

# AIRSPADE®

## 空圧による土壌掘削

### 技術使用方紀要

樹木管理作業現場での  
圧縮空気をを用いた穴掘り技術の使用方法

DATE: 09/07/2016  
WEB: WWW.AIRSPADE.COM  
PHONE: 800-482-7324

1.0  
SECTION  
SITE PREP A  
N.T.S.



...CONTAIN...  
...ASSOC...  
...PRODUCED...  
...CORPORATIO...  
...TOP...  
...FENCE AND...  
...PROTECT...  
...BARRIER...  
...PLANTING TREE



AirSpade®  
技術使用方紀要  
樹木管理作業現場での  
圧縮空気を用いた穴掘り技術の使用方法

執筆参加著者

ケルビー ファイト博士

トマス スマイリー博士

リチャード N. スウィート

トマス C. トレンブリー

ジョセフ ウォーラー

技術仕様 ヴィンセント P. リコ

編集 テレンス J. フィッツパトリック

研究費提供

ガードエア コーポレーション

紀要作成

スティーブン スティムソン アソシエイツ | 景観設計事務所

パートレット 樹木研究所との共作

AirSpade®  
技術使用法紀要  
樹木管理作業現場での  
圧縮空気を用いた穴掘り技術の使用方法

2016年9月

執筆参加著者  
ケルビー ファイト博士  
トマス スマイリー博士  
リチャード N. スウィート  
トマス C. トレンブリー  
ジョセフ ウォーラー  
ヴィンセント P. リコ, 技術仕様  
テレンス J. フィッツパトリック, 編集

一般的な作業仕様はリコ アソシエイツのヴィンセント P. リコ、  
基準となる綿密な作業設計図はスティーブン スティムソン景観設  
計事務所による。どちらもガードエア コーポレーションを通しネ  
ット上[www.airspade.com/guide](http://www.airspade.com/guide)にて入手できます。

ノースキャロライナ州シャーロット市パートレット樹木研究所との共  
同作業によりマサチューセッツ州ケンブリッジ市とプリンストン市に  
事務所を構えるスティーブン スティムソン景観設計事務所が監修。  
研究と紀要発行の費用はガードエア コーポレーションが提供。



# 目次

<b>前書き</b>	<b>03</b>
高樹木研究とその実用 トム スマイリー博士及びケルビー ファイト共著	05
AirSpade の導入、技法、テクノロジー リチャード N. スウィート及びトマス C. トレンブリー著	06
予期して対応： 景観設計の実践法 ジョセフ ウォーラー著	09
重要な根回りゾーン： 問題点と応用法	14
<b>一般的な作業仕様</b>	<b>16</b>
作業用地での一般的な準備事項	16
圧縮空気による耕耘（根の活性化）	18
放射状の溝掘り	20
圧縮空気による垂直マルチング	22
幹の立上がり部分の掘出し	24
根の剪定	26
根の掘出し・露出	28
都市部土壌の取替え	30
<b>付録</b>	<b>32</b>
土壌改良材	33
作業内容仕様	34
用語集	40
その他参考資料	42
著者紹介	43





**マサチューセッツ工科大学 (M. I. T.) における自然遺産樹木の保存作業:** 樹木の保存に成功するためには景観設計士、高樹木専門職人、コンサルタント、用役提供施設関連者と作業員が共同に作業をする必要がある。この写真のM. I. T. での作業にはAirSpadeを利用し、デザインを決める段

階から作業全般を通してパートレット樹木専門会社からの専門家がチームの一員として参加した。(スティーブン スティムソン景観設計事務所が写真提供)



# 前書き

テレンス J. フィッツパトリック (FASLA) 著

最近の私達は以前に比べ、樹木をより大切にできるようになっているといっても過言ではないでしょう。

都市以上に、人々の快適さと娯楽への追及が、経済的、環境的、社会的な持続可能性の必須性と共存する所はないでしょう。ますます多くの人が、人々のふれあい、自己成長、学習や感化の機会を求めて都市での生活を選択しています。最近では確固とした区画分割や自動車中心の都市計画ではなく、人々の視線を考えた景観設計を採用する例が多く見られるようになりました。

樹木は都市や文化の景観を形成する重要な構成要素と認識されつつあります。都市部における樹木管理プログラムは、都市内特有の微気候を緩和することにより、ビルの冷暖房に必要なエネルギー量を減少させる等、膨大な利益をもたらしています。樹木がもたらす文化的利益は、このような意義的で測定可能な例より更に広範囲に至っています。樹木は人情に深く通じるものなのです。簡単に言うと、健康な樹木のある場所は人々に快適さ、喜び、そして刺激を提供してくれます。言い換えると、老若男女を問わず住人皆が愛着を持ち、満足する地区を提供してくれるということです。この人工環境が与える社会的インパクトは多大なものです。経済的、教育的可能性へのアクセスをサポートするためには耐久的で多様なコミュニティーであることが必要で、そういったコミュニティーでは医療体制、住民の健康、エネルギー消費量、公共費の効率的分配、そして公共地利用に改善が見られると、持続可能性の専門家により最近よく指摘されています。樹木はこれらの変化に深く関わっているのです。公私を問わず、顧客や意思決定者は樹木を健康に保ち長生きさせたいという要求のもと、投資を増やす傾向が最近強まっている事を土木建築業と樹木管理に関わる私達は目撃しています。その結果、デザイナー、高樹木専門職人、そして作業請負業者が共同作業をする機会が増え、都市部の樹木が長期的にわたり健康を保つ事ができるよう、新しいや技法や技術が用いられています。

樹木の文化的価値が増加している事実が景観設計の実践上で明らかにされています。例えば、樹芸や土壌科学分野における科学研究への資金と、研究結果の現場での活用が最近急増しています。これらの分野に携わる人々はデザインと作業を手がけるチームに欠かせない人員となり、その重要性は彼らの樹木の保護、健康維持と長寿に成功したプロジェクトへの貢献を目の当たりにしている顧客や総合請負業者により認められています。

空気鋤という圧縮空気を用いた穴掘り技術は1990年代の中頃に樹木業界において開発されて来ました。この方法により、効率的に、しかも傷をつけることなく樹木の根を掘り出すことができるようになりました。この技術を用いることで、例えば交通量が多く土壌が踏み固められてしまう場所や、自然には樹木の育たない環境での土壌や根系の手入れをすることが可能になり、また以前だと木を傷つけてしまったり、除去しなければならなかった土木作業プロジェクト（地下の用役提供設備建設、舗装作業、建物の土台構築）の施行が可能になりました。

## この本について

この本は空気鋤を使う樹木職人だけでなく、景観設計士、都市空間デザイナー、作業請負業者、コンサルタント、そして樹木の医療ケア、保護に関連したプロジェクトでの決定件を持つ人々を対称に書かれたものです。この本は高木性樹木の研究とその結果の現場での応用、景観設計、そして樹木管理技術の開発分野での第一人者達を統括し、一般的な空気鋤の応用例を説明し、成功に導くために必要な工程と技術を検討するためのものです。

この本に掲載した綿密な作業図と解説はスティーブン スティムソン アソシエイツ (SSA) によるものです。SSAは景観設計事務所として、熟年樹木管理の重要性を何十年にもわたって主張してきた経験を持ち、きわめて優秀な高樹木専門職人やコンサルタントと共同して活動してきました。

これらの図と説明文は、広範囲に及ぶ応用法を理解するための基準として参照してもらい、デザイナー、コンサルタント、そして作業員間でのコミュニケーションを補助するために描かれたものです。さらに、これらの基準仕様書はAirSpade からネットを通じて入手できるようになっています (.pdfと .dwg のファイル形態で)。これらの詳細図を基準として注意深く考慮し、それぞれのプロジェクトに固有の状況と目的に見合うように修正して利用して下さい。

技術を正確に伝える分かりやすい文章にするため、多分野で活躍する専門化がこの本を査読したうえ、樹木管理産業の発展、将来性、実用性についての各自のユニークな見解を綴った短いエッセイを寄せてくれました。

これらのエッセイの中で、トム スマイリー博士とケルビー ファイト博士はバートレット樹木研究所における20年を超える年月をかけた AirSpade の実用化のための研究と開発内容を公表しています。彼らの努力は樹木管理産業界に多大な貢献をもたらしました。現在も高樹木管理技術の教育プログラムをサポートすることを通じ、また最近入手しやすくなり、サービスを提供する場での利用価値の認識が高まってきた空気鋤の使用拡大をサポートすることでその努力を継続しています。

次に、AirSpade（マサチューセッツ州チコピー市にあるガードエア コーポレーションの一部門）のトマス C. トレンプリーとリチャード N. スウィートが圧縮空気を使った穴掘り技術と製品開発について論議します。現在ほど圧縮空気を使った穴掘り技術が簡単に利用でき、樹木管理の現場での使用が適切である時代はありません。これは、ガードエアの研究と開発への献身と、樹木管理と園芸産業での第一人者とのパートナーシップと共同開発を長年実行してきた事に依存するところが多大了。

三本目のエッセイはジョー ウォーラーによるもので、スティーブン スティムソン景観設計事務所が手がけたプロジェクトでAirSpadeをどのように利用したかを具体的に述べています。これらは、各々のプロジェクトで最適な技法が採用されるよう、また多分野にまたがるコンサルタントと作業員をまとめるため、景観設計士がどのような役割を果たしているかを示すよい例です。建設プロジェクトでは多様な建設用地の状況とそこに生えている樹木に対応するというチャレンジがあります。ジョーは全体的なビジョンを実現させる為に、柔軟性と創造力を駆使して建設過程の仕様書をまとめるプロで、彼のエッセイは特にプロジェクトに関わる高樹木専門職人達に共同して意見を出してもらうためのプロセスにふれています。

ヴィンス リコは景観設計士であり、建設仕様書の専門家です。この本を編集するに当たり、協力者とともに彼が基準となる仕様書を手がけました。綿密な作業図と同様、この仕様書も景観設計士に利用してもらうためデジタル仕様で提供していますので、参考にしたいうえ各々のプロジェクトの必要に応じて修正して利用して下さい。

## まとめ

大木の文化的価値の増加に比べると、AirSpadeを利用した樹木管理技術は比較的限られたな普及状況にあるため、この本の発行は時宜を得たものと信じています。空気鋤技術の利点を示す例や、顧客や樹木産業関連者達による圧倒的な承認をふまえ、空気鋤の需要は伸びており、空気鋤を使ったサービスの実用性はここ最近急増しています。しかし、ほとんどの建設現場や樹木管理プロジェクトでは十分に活用されていないのが現状です。この本を発行することで、蓄積してきた知識を広め、斬新な共同プロジェクトを啓発し、かけがえのない樹木の管理状況が大幅に改善される事を願っています。



建設チームと担当の高樹木専門職人がミシガン州北部での小規模な歩道建設プロジェクトに共同して取り組み、空気鋤や根系誘導耐圧基盤といった新技術を用いて成功に至ったよい例です。



マサチューセッツ州ケンブリッジ市のラドクリフ研究所。バートレット樹木研究所とスティーブン スティムソン事務所が共同で、扱い困難な大木の保護作業を行いました。樹木の価値を認識する顧客からこういった管理作業を依頼されることが増えています。

(スティーブン スティムソン事務所が写真提供)



# 高樹木研究とその実用

パートレット樹木研究所による、研究結果、技法、実用方法

トム スマイリー博士、およびケルビー ファイト博士共著

AirSpadeは樹木管理業界ではユニークな道具です。1990年代に業界に導入されて間もなく、パートレット樹木研究所では樹木の健康に関わる多くの問題に対処するためにその使用を開始しました。幹に土壌が接していることが木に悪影響を与えることはAirSpadeの導入の10年余りに気づいていました。不適切な部分での土壌との接触は、樹皮を弱らせ菌類や害虫による感染が起きます。そのことにより、樹木は弱り枯死することもあります。

土で覆われた幹の立上がり部分の問題を解決するために、幹の立上がり部分をスコップ、シャベル等の道具を使って手で掘り出す事を薦めました。土を移動させることはできましたが、その過程で幹や根を傷つけてしまうことが多々ありました。金属の道具を圧縮空気に変えることで、余分な問題を起こることなく土を除去することができるようになりました。

もう一つ解決に取り組んでいた問題は、圧縮された土壌です。圧縮された土壌は根の成長を妨げ、樹木を弱らせ、最終的に樹木を殺してしまいます。土壌深部に空気を注入する様々な道具を用いて実験してみましたが、これらの道具は土壌プレートを大幅に持ち上げたにも関わらず、根の生えている部分の土壌密度全般にはほとんど改善が見られませんでした。AirSpadeを用いることで、根を傷めることなく土壌の碎土や有機物や肥料などの混合が可能になりました。何年にもわたる研究の結果、根の活性化処置により土壌質と根の健康が著しく向上することが明らかになりました。

F. A. パートレット樹木専門会社では、埋れた幹の立上がり部分と圧縮土壌問題に対処するために、AirSpadeを継続して使用しています。毎年何千本にもわたる樹木がこの処置を受け、よい結果が得られています。研究面では、これらの処置をより効果的に、迅速に、そして安全に行えるよう、技巧向上に努めています。



**パートレット研究所** は1926年に設立されて以来、樹芸界で先駆者として活躍してきました。今日、ノースキャロライナ州シャーロット市にある研究所は350エーカーにわたる樹木園、数多くの研究用地、そして近代的設備のある研究室を備えています。研究所は研究活動と論文や書籍の執筆に継続して貢献し、土壌検査や植物診断といった幅広い分野にわたるサービスやプロの高樹木管理専門職人を対象としたトレーニングプログラムを提供し、膨大な蔵書を備えた図書館と教育センターを備えています。



**幹の立上がり部分の掘出し作業:** マサチューセッツ州のウィリアムズ大学で、有資格の高樹木管理職人によって行った、巨大な樹の木の幹の立上がり部分の掘出しと、環状になっている根の剪定作業。(スティーブン スティムソン事務所が写真提供)

# 圧縮空気を用いた穴掘りテクノロジー

発展しつつある業界における研究と開発

トマス C. トレンブリー、およびリチャード N. スウィート共著

## 圧縮空気による穴掘り技術の簡単な歴史

穴掘りを機械や手の代わりに圧縮空気で行うことは、地下のパイプの修理にかかるコストを下げるために用役提供施設の建設管理会社が1960年代に始めました。これらの経験により空圧を用いた穴掘りは、地下の設備を傷つけることなく安全に掘出す方法だということが確認されたのです。

空圧を用いた穴掘り技術は、地下の用役提供設備を掘出す以外にも、1970年代と1980年代を通じて数多くの分野で応用されて来ました。例として、国防庁と共同して地雷や不発弾の周囲の土を安全に掘ることや、「やさしく掘る」ことが必要な業界での使用等が挙げられます。機材の改良点としては、ノズルのテクノロジーの開発により、穴掘り速度が速くなったことが挙げられます。この時期に初めてAirSpadeが開発され、販売されるようになりました。

1990年代中ごろ、空気圧での穴掘り技術は高樹木管理分野や建設業界の敷地構築作業で大幅に使用されるようになりました。地下の用役提供設備を掘出す技術が木の根を傷つけることなく露出させ、健康状態を診断するためにも利用できることが明らかになりました。樹木管理を手がける会社が空圧掘削の利点を認識するに従って、低インパクトな高樹木管理分野における新しい応用方法が数多く開発されました。米国で最も大規模で知名度の高い樹木管理会社であるF. A. バートレット樹木専門会社は率先してこの技術を導入し、その後多くのテクニックが開発されました。

その結果、過去数十年にわたり樹木の健康管理を目的とした作業に空圧掘削機器を利用する事が大幅に増えました。今日では、多様な高樹木管理プロジェクトにおいて敏感な根回り部分でAirSpadeを使用することは幅広く認定されています。

## 高樹木研究とその実用

空気鋤を樹木の世話に利用すると好結果を得られる、という事実は高樹木管理産業のコミュニティーでは広く認識されています。その好結果を解析するために、いくつか調査研究が行われました。次の例は其中で都市部の樹木を対象に行った調査研究で、結果を引用したものです。(著者は空圧掘削によ



**AirSpade を利用した幹の立上がり部分の掘出し**：科学的な研究と樹木管理サービス業における応用増加と平行して製品開発が行われました。

る根の活性化を「空圧耕地」と呼び、「AFM」は空圧耕地、肥料投与、マルチングの三工程を意味する事に注意)。

「空圧耕地、処方肥料、そしてマルチングにより、都市部の土壌の物質的、化学的特性の多くが改善された。単独の処置としてはマルチングが最も効果的で、AFM全部の処置をした場合と同様に土壌の有機物質と水分の含有量を効果的に増加させ、短期的な土壌強度の低下をもたらした。AFM処置による効果の内容は、それぞれの作業現場で異なった。現場では、場所各々のニーズに合わせて、作業員は原料、テクニック、処置頻度を色々試すべきである。しかし結論的に言うと、多角的アプローチでの土壌改良処置は、都市部でしっかりと根を張っている樹木下の圧縮された土壌状態を改善するために高樹木管理職人が用いることのできる効果的な方法である事が明確である。」

(次から引用：「都市部の樹木を対象とした、圧縮土壌とその改善プロセスの評価」ケルビーファイト、E. トマス スマイリー、ジョン マッキンタイヤー、クリスティーナ E. ウェルズ共著。2011年11月発行、樹芸と都市部林業37巻6号、著作権 国際樹芸学会)



## ガードエア コーポレーション製造のAirSpade®



この研究は、都市部において、AFM処置全てを施した樹木に最善の結果が認められたという結論を出しました。F.A. パートレット樹木専門会社と共同で行われたこの研究調査を進める上でAirSpadeは重要な役割を果たしました。こういった共同研究が空気鋤使用テクニックや応用法の開発をもたらし、AirSpadeのデザインにも影響を与えました。

### テクノロジーの研究と開発

空圧掘削を効果的に行う鍵となるのは (1) 空気排出ノズルのデザイン、(2) 人為的要因、(3) 備え付け義務のある安全装置、です。

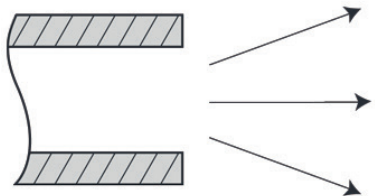
空圧掘削機器の技術開発は圧縮空気を土壌に直接噴射した場合にどのような効果が出るかをよく理解する事から始まります。土壌は粘土、砂、沈泥、石、そして時には有機物質といった固体粒子が層を作らず混合したものです。粒子間には空気または水が含まれています。圧縮空気を近距離から土壌に噴射した場合、圧縮空気は粒子間に侵入して膨張し、瞬時に土壌を砕きます。通気性のないもの、例えば、金属、プラスチックパイプ、ケーブル、そして木の根も影響を受けることはありません

### ノズルのデザイン

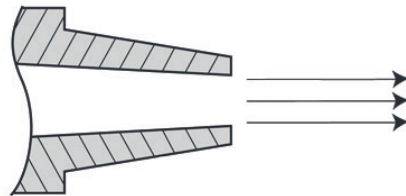
AirSpadeは、土壌に噴射する圧縮空気のパフォーマンスを最も効率よくするためには、圧縮空気の噴射速度（そして結果的には威力）を最大にし、噴射空気流の焦点を小さく絞ることが重要だと気づきました。その結果、圧縮空気を高速で焦点を絞った空流に変化し、音速の二倍であるマッハ2の速度で噴射するスーパーソニックノズルの開発に至りました。AirSpadeは圧縮土壌でのパフォーマンスがよく、掘出すレートも早く、圧縮空気（コスト高）の使用量も少なく効率よく作動するため、通常のノズルを備えた他の空圧掘削機器を使用した場合より現場での作業時間を短縮します。土壌強度にもよりますが、記録によるとAirSpadeの掘出し速度は分速0.028~0.042m<sup>3</sup>で、手で掘る2~3倍の速さであり、時間の押したプロジェクトにも傷つきやすい根系を保護しつつ効率よく対応できます。



**スーパーソニックノズル:** 地面にかけられたストレス（単位面積当たりの威力）により土が砕ける。この威力を狭い面積に集中することで、より早く、効果的に土壌を掘ることができる。この図に示すように、AirSpadeのスーパーソニックノズルから噴射された集中した空流に比べ、パイプの穴や一般的なノズルから噴射された空気は単位面積の3～4倍に急速に拡張する。また、パイプや一般的なノズルはマッハ2より遅いスピードで空気を噴射する。この事により、スーパーソニックノズルは他の空噴流をはるかに上回る性能を備えている。



パイプの穴やデザインの悪いノズルから噴射された空流は拡張する



Airspade のスーパーソニックノズルから噴射された集中した空流

## 人為的要因と安全性

スーパーソニックノズルに加え、デザインのよい空圧掘削機は、人間工学的なデザイン、操作性、そして何よりも安全性を備えている必要があります。圧縮空気は強力で危険性のある道具であるため、機器のデザインはマッハ2の空流と最高で200psiに至る空圧に耐えられるよう、頑丈に設計されている必要があります。また、空圧掘削作業は地中に埋められた電線の近辺で行うことが多いため、高圧電流を妨げる防具を備えていることが不可欠です。

AirSpade はこれらの条件を満たし、下記の特徴を備えています。

- ・ 軽量で人間工学的にデザインされ、柔らかいゴムの滑り止めカバーのついたアルミ製のハンドル
- ・ 柔らかいクッションで包まれ、自動停止装置を備えた長い引き金
- ・ 偶発操作を防ぐための鋼鉄製引き金ガード
- ・ 最適なパフォーマンスを確実にする為に不可欠な空圧ゲージ
- ・ 頑丈かつ軽量のファイバーガラスの胴体
- ・ 飛び散る土から作業者を保護する調節可能な土埃シールド
- ・ 特強ステンレス製スーパーソニックノズル
- ・ 「シカゴ」タイプの回転接続器具につなげられる直径1.9cm (3/4インチ)

FNPT 空気挿入口

## まとめ

過去30年以上にわたり、AirSpadeは樹木の健康管理や敷地建設のサービスを提供する樹木管理業者になくはならない道具となりました。AirSpade を利用した作業は、樹木と作業員両者にとって安全です。標準的な185cfmの牽引式圧縮機と一緒に使用した場合、AirSpadeは遠隔地における様々な作業で優れたパフォーマンスを発揮します。継続した技術開発、研究、そして実験活動を通じ、AirSpadeは高樹木管理者や他の使用者の要望に対応した新しいオプション、ノズルのサイズ、付属品の開発を継続して行っています。

# 予期して対応

景観設計の実践法と、樹木保護分野での新しい可能性

ジョー ウォーラー 著

景観設計士、RLA、ASLA、

スティーブン スティムソン アソシエイツ 景観設計事務所、所長

私達が手がけるプロジェクトに共通する達成目標として、出てくる可能性のある問題を予期して共同作業（顧客、請負業者、コンサルタント、園芸店、管理人）と長期にわたって成功するための対応策を練ることが挙げられます。樹木の新環境への定着や保護は複雑かつ動的な努力を要するもので、意図しない成長不良となった場合、これは残念ながら願ってるより頻繁に起こるのですが、それに対応して治療を施すためにはよく考慮された対応策と道具が必要です。これが景観デザインと、多数の器具と作業を必要とする建設作業における実情です。

都市環境と私用地の景観における樹木の重要性と価値は書見で十分に裏付けられた事実で、景観専門家に賛美されています。もっとも重要な点は樹木のもたらす社会的、環境的な利益です。住みやすさと都市部の環境は都市林の育成と保護に依存しています。樹木は二酸化炭素の吸収、酸素の放出、都市高温帯の削減、雨水管理を通じて重要な役割を果たします。世界中の人口集中部の人口密度が増加する今現在、これらの利点すべてが大変重要です。

現存の樹木を保護し、都市部に森林を育てることは、ローカルそしてグローバルにインパクトを与える景観職につく者の大切な任務です。樹木を保護、育成するための科学的知識は急速に進歩しており、景観関係職に就く者が焦点とする分野でもあります。遺産的樹木の保護・保存、園芸場で育てられた樹木の移植前処置、そして作業完了後に起こる問題への対応時に、私達が空気鋤の使用を指定することが増えてきています。

## 遺産的樹木の保存

私達は2006年以来、公園と住民財団（Parks and People Foundation）の新しい本部をボルチモア市のドルイドヒル公園内に建設するために、財団と共同に活動して来ました。この公園は、もともとはアーチェントローリー地区のジョージ ブキャナン邸の一部だったものを1890年にボルチモア市が購入したものです。この都心部に位置する公園はハワード ダニエルズとジョン ラトロープによりデザインされ、メリーランド州で最も古い森林の一部が含まれています。



**敷地設計図：**ボルチモア市アーチェントローリー テラスに位置する「公園と住民センター」、スティーブン スティムソン アソシエイツ のデザインによる。

私達が手がける作業現場内だけでも数多くの古い遺産的樹木があり、その中には地下鉄のモンダウミン駅近くにある公園の歩行者用表入口を位置づける、1.8mのキャリパールールで測定する程の巨大なユリノキ（*Liriodendron tulipifera*）が含まれます。

全ての樹木の位置を調査する事になっていましたが、この土地は20年以上も手入れがされていなかったため、足も踏み入れられないほど雑草が生い茂り野生化していました。その下生えをヤギの一群を導入して除去した後、公園と住民財団おほかえの高樹木専門職人が地域の子供達を従えて、各樹木の識別、評価、そして幹の太さと樹冠の広さの測定を行いました。ヤギを利用するのは、重要な根回りゾーン（クリティカル ルートゾーン：CRZ）での機器の使用を制限する、という私達がたてた樹木保護プランに対応して顧客側が考え出したアイデアでした。

CRZ内で行う作業全ては有資格の高樹木専門職人が監督し、土壌を掘る場合はAirSpadeでのみ行うこと、と指定しました。出来上がったデザインは現存の樹木を考慮し、最大限それらに差障りを与えないよう考案しました。





**ヤギで開拓:** 「公園と住民」はヤギを導入して、森林の数多くの巨大な役木を傷つけることなく土地に生い茂った雑草を除去しました。(写真提供はボルチモア サン新聞のメディス コーンによる、著作権2009年)

CRZ内での作業が必要であった場合は、厳密な手順が考案され実行されました。建設作業には、このプロジェクトの敷地と地下鉄の駅や近辺のコミュニティーをつなぐユリノキのすぐ横を通る歩道が含まれていました。

歩道の路盤と階段状基盤を建設するための土壌掘削は空気鋤を用いて行いました。これらの建設中に樹木の根系を露出することによって、根を適切に保護したり避ける事ができたのです。このプロセスによりここを訪れる人々が見事な巨大役木と対面することが可能になり、この公園の歴史と長寿性を意識してもらえる機会を与えているのです。

### 園芸場で育てられた樹木の移植前処置

園芸場は粒子の細かい沈泥と粘土を多く含む肥沃な沖積地に位置する場合があります。そういった土壌は一般的に水はけが悪く、植物の根系周囲に水分を保持するため、あまり水遣りをする必要がありません。その結果、園芸場で育成された植物を移植した場合、その根系が著しく縮小してしまいます。大抵の場合樹木はもっと目の粗く、水はけのよい建設現場の土壌（現存の土壌を改良したもの、または特別に用意された土壌）に移植されます。



**樹木調査:** 公園と住民財団おおかえの高樹木専門職人が地域の子供達と一丸となって、地域で最大な木を多く含み伸び放題になっていた森林の調査を行い、設計デザインおよび敷地とそこにある資源の保護のビジョンを立てることに貢献しました。

そうすると、根鉢部分の土壌と移植先用地の土壌の水はけ状態に違いがあるため、水遣りと養分提供の管理が困難となります。園芸場と現場の土壌要素をブレンドすることがその樹木の管理と長期間にわたる健康維持に大変重要です。

私達はF. A. バートレット樹木専門会社と共同で、ハーバード大学の5エーカーにわたる集約的な屋上庭園に植える演芸場用地もしくは鉢の中で育てられた植物の移植前処置を請け負っています。このプロジェクトの土壌科学担当のピン&スワロウ エンバイロメントは砂を高割合で含む水はけのよい特別な土壌ミックスをデザインしています。関係者全ての経験に基づき、AirSpadeを用いた園芸場の土壌を取り除く手順を考案中です。植物を現場の保留場に移動させ、そこでできる限り根鉢部の園芸場や植木鉢の土をAirSpadeで取り除いて根系を露出させ、根鉢部の土と特別に用意された土をブレンドさせる予定です。

この作業はF. A. バートレット樹木専門会社と移植請負作業人がこれらの植物を植えつける直前に行う予定です。園芸場と現場土壌の間にある水遣り頻度の違いを最小限にするのが目的です。この作業をすることで、後々問題となる交差している根や環状になっている根を除去し、健康な根系にすることも可能になります。





「公園と住人」、ボルチモア市: この写真は建設途中のものですが、この公園にはここを訪れる人の体験とこの公園のコミュニティにおける価値を定義つける数多くの大木が生えています。(写真提供はZiger/Snead, LLC. 建設事務所による)

### 建設作業終了後の救済処置

人の手で造られた景観は完璧ではなく、避けることができる問題を見逃してしまった場合、その問題が悪化してしまう事があります。経験する価値があり教育的である、でも苦痛な出来事を通じて、この事実を間々思い知らされます。私達がデザインしたマサチューセッツ州ケンブリッジ市の私邸でもそういうことがありました。

私たちはこの都市部にある住宅の通りに面する広い敷地沿いにアメリカブナ (*Fagus grandiflora*) の生垣を植えるよう指定しました。園芸場で枝振りがよく形の整った木を選び、それらに作業者と一緒に目印をつけました。これらの木は地面まできれいに葉が生い茂り私達の使用目的にぴったりのものでしたが、長年の耕耘作業によって木の幹の立上がり部分が平均で30cmも土壌に埋もれていた事に気づかなかったのです。

移植を成功させるための現場での準備を整えました。現場の土壌評価と水はけテストも移植前に行いました。現場の土壌は都市部に多い粒子の細かい補充用の土壌で、水はけ速度は遅いが容認される範囲でした。

それらの木々は私達が指定した通り、根鉢部分が最終的な地面の高さから少し高くなるように移植され、作業終了時には3.6mの高さの美しい生垣が出来上がりました。



ユリノキ (*Liriodendron tulipifera*): 「公園と住人」の作業現場には、この写真の木のような巨大な役木が数多くあります。この木も、適切な考慮を払う事なく作業をしていたら、建設作業過程で容易に重傷を負わせるか、損なってしまっていた事でしょう





ハーバード大学神学部、ロックフェラー ホール：樹木が景観に与える社会的、経済的利益を最近の顧客や意思決定者はよりよく認識しています。この事実と空気鋤などの先進的技術により、以前は採算が合わない、建設プロジェクトの作業制約内では取り組む事が不可能だ、と判

断されたであろう樹木の保護もできるようになりました。  
(スティーブン スティムソン アソシエイツ が写真提供)





**ケンブリッジ市の住宅:** 移植前のアメリカブナの生垣。適切に植えつけたにも関わらずこれらの木々は衰退し、幹の立上り部分が沈下し、生垣部の土壌の水はけも悪くなりました。担当の高樹木専門職人は救済処置として幹の立上り部分と排水孔の掘出しを実行、それ以降この木々は健康に育っています。

それらの木々は一年目は問題なく過ぎました、これは園芸場で育てられた大抵の植物に見られます、しかしその後二年目に徐々にストレスと衰退の兆候が見受けられるようになりました。

F. A. バートレット樹木専門会社に衰退の原因を解明するよう依頼したところ、頻繁すぎる水やりと水はけ速度が遅いことにより土壌が飽和状態にある事が分かりました。しかしより重大だったのが、幹の立上り部分の植え方が深過ぎたため、樹木のガス交換が制限されていたことです。F. A. バートレット樹木専門会社から、マルチと表土を大幅に取り除き、木々の幹の立上り部分を露出させ、植えつけてある土壌とその下層部に至る排水孔を掘り（この作業は垂直マルチングとも呼ばれます）水はけを良くすることが提案されました。土壌を取り除く作業と排水孔の掘出しは、木に与える影響を最小限にとどめるため空気鋤を使って行いました。この救済処置を施した後に継続的管理プログラムを実行し、その結果8年後の今、この木々は健康に生い茂っています。

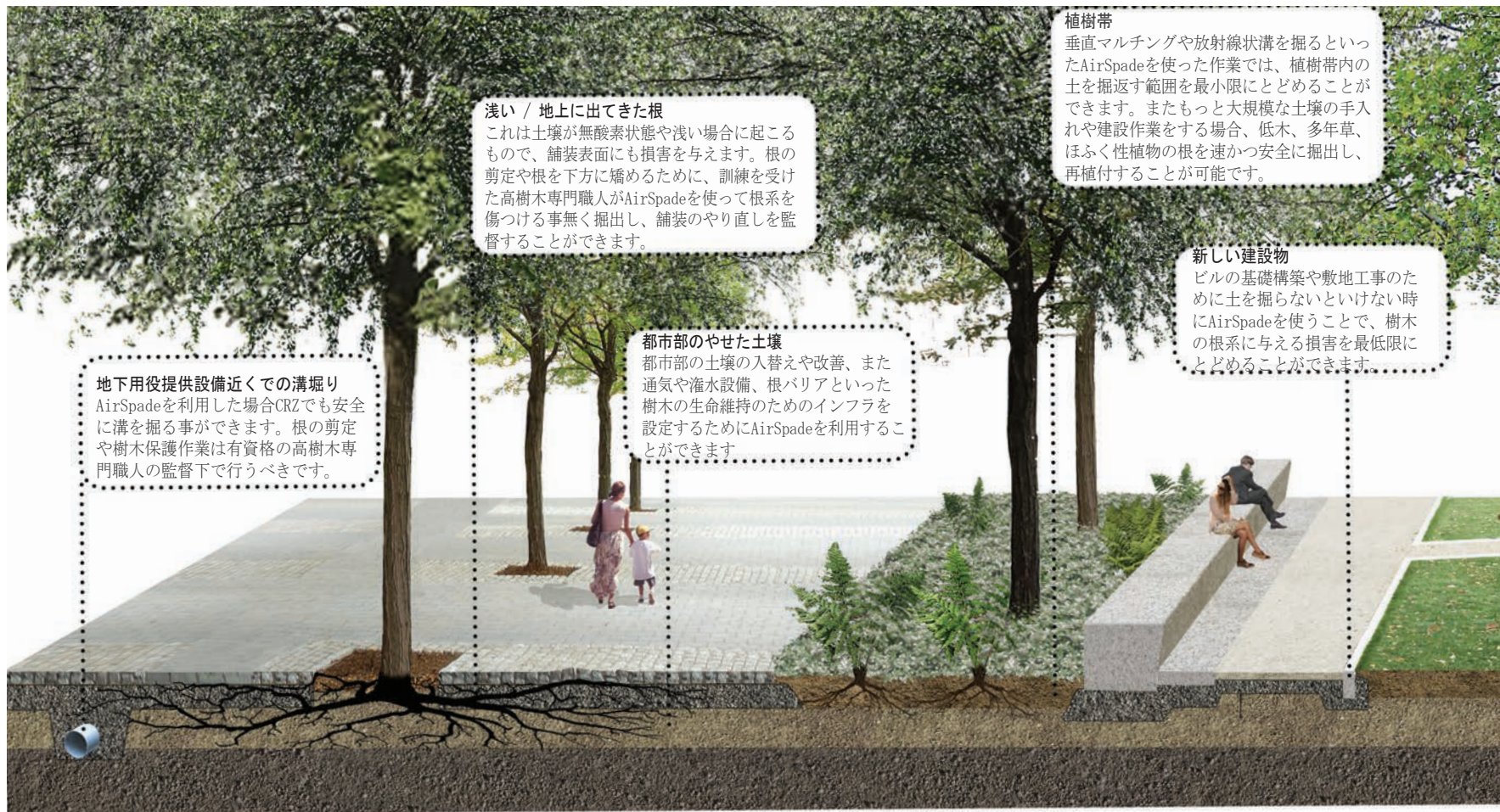


**ケンブリッジ市の住宅:** アメリカブナの生垣は広い庭と花壇を囲むために植えられました。

## まとめ

圧縮空気を用いた土壌堀削により、自然遺産的樹木の近辺の景観デザインをすることや、問題に対応する際に土を掘返す範囲を最小限に抑えつつ最大限の効果を得ることが可能となりました。私達のプロジェクトの考案過程、保護作業中、そして事後救済処置実行のそれぞれの段階において、景観業の第一人者達と共同作業できることは大変幸運なことです。樹木全般の保護と拡大は私達個人と私達の仕事にとって非常に重要な課題です。この野望は、圧縮空気を用いた穴掘り技巧と技術、継続されている科学的研究、そして各専門家が第一線で積んでいる経験から多大な恩恵を受けています。





**浅い / 地上に出てきた根**  
 これは土壌が無酸素状態や浅い場合に起こるもので、舗装表面にも損害を与えます。根の剪定や根を下方に矯めるために、訓練を受けた高樹木専門職人がAirSpadeを使って根系を傷つける事無く掘出し、舗装のやり直しを監督することができます。

**植樹帯**  
 垂直マルチングや放射線状溝を掘るといったAirSpadeを使った作業では、植樹帯内の土を掘返す範囲を最小限にとどめることができます。またもっと大規模な土壌の手入れや建設作業をする場合、低木、多年草、ほふく性植物の根を速かつ安全に掘出し、再植付することが可能です。

**地下用役提供設備近くでの溝掘り**  
 AirSpadeを利用した場合CRZでも安全に溝を掘る事ができます。根の剪定や樹木保護作業は有資格の高樹木専門職人の監督下で行うべきです。

**都市部のやせた土壌**  
 都市部の土壌の入替えや改善、また通気や灌水設備、根バリアといった樹木の生命維持のためのインフラを設定するためにAirSpadeを利用することができます。

**新しい建設物**  
 ビルの基礎構築や敷地工事のために土を掘らないといけない時にAirSpadeを使うことで、樹木の根系に与える損害を最低限にとどめることができます。

## 重要な根回りゾーン（クリティカルルートゾーン、CRZ）：問題点と応用法

AirSpade といった圧縮空気で作動する機器を利用することで樹木の重要な根回りゾーン（Critical Root Zone, CRZ）での穴掘り、土壌管理、樹木の健康管理をすることが可能になります。空気鋤は樹木の健康に明らかに利益を与えるので、プロの高樹木専門職人が好んで使用する機器となっています。機械を使った穴掘り技術と違い、空気鋤は樹木のデリケートな根系を傷つけることなく土壌を効率よく除去したりほぐしたりします。AirSpadeの使用を指定する一般的な理由はいくつかありますが、それら全てが貴重な土着樹木がある場所での景観管理や建設作業に新しい可能性をもたらしてくれるものなのです。

### 根回りでの土壌管理

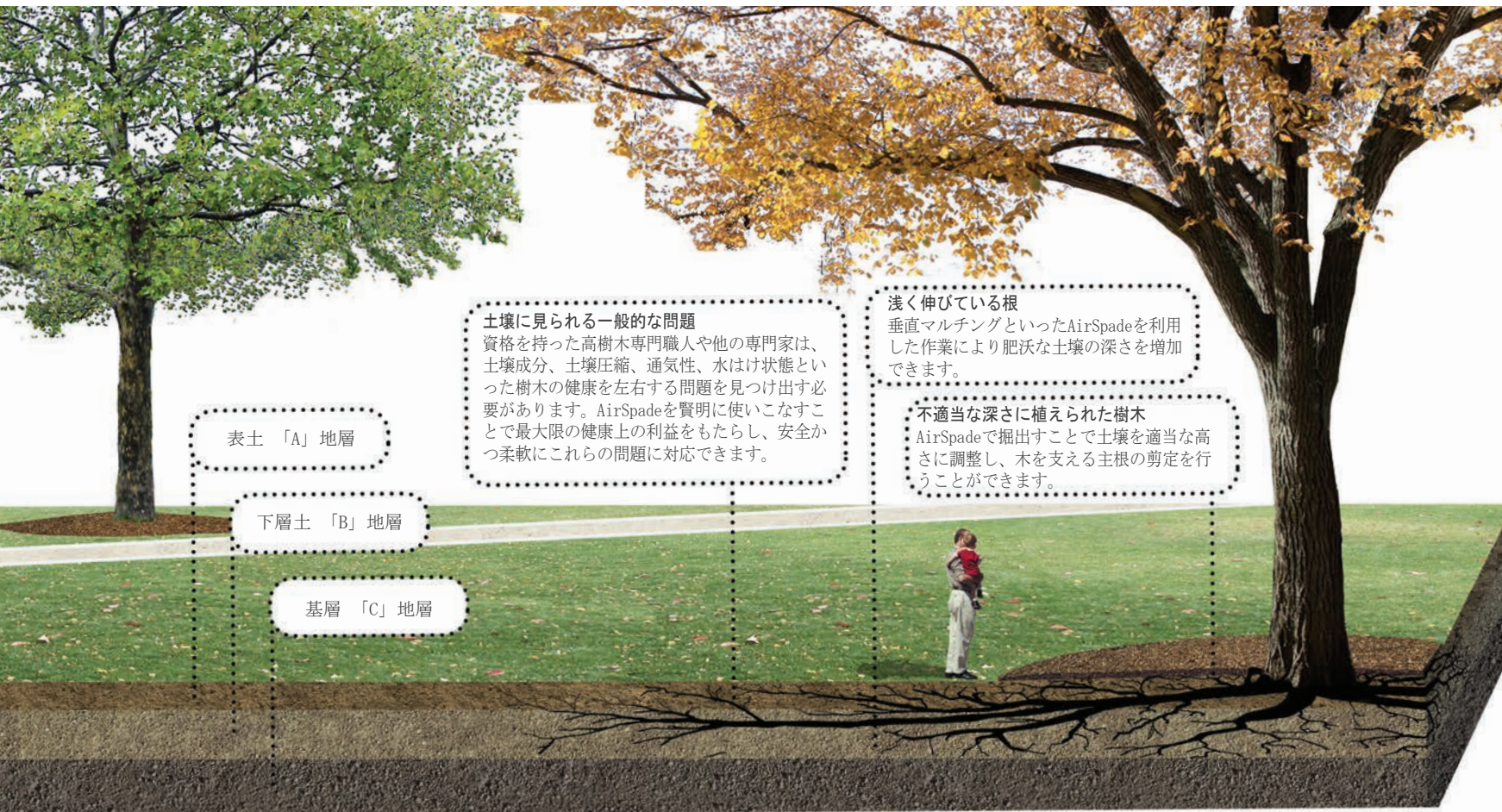
踏み固まっている、水はけが悪い、通気性がない、構成粒子または化学的成

分のバランスが悪いといった、樹木の健康に良くない多様な土壌状態はAirSpadeを利用して改善することができます。各現場の具体的な状態と有資格の高樹木専門職人による正確な評価に基づき、空気鋤を使った様々な処置法から適切なものが選択されます。圧縮空気を使った耕耘、放射線状の溝掘り、そして垂直マルチングは土壌管理時によく実行される処置の一例です。各々の処置は単独でも踏み固まった土壌をほぐすことができ、樹木の健康に著しい利益をもたらします。またこれらを土壌改良を実施するための方法として利用することもできます。

### 土壌の入替え

樹木がやせた土壌に植えられている場合と現存の樹木の周りで新たに景観建設工事が行われる場合には土壌を入替えることが望まれます。例として、都





市部の樹木が植えられた貧困土壌や、人通りの多い芝地に導入する砂をベースにした土、または表面侵食防止のために補強された土が挙げられます。圧縮空気による耕耘、全体的、または部分的根系の掘出し、そして土壌混合といった作業がこの様な場合に最適です

### 根系構造の矯正

樹木の根系を矯正する事はAirSpadeを使った重要な作業のひとつです。よく見られる問題には樹木の植え方が深過ぎたために環状に伸びた根、樹木の陥没もしくは根元での土壌堆積、肥沃土壌が浅いために地上に出て来た根、制限された育成スペースがあります。これらの問題はやせた土壌、生育範囲が限られる植柵、土壌の通気性を制限し適切な植付システムが装備されてない場合に根で持ち上げられてしう舗装、といった都市特有な状態により悪化し

**浅く伸びている根**  
垂直マルチングといったAirSpadeを利用した作業により肥沃な土壌の深さを増加できます。

**不適当な深さに植えられた樹木**  
AirSpadeで掘出すことで土壌を適当な高さに調整し、木を支える主根の剪定を行うことができます。

ます。圧縮空気を使った耕耘を行うことで、根系の欠陥点と不適切な植付状態を簡単に見つけることができます。根系構造を修正する為に最も一般的に行われる作業は、幹の立上がり部分の掘出し、根の剪定、根系の掘出し・露出です。

### 建設作業のための特別な掘起こし作業

適切な考慮なしでは、基礎工事、舗装工事、用役提供地下設備の建設や管理工事をする際に、樹木の重要な根回りゾーンが過剰な損傷を受けることがあります。AirSpadeで必要な掘起こし作業を行った後、高樹木専門職人が必要に応じて根の剪定と矯正を行い、建設作業中および終了後の樹木の保護を監督します。



# 作業用地の一般的な準備事項

AirSpadeを用いたプロジェクトの成功のためには、適切な現場準備、樹木保護、そして安全確保のための作業手順が欠かせません。

AirSpadeを使用する前に、樹木の全体的な健康状態を把握することが重要です。資格を持った高樹木専門職人を含めたプロジェクトチームが影響を受ける樹木の健康診断を行い、作業開始のかなり前から適切な水遣りと健康管理を確実に行うべきです。樹木が、寒さ、損害、日照り、害虫に特に敏感な場合は、作業終了後にも健康管理処置を行うよう予定をたてるべきです。

AirSpadeを使用する際には土壌水分量検査を行って、水分量が飽和量に近いが飽和はしていないことを確認することが重要です。土壌が乾燥しすぎている場合は過剰の土埃がたち、水分が多すぎる場合はAirSpadeを使用することで泥が飛び散り土壌構造が破壊されてしまいます。AirSpadeの作業内容によっては、まず芝生や他の植物を取り除かなくてはなりません。作業場の芝生はAirSpade作業のかなり前に除草剤をまくか、作業開始直前に除去します。低木やほふく性植物はその場に残しておくか一時的に移動させます。

作業場での保護プランを作業開始前に景観設計士と共同で立てるべきです。建設現場で作業をする場合は、重要根回りゾーンでの交通を制限するために樹木保護柵を建てるのが賢明です。飛び散った小石や他の粒子は7.5m、もしくはそれ以上の範囲にいる人や建物などに損害を与える可能性があります。ベニヤ板や布でできた保護バリアは必要に応じて作業時に移動するか、作業場全体に固定設定します。

AirSpadeのような圧縮空気を利用した機器を使用する際、作業員や作業場近辺にいる人や建物などの安全確保が最も重要です。これらの機器を使用するためには訓練を受ける事とこの本で網羅した内容以上の知識が必要です。機器製造メーカーによる最新の安全手順と操作説明書を必ず常時参考にしてください。

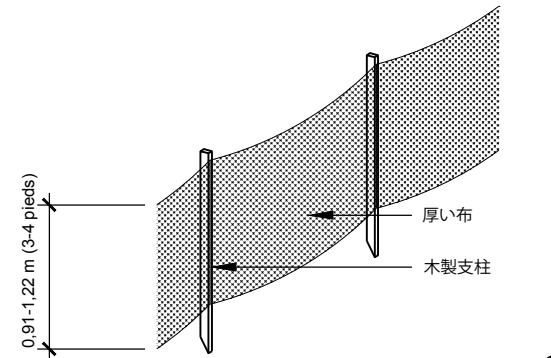
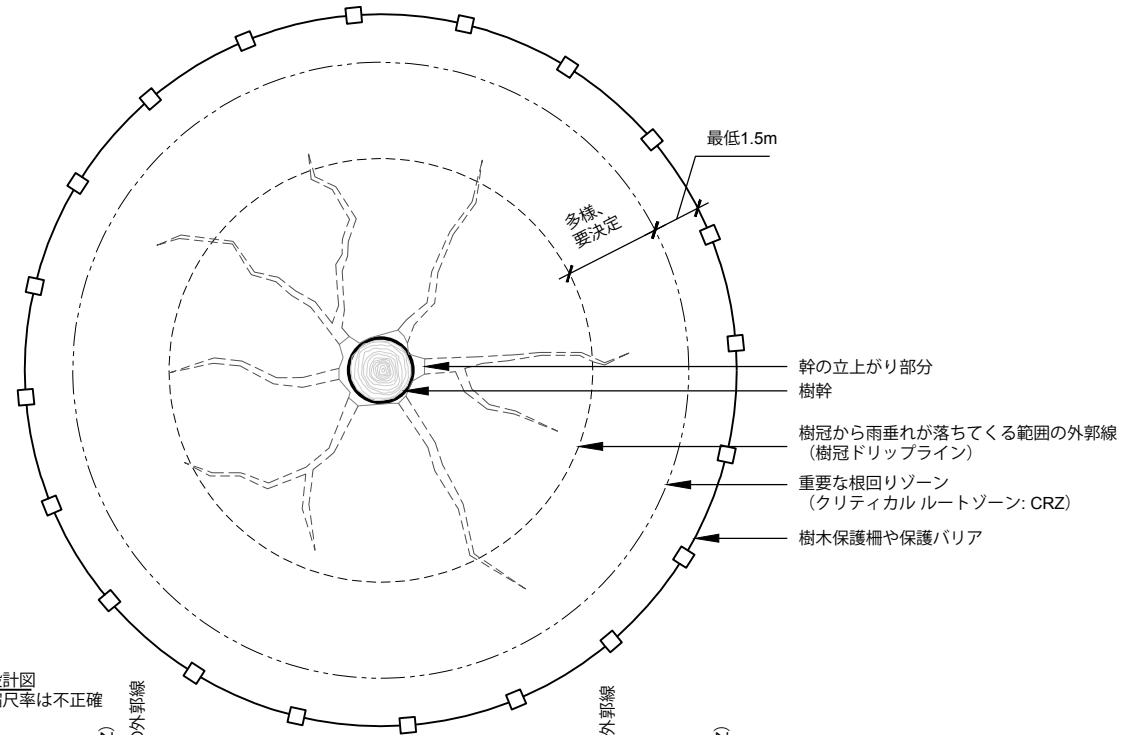
**写真上:** どの作業現場においても、樹木の保護は基本的かつ重要な準備作業です。多くの作業現場では重要な根回りゾーン (CRZ) や、樹木価値評価基準により予め決められた損害賠償金(罰金)といった保護対策が明確に定義されます。そうすることで作業請負業者がプロジェクトの目的を容易に達成できるよう保障することになります。(SSAが写真提供)

**写真下:** AirSpadeは高速度で土壌粒子を飛び散らせます。作業員は適切な作業着を着用し、歩行者や近辺の建物などへの損害を防ぐようバリアを設定すべきです。

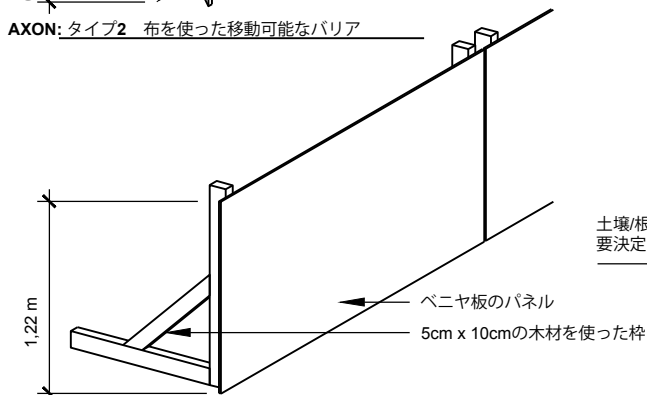


注釈:

1. 重要な根回りゾーン(クリティカル ルートゾーン: CRZ)は高樹木専門職人、そして景観設計士により設定される。CRZがドリップライン(樹冠から雨垂れが落ちてくる範囲の外郭線)の内外になるかは企画目的、現在と将来の樹木の根の伸び方、そしてその他の現場状況に左右される。全ての土建業者は作業全般にてCRZを保護し、維持すべきである。CRZ内での全ての作業は高樹木専門職人が管理しなければならない。
2. 特に指定されない場合、樹木保護柵は高さ182cm(6フィート)、支柱を地面に打ち込んだ鉄鋼チェーンリンクフェンスを使用。樹木の根を傷つけないこと。CRZ内に柵を設定する必要がある場合は、地面上設置の支柱アンカーの使用は認める。
3. 作業内容によっては、AirSpadeを使用する範囲の芝生は事前に除草剤で除去する必要がある。他の植物はそのまま残しておくが、景観設計士の指示に従って一時的に移植して保護する必要がある。
4. 高樹木専門職人や他の土建業者は、作業現場内外での人員、現場場所及び所有物の安全を確保するために必要な保護バリア全般を用意し維持する責任がある。
5. 作業の全ては資格を持った高樹木専門職人、または認定作業請負業者の管理下で行うこと。作業開始前に樹木が健康であり、普段以上のストレス下にあることを確認すること。
6. 作業全般を通し、樹木と根を保護すること。CRZ内ではAirSpadeまたは手でのみ土を掘る必要がある。樹木の損傷状況を作業開始時から終了時まで継続的に調べ、記録すること。損傷賠償は事前に同意した条件に従って行う。付録の作業内容仕様欄を参照。
7. 作業中は土壌の湿度を適度に保つ必要がある。土壌湿度は水分保持容積限度近くであるべきだが、飽和状態でないことが必要で、AirSpade使用前に土壌水分検査に合格する必要がある。必要に応じて作業開始前と終了後24時間以内に手で樹木に水やりをすること。作業中に露出された根は覆いをかぶせ、必要に応じて水やりをすること。
8. 資格を持った高樹木専門職人が樹木の全体的な健康状態を調査、報告書を作成して、作業開始前、作業中、作業終了後に必要な樹木の補助的ケアの提案を行うこと。
9. 穴掘り始める前に、電話番号811番(米国)または地域の担当管理機関に連絡を取り、現存の用役提供設備の場所を確認すること。作業中を通してこれらの用役提供設備を保護し、それらに損害を与えた場合は所有者に金銭的負担をかけることなく修理をすること。
10. 追加情報は、付録の作業内容仕様欄を参照。安全性の確保と使用方法はメーカーの説明書も参照すること。

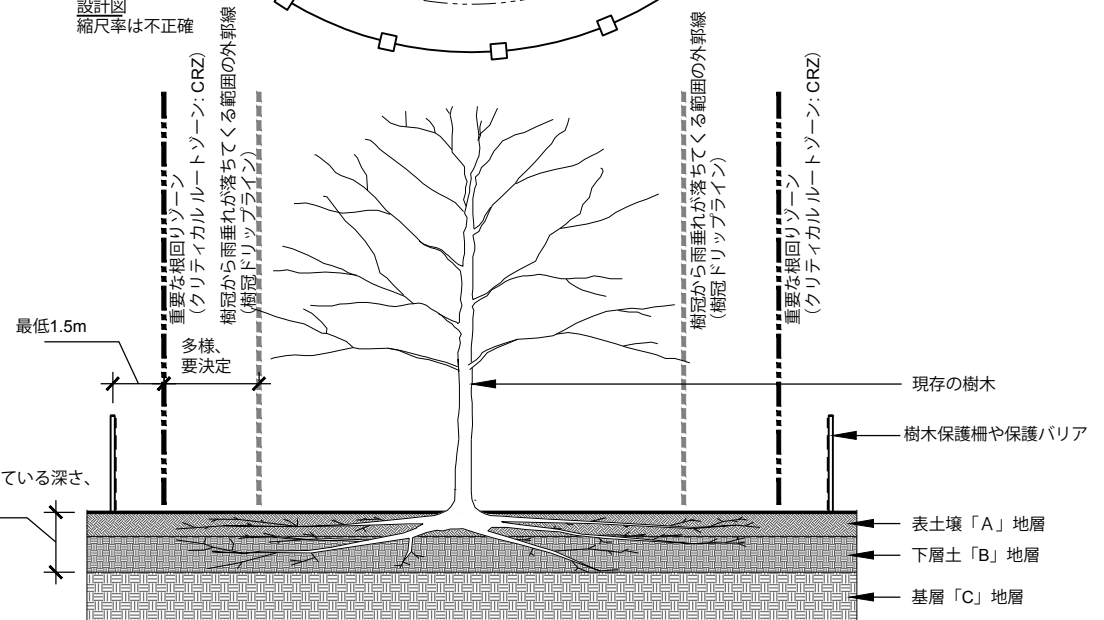


AXON: タイプ2 布を使った移動可能なバリア



AXON: タイプ1 ベニヤ板を使ったバリア

設計図  
縮尺率は不正確



横断面図  
縮尺率は不正確

1.1

保護バリア

0,635 cm = 30,48 cm

1.0

AirSpade使用時に必要な作業現場の準備と保護設備

0,635 cm = 30,48 cm



# 圧縮空気による耕耘 (根の活性化)

圧縮空気による耕耘作業の対象として最も適しているのは、浅い範囲で土壌が圧縮したために衰退している高樹木や低木（大抵の場合、歩行者による利用や交通車両からの振動が原因）、表土がやせているため根が元気に育っていない（有機物、栄養素、有益微生物や通気性を欠く）高樹木や低木です。木の根の大部分は酸素と栄養素が最も豊富な地表近くに伸びているので、根の健全で一様な成長を促すためには空圧耕耘が最適です。15~20cm以上の深さまで達する必要がある場合は、空圧耕耘と同時に放射状の溝堀や垂直マルチングといった他の作業を行うことが可能です。

空圧耕耘作業は単独でも樹木の健康に著しい利益を与えますが（砕土と通気により）、この作業は土壌改良のためにもよく行われます。空圧耕耘は作業範囲の土壌を均等に扱うため、栄養素や有益微生物といった有機物を表土に混同する為に好んで用いられます。このような土壌改良処置は業界内ではよく根の活性化と呼ばれ、根の成長を促し樹木の健康状態を全般的に向上する事が証明されています。他の樹木の健康管理技術と同様、同一の作業プランが全ての樹木に当てはまる訳ではありません。景観設計士、有資格の高樹木専門職人、そして土壌科学者といった他の専門家と共同して各プロジェクトに最適な作業過程を決めることが重要です。

空圧耕耘は樹木の幹を中心に、半径1.5mからドリップライン（樹冠から雨垂れが落ちてくる外郭線）近くまで、もしくはそれを越えた範囲で行われるのが一般的です。広範囲で行うほど効果が高いのが普通です。決められた作業範囲の芝生やマルチを除去することから始めます。その次にAirSpadeを使って土壌を耕耘します。作業者はAirSpadeを秒速0.3~0.6mで直線的に、または円を描くように動かして土壌が目で見える程ほぐれるまで作業を続けます。土壌が非常に硬く、もしくは深部まで圧縮されている場合は何度か作業を繰り返さなくてはならないこともあります。空流を地面に垂直に当てるためにAirSpadeを垂直に構えます。先端を地面下に保持することで騒音をかなり減少することができます。一度耕耘した後、指定された土壌改良材を耕された土壌上に均等に散布します。次に土壌を耕耘したときと同じ動作で、同じ深さまでAirSpadeを使って土壌改良材を混合します。最後に有機マルチ（大抵の場合、木片が適当）で地面を5~10cmの厚さまで覆います。空圧耕耘の後、土壌は多孔性になり乾燥しやすいため、監視と水遣りが継続的に必要な場合があります。



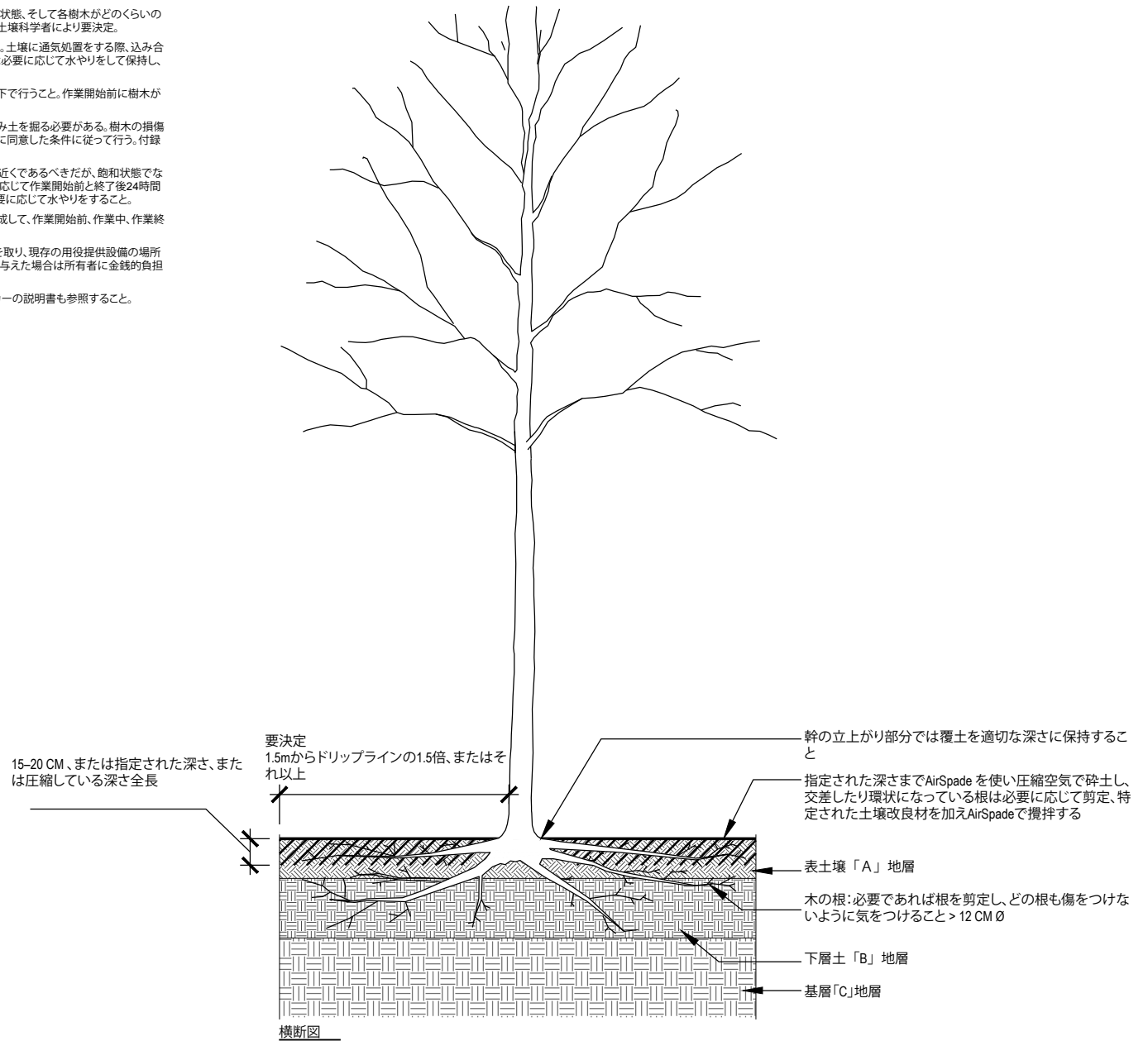
**上:** 訓練を受けた作業員が巨木の根周りをAirSpadeを使って耕耘。空圧耕耘は高樹木専門職人が樹木の植わっている土壌や根系の状態を調査したり、幅広い根系の健康管理作業を実行するために役立ちます。

**下:** 空圧耕耘した後、指定された土壌改良材（この写真では無農薬有機腐葉土）を耕された土壌上に均等に散布します。次に土壌を耕耘したときと同様にAirSpadeを使って土壌改良材を混合します。



注釈:

1. 土壌通気処置を行う深さと土壌改良処置は、作業場の初期調査結果、各作業場の状態、そして各樹木がどのくらいの治療を必要としているかに基づき、景観設計士、有資格の高樹木専門職人および土壌科学者により決定。
2. AirSpadeを使用する範囲の芝生はすべて事前に除草剤で除去する必要がある。土壌に通気処置をする際、込み合っている植物はAirSpadeを使って根を露出させ、掘り出す。掘出した植物は必要に応じて水やりをして保持し、作業終了時には必ず再度植え付けるか、代わりの植物を植えること。
3. 作業の全ては資格を持った高樹木専門職人、または認定作業請負業者の管理下で行うこと。作業開始前に樹木が健康であり、普段以上のストレス下でないことを確認すること。
4. 作業全般を通し、樹木と根を保護すること。CRZ内ではAirSpadeまたは手でのみ土を掘る必要がある。樹木の損傷状況を作業開始時から終了時まで継続的に調べ、記録すること。損傷賠償は事前に同意した条件に従って行う。付録の作業内容仕様欄を参照。
5. 作業中は土壌の湿度を適度に保つ必要がある。土壌湿度は水分保持容積限度近くであるべきだが、飽和状態でないことが必要で、AirSpade使用前に土壌水分検査に合格する必要がある。必要に応じて作業開始前と終了後24時間以内に手で樹木に水やりをすること。作業中に露出された根は覆いをかぶせ、必要に応じて水やりをすること。
6. 資格を持った高樹木専門職人が樹木の全体的な健康状態を調査、報告書を作成して、作業開始前、作業中、作業終了後に必要な樹木の補助的ケアの提案を行うこと。
7. 穴掘を始める前に、電話番号811番(米国)または地域の担当管理機関に連絡を取り、現存の用役提供設備の場所を確認すること。作業中を通してこれらの用役提供設備を保護し、それらに損害を与えた場合は所有者に金銭的負担をかけることなく修理をすること。
8. 追加情報は、付録の作業内容仕様欄を参照。安全性の確保と使用方法はメーカーの説明書も参照すること。



2

AirSpadeを使った、圧縮空気による耕耘  
0,635 CM = 30,48 CM

# 放射状の溝掘り

放射状の溝をAirSpadeで掘ることは、土壌の構成成分の改良、通気性の改良、根の成長をある程度の深さまで（一般的に25～30cmかそれ以上）促すことを目的に行い、樹木が植えられている土壌が過剰に層状になっている場合、栄養を含む土壌層が浅い場合、または土壌の通気性が悪い場合に特に効果的です。またこの作業法は木の植えてある場所で土を掘り起こす範囲を最低限に抑えたい場合に役に立ちます。

放射状に溝を掘ることで、幹から遠方まで木を支えている主根の間にも深い根の成長を促すことが分かっています。各プロジェクトごとに適切な土壌改良対策を立てることが重要です。放射状に溝を掘る作業による土壌改良作業は空圧耕耘のように均一ではないので、適切な考慮を払わないと栄養成分が望ましくない濃度で供給されてしまう可能性があります。ですので、現存の土壌に合った土壌改良材を慎重に選ぶことが重要です。空圧耕耘を放射状の溝掘り作業と同時にを行う方が良い結果が出ることがあります。例えば、放射状に掘った溝内部の土壌では、通気性をよくするために多孔質な無機物質（砂など）を高割合で加え、さらに表土は空圧耕耘（根の活性化）作業で有機栄養素を高割合で均一に混合するのが適切である場合が考えられます。また、やせた土壌に生えていて生存が危うい成熟した樹木は長期計画が必要なことがあり、放射状の溝を掘る作業を何年かに渡って何度も行い徹底した土壌改良を行うという例も考えられます。

放射状に溝を掘る作業はドリップライン内、もしくはそれ以上に至るまでの範囲全体を通して行うことを薦めます。範囲内の芝生や植物を除去し、掘る溝のパターンが決められたら（地面に目安になる線を引くとよい）、溝掘り作業を開始します。作業者は指定された深さまで土を掘るために30° から45° で持ったAirSpadeを継続的に動かし、左右に掘り進めることで溝の幅をコントロールします。新しい溝を掘る際には、近くの溝が埋まらないようそれらをベニヤ板で覆うとよいでしょう。掘った土は、取り出して改良材を混ぜるか新しい土と入替える、または掘ったその場で改良材と混ぜることができます。土壌を入れ替える際にAirSpadeを使うことで現存と新しい土壌を混ぜ、また根の周りの空洞を埋めることができます。

直線に溝を掘る作業は放射状に溝を掘る作業の一種で、溝を放射状ではなく平行な列状に掘ります。この方法は植樹帯や木が狭い間隔で植えられている場所に適しています。放射状に溝を掘る作業に似たもう一つの作業は、選択した主根を避けず意図的にそれらを露出するように溝を掘る根に沿った溝掘り作業です。根系が土壌深部に伸びて行き、舗装表面下を通して隣接の植栽用土壌へ届くよう矯正する際や、根上がりバリアを設定する際にこの作業をよく行います。



この道路脇に植えられた木の周りでは、環状になった根を剪定し根が深部へ成長するようにするために、放射状の溝掘り作業と幹の立ち上がり部分の掘出しが同時に行われました。



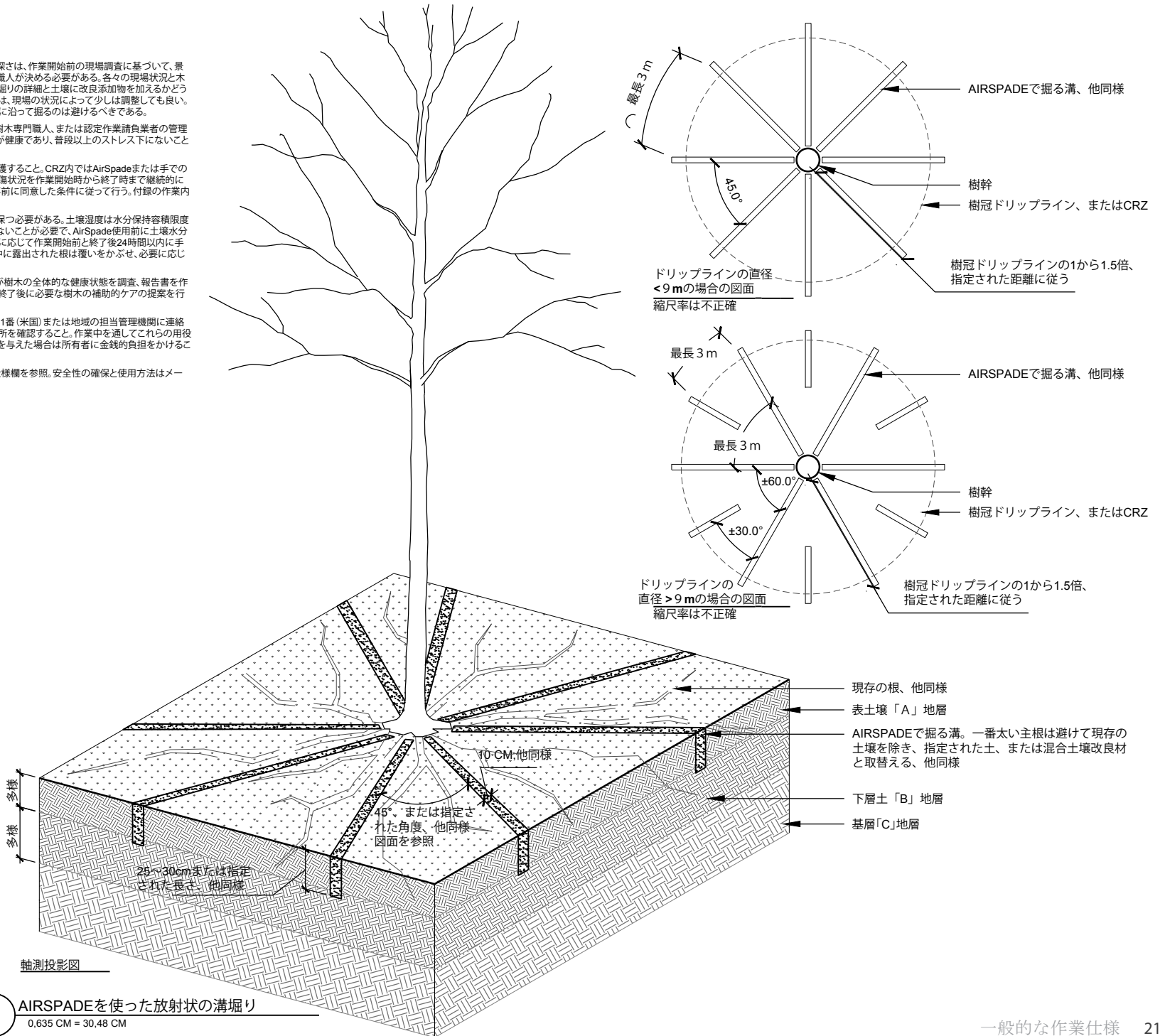
圧縮され過度に層状になっている土壌はAirSpadeによる放射状の溝掘り作業では掘ることができ、根系の成長を促します。



空気鋤で溝を掘った後、新しい土や改良材を加えた土で溝を埋めます。

注釈:

- 放射線状に掘る溝の間隔、幅、深さは、作業開始前の現場調査に基づいて、景観設計士や有資格の高樹木専門職人が決める必要がある。各々の現場状況と木の医療ケアニーズに基づいて、溝幅の詳細と土壌に改良添加物を加えるかどうかを決める。実際に溝を掘る場所は、現場の状況によって少しは調整しても良い。溝は根の間に掘り、一番太い主根に沿って掘るのは避けるべきである。
- 作業の全ては資格を持った高樹木専門職人、または認定作業請負業者の管理下で行うこと。作業開始前に樹木が健康であり、普段以上のストレス下でないことを確認すること。
- 作業全般を通し、樹木と根を保護すること。CRZ内ではAirSpadeまたは手でのみ土を掘る必要がある。樹木の損傷状況を作業開始時から終了時まで継続的に調べ、記録すること。損傷賠償は事前に同意した条件に従って行う。付録の作業内容仕様欄を参照。
- 作業中は土壌の湿度を適度に保つ必要がある。土壌湿度は水分保持容積限度近くであるべきだが、飽和状態でないことが必要で、AirSpade使用前に土壌水分検査に合格する必要がある。必要に応じて作業開始前と終了後24時間以内に手で樹木に水やりをすること。作業中に露出された根は覆いをかぶせ、必要に応じて水やりをすること。
- 資格を持った高樹木専門職人が樹木の全体的な健康状態を調査、報告書を作成して、作業開始前、作業中、作業終了後に必要な樹木の補助的ケアの提案を行うこと。
- 穴掘り始める前に、電話番号811番(米国)または地域の担当管理機関に連絡を取り、現存の用役提供設備の場所を確認すること。作業中を通してこれらの用役提供設備を保護し、それらに損害を与えた場合は所有者に金銭的負担をかけることなく修理をすること。
- 追加情報は、付録の作業内容仕様欄を参照。安全性の確保と使用方法はメーカーの説明書も参照すること。



3 AIRSPADEを使った放射状の溝掘り  
0,635 CM = 30,48 CM



# 垂直マルチング

AirSpadeによる垂直マルチングは根回りゾーンの圧縮された土壌を土壌深部までほぐし、土壌を改良する目的に行われます。この作業は浸透性のない土壌、または土壌が浅く水はけが悪い場所、また多年生やほふく性植物が植えられていてそれらを乱雑にする作業を最小限にとどめたい場所に適しています。

垂直マルチングによる通気性改善処置と土壌改良は根が土壌深層部まで伸びることを促進し、その結果樹木の安定性と肥沃な土壌の容量を増加することになります。垂直マルチングは深層部の土壌資質に影響を与えるため、浅い表土、硬土層、無酸素状態や、その他やせた土壌のある場所に薦められます。

土壌改良対策は適切であることが重要で、各々のケースに合わせて計画をたてるべきです。垂直マルチングを行うことで栄養素や有機肥料が望ましくない濃度に濃縮されたホットスポットができることがあり、健康で均一な根の成長を妨げる恐れがあります。ですので、親和性のある土壌改良材を使用するか、現存の土壌に混合することを薦めます。さらによい結果を出すためには、垂直マルチングを複数の生育期に渡って何度も行うことが可能です。

根の周囲にある土壌に施す他の処置と同様に、垂直マルチングもドリップライン内もしくはそれを越えた範囲全域で行うのが望ましいです。レイアウト、目標とする深さ、穴のサイズが決定されたら、空気鋤での作業を開始します。作業者はAirSpadeのノズルが地面近くになるよう垂直に持ち、引き金を引きながらゆっくりと地面に押し込みます。抵抗力を感じたらゆっくりと道具を引き出し、掘出した土を穴の中から除いて再度道具を挿入します。掘出した土は集めて除去するか、穴を埋めるために使う前に改良材を混ぜます。

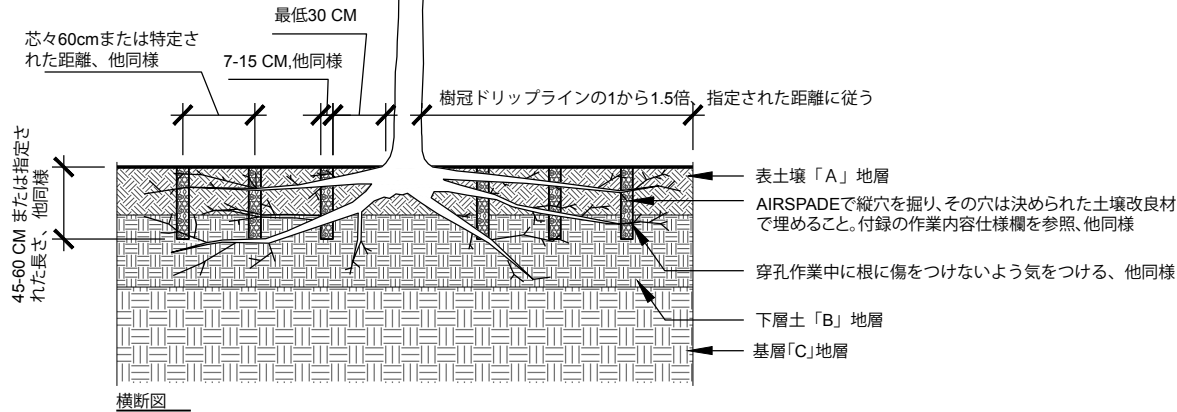
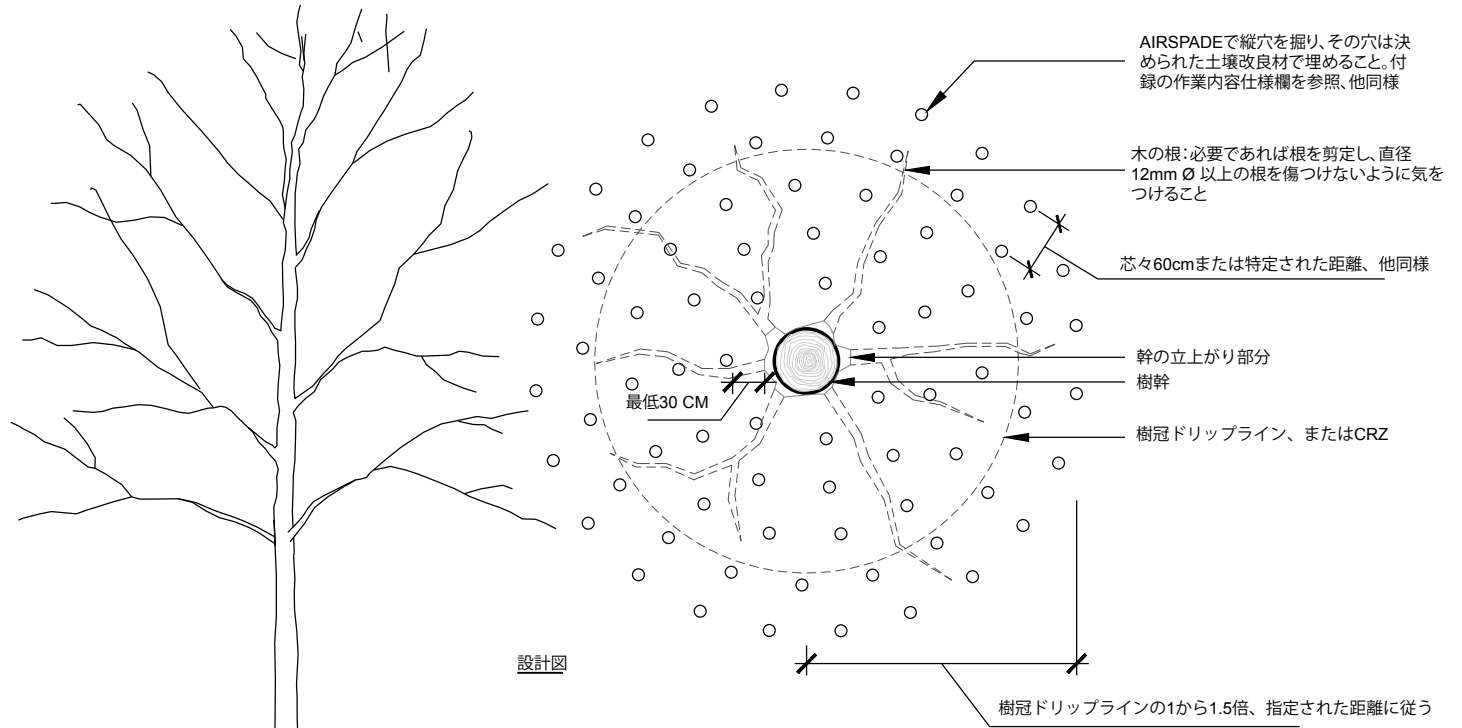


上と中：工樹木専門職人が垂直孔を掘っているところ。

下：大学構内にある巨木の植わった場所は何十年にも渡って歩行者交通により土壌が深部まで圧縮されているので垂直マルチングを施行するに適しています。この作業は土壌と根回りの活性化に効果的なことが明らかにされており、通気性と栄養素の改善により土壌の生態系が活性化され、その結果樹木の根の深層への成長を促進し、樹木の全体的な健康状態を安定します。

注釈:

1. 縦穴の深さと間隔は作業開始前の現場調査に基づいて、景観設計士や有資格の高樹木専門職人が決める必要がある。縦穴の深さは45から90cmの範囲で、各々の現場状況と木の医療ケアニーズに基づいて指定される。
2. 土壌に空気処置をする際、込み合っている植物はAirSpadeを使って根を露出させ、掘り出す。掘出した植物は必要に応じて水やりをして保持し、作業終了時には必ず再度植え付けるか、代わりの植物を植えること。
3. 作業の全ては資格を持った高樹木専門職人、または認定作業請負業者の管理下で行うこと。作業開始前に樹木が健康であり、普段以上のストレス下にあることを確認すること。
4. 作業全般を通し、樹木と根を保護すること。CRZ内ではAirSpadeまたは手でのみ土を掘る必要がある。樹木の損傷状況を作業開始時から終了時まで継続的に調べ、記録すること。損傷賠償は事前に同意した条件に従って行う。付録の作業内容仕様欄を参照。
5. 作業中は土壌の湿度を適度に保つ必要がある。土壌湿度は水分保持容積限度近くであるべきだが、飽和状態でないことが必要で、AirSpade使用前に土壌水分検査に合格する必要がある。必要に応じて作業開始前と終了後24時間以内に手で樹木に水やりをすること。作業中に露出された根は覆いをかぶせ、必要に応じて水やりをすること。
6. 資格を持った高樹木専門職人が樹木の全体的な健康状態を調査、報告書を作成して、作業開始前、作業中、作業終了後に必要な樹木の補助的ケアの提案を行うこと。
7. 穴掘り始める前に、電話番号811番(米国)または地域の担当管理機関に連絡を取り、現存の用役提供設備の場所を確認すること。作業中を通してこれらの用役提供設備を保護し、それらに損害を与えた場合は所有者に金銭的負担をかけることなく修理をすること。
8. 追加情報は、付録の作業内容仕様欄を参照。安全性の確保と使用方法はメーカーの説明書も参照すること。



4

AIRSPADEを使った垂直マルチング (縦穴を掘ることによる碎土)  
0,635 CM = 30,48 CM



# 幹の立上がり部分の掘出し

幹の立上がり部分に土が盛られすぎると、たいていの場合樹木の健康状態が悪化します。これは樹木を間違った高さで植えた場合や、植え付けの際に根鉢の下にある土壌の固め方が十分でなかったために樹木が沈んでしまった場合におきます。または時間が経つにしたがい木の周囲にマルチや土が溜まり、幹の立上がり部分が埋まってしまうという場合もあります。

原因が何にせよ、幹の立上がり部分を埋めてしまう土は木に長期的に悪影響を与えるため、AirSpadeを使って幹の立上がり部分を掘出して解決すべきです。この状態が木におよぼす症状として、木の根もとの樹皮の腐敗または感染症、自然に張った根より高位置に伸びた根、根の広がりや木の幹を制限してしまう環状根が挙げられます。根の伸びる場所が制限されている場合や、硬い無酸素状態の土壌に根が出会った場合にも、根が幹の立上がり部分の周りに盛り上がり環状根を形成します。AirSpadeを使用することで樹木に与える損傷を最低限に抑えつつ、幹の立上がり部分と環状根を掘り出すことができます。根系が露出されたら有資格の高樹木専門職人が剪定すべき、または矯めなければならない根を簡単に認識することができます。

幹の立上がり部分を掘出すためには、幹周囲の比較的狭い範囲を掘り起こすだけですみます。土壌を除去しなければならない場合は、水が根元から離れる方向に流れていくように樹木から十分離れた範囲まで作業範囲を設定すべきです。作業範囲の芝生や他の植物を除去した後高樹木専門職人が作業を開始し、AirSpadeを45°の角度で持ち、自然に張っている範囲の根が露出するまで秒速30～60cmで前後に動かします。高樹木専門職人が根の剪定を行い、幹を巻くように伸びている根や高く浮いて来ている根を除去します。時には高く浮いて来ている根の下側を掘ることも可能です。掘り下げた土壌をめがけ下方に伸びていくよう根を矯めることもできます。その後掘出した土を戻して露出した根系を埋め、地面を適切な高さに調整します。幹の立上がり部分の掘出し作業は、一般的に土壌改良のためには行いません。しかし他のAirSpadeで行う作業と同様に、プロジェクトの目的や樹木の健康管理のニーズにより他の作業と同時に行うことが可能です。最後に有機マルチ（大抵の場合、木片が適当）で地面を5～10cmの厚さまで覆います。



**上:** この若い樹木は植え方が数十センチ低すぎたため、根元の樹皮がかなり腐敗しています。（ガードエアコーポレーションが写真提供）



**中:** 環状根は水分と栄養分の吸収を阻害し、樹木の健康状態と生存能力を著しく制限します。多くの場合不適切な植えつけ方が原因です。

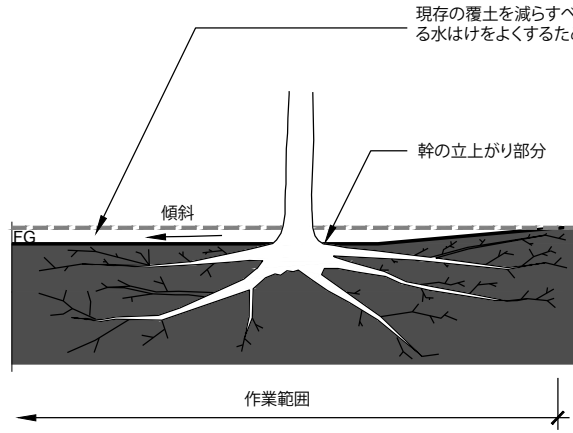


**下:** AirSpadeの使用が幹の立ち上がり部分を掘り出す最も迅速かつ安全な方法です。この写真に見られる絡み合った根は、地表近くの通気性のよい土壌に向かって根が浮上して折り返すように伸びた根にみられる特徴です。

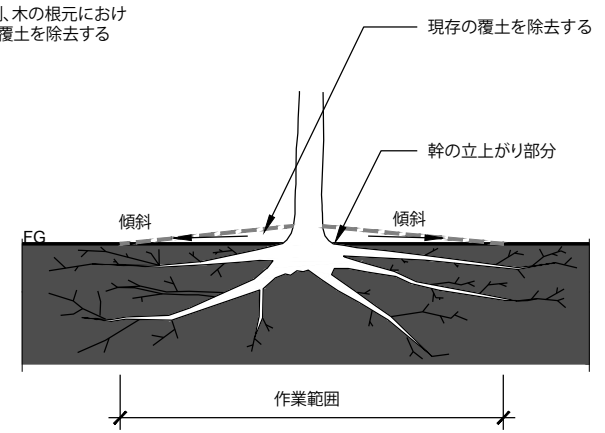


注釈:

- 最終的な根の覆土状態は、景観設計士や有資格の高樹木専門職人が作業開始前の現場調査結果、現場状況と木の医療ケアニーズに基づいて決める必要がある。
- 根の剪定は有資格の高樹木専門職人のみが手で行うこと。
- 作業の全ては資格を持った高樹木専門職人、または認定作業請負業者の管理下で行うこと。作業開始前に樹木が健康であり、普段以上のストレス下でないことを確認すること。
- 作業全般を通し、樹木と根を保護すること。CRZ内ではAirSpadeまたは手でのみ土を掘る必要がある。樹木の損傷状況を作業開始時から終了時まで継続的に調べ、記録すること。損傷賠償は事前に同意した条件に従って行う。付録の作業内容仕様欄を参照。
- 作業中は土壌の湿度を適度に保つ必要がある。土壌湿度は水分保持容積限度近くであるべきだが、飽和状態でないことが必要で、AirSpade使用前に土壌水分検査に合格する必要がある。必要に応じて作業開始前と終了後24時間以内に手で樹木に水やりをすること。作業中に露出された根は覆いをかぶせ、必要に応じて水やりをすること。
- 資格を持った高樹木専門職人が樹木の全体的な健康状態を調査、報告書を作成して、作業開始前、作業中、作業終了後に必要な樹木の補助的ケアの提案を行うこと。
- 穴掘り始める前に、電話番号811番(米国)または地域の担当管理機関に連絡を取り、現用の用役提供設備の場所を確認すること。作業中を通してこれらの用役提供設備を保護し、それらに損害を与えた場合は所有者に金銭的負担をかけることなく修理をすること。
- 追加情報は、付録の作業内容仕様欄を参照。安全性の確保と使用方法はメーカーの説明書も参照すること。



状況例1：深く植えすぎた木  
縮尺：0,635 CM = 30,48 CM

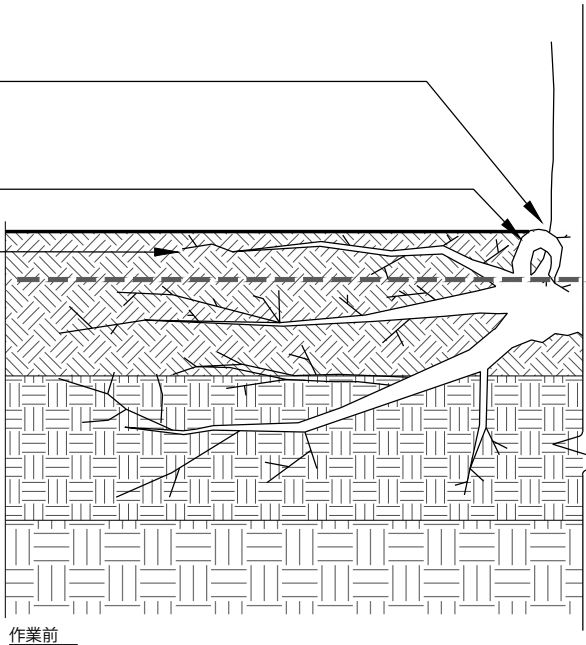


状況例2：根元に盛土がある場合  
縮尺：0,635 CM = 30,48 CM

根元/幹の膨らみ部分(幹の立上がり部分)での現存の覆土が高すぎる場合

環状になっている根は除去する

高すぎる根は掘出し、深く埋めるか必要に応じて除去する



5

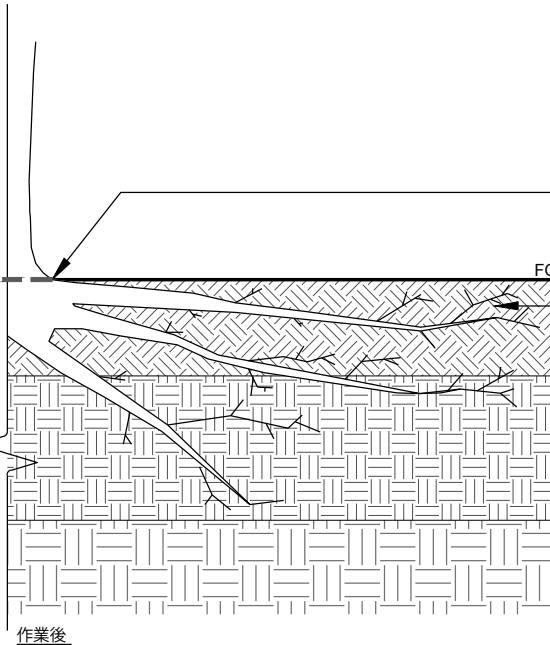
AIRSPADEによる幹の立上がり部分の掘出し作業  
1,27 CM = 30,48 CM

最終的な覆土は幹の立上がり部分まで下げ、高すぎる根や環状の根は除去する。状況例1と2を参照

木の根：根は最終的な覆土表面下まで下げ、有資格の高樹木専門職人が必要に応じて根の剪定を行う

下層土「B」地層

基層「C」地層



# 根の剪定

樹木の根が生えている範囲に侵入してしまう建設作業や管理作業を行う際は、AirSpadeを使用する事が望ましいです。空気鋤による掘出し作業により、根や用役提供地下設備の位置を確認する目的で、樹木の根系に安全かつ非常に効率よく探索的に土を掘ることができます。ビルの基礎建築、道路の舗装、排水設備、用役提供地下設備といった現場作業を実行する大抵の場合は、空気鋤の利用と根の剪定を行うにも適切な機会です。

適切な根の剪定は将来の成長を促し構造物や用役提供設備へ与える悪影響を最低限に抑えます。根系が掘出されたら有資格の高樹木専門職人が剪定ばさみを使ってきれいに切断するに最適な場所を決定します。

全ての場合において、作業前、作業中、作業後を通して高樹木専門職人が樹木の世話を監督すべきです。このタイプの作業では大抵の場合、掘り出した樹木の根系は数日間またはそれ以上露出されたままです。ですので根系を保護し覆いをかけ（例えば、土、マルチ、麻布などで）必要に応じて水分を補給することが重要です。

もちろんできるだけ最小限の樹木の根系を除去することの方が望ましく、用役提供設備や新構築物の作業計画を立てる際に、現存の樹木に与える影響をできる限り最低限に抑えるよう努力すべきです。木を支える太い主根や根系の大部分を除去しなければならない場合には、樹木は著しいストレスにさらされるため作業終了後に長期の回復期間を設け特別な手当が必要となる可能性があります。

建築工事に伴った根の剪定は、高樹木専門職人による現場レイアウトの予備調査として土壌を掘ることから始めます。木に必要な以上のストレスを与えないため、掘った土はその場に保留しできるだけ早く穴を埋めます。高樹木専門職人は樹木に便宜を図り、継続した管理にも便利な用役提供設備を設定するに最適の場所をアドバイスします。高樹木専門職人は間隔をあけて剪定する位置を決めるために、また新構築物を回避するように根を矯正するために必要なだけ土壌を掘り出します。樹木の保護、適切な木の世話と水遣りが確実に行われるよう高樹木専門職人が作業一環を通して監督するべきです。



ラドクリフ研究所の新しい歩道の基盤はAirSpadeで掘りました。露出された根の間に灌水用の管を蛇行させて入れ、小石の根バリアと砕石舗装表層を施工する前に最低限の根の剪定を完了させました。（SSAが写真提供）



この木の周りに掘られた溝は電線導管を設定するためのものです。

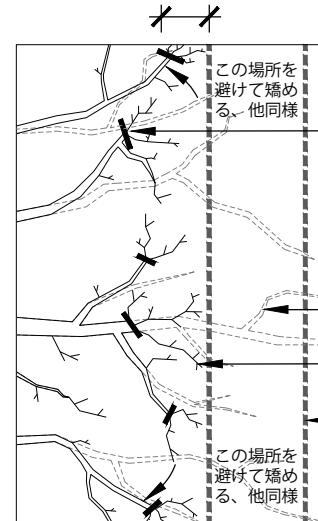


MITでこの地下室への通路を作るためには、入念な木の保護と熟練の高樹木専門職人によるAirSpadeを使った大規模な穴掘りと根の剪定を行うことが必要でした。（SSAが写真提供）

注釈:

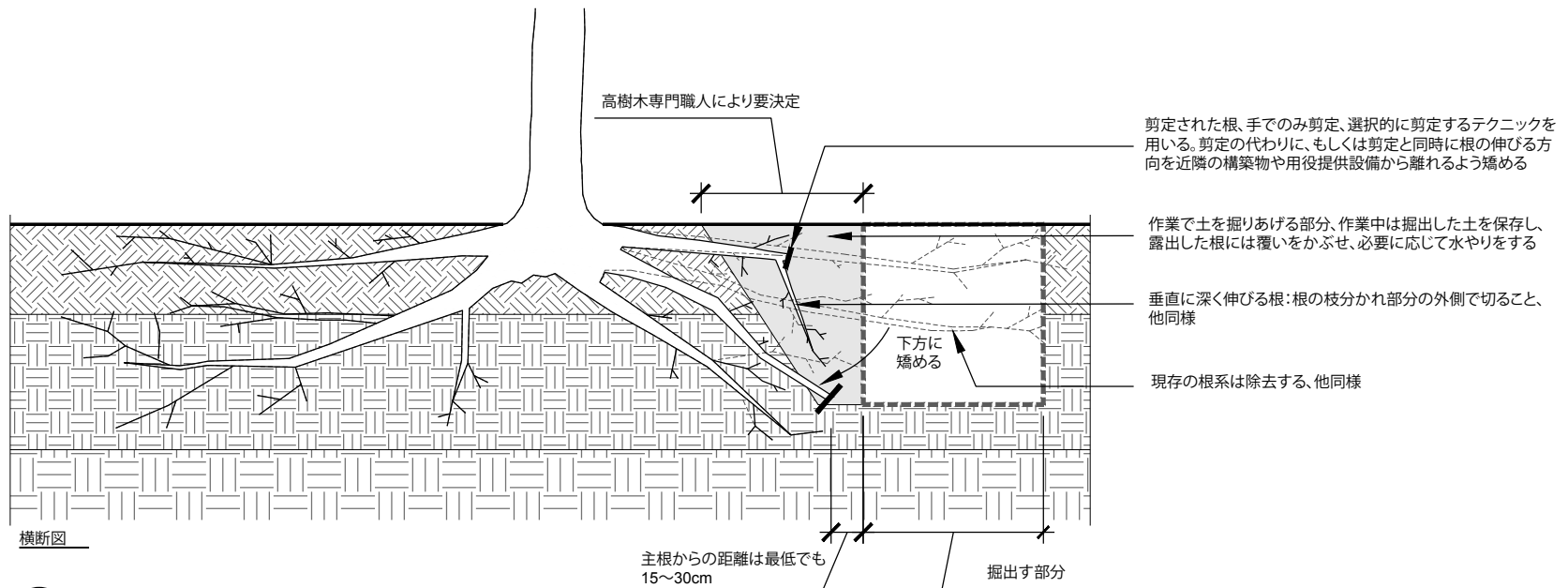
1. 根の剪定は有資格の高樹木専門職人のみが行うこと。根は植木バサミで切らないこと。
2. 根は覆いをかぶせ、必要に応じて水をやること。太い根や根の大部分を取り除いた場合は回復に長時間かかる可能性がある。
3. 作業の全ては資格を持った高樹木専門職人、または認定作業請負業者の管理下で行うこと。作業開始前に樹木が健康であり、普段以上のストレス下でないことを確認すること。
4. 作業全般を通し、樹木と根を保護すること。CRZ内ではAirSpadeまたは手でのみ土を掘る必要がある。樹木の損傷状況を作業開始時から終了時まで継続的に調べ、記録すること。損傷賠償は事前に同意した条件に従って行う。付録の作業内容仕様欄を参照。
5. 作業中は土壌の湿度を適度に保つ必要がある。土壌湿度は水分保持容積限度近くであるべきだが、飽和状態でないことが必要で、AirSpade使用前に土壌水分検査に合格する必要がある。必要に応じて作業開始前と終了後24時間以内に手で樹木に水やりをすること。作業中に露出された根は覆いをかぶせ、必要に応じて水やりをすること。
6. 資格を持った高樹木専門職人が樹木の全体的な健康状態を調査、報告書を作成して、作業開始前、作業中、作業終了後に必要な樹木の補助的ケアの提案を行うこと。
7. 穴掘り始める前に、電話番号811番(米国)または地域の担当管理機関に連絡を取り、現存の用役提供設備の場所を確認すること。作業中を通してこれらの用役提供設備を保護し、それらに損傷を与えた場合は所有者に金銭的負担をかけることなく修理をすること。
8. 追加情報は、付録の作業内容仕様欄を参照。安全性の確保と使用方法はメーカーの説明書も参照すること。

主根からの距離は最低でも15~30cm



設計図

縮尺: 1,27 CM = 30,48 CM



横断面図

6

AIRSPADEを利用した根の剪定作業

1,27 CM = 30,48 CM



# 根の掘出し・露出と移植

根の掘出し・露出作業は移植のため、また現存の樹木周囲の土壌を除去するために行われます。根の掘出し・露出作業にAirSpadeを利用することは樹木の根系への損害を最低限に止めるために最適で、現在の技術のうち最も効率のよいものです。

AirSpadeを用いた根の掘出し・露出作業は、多年草、低木、ほふく性植物にも応用できます。効率がよく細い根系も保持することができるので、植物の移植にこの方法を用いることが好まれます。また根の張っている領域で行う徹底した処置（例えば、通気性改善処置や圧縮土壌の削土）や、その他の敷地構築作業を実施する際に、小さな植物の根の掘出しをすることが頻繁に必要となります。

根の掘出し・露出作業中は、有資格の高樹木専門職人が作業を監督することが重要です。AirSpadeの利用により木へ与える損害を著しく減少させることが可能になりますが、作業前、作業中、作業後の樹木の健康状態を監視することは重要です。大抵の場合に補充的な水遣りが必要となるので、高樹木専門職人からの指示と継続した監視の下に行ってください。

移植のために樹木や大きめの低木の根を掘出し・露出し、根の大きさが移植するには大きすぎる場合には根の剪定が必要となります。もし可能であれば樹木に与えるストレスを軽減するために、移植前数ヶ月または数年にわたった段階的な根の剪定を行います。AirSpadeを利用することによって根系からほとんどの土を除去することも、木と一緒に移植すべく根に土をつけたままにすることも可能です。根系が掘出されたら高樹木専門職人が全体の根を希望の長さに剪定します。露出された根を日光から保護し、十分に水分を補給し、掘出しから移植するまでの時間を最低限にとどめることが大変重要です。

需要が増えているもう一つの応用法は、園芸場で育てられた植物を移植する前にその植物の根から土壌を除去する作業です。植木鉢で育てられたり園芸場の地面から掘り出され根を麻布で包んである植物に空気鋤を用いるのは、植付前に根鉢部分の土壌をほぐすために最適なテクニックです。根が周囲の土壌に伸びていくことを促し相違した土壌がブレンドするように、新たに植物を植える際に根鉢部分の土壌をほぐすことが重要です。この作業をすることでコストが多少高くなりますが、新たに植付ける植物に空気鋤を用いる事は実行可能な作業と認識されつつあります。



新校舎建築の際、ウィリアム大学にあるこの木の根はAirSpadeを使って掘り出され、移植されました。  
(SSAが写真提供)



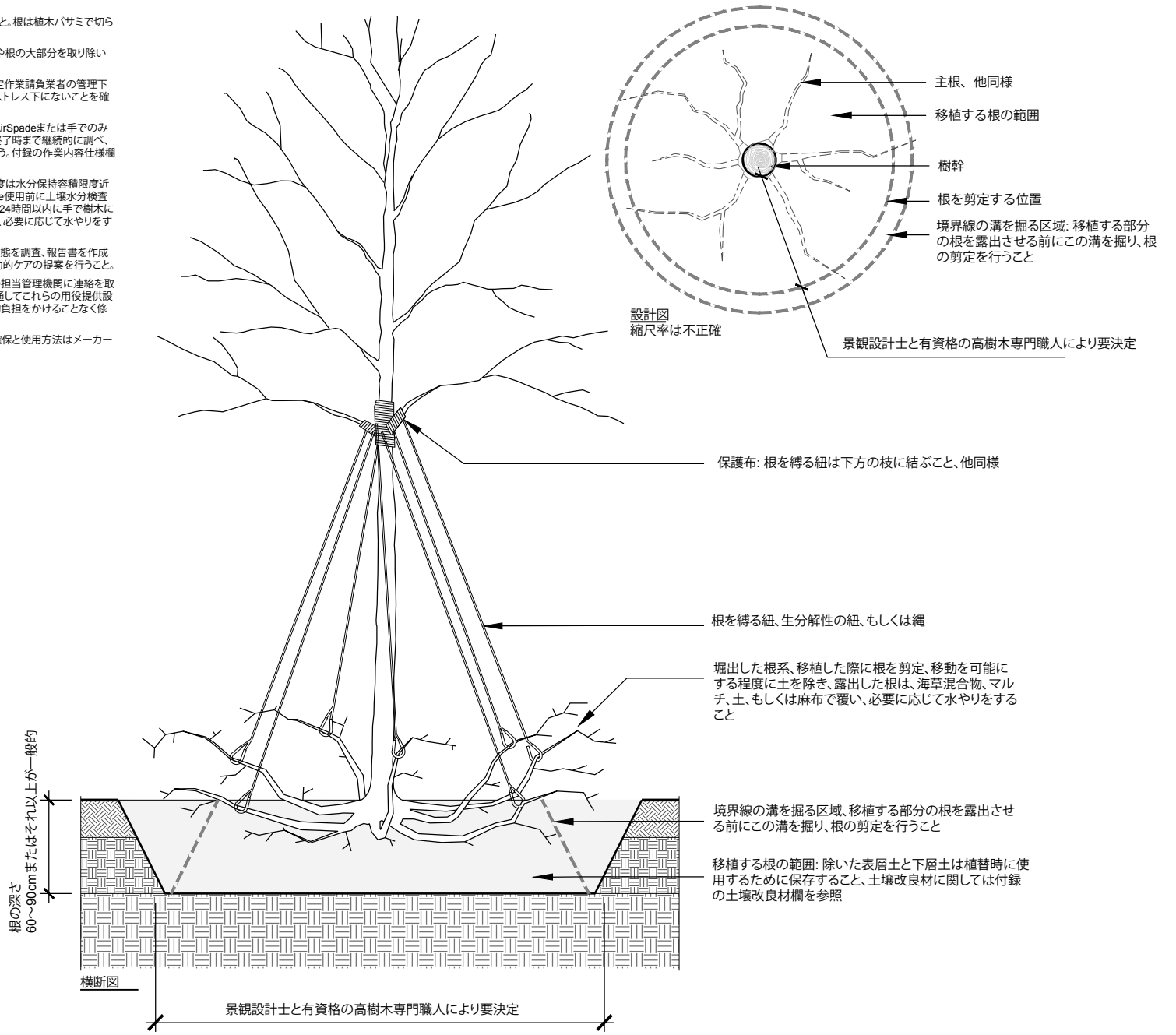
根の掘出し・露出作業により、大きな樹木にほとんど損害を与えず移植することが可能になりました。植木鉢で育てられたり園芸場の地面から掘出され根を麻布で包んである植物と異なり、根を掘出して露出させた場合、しっかりと成長した根系をほぼ完全に保持することが可能です



根の掘出し・露出作業により、部分的または完全な土壌の取替えが可能になり、新敷地の構築や樹木の延命につながります

注釈:

1. 根の剪定は有資格の高樹木専門職人のみが行うこと。根は植木バサミで切らないこと
2. 根は覆いをかぶせ、必要に応じて水を与えること。太い根や根の大部分を取り除いた場合は回復に長時間かかる可能性がある
3. 作業の全ては資格を持った高樹木専門職人、または認定作業請負業者の管理下で行うこと。作業開始前に樹木が健康であり、普段以上のストレス下にないことを確認すること。
4. 作業全般を通して、樹木と根を保護すること。CRZ内ではAirSpadeまたは手でのみ土を掘る必要がある。樹木の損傷状況を作業開始時から終了時まで継続的に調べ、記録すること。損傷賠償は事前に同意した条件に従って行う。付録の作業内容仕様欄を参照。
5. 作業中は土壌の湿度を適度に保つ必要がある。土壌湿度は水分保持容量限度近くであるべきだが、飽和状態でないことが必要で、AirSpade使用前に土壌水分検査に合格する必要がある。必要に応じて作業開始前と終了後24時間以内に手で樹木に水やりをすること。作業中に露出された根は覆いをかぶせ、必要に応じて水やりをすること。
6. 資格を持った高樹木専門職人が樹木の全体的な健康状態を調査、報告書を作成して、作業開始前、作業中、作業終了後に必要な樹木の補助的ケアの提案を行うこと。
7. 穴掘を始める前に、電話番号811番(米国)または地域の担当管理機関に連絡を取り、現存の用役提供設備の場所を確認すること。作業中を通してこれらの用役提供設備を保護し、それらに損害を与えた場合は所有者に金銭的負担をかけることなく修理をすること。
8. 追加情報は、付録の作業内容仕様欄を参照。安全性の確保と使用方法はメーカーの説明書も参照すること。



7 AIRSPADEを使った根の掘出しと移植  
0,635 CM = 30,48 CM



# 都市部の植樹土壌の取替え

都市部の樹木のための土壌科学と植樹技術はここ数年で著しく進歩しました。例えば人工的に開発された根系誘導耐圧土壌は、交通量および舗装材や構造物の重さによる圧縮に耐え土壌の深層まで通気性や栄養素を提供することができます。これらの植樹システムは圧倒的な利益をもたらすので、樹木の健康状態を向上し寿命を延ばすために樹木の根周りの土壌を部分的に取替えることが望ましいと思われま

この作業は、根の育っていく領域が舗装の下に至る場合や、やせた土壌や浅い土壌に植樹する場合、またすでに木の根が張っている場所を新しく舗装するか舗装をやり直す場合に理想的です。同様に、使用度の高い芝地（例えば、公園や学校内の校庭や広場など）の耐久性と健康を改善するために土壌の取替えが望まれる場所にも応用できます。

作業設計図に描かれた植樹用の基盤となる施設構成要素は（例えば通気管、施肥管、根バリア、灌水設備、土壌水分計）樹木のニーズとプロジェクトの目的に合わせて選択、排除、組み合わせ可能な数多くの技術を代表する物で、景観設計士により決定されるものです。



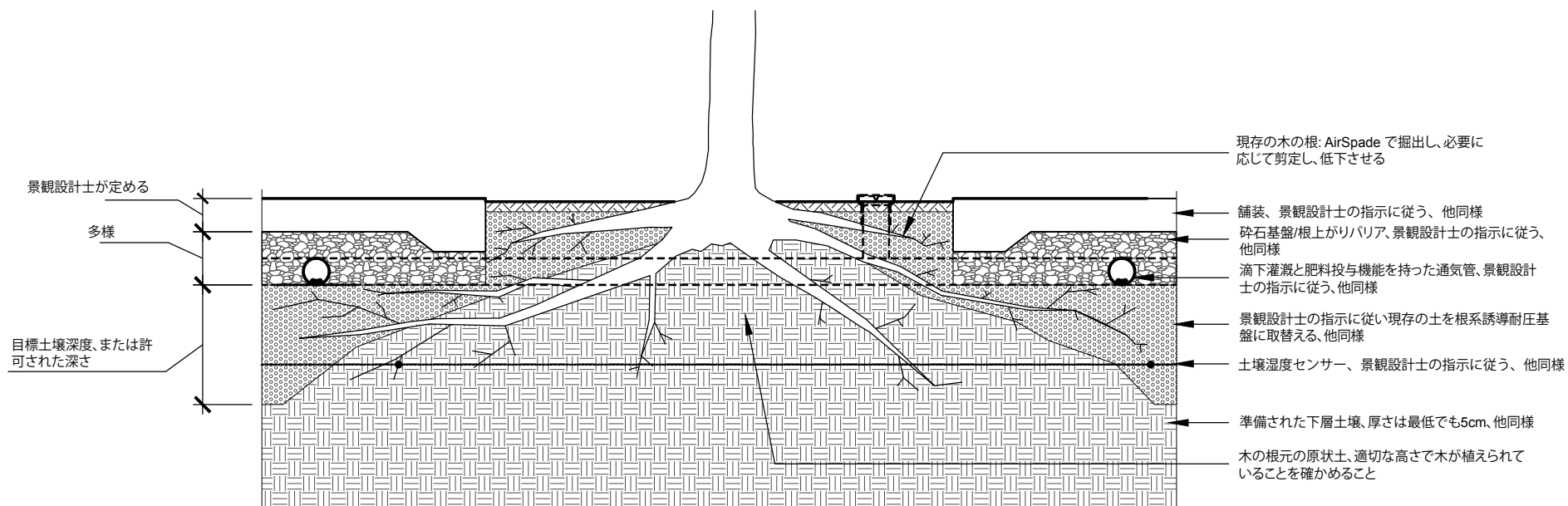
街路樹のイチョウの木の上に新規の舗装システムを敷く作業。この写真の右側では、20年以上レンガ舗装の下敷として非常に圧縮されたローム砂土壌を高樹木専門職人が掘り出しています。左側では土建業者が新舗装の重さに耐えることができる、砂をベースとした根系誘導耐圧土壌を挿入する最終作業をしています。



砂をベースとした根系誘導耐圧土壌を挿入する準備ができた、部分的に根が露出された街路樹のイチョウの木。  
（写真提供はスティーブン スティムソン アソシエイツによる）。

注記:

1. 現存の土壌状態と根の分散状況に基づき、現存の土壌への作業範囲を制限する。穴掘り、土壌の入替えや土壌改良材の使用は全て有資格の高樹木専門職人の指示に従って行う。
2. 作業の全ては資格を持った高樹木専門職人、または認定作業請負業者の管理下で行うこと。作業開始前に樹木が健康であり、普段以上のストレス下でないことを確認すること。
3. 作業全般を通し、樹木と根を保護すること。CRZ内ではAirSpadeまたは手でのみ土を掘る必要がある。樹木の損傷状況を作業開始時から終了時まで継続的に調べ、記録すること。損傷賠償は事前に同意した条件に従って行う。付録の作業内容仕様欄を参照。
4. 作業中は土壌の湿度を適度に保つ必要がある。土壌湿度は水分保持容積限度近くであるべきだが、飽和状態でないことが必要で、AirSpade使用前に土壌水分検査に合格する必要がある。必要に応じて作業開始前と終了後24時間以内に手で樹木に水やりをすること。作業中に露出された根は覆いをかぶせ、必要に応じて水やりをすること。
5. 資格を持った高樹木専門職人が樹木の全体的な健康状態を調査、報告書を作成して、作業開始前、作業中、作業終了後に必要な樹木の補助的ケアの提案を行うこと。
6. 穴掘り始める前に、電話番号811番(米国)または地域の担当管理機関に連絡を取り、現存の用役提供設備の場所を確認すること。作業中を通してこれらの用役提供設備を保護し、それらに損害を与えた場合は所有者に金銭的負担をかけることなく修理をすること。
7. 追加情報は、付録の作業内容仕様欄を参照。安全性の確保と使用方法はメーカーの説明書も参照すること。



8 都市部用地での植樹土壌の取替え  
1.27 CM = 30.48 CM



# 付録

# 付録 A: 土壌改良材

表 2. 都市部の樹木のために使用される一般的な土壌改良材の用途目的と制限

改良材	用途											制限						
	土壌のきめを変える	保水性を増す	水はけを増す	密度を下げる	粒団形成を促進	有機成分を増やす	栄養素を増す	pHを下げる	pHを上げる	塩度を下げる	高価、または供給用限度あり	膨大な量が必要とされる	不安定	悪臭	塩分	汚染混合物	窒素固定の可能性あり	効果が一時的、または不明
堆肥 <sup>1</sup>		-		-	-	-	-											
落葉 <sup>2</sup>				-	-	-								-				
動物糞 <sup>2</sup>					-	-								-	-	-	-	
下水汚泥 <sup>2</sup>					-	-								-	-	-	-	
木質物質 <sup>2</sup>																	-	
樹皮 <sup>2</sup>																	-	
バイオ炭 <sup>2</sup>																		
植物活力資材																		-
茶葉堆肥																		-
砂																		
膨張 頁岩/粘板岩																		
真珠岩/ひる石																		
ポリスチレン																		
珪藻土																		
高分子ゲル																		
石灰																		
石膏																		
硫黄と鉄																		
無機肥料																		

<sup>1</sup> これはいかなる組み合わせの有機物質（例、刈り取った芝生、廃棄飼料、糞）で堆肥化プロセスを経て熟成し安定した腐葉土になった物で、こげ茶色から黒色で土壌のような手触りと土のにおいする物を指す。

<sup>2</sup> 堆肥化されていない状態の物を指す。ただしこれらの素材を改良材として使用する前に堆肥化してもよい。

この表は2014年発行のANSI A300 サポートシステムの標準（Support Systems Standard）パート2に掲載の「最適実行例、都市部の植樹土壌の管理（Best Management Practices Soil Management for Urban Trees）」から抜粋。国際樹芸学会（International Society of Arboriculture、ISA）の許可を得て使用。



# 付録 B: 作業内容仕様

## セクション 312317

### 特殊根回りゾーンと土壌の掘出し

\*\*\*\*\*  
この章の目的: この仕様書の一般的な目的は、AirSpadeという圧縮空気にて作動する機器を利用して、土壌の掘出し、通気性改善作業、根回りゾーン改善作業等を行った場合、どういった望ましい結果が得られるかを説明することである。この道具は目的に合った望ましい栄養状態と土壌状態を作り出すもしくは維持するために、土壌の物理的特性と根回りゾーンを管理することを中心に使用される。

特別に明記されていない場合は、有資格の調査研究所もしくは高樹木専門職人によって行われた作業前の調査結果や事前に行われた診断や勧告に基づき、土壌や根回り範囲状態の改善のためにこの機器を使用することが適切であるとすでに判断されているとする。

化学的および生物的成分の管理を含む土壌改良作業と、ANSI A300 (全部分)に従って行う全体的な樹木の手入れや管理作業については他の部分で詳しく述べる。第1.02章「関連作業」の各セクションに掲載された作業内容と調整すること。

\*\*\*\*\*

## パート 1 一般事項

### 1.00 参考書見

- A. この部分を読むに当たっては、作業設計図、一般的及び補助的条件、そして「ディビジョン01 仕様書セクション」を含む契約の一般的規定を参考にする。

### 1.01 含まれる作業

- A. 作業設計図とここで詳しく述べられた作業内容に従って、AirSpadeとも呼ばれる圧縮空気により作動する機器を用いて根回りゾーンと他の場所で行う特殊な土壌掘出し作業のために必要なすべての機器、作業人、監督を提供すること。作業には以下のことを含むがそれだけとは限らない:

1. 視覚的検査または特定の樹木の健康問題に対応するため、存在する樹木の周りの土壌を取り除いてほぐす。

\*\*\*\*\*  
診断が既にくだされて、指定された処置を実行するために作業請負人がすでに特殊な土掘り作業を始めている場合は、下記の「2.」を除去すること。

\*\*\*\*\*

2. 樹木の病気を診断するため、存在する樹木の周りの土壌を取り除いてほぐす。
3. 根の成長を促すことを目的にブレンドされたり改良処置を行った土壌を挿入するために、存在する樹木の周りの土壌を取り除いてほぐす。
4. 根の剪定を行うために存在する樹木の周りの土壌を取り除いてほぐす。

5. 根の位置を確かめるために存在する樹木の周りの土壌を取り除いてほぐす。
6. 樹木の存在場所で敷地建設作業を行うために存在する樹木の周りの土壌を取り除いてほぐす。
7. 指定された高樹木や低木の幹の根元部分と上根を露出するため幹の立上がり部分の掘出しを行う。
8. 圧縮土壌、水はけの悪さ、土壌構成要素の問題の予防や改善のため、また新規景観設計工事のために土壌を取り替える。
9. 根の剪定。
10. この章で説明する作業に伴った、ごみ、瓦礫やその他廃棄しなければならぬ物の除去

### 1.02 関連作業

- A. この章で説明する作業を左右する必要条件については契約書を詳しく読むこと。この部分で説明する作業に直接関連した作業仕様が記載された章は下記を含むがそれだけとは限らない:

1. セクション 015639、樹木の一時的保護
2. セクション 015640、樹木と土壌の一時的保護
3. セクション 024113、選択的な敷地解体と除去
4. セクション 311000、用地切り開き
5. セクション 311300、樹木の選択的な除去と選定
6. セクション 311317、樹木剪定
7. セクション 312300、用地の掘り起こし、穴埋めと土壌圧縮; 穴掘りと穴埋め
8. セクション 312500、侵食と堆積物の管理
9. セクション 329115、植樹用土壌
10. セクション 329300、植樹
11. セクション 329600、樹木の移植

### 1.03 参照標準

- A. 下記の標準条件のうち相当するものに従うこと。他の指定された条件とこれらの標準が矛盾する場合は最も制限的な条件に従うこと。

1. 米国全国標準研究所 (American National Standards Institute、ANSI):  
  
Z133.1 樹木の剪定、剪枝、治療、管理、及び伐採、そして低木の刈り込み時の安全標準。

A300 樹木管理作業 — 樹木、低木、及び他の木本植物の管理 — 標準的実行例 (パート 2、5、及び8)。

2. 樹木・景観鑑定家協議会:

樹木鑑定ガイド 第9版

3. TCIA — 樹木管理産業協会 (Tree Care Industry Association Inc、TCIA)

## 1.04 定義

- A. 高樹木専門職人：樹芸関連の仕事に専従する者で、経験、教育、関連した職業訓練を通じて樹木や他の装飾木本植物の管理を実施または監督する能力を有する者。
- B. ドリップライン：枝の広がりによって定義される想像上のライン。
- C. 重要な根回りゾーン (Critical root zone、CRZ)：樹木の健康と安定性を維持するために必要な最低限の根系質量、大抵の場合次のうちのどれかに従って決定される：地上1.3mの高さでの木の直径に30cmをかける、幹を中心にした最低直径3mの範囲かその樹木のドリップラインのうち幹から遠い方、作業設計図で指摘された通りまたは現場で指定された範囲。CRZは各々の状況にあわせて高樹木専門職人が決定/確立し、景観設計士が認可する。
- D. 最終地面：最終的な地面の高さ。覆土の高さ。
- E. 手による土掘り：根系を露出し検査するため、または機械で掘るためにはどこを掘るべきかを定めるために根系に損傷を与えたり切除する事なく手道具を使って土壌を慎重に掘ること。
- F. 基層：土を掘り出した後に残っている下層土壌の表面または盛り上がり、または植樹土壌の直下にある充填土や穴埋めに使った土の表面。
- G. 表土：プロジェクト用地の現存土壌構成のうち最表面にある土の層。
- H. ローム：一般的に、砂、沈泥と粘土の粒子をほぼ均等量含み、有機物質を含んだ土。
- I. マルチ：地表に撒く素材で、木材破砕機により細かく均一の大きさに断片化された松の樹皮か木片を100%含み、腐敗物、葉、小枝、碎片塵、小石やその他植物の成長を害するいかなる物質を含まないもの。7cm以上のサイズで6mm以上の厚みのあるかたまりは作業現場に残してはいけない。
- J. 腐葉土：十分に堆肥化された雑草を含まない有機物質で次の条件を満たすもの：pHが5.5と8の間、水分含有量が重さで35～55パーセント、25mmの目のふるいを100パーセント通り抜ける、溶水製塩分を2～5dS/mで含む、不活性混入物質が0.5パーセントを超えない、植栽に害となる物質を含まない。
- K. 樹木資産調査書：調査内容や目録から得られる樹木種、サイズ（地上1.3mで測定）、存在場所、健康状態、枯死の可能性といった情報を含む、用地内にある樹木資源を描写した用地設計図、もしくは書面。

## 1.05 書類申請

- A. どのくらいの土をAirSpadeで掘り出すかを明記した「根回りゾーンと土壌の特殊掘り出し計画書」を用意し申請すること。足場の設定、車両や機器の出入り口、溝掘り、土掘り、その他土に手を加える作業を施行する予定の場所を全て

明確に示すこと。その中には以下を含むこと：

- 1. 用意された計画書は建築主と景観設計士が検討し認可する。認可が下りるまでこのセクションで述べる作業を開始してはいけない。

\*\*\*\*\*  
診断が既にくだされて、指定された処置を実行するために作業請負業者がすでに特殊な土掘り工事を始めている場合は下記の「B」を削除すること

\*\*\*\*\*

- B. ここで定義された「樹木資産調査書」を用意し申請する。
- C. ANSI A300（全パート）に見合った土壌と根回りゾーンでの作業のために使用予定の手法、材料、スケジュールは、有資格の高樹木専門職人が申請し認可を受けること。
- D. AirSpadeを用いて作業する予定の樹木のスケジュールを申請する。
- E. 各々の根回りゾーンと土壌の特殊な掘り出し作業、その各々の設定・作業の理由と場所を説明する書面を申請する。根回りゾーンと土壌の特殊掘り出し作業には下記のものが含まれるがそれだけとは限らない：

- 1. 土壌の通気性向上と圧縮土壌の削土
- 2. 放射状の溝掘り
- 3. 垂直マルチング
- 4. 幹の立ち上がり部分の掘出し
- 5. 根の剪定
- 6. 根の掘出し・露出
- 7. 土壌の取替え
- 8. 移植
- 9. 根の矯正
- 10. 根に沿った溝掘り
- 11. 用役提供設備建設のためのCRZにおける土掘り、または溝掘り

\*\*\*\*\*

下記のような色々な理由で、根回りゾーンの調査が必要となる：  
根の損害や根の病気を見つけるための幹の立ち上がり部分の掘り出し  
足場を組んだり地下設備を設定するための建設用地にある根の位置づけ：

- 根の剪定
- 根系構造分析
- 隣人間での揉め事で問題となる根の位置づけ
- 危険性の評価と制御
- 樹木の安定性調査

診断が既にくだされ、指定された処置を行うために作業請負業者がすでに特殊な土掘り作業を始めている場合は下記の「F」を削除すること。

\*\*\*\*\*



F. 樹木の根回りゾーンの調査を行い、各々の樹木の枝葉を評価する。特殊な作業を行う対象の各々の木の健康状態がAirSpadeを用いた作業と、その作業が土壌や根系に与える影響に耐えられるほど十分であることを明記した健康調査書を有資格の高樹木専門職人が用意し提出する。

1. 樹木の状態と樹木の根回りゾーン調査で見つけた結果を図解するためにデジタル写真を提出すること。3.05章を参照。

## 1.04 建設物などの保護

A. 近隣の設備、用役提供設備、建造物、樹木への損傷、移動、沈下、破壊を防止する。損傷、移動、沈下、破壊を与えた場合は責任をとること。所有者に費用をかけることなく修理を行うこと。

## 1.05 樹木損傷に対する罰金

\*\*\*\*\*  
セクション015639が建設契約書に含まれる場合はA.の最初の段落も含めること。セクション015639が建設契約書に含まれない場合は最初の段落は削除し、A.の第二段落からE.までを含めること。  
\*\*\*\*\*

A. セクション015639 「樹木と植物の一時的保護」を参照。

A. 建設現場内と他の重要場所にあるの特定の役木は建設主と建築家によって認識し、赤い札を目印として付ける。これらの樹木のいずれかを枯死させた場合は、一本につき一万ドル相当の罰金を支払う。その他の敷地内の樹木へ与える損傷は、1インチ分の樹木（キャリパールールで測定）ごとに二百ドル相当のレートで査定する。

1. 作業員が作業中に幹や根の樹皮の損傷に気づいた時はいかなる場合でも作業道具を根や幹から遠ざけるか、作業を中止する。樹皮への損傷は許容外で罰金の対象となる。

B. 樹木保護範囲内で損害を与えた場合は、作業請負業者から千ドル相当の罰金が徴収される。

C. 樹木、低木、そして他の植物に与えた損傷は設計士と建設主により、ここのA.とB.段落で決められた罰金設定に従って査定される。

D. 樹木や根が目ではっきり見えるほど損傷を受けた場合、建築主は工事請負業者から上記に定義された金額に適合した罰金を二年間に渡って徴収する。その期間後に損傷が木に与える影響は適宜に査定する。

E. 保存されるべき樹木や低木が損傷を受け取り替えることが必要となった場合、建築主と設計士が指定する直径と数の同種で品種も一致した樹木や低木を契約請負業者が用意し植樹する。新しく植える樹木や低木の直径の合計値は取り替えられる樹木や低木の直径合計値と一致しなければならない。

## 1.06 現存の業務施設

A. 現存の建設物や用役提供施設に損傷を与えないよう適切に保護すること。

## 1.07 作業の品質保障

\*\*\*\*\*  
全国的資格を必要とする場合は下記のA.の第一段落を選択。A.の第二段落はマサチューセッツ州のみにおける資格を必要とする場合。  
\*\*\*\*\*

A. このセクションに掲載の作業は、国際樹芸学会（International Society of Arboriculture, ISA）がスポンサーするISA資格獲得プログラムを最後まで終了し、ISAの資格を取得したうえ最低でも5年の経験があるプロの高樹木専門職人が手がけて完了すること。ISAの連絡先：P.O. Box 3129, Champaign, IL 61826 (217) 355-9411; Email: isa@isa-arbor.com.

A. このセクションに掲載の作業は、マサチューセッツ州高樹木専門職人協会がスポンサーするマサチューセッツ州高樹木専門職人資格（Massachusetts Certified Arborist, MCA）の資格獲得プログラムを終了し、MCAの資格を取得したうえ最低でも5年の経験があるプロの高樹木専門職人が手がけて完了すること。マサチューセッツ州高樹木専門職人協会の連絡先：8-D Pleasant Street, South Natick, MA 01760; (508) 653-3320; FAX: (508) 653-4112; E-mail: MaarbAssn@aol.com.

B. 高樹木専門職人は最低でも下記の資格を持っていること：

1. 下記の機関から与えられた資格：
  - a. TCIA - 樹木管理産業協会（Tree Care Industry Association, Inc）認定会社
  - b. ISA - 国際樹芸学会
2. 保険のために州が必要条件とする資格
3. 除草剤が必要となる場合は、除草剤の散布や使用免許

C. このセクションに掲載の作業を完了するために使用する機器は、経験豊富でメーカーのマニュアルと「AirSpadeの技術使用法紀要（2016年発行）」に従い、圧縮空気で作動する機器を安全かつ適切に操作するために機器のメーカーにより訓練を受け資格を与えられた技術者が操作すること。

D. 雨が激しく降っている最中や、有資格の高樹木専門職人が土壌が濡れすぎ、または乾きすぎと判断した場合にはAirSpadeを用いた作業を行ってはいけない。

E. 明示された作業中にAirSpadeを作動することによって損害を与えないよう、樹木の幹を適切に保護すること。

## 1.08 現場の監視

A. AirSpadeの利用により樹木に与える外傷を著しく減少させることが可能であるが、作業前、作業中、作業後の樹木の健康状態と手入れ作業を監視することが重要である。大抵の場合補充的な水遣りを行うことが必要であり、有資格の高樹木専門職人の指示に従い、継続的監視の下で水やりを行うこと。

- B. 現場監視は有資格高樹木専門職人の責任である。既存の樹木に与えるいかなる損傷は即刻設計士に報告すること。一本でも木に損傷を与えた場合は、作業を停止し損傷を与えた理由を調査する。それ以上樹木に損傷を与えることを防止するための計画書を作業者が提出し、景観設計士から計画書の認可を文面でもらうまで作業は中止すること。

## 1.09 作業前の会議

- A. 建設作業前の会議:根回りゾーンやその他の場所での特殊な土壌掘出し作業を実行する前に、景観設計士、有資格高樹木専門職人、(AirSpadeメーカーの代表者)、および建築主との会議を行い下記事項を確認、再度吟味すること：
  - 1. 契約書に明記されたプロジェクトで要求される樹木と土壌の保護方策。
  - 2. AirSpadeメーカーによる、応用作業、作動方法、安全確保の指示を含む製品データ。
  - 3. 根回りゾーンやその他の場所での特殊な土壌掘出し作業が実行される範囲。
  - 4. 足場設定、車両や機器の出入り口、溝掘り、土掘り、その他土に手を加える作業を施行する予定の場所。

\*\*\*\*\*  
 診断が既にくだされ、指定された処置を実行するために作業請負人がすでに特殊な掘出し作業を始めている場合は、下記の5.は除去する。  
 \*\*\*\*\*

- 5. プロジェクトの目標や建設の実行計画に影響を与える可能性のある、特定の現場状態を含めた各樹木の健康管理ニーズ。
- 6. 作業前、作業中、作業後における木の健康管理作業の実行対策。

\*\*\*\*\*  
 「ディビジョン 01 一般的な必要条件」で網羅された場合は、下記のB.は除去する。  
 \*\*\*\*\*

- B. 作業場が住宅街に隣接している場合は作業時間は午前8時から午後6時に制限、もしくは州や市町村当局の規定に従う。
- C. ホースと圧縮空気作動機器から空気が排出されている時は、過剰な騒音を避けるため機器の先端を地面に接地させるか地中に位置づけること。

## パート 2 - 製品

### 2.01 機器

\*\*\*\*\*  
 特定の機器を指定することが許される場合はA.段落を含めること。  
 \*\*\*\*\*

- A. 根回りゾーンやその他の場所での特殊な土壌掘出し作業はガードエアークーパーション製のAirSpade [2000シリーズ]、もしくは認可された同等の機器

を用いて行う。AirSpadeは圧縮空気で作動する機器で、人間工学的にデザインされたピストルのグリップ形態のハンドル、断熱ファイバーグラスの胴体と有特許のスーパースピンドルノズルを備え、ガードエアークーパーションの一部門であるAirSpade (連絡先: 47 Veterans Drive, Chicopee, MA 01022; Tel. 1-800-482-7324; www.airspade.com) により生産されている。

- 1. 空気圧縮機は良好な作業状態にあり、機械油を空中に過剰に排出する兆候が一切ないこと。
- 2. 使用機器は自動停止仕様の「引き金」を備えていること。
- B. 根回りゾーンやその他の場所での特殊な土壌掘出し作業は、AirSpadeとも呼ばれる圧縮空気により作動する機器を用いて行う。高圧の空気は機器の容量にあったコンプレッサーから提供し、既存の土壌に浸透し砕土する力を持つ集中したジェット空気流を生み出し、迅速で効率的に土壌を掘出す。
  - 1. 空気圧縮機は良好な作業状態にあり、機械油を空中に過剰に排出する兆候が一切ないこと。
  - 2. 使用機器は自動停止仕様の「引き金」を備えていること。

## パート 3 - 施工

### 3.01 一般事項

- A. AirSpadeが使われる場所への出入りは制限すること。作業関連者のみが作業場7.6m以内に立ち入ることが許される。作業中は作業場の中心から石や碎片が飛び散るのを防止するために一時的なスクリーンバリアを設定する。
- B. 圧縮空気作動の機器の作業者、もしくは近隣で作業する者は適切な保護具を着用し、それは最低でも下記の装備を含むこと：
  - 1. プラスチックの顔面シールドがついたヘルメット
  - 2. ゴーグルタイプの眼を保護するシールド
  - 3. 耳栓
  - 4. 耳覆い
  - 5. 長袖シャツと長ズボン
  - 6. 作業ブーツと靴下
- C. 作業範囲にアカヒアリの活発な活動が認められる場合、作業者は袖口やズボンの裾の開口部分を密閉したり防虫剤を使用するといったアカヒアリ襲撃を避ける予防策を講じること。
- D. 作業に使用される空気ホースは、全てのつなぎ目に安全ピンとホイップガードを備えていること。
- E. 樹木の周囲で作業する際は樹皮へ損害を与えることを防ぐために空流暖房バルブ(コンプレッサーに装備されている場合)を遮断すること。



### 3.02 土壌の準備

- A. 根回りゾーンやその他の場所で特殊な土壌掘出し作業の施工が予定されている樹木には作業開始前に十分水やりをすること。有資格の高樹木専門職人が水量と頻度を決定する。有資格の高樹木専門職人が準備作業を文面で認可するまでどの作業も開始してはならない。
- B. 作業前と作業中に土壌は水分飽和量近くまで湿っていないなければならない。作業中に土埃がたつ場合は作業を停止し、土壌を湿らせること。土堀りをする場所に芝生、大きな岩、マルチがある場合は作業を開始する前にそれらを移動させること。

### 3.03 空圧耕耘

- A. 作業請負業者はAirSpade用い、指定された深さ（15～20cmが一般的）の表土層に空気を吹き込み砕土を行う。もっと深部まで土壌内容の改良と空気を吹き込むことが必要な場合は、この作業を放射状の溝掘りや垂直マルチング（3.06と3.07を参照）といった他の作業と組み合わせで行う。

- 1. 近くの溝が埋まらないよう、溝をベニヤ板で覆うこと。
- 2. AirSpadeを30° から45° の角度（目標とする深さによる）で地面から25mmの距離で持つ。
- 3. ノズルを左右に動かし、希望する溝の幅を決める。
- 4. 同じ場所に留まらないこと。
- 5. 幅、深さ、溝の長さ、そして土壌改良材は樹木のニーズとプロジェクトの目標を基にして決定する。
- 6. 調節可能な土よけシールドは、作業者に飛び散った物が当たらないようにするために地面近くに設置する。
- 7. メーカーが発行する最新の安全確保と作業のガイドラインを参照すること。

### 3.04 土壌改良

- A. 土壌改良：肥料、堆肥、そして他の土壌構成要素は均一に、また「セクション329115植樹用土壌」に従って行われた土壌テストで決められたレートで施す。土壌改良材はAirSpadeを用いて既存の土壌とブレンドする。

### 3.05 樹木根回りゾーンの調査

- A. 樹木根回りゾーンの調査では最低でも以下を行う：
  - 1. 切断された、または損傷を受けた根があるかどうかの探索（特に最近穴掘りが行われたビルの敷地や用役提供施設建設のために掘られた溝の近くにある樹木）、根系の病気や腐食部の発見、腐食部の穿孔、研究室へ提出するサンプルの採集、といった調査目的を確立する。
  - 2. ビル下の地盤沈下があった場合の樹木検査、樹木近隣の建設作業の計画、といった場合に根の位置を確認することが必要な場合もある。
  - 3. 土堀りを行う範囲を明確にする。調査を行う区画の地面に印を付け、検査実行や土壌を除去する深さを決定する。

- 4. 調査後にその区画をどう扱うかを定める。例えば同じ土壌で埋めるのか、新しい土壌で埋めるのか、穴を開けたままにするのか、地面にはマルチをまく、マット芝を敷く、それとも種まきをするのか、等。
- 5. 土壌水分計や水やりのレベルや頻度といった事後管理案を明確にする。
- B. 調査には、樹木保護のためと作業前、作業中、作業後の健康管理のための提案、そしてプロジェクトの目標や実行計画を左右する樹木や用地の状態から生ずるその他の問題や制約も含まれるべきである。
- C. 樹木の安定性を評価するために、木を支えてる主根の状態を調べる目的でAirSpadeまたは手道具を用いて土を掘り地下調査を行う。根に腐食や損傷があると疑われる場合はAirSpadeを用いる。

### 3.06 垂直マルチング

\*\*\*\*\*  
用地の土壌が浅い、不酸素状態にある、その他植物の成長を支えるに乏しい状態にある場合は垂直マルチングを実行する。この作業は多年草やほふく性の植物の植物も生えていて、土壌を掘り返す範囲を最低限に抑えたい場所に特に有効である。  
\*\*\*\*\*

- A. 樹木の根周りゾーンの深部まで圧縮された土壌をほぐし、土壌を改良するためにAirSpadeを用いた垂直マルチングを行う。
- B. スプレー塗料で穴を掘る場所の地面に目印をつける。
- C. 各作業地のニーズと樹木の健康状態に基づき指定された深さ（一般的に45～90cmの深さ）の孔を掘る。抵抗力を感じたらゆっくりとAirSpadeを引き出し、穴の底にある土が上に舞い上がって穴の外に出ていくように再度ゆっくりとAirSpadeを挿入する。
- D. 高樹木専門職人の指示に従い、十分に堆肥化した腐葉土か他の土壌改良材で垂直に掘った孔を埋める。
- E. 栄養素が望ましくない濃度に濃縮されること（「ホットスポット」）を避けるために親和性のある土壌改良材を使用するか、改良材を既存の土壌に混合して使用する。[セクション329115、植樹用土壌を参照]。さらによい結果を出すために垂直マルチングを複数の生育期に渡って何度も行うことが可能。

### 3.07 放射状の溝掘り

\*\*\*\*\*  
重要な樹木の根周りゾーン内で、ある程度の深さまで圧縮された土壌をほぐし土壌を改良するために放射状の溝掘りを行う。この作業は多年草やほふく性の植物の植物も生えていて、土壌を掘り返す範囲を最低限に抑えたい場所に特に有効である。  
\*\*\*\*\*

- A. 樹木の根周りゾーンの圧縮された土壌をほぐし、土壌を改良するためにAirSpadeを用いた放射状の溝掘りを行う。
- B. スプレー塗料で溝を掘る場所の地面に線を引く。
- C. 各現場のニーズと樹木の健康状態に基づき指定された深さ（一般的に25～30cmの深さ）の溝を掘る。
- D. 栄養素が望ましくない濃度に濃縮されること（「ホットスポット」）を避けるために、親和性のある土壌改良材を使用するか、改良材を現存の土壌に混合して使用する。[セクション 329115、植樹用土壌を参照]

### 3.08 幹の立ち上がり部分の掘出し

- A. 幹の立ち上がり部分に接する土が高すぎる場合は、AirSpadeを用いて掘り出し作業を行い修正する。作業中はAirSpadeを継続して動かし一部分に留まらないこと。
- B. 細い側根が土掘りのじゃまになる場合は切除する。上根の上部の大部分が露出された時点で掘り出し作業をやめる。掘り出されたら、有資格の高樹木専門職人が除去すべき根を見極める。直径が0.6cm以下の根はAirSpadeを用いて土の深部へ下げることも可能である。掘った深さが30cmを超えた場合、有資格の高樹木専門職人と景観設計士に相談する。腐食や損傷の兆候や症状が見られる場合は有資格の高樹木専門職人と景観設計士に報告する。幹の直径の3分の1以下の太さの環状根、または数本の細い環状根が幹に巻き付いているのが見つかった場合、それらの根は除去する。幹の直径の3分の1以上の太さの環状根、または多数の細い環状根が幹に巻き付いているのが見つかった場合は有資格の高樹木専門職人と景観設計士に報告する。
- C. 掘出した表層土か改良処置を施した土で根を適切な高さまで覆う。[セクション 329115、植樹用土壌を参照]
- D. 余分な土を除去した後、高樹木専門職人の指示に従って穴掘りを行った場所をマルチや木片で覆う。マルチや木片は樹木の幹に接触してはならず、検査を行うので上根も覆ってはいけぬ。マルチや木片は素材の目の粗さにより5～10cmの範囲で有資格の高樹木専門職人と景観設計士が認可する深さとする。

### 3.09 根の剪定と矯正

- A. 根回りゾーン内で土に切り目を入れなければならない場合、有資格の高樹木専門職人がAirSpadeを用いてその樹木の根を剪定するが、除去する根系は可能な限り少量にとどめる。
- B. 現存の根系が安全に露出されたら、剪定用手バサミを使ってきれいに切断するために最適の場所を有資格の高樹木専門職人が見極める。将来根が適切な方向に成長していくよう矯正するため、細い根は深部の土層へ下げる。

- C. 掘り出した樹木の根系が数日間またはそれ以上露出されたままになる場合、根系を保護し覆いをかけ（例えば、土、マルチ、麻布などで）必要に応じて水分を補給すること。

### 3.10 根の掘出し・露出と移植

\*\*\*\*\*  
 AirSpadeを用いた根の掘出し・露出作業は、多年草、低木、ほふく性植物にも応用できる。この移植方法では細い根系も保持することができる。また、根の張っている領域で行う徹底した処置や（例えば、通気性改善処置や圧縮土壌の砕土）他の敷地構築作業を実施する際に、小さな植物の根の掘出しをすることがよく必要となる。また最近、園芸場で育てられた植物の根から移植前に土壌を除去する作業の需要が増えている。  
 \*\*\*\*\*

- A. 現存の樹木の移植のため、また周囲の土壌を取替えるために根の掘出し・露出を行う際、作業が樹木の根系へ与える損害を最低限にとどめるためAirSpadeを利用する。新しい舗装システムを施工する際、近隣に生えている樹木の根系を剪定して下方に矯めるために、必要に応じて根の露出作業を行う。
- B. AirSpadeを用いて根系からほとんどの土を除去するか、樹木と一緒に移植すべく根系に土をつけたままにする。根系が掘り出されたら、高樹木専門職人が全体の根を希望の長さに剪定する。露出された根を日光から保護し、十分に水分を補給し、掘出しから移植するまでの時間を最低限にとどめることが重要である。

### 3.11 土壌の取替え

- A. セクション 329115、植樹用土壌を参照

### 3.12 資材廃棄

- A. 空気鋤での作業中に移動された土壌を収集し現場外に移動するか、目立たない場合は現場内で処分する。
- B. 根回りゾーンやその他の土壌掘出し作業で出てくる資材で、取っておく予定がなくプロジェクトで再利用できない物は請負業者の所有物となり、現場外で処分する。
- C. 作業終了時に作業現場の後片付けをする時まで待たず、瓦礫、ごみ、その他の資材は即時処分する。

### セクションの終わり



# 用語集

**通気性**：空気が土壌内を通過できるかどうか、植物の根系が酸素を利用できるかどうかの状態。圧縮された、または水はけが悪く飽和した土壌をほぐしたり深部まで浸透して通気性を向上するために行われる数種類の作業を通気性改善処置と表現。

**空気鋤による作業**：圧縮空気で作動しスーパーソニックの空流を生み出す機器を用いて行う特別な土壌掘削テクニックを使った作業。

**土壌改良材**：現存の土壌に加えることのできる土壌添加材。これらには有機または無機土壌構成要素、栄養素、バイオ炭、有益微生物などが含まれる。

**米国景観設計士学会 (American Society of Landscape Architects, ASLA)**：プロの景観設計士のための全国的な組織。

**無酸素状態**：酸素が欠乏している土壌状態。一般的に土壌の水分的飽和、過度の圧縮、景観内での使用目的に適応していないか貧困な土壌構成が原因。

**認定作業請負業者**：AirSpadeを使った特別な土壌の掘出し作業に関わる作業人は、作業を行うに最低限必要な教育、訓練、経験を持っていることを明示すること。

**高樹木専門職人**：樹芸関連の仕事に専従する者で、経験、教育、関連した職業訓練を通じて、樹木や他の装飾木本植物の管理を実施または監督する能力を有する者。適任の高樹木専門職人はISA発行の免許を所有すること。高樹木専門会社もTCIAによる認定を受け、州の保険条件を満たしているべきである。

**土壌改良**：土壌改良材を現場の土壌に混合するプロセス。

**根の露出**：樹木の根系から土を除去すること。

**有益微生物**：土壌微生物を参照。

**樹木・景観鑑定家協議会**：樹木の価値評価の参考基準である「樹木鑑定ガイド」の発行者。

**重要な根回ゾーン (Critical Root Zone, CRZ)**：樹木の健康状態と安定性の維持に必要な根系容量で、一般的に最低でも幹から半径3mの範囲、または樹木のドリップラインの1.5倍に至る範囲にわたる。CRZは高樹木専門職人の意見に基づき各々のケースに合わせて決定、設定し、景観設計士の認定をうけること。

**方向を選択する根の剪定 (選択的な根の剪定)**：望む方向に伸びている根を剪定すること。

**ドリップライン**：地面に投影した樹冠の外郭線。

**繊維質な根**：細い根で、樹木の水分と栄養素の吸収の大部分を担う。

**最終地面／覆土の高さ**：構築作業や樹木管理作業終了時の地面の高さ。

**環状の巻きつき**：根や他の物質で、他の根、幹の立ち上がり部分や木の幹に巻きついたり、交差するもの。環状根は循環システムを締め付け、構造問題を起こして樹木を枯死させることがある。

**手による土掘り**：根系を露出し検査するため、または機械で掘るためにはどこを掘るべきかを決めるために、根系に損傷を与えたり切除する事なく手道具を使って土壌を慎重に掘ること。

**作業前の用地調査**：大抵の場合プロジェクト担当の高樹木専門職人と景観設計士が現場を訪問し、樹木の健康状態と施すべき処置を評価し目録を作る。その上で、それらの展望と制限を踏まえ、ストラテジックデザインの可能性を見極める。

**無機質**：炭素と栄養素の低い土壌を指す。一般的に不活性の石や砂を指す。無機質の土壌改良材は、土壌の水はけと通気性を改善するためによく利用される。

**国際樹芸学会 (International Society of Arboriculture, ISA)**：プロの高樹木専門職人のための国際的な組織。

**景観設計士 (Landscape architect, L.A.)**

**腐葉土**：十分に堆肥化された、雑草を含まない有機物質で次の条件を満たすもの；pHが5.5と8の間、水分含有量が重さで35～55パーセント、25mmの目のふるいを100パーセント通り抜ける、溶水製塩分を2～5 dS/mで含む、不活性混入物質が0.5パーセントを超えない、植栽に害となる物質を含まない。

**ローム**：砂、沈泥と粘土の粒子をほぼ均等量含み、有機物質を含んだ土。

**マルチ**：土壌の水分保持を助け、圧縮を防止するために地面にまく素材。木片はマルチの一種で、簡単に手に入り圧縮されず栄養素含有量が比較的低いため、大抵の場合樹木周囲で好んで使用される。他によく使われるマルチには木の葉や松の樹皮といった有機物質を堆肥化したものがある。

**浸透性**：土壌内での水の通過性。一般的に、土壌の構成要素、断層構成、圧縮が浸透性に影響を与える。

**有機土壌改良材**：土壌に添加する物質で炭素と栄養素を多く含むものを指す。動物糞、堆肥、その他の肥料がよく使用される。

**根鉢**：植木鉢で育てられたか、樹木鋤で掘り出された移植される植物の根系。根鉢には一緒に移植された土が含まれるため、移植先の土壌との相違から移植後植物の成長に長期にわたって問題をもたらす可能性がある。

**幹の立ち上がり部分**：樹木の根系と幹が接する部分。

**主根**：植物の中心から伸びる太い根。

**根回りゾーンの調査**：樹木の根回りゾーンでの診断的な目録作りやサンプル採り。一般的にAirSpadeを用いて訓練を受けた高樹木専門職人によって実行される。

**砕土**：圧縮された土壌を機械的にもしくは圧縮空気作動の機器を利用してほぐすプロセス。

**垂直に深く伸びる根**：側根から伸びる根で、一般的にドリップライン内に生える。下方に垂直に伸び、数メートルに至ることもある。垂直に伸びる根は土壌深部にある水分とミネラルを利用するために重要な役割を務める。表面の土壌から重要な資源、主に水分が枯渇した時にこの機能は特に重要となる。垂直に伸びる根は樹木を固定する役割も果たす（ISA根の管理の最適実行例から引用）。

**地層**：物理的構成要素、色、質感で定義される土壌の断面に見られるいくつかの層うちの一つ。「A」地層は地表近くの表土を指し（45-60cmまでの深さかそれ以上）大抵の場合植物の成長に重要な有機物質と無機物質が混ざった構成で定義される。「B」地層、または下層土も植物の深い根の成長に重要で、一般的に表土層より粒子は粗く有機物と栄養素の含有量も低い。「C」地層、または基層は一般的に無機質であり、垂直に伸びる根が侵入できる限度である。

**土壌微生物**：健康な土壌エコロジーを維持し、樹木の栄養素吸収と根の成長の維持に必要な多種類に及ぶ生物。

**根回りゾーンやその他の場所での特殊な土壌掘出し作業計画書**：空気鋤でどのくらいの土壌を掘るかを明確にした書面。足場の設定、車両や機器の出入り口、溝堀り、土堀り、その他土に手を加える作業を施行する予定の場所を全て明確に示すこと。

**補充的な水遣り**：普段の樹木管理で予定されたものに加えて行う水遣りで、一般的に建設工事、移植、日照りや、その他樹木に普段以上のストレスを与える樹木管理作業のため必要になる。補充的な水遣りをする大抵の場合には、樹木管理のプロによる継続的な監視が必要である。

**直根**：樹木の主幹から土壌の深部まで垂直に伸びる、一般的に一本だけの太い根。

**耕耘**：土をほぐし掘り返すプロセスで、一般的に土壌の浅い範囲で行う。耕耘は圧縮により狭まった気孔スペースを広げ、通気性を改善し根の成長を促す。

**表土**：プロジェクト現場の土壌で、表面の層にある土。

**樹木管理産業協会（Tree Care Industry Association、TCIA）**：樹木管理会社とその関連会社から成る事業団体。

**樹木損傷に対する罰金**：作業請負業者から徴収される、建設作業中に樹木に与えた損傷に課される罰金。これらの罰金は一般的に樹木価値評価のための産業標準に基づいて設定されるか、貴重な遺産的樹木には特別に設定される。これらの罰金は建設仕様書と入札書類に作業中の偶発事故をカバーする既定の経費の一部として明示されるべきである。

**樹木資産調査書**：調査内容や目録から得られる樹木種、サイズ（地上1.3mで測定）、存在場所、健康状態、植物群落、構造、推定本数といった情報を含む、用地内にある樹木資源を明記した書面、もしくは用地設計図。

**樹木価値鑑定**：協定標準に基づき樹木の価値を公式に査定することで、一般的に有資格の高樹木専門職人によって実施される。

**木片マルチ**：地表に撒く素材で、均一に断片化された木片、樹皮や葉を含み、大抵の場合木材破砕機で木の色々な部分を破砕して生産される。



## 参考書見

ANSI A300 Support Systems Standard (Part 2). "Best Management Practices Soil Management for Urban Trees." International Society of Arboriculture (ISA), 2014.

ANSI A300 Support Systems Standard (Part 3). "Tree, Shrub, and Other Woody Plant Maintenance – Standard Practices (Supplemental Support Systems)." International Society of Arboriculture (ISA), 2006.

Christina E. Wells, Kelby L. Fite and Dr. E. Thomas Smiley. "Soil Decompaction and Amendment for Urban Trees," Tree Care Industry, September 2009, p. 8-11.

Dr. E. Thomas Smiley. "Air Excavation to Improve Tree Health." Tree Care Industry, May 2001. p. 45-47.

Kelby Fite and Dr. E. Thomas Smiley. "Best Management Practices (BMP) - Managing Trees During Construction, Second Edition." International Society of Arboriculture (ISA), 2016.

Kelby Fite, Dr. E. Thomas Smiley, John McIntyre, and Christina E. Wells. "Evaluation of a Soil Decompaction and Amendment Process." Arboriculture & Urban Forestry 2011. 37(6): 293–300.

Neal, Cathy. "Getting to the roots: Production Effects On Tree Root Growth and Morphology - American Nurseryman." B&B. American Nurseryman, 1 July 2014. Web. 19 May 2016.

Phelps, Johanna. "To preserve and protect: Working with arborists." Point of View. Metropolis Magazine, 7 Jan. 2016. Web. 19 May 2016.

Rick Sweet. "Ease Excavating Dangers with Compressed Air Tools," Damage Prevention Professional. Winter, 2016.

## ネット上の参考資料

仕様書原本を含むAirSpadeの「応用法：樹芸/園芸」：<https://www.airspade.com/applications/markets/arboriculture-horticulture>

バートレット樹木関連資料図書館：  
<https://www.bartlett.com/resourceList.cfm>

国際樹芸学会：<http://www.isa-arbor.com/>

この小冊子はPDFフォーマットで、仕様書原本と綿密なCAD図と共にネット上[www.airspade.com/guide](http://www.airspade.com/guide)からダウンロードできます。

# 著者紹介

## パートレット樹木研究所

ケルビー ファイト博士、寄稿者

研究部ディレクター及び副所長、パートレット樹木研究所

ケルビーは樹木保護専門家として入所して以来14年間パートレット樹木研究所の一員として貢献。現在、研究部ディレクターとしての主な義務は、都市部土壌と総合的害虫管理に重点を置いた日陰に位置する樹木の育成と管理に関する研究と公衆教育である。都市部土壌修復と根系植物学に主点をおいた研究により、植物・環境科学博士号をクレムソン大学で取得。植物保護と害虫管理学の修士号と園芸科学の学士号（両方ともジョージア大学にて取得）も持つ。

トマス スマイリー博士、寄稿者

主任研究員、パートレット樹木研究所

トマス スマイリー博士はノースキャロライナ州シャーロット市に位置するパートレット樹木研究所の主任樹芸研究員であり、クレムソン大学の都市部林学の非常勤教授も勤める。スマイリー博士は樹芸産業界で幅広く活躍し、国際樹芸学会（International Society of Arboriculture, ISA）発行の最適実行例を数多く共同執筆。彼の研究により、街路樹近辺の歩道の延命、落雷からの樹木の保護、樹木の根の成長促進、樹木リスクの削減をする改善策が編み出された。

## ガードエア コーポレーション

リチャード（リック） N. スウィート、寄稿者

AirSpade 生産専門家、ガードエア コーポレーション

リックは圧縮空気を用いた土壌掘削の利点を、過去12年にわたり高樹木専門職人と園芸職人に伝授。AirSpadeに勤務前は、伝説的なH. J. ハインツ会社にてセールスとマーケティングに関わる様々な職務に従事。ウィスコンシン州立大学で取得の数学学士号、ピッツバーグ大学で取得のMBA（経営学修士号）を持つ。

トマス（トム） C. トレンブリー、寄稿者

社長、ガードエア コーポレーション

1942年までさかのぼる豊かな歴史を誇るガードエア コーポレーションは、AirSpadeを含む数々の工業用/業務用空圧作動機器とその付属品を生産する世界的に名の知られたメーカーである。トムは1994年に会社を買収したグループの先導者であり、それ以来の会社のビジネスを拡大、指導して来た。ガードエアに来る前はニューイングランド銀行のベンチャーキャピタル部門であるニューイングランドキャピタルの副社長を務めた。それ以前にはボストンのテクノロジー コンサルタント グループの主任コンサルタントとして勤める。トムはラファエット大学で取得の電子工学学士号とボストン大学で取得のビジネス・製造工学修士号を持つ。

## リコ アソシエイツ

ヴィンセント（ヴィンス） P. リコ、作業仕様の著者

景観設計士、作業仕様コンサルタント、ASLA、CSI、SCIP、CCS、RLA

ヴィンスはマサチューセッツ州ボストンを拠点とする現役の景観設計士、およびコンサルタントである。彼は数多くの受賞歴のある景観設計事務所と共同作業を行った経験を持ち、作業仕様とプロジェクト実行における細かいニュアンスの専門家である。ヴィンスは1980年にシラキュース大学で科学学士号を取得、1981年には景観設計学学士号をニューヨーク州立大学環境科学、林学部より取得した。

## スティーブン スティムソン アソシエイツ | 景観設計事務所

テレンス（テリー） J. フィッツパトリック、ASLA、編集者

テリーはマサチューセッツ州ケンブリッジ市のスティーブン スティムソン アソシエイツのデザイナーかつプロジェクトマネージャー。多様なプロジェクトを手がけた経験を持ち、改革的な建設技術の応用法と都市部林業に特別な興味を持つ。2009年にニューヨーク州立大学環境科学、林学部より景観設計学学士号（BLA）を取得、2013年にはハーバード大学の大学院デザイン学部から景観設計学修士号（MLA II）を取得。

クリストファー（クリス） ミクサック、技術部査読

クリスは2011年にロードアイランド州立大学から景観設計学学士号を取得、就学中の作品でRIASLA功績賞を受賞。クリスはパートレット樹木管理会社で数年勤務し、主にボストン近辺の新建設用地に存在する巨木の保護に焦点を置いた。現在はチャーブルック園芸場での作業を管理する一方、建設作業の監視、樹木保護、そして植樹分野での豊富な経験を生かし、景観デザインを手がける。

スティーブン スティムソン、FASLA、査読者

スティーブンは乳牛農家で生まれ育ったため、彼がニューイングランドと米国全般で手がけた景観設計には、農業からインスピレーションを受けた様子がうかがえる。マサチューセッツ州立大学とハーバード大学大学院デザイン学部で教育を受け、1992年に事務所を設立し、20年以上景観設計に従事してきた。彼の手がけた仕事は幅広く認められており、ボストン景観設計士協会や米国景観設計士協会から数多くの賞を受賞している。ハーバード大学大学院デザイン学部でデザインを教え、マサチューセッツ州立大学、ロードアイランドデザイン大学、ロジャーウィリアムズ大学にて教鞭をとったり、デザイン審査員を務める経験を持つ。2004年には彼の景観設計分野における優れた実績により米国景観設計士協会の名誉会員に選ばれた。過去5年間は在来植物繁殖、採集した植物、植物体、そして土壌仕様に関する野外研究とプロジェクト用に設けたチャーブルック園芸場での栽培を手がけている。

ジョセフ（ジョー） ウォーラー、寄稿者

社長、ASLA、RLA

ジョーは15年以上にわたり景観設計の仕事を手がけている。共同作業実行、および新技術をデザインと建設過程に応用して優雅さを達成する達人である。ジョーの手がけたプロジェクトには、イリノイ州レイクフォールレスト市に位置するフォレストパークの修復、ボルチモア市のLEED プラチナ認定が予想される公園と住民財団の本部、マサチューセッツ州ローレンス市のフェロスサイトパークがある。ハーバード大学の新しい科学工学コンプレックスを含めた公共施設や、ニューイングランド地方、東海岸中部諸州、そしてプリンスエドワード島に位置する個人住宅も手がけている。ジョーは2001年にオハイオ州立大学から景観設計学の修士号を取得、1998年にイリノイ州立大学アーバナシャンペン校から装飾園芸学の学士号を取得した。ジョーは2001年にASLAより景観設計学における優秀功績賞を受賞した。



## AirSpade 技術使用方紀要

ガードエア コーポレーション  
バートレット樹木研究所  
スティーブン スティムソン アソシエイツ | 景観設計事務所

この小冊子はPDFフォーマットで、綿密なCAD図と共にネット上の下記のサイトからダウンロードできます：  
[www.airspade.com/guide](http://www.airspade.com/guide)

**AIRSPADE**<sup>®</sup>  
ガードエア コーポレーションの一部門

47 Veterans Drive • Chicopee, MA 01022-1062

無料通話番号: 800-482-7324 | 電話番号: 413-594-4400 | Fax: 413-594-4884

電子メール: [info@airspade.com](mailto:info@airspade.com) • [airspade.com](http://airspade.com)

