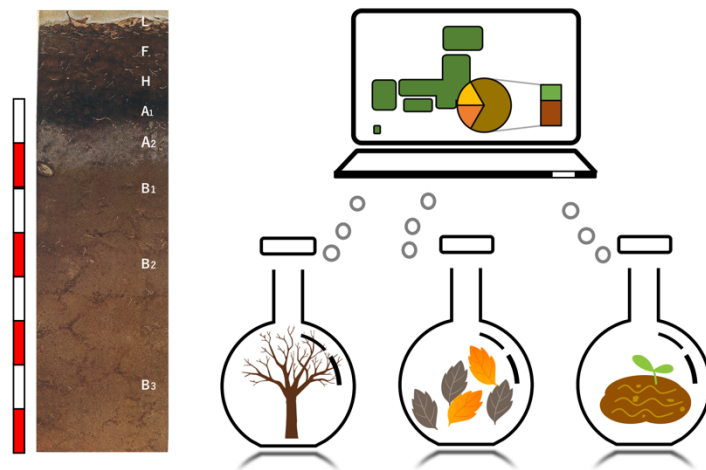


林野庁森林吸収源インベントリ情報整備事業

森林土壌インベントリ方法書

第四期版

(2) 試料分析



国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute

はじめに

IPCC は、2014 年の報告書の中で、20 世紀半ば以降の温暖化の主因は人間活動の影響である可能性が極めて高いとした。温室効果ガス排出削減へのより一層の努力が求められる中、森林・林産業には、適切な森林管理と木材利用により二酸化炭素の吸収源としての機能を持続的に発揮させることが期待されている。

我が国は、気候変動枠組条約により、森林吸収量の算定・報告が義務付けられており、国際的に定められたガイドライン等に基づき、地上バイオマス、地下バイオマス、枯死木、堆積有機物、土壌有機物及び伐採木材製品の 6 つのプールそれぞれの炭素蓄積変化量(吸収・排出量)を算定する必要がある。我が国は、京都議定書第一約束期間(2008～2012 年)の当初から、枯死木、堆積有機物及び土壌有機物(以下「土壌 3 プール」という)の炭素蓄積変化量の算定に、プロセスモデル(CENTURY-jfos)を利用している。IPCC のガイドラインでは、モデルによる算定についてはモデルの改良に向けた取り組み及び算定結果の検証が必要とされ、特に現地調査が検証方法として推奨されている。そのため我が国では、平成 18 年度より 5 か年計画で森林の土壌 3 プールの調査が実施されてきた。

森林総合研究所は、平成 18 年度からの第一期調査(2006～2010 年度)において、森林の土壌炭素蓄積量の調査方法を開発するとともに都道府県の森林林業関係の研究機関および民間調査会社と協力して、全国約 2,500 地点での調査を完了した。続く平成 23 年度からの第二期調査(2011～2015 年度)、平成 28 年度からの第三期調査(2016～2020 年度)においても、調査方法書を定めて、調査・試料収集・分析の指導やデータ取りまとめを行ってきた。気候変動枠組条約の国際交渉では、2015 年 12 月の COP21 において、2020 年以降の温室効果ガス排出削減の枠組みがパリ協定として合意された。2020 年 9 月には、日本政府の目標として 2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロの目標が掲げられた。このため、地球温暖化防止のための吸収源対策とその基礎をなす現況把握のための算定・報告はますます重要性を増しており、我が国の森林においても今後とも吸収・排出量の算定・報告を継続することが必要とされている。とりわけ、森林の土壌 3 プールは、地上バイオマスよりも大きな炭素プールを形成していながら、その変化が徐々に進行するために、変動傾向を正確に把握するためには、精度管理された調査を継続して行った上で、その調査結果に基づいてモデルを改良し精度を向上させることが不可欠である。林野庁は現在の算定・報告義務への必要性和パリ協定における将来目標の設定に対応するため、全国の土壌 3 プールの調査分析を継続し、令和 3 年度から 5 か年計画で第四期調査(2021～2025 年度)に取り組むこととした。

第四期調査では、第三期までの調査結果と比較可能なデータを得て時系列データとして解析できるよう変更点を可能な限り少なくし、第四期版のマニュアル((1)野外調査法と(2)試料分析)を作成した。本第四期版の活用により、我が国の森林の土壌 3 プールの炭素蓄積量が明らかにされ、信頼性の高い算定・報告が行われ、ひいては森林吸収源を考慮した適切な森林管理手法の構築に資することを期待する。

令和 3 年 8 月

林野庁 森林整備部森林利用課

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 立地環境研究領域

目次

本書の構成	1
用語解説	2
試料調整に必要な機材	4
I. 堆積有機物試料の調整	6
I - 1. 概要	6
I - 2. 必要な器具など	6
I - 3. 試料 ID の決め方	8
I - 4. 調整手順	9
II. 化学分析用土壌試料の調整	12
II - 1. 概要	12
II - 2. 必要な器具など	12
II - 3. 試料 ID の決め方	14
II - 4. 調整手順	14
III. 定体積試料による定積細土重（容積重）の測定	16
（採土円筒試料(V)、ブロックサンプリング試料(VB)）	
III - 1. 概要	16
III - 2. 必要な器具など	16
III - 3. 試料 ID の決め方	17
III - 4. 試料処理手順	19
III - 5. 定積細土重の計算	20
IV. 化学分析用土壌試料を兼ねた定体積試料(VBC)の調整と定積細土重の測定	22
IV - 1. 概要	22
IV - 2. 必要な器具など	22
IV - 3. 試料 ID の決め方	25
IV - 4. 試料処理手順	26
IV - 5. 定積細土重の計算	28

V. 炭素および窒素濃度の分析	30
V - 1. 概要	30
V - 2. 試料の微粉碎	30
V - 3. 水分量の測定	31
V - 4. 炭素および窒素濃度の測定	34
参考文献	40
保存用試料の提出	41
索引	42

本書の構成

本方法書では野外調査で採取した各試料の処理方法について解説する。すなわち、堆積有機物試料および化学分析用土壌試料の調整方法、定体積試料の定積細土重測定方法、炭素および窒素濃度の分析法である。

「Ⅰ．堆積有機物試料の調整」では、N、E、S、W の4 調査位置で採取された枝、球果など(T)とそれ以外の堆積有機物(K)の乾燥重量の測定、および4 調査位置の試料の混合と粉砕について説明する。

「Ⅱ．化学分析用土壌試料の調整」では、土壌試料(C)の乾燥手順と、ふるい分けによる分析用細土の調整方法を説明する。

「Ⅲ．定体積試料による定積細土重の測定」では、定体積試料(V, VB)により単位体積当たりの細土の重量を求める工程を説明する。

「Ⅳ．化学分析用土壌試料を兼ねた定体積試料(VBC)の調整と定積細土重の測定」では、ブロックサンプリングで採取された1つの試料について、化学分析用の細土を調整し、定積細土重を測定する方法を説明する。

「Ⅴ．炭素および窒素濃度の分析」では、調整された細土試料と堆積有機物試料を微粉砕して、乾式燃焼法により炭素および窒素濃度を測定する手順を説明する。

また、巻頭に本方法書で使用する用語の簡単な解説と試料調整に必要な機材について説明を加え、巻末には保存用試料の提出方法を掲載した。

なお、測定結果についての取りまとめ(データ入力、計算、報告)は、Microsoft® Excel® を使用し、(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所が作成したデータ入力ファイルを用いて行う。

本方法書を使用するに当たり、試料収集分析業務の全体像を把握し、試料調整および分析の位置づけと内容をより深く理解するために「森林土壌インベントリ方法書 第四期版 (1)野外調査法」にも目を通すこと。

用語解説

ここでは、本方法書を読むうえで知っておく必要がある基本的用語について、簡単に解説をする。詳しい情報については「森林土壌インベントリ方法書 第四期版 (1)野外調査法」(以下、野外調査法という)も参照すること。

格子点 ID :

森林生態系多様性基礎調査の格子点 ID。調査プロットの識別に使用される。5 桁または 6 桁の数字からなるが、本事業では 5 桁の調査地点について先頭に「0」を付けて 6 桁に統一している。末尾は 0 または 5 であるが、試料採取は末尾 0 の地点のみで行われる。

採取形態 :

定積細土重測定用定体積試料の採取方法。400ml の採土円筒により採取された場合は V、ブロックサンプリングの場合は VB、化学分析用土壌試料を兼ねる場合は VBC と表示される。試料リストに情報が記載されている。(野外調査法 44~46、72~73 頁)

細土 :

土壌試料を細かく砕き、孔径 2mm の円孔篩を用いて篩別し、根と礫を取り除いて粒径 2 mm 以下の土粒子だけ分け取った土。篩別した土壌試料が風乾状態の場合は、風乾細土とよばれる。

試料 ID :

野外調査で採取された試料および試料調整で作製された混合試料に付けられる固有の番号。野外調査で採取された試料については試料リストに情報が記載されている。

試料情報 :

調査年月日、格子点 ID + 調査位置記号(化学分析用混合土壌試料は格子点 ID のみ)、試料名。試料の袋に記載されている(野外調査法 8~9 頁)。試料リストにも情報が記載されている(野外調査法 72~73 頁)。

試料名：

採取試料の種別を表す。化学分析用混合土壌試料の場合は採取深度と C になる。定体積試料の場合は採取深度と採取形態、堆積有機物試料の場合は T（枝、球果など）または K（T 以外の植物遺体）になる。（野外調査法 8～9 頁）

試料リスト：

野外調査法の様式 A5 である。採取された試料の一覧表で、試料情報が記載されている。各調査プロットの試料と共に一組で取り扱われる。（野外調査法 72 頁）

試料容量：

定体積試料の体積。採土円筒試料（V）の場合は 400cm^3 、ブロックサンプリング試料（VB、VBC）の場合は 2000cm^3 あるいは試料リスト（様式 A5）に記載された採取ブロックの体積になる。

堆積有機物試料：

地面（林床）に堆積している植物遺体（枝、落ち葉、球果など）の試料。T（枝、球果など）と K（堆積有機物層、L, F, H）に分けて採取される。（野外調査法 38、40、68 頁）

土壌採取深度：

化学分析用土壌試料および定体積試料を採取する土壌の深さ。0～5cm、5～15cm、15～30cm の 3 深度で採取する。（野外調査法 44～46 頁）

風乾：

高い温度の乾燥器を使わずに、室内など風通しの良い日陰で試料を自然に乾燥させること。試料全体が均等に乾燥し一定重量になるまで乾燥させる。直射日光に当ててはいけない。

試料調整に必要な機材

1. 共通で使用する主な機器類

各調整を同時に進行する場合、複数台必要になる。

試料の乾燥に使用する機器

空気循環式乾燥器：大型のもの。堆積有機物の乾燥に使用し 70℃に設定できるもの。

105℃に設定できれば定体積試料の乾燥にも使用可能。

恒温乾燥器：105℃に設定できるもの。

試料の重量測定用天秤

上皿電子天秤：0.1g 単位で測定できるもの。最大秤量 5kg 程度が適当。

分析用電子天秤：0.1mg (=0.0001g) 単位で測定できるもの。

土壌試料から細土、根、礫を分けるために使用する基本的な道具

円孔篩：孔径 2mm、直径 200mm 程度。篩と蓋・受け皿で 1 セット（写真右）。

メッシュの篩ではないことに注意。

磁製乳鉢：外寸 210mm 程度のものが良い（写真左）。

木製の杵：材質は桐が良い（写真中央）。



2. 各調整個別に必要な機器

堆積有機物試料の粉碎に使用

試料粉碎机：カッターミル式粉碎机など。

化学分析用の微粉碎試料作成に使用

粉碎机：擂潰機（ライカイキ）やボールミルなど。

乳鉢と乳棒（メノウ製が望ましいが磁製でも可）でも良い。

3. 調整の対象となる試料数に応じて複数必要なもの

乾燥用バット：堆積有機物試料は大きめ、 400cm^3 の定体積試料は小さめ。

蒸発皿、ビーカーなど：定積細土重測定時の根と礫の乾燥に使用する。

秤量ビン：直径3～5cm、高さ3cm程度のものが良い。

デシケーター：シリカゲル等の乾燥剤を使用。

チャック付ポリ袋：保存用試料用。縦170×横120×厚さ0.04mm程度のもの。

I. 堆積有機物試料の調整

I-1. 概要

現地調査で採取された堆積有機物の試料は以下の工程で調整作業を行う。
なお、調整を行う試料は T（枝、球果など）および K（L、F、H）である。

- 1) 試料の確認と乾燥
- 2) 乾燥重量の測定
- 3) 試料の混合と粉碎（CN 分析用試料の作製）

調整工程の概要は図 1 のとおり。

（ポイント）

乾燥を十分に行うこと、試料に石礫が混ざらないようにすることが重要。

I-2. 必要な器具など

- ☐ 上皿電子天秤（0.1g 単位で測定できるもの。最大秤量 5kg 程度が良い）
- ☐ 空気循環式乾燥器（70℃に設定できるもの）
- ☐ 試料粉碎机（カッターミル式粉碎机など。目皿孔径 $\leq 2\text{mm}$ ）
- ☐ 乾燥用バット
- ☐ 紙袋（空気循環式乾燥器に試料を入れるために使用）
- ☐ チャック付ポリ袋（保存用試料用。縦 170×横 120×厚さ 0.04mm 程度のもの）
- ☐ ラベル（保存用試料用、分析用試料用）
- ☐ 分析用試料用の任意の容器
- ☐ 剪定鋏、ノコギリ、鉋など（粗大な試料を粉碎できる大きさに切断するために使用）
- ☐ 電気掃除機
- ☐ ブラシ、筆など（粉碎机の掃除用）
- ☐ ワイプ（例えば、JK ワイパー、プロワイプなど）
- ☐ マスク、集じん機（粉じん対策用）
- ☐ ID 作成ファイル（ID 作成システム、Microsoft Excel）
- ☐ 堆積有機物データ入力ファイル（DLW_input、Microsoft Excel）
- ☐ パーソナルコンピューター、タブレット等（Excel のマクロが使用できるもの）

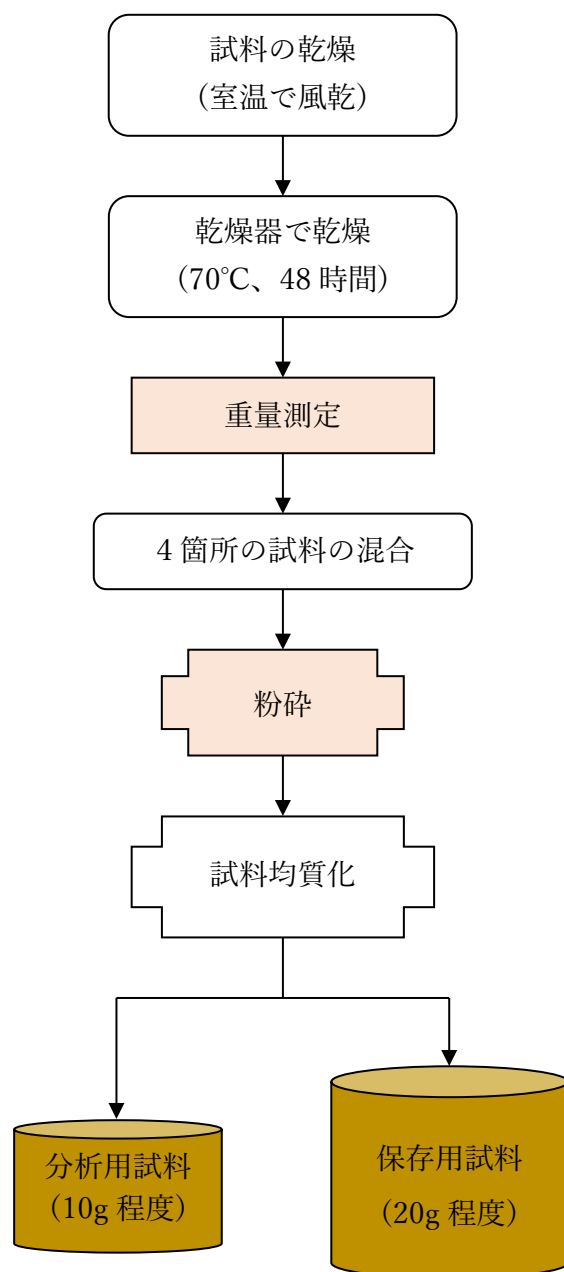


図1 堆積有機物試料調整の工程

I - 3. 試料 ID の決め方

試料 ID には、現地で採取された試料に付ける重量測定用の ID と調整後に作製される混合試料用の ID の 2 種類がある。以下の決め方に従う。

重量測定用の試料 ID

試料 ID = 格子点 ID + 調査位置記号 + 試料名

混合試料用の試料 ID

試料 ID = 格子点 ID + M + 区分番号

調査位置記号

調査位置	調査位置記号
N 地点	N
E 地点	E
S 地点	S
W 地点	W

試料名と区分番号

試料名	区分番号	試料の区分
T	01	枝、球果など
K	02	L、F、H 層

例) 格子点 ID 080470 の場合

重量測定用 ID : N 地点の K 試料 → 080470NK

混合試料用 ID : K 試料の混合試料 → 080470M02

I - 4. 調整手順

([] の数字は図 3 の数字に対応している。)

1) 試料の確認と乾燥

- (1) 調整を行う格子点 ID の試料リストと試料の入ったポリ袋に記載された試料情報（調査年月日、格子点 ID+調査位置記号、試料名）とを照合しながら、試料がすべてそろっていること、試料の取り違えがないことを確認する。
- (2) ID 作成ファイル (ID 作成システム)に試料リストの情報を入力し、各試料に試料 ID を付ける。
- (3) 試料情報を転記した乾燥用バットに各試料を広げる。試料の量が多く 1 つのバットに入りきらないときは、複数のバットに分けて乾燥させる。
- (4) 毎日天地返しを行い、試料を攪拌しながら礫と生根を取り除く。太い枝や長い枝は粉碎できる大きさに剪定鋏などで切断しておく。
- (5) 試料全体が均等に乾燥し一定重量になるまで乾燥（風乾）させる。
- (6) あらかじめ風袋 [①] を測定 (0.1g 単位) してある大きめの紙袋に各試料を移し、空気循環式乾燥器に入れて、70℃で 48 時間以上乾燥させる。試料が多量にある場合は、手さげの紙袋などを利用する。

2) 乾燥重量の測定

- (1) 空気循環式乾燥器から試料の入った紙袋を取り出し、そのままの状態ですぐに 1 時間室内で冷ます。
- (2) 上皿電子天秤を用いて紙袋ごと乾燥後の重量 [②] を 0.1g 単位で測定する。
- (3) 測定結果および風袋重を堆積有機物データ入力ファイル (DLW_input) に入力する (図 3)。試料重 [③] は風袋+試料から風袋重を引いて求める。その際、計算結果に極端に大きな値やマイナスなどの異常値がないか確認し、データに異常が認められた場合は、乾燥重量や風袋重を再測定して再び確認する。

3) 試料の混合と粉碎

(以下の作業は粉じんが舞い上がるので、集じん機を用いるとともにマスクを着用して作業を行う。)

- (1) 乾燥重量の確認後、T と K それぞれについて 4 調査位置 (N、E、S、W) の試料を 1 つにまとめ、全体が均質になるようによく混合し、混合試料を作る (混合試料には記号 M01 (T の場合) と M02 (K の場合) が付く)。

- (2) 混合試料を試料粉砕機で粒径 2mm 未満まですべて粉砕する（全量粉砕）。
- (3) 混合試料の量が多いときは、試料が不均質にならないように注意しながら、分析と保存に必要な量の試料を混合試料全体から分け取って粉砕してもよい。
- (4) 粉砕した試料は、全体が均質になるようにさじでよくかき混ぜ、10g 程度を分析用試料とし、20g 程度を保存用試料としてチャック付ポリ袋に分け取る。粉砕試料が少ない場合は、分析用試料を優先し、残った試料を保存用とする。
- (5) 保存用試料のチャック付ポリ袋と分析用試料の容器には、図 2 のように試料情報を記入したラベルを貼る。
- (6) 1 つの混合試料の粉砕が終了したら、粉砕機の試料室やカッター等に付着した試料を、電気掃除機、ブラシや筆、ワイプ等できれいに掃除する。

【注意】

- ・粉砕機は卓上のフードプロセッサのようなものでもよいが、小型の粉砕機は処理に時間がかかる。また、モーターの過熱、カッターとモーターとの接続部の磨耗などに注意する必要がある。
- ・試料粉砕の際は、粉砕機に試料を入れ過ぎないように注意する。粉砕機の大きさと処理能力を考慮して、大きな葉はあらかじめ実験用手袋（ニトリルゴム製、塩化ビニル製など）を着用した手で細かくする。

調査年月日	20210812
試料 ID	080470M02
試料区分	K
(2021 年 8 月 12 日に格子点 ID 080470 で採取した試料 K の混合試料)	

図 2 ラベルの記入例

試料No.	調査年月日	調査担当機関	ブロック	格子点ID	測定試料ID	混合試料ID	乾燥後の重量(g)		備考	チェック完了日	チェック備考欄
							風袋+試料	風袋重	試料重		
Y0001	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470NT	080470M01	②	①	③		
Y0002	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470ET						
Y0003	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470ST						
Y0004	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470WT						
Y0005	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470NK	080470M02					
Y0006	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470EK						
Y0007	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470SK						
Y0008	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470WK						

図3 堆積有機物入力ファイルの入力シート

①～③は本文中の①～③に対応している。

濃い灰色タイトルの列は ID 作成ファイルから生成される。

薄い灰色タイトルの列は測定値を入力する。

「試料重」は「風袋+試料」から「風袋重」を引いて求める。

II. 化学分析用土壌試料の調整

II-1. 概要

化学分析用の土壌試料は、4 方位の調査位置の化学分析用土壌試料を現地で採取深度毎に混合したものである。試料の袋には採取日、格子点 ID、採取深度と、混合試料であることを示す「C」の記号が記載され、試料リストの化学分析用混合土壌試料の欄に混合状況が記載されている。

化学分析用混合土壌試料は以下の工程で調整作業を行い、CN 分析用の試料を得る。単純な作業であるが、時間と根気が必要になる。また、粗雑に行うと CN 分析の精度に影響するので、丁寧で正確な処理が求められる。

1) 試料の確認と乾燥（風乾）

2) 試料の篩別

調整工程の概要は図 4 のとおり。

（なお、化学分析用土壌試料を兼ねた定体積試料（VBC）の調整については「IV」で説明する。）

（ポイント）

試料が生乾きのうちに根や礫を取り分けながら土塊をほぐしておく、作業全体を効率よく行うことができる。

II-2. 必要な器具など

- ☐ 円孔篩（孔径 2mm、直径 200mm 程度。篩と受け皿付き）
- ☐ 磁製乳鉢（外寸 210mm 程度のものが良い）
- ☐ 木製の杵（材質は桐が良い）
- ☐ ピンセット（植物遺体の分け取りに使用。例えば、歯科用ピンセットなど）
- ☐ 乾燥用バット
- ☐ チャック付ポリ袋（保存用試料用。縦 170×横 120×厚さ 0.04mm 程度のもの）
- ☐ ラベル（保存用試料用、分析用試料用）
- ☐ 分析用試料用の任意の容器
- ☐ 実験用手袋（ニトリルゴム製、塩化ビニル製などの薄手のもの）
- ☐ マスク、集じん機（粉じん対策用）

- 電気掃除機
- ワイプ（例えば、JK ワイパー、プロワイプなど）
- ID 作成ファイル（ID 作成システム、Microsoft Excel）
- パーソナルコンピューター、タブレット等 (Excel のマクロが使用できるもの)

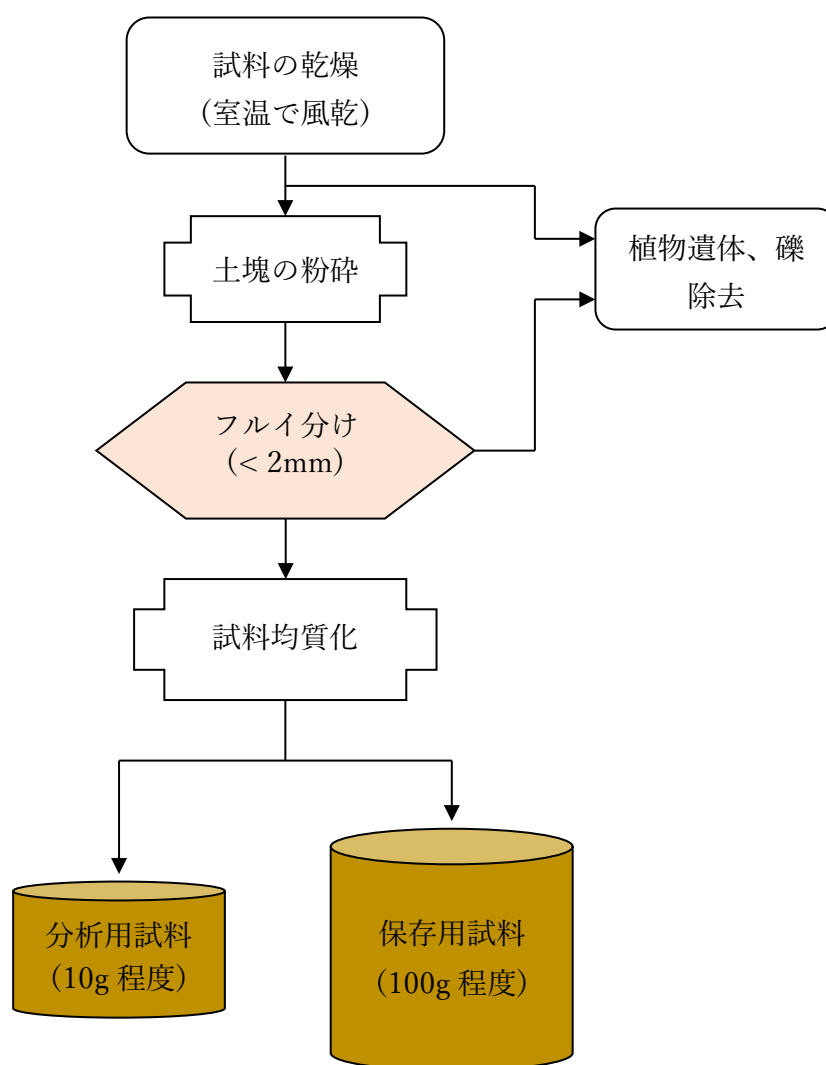


図4 化学分析用土壌試料調整の工程

II-3. 試料 ID の決め方

試料 ID は以下の決め方に従ってつける。

試料 ID = 格子点 ID + 土壌採取深度の番号

土壌採取深度	土壌採取深度の番号
0～5cm	C11
5～15cm	C12
15～30cm	C13

例) 格子点 ID 080470 の場合

採取深度 0～5cm → 080470C11

採取深度 5～15cm → 080470C12

採取深度 15～30cm → 080470C13

II-4. 調整手順

1) 試料の確認と乾燥（風乾）

- (1) 調整を行う格子点 ID の試料リストと試料の入ったポリ袋に記載された試料情報（調査年月日、格子点 ID、試料名）とを照合しながら、試料がすべてそろっていること、試料の取り違えがないことを確認する。
- (2) ID 作成ファイル（ID 作成システム）に試料リストの情報を入力し、各試料に試料 ID を付ける。
- (3) 各試料をそれぞれ、試料 ID などの試料情報を転記した乾燥用バットに広げ、室内で乾燥させる。試料はバットいっぱいに広げ、厚さが均一になるようにする。
- (4) 乾燥中は、実験用手袋（ニトリルゴム製、塩化ビニル製など）を着用し、毎日天地返しを行いながら手で土塊をつぶすとともに、ピンセットを用いて礫や植物遺体（根や植物片、木炭片）を取り除いていく。
- (5) 毎日試料の乾燥状態を確認し、全体が均質に乾燥して一定の重量になるまで、室内で乾燥（風乾）させる。

2) 試料の篩別

(以下の作業は粉じんが舞い上がるので、集じん機を用いるとともにマスクを着用して作業を行う。)

- (1) 風乾した試料を、受け皿をつけた孔径 2mm の円孔篩に移し、蓋をしてふるう。
- (2) 円孔篩の上に残った試料から礫と植物遺体をピンセットで取り除き、土壌の塊を乳鉢に移す。礫を破壊しないよう注意しながら、木製の杵でいねいにつぶす。
- (3) つぶした土壌をふたたび円孔篩に移してふるう。
- (4) すべての土壌が円孔篩を通過するまで、(2)～(3)の操作を繰り返す。
- (5) 円孔篩を通過し、篩の受け皿にたまった試料（風乾細土という）をよく混合する。
- (6) 混合した風乾細土 10g 程度を分析用試料とし、100g 程度を保存用試料として分け取る（余分な試料は廃棄）。風乾細土が少ない場合は、分析用試料を優先し、残った試料を保存用試料とする。
- (7) 保存用試料はチャック付ポリ袋に入れ、試料情報を記入したラベルを貼る（図 5）。
- (8) 一つの試料のふるい分けが終了したら、円孔篩一式（蓋、受け皿を含む）、乳鉢、木製の杵に付着した試料残渣を、電気掃除機、ワイプ等できれいに掃除する。

調査年月日	20210812
試料 ID	080470C12
採取深度	5-15cm

(2021 年 8 月 12 日に格子点 ID 080470 で採取した深度 5～15cm の混合試料)

図 5 ラベルの記入例

Ⅲ. 定体積試料による定積細土重（容積重）の測定

（採土円筒試料(V)、ブロックサンプリング試料(VB)）

Ⅲ-1. 概要

定積細土重の測定は、「土壌の一定体積に含まれる細土の乾燥重量（定積細土重）を求めることである。根と礫の重量を測定し、試料全体の乾燥重量から、それらの重量を差し引いて細土の乾燥重量を求める」という基本的な考え方で行われる。

したがって、以下の手順により定体積試料（以下、試料という）を処理する。

- 1) 試料を恒温乾燥器で乾燥し、重量を測定する*1。
- 2) 根と礫を洗い出す。
- 3) 根と礫を恒温乾燥器で乾燥し、重量を測定する。

工程の概要は図 6 のとおり。

Ⅲ-2. 必要な器具など

- 上皿電子天秤（0.1g 単位で測定できるもの）
- 恒温乾燥器（105℃に設定できるもの）
- 乾燥用バット
- 円孔篩一式（孔径 2mm、直径 200mm 程度。蓋と受け皿付き）
- ピンセット（植物遺体の分け取りに使用。例えば、歯科用ピンセットなど）
- 浸水用容器（ビーカーやバットなど）
- エタノール（試料に撥水性があるとき噴霧器で噴霧して水になじませる）
- 大型のバット（篩が入り、中で動かすのに十分な大きさのもの。根と礫の水洗いの時に泥を流さずに受け止めるために使用する）
- 根と礫の乾燥用容器（蒸発皿、ビーカーなど、根と礫それぞれに 1 つずつ）

*1 試料バットが複数入るような大型の恒温乾燥器が無い場合、「化学分析用土壌試料を兼ねた定体積試料（VBC）の調整と定積細土重の測定」に準ずる手順で定積細土重を求めることができる。工程の主な違いは次の通り。

- ・ 試料全体の風乾重を測定する。
- ・ 試料を篩でふるい、細土を一部分け取る。
- ・ 細土の乾燥係数を測定する。

このため、秤量ビンと分析用電子天秤が必要になる。

- 水洗いした根をすくい取る網（かす揚げのような調理用器具など。編み目が細かく小ぶりのものが良い）
- マスク、集じん機（粉じん対策用）
- 軍手など（恒温乾燥器から試料を取り出すときに使用する）
- ID 作成ファイル（ID 作成システム、Microsoft Excel）
- 定積細土重データ入力ファイル（DBD_input、Microsoft Excel）
- パーソナルコンピューター、タブレット等（Excel のマクロが使用できるもの）

III-3. 試料 ID の決め方

試料 ID は以下の決め方に従ってつける。

試料 ID = 格子点 ID + 調査位置記号 + 土壌採取深度の番号

調査位置記号

調査位置	調査位置記号
N 地点	N
E 地点	E
S 地点	S
W 地点	W

土壌採取深度の番号

土壌採取深度	番号
0～5cm	11
5～15cm	12
15～30cm	13

例) 格子点 ID 080470、N 地点の場合

採取深度 0～5cm → 080470N11

採取深度 5～15cm → 080470N12

採取深度 15～30cm → 080470N13

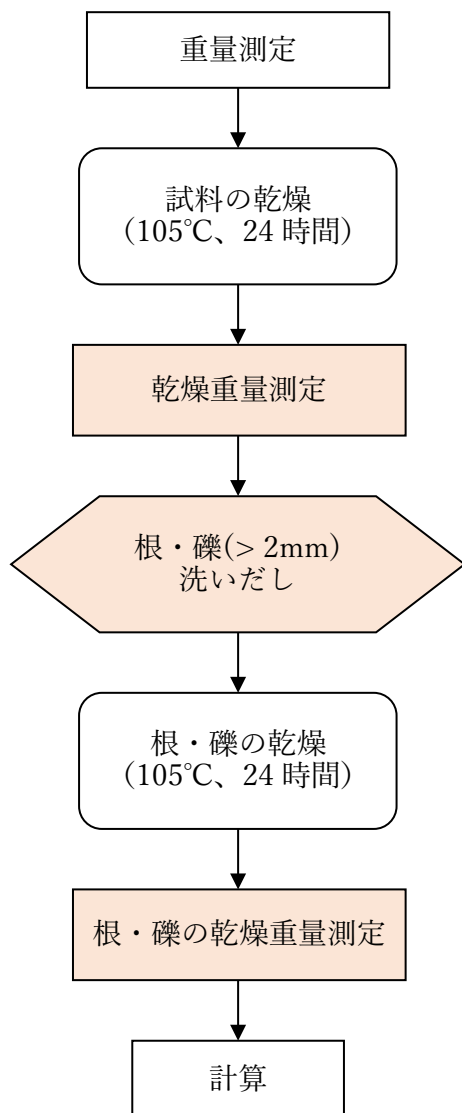


図6 定積細土重測定工程

III-4. 試料処理手順

(〔 〕の数字は図7の数字に対応している。)

1) 採取試料の乾燥と乾燥重量の測定

- (1) 調整を行う格子点 ID の試料リストと試料の入ったポリ袋に記載された試料情報（調査年月日、格子点 ID+調査位置記号、試料名）とを照合しながら、試料がすべてそろっていること、試料の取り違いがないこと、試料の**採取形態とサイズ**^{*2}を確認する。
- (2) ID 作成ファイル (ID 作成システム)に試料リストの情報を入力し、各試料に試料 ID を付ける。
- (3) 試料 ID など必要な試料情報を乾燥用バットに転記し、バットの重量〔①〕を測定する (0.1g 単位)。試料を袋から出してバットに広げる。
- (4) 採取時の重量〔②〕を測定する。
- (5) 室内で試料の乾燥を行う。試料が生乾きのうちに、手で土塊をほぐして大きな礫や根（植物片や木炭片を含む）をバットの隅に選り分けておく（捨てない）。
- (6) 全体が均質に乾燥し一定重量になるまで乾燥（風乾）させる^{*3}。
- (7) 乾燥用バットごと試料を恒温乾燥器に入れ、105℃で 24 時間乾燥させる。
- (8) 乾層後、恒温乾燥器から試料を取り出し、室内で 1 時間程度冷ます。
- (9) 上皿電子天秤を用いて乾燥重量〔③〕を 0.1g 単位で測定する。

2) 根および礫の洗い出しと乾燥重量の測定

- (1) 試料を円孔篩に移して、2mm 以下の細土をふるい落とす^{*4}。
(この作業は粉じんが舞い上がるので、集じん機を用いるとともにマスクを着用して作業を行う。)

*2 データの入力では試料容量に注意する。通常、採土円筒の試料は 400cm³、ブロックサンプリングの試料は 2000 cm³であるが、ブロックサンプリングの場合、採取現場の状況次第では 2000 cm³ よりも大きくなることもある。試料リストと照合すること。

*3 試料をよくほぐし、毎日天地返しを行った場合、乾燥に要する日数は 5 日間程度が目安であるが、採取時の試料の水湿状態や室内環境によって異なる。

*4 細土を多く含む試料をそのまま水洗処理に回すと作業効率が悪く、泥水の発生量も増えるので、乾燥状態で分けられるものは分けてしまう。円孔篩でふるう前に、磁製乳鉢と木製の杵で土塊を軽くつぶすと作業効率がよい。

- (2) 円孔篩に残った試料を試料情報が転記された浸水用容器に移し、水に浸漬させてしばらく（できれば一晩）放置する*⁵。
- (3) 浸け置いた試料を、円孔篩を使用して水洗いする。篩は水をためた大型のバットに入れ、時々流水を使いながら、かす揚げやピンセットを用いて根と礫をそれぞれ別々の乾燥用容器に移す*⁶。容器には試料情報などを記載する。風袋〔④、⑤〕を使用する場合はあらかじめ測定しておく（0.1g 単位）。
- (4) 分け取った根と礫は 105℃の恒温乾燥器で 24 時間乾燥させる*⁷。
- (5) 乾燥後、1 時間程室内で冷まし、上皿電子天秤を用いて根の重量〔⑥〕および礫の重量〔⑦〕を 0.1g 単位で測定する。

III- 5. 定積細土重の計算

- (1) 各測定データ〔①から⑦〕を定積細土重データ入力ファイル (DBD_input) に入力する (図 7)。
- (2) すべての項目を入力し終わったら、データシート上で分析結果を自動計算させる。その際、「異常値」欄にエラーメッセージが出た場合には、重量測定の記録や残った試料を調べてエラーの原因を確認し対処する。
- (3) 入力データに対して異常値のエラーメッセージが出ないこと、試料 ID に間違いがないことなどを確認したのちに、測定後の根と礫を廃棄する。

*⁵ 105℃で乾燥した土塊は撥水性が生じて水をはじく場合が多いので、その場合はエタノールを噴霧して水になじませる。

*⁶ 水洗いでは、大きな礫を拾い出しながら、まず根をすべてすくい上げる。水洗い中に細根や植物遺体の細片等が篩の目から流れ出してしまうことがあるが、多少はかまわない。これらの損失は、その重量が少ないことから、全体に比べて著しく小さいものとみなすことができる。根を取り終わった後、最後に篩の底に残った礫を、細いホースなどを使用して水で集めて、乾燥用容器に洗い落とすとよい。

*⁷ 恒温乾燥器に入れる前、水洗いの直後にホットプレートを使用して乾燥容器の中の余分な水分を蒸発させると、恒温乾燥器に負荷がかからず、乾燥も効率的に行える。

分析No.	調査年月日	調査担当機関	ブロック	格子点ID	試料ID	層位	採取形態 (V, VB, VBC)	試料容量 (400mL or 2000mL)	採取試料(全体)				根	
									風袋重 (g)	採取時の重量(g)	乾燥後の重量(g)	風袋+試料 試料重	風袋重 (g)	絶乾後の重量(g)
V0001	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470N11	0-5cm	V	400	①	②		③	④	⑥
V0002	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470N12	5-15cm	V	400						
V0003	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470N13	15-30cm	VB	2000						

下段に続く →

礫			定積細土重 (Mg/m ³)	異常値	細土の一部					備考
風袋重 (g)	絶乾後の重量(g)	礫重量			秤量ビン No.	秤量ビン重量 (g)	絶乾前の重量(g)	絶乾後の重量(g)	乾燥係数	
⑤	⑦						秤量ビン+試料 風乾試料重	秤量ビン+試料 絶乾試料重	絶乾土/風乾土	

→

図 7 定積細土重データ入力ファイル

①～⑦は本文中の①～⑦に対応している。

薄い灰色タイトルの列は測定値を入力する。

濃い灰色タイトルの列は ID 作成ファイルや入力値から生成または計算される。

「備考」の列は必要な情報を入力する。

(「細土の一部」は通常 VBC の場合のみ使用するので、V、VB では入力の必要はない。)

IV. 化学分析用土壌試料を兼ねた定体積試料（VBC）の調整と定積細土重の測定

IV-1. 概要

化学分析用の試料を兼ねた定体積試料で定積細土重を測定する場合、細土を加熱することができないので、以下に説明する方法を用いる。

通常の定積細土重測定法との違いは、

- ・採取試料は 105℃で乾燥しない（室内での風乾のみ）
- ・風乾中に化学分析用の風乾細土を得るために試料の調整を行う
- ・試料全体の風乾重を測定する
- ・化学分析用の試料を採取した後に根と礫を水洗いする
- ・風乾細土の乾燥係数を測定する

などである。

工程の概要は図 8 のとおり。

（ポイント）

工程の前半は、重量測定以外は化学分析用土壌試料の調整と同様であり、後半は、乾燥係数測定以外は通常の定体積試料の調整と同様になる。基本的な工程が同じなので、「Ⅱ. 化学分析用土壌試料の調整」および「Ⅲ. 定体積試料による定積細土重（容積重）の測定」も参照すること。

IV-2. 必要な器具など

基本的には化学分析用土壌試料の調整および定体積土壌試料の調整に用いる器具と同様のものを使用する。

－試料調整に必要なもの－

- 上皿電子天秤（0.1g 単位で測定できるもの）
- 恒温乾燥器（105℃に設定できるもの）
- 乾燥用バット
- 円孔篩一式（孔径 2mm、直径 200mm 程度。蓋と受け皿付き）
- 磁製乳鉢（外寸 210mm 程度のものが良い）
- 木製の杵（材質は桐が良い）

- ピンセット（植物遺体の分け取りに使用。例えば、歯科用ピンセットなど）
- チャック付ポリ袋（保存用試料用。縦 170×横 120×厚さ 0.04mm 程度のもの）
- ラベル（保存用試料用、分析用試料用）
- 乾燥係数測定および分析用の試料を入れる任意の容器（密封できるもの）
- 浸水用容器（ビーカーやバットなど）
- エタノール（試料に撥水性があるとき噴霧器で噴霧して水になじませる）
- 根と礫の乾燥用容器（蒸発皿、ビーカーなど。根と礫それぞれに 1 つずつ）
- 水洗いした根をすくい取る網
（かす揚げのような調理用器具など。編み目が細かく小ぶりのものが良い）
- 実験用手袋（ニトリルゴム製、塩化ビニル製などの薄手のもの）
- マスク、集じん機（粉じん対策用）
- 軍手など（恒温乾燥器から根や礫を取り出すときに使用する）
- 電気掃除機
- ワイプ（例えば、JK ワイパー、プロワイプなど）

－乾燥係数測定に必要なもの－

- 秤量ビン（直径 3～5cm、高さ 3cm 程度のものが良い）
- 分析用電子天秤（0.1mg (=0.0001g) 単位で測定できるもの）
- 恒温乾燥器（105℃に設定できるもの）
- デシケーター（シリカゲル等の乾燥剤を使用）
- 秤量ビン用のトレー（大型のシャーレなど）
- 葉さじ
- 手袋（軍手など布製が使いやすい）

－データ入力に必要なもの－

- ID 作成ファイル（ID 作成システム、Microsoft Excel）
- 定積細土重データ入力ファイル（DBD_input、Microsoft Excel）
- パーソナルコンピューター、タブレット等（Excel のマクロが使用できるもの）

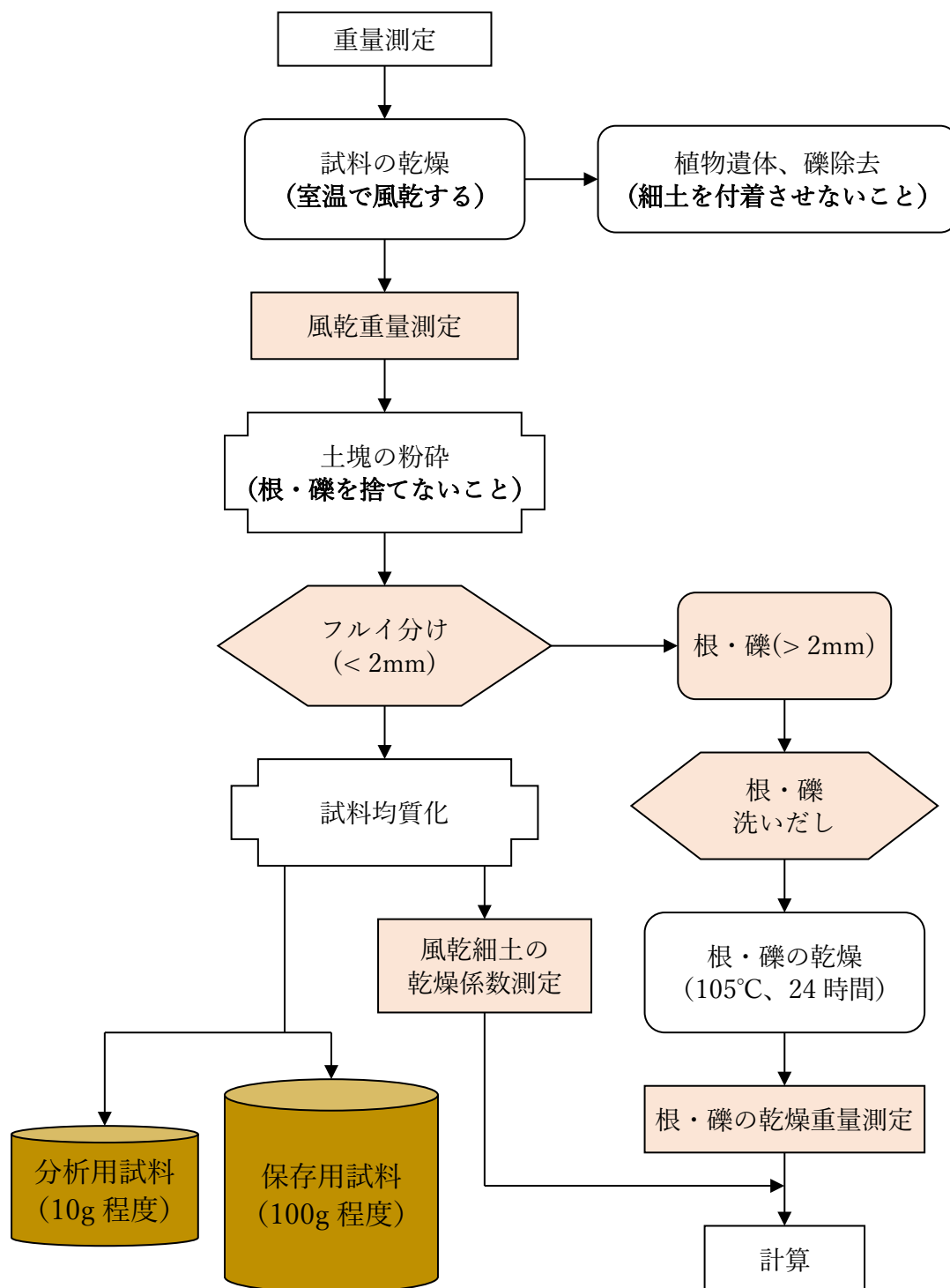


図8 化学分析用土壌試料を兼ねた定体積試料の処理

IV-3. 試料 ID の決め方

試料 ID は他の定体積試料（V、VB）と同様に以下の決め方に従ってつける。この試料 ID がそのまま化学分析用試料の ID になる。

試料 ID = 格子点 ID + 調査位置記号 + 土壌採取深度の番号

調査位置記号

調査位置	調査位置記号
N 地点	N
E 地点	E
S 地点	S
W 地点	W

土壌採取深度の番号

土壌採取深度	番号
0～5cm	11
5～15cm	12
15～30cm	13

例) 格子点 ID 080470

S 地点の採取深度 15～30cm の場合 → 080470S13

IV-4. 試料処理手順

1) 採取試料の調整と風乾重の測定

([] の数字は図 10 の数字に対応している。)

- (1) 調整を行う格子点 ID の試料リストと試料の入ったポリ袋に記載された試料情報とを照合し、試料が VBC であること、試料のサイズ、試料の取り違えがないことを確認する。
- (2) ID 作成ファイル (ID 作成システム) に試料リストの情報を入力し、試料に試料 ID を付ける。
- (3) 試料 ID など必要な試料情報を乾燥用バットに転記し、バットの重量 [①] を測定する (0.1g 単位)。試料を袋から出してバットに広げる。
- (4) 採取時の重量 [②] を 0.1g 単位で測定する。
- (5) 室内で全体が均質に乾燥し一定重量になるまで乾燥 (風乾) させる。
- (6) 乾燥処理中は、実験用手袋 (ニトリルゴム製、塩化ビニル製など) を着用し、手で土塊をつぶして出来る限り細かくする。このときピンセットを使い礫と植物遺体 (根や植物片、木炭片; 以下合わせて「根」という) を取り除く。
- (7) 取り除いた根と礫は捨てる。根と礫に付着している細土は試料に戻すこと。
- (8) 試料が内部までよく乾燥していることが確認できたら (風乾試料)、0.1g 単位で乾燥重量 [③] を測定する。

2) 乾燥係数測定用および炭素・窒素濃度分析用試料の分け取り

(以下の(1)～(6)の作業は粉じんが舞い上がるので、集じん機を用いるとともにマスクを着用して作業を行う。)

- (1) 風乾試料を、受け皿をつけた孔径 2mm の円孔篩に移し、蓋をしてふるう。
- (2) 円孔篩を通過した試料 (以下、風乾細土) は受け皿にためる。
- (3) 篩上に残った風乾試料から根と礫をピンセットなどで取り除き試料情報が転記された浸水用容器に移す。
- (4) 残りの土塊などは乳鉢に移して木製の杵を用いてつぶし、再びふるって受け皿の風乾細土に加える。
- (5) (1)から(4)のふるい分けの作業を繰り返す。
- (6) ほぼ土塊がなくなった時点で、篩上の残渣を浸水用容器に移し、すでに分けられた礫および根と一緒にする。
- (7) 篩の受け皿にたまった風乾細土はよく混合する。

- (8) 風乾細土の量が十分にある場合には、100g 程度をチャック付ポリ袋に保存用試料として分け取り、残りを乾燥係数測定と分析用試料に用いる。風乾細土の量が少ない場合は、乾燥係数測定と分析用を優先し、残った試料を保存用試料のチャック付ポリ袋に入れる。
- (9) 保存用試料のチャック付ポリ袋には、図 9 のように試料情報を記入したラベルを貼る。
- (10) 一つの試料のふるい分けが終了したら、円孔篩一式（蓋、受け皿を含む）、乳鉢、木製の杵に付着した試料残渣を、電気掃除機、ワイプ等できれいに掃除する。

調査年月日	20210812
試料 ID	080470N13
採取深度	15-30cm

(2021 年 8 月 12 日に格子点 ID 080470 の N 地点で採取した深度 15～30cm の VBC 試料)

図 9 ラベルの記入例

3) 根と礫の洗い出しと乾燥重量測定

- (1) 根と礫が含まれた 2)-(6)の残渣は水に浸漬させて、しばらく（できれば一晩）放置する^{*8}。
- (2) 浸け置いた試料を、円孔篩を使用して水洗いする。篩は水をためた大型のバットに入れ、時々流水を使いながら、かす揚げやピンセットを用いて根と礫をそれぞれ別々の乾燥用容器に移す。容器には試料情報などを記載する。風袋〔④、⑤〕を使用する場合はあらかじめ測定しておく。
- (3) 分け取った根と礫は 105℃の恒温乾燥器で 24 時間乾燥させる。
- (4) 乾燥後、1 時間程度室内で冷まし、上皿電子天秤を用いて根と礫それぞれの重量〔⑥、⑦〕を 0.1g 単位で測定する。

^{*8} 残渣を水に浸漬する際は、一晩放置するのが理想である。撥水性が生じて水をはじく場合が多いので、その場合はエタノールを噴霧して水になじませる。

4) 風乾細土の乾燥係数測定

風乾細土の絶乾重量を算出するために乾燥係数を測定する*9。

(以下の作業は手袋を必ず着用しておこなう。)

- (1) 秤量ビン No. [⑧] を記録し、秤量ビンの蓋をずらして恒温乾燥器 (105℃) で 1 時間乾燥した後、恒温乾燥器内で蓋をしてデシケーターに移し、1 時間冷ます。
- (2) 秤量ビンの重量 (蓋も含む) [⑨] を分析用電子天秤で 0.1mg (=0.0001g) まで測定する。
- (3) 風乾細土 2~3g を葉さじで秤量ビンに分取し、ただちに蓋をして重量 [⑩] を測定する。
- (4) 秤量ビンの蓋をずらして恒温乾燥器に入れ、105℃で 24 時間乾燥する。
- (5) 乾燥後、恒温乾燥器内で蓋をして秤量ビンを取り出し、デシケーター内に移す。
- (6) デシケーター内で 1 時間冷まし、重量 [⑪] を測定する。

IV-5. 定積細土重の計算

- (1) 各測定データ [①から⑪] を定積細土重データ入力ファイルに入力する (図 10)。
- (2) すべての項目を入力し終わったら、データシート上で分析結果を自動計算させる。
その際、「異常値」欄にエラーメッセージが出た場合には、重量測定の記録や残った試料を調べてエラーの原因を確認し対処する。
- (3) すべての入力データに対して異常値のエラーメッセージが出ないこと、試料 ID に間違いがないことなどを確認したのちに、測定後の根と礫を廃棄する。

*9 乾燥係数の測定は風乾細土のふるい分けのあと、原則として一両日中に行う。3、4 日以上間が空いてしまう場合は、必ず密封できる容器に風乾細土を保存し、できる限り早く測定すること。

分析No.	調査年月日	調査担当機関	ブロック	格子点ID	試料ID	層位	採取形態 (V, VB, VBC)	試料容量 (400mL or 2000mL)	採取試料(全体)				根	
									風袋重 (g)	採取時の重量(g)		風袋重 (g)	乾燥後の重量(g)	
										風袋+試料	試料重		風袋+根	根重量
V0001	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470N11	0-5cm	V	400	①	②	③	④	⑥	
V0002	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470N12	5-15cm	V	400						
V0003	20210812	(株) 森林環境	関東	080470	080470N13	15-30cm	VB	2000						

下段に続く →

礫			定積細土重 (Mg/m ³)	異常値	細土の一部						備考
風袋重 (g)	絶対乾後の重量(g)				秤量ビン No.	秤量ビン重量 (g)	絶対乾前の重量(g) 秤量ビン+試料	絶対乾後の重量(g) 秤量ビン+試料	乾燥係数 乾燥土/風乾土		
	風袋+礫	礫重量									
(5)	(7)				(8)	(9)	(10)	(11)			

→

図10 定積細土重データ入力フォーマイル

①～⑪は本文中の①～⑪に対応している。

薄い灰色タイトルの列は測定値を入力する。

濃い灰色タイトルの列は ID 作成ファイルや入力値から生成または計算される。

「備考」の列は必要な情報を入力する。

V. 炭素および窒素濃度の分析

V-1. 概要

「II.」および「IV.」で調整された風乾細土や「I.」で調整された堆積有機物試料の炭素および窒素濃度を以下の作業により分析する。

1) 分析用試料の微粉碎

乾式燃焼法による炭素および窒素濃度の分析装置では、分析に使用する試料が微量であることに加え、土壌試料や堆積有機物試料では試料中の炭素分布が不均一であることから、分析のバラツキが大きくなりやすい。そこで、分析のバラツキを小さくするために、調整した分析用試料をさらに粉碎して粒径を細かくする。

2) 水分量の測定

試料中の炭素濃度は絶乾重を基準とするので、分析用試料中の水分量を測定し、絶乾重を算出する必要がある。試料の水分量は保存状態や部屋の湿度で変動するので、測定は炭素および窒素濃度の分析の際に行う。

3) 炭素および窒素濃度の分析

乾式燃焼法により炭素および窒素濃度の分析を行う。なお、窒素濃度は炭素濃度と窒素濃度の比率 (C/N 比) を用いた分析の信頼性評価に利用され、森林の二酸化炭素吸収に関係の深いバイオマス生産力の指標にもなるので、窒素濃度の結果も報告する。

V-2. 試料の微粉碎

1) 必要な器具など

- 乳鉢・乳棒 (メノウ製が望ましいが磁製でも可)、あるいは、擂潰機 (ライカイキ) やボールミル等の電動粉碎機
- 洗びん、ワイプ

2) 作業手順

- (1) 分析用試料 (土壌試料の場合は風乾細土、堆積有機物試料の場合は粉碎試料) の全量を、乳鉢 (または粉碎機) に移し、粗い粒子が細かくなるように粉碎して粒径が均質な微粉末試料にする。
- (2) 1つの試料の粉碎が終了したら、乳鉢と乳棒、あるいは粉碎容器に付着した試料を、水を入れた洗びんやワイプを使いきれいにする。

【注意】

粉碎後の試料の粒径は繰り返し分析のばらつきを検討し決める。少なくとも土壌試料の場合は 0.5mm 以下、堆積有機物試料の場合には 1mm 以下の粒径にする。より細かい粒径にした方が繰り返し分析の精度は向上する。粉碎途中で粗い粒子を取り除いてはならず、必ず分析用試料全量を微粉末試料とする。

V-3. 水分量の測定

1) 必要な器具など

- ☐ 秤量ビン（直径 3～5cm、高さ 3cm 程度のものが良い）
- ☐ 分析用電子天秤（0.1mg (=0.0001g) 単位で測定できるもの）
- ☐ 恒温乾燥器（105℃または 70℃に設定して使用する）
- ☐ デシケーター（シリカゲル等の乾燥剤を使用）
- ☐ 秤量ビン用のトレー（大型のシャーレなど）
- ☐ 薬さじ
- ☐ 手袋（軍手など布製が使いやすい）
- ☐ 含水比データ入力ファイル(Y 含水比_mmdd、S 含水比_mmdd、Microsoft Excel)
- ☐ パーソナルコンピューター、タブレット等（Excel が使用できるもの）

2) 測定手順

以下の作業は手袋を必ず着用しておこなう。

（〔 〕の数字は図 11 の数字に対応している。）

- (1) 秤量ビン No. 〔②〕を記録し、秤量ビンの蓋をずらして恒温乾燥器（105℃）で 1 時間乾燥した後、恒温乾燥器内で蓋をしてデシケーターに移し、1 時間冷ます。
- (2) 秤量ビンの重量（蓋も含む）〔⑤〕を 0.1mg (=0.0001g) まで測定する。
- (3) 分析用の微粉末試料（土壌試料の場合は 2～3g、堆積有機物試料の場合は 0.4～0.6g）を薬さじで秤量ビンに分取し、ただちに蓋をして重量〔③〕を測定する。
- (4) 試料の入った秤量ビンの蓋をずらして恒温乾燥器に入れ（写真）、土壌試料の場合は 105℃、堆積有機物試料の場合は 70℃で、24 時間乾燥する。



- (5) 乾燥後、恒温乾燥器内で蓋をしてから秤量ビンを取り出し、デシケーター内に移す。
- (6) デシケーター内で1時間冷まし、重量〔④〕を測定する。
- (7) 各測定データおよび受付番号〔①〕など必要な情報を含水比データ入力ファイルに
入力する（図 11）。含水比データ入力ファイルは、堆積有機物試料の場合は Y 含水
比_mmdd、土壌試料の場合は S 含水比_mmdd を使用する。
- (8) すべての項目を入力し終わったら、含水比を計算式から求め、ファイル名の mmdd
の部分でファイルを作成した日付の月日 4 桁に変えて保存する。

（参考 含水比の計算）

土壌試料および堆積有機物試料の含水比〔⑥〕や水分係数は次式により計算する。

$$\text{含水比}〔⑥〕 = (S_{\text{before}}〔③〕 - S_{\text{after}}〔④〕) / (S_{\text{after}}〔④〕 - \text{WB}〔⑤〕)$$

$$\text{水分係数} = (S_{\text{before}} - \text{WB}) / (S_{\text{after}} - \text{WB})$$

S_{before} ：[絶乾前の重量(g)_秤量ビン+試料]

S_{after} ：[絶乾後の重量(g)_秤量ビン+試料]

WB：[秤量ビン重量(g)]

【注意】

土壌の乾燥が十分に行われていれば、風乾細土の含水比が 0.200 を超えることは少ない。含水比が 0.200 を超える場合は土壌試料の乾燥が十分でない可能性があるので、試料を室温でさらに数日乾燥させてから含水比を再測定して確認し、含水比が減少している場合は、炭素および窒素濃度についても再測定を行う。

受付番号	秤量ビンNo.	絶乾前	秤量ビン+試料土 (g)	絶乾後	秤量ビン+試料土 (g)	秤量ビンの重さ (g)	含水比
①	②		③		④	⑤	⑥

図 11 堆積有機物と土壌の含水比データ入力ファイル

①～⑤は本文中の①～⑤に対応している。
濃い灰色のタイトルの列は必要な情報を入力する。
「含水比」⑥は計算式 $(③ - ④) / (④ - ⑤)$ から求める。

V-4. 炭素および窒素濃度の測定

1) 必要な器具など

- 乾式燃焼法による分析装置 (NC アナライザー、CN コーダー、varioMAX 等)
- 分析用電子天秤 (0.1mg (=0.0001g) 単位で測定できるもの。標準試料については 0.01mg 単位で測定することが望ましい)
- 試料 ID 対応表ファイル (ID 作成システムで作成した Y 試料 ID 対応表、S 試料 ID 対応表)
- RCN 作成ファイル (RCN ファイル作成、Microsoft Excel)
- 含水比データ入力ファイル (V-3 で保存した Y 含水比_mmdd、S 含水比_mmdd)
- RCN_input ファイル (RCN_input、Microsoft Excel)
- RCN 振り分けシステムファイル (RCN 振り分けシステム、Microsoft Excel)
- パーソナルコンピューター、タブレット等 (Excel のマクロが使用できるもの)

2) 分析方法

分析は同一試料について 2 回行う。2 回の測定は原則として別々の日に行う。

炭素および窒素濃度の分析が適切に行われていることを確認するために、下記の例のように 1 連の分析の途中で 50 試料につき 1 点の目安で、土壌試料分析の場合は標準土壌試料を、堆積有機物試料分析の場合は標準堆積有機物試料を割り込ませ、未知試料と同様に分析を行う^{*10}。

ただし、標準試料は絶対精度の検証に用いるので、2 回の繰り返し分析はしない。したがって、2 回目の分析では 1 回目と異なる標準試料を使用すること。

未知試料が 50 点に満たない場合でも、1 連の分析では途中で必ず標準試料を 1 点割り込ませて分析する。

例) 1 連のサンプルが 50 個の場合

サンプル 1、・・・サンプル 25、標準試料、サンプル 26、・・・サンプル 50

【注意】

使用する分析装置の操作手順にそって分析を行うが、以下の点に注意する。

- (1) 供試する試料重量 ([分析試料重(mg)]) は、分析する試料の炭素濃度に応じて変更する。試料が有機物か土壌か、あるいは、表層土か下層土かなどの違いにより、炭素や窒素の濃度は最大で 100 倍以上の違いがある。乾式燃焼法による機器分析では、機械は CO₂ や N₂ の絶対量を測定しているので、試料の炭素窒素の予想濃度に応じて供試試料重量を調整する必要がある。

^{*10} 標準土壌試料および標準堆積有機物試料についても含水比のデータが必要なので、水分量を測定する。標準試料の水分量の測定は未知試料の水分量測定と同時に行うこと。

- (2) 供試する試料重量（[分析試料重(mg)]）は、使用する分析装置の性状も考慮して適切な量にする。分析装置によっては、分析値は炭素、窒素量以外の要因（例えば水分）にも影響を受けることがあるので注意する必要がある。
- (3) 試料重量は多すぎても少なすぎても、測定誤差が大きくなる。検量線法で測定する場合には、検量線を作成した標準物質の炭素と窒素の絶対量の範囲内で測定するのが原則である。

3) 炭素および窒素濃度の計算

土壌試料および堆積有機物試料の炭素および窒素濃度は次式で計算する。

絶乾土あたりの炭素濃度 = 炭素濃度の測定値(g/kg)^{*11} × 試料の水分係数

絶乾土あたりの窒素濃度 = 窒素濃度の測定値(g/kg) × 試料の水分係数

RCN 作成ファイルを開きマクロを実行すると、「CN 分析」シート、「含水比」シート、「試料 ID 対応表」シートが含まれる RCN ファイルが生成される。指導取りまとめ業務担当機関に提出すると標準試料の精度確認後に試料 ID が入った C_RC_N ファイルが送付されるので RCN 振り分けシステムファイルを開きマクロを実行し DCN ファイルを生成する（図 12）。

4) 分析精度の保証

分析の精度管理は、以下の 2 つの方法で行う。

(1) 絶対精度

測定した標準土壌試料または標準堆積有機物試料の測定結果が、確定されている既知の分析値と著しく相違すると判断された場合には、当該標準試料と同時に分析した未知試料は、原則としてすべて再測定する。

(2) 繰り返し精度

2 回の分析値のばらつきが、以下の繰り返し精度管理基準を満たしていることを確認する。これを満たしていない場合は、再測定を行う。

*11 分析値の報告は g/kg 単位で行う。分析装置によっては、測定結果がパーセント表示されることがあるので、十分に注意する。パーセント表示の値は、1% = 10 g/kg で換算できる。

絶乾土あたりの炭素濃度^{*12}

- a) 2つの値の平均が 10g/kg 未満の場合、それら 2つの値の差が 1.13g/kg 以下であること。
- b) 2つの値の平均が 10g/kg 以上 50g/kg 未満の場合、変動係数（標本標準偏差÷平均×100）が 8%以下であること。
- c) 2つの値の平均が 50g/kg 以上 600g/kg 以下の場合、変動係数が 4%以下であること。

絶乾土あたりの窒素濃度^{*13}

- a) 2つの値の平均が 5g/kg 未満の場合、それら 2つの値の差が 1.41g/kg 以下であること。
- b) 2つの値の平均が 5g/kg 以上 10g/kg 未満の場合、変動係数（標本標準偏差÷平均×100）が 20%以下であること。
- c) 2つの値の平均が 10g/kg 以上 30g/kg 以下の場合、変動係数が 10%以下であること。

5) 分析精度のチェック

絶対精度については、標準試料を提供した指導取りまとめ業務担当機関によりチェックと判定が行われる。

繰り返し精度については、DCN ファイルの「コントロール」シートにある「精度分析」のマクロを実行すると「CN 分析精度管理」シートの分析値について精度検証が行われ、精度を満たすか判定する（図 13）。

6) 報告用様式の作成

精度管理により分析精度を満たしていると判定された測定データについては、DCN ファイルの「コントロール」シートにある「分析報告書作成」のマクロを実行すると「CN 分析報告書」シートが作成される（図 14）。

^{*12} 土壌および堆積有機物の炭素濃度は通常 600g/kg を超えないので、DCN ファイルでは炭素濃度の計算結果が 600g/kg を超えた場合に警告が出る。警告が出たら、測定値の入力の間違いや機械の不調が考えられるので、データ入力や測定が正しく行われているか確認し、600g/kg を超えた原因を明らかにする。

^{*13} 同様に窒素濃度の計算結果が 30g/kg を超えた場合にも警告が出るので、確認を行い、原因を明らかにする。

分析No.	分析年月日	試料ID	層位	風乾土			含水比 (kg/kg)	絶乾土		C/N	異常値	精度分析	備考
				分析試料重 (mg)	炭素濃度 (g/kg)	窒素濃度 (g/kg)		炭素濃度 (g/kg)	窒素濃度 (g/kg)				
Y1438	04.11.21	080470M01	T層	200.00	482.05	6.51	0.063	512.53	6.93	74.01		*	C_RCN_20211104165200.xlsm
Y1442	04.11.21	080470M02	K層	200.20	449.03	13.58	0.047	469.97	14.22	33.06		*	C_RCN_20211104165200.xlsm
Y1438	05.11.21	080470M01	T層	200.60	479.51	6.35	0.063	509.84	6.75	75.56		*	C_RCN_20211105160900.xlsm
Y1442	05.11.21	080470M02	K層	200.10	448.40	13.82	0.047	469.32	14.47	32.44		*	C_RCN_20211105160900.xlsm
S0616	2021/11/13	080470C11	0-5cm	250.50	82.02	5.59	0.038	85.17	5.81	14.67		*	C_RCN_20211113114200.xlsm
S0617	2021/11/13	080470C12	5-15cm	500.00	44.47	2.80	0.031	45.83	2.88	15.90		*	C_RCN_20211113114200.xlsm
S0618	2021/11/13	080470C13	15-30cm	499.60	43.39	2.45	0.040	45.13	2.55	17.69		*	C_RCN_20211113114200.xlsm
S0616	2021/11/14	080470C11	0-5cm	251.30	83.17	5.63	0.038	86.36	5.84	14.78		*	C_RCN_20211114123500.xlsm
S0617	2021/11/14	080470C12	5-15cm	503.60	43.92	2.72	0.031	45.26	2.81	16.13		*	C_RCN_20211114123500.xlsm
S0618	2021/11/14	080470C13	15-30cm	503.10	42.61	2.34	0.040	44.31	2.43	18.23		*	C_RCN_20211114123500.xlsm

図 12 DCN ファイルの「CN 分析」シート

このシートは RCN 振り分けシステムファイルのマクロを実行すると自動的に作成される。

試料ID	採取位置	層位	試料の種類	含水比	総乾土あたり炭素濃度						総乾土あたり窒素濃度						C/N					
					サンプル1] (g/kg)	サンプル2] (g/kg)	平均] (g/kg)	標準偏差 (g/kg)	変動係数 (%)	精度分析 結果	サンプル1] (g/kg)	サンプル2] (g/kg)	平均] (g/kg)	標準偏差 (g/kg)	変動係数 (%)	精度分析 結果	サンプル1] (g/kg)	サンプル2] (g/kg)	平均 (g/kg)	標準偏差 (g/kg)	変動係数 (%)	精度分析 結果
080470M01	4地点混合	T層	堆積有機物試料	0.063	512.5	509.8	511.2	1.9	0.37		6.93	6.75	6.84	0.13	1.84		74.01	75.56	74.79	1.10	1.47	
080470M02	4地点混合	K層	堆積有機物試料	0.047	470.0	469.3	469.6	0.5	0.10		14.22	14.47	14.34	0.18	1.23		33.06	32.44	32.75	0.44	1.33	
080470C11	土壌混合	0-5cm	土壌試料	0.038	85.2	86.4	85.8	0.8	0.98		5.81	5.84	5.82	0.03	0.44		14.67	14.78	14.73	0.08	0.54	
080470C12	土壌混合	5-15cm	土壌試料	0.031	45.8	45.3	45.5	0.4	0.89		2.88	2.81	2.84	0.05	1.89		15.90	16.13	16.01	0.16	1.00	
080470C13	土壌混合	15-30cm	土壌試料	0.040	45.1	44.3	44.7	0.6	1.29		2.55	2.43	2.49	0.09	3.42		17.69	18.23	17.96	0.38	2.13	

図 13 DCN ファイルの「CN 分析精度管理」シート

このシートは DCN ファイルのマクロを実行すると自動的に作成される。

試料ID	採取位置	層位	試料の種類	含水比	絶対土あたり炭素濃度		絶対土あたり窒素濃度		C/N			備考
					サンプル1 (g/kg)	サンプル2 (g/kg)	平均 (g/kg)	平均 (g/kg)	サンプル1	サンプル2	平均	
080470M01	4地点混合	T層	堆積有機物試料	0.063	512.5	509.8	511.2	6.93	6.75	6.84	74.01	74.79
080470M02	4地点混合	K層	堆積有機物試料	0.047	470.0	469.3	469.6	14.22	14.47	14.34	33.06	32.75
080470C11	土壌混合	0-5cm	土壌試料	0.038	85.2	86.4	85.8	5.81	5.84	5.82	14.67	14.73
080470C12	土壌混合	5-15cm	土壌試料	0.031	45.8	45.3	45.5	2.88	2.81	2.84	15.90	16.01
080470C13	土壌混合	15-30cm	土壌試料	0.040	45.1	44.3	44.7	2.55	2.43	2.49	17.69	17.96

図14 DCN ファイルの「CN 分析報告書」シート

このシートはDCN ファイルのマクロを実行すると自動的に作成される。

参考文献

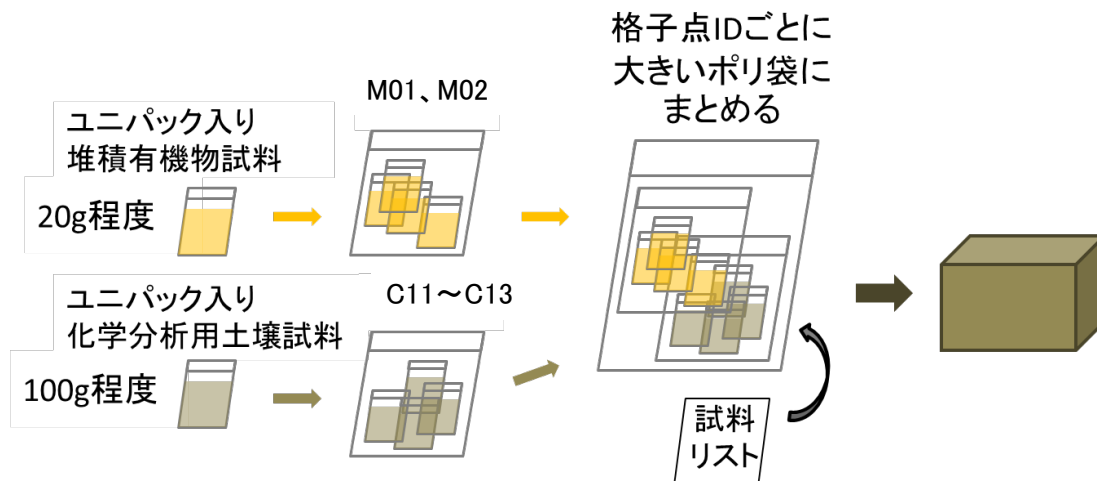
- 1) 環境測定法Ⅳ－森林土壌－新訂版. 河田弘・小島俊郎, 共立出版株式会社(1979)
- 2) 土壌環境分析法. 土壌環境分析法編集委員会編, 博友社(1977)
- 3) 改訂版 森林立地調査法. 森林立地調査法編集委員会編, 博友社(2010)
- 4) 森林土壌インベントリ方法書第3期版(2) 試料分析. 国立研究開発法人森林総合研究所 立地環境研究領域(2016)
- 5) 森林土壌インベントリ方法書第四期版(1) 野外調査法. 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 立地環境研究領域(2021)

保存用試料の提出

堆積有機物試料および化学分析用土壌試料の調整時に、保存用として分け取ったチャック付ポリ袋入りの試料は指導取りまとめ業務担当機関に送付する。

試料の整理方法

保存用試料は、**格子点 ID ごと**に堆積有機物試料と化学分析用土壌試料をまとめ、「**試料リスト**」と共に大きいポリ袋一袋に入れる。



提出時期

小ぶりの段ボール一箱分ができあがったときに随時提出する。

索引

アルファベット

C

C（化学分析用混合土壌試料の記号） 3, 12

C/N 30

C_RCN ファイル 35

CN 分析シート（RCN ファイル） 35

CN 分析シート（DCN ファイル） 37

CN 分析精度管理シート（DCN ファイル） 36, 38

CN 分析報告書シート（DCN ファイル） 36, 39

D

DBD_input（ファイル名） 17, 20, 23

DCN ファイル 35, 36, 37, 38, 39

DLW_input（ファイル名） 6, 9

I

ID

格子点 ID 2, 8, 9, 12, 14, 17, 19, 25, 26, 41

試料 ID 2, 8, 9, 14, 17, 19, 20, 25, 26, 28, 35

ID 作成ファイル 6, 9, 11, 13, 14, 17, 19, 21, 23, 26, 29

ID 作成システム（ファイル名） 6, 9, 13, 14, 17, 19, 23, 26, 34

試料 ID 対応表ファイル 34

試料 ID 対応表シート（RCN ファイル） 35

Y 試料 ID 対応表、S 試料 ID 対応表（ファイル名） 34

K

K 3, 6, 8, 9

M

M01、M02 9

R

RCN ファイル 34, 35

RCN 作成ファイル 34, 35

RCN ファイル作成 (ファイル名) 34

RCN 振り分けシステムファイル 34, 35, 37

RCN 振り分けシステム (ファイル名) 34

T

T 3, 6, 8, 9

V

V 2, 3, 16, 25

VB 2, 3, 16, 25

VBC 2, 3, 22, 26

かな

い

位置記号 → 調査位置記号

う

上皿電子天秤 4, 6, 9, 16, 19, 20, 22, 27

え

円孔篩 2, 4, 12, 15, 16, 19, 20, 22, 26, 27

か

化学分析用土壌試料 2, 3, 12, 13, 22, 24, 41

乾式燃焼法 30, 34

含水比 32, 33, 34

含水比データ入力ファイル 31, 32, 33, 34

Y 含水比_mmdd、S 含水比_mmdd (ファイル名) 31, 32, 34

含水比シート (RCN ファイル) 35

乾燥係数 16, 22, 23, 26, 27, 28

乾燥重量 6, 9, 16, 19, 26, 27

乾燥用バット 5, 6, 9, 12, 14, 16, 19, 22, 26

く

空気循環式乾燥器 4, 6, 9

繰り返し精度 35, 36

こ

恒温乾燥器 4, 16, 19, 20, 22, 23, 27, 28, 31, 32

格子点 ID →ID

混合試料（堆積有機物） 2, 8, 9, 10

混合試料（化学分析用土壌試料） 3, 12

さ

採取形態 2, 3, 19

採取深度 3, 12, 14, 17, 25

細土 2, 4, 16, 19, 22, 26

し

磁製乳鉢 4, 12, 19, 22

蒸発皿 5, 16, 23

試料 ID →ID

試料情報 2, 3, 9, 10, 14, 15, 19, 20, 26, 27

試料調整 2, 4, 6, 12, 22, 26

試料の混合 6, 9

試料名 2, 3, 8, 9, 14, 19

試料容量 3, 19

試料リスト 2, 3, 9, 12, 14, 19, 26, 41

森林生態系多様性基礎調査 2

す

水分係数 32, 35

水分量 30, 31, 34

せ

絶乾重、絶乾重量、絶乾後の重量 28, 30, 32

絶乾土 35, 36

絶対精度 34, 35, 36

た

堆積有機物試料 3, 5, 6, 7, 30, 31, 32, 34, 35, 41

堆積有機物層 3

堆積有機物データ入力ファイル 6, 9

炭素濃度 26, 30, 32, 34, 35, 36

ち

窒素濃度 26, 30, 32, 34, 35, 36

チャック付ポリ袋 5, 6, 10, 12, 15, 23, 26, 27, 41

調査位置記号 2, 8, 9, 17, 19, 25

て

定体積試料 2, 3, 4, 5, 12, 16, 22, 24, 25

定積細土重 2, 5, 16, 18, 20, 21, 22, 28, 29

定積細土重データ入力ファイル 17, 20, 21, 23, 28, 29

デシケーター 5, 23, 28, 31, 32

天地返し 9, 14, 19

ひ

微粉砕 5, 30

秤量ビン 5, 16, 23, 28, 31, 32

ふ

風乾 2, 3, 9, 12, 14, 15, 19, 22, 26

風乾細土 2, 15, 22, 26, 28, 30, 32

ブロックサンプリング 2, 3, 16, 19

粉砕 5, 6, 9, 10, 30, 31

粉砕機 5, 6, 10, 30

分析精度 35, 36

分析用試料 6, 10, 12, 15, 23, 26, 27, 30, 31

分析用電子天秤 4, 16, 23, 28, 31, 34

ほ

保存用試料 5, 6, 10, 12, 15, 23, 26, 27, 41

も

木製の杵 4, 12, 15, 19, 22, 26, 27

ら

ラベル 6, 10, 12, 15, 23, 27

<第四期>

森林土壌インベントリ作業部会（令和3年度）

部会長 平井敬三

委員

相澤州平	石塚成宏	稲垣昌宏	今矢明宏	岡本 透	川西あゆみ
小林政広	酒井寿夫	酒井佳美	野口享太郎	橋本昌司	橋本 徹
平田泰雅	古澤仁美	山下尚之	山田 毅		

森林土壌インベントリ方法書 第四期版 作業担当者（分担）

編集・総括： 平井敬三 相澤州平 石塚成宏

(1)野外調査法： 石塚成宏 相澤州平 酒井佳美 橋本 徹

(2)試料分析： 小林政広 古澤仁美 相澤州平 川西あゆみ

協力： 岡本 透 酒井寿夫 田中永晴 野口享太郎 森貞和仁

森林土壌インベントリ方法書第四期版

(2) 試料分析

国立研究開発法人 森林総合研究所
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地

編集・発行 立地環境研究領域
発行日 2021(令和3)年 8月 18日
お問い合わせ先 広報普及科 編集刊行係
電話 029-829-8373
e-mail: kanko@ffpri.affrc.go.jp

※本誌掲載内容の無断転載を禁じます。

ISBN 978-4-909941-26-8

リサイクルの適正の表示：紙へのリサイクル可