

第1回森林土壌分析 報告Ⅲ

採取土壌と炭の化学的性質比較

2018.07.03

認定特定非営利活動法人 森林の風

報告事項

採取土壌と炭の化学的性質 比較

- (1) 比較の目的・結論 ページ3、5～6
- (2) 比較の結果・考察 ページ7～13
- (3) 参考資料 ページ14～22

A.炭の科学 B.樹木枯れ C.炭を撒く

化学的性質比較の目的

- (1) 炭の化学的性質を分析し、
- (2) 第1回採取土壌の化学的性質と比較し、
- (3) 土壌改良剤或いはコナラ枯れ再生剤としての炭の有効性を検討する。

※ 炭は、先行している県民の森の酸性度調査・コナラ枯れ土壌改良に使用している炭である。

ただし、今回は炭焼き釜残の粉炭を使用した。菰野町字切畑の炭焼小屋より提供された。

※ 第1回採取土壌の化学的分析値を活用した(報告II)

※ 炭の化学的分析手法は、05.02付けメールで送付した「森林土壌分析概要」に準拠した。

化学的性質比較の結論 I

(1) 炭の化学的性質

- ① **ペーハー (PH) は9.4であり、アルカリ性を示す。**
- ② **樹木の炭化過程で濃縮するミネラル由来の成分は、大きな分析値を示す。**
 - ・電気伝導度 (EC) 8950 μ S/cm、
 - ・交換性カリウム (K₂O) 17.8mg/100gSOIL
 - ・交換性マグネシウム (MgO) 60mg/100gSOIL、
 - ・可給態リ (P₂O₅) 80mg/100gSOIL
- ③ **樹木の炭化過程で大部分が蒸散するたんぱく質由来の窒素成分は、小さな分析値を示す。**
 - ・硝酸態窒素 (NO₃-N) 0.75mg/100gSOIL

(2) 採取土壌と炭の化学的性質比較

- ① **ペーハー** ・炭のPH9.4 (アルカリ性) であり、採取土壌は4.2～5.2 (酸性) であり、正反対を示す。
- ② **ミネラル成分由来 (EC、K₂O、MgO、P₂O₅) の分析項目**
 - ・炭のこれら分析値は、炭化過程で酸化物として濃縮されるので、採取土壌の分析値より桁違いに大きい値となる。
- ③ **有機物由来 (NO₃-N) の分析項目**
 - ・炭の窒素分析値は、炭化過程で大部分が蒸散し、一部のみアミノ基として残り、硝酸態窒素 (NO₃-N) として分析されるので、採取土壌の分析値より小さい。

化学的性質比較の結論II

(3) 土壌改良剤或いはコナラ枯れ再生剤としての炭の有効性

①酸性土壌の中和効果

- ・散布により、**土壌の酸性度を中和するに十分なアルカリ性を有す。**
- ・酸性土壌を嫌う樹木の生長を助けることができる。

②土壌のミネラル養分補給効果

- ・散布により、**土壌のミネラル不足を補うに十分なミネラル成分を有する。**
- ・ミネラル不足による樹木の成長不全・弱体化・枯れを抑制し、成長を助けることができる。

③土壌の窒素養分補給

- ・炭には、硝酸態窒素 (NO₃-N) が極めて少なく、窒素養分補給には効果が無い。

④土壌の通気性、保水性、養分保持性の改良効果

- ・炭の科学でよく知られているように、炭はメソ～ミクロ～マクロオーダーの大小様々な孔を有する多孔体である。**この孔による、空気・水・養分を保持し、徐々に放出する通気性・保水性・養分保持の優れた機能を有す。また、孔は腐蝕に重要な微生物の棲家にもなる**
- ・樹木の健全な成長を促すための土壌改良剤として優れている。

化学的性質比較の結論Ⅲ

(4) 炭と腐葉土の化学的性質比較

- ①採取土壤のA0-F・H層は、落葉・落枝が分解して腐蝕した「腐葉土」から成る(報告Ⅰ)。
各採取地のA0-F・H層の分析値は、A層やB層の深い層と比べて違いを示す(報告Ⅱ)が、炭に比べれば、**圧倒的に違う。特にミネラル養分は桁違いに少ない。**
- ②森林生態内で生成される腐葉土は、長い年月を掛けて土壤を豊かにする**遅行性**土壤改良剤である。一方、炭は、1～3年で土壤を改良する**速効性**土壤改良剤である。
- ③市販の「腐葉土」は、どの程度の養分を含んでいるか興味深いところである。

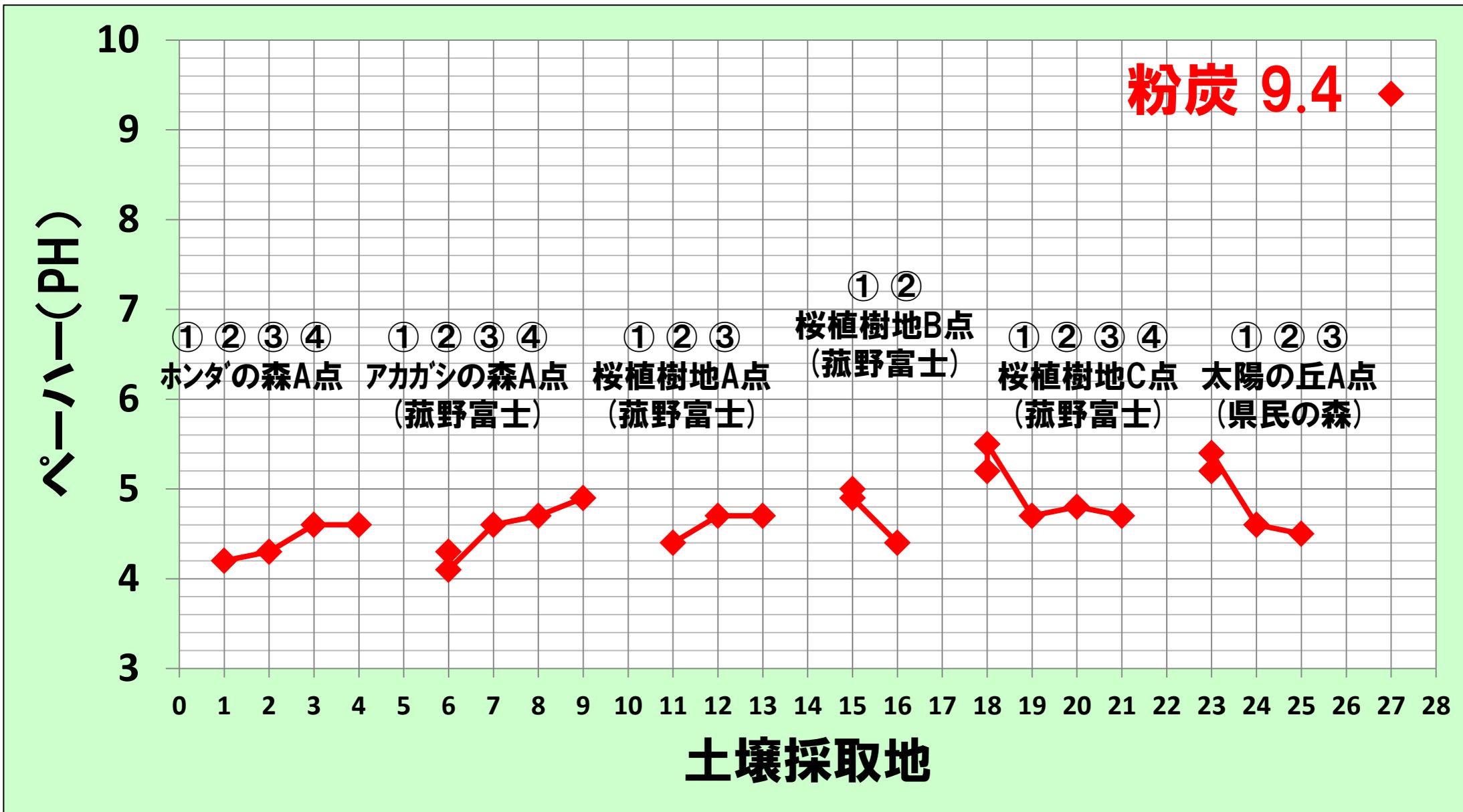
※ まなびの森へ菰野富士のマサ土(褐色森林土壤群のB層の花崗岩風化土壤)を盛り土する計画がある。マサ土は酸性であり、ミネラル・通気性・保水性・養分保持性不足の傾向が有る。炭撒布による土壤改良～植栽樹木の生長促進の実証実験を試みたい。

化学的性質比較の結果・考察

(1) 炭の化学的性質 ページ8～13

- ① **ペーハー (PH) は9.4であり、アルカリ性を示す。** 一般的に、炭のペーハーは8～9であり、ほぼこの範囲に入る。
- ② **樹木の炭化過程で酸化物になり、濃縮されるミネラル由来の成分は、採取土壤に比べて桁違いに大きな分析値を示す。**
- ・電気伝導度 (EC) 8950 μ S/cm、
 - ・交換性カリウム (K₂O) 17.8mg/100gSOIL
 - ・交換性マグネシウム (MgO) 60mg/100gSOIL、
 - ・可給態リ (P₂O₅) 80mg/100gSOIL
- ③ **樹木の炭化過程で、たんぱく質由来の窒素成分は、大部分は蒸散し、一部は表面官能基になる。そのため、採取土壤に比べて小さな分析値を示す。**
- ・硝酸態窒素 (NO₃-N) 0.75mg/100gSOIL

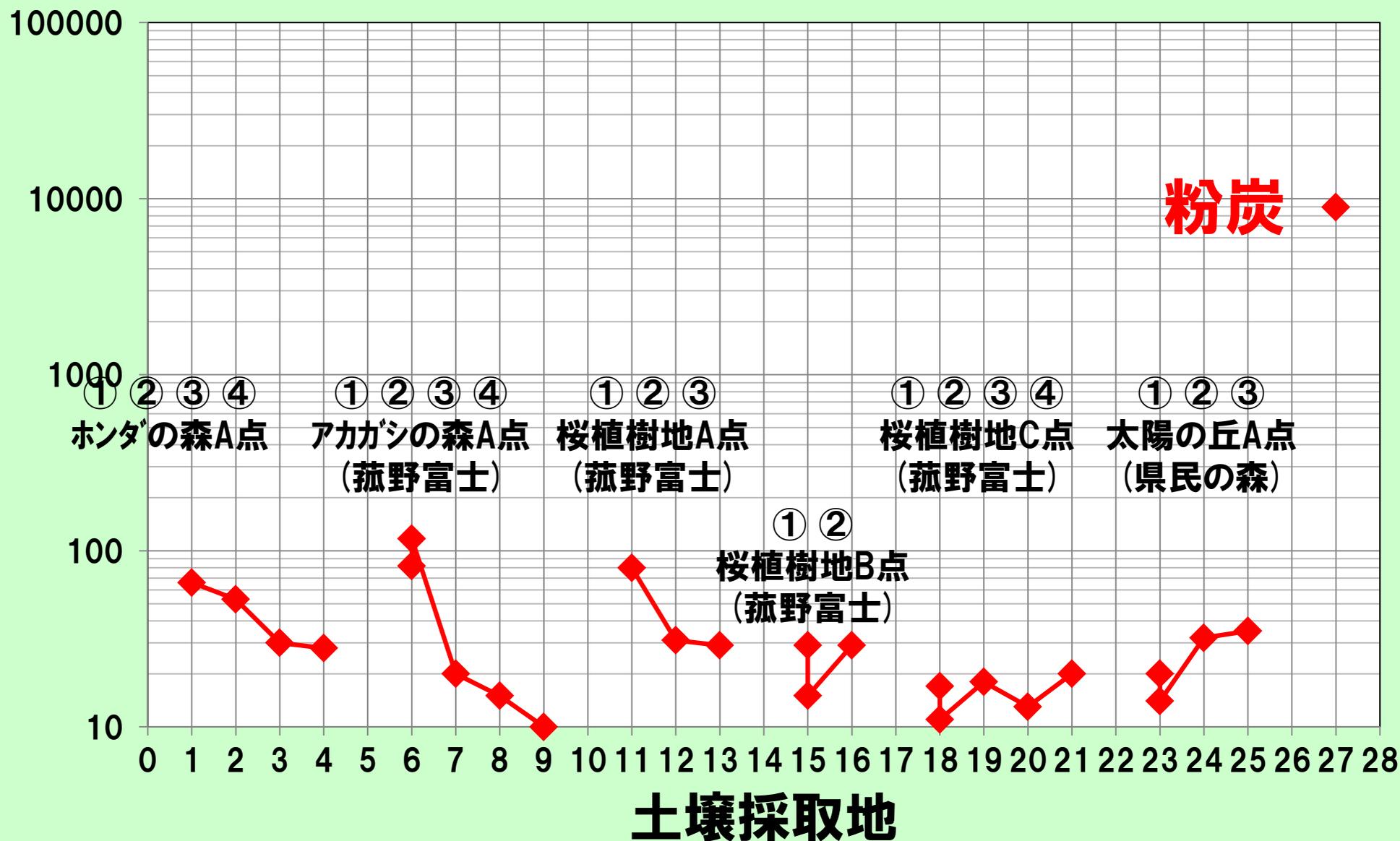
採取土壌及び粉炭のpH



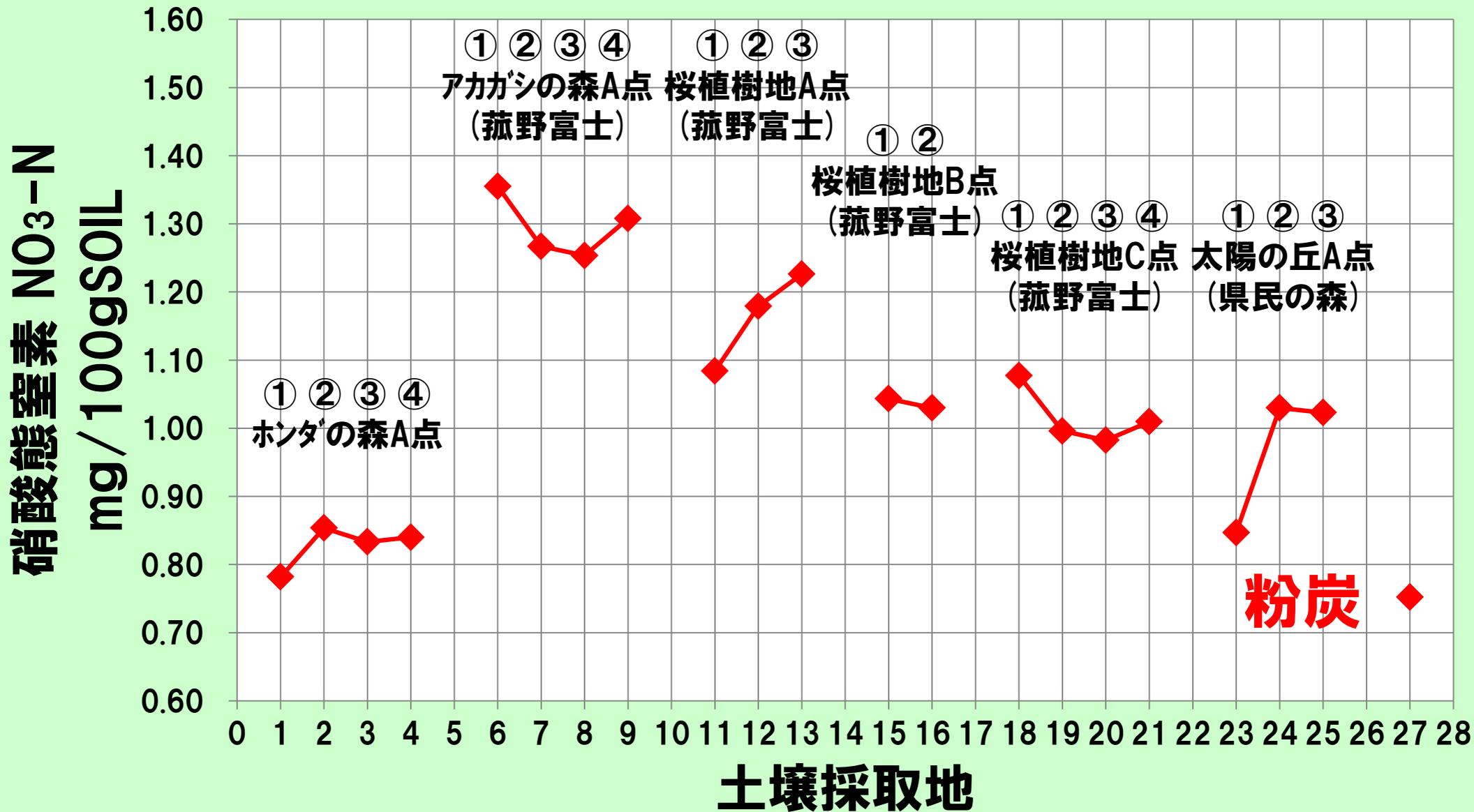
※ 同一番号に、2点がプロットされている場合は、土壌試料を変えて2回測定し、再現性を確認した8

採取土壌及び粉炭の電気伝導度(EC)

電気伝導度 EC
μS/cm



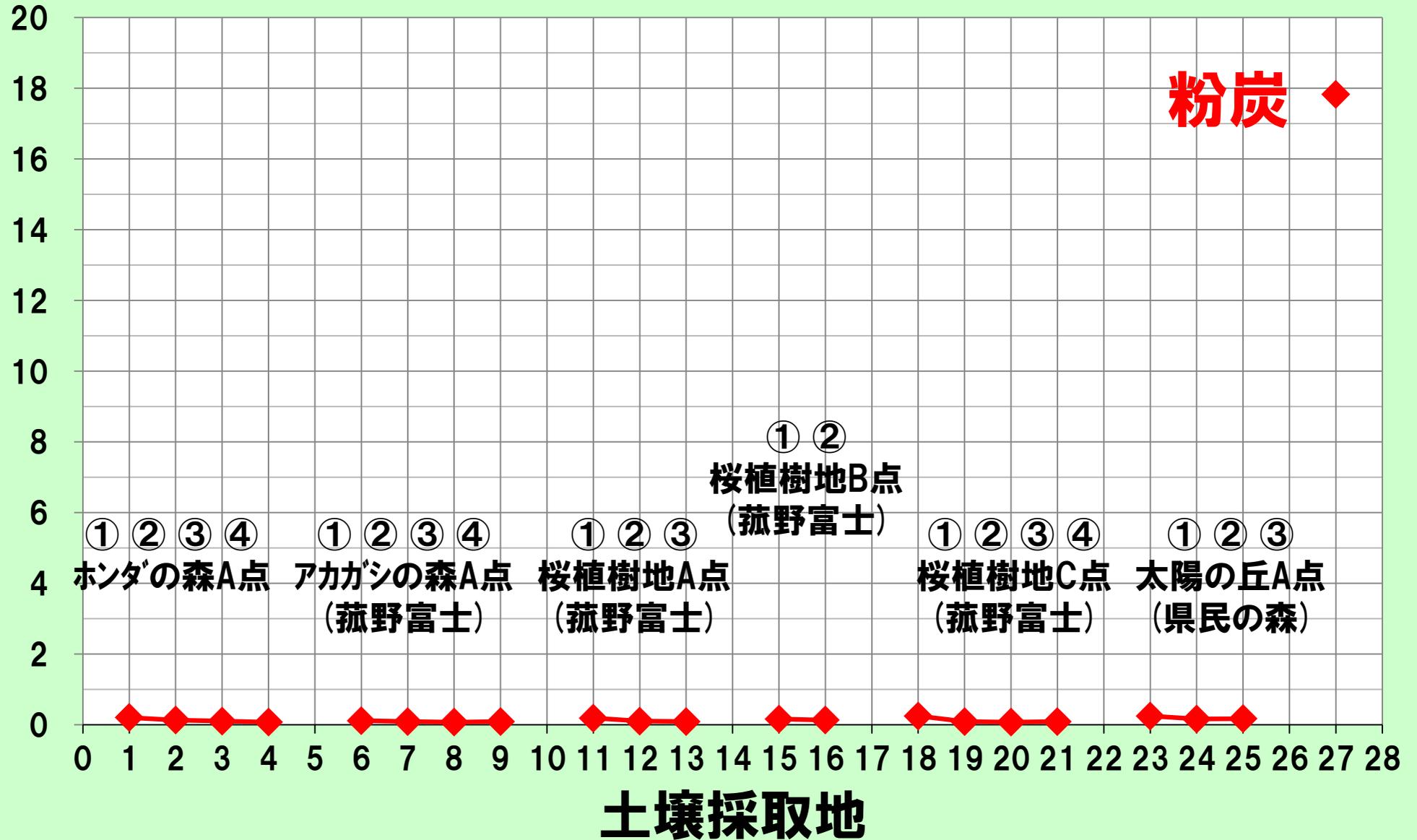
採取土壌及び硝酸態窒素 NO₃-N



採取土壌及び粉炭の交換性カリウム K₂O

交換性カリウム K₂O

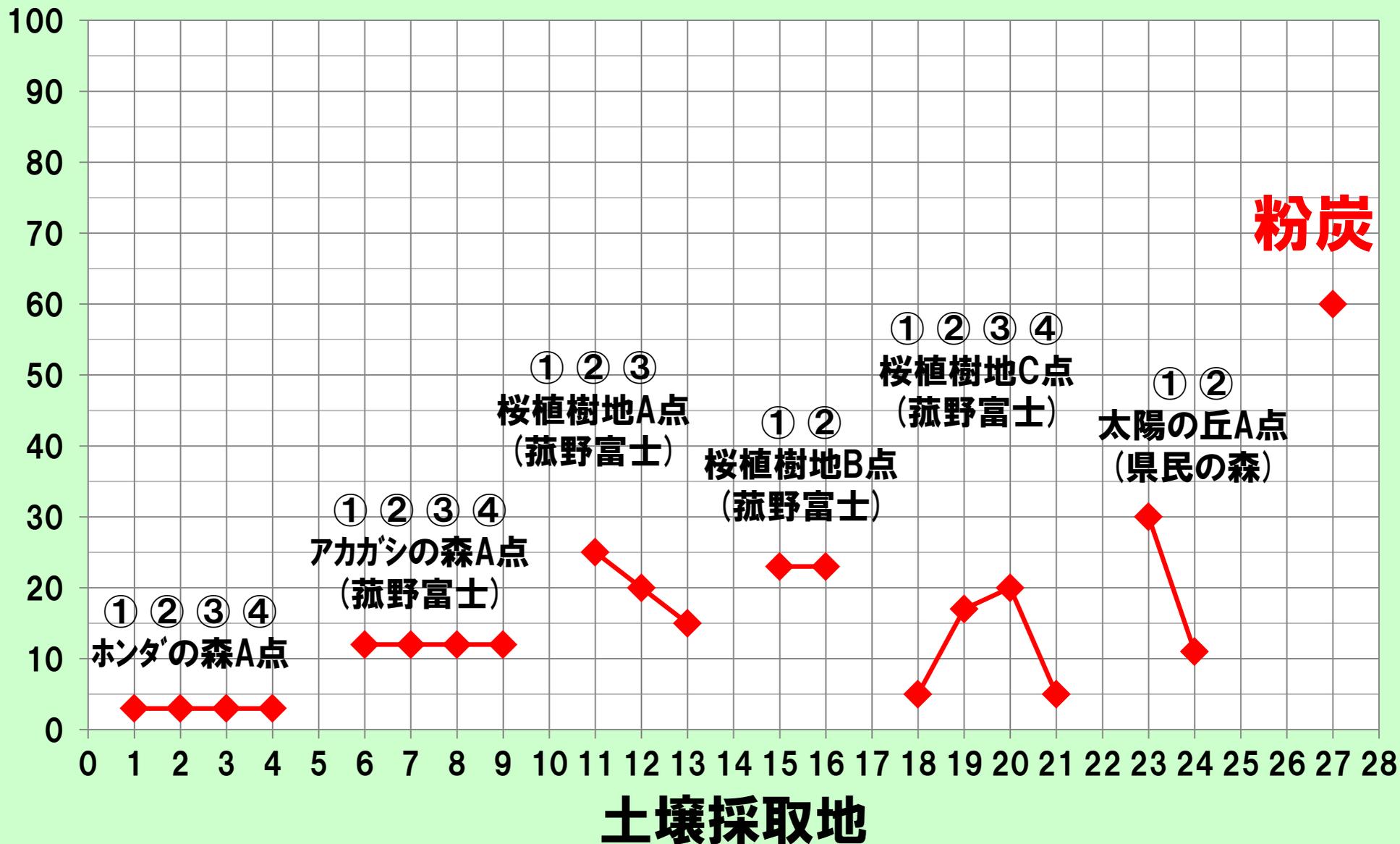
Mg/100gSOIL



採取土壌及び粉炭の交換性マグネシウムMgO

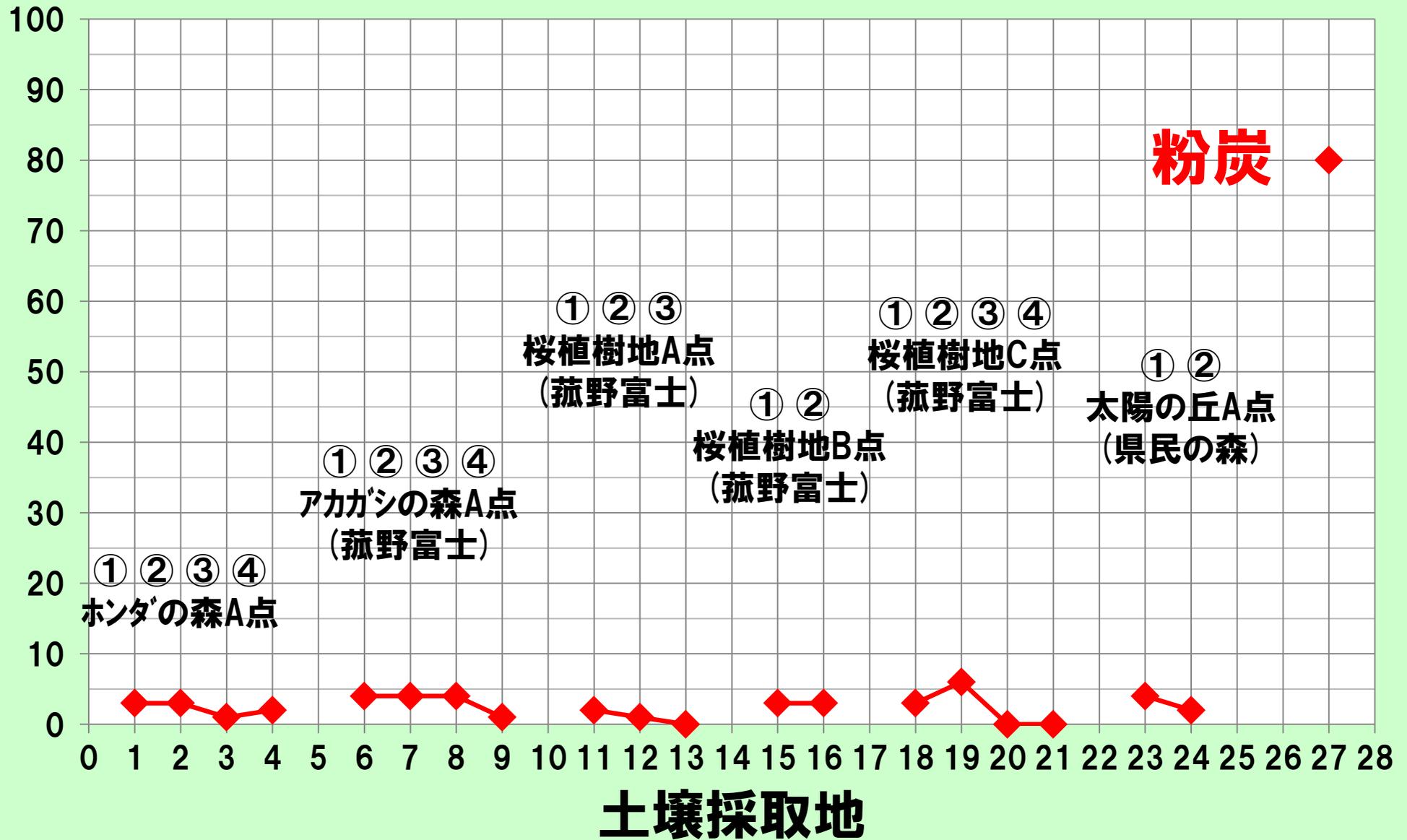
交換性マグネシウム MgO

mg/100gSOIL



採取土壌及び粉炭の可給態リン酸 P2O5

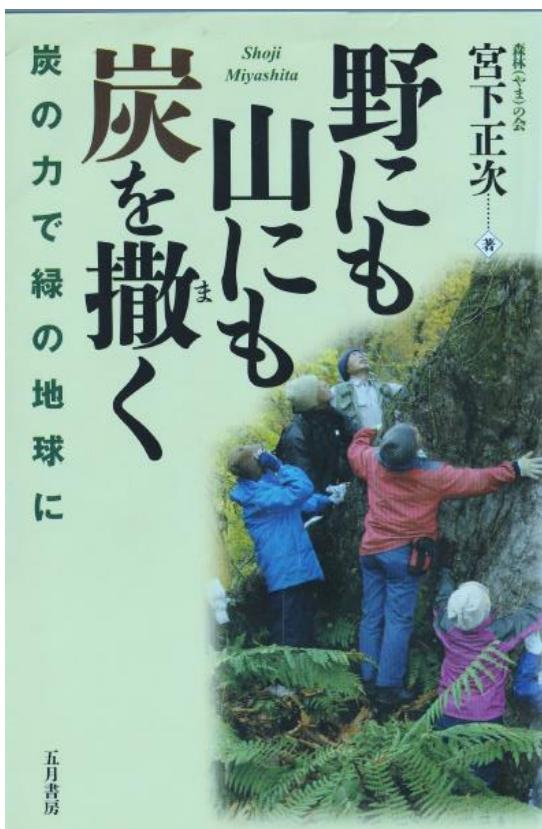
可給態リン酸 P2O5
mg100gSOIL



炭を撒く

参考本「野にも山にも炭を撒く 2012 元林野庁職員 ナラ枯れ研究報告や著書多数 : 宮下正次」

土壌の酸性化説に基づいて、土壌中和や樹木再生を目指して「炭を撒く・コナラ再生」活動を、主として多雪地帯で進めた。本書は、その活動記録である。



炭の酸性化により全面枯れする豪雪地帯、新潟県津南町のミズナラ林に炭を撒く
(15本のミズナラ、面積6アール、100kgの粉炭) 2009.9.20

- 炭は細かくした粉炭が理想
- 太さ30cmの樹に炭10Kg/本
- 炭300Kg/10アール (=1反歩)

- 炭と木酢液を併用すると効果増
- 木酢液は200～300倍希釈
- 太さ30cmの樹に木酢液50L/本

- 樹が枝を伸ばした枝下を深さ10cm、幅10cmほどリング状に掘り起し、埋炭

炭の科学 i

(1) 炭の種類

木炭(単に炭とも言う)の種類には大きく2種類があり、「**白炭**」と「**黒炭**」と呼ばれるものがある。木炭は酸素の少ないところで加熱して作られるが、両者の違いはその製法の違いにある。

- ①「**白炭**」は、炭化の終わるころに窯の口を開け、空気を窯の中に多量に入れると、中の炭に火がついて、窯の中の温度は一気に1,000℃以上になる。その後、頃合いをみて引き出した炭に、多少の湿り気を帯びた灰をかけて空気を遮断、消火する。灰が炭の表面に付着して白灰色になる。白炭の代表はウバメガシを原料として生産される備長炭で、非常に硬くて、たたくとカーンという音がする。 **白炭は、1000℃以上で炭化させる高温炭化炭である**
- ②「**黒炭**」は、炭化が終わった段階で、窯の口も煙突も密閉して徐々に窯の火を消し、冷やす。炭化させたまま、特に手を加えないので、真っ黒である。スギやマツを700℃前後で炭化して行く。柔らかくジャリジャリという音がする。**黒炭は、700℃前後で炭化する低温炭化炭である。**

白炭

ウバメガシ等の硬い樹
(クヌギ・コナラの白炭もある)



黒炭

クヌギ、コナラ等

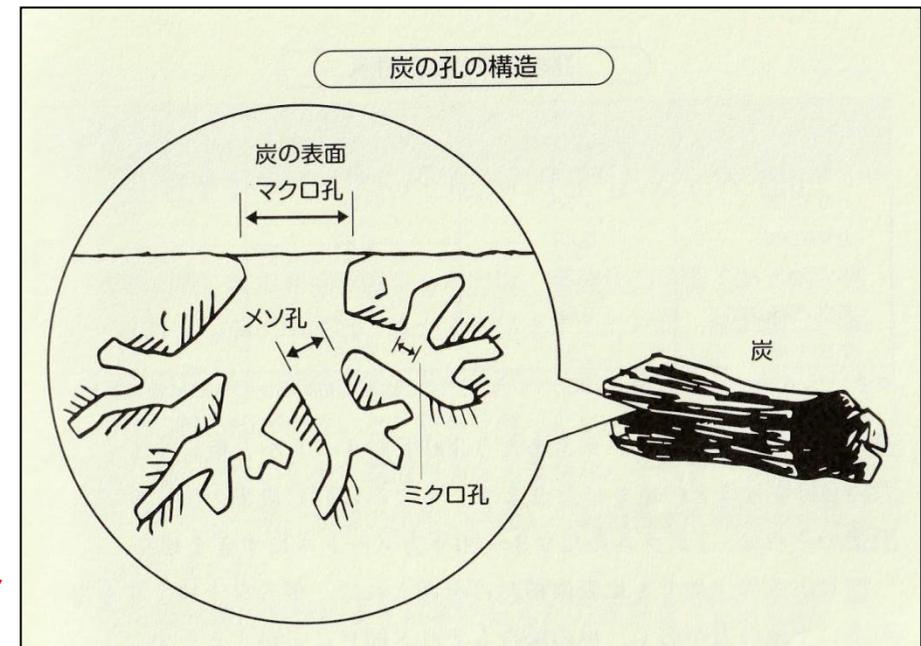


クヌギの菊炭

炭の科学 ii

(2) 炭の孔・表面積

- ①炭には、大小様々な孔があいている。一つは**マクロ孔**と呼ばれ、もとは樹木の導管であり、直径10~40マイクロメートル（1千分の1mm）程度である。二つは細胞壁が炭化する時に内部にできた**ミクロ孔**であり、この孔は極めて小さく直径1~5ナノメートル（1万分の1mm）程度である。三つはマクロ孔とミクロ孔の中間であり、**メソ孔**と呼ばれる。
- ②炭は、孔が沢山あることにより、一般的に1グラム（小指の先くらいの大きさ）当たり200~400平方メートルと云う**極めて大きな表面積を有する**（1グラム当たり、300平方メートルとすると、たたみ200畳ほどの広さになる）。
- ③炭の大小様々な孔 及び 広い表面積が、**土壌改良剤としての機能を発現する。空気・水・養分を保持し、徐々に放出する通気性・保水性・養分保持の優れた機能を有す。また、孔は腐蝕に重要な微生物の棲家にもなる。**



炭の科学 iii

(2) 炭の成分、特にミネラル成分

- ① 樹木を酸素不足の環境で炭化すると、樹木のセルロース・リグニン・タンパク質などの有機成分は熱分解し、一部は蒸散（炭酸ガス、木酢等）し、一部は炭化物になる。炭化物は炭の圧倒的な構成成分であり、炭素元素が網目状に結合した構造である。炭の表面には、**有機物の一部が分解・反応して官能基として存在し、炭の酸性・アルカリ性を支配する。**
- ② 土壌中のカリウム・マグネシウム・カルシウム・リンなどのミネラル成分は根から吸収され、樹木の生長の為の必須養分の役割を果たし、葉・枝・樹皮・幹の構成成分として存在する。樹木を炭化すると、**これらのミネラルは、主として酸化物として残存し、灰分と総称される (K_2O 、 MgO 、 CaO 、 P_2O_5)。炭にアルカリ性をもたらす。**
- ③ 炭の表面、特に白炭の白っぽさは、灰分が付着しているからである。

炭の科学 iv

(2) 炭の酸性・アルカリ性

- ①炭の表面のpH 一般に高い温度で炭化した炭の表面は、アルカリ性を示す官能基(樹木中のタンパク質の熱分解で生成するアミノ基)が、また低い温度で炭化した炭の表面は酸性を示す官能基(有機物の熱酸化で生成されるカルボキシル基等)が多くなる。 **水に浸けた時、高温炭化炭はアルカリ性を示し、低温炭化炭は酸性を示す。**
- ②炭から溶出する成分のpH 炭化によりミネラル養分は、低温炭化でも高温炭化でも酸化物として炭の残存する。 **これらミネラル酸化物は、水に溶出してアルカリ性を示す。**
- ③炭としてのpH 炭は、原料や温度等の炭化条件の違いによる①②の発現の強弱の結果、 **一般的にpH8~9程度を示す。**

参考文献

「木炭の種類と特性：元千葉大教授 立木英機」

「炭のかがかく：元日大助教授 柳沼力夫」

「炭の基本について：足利工業大学高等学校 岩崎真里」

「炭の力：炭活用研究会 杉浦銀治」

樹木枯れ i

《樹木枯れについて》

針葉樹の松、広葉樹のコナラ・ミズナラ・クリ・ブナ・サクラ等が枯れる現象が、日本の多雪地帯から無説地帯に亘って広く見られる。

これら樹木枯れ現象の原因として次のような説が挙げられている。森林生態系の個々様々な環境において、これらの説が複合的に絡み合い樹木枯れ現象を起こしていると推定される。

(1) 虫害説 (松)

松枯れとは、マツノマダラカミキリというカミキリムシがマツの枝葉を食べることにより、共生関係にあるマツノザイセンチュウが、食害した穴から木の内部に侵入し、健全な松の木を枯らす現象のことである。



樹木枯れ ii

(2) 虫害説 (コナラ等)

コナラ枯れは、カビの仲間のナラ菌による伝染病で、カシノナガキクイムシ (通称、カシナガ) によって木から木へ運ばれる。カシナガが樹幹の辺材部に孔道(トンネル)を掘る際に、ナラ菌が木の内部に侵入する。ナラ菌の作用によって導管での樹液流が停止し、最終的に枯死に至る現象である。

<http://www.pref.mie.lg.jp/ringi/hp/000126369.htm>

<http://www.pref.nara.jp/40492.htm>

<http://www.rinya.maff.go.jp/tohoku/syo/asahi/siryuu/kasinaga.html>



大量のフラス(カシナガが孔道を掘った木くずや糞などの混ざったもの)がみられる

カシノナガキクイムシ
(幼虫) (成虫 左♀ 右♂)



樹木枯れ iii

(3) 酸性土壌説

土壌酸性化が樹木の病虫害に対する抵抗力を低下させ枯れ死に至る。そのメカニズムは、

- ①大気中の硫黄化合物が、窒化酸化物と作用して硫酸なり、雨水に含まれる硫酸溶液は、雨中ではいかに稀薄でも付着した樹木の表面で水分のみ蒸発して、硫酸はその場に残る。次の雨で洗われて、根元に洗い流され(これを樹幹流と云う)、土壌を酸化する原因となる。
- ②酸性化土壌から溶出する金属イオンアルミニウムイオン(Al^{3+})や鉄イオン(Fe^{3+})が樹木に吸収されリン酸と化合して不溶性のリン酸塩になる。樹木はリン酸不足と同じ症状となり衰退し、松は病虫害への抵抗力となる松脂を生成が減少する。
また、タンニンを含む樹木では、金属イオンはタンニンと化合して金属タンニン酸となり、病虫害への抵抗力となるタンニンが減少する。
- ③病虫害への抵抗力が弱ったところへ、ナラ菌やマツノザイセンチュウが感染する。

参考文献

「硫黄酸化物と樹木の立ち枯れの関係：元東邦大教授 大森禎子」

樹木枯れ iv

(3) 複合原因説

世界各地で認められる森林の衰退と、酸性雨が結び付けられ、酸性雨による土の酸性化が森林衰退の主要な原因であると考えられたことがあった。しかし、植物体と土、両面からの精力的な研究の結果、森林衰退の原因は単純なものではないと考えられるようになっていく。世界中の多くの森林土壌はもともと酸性であり、雨水の酸性化が始まってから急に酸性化したわけではないことから、土の酸性化が森林衰退の第一の原因であるとは考えられないのである。特に土壌pHと森林衰退の間には全く相関がみられないほどである。

森林衰退の原因としては、酸性雨の他、硫酸ミストやそれを溶解した酸性霧(pHが2になることもある)による直物体地上部への酸ストレス、ディーゼルの排ガス由来の煤の超微粒子による機構の閉塞、光化学反応によって生成する過酸化水素、過酸化アセチル窒素やオゾンなどによる地上部のストレス、アンモニウム塩の沈着による窒素過剰などすべてが候補としてあげられている。

参考文献「森林の土 クボタ研究報告」

(4) 樹木の寿命説

外観からは、虫害の様子が無くとも枯れるナラ科広葉樹が見られる。このような樹木には、樹齢40～50年を超える老木が多い傾向がある。里山での薪・炭等の活用が減少し、伐採～再生(ヒコバエ)の循環が失われ、寿命を迎え、耐病性が衰えていると考えられる。