

iii) 三相分布

三相分布は農地土壌（模擬畑）を対象とし，分析試料は写真 1. 8-7 に示すステンレス製採土管（ $\phi_i=50\text{mm}$ ， $H=51\text{mm}$ ， $V_0=100\text{mL}$ ）で採取した．

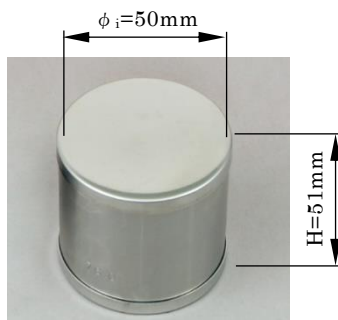


写真 1. 8-7 ステンレス製採土管

表土を 5cm 程度剥ぎ取り，採土管を静的に地盤に押し込み，現地土壌を採取した．試料採取後，採土管の両端に蓋をはめ，ビニールテープで留めて試験室に運び，質量，含水比，土粒子密度を測定し，1-(7)式～1-(9)式により三相分布（固相，液相，気相）を算出した

1 回に採取する試料は 2 個，試験は機能監視の序盤，中盤及び終盤の 3 回実施した．

写真 1. 8-8 に採土管による三相分布分析試料採取状況を示す．



(a) 山口模擬畑



(b) 愛知（新潟）模擬畑

写真 1. 8-8 採土管による三相分布分析試料採取状況

iv) 団粒分析

団粒分析による土性（粒度）の確認は農地土壌（模擬畑）を対象とし，試料採取は対角線採土法によって行った．

模擬畑に対角線を引き，交点と各線上 4 点の合計 5 点を試料採取点とした．各地点の表土約 5cm を剥ぎ取り，5～15cm までの作土を，厚さを一定にしてスコップで削り取り，ポリ袋内で均一に混ぜて密封した．団粒分析は山田らの提案方法に基づき，機能監視の序盤及び終盤の 2 回実施した．

(e) 環境安全性

i) 地下水の水質汚濁

土壤環境基準は、水質に係る諸基準を満たす条件を有するものとして設定されていることから、機能監視における重金属等の溶出量は、地下水の水質汚濁に係る環境基準（平成 9 年 3 月 13 日、環境庁告示第 10 号）に基づいて計画し、農業土木（農道）及び農地土壤（畑）を対象とした。

先ず、初年度に山口で行った機能監視では、写真 1. 8-1 及び写真 1. 8-2 に示すように、模擬農道、模擬畑とも地下水を集水して採取できる設備を設け、集水管から流出してくる地下水を採水して分析を行う予定であったが、機能監視期間中降雨量が少なかったこともあり、集水管から地下水を採取できなかった。そこで手法を変更してタンクリーチング試験の溶媒水を分析した。

この結果を踏まえ、次年度の新潟（愛知）では土壤について分析を行った。

ii) 重金属等の溶出量

環境基本法（平成 5 年法律第 91 号）第 16 条第 1 項に基づく土壤の汚染に係る環境基準（平成 3 年 8 月環境庁告示第 46 号、以下「土壤環境基準」という。）については、既往の知見や関連する諸基準に即して、設定可能なものについて設定するとの考え方にに基づき、環境としての土壤が果たしている機能を保全することを念頭に置いて、特に「地下水等の摂取に係る健康影響の防止」と、「食料を生産する機能の保全」の二つの観点から、現在 29 項目について定められている。

土壤環境基準の対象項目は、土壤汚染対策法（平成 14 年法律第 53 号、以下「土対法」という。）の対象項目に銅と 1,4-ジオキサンを追加した 29 項目であるが、土対法の第 1 種特定有害物質（揮発性有機化合物）及び第 3 種特定有害物質（農薬等）は、貯水池底泥土及び改質材に混入或いは残存することは稀有であると考えられる^{注)}ことから、第 2 種特定有害物質（重金属等）のうち、シアンを除く 8 項目について、農業土木（模擬農道）及び農地土壤（模擬畑）を対象として調べた。試料採取は対角線採土法によって行い、試験は機能監視の序盤と終盤の 2 回実施した。

注) 改質材（主材；石膏、安定材；消石灰）は、その原材料を揮発性物質の沸点以上の温度で焼成（石膏；180℃以上、消石灰；900℃以上）して製造するため、仮に原材料に揮発性物質が含まれていても、製造過程で消失すると考えられる。また、貯水池底泥土に含まれていた場合には、大気中に揮発して消失すると考えられる。

一方、農薬は改質材に混入する恐れはなく、貯水池底泥土も地理・地形条件（貯水池の上流には田畑やゴルフ場はない）から、農薬の混入は考えにくい。

iii) 農用地特定有害物質

農用地土壤汚染防止法における特定有害物質はカドミウム、銅及びヒ素の 3 物質が対象となっており、カドミウムは生産される米に含まれる量が基準値を超える地域を指定要件とするのに対し、銅とヒ素は農用地（田に限る）の土壤に含まれる対象物質の量が基準値以上の地域を指定要件としている。

今回の機能監視では農地土壤として畑を想定しているが、田畑輪換など、畑を田んぼとして利用することも考えられることから、農用地の土壤汚染防止等に関する法律に基づき、銅及びヒ素の含有量を分析した。

試料採取は対角線採土法によって行い、試験は機能監視の序盤と終盤の 2 回実施した。

iv) 硫化水素ガス発生ポテンシャル

石膏を使用してため池底泥土を改質しているため、硫化水素ガスの発生が懸念された。大量の硫化水素ガスの発生は、水分があること、無酸素状態であること、有機物があること、硫黄分があること、至適温度であること、至適 pH であることの 6 条件が全て揃ったときといわれている。改質土は安定材（高炉セメント B 種及び消石灰）の添加により pH が 9.5 を超えていること、並びに機能監視期間が秋から冬にかけてであるため至適温度より低く、硫化水素ガスが発生しないことも想定され、また、改質土の利用環境は閉鎖域ではなく開放域であるため、万が一硫化水素ガスが発生しても人体への影響は問題にならないと考えられたが、農地土壌（模擬畑）を対象に、機能監視の序盤と終盤の 2 回実施した。

2) 発芽・育成試験

(a) 概要

農地土壌用改質土の農地土壌としての適性を判定するため各種分析を計画したが、実際に作物の生育基盤としての使用可能を評価するために、農作物の発芽・育成観察を行った。栽培植物としてはコマツナを選択した。

コマツナの発芽温度は 5～35℃と幅広く、比較的成長が早い葉物作物であるため、本機能監視の時期及び期間を考慮した場合、基準食物として適切と考えた。なお、今回の機能監視は冬期であるため、極低温による発芽・生育不良も懸念されたことから、耐寒性や耐暑性に優れる一代交配種（色、形や性質、特徴が異なり、それぞれに長所をもつ 2 つの品種を親としてかけ合わせて作り出された雑種一代目の品種のこと）の種子を用いた。

機能監視における用土は、9.5mm ふるいを通過した試料を用いた。

セルトレイによる発芽試験では、種子中に養分が含まれていることから肥料を与えなかった。また、プランターによる育成試験では、播種前に元肥を、本葉が数枚出たころに追肥を行った。いずれも化成肥料（NPK888）10g を付与した。

(b) 発芽試験

セルトレイは、写真 1. 8－9 に示す 25 マス（48^W×48^L×52^H）のものを使用した。

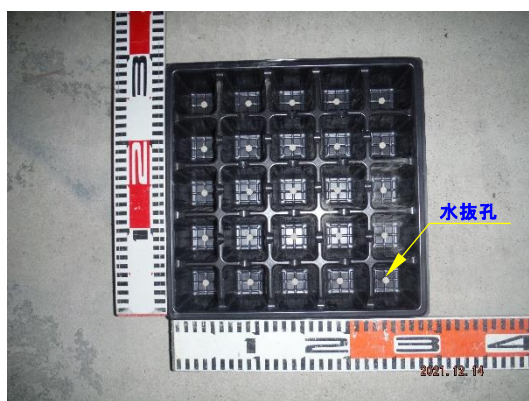


写真 1. 8－9 セルトレイ

写真 1. 8－10 に示すように、用土が流出しないようにセルトレイ底部の水抜孔にフィルター材を充て、写真 1. 8－11 に示すように用土を充填して苗圃とした。

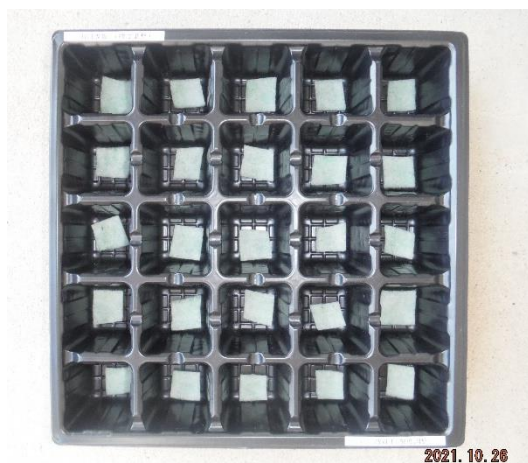


写真 1. 8-10 フィルター材



写真 1. 8-11 用土充填

用土充填後，写真 1. 8-12 に示すようにセルの中央付近に深さ約 1cm のまき穴を設け，数粒の種子を蒔いた後覆土して軽く抑え，写真 1. 8-13 に示すようにたっぷりと水を与えた．なお，土の団粒化が発展している場合は，覆土したときに空隙が生じて種子が浮き出る恐れがあったため，団粒を手で潰したり，2mm ふるい通過試料を補充して，種子が土と密着するようにした．



写真 1. 8-12 まき穴設置



写真 1. 8-13 水やり

セルトレイでの調査内容は発芽率で，4-（1）式で算出した．

$$\text{発芽率} = \frac{\text{発芽したセル数}}{\text{播種セル数}} \quad [\%]$$

1-（13）式

（c）育成試験

プランターは，写真 1. 8-14 に示すように，容量約 10L（160W×400L×170H）のプラスチック製のものを使用した．



(a) プランター本体とすのこ



(b) プランター (160W×400L)

写真 1. 8-14 プランター

写真 1. 8-15 に示すように、すのこの上に鉢底石を約 3cm の厚さに敷き均し、写真 1. 8-16 に示すように、ウォータースペースを残した位置（プランター天端から 2～3cm 下がり）まで用土を充填した。その後写真 1. 8-17 に示すように深さ 1cm 程度の溝を 1 列掘り、間引いたときに 8 株になるように種子を概ね 5cm 間隔で 8 箇所点まきした後、覆土して軽く鎮圧し、写真 1. 8-18 に示すようにたっぷり水やりした。



写真 1. 8-15 鉢底石敷均し



写真 1. 8-16 用土充填



写真 1. 8-17 まき溝設置



写真 1. 8-18 水やり

なお、肥料を施す場合は種子や根及び茎に直接当たらないように、元肥は図 1. 8-8 に示すように用土天端から約 9cm 下がった位置に、追肥はコマツナ根元から離れた位置の用土表面に与えた。

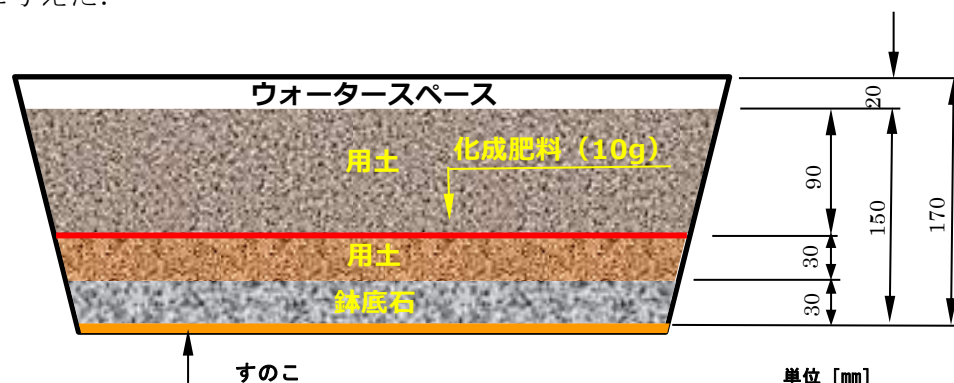


図 1. 8-8 プランター断面（元肥有の場合）

プランターにおける調査内容は、生育調査と収量調査で、それぞれの調査項目と調査基準を表 1. 8-2 に、コマツナの部位名称を図 1. 8-9 にそれぞれ示す。

表 1. 8-2 プランターにおける生育調査項目と調査基準

項 目		調査基準	調査	単位
発芽	期	40～50%発芽した日	観察	月日
	良否	良；5～否；1	観察	指数
収穫	期	40～50%収穫した日	観察	月日
収穫到達日数		播種～収穫期までの日数	算出	日
収穫時	草丈	最大葉長	測定	cm
	葉数	葉長 2.5cm 以上の葉	測定	枚
	葉幅	最大葉	測定	cm
	葉柄長	最大葉	測定	cm
	揃い	良；5～否；1	観察	指数
障害	抽台 害虫病 その他障害	無；5 発生が認められない	観察	指数
		微；4 10%未満の株に発生		
		少；3 10～20%の株に発生		
		多；2 20～40%の株に発生		
		甚；1 40%以上の株に発生		

- 草 丈：植物の地際から先端までの高さを指し，最大値を記載する。
 葉 長：葉の平らな部分の長さで葉身ともいう。
 葉 数：1 株の中で，葉長 2.5cm 以上の葉の数が最大のものを記載する。
 葉 幅：葉の平らな部分の幅で，最大値を記載する。
 葉柄長：葉身と枝（茎）をつなぐ部分の長さで，最大値を記載する。

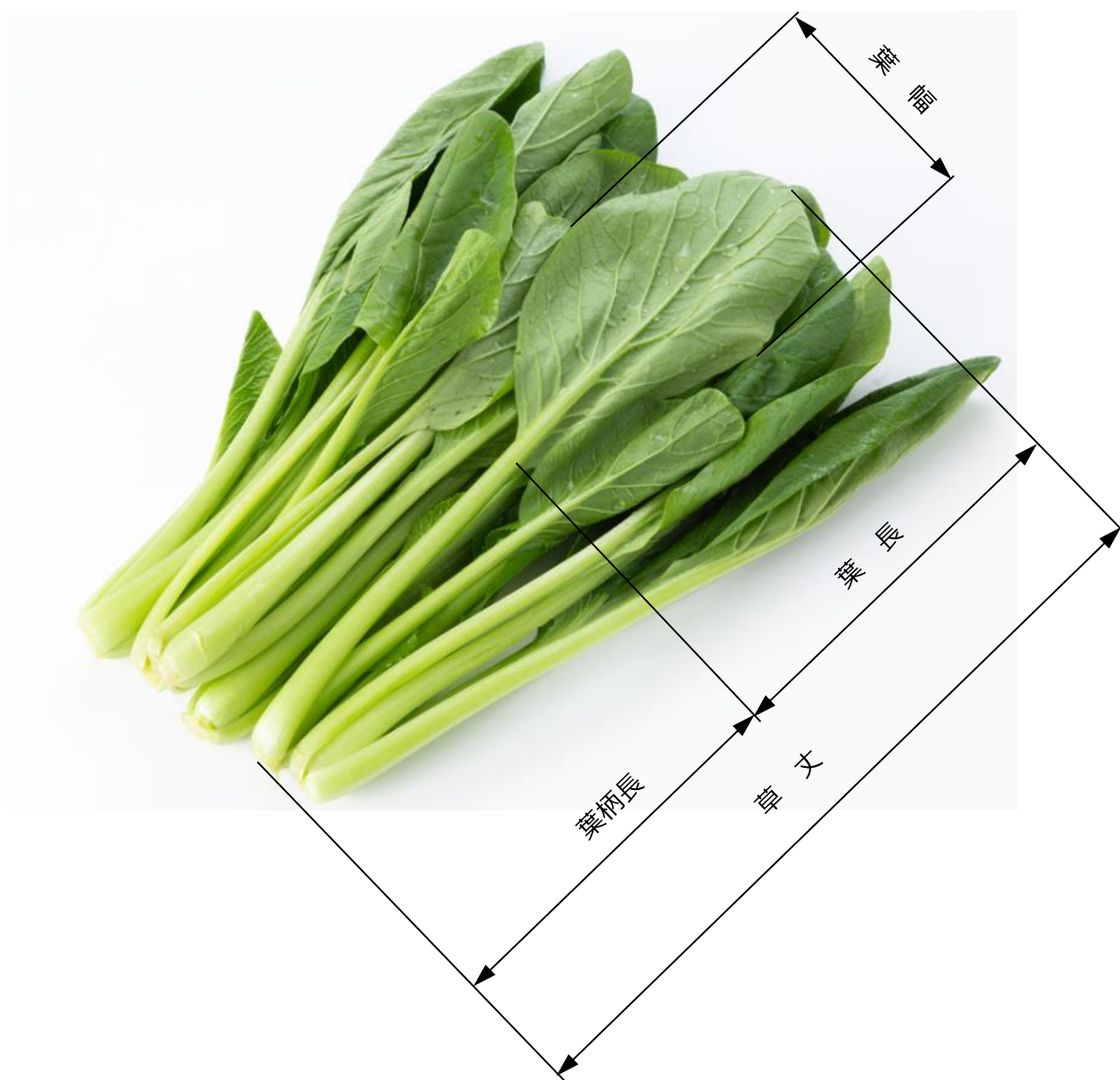


図 1. 8－9 コマツナの部位名称

表 1. 8－3 に，プランターにおける収量調査の項目及び調査基準を示す。

表 1. 8-3 プランターにおける収量調査項目と調査基準

項 目		調査基準	調査	単位
総質量		収穫した総質量	計量	g
総株数		収穫した総株数	算出	株
規格内	M	20cm 以上, 25cm 未満	計量	g
	L	25cm 以上, 28cm 未満	計量	g
	質量		計量	g
	株数		計量	g
規格外	質量		計量	g
	株数		算出	株
障害株割合	抽台	対象株数／総株数	算出	%
	病虫害	対象株数／総株数	算出	%
	その他	対象株数／総株数	算出	%
規格内割合		規格内質量／総質量	算出	%
平均 1 株重		規格内質量／規格内株数	算出	g/株

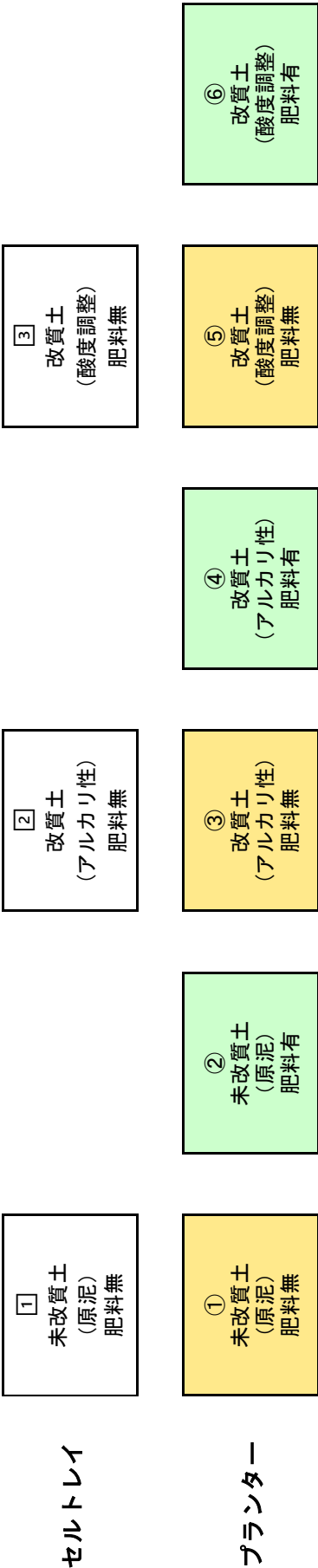
(d) 栽培区画

機能監視における農用地土壌としての評価は、対照実験によって行った。すなわち、用土に改質土を用いた区画を実験区とし、未改質土（原泥）を対照区とした。なお、改質土は消石灰を安定材として用いているため土壌の pH が 10 を超えるアルカリ性であるのに対し、コマツナの好適 pH は 5.5～6.5 であるため、実験区はアルカリ性の改質土と、酸度調整を行った改質土の 2 区画とした。また、農作物の生育には栄養分が必要とされるが、原泥及び改質土とも特に栄養分の調整を行っているわけではなく、仮に生育不良であった場合に、それが土壌特性なのか栄養分によるものなのかを判断するため、プランターによる生育試験においては肥料有無の 2 区画とした。

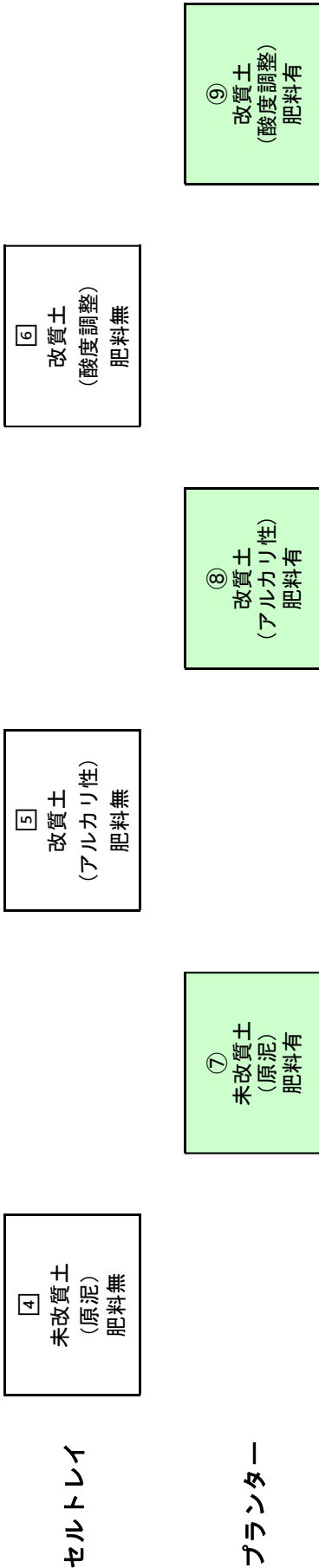
なお、昨年度の研究対象であった山口県のため池改質土についても、発芽・育成試験を行った。

図 1. 8-10 に発芽・育成試験の栽培区画を示す。

【新潟妙高高原笹ヶ峰乙見湖底泥土】



【山口阿東徳佐篠原第二ため池底泥土】

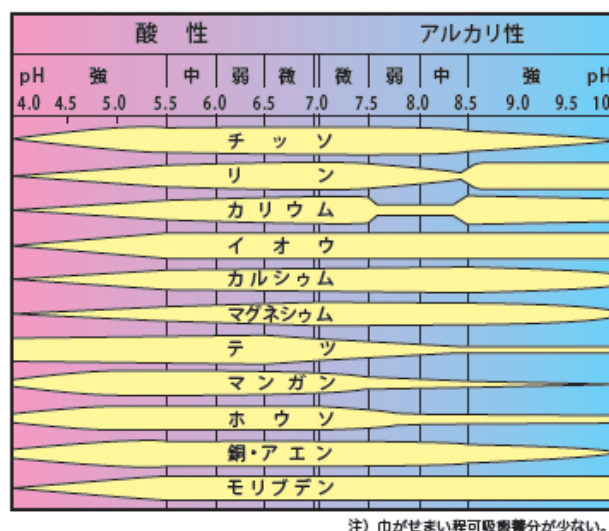


注 1) 用土は、未改質土・改質土とも解砕して9.5mmふるいを通過した試料を用いる
注 2) アルカリ性の改質土の酸度調整（中性化）は、pH=6.0～6.5を目標として適正な材料を選定する
注 3) 肥料は化成肥料を使用する

図 1. 8－10 発芽・育成試験の栽培区画

(e) 酸度調整

pH とは土の酸性・アルカリ性の度合いを示す尺度で、pH7 が中性、pH<7 は酸性、pH>7 はアルカリ性を示す。農地土壌において、pH は作物の生育に大きく関与し、強酸又は強アルカリの土壌は植物に損傷を与えるだけでなく、図 1. 8-11 に示すように、pH は肥料養分の溶解性と密接な関係^{2,3)}がある。

図 1. 8-11 pH と肥料養分の溶解性^{2,3)}

我が国では降雨と共に石灰質が溶脱して土壌の酸性化が進む傾向にあるが、pH4以下の強酸性ではアルミニウムイオンが活性化して根に障害が発生する。また、酸性化が進行すれば窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ホウ素、モリブデンの吸収低下による欠乏症、鉄、マンガン、亜鉛の可溶化による過剰症を引き起こす要因となる。逆にアルカリ化になるとマンガン、鉄、亜鉛等は吸収低下して欠乏症の要因となる。普通畑ではpH6.0 (5.5) ~6.5 が適正域とされているが、作物の種別ごとに好適 pH が異なる。

pH と作物の生育との関係を整理すると以下のとおりである。

①低 pH と作物の生育

- 1) 塩基性成分（カルシウム、マグネシウム、カリウム）の欠乏
- 2) 土壌中の硝酸化成作用の低下による窒素吸収抑制
- 3) アルミニウムイオンの過剰害
- 4) リン酸のアルミニウムによる固定とそれに伴うリン酸吸収係数の悪化
- 5) マンガン過剰障害
- 6) 水素イオン、アルミニウムイオンによる根への直接害
- 7) 土壌病害の発生（アブラナ科作物の根こぶ病）

②高 pH と作物の生育

- 1) リン酸のカルシウムとの結合とそれに伴う不可給化
- 2) 鉄、マンガン、ホウ素、亜鉛など微量元素の不可給化、欠乏症の発生
- 3) 土壌病害の発生（馬鈴薯のそうか病）

前述のように、我が国では酸性土壌が多いことから、これを改善するための方法は広く浸透しており、石灰系資材や灰分を投与するのが一般的である。

これに対してアルカリ土壌を改善又は pH を微酸性～弱酸性にするのは、酸性土壌を好むブルーベリーやランの栽培に適した土壌を作ったり、セメント及び石灰系改良土や、再生砕石が混入した土砂など、人為的な行為によってアルカリ化した土壌を植栽に適した pH に改良する場合である。

土壌の pH を下げるのによく用いられるのはピートモスで、地力増進法で指定された 12 品目の「政令指定土壌改良資材」の一つである。ピートモスの主原料はミズゴケで、ヨシ、スゲ、ヤナギなどが含まれていることもある。これらの植物が堆積して腐植し、何年もかけて泥炭化したものを乾燥させて砕いたものがピートモスである。

ピートモスは pH を下げる効果だけでなく、植物由来の繊維質であることから土の保水力や保肥力を高める効果もある。しかし、製造時に乾燥させるため撥水性を有し、使用に際しては十分水を吸わせてからでないと土が水を吸わなくなってしまう。また、ピートモスを加えることで土壌の保水力は格段に上がるため、湿った環境や豊富な水分を必要とする植物にとっては効果的であるが、水はけの良い環境を好む植物にとっては、過度の保水性は過灌水と同じで根腐れの原因となるので注意が必要となる。

ブルーベリーなどでは土壌の主体がピートモスであっても問題ないが、ピートモスは吸水すると膨張する上に、嵩比重が小さいため、pH を調整するための質量は知れているが、体積がかなり大きくなることに注意が必要となる。

速効性を求める場合は、酸性肥料（硫安、塩安、塩化カリ、硫化カリ）が用いられるが、効果は長時間持続しない。酸性肥料のうち硫安は、硫酸とアンモニウム（アンモニアは中性分子の状態、アンモニウムは陽イオンの状態）が結合した硫酸アンモニウムの結晶からなり、肥料取締法の普通肥料（窒素質肥料）に分類され、窒素 20.5%が成分保証されている。溶解度が高いため、希釈して液肥として使用すると、更に効果が早まるといわれる。

硫安を施すと土壌が酸性になるため、植付の 1 週間以上前に消石灰等で土壌を中和するのが一般的であり、この性質を利用して、土壌がアルカリ性の場合に硫安を混ぜることで pH を下げることが期待できる。但し、石灰系のアルカリ資材と硫安が混ざると、肥料成分がアンモニアガスとして揮発してしまうので注意が必要である。

硫黄華は硫黄の蒸気が凝結固化したものである。硫黄は水に溶けないが、細菌により酸化され硫酸に変る。この作用は気温や土壌水分に影響を受けるため、中和効果の発現時期が特定できない。また、硫酸化した場合には強酸となるが、わずかの添加量で pH が変動するため、通常は他の材料と混ぜて増量して使用し、混合の均一性を確保するようにしている。

サンドセットは粉末硫黄をクレー等で薄めて使いやすくしたもので、育苗床土の pH を 5 前後にするため、これより pH が 1～2 程度高い床土の酸度調整に用いられる。理論的には、サンドセットにより pH が強アルカリの土壌を中性～弱酸性にすることは可能であるが、使用量が膨大になるため、前述の硫黄華や硫化第一鉄を使用の方が合理的である。

以上の 4 資材は、土壌がアルカリ性または所定の pH より高い場合に、pH を下げる場合に用いるもので、地盤改良等によってアルカリ化した土を中和するためのものではない。改質土の農地土壌への適用ということを考えれば、登録資材や使用実績のある資材を用いるべきかもしれないが、ここはまず、改質によって強アルカリ化した土を農地土壌に適した pH に酸度調整できる資材を選定することとした。

Dr.pH（ドクター・ペーハー）は、セメント及び石灰等を含む固化材により処理された土壌、泥土（汚泥）を中和させる薬剤である。粉末タイプと溶液タイプ（B-type）の 2 種類があり、造園工事におけるアルカリ土壌の中和、園芸用培養土・農地土壌の pH 調整、法面緑化資材や既存緑地の樹勢回復等に用いられている。粉末タイプはリン酸カルシウム塩とアルミニウム塩を主成分とするのに対し、溶液タイプはリン酸塩、ポリ鉄（ポリ硫酸第二鉄）、有機酸を主成分とする。中和反応は土中に多量の塩類を生成し、その結果土壌の電気伝導度 EC が上昇するが、溶液タイプは粉末タイプに比べて EC の上昇を抑えられとされることから、今回は溶液タイプを選択し、配合試験結果に基づき、50kg/乾土 m³ 添加した。

表 1. 8-4 に、各種酸度調整材の特徴を示す。