

第3回森林土壌分析 報告 I

炭撒きによる土壌改良

2019.07.13

認定特定非営利活動法人 森林の風

報告事項

炭撒きによる土壌改良

- (1) 経緯・目的・結論 ページ3～5
- (2) 炭撒き実施場所 ページ6
- (3) 炭と炭撒き法 ページ7～10
 - 直播法
 - 竹筒法
- (4) 改良効果分析用の土壌採取 ページ11～12
- (5) 採取土壌の化学的分析 ページ13、図1～8
 - pH
 - 電気伝導度
- (6) 土壌改良効果に関する考察 ページ14～25
 - 土壌中和効果
 - 土壌養分増加効果
- (7) 今後の展開 ページ26

(1-1) 炭撒きによる土壤改良の経緯

① 酸性土壤の中和

第1回森林土壤分析報告Ⅰ及びⅡ等で報告したように、NPO森林の風の活動地の土壤のpHは4.0～5.5のかなりの酸性を示す。酸度の樹木成長に及ぼす影響は、樹木種類に依存する。かなりの酸性を示す現状の土壤を中和して酸性度を緩和すれば、樹木種によっては成長に効果が認められる可能性がある。

② 酸性度緩和の手法

酸性度の緩和には、中和作用のあるアルカリ性物質を撒布すればよい。例えば、消石灰（水酸化カルシウム）や炭が挙げられる。高温で生成された炭は、アルカリ性（pH9.5程度）でありミネラル成分に富む多孔体であり、環境にやさしい改良剤（中和作用、養分増加、土性改良）として魅力がある。植樹した苗の生長促進を展望して炭撒きによる土壤改良を試みる。

③ ナラ枯れ対策

ナラ枯れの原因として土壤酸性化或いはそれに起因するカシノナガキクイムシの蝕害が云われている。対策として炭の撒布が有効であることが多数報告されている。

(1-2) 炭撒きによる土壌改良の目的

① 炭撒きによる土壌改良

中和作用や養分増加機能（ミネラル系水溶性塩類補給）を有し、環境にやさしい土壌改良剤である炭を撒き森林土壌改良を試みる。中和作用や養分増大の改良効果を継続的に観察し分析する。中和作用の指標としてpHを、塩分増加の指標として電気伝導度（EC）を分析する。撒布・観察・分析に適する場所は、NPO森林の風が活動地内に張ったパッチディフェンス内を選定する。

② 土壌改良により成長が期待される樹木

パッチディフェンス内に植樹された樹木の中で早い成長が望まれるものの一つとしてアカガシがある。菰野町はキリシマミドリシジミの食樹であるアカガシの森創りを提唱し、NPO森林の風が請け負っている。アカガシの森やその隣のJAバンクの森でアカガシ植樹を行っている。

具体的には、菰野富士山麓のJAバンクの森のパッチディフェンス2内のアカガシ植樹域を炭撒きによる土壌改良場所及び継続的な観察・分析場所として選定し、実施する。

(1-3) 炭撒きによる土壌改良の結論

① 炭撒き法

炭を撒く方法として、直播法と竹筒法を採用した。

※直播法:炭を土壌表面に直接撒く

※竹筒法:炭を側面と底面に穴をあけた竹筒に詰めて埋設する

② 炭撒き時期

2019.01.29に、炭を菰野富士山麓のJAバンクの森パチディフェンス2内のアカガシ植樹域に撒いた。

③ 炭による土壌の中和及び養分増加効果の観察・分析

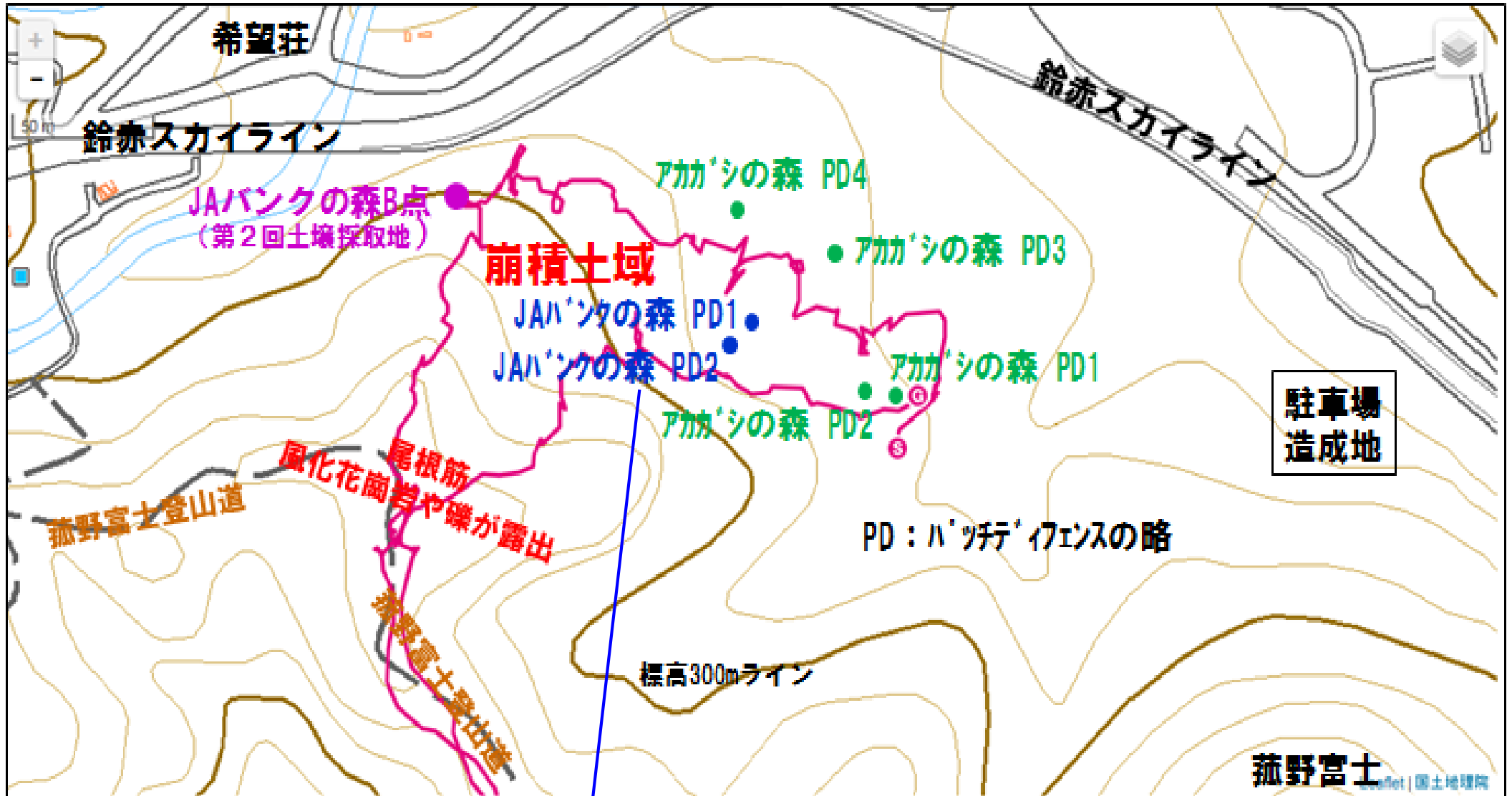
炭の改良効果を観察・分析するために、5ヶ月経過した2019.06.29に炭撒き地の土壌を採取して化学的分析 (PH ペーハ、EC 電気伝導度) を実施した。

○直播法により中和効果及び養分増加効果 (肥沃化) が認められた。

○竹筒法では有意な中和効果及び養分増加効果 (肥沃化) が認められなかった。

しかしながら、竹筒の長さ・穴径・穴密度の調整により改善が期待できる。

(2) 炭撒き実施場所



※炭撒き地：JAバンクの森 パッチディフェンス(PD2)内

(3) 炭と炭撒き法 i

撒いた炭

撒いた炭は、菰野町切畑の炭焼き窯から提供された粉炭である。この炭の化学的性質は、第1回森林土壌分析報告Ⅲで報告している。

炭とNPO森林の風活動地の森林土壌の化学的性質の比較

化学的性質	炭	森林土壌	炭/森林土壌(倍)
pH	9.4	4.0~5.5	—
電気伝導度(EC) $\mu S/cm$	8950	10~120	80~9000 倍
硝酸態窒素(NO ₃ -N) mg/100gSOIL	0.7	0.8~1.4	0.5~1 倍
交換性カリウム(K ₂ O) "	18	略 1	18 倍
交換性マグネシウム(MgO) "	60	3~30	2~20 倍
可給態リン酸(P ₂ O ₅) "	80	1~6	14~80 倍

※炭のアルカリ性 : 酸性土壌を中和するのに十分なアルカリ性を有する

※炭の養分 : 窒素を除くミネラル分含量は多く、土壌を肥沃化するのに十分である

(3) 炭と炭撒き法 ii

炭撒き法

直播法：炭を土壌表面に直に撒く方法

竹筒法：竹筒に炭を詰めて土壌に埋設する方法

直径約10cm・長さ約30cmの節付き竹筒の側面と底面に径5mm程の穴を約30ヶ所にあけたものを使用した



(3) 炭と炭撒き法 iii

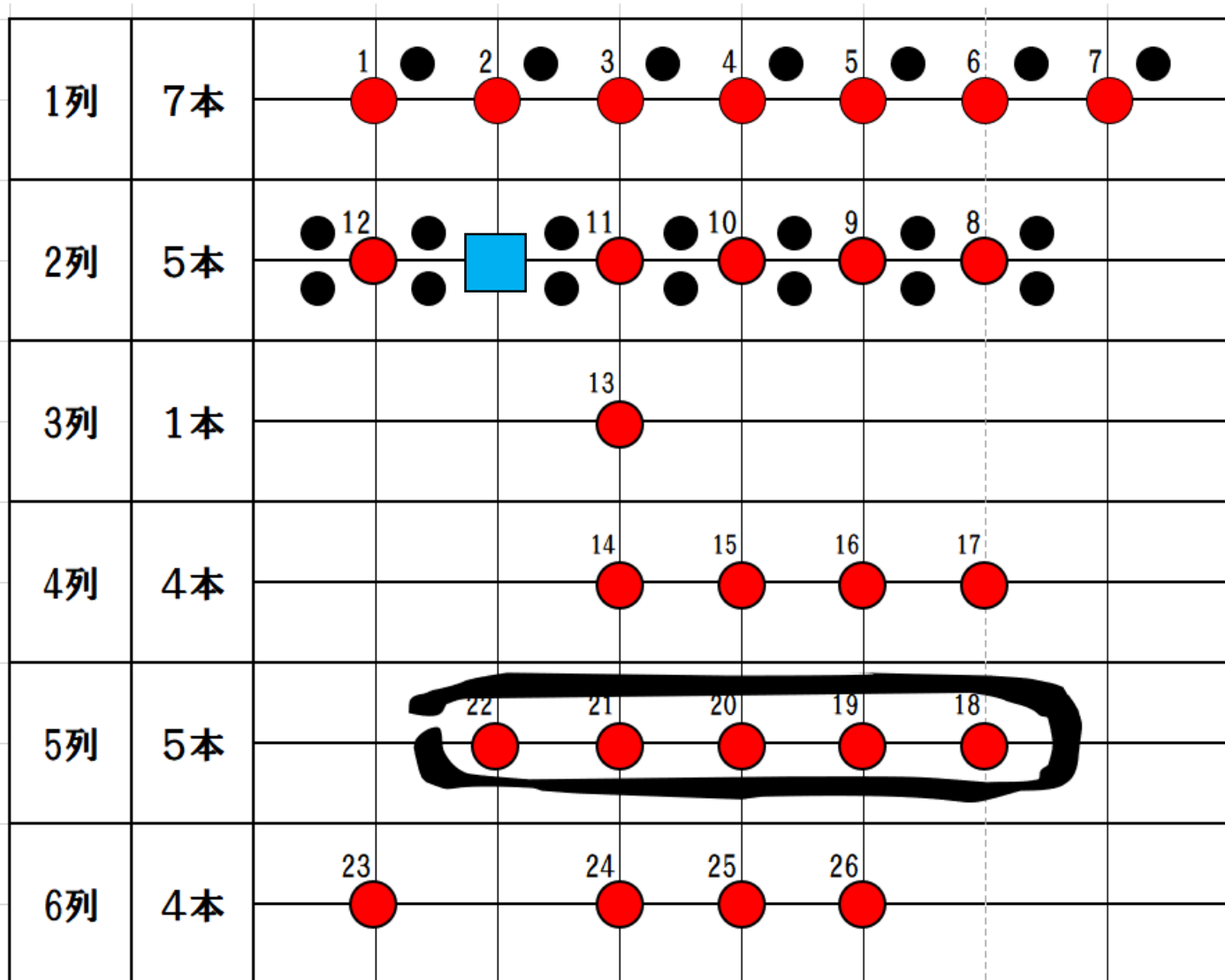
パッチディフェンス2内のアカガシ植樹域での炭撒き



※2019.01.29撒布
雪がうっすらと
積もっていた

(3) 炭と炭撒き法 iv

アカガシ植樹マップと炭撒きマップ



● アカガシ植樹 (No.1～No.26)

● 炭撒き箇所

■ 土壌調査地 JAバンクA点

炭撒き以前に、深さ方向に土壌を採取して物理的及び化学的性質を分析済み(第1回森林土壌分析報告II) [炭撒き改良効果分析の基準値とする](#)

※直播法 No.18～No.22
(周囲に2袋程撒布)

※竹筒法1 No.8～No.12
(竹筒先端までを埋設)

※竹筒法2 No.1～No.7
(竹筒先端を露出)

※炭撒き無し(参照地)
No.13～No.17、No.23～No.26

パッチディフェンス2内の斜面上部はアカガシ、下部にはミツマタ

(5) 改良効果分析用の土壌採取 i

パッチディフェンス2内の採取前の草刈り



(4) 改良効果分析用の土壌採取 ii

土壌の採取場所と採取方法

ページ10のマップ参照！！

採取場所1 <アカガシNo.18 (右上・右下)>

採取場所2 & 3 <アカガシNo.19 & No.21>



(5) 採取土壌の化学的分析

A. 分析試料

①採取地1 アカガシNo. 8

- ・竹筒内の表面の炭
- ・竹筒直下の土壌表面の土壌
- ・その深さ10cmの土壌

②採取地2 アカガシNo.19

- ・直播炭の表面の炭
- ・炭を除いた土壌表面の土壌
- ・その深さ10cmの土壌

③採取地3 アカガシNo.21

- ・直播炭の表面の炭
- ・炭を除いた土壌表面の土壌
- ・その深さ10cmの土壌

B. 分析項目

①pH (PH) : **土壌の酸性度の指標** 中性7.0・酸性7.0未満・アルカリ性7.0超である

②電気伝導度 (EC) : **土壌の養分量の指標 (土壌肥沃度の指標)**

主として必須ミネラルであるカリウム・マグネシウム・カルシウム等が硝酸イオンと対をなす水溶性塩類の濃度を示す。一般的には1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上では養分過多で100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下では養分不足で生育障害が生じる可能性がある。

※炭撒き前の基準地として「JAバンク A点」(ページ10)を採用し、その分析値を基準値「炭撒き前」(図1～図8)として用いる。

(6) 炭撒きによる土壌改良効果に関する考察 i

直播法炭による中和効果 (図1)

- ① 撒いた炭 (図1) 撒いた炭のPHは9.4であり5ヶ月経過すると7.8となる。これは、酸性雨により炭のアルカリ成分が中和されるからである。さらにアルカリ成分は洗い出されて下層の土壌に浸透する。浸透しながら土壌を中和する。5ヶ月経過の炭のPHが7.8の略中性であることは、5ヶ月経過でアルカリ成分の略全量が洗い出されたことを示す。
- ② A0層土壌 (図1) 炭撒き前土壌 (基準値) のA0層 (土壌表面) のPHは4.9であり5ヶ月経過すると7.6となる。これは、炭のアルカリ成分が直ちにA0層に浸透して中和作用を発揮した結果である。5ヶ月経過した炭のPHが7.8でありA0層のPHが7.6とほぼ同じであり、両者ともに略中性になっている。このことは、撒いた炭のアルカリ成分の量が土壌表面を中和するに充分であったを示唆する。
- ③ A層土壌 (図1) 炭撒き前土壌 (基準値) のA層 (深さ10cm) のPHは4.7であり5ヶ月経過すると6.7となる。これは、炭のアルカリ成分がA層に浸透して中和作用を発揮した結果である。5ヶ月経過した炭のPHが7.8でありA層のPHが6.7あり、両者ともに概ね中性域に入っていることは、撒いた炭のアルカリ成分の量が深さ10cmまでの土壌を中和するに充分であったを示唆する。

(6) 炭撒きによる土壌改良効果に関する考察 ii

直播法炭による中和効果 (図2)

- ① 撒いた炭 (図2) 撒いた炭のPHは9.4であり5ヶ月経過すると8.3となる。これは、酸性雨により炭のアルカリ成分が中和されるからである。さらにアルカリ成分は洗い出されて下層の土壌に浸透する。浸透しながら土壌を中和する。5ヶ月経過の炭のPHが8.30のアルカリ性であることは、5ヶ月経過ではアルカリ成分の全量が洗い出されずに残っていることを示す。
- ② A0層土壌 (図2) 炭撒き前土壌 (基準値) のA0層 (土壌表面) のPHは4.9であり5ヶ月経過すると8.2となる。これは、炭のアルカリ成分が直ちにA0層に浸透して中和作用を発揮した結果である。5ヶ月経過した炭のPHが8.3でありA0層のPHが8.2とほぼ同じであり、両者ともにアルカリ性である。このことは、撒いた炭のアルカリ成分の量がA0層の中和に必要な量よりも余分であることを示唆する。
- ③ A層土壌 (図2) 炭撒き前土壌 (基準値) のA層 (深さ10cm) のPHは4.7であり5ヶ月経過すると7.2となる。これは、炭のアルカリ成分がA層に浸透して中和作用を発揮した結果である。5ヶ月経過した炭のPHが8.30のアルカリ性であり、A層のPHが中性の7.2ある。このことは、撒いた炭のアルカリ成分の量がA層の中和に必要な量よりも余分であることを示唆する。

(6) 炭撒きによる土壤改良効果に関する考察 iii

直播法炭による中和効果 結論 (図1 - 図2)

① 直播法の炭による中和効果

直播法による炭撒きにより、アカガシNo.19とNo.21のA0層(土壤表面)とA層(土壤深さ10cm)が中和された。中和の効果(酸度緩和)が認められた。

② 炭撒きの直播法

炭の直播法は、土壤の酸度緩和に有効な手法である。且つ、簡便な方法である。但し、図1と図2の中和効果の度合いが微妙に異なっていることに留意すべきである。撒く炭の量と面積が、各アカガシ苗に対して微妙に違っていることが原因と推測できる。直播法においては、撒く炭の量、面積及び植樹苗に対しての均一性を保つことが重要であると示唆される。

(6) 炭撒きによる土壌改良効果に関する考察 iv

竹筒法炭による中和効果 (図3)

- ① 撒いた炭 (図3) 撒いた炭のPHは9.4であり5ヶ月経過すると7.8となる。これは、酸性雨により炭のアルカリ成分が中和されるからである。さらにアルカリ成分は洗い出されて下層の土壌に浸透する。浸透しながら土壌を中和する。5ヶ月経過の炭のPHが7.8の略中性であることは、5ヶ月経過でアルカリ成分の略全量が洗い出されたことを示す。
- ② A0層土壌 (図3) 炭撒き前土壌 (基準値) のA0層 (土壌表面) のPHは4.9であり5ヶ月経過しても5.2であり、有意な中和効果が認められない。5ヶ月経過した炭のPHが7.8の概ね中性であり、A0層のPHが5.2の酸性である。このことは、撒いた炭のアルカリ成分の量が土壌表面を中和するには不十分であったを示唆する。
- ③ A層土壌 (図3) 炭撒き前土壌 (基準値) のA層 (深さ10cm) のPHは4.7であり5ヶ月経過すると4.9であり、有意な中和効果が認められない。5ヶ月経過した炭のPHが7.8の概ね中性であり、A層のPHが4.9の酸性である。このことは、撒いた炭のアルカリ成分の量が深さ10cmまでの土壌を中和するには不十分であったを示唆する。

(6) 炭撒きによる土壌改良効果に関する考察 V

竹筒法炭による中和効果 (図4)

- ① 撒いた炭 (図4) 撒いた炭のPHは9.4であり5ヶ月経過すると7.8となる。これは、酸性雨により炭のアルカリ成分が中和されるからである。さらにアルカリ成分は洗い出されて下層の土壌に浸透する。浸透しながら土壌を中和する。5ヶ月経過の炭のPHが7.8の略中性であることは、5ヶ月経過でアルカリ成分の概ね全量が洗い出されたことを示す。
- ② A0層土壌 (図4) 炭撒き前土壌 (基準値) のA0層 (土壌表面) のPHは4.9であり5ヶ月経過すると5.0となり酸性を維持する。5ヶ月経過した炭のPHが7.8の略中性であり、A0層のPHが5.0の酸性である。このことは、撒いた炭のアルカリ成分の量が土壌表面を中和するには全く不十分であったを示唆する。
- ③ A層土壌 (図4) 炭撒き前土壌 (基準値) のA層 (深さ10cm) のPHは4.7であり5ヶ月経過すると5.2となり酸性を維持する。5ヶ月経過した炭のPHが7.8の略中性であり、A層のPHが5.2の酸性である。このことは、撒いた炭のアルカリ成分の量が深さ10cmまでの土壌を中和するには全く不十分であったを示唆する。

(6) 炭撒きによる土壌改良効果に関する考察 vi

竹筒法炭による中和効果 結論 (図3－図4)

① 竹筒法の炭による中和効果

アカガシNo.8 (右上)とNo.8 (右下)のA0層(土壌表面)とA層(土壌深さ10cm)において中和の効果(酸度緩和)が認められなかった。

② 炭撒きの竹筒法

竹筒法で撒いた炭による中和効果が認められなかったのは、竹筒の側面穴から浸み出でる炭のアルカリ分量が不十分であったためと推測できる。側面穴の径が小さく且つ数が少なかった為に、竹筒内の炭のアルカリ成分は、主として竹筒底面の穴から浸み出た可能性がある。底面下の土壌も採取して分析すべきであった。

竹筒法は、竹筒の長さを短くし、側面穴の径を大きくし、穴数を多くすることで改善できると思われる。

(6) 炭撒きによる土壌改良効果に関する考察 vii

直播法炭による養分増加効果 (図5)

- ① 撒いた炭 (図5) 撒いた炭のECは8900であり5ヶ月経過すると197に減少する。これは、雨により炭の養分(水溶性塩類)が洗い出されて下層の土壌に浸透するからである。5ヶ月経過の炭のECが197でことは、5ヶ月経過で養分のかなりの量が洗い出されたことを示す。
- ② A0層土壌 (図5) 炭撒き前土壌(基準値)のA0層(土壌表面)のECは47であり、5ヶ月経過すると253となる。これは、炭の養分が直ちにA0層に浸透して養分増加作用を発揮した結果である。5ヶ月経過した炭のECが197であり、A0層のECが253であり充分増加している。このことは、撒いた炭の養分量がA0層の養分を増加するに充分であったを示唆する。
- ③ A層土壌 (図5) 炭撒き前土壌(基準値)のA層(深さ10cm)のECは28であり、5ヶ月経過すると74となる。これは、炭の養分がA層に浸透して養分増加作用を発揮した結果である。5ヶ月経過した炭のECが197であり、A層のECが74でありかなり増加している。今後の経過によりA0層付近から養分がさらに下方に浸透して増加するであろう。

(6) 炭撒きによる土壌改良効果に関する考察 viii

直播法炭による養分増加効果 (図6)

- ① 撒いた炭 (図6) 撒いた炭のECは8900であり5ヶ月経過すると201に減少する。これは、雨により炭の養分(水溶性塩類)が洗い出されて下層の土壌に浸透するからである。5ヶ月経過の炭のECが201でことは、5ヶ月経過で養分のかなりが洗い出されたことを示す。
- ② A0層土壌 (図6) 炭撒き前土壌(基準値)のA0層(土壌表面)のECは47であり、5ヶ月経過すると123となる。これは、炭の養分が直ちにA0層に浸透して養分増加作用を発揮した結果である。5ヶ月経過した炭のECが201であり、A0層のECが123であり増加している。今後の経過により、さらに表面炭から残りの養分が下層に浸透してA0層の養分が増加するであろう。
- ③ A層土壌 (図6) 炭撒き前土壌(基準値)のA層(深さ10cm)のECは28であり、5ヶ月経過すると101となる。これは、炭の養分がA層に浸透して養分増加作用を発揮した結果である。5ヶ月経過した炭のECが197であり、A層のECが101であり増加している。今後の経過により、さらに表面炭から残りの養分が下層に浸透してA層の養分が増加するであろう。

(6) 炭撒きによる土壤改良効果に関する考察 ix

直播法炭による養分増加効果 結論 (図5—図6)

① 直播法の炭による養分増加効果

直播法による炭撒きにより、アカガシNo.19とNo.21のA0層(土壤表面)とA層(土壤深さ10cm)の養分が増加し、養分増加効果が認められた。

② 炭撒きの直播法

炭撒きの直播法は、土壤の養分増加に有効な手法である。且つ、簡便な方法である。但し、図1と図2の効果の度合いが微妙に異なっていることに留意すべきである。撒く炭の量と面積が、各アカガシ苗に対して微妙に違っていることが原因と推測できる。直播法においては、撒く炭の量、面積及び植樹苗に対しての均一性を保つことが重要であると示唆される。

(6) 炭撒きによる土壌改良効果に関する考察 X

竹筒法炭による養分増加効果 (図7)

- ① 撒いた炭 (図7) 撒いた炭のECは8900であり5ヶ月経過すると204に減少する。これは、雨により炭の養分(水溶性塩類)が洗い出されて下層の土壌に浸透するからである。5ヶ月経過の炭のECが204でことは、5ヶ月経過で養分のかなりの量が洗い出されたことを示す。
- ② A0層土壌 (図7) 炭撒き前土壌(基準値)のA0層(土壌表面)のECは47であり、5ヶ月経過すると17であり、有意な養分増加効果が認められない。5ヶ月経過した炭のECが204であり、A0層のECが17である。このことは、撒いた炭の養分量がA0層の養分を増加するには全く不十分であったことを示唆する。
- ③ A層土壌 (図7) 炭撒き前土壌(基準値)のA層(深さ10cm)のECは28であり、5ヶ月経過すると14であり、有意な養分増加効果が認められない。5ヶ月経過した炭のECが204であり、A層のECが14である。このことは、撒いた炭の養分量がA層の養分を増加するには全く不十分であったことを示唆する。

(6) 炭撒きによる土壌改良効果に関する考察 xi

竹筒法炭による養分増加効果 (図8)

- ① 撒いた炭 (図8) 撒いた炭のECは8900であり5ヶ月経過すると204に減少する。これは、雨により炭の養分(水溶性塩類)が洗い出されて下層の土壌に浸透するからである。5ヶ月経過の炭のECが204でことは、5ヶ月経過で養分のかなりの量が洗い出されたことを示す。
- ② A0層土壌 (図8) 炭撒き前土壌(基準値)のA0層(土壌表面)のECは47であり、5ヶ月経過すると32であり、有意な養分増加効果が認められない。5ヶ月経過した炭のECが204であり、A0層のECが32である。このことは、撒いた炭の養分量がA0層の養分を増加するには全く不十分であったことを示唆する。
- ③ A層土壌 (図8) 炭撒き前土壌(基準値)のA層(深さ10cm)のECは28であり、5ヶ月経過すると10であり、有意な養分増加効果が認められない。5ヶ月経過した炭のECが204であり、A層のECが10である。このことは、撒いた炭の養分量がA層の養分を増加するには全く不十分であったことを示唆する。

(6) 炭撒きによる土壌改良効果に関する考察 xii

竹筒法炭による養分増加効果 結論 (図7—図8)

① 竹筒法の炭による養分増加効果

竹筒法による炭撒きによるアカガシNo.19とNo.21のA0層(土壌表面)とA層(土壌深さ10cm)の養分増加効果が認められなかった。

② 炭撒きの竹筒法

竹筒法で撒いた炭による養分増加効果が認められなかったのは、竹筒の側面穴から浸み出でる炭のアルカリ分量が不十分であったためと推測できる。側面穴の径が小さく且つ数が少なかった為に、竹筒内の炭のアルカリ成分は、主として竹筒底面の穴から浸み出た可能性がある。底面下の土壌も採取して分析すべきであった。

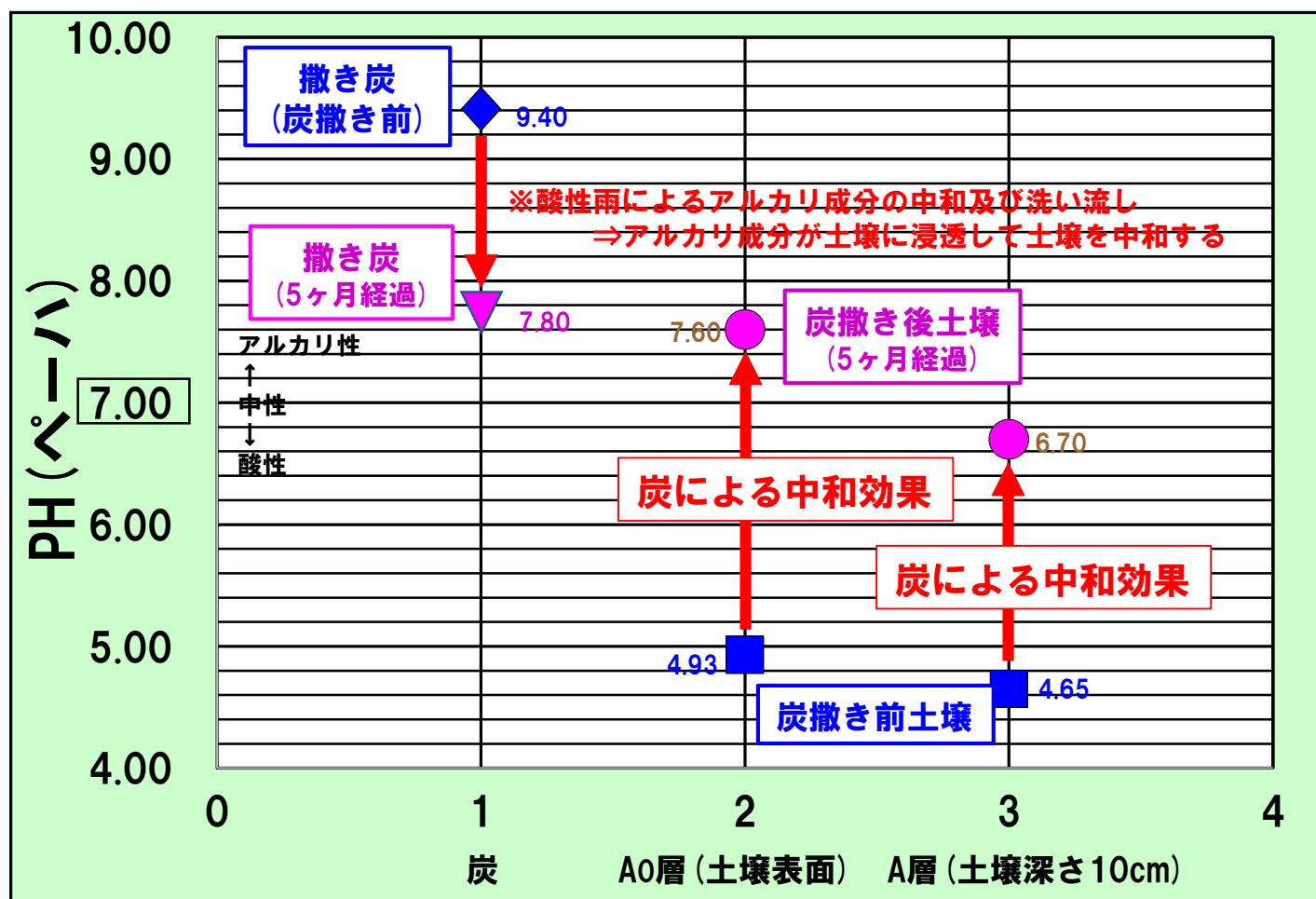
竹筒法は、竹筒の長さを短くし、側面穴をの径を大きくし、穴数を多くすることで改善できると思われる。

(7) 炭撒きによる土壌改良 今後の展開

- ①JAバンク パッチディフェンス2内の観察と分析を継続する。
※今回始めたアカガシの高さの計測も継続する。
- ②今回の分析結果を教訓として新たな場所で本格的な炭撒きによる土壌改良及び植樹成長の観察と分析を始める。

図1 直播法炭によるの土壤の中和効果 i

土壤採取地アカガシNo.19



直播法炭撒きによる
中和効果模式図

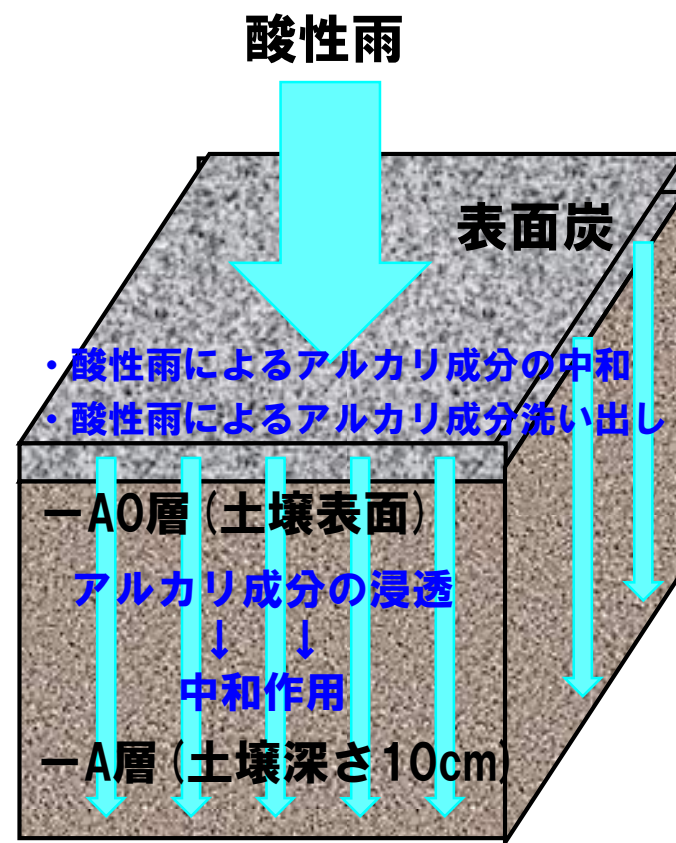
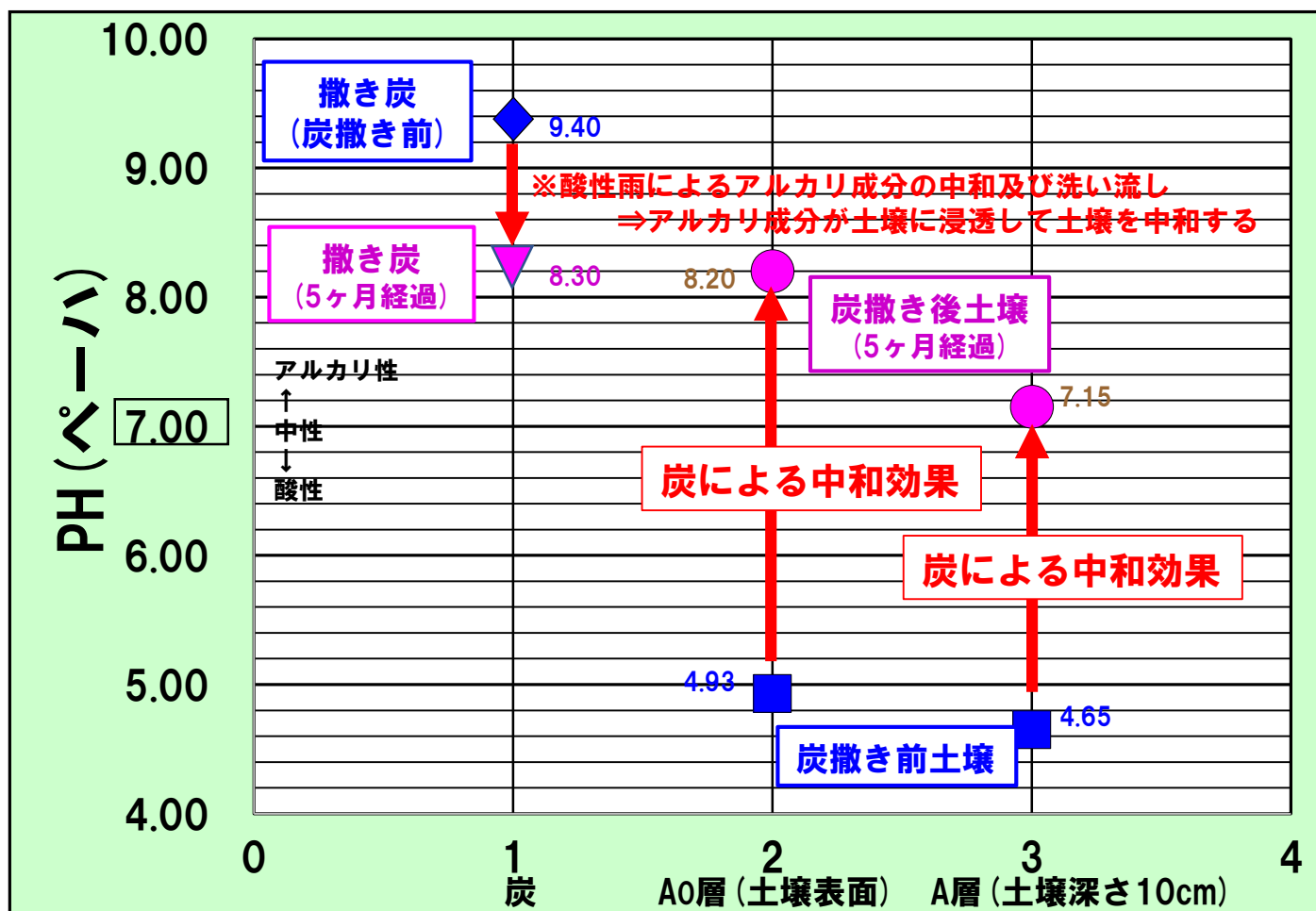


図2 直播法炭によるの土壤の中和効果 ii

土壤採取地アカガシNo.21



直播法炭撒きによる
中和効果模式図

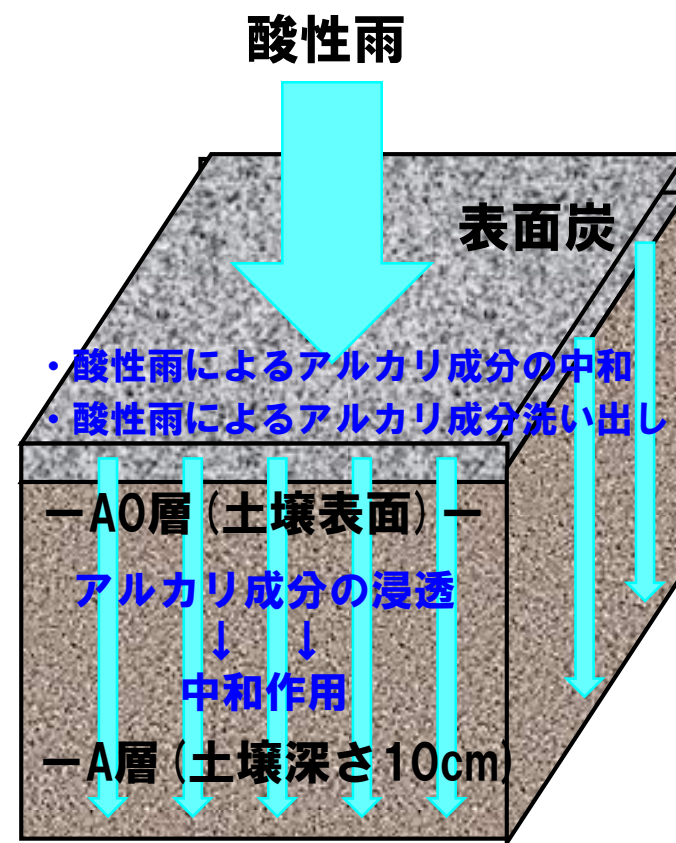
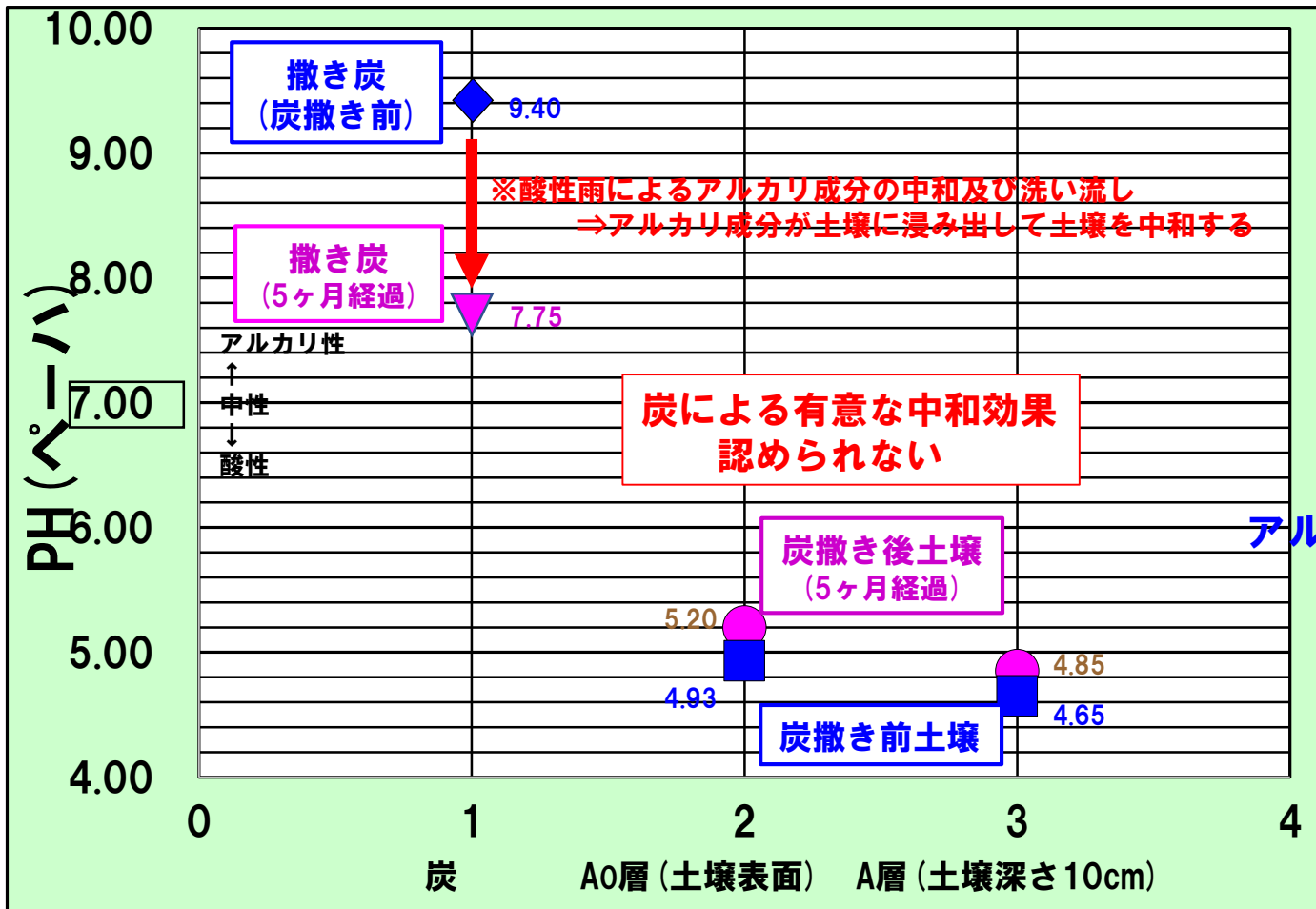


図3 竹筒法炭によるの土壤の中和効果 i

土壤採取地アカガシNo.8-1 (右上)



竹筒法炭撒きによる
中和効果模式図

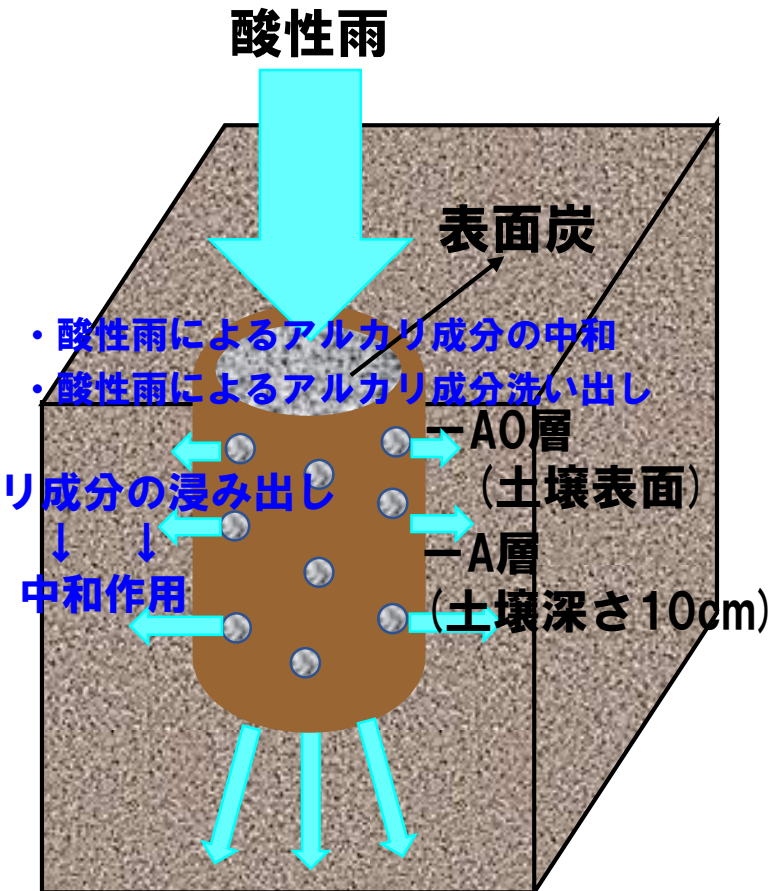
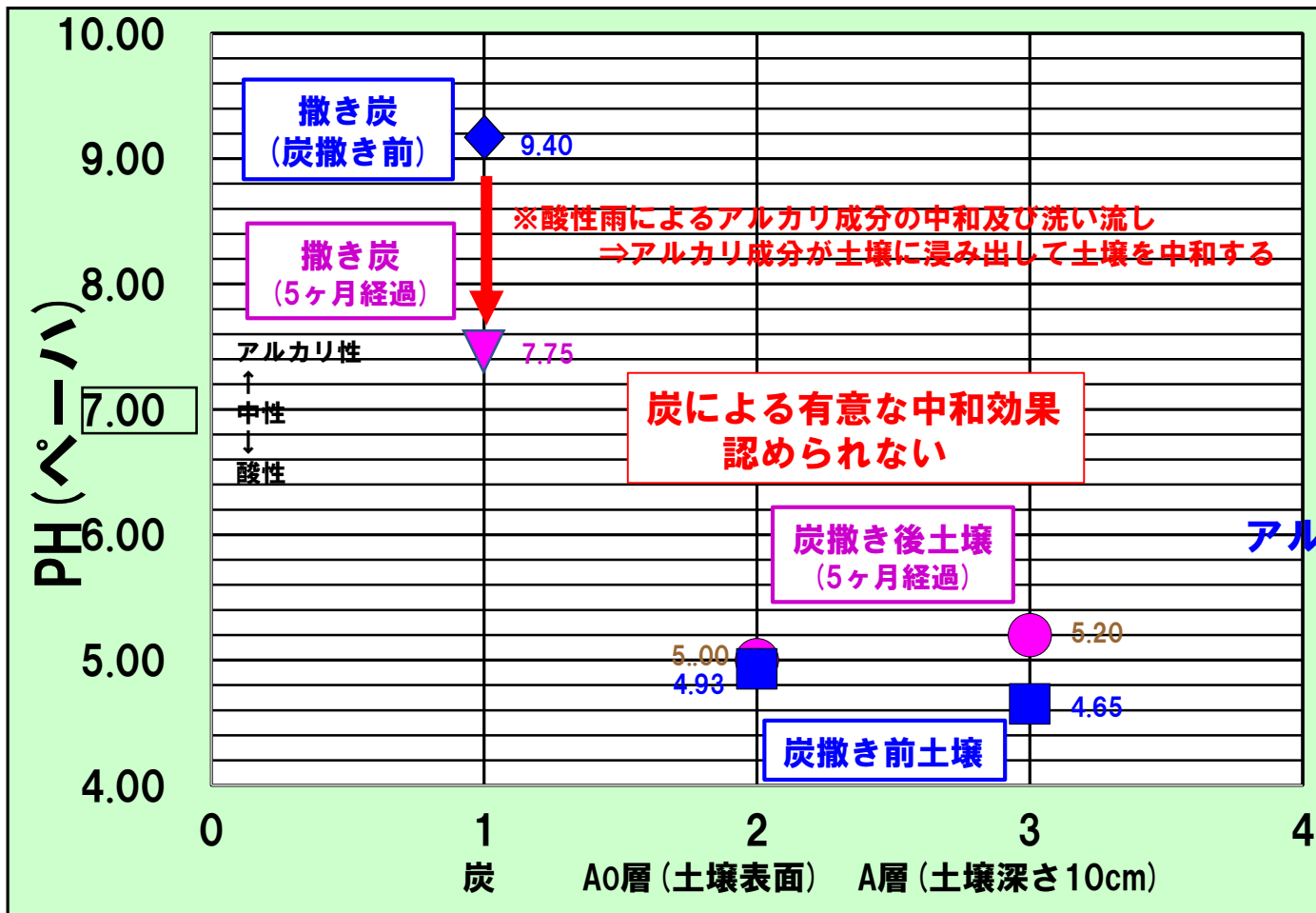


図4 竹筒法炭によるの土壤の中和効果 ii

土壤採取地アカガシNo.8-2 (右下)



竹筒法炭撒きによる
中和効果模式図

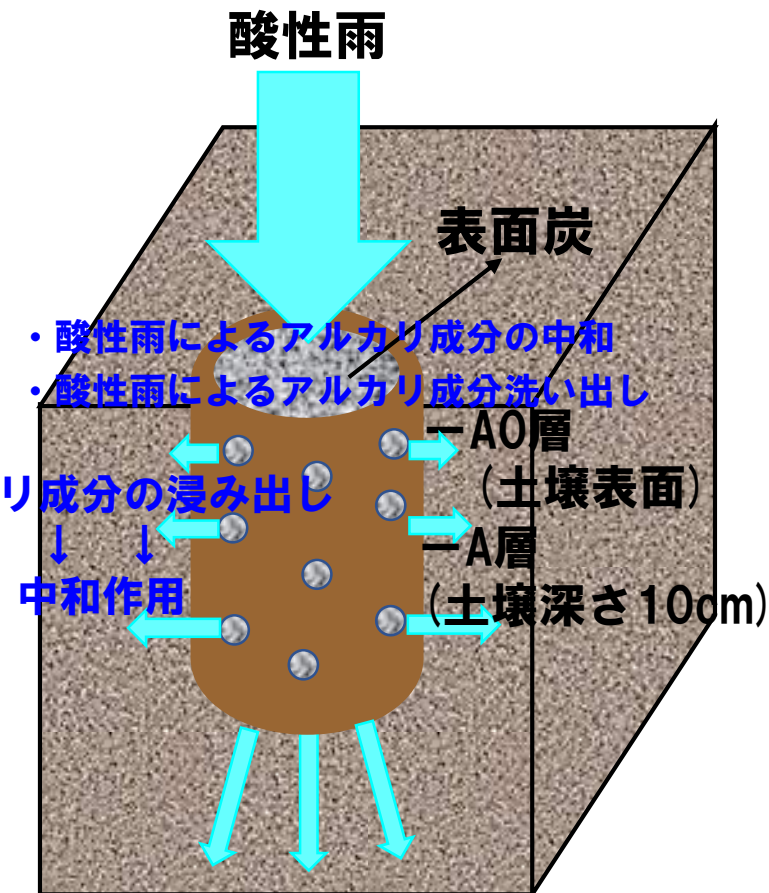


図5 直播法炭によるの土壤の養分増加効果 i

土壤採取地アカガシNo.19

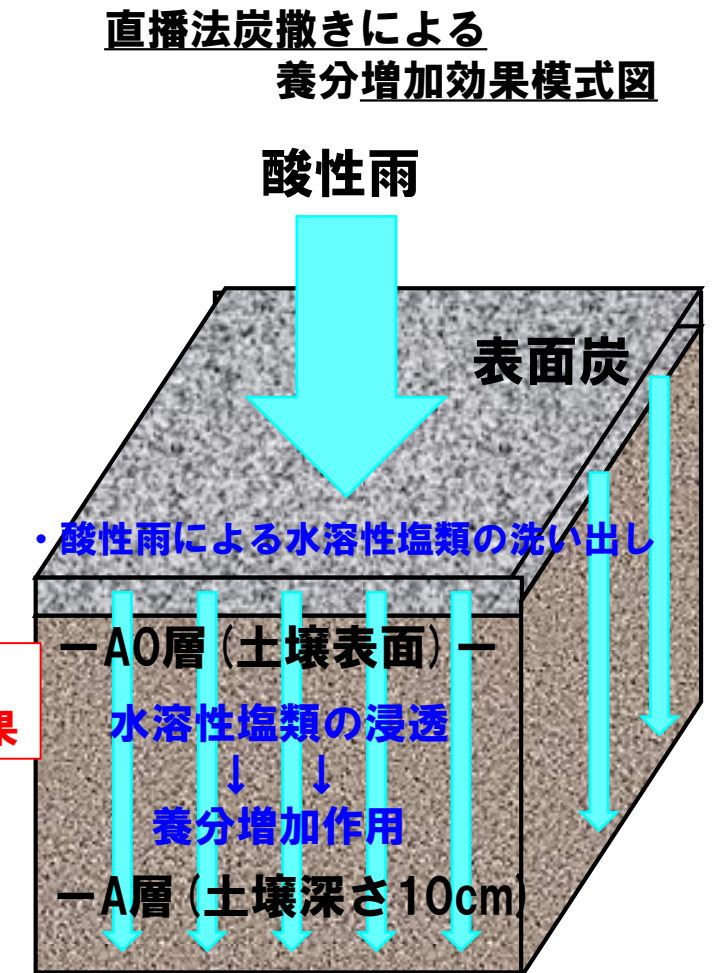
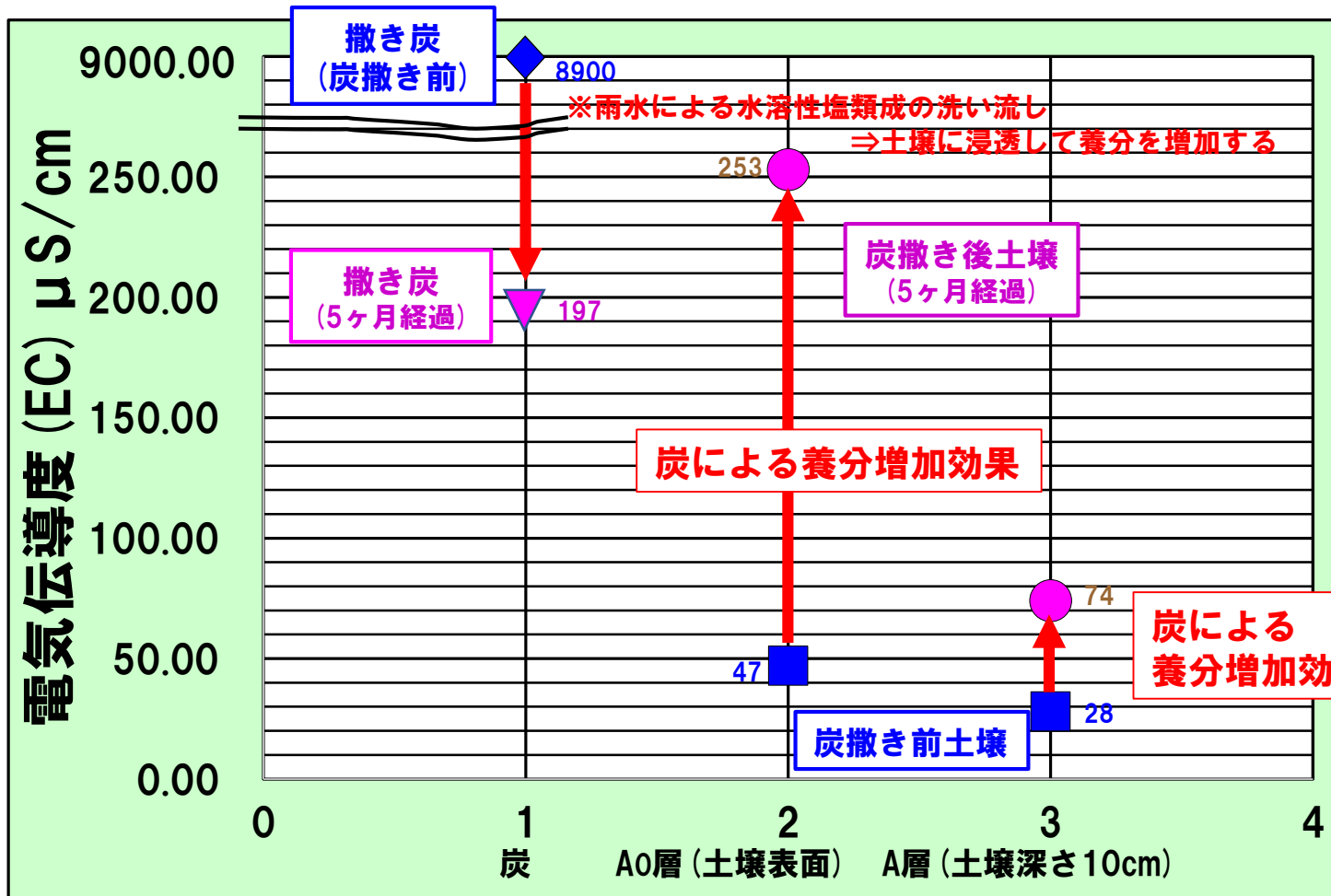


図6 直播法炭によるの土壤の養分増加効果 ii

土壤採取地アカガシNo.21

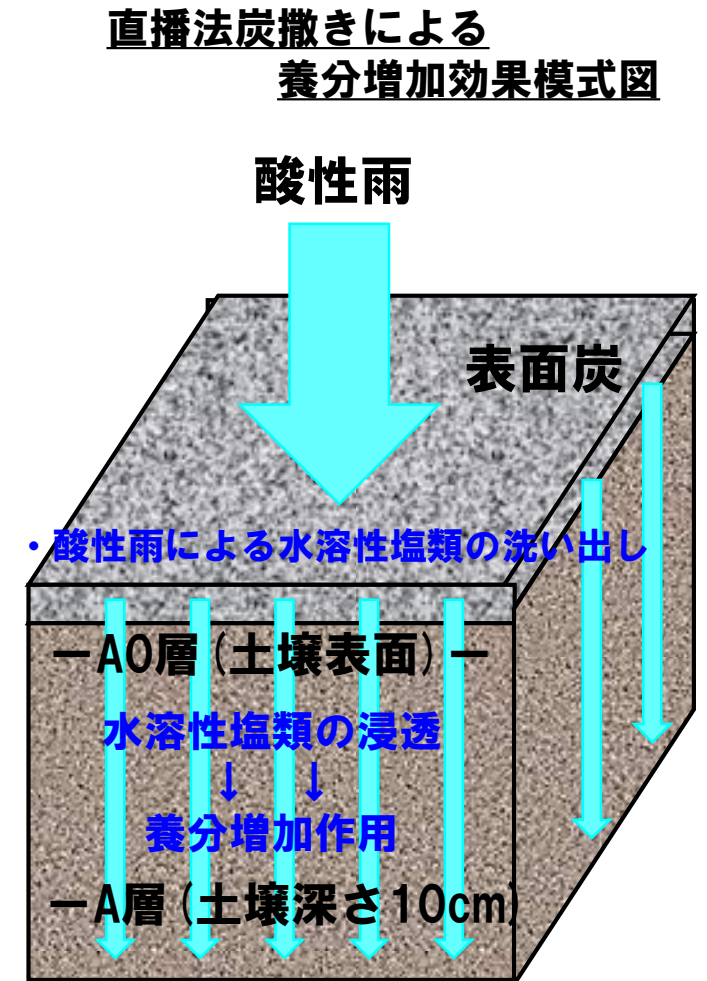
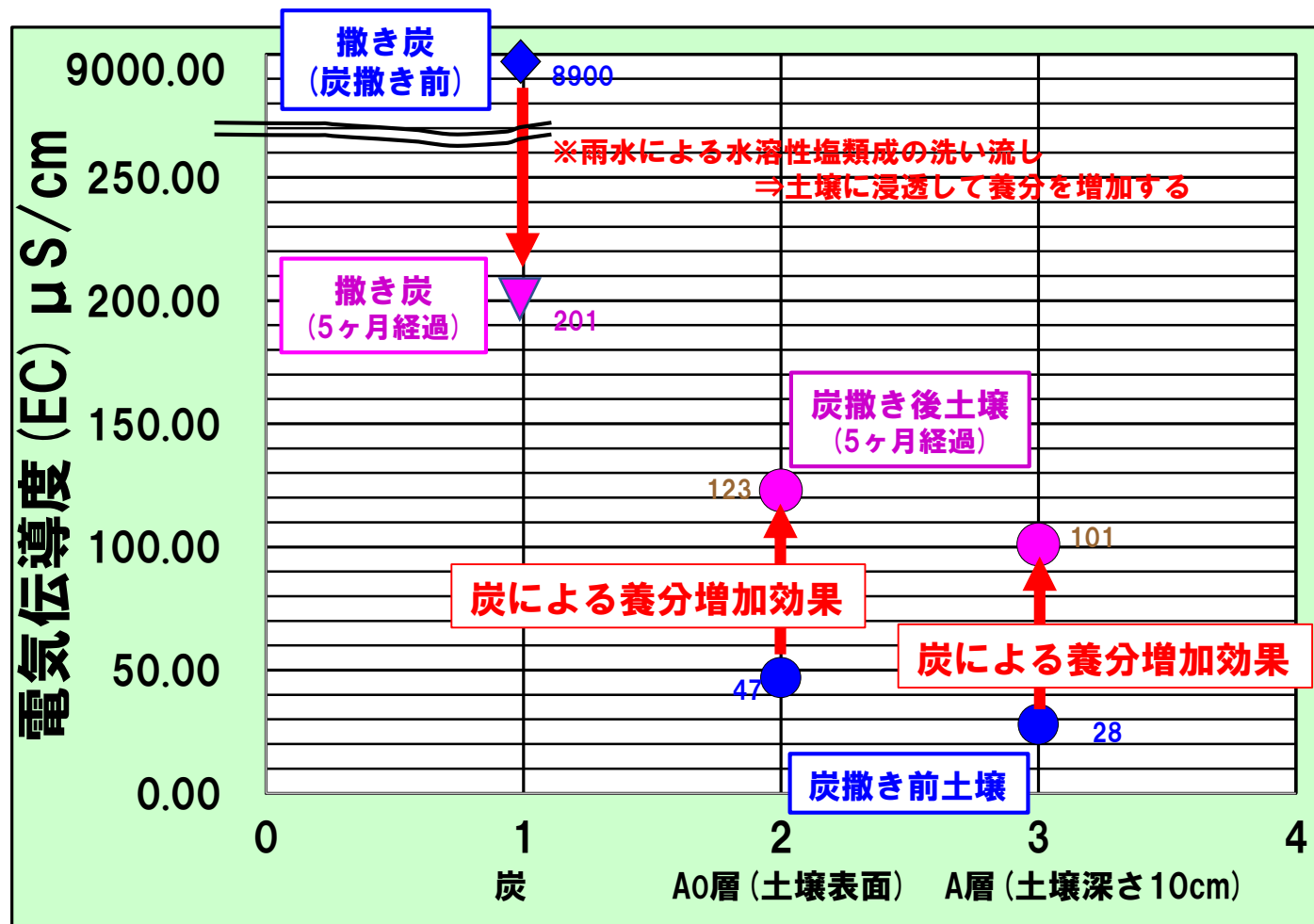
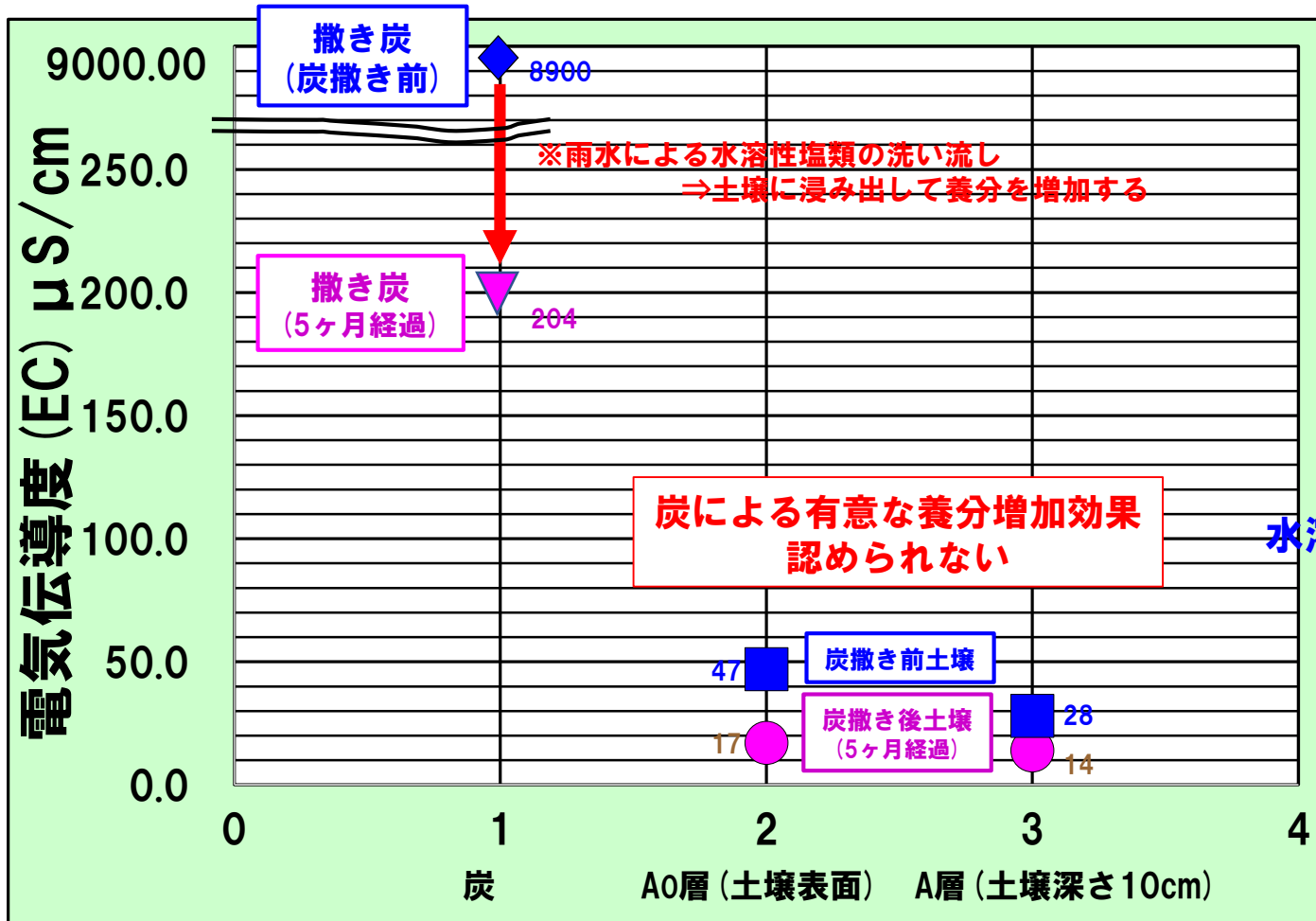


図7 竹筒法炭によるの土壤の養分増加効果 i

土壤採取地アカガシNo.8-1 (右上)



竹筒法炭撒きによる
養分増加効果模式図

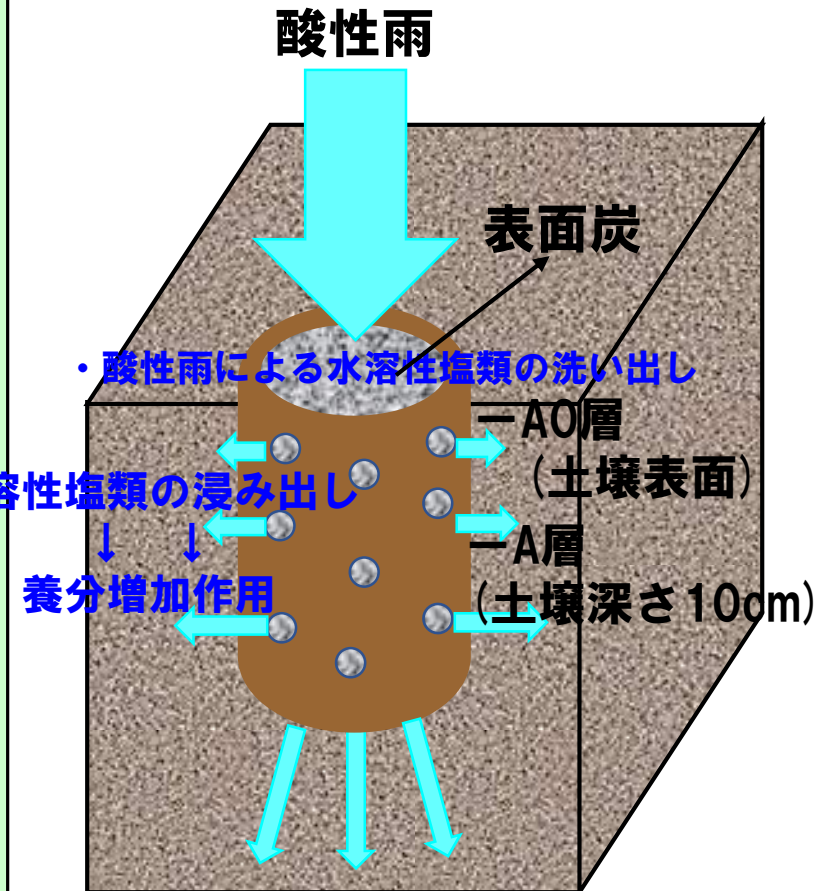
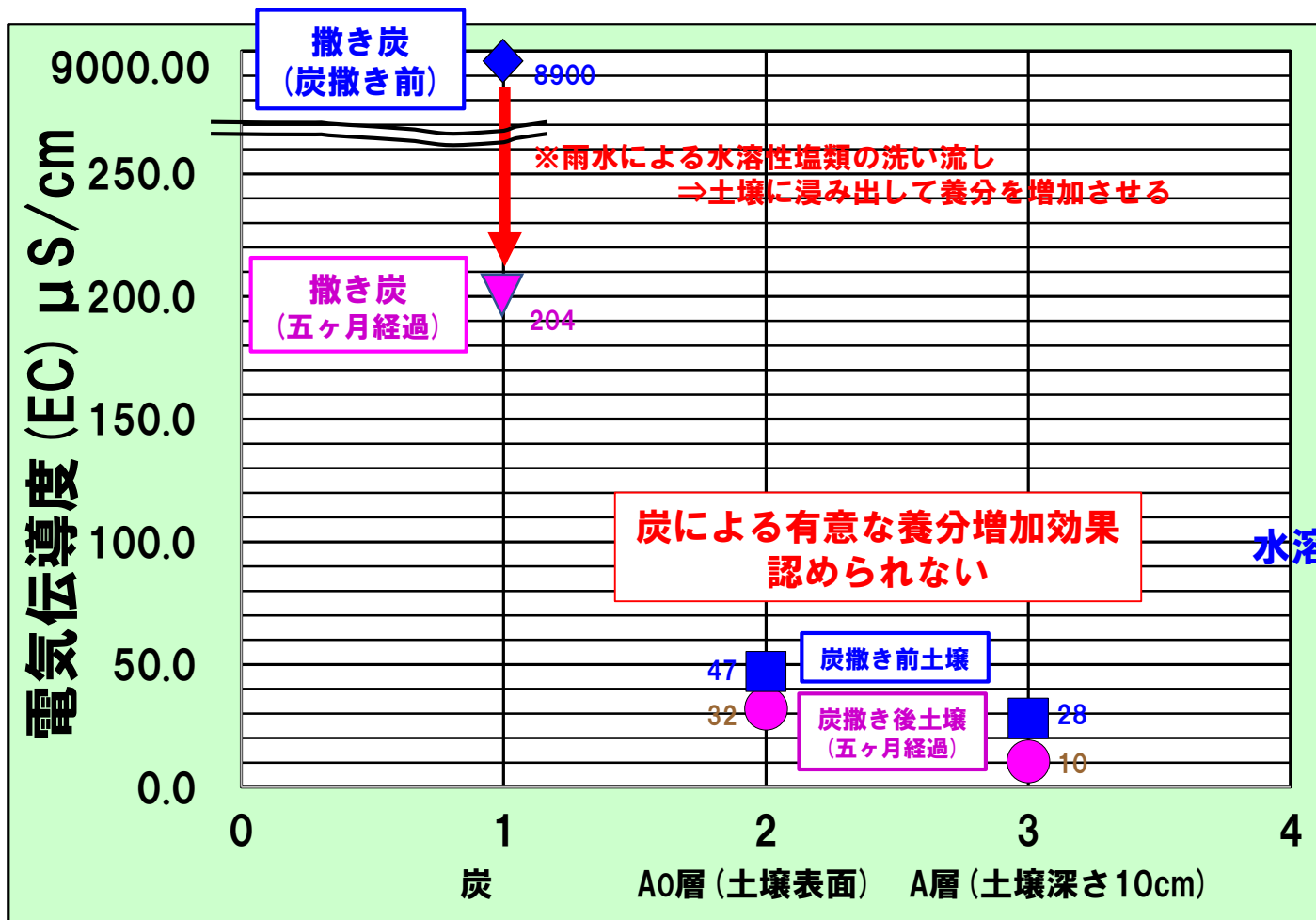


図8 竹筒法炭によるの土壤の養分増加効果 ii

土壤採取地アカガシNo.8-2 (右下)



竹筒法炭撒きによる
養分増加効果模式図

