	9.2	8.9	8.8	8.97	0.17	
23			中国 出雲	13.1	12.9	13.1	13.03	0.09	12.8	12.6	12.3	12.57	0.21	
24	多湿黒ボク土		九州 玉名	23.9	23.9	23.2	23.67	0.33	13.2	13.1	13.1	13.13	0.05	
25			関東 真岡	38.2	37.2	38.0	37.80	0.43	39.0	41.0	40.2	40.07	0.82	
26			中国 伯耆	25.0	25.0	24.4	24.80	0.28	20.9	20.4	21.1	20.80	0.29	
27	畑		九州 合志	38.1	39.3	38.7	38.70	0.49	30.3	30.8	30.8	30.63	0.24	
28			東海 津	27.3	27.7	27.6	27.53	0.17	39.0	41.0	40.2	40.07	0.82	
29			近畿 高島	29.7	29.4	29.1	29.40	0.24	18.0	17.4	17.6	17.67	0.25	
30	褐色森林土		九州 合志	35.4	35.6	36.1	35.70	0.29	36.8	36.6	36.6	36.67	0.09	
31			東海 新城	21.6	21.8	21.8	21.73	0.09	23.1	22.7	22.8	22.87	0.17	
32		近畿 宇陀	6.3	6.3	6.1	6.23	0.09	5.7	5.9	5.6	5.73	0.12		
33	九州 南関	23.0	22.9	23.4	23.10	0.22	23.1	23.4	23.9	23.47	0.33			

④ セルロース [%]

表 18 投入前のサンプルに含まれる土壌のセルロースの均質性確認 (%)

セルロース量 (%)		セルロース量(30cm)					セルロース量(50cm)							
		①	②	③	平均	標準偏差	①	②	③	平均	標準偏差			
1	メッシュ	水田	灰色低地土	北海道 栗山	0.51	0.47	0.48	0.49	0.02	0.56	0.61	0.63	0.60	0.03
2				東北 和賀	0.66	0.65	0.64	0.65	0.01	0.35	0.36	0.36	0.36	0.00
3				北陸 白山	0.22	0.20	0.20	0.21	0.01	0.17	0.19	0.17	0.18	0.01
4		グライ土	北海道 南幌	0.17	0.23	0.25	0.22	0.03	0.16	0.20	0.21	0.19	0.02	
5			滝川	0.37	0.47	0.45	0.43	0.04	0.34	0.35	0.32	0.34	0.01	
6			東北 和賀	0.45	0.45	0.44	0.45	0.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	
7		多湿黒ボク土	北陸 金沢	0.18	0.17	0.17	0.17	0.00	0.15	0.18	0.15	0.16	0.01	
8			北海道 厚真	0.15	0.17	0.18	0.17	0.01	0.10	0.08	0.11	0.10	0.01	
9			東北 和賀	0.62	0.71	0.67	0.67	0.04	0.31	0.32	0.30	0.31	0.01	
10		畑	北陸 小千谷	0.86	0.74	0.80	0.80	0.05	0.71	0.67	0.80	0.73	0.05	
11			北海道 厚真	0.46	0.51	0.61	0.53	0.06	0.47	0.58	0.61	0.55	0.06	
12			東北 花巻	0.36	0.35	0.33	0.35	0.01	0.25	0.24	0.29	0.26	0.02	
13		褐色森林土	北陸 小千谷	0.53	0.69	0.66	0.63	0.07	0.25	0.19	0.20	0.21	0.03	
14			北海道 美瑛	0.38	0.33	0.38	0.36	0.02	0.24	0.23	0.23	0.23	0.00	
15			東北 和賀	0.45	0.41	0.42	0.43	0.02	0.26	0.27	0.26	0.26	0.00	
16		サーミック	水田	灰色低地土	北陸 能登	0.20	0.16	0.16	0.17	0.02	0.29	0.29	0.27	0.28
17	関東 宇都宮				1.11	1.27	1.28	1.22	0.08	3.24	3.42	3.58	3.41	0.14
18	富里				0.71	0.76	0.71	0.73	0.02	0.64	0.66	0.62	0.64	0.02
19	中国 松山		0.21	0.14	0.20	0.18	0.03	0.16	0.15	0.16	0.16	0.00		
20	九州 天草		0.16	0.15	0.13	0.15	0.01	0.13	0.10	0.09	0.11	0.02		
21	グライ土		関東 吉川	1.67	1.63	1.45	1.58	0.10	3.24	3.42	3.58	3.41	0.14	
22			陸沢	0.14	0.14	0.13	0.14	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.00	
23			中国 出雲	0.22	0.23	0.20	0.22	0.01	0.18	0.19	0.18	0.18	0.00	
24	多湿黒ボク土		九州 玉名	0.16	0.22	0.19	0.19	0.02	0.14	0.11	0.14	0.13	0.01	
25			関東 真岡	0.47	0.46	0.45	0.46	0.01	2.48	2.33	2.47	2.43	0.07	
26			中国 伯耆	1.29	1.10	1.05	1.15	0.10	1.11	1.09	0.96	1.05	0.07	
27	畑		九州 合志	1.47	1.41	1.41	1.43	0.03	0.75	0.97	0.76	0.83	0.10	
28			東海 津	0.44	0.51	0.45	0.47	0.03	0.42	0.43	0.47	0.44	0.02	
29			近畿 高島	1.15	1.21	1.46	1.27	0.13	0.51	0.48	0.46	0.48	0.02	
30	褐色森林土		九州 合志	1.23	1.23	1.38	1.28	0.07	1.52	1.66	1.70	1.63	0.08	
31			東海 新城	0.21	0.23	0.21	0.22	0.01	0.46	0.47	0.48	0.47	0.01	
32		近畿 宇陀	0.28	0.22	0.25	0.25	0.02	0.22	0.25	0.23	0.23	0.01		
33	九州 南関	0.43	0.39	0.33	0.38	0.04	0.37	0.37	0.36	0.37	0.00			

⑤ リグニン [%]

表 19 投入前のサンプルに含まれる土壌のリグニンの均質性確認 (%)

リグニン量 (%)		リグニン量 (30cm)					リグニン量 (50cm)							
		①	②	③	平均	標準偏差	①	②	③	平均	標準偏差			
1	メシク	水田	灰色低地土	北海道 栗山	2.27	2.20	2.19	2.22	0.04	3.17	3.19	3.24	3.20	0.03
2				東北 和賀	2.23	2.28	2.31	2.27	0.03	0.50	0.49	0.53	0.51	0.02
3				北陸 白山	0.62	0.57	0.58	0.59	0.02	0.18	0.21	0.19	0.19	0.01
4		水田	グライ土	北海道 南幌	0.91	0.92	0.96	0.93	0.02	0.84	0.84	0.86	0.85	0.01
5				滝川	1.53	1.62	1.57	1.57	0.04	1.64	1.58	1.58	1.60	0.03
6				東北 和賀	2.18	2.21	2.28	2.22	0.04	0.95	0.98	0.97	0.97	0.01
7		水田	多湿黒ボク土	北陸 金沢	0.39	0.42	0.41	0.41	0.01	0.66	0.65	0.64	0.65	0.01
8				北海道 厚真	0.46	0.45	0.43	0.45	0.01	0.25	0.27	0.27	0.26	0.01
9				東北 和賀	3.57	3.50	3.43	3.50	0.06	1.31	1.32	1.24	1.29	0.04
10		畑	黒ボク土	北陸 小千谷	6.13	6.30	6.40	6.28	0.11	6.10	6.47	6.60	6.39	0.21
11				北海道 厚真	1.89	2.09	2.13	2.04	0.10	2.27	2.11	2.02	2.13	0.10
12				東北 花巻	0.56	0.65	0.62	0.61	0.04	0.04	0.03	0.08	0.05	0.02
13		畑	褐色森林土	北陸 小千谷	7.26	7.43	8.03	7.57	0.33	7.67	7.43	7.47	7.52	0.10
14				北海道 美瑛	0.83	0.84	0.86	0.84	0.01	0.33	0.32	0.29	0.31	0.02
15				東北 和賀	0.72	0.62	0.62	0.65	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.00
16	サーミック	水田	灰色低地土	北陸 能登	0.33	0.37	0.37	0.36	0.02	0.41	0.42	0.43	0.42	0.01
17				関東 宇都宮	0.82	0.80	0.83	0.82	0.01	0.56	0.60	0.58	0.58	0.02
18				富里	4.03	3.65	3.71	3.80	0.17	3.62	3.78	3.81	3.74	0.08
19		水田	グライ土	中国 松山	0.36	0.37	0.35	0.36	0.01	0.61	0.65	0.58	0.61	0.03
20				九州 天草	0.34	0.36	0.35	0.35	0.01	0.28	0.26	0.28	0.27	0.01
21				関東 吉川	13.44	13.48	13.27	13.40	0.09	22.87	23.52	23.60	23.33	0.33
22		水田	多湿黒ボク土	陸沢	0.19	0.20	0.21	0.20	0.01	0.14	0.13	0.14	0.14	0.00
23				中国 出雲	1.23	1.27	1.27	1.26	0.02	1.08	0.98	1.03	1.03	0.04
24				九州 玉名	0.59	0.62	0.62	0.61	0.01	0.28	0.23	0.26	0.26	0.02
25		畑	黒ボク土	関東 真岡	6.30	6.82	6.42	6.51	0.22	6.45	6.10	6.68	6.41	0.24
26				中国 伯耆	5.56	5.71	6.27	5.85	0.31	3.97	4.39	4.58	4.31	0.25
27				九州 合志	5.88	5.74	5.73	5.78	0.07	2.20	2.45	2.30	2.32	0.10
28		畑	褐色森林土	東海 津	6.20	5.91	6.16	6.09	0.13	4.73	4.24	4.14	4.37	0.26
29				近畿 高島	8.62	8.47	8.57	8.55	0.06	2.99	2.83	2.76	2.86	0.10
30				九州 合志	5.68	5.70	5.69	5.69	0.01	6.18	6.09	6.15	6.14	0.04
31	畑	褐色森林土	東海 新城	0.95	0.95	0.91	0.94	0.02	0.77	0.76	0.76	0.76	0.00	
32			近畿 宇陀	0.05	0.07	0.06	0.06	0.01	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	
33			九州 南関	1.44	1.46	1.43	1.44	0.01	1.54	1.50	1.53	1.52	0.02	

(4) 有機質資材の組成

投入前の有機質資材の組成を以下に示す。

表 20 投入前の有機質資材の組成

有機質資材	水分	pH(H ₂ O)	液温	電気伝導率 (EC)	全炭素	全窒素	C/N	陽イオン交換容量 (CEC)	セルロース(ホロセルロース)	リグニン
	%		°C	dS/m	%	%		cmol/kg	%	%
稲ワラ堆肥	33.85	9.0	23.5	5.0	34.14	1.66	20.80	42.3	23.15	25.78
パーク堆肥	59.92	7.4	24.0	0.2	27.57	1.15	24.00	72.8	14.38	33.55
木炭	22.17	9.4	23.0	0.6	81.49	1.18	69.00	1.7	0.17	1.24
モミガラ	8.59	7.9	23.0	0.4	35.22	0.53	66.80	12.8	36.05	31.78
チップ	8.03	5.0	23.0	0.1	48.27	0.36	136.00	21.1	34.71	29.94

- ・ 投入した稲わら堆肥、パーク堆肥、木炭、モミガラ、チップの炭素含有率は、乾重量ベースでそれぞれ 34%、28%、81%、35%、48%であった。
- ・ C/N 比が堆肥で 25 以下であり分解しやすいレベルに調整されている。一方、難分解資材とされる、木炭の C/N 比が 69、モミガラが 67 であるのに対し、チップが 136 と最も高く、疎水材としてはチップが最も難分解性であることを示している。