

(2019 11.26) 主催：愛知県・公益財団法人愛知県都市整備協会【愛知県都市緑化基金】

## 健全で良質な緑づくり講座「植栽基盤を考える」

— 現状把握と改善方法 —

### 補助テキスト

川九 邦雄

#### 目次

1 植栽基盤と樹木の生育（植栽基盤の基礎的知識と具体的な問題点の事例） .....	1
1.1 植栽基盤とは何か .....	1
1.2 具体的な不良事例と出現パターン .....	5
2 樹勢回復のための改良対策 .....	7
2.1 最低限知っておきたい土壌に関する知見 .....	7
2.2 生育基盤の診断 .....	9
2.3 対策（治療としての土壌改良） .....	10
2.4 具体的治療（樹勢回復）の例 .....	11
3 参考資料等 .....	12
3.1 一般書籍 .....	12
3.2 手引き・マニュアル類 .....	13
3.3 その他（ネット等で容易に入手できる学会誌の記事等） .....	13

本テキストは、標記主催者依頼講義の補助資料として著者（川九）が作成したものです。記述には十分な注意を払っていますが、本内容を利用された結果については、著者ならびに主催者は責任を負えませんので、あくまでも理解を助ける一資料としてご利用願います。

また、文中に特定の商品名・書名等の判断等が記載されていますが、それはあくまで著者の考えであり、主催者がそれを認定・推薦するものではありません。

なお、文中のミスや内容の間違い等お気づきの点がありましたら、主催者または著者までご指摘・ご連絡いただけると幸いです。

2019年11月時点著者連絡先 [terrapax-kawaku@nifty.com](mailto:terrapax-kawaku@nifty.com)

# 1 植栽基盤と樹木の生育（植栽基盤の基礎的知識と具体的な問題点の事例）

## 1.1 植栽基盤とは何か

現在、少なくとも緑に関わる人々には「植栽基盤」という用語は広く知られています。たとえば愛知県広域緑地計画\*においても植栽基盤の整備が緑の効用を高める上で不可欠だと書かれています。

\*愛知県広域緑地計画 平成31年3月版（5. 緑の基本方針→ 5.1 緑づくりの基礎：健全で良質な緑）に「具体的には、植物の良好な生育に必要な土壌環境の基本的条件を整えるため、土壌調査や試験などを行い、土壌改良や施肥等により物理性や化学性を改善し、植物の生長に適した植栽基盤の整備が緑の効用を高める上で不可欠です。」と書かれている。

しかし具体的なことになると関係者でも混乱があつて、思いのほか知られていないこともあるので簡単に整理しておきます。

### 1.1.1 用語の意味と暗黙の了解事項

#### (1) 用語の意味は簡単に考えてよい

代表的な出典では用語について表 1のように記述されています。

表 1 主なる「植栽基盤」の定義

出典	定義
①造園学会	植栽しようとする場所の土壌、土層あるいは表層地質を含めての総称。
②国交省	植栽基盤とは、植物を植栽するという目的に供せられる土層で、植物の根が支障なく伸長して、水分や養分を吸収することのできる土壌条件を備えているべきものをいう。なお、排水層があるときはこれを含む。

① 造園学会；日本造園学会 緑化環境工学研究委員会(2000)：緑化事業における植栽基盤整備マニュアル，ランドスケープ研究 63(3)p224-241

② 国交省：国土交通省都市局公園緑地・景観課緑地環境室 監修(2013) 植栽基盤整備技術マニュアル（改定第2版第2刷），日本緑化センター

ここからわかるように、①は「植栽基盤」の定義そのもので、②は定義とそのあり方(正しい植栽基盤の姿)が一つになっています。②は建設省(当時)土木研究所(土研)と社団法人日本造園建設業協会(日造協)の共同研究\*で決まった定義をうけて書かれています。

\*:建設省土木研究所、日造協(1995) 植栽基盤造成技術に関する共同研究報告書，建設省土木研究所環境部緑化生態研究室、社団法人 日本造園建設業協会

どちらの定義も一理ありますが、あまり難しく考える必要はありません。

「植栽基盤とは、植物(主に樹木)が適切に育つための土壌環境である」と考えていれば十分です。

#### (2) 対象植物は主に中高木

植栽基盤について書かれている本(マニュアル・ハンドブック含む)はそれなりにありますが、どの本にも書かれていない暗黙の了解事項のようなものがあります。たとえば対象植物は、原則としては造園・緑化に用いる植物のすべてが対象になりますが、現実的には樹木、それも中高木が主体になります。現に上記の土研・日造協共同研究の報告書にある調査対象植物のほぼ全ては中高木です。因みにその共同研究の実地調査を担当されたのは野田坂信也氏で、長谷川秀三氏もサポートをされましたので、ごく一部については筆者も参加しています。また、この共同研究では上記報告書とは別に、事例集\*1、関連文献資料集\*2も印刷製本され、報告書の概要版\*3が日造協から発行されました。

\*1：(野田坂伸也?) (1994) 「植栽基盤造成技術の開発に関する研究」植栽地盤調査事例集，土研、日造協

\*2：(野田坂伸也?) (1994) 「植栽基盤造成技術の開発に関する研究」 参考文献抜粋集，土研、日造協

\*3：(野田坂伸也?) (1995) 植栽基盤の造成技術，土研、日造協

### (3) 「植栽基盤」より「樹木生育基盤」という用語が適切

「植栽」という用具は単に植えるというだけでなく、ある目的をもって植物を空間に配置することを意味する\*ようですが、いずれにしてもこれから植物を（植えるなり置くなりして）配置することです。単純に言えば「新規植栽」と言えるでしょう。

\*「植栽」の定義：たとえば日本緑化工学会編（1990） 緑化技術用語事典，山海堂 p 94-95

しかし現在では「新規造成」や「新規植栽」は、かつての時代から比べると大きく減少し、「今後は管理の時代」と言われてからもかなりの年月が経過しています。

その一方で管理の段階（既存植栽木）でも土壌・根系が関与する樹木生育不良は多く見られ、その原因の多くは植栽基盤に望まれる条件が満たされていないことにあります。したがって新規植栽でも既存植栽木でも共通する「**樹木生育基盤**」という用語のほうが、はるかに現実的かつ適切です。

### (4) 林野庁でも樹木生育基盤と言い出した

植栽基盤技術は土壌改良と不可分ですが、山の自然地に植えることが一般的な林木造林では土壌改良という概念が全くありません。したがって植栽基盤とか土壌改良とは無縁でした。しかし東日本大震災後に各地で海岸造林が行われるようになってから、林野庁でも「生育基盤造成」という用語を用いるようになり、長谷川式土壌貫入計等の利用も造成技術指針に組み入れられるようになりました。

#### 1.1.2 植栽基盤という用語はいつどのように生まれたか

人類が庭園等に木を植えだしてから少なくとも数千年の歴史があります。この間大部分の植栽は自然土層にそのままか、あるいは比較的表層の（植物生育に適した）土を移動してほぼ人力で突き固めたような場所に植えてきました。もちろんその間に問題がある土に対する対策などもそれなりにとられてきたはずですが大規模に問題が出ることはありませんでした。

ところが、わが国では昭和 30 年代半ば以降頃（高度経済成長期）から、各地で大規模造成が始まり、山を崩して植物の生育に適さない地中深くの土を造成に利用したり、それを大型の重機で締固めて造成することが頻繁に行われるようになりました。その結果、たとえば日本住宅公団が係わったニュータウン建設では各地で特殊土とその締固めによる樹木生育不良（植栽後の枯損）が続出し、日本道路公団が係わった高速道路の IC・SA 等各施設でも同様のことが多発したのです。

このため、前向きな造園関係者の間で「**植栽のためには、土木造成土とは異質の土壌条件が必要であることを明確にする必要があるし、それをしないと造園の技術が進展しない**」との考えが浸透し始め、いつの頃からかそれを「**植栽基盤**」と呼ぶようになりました。

そして、これらの問題点は、既存植栽木の土壌に係る生育不良の問題とも深くかかわり、たとえば樹木医が扱う土壌（攪乱土壌）の問題点ともほぼ共通です。このため植栽基盤の知見なくして樹木医学もないという認識も定着しつつあり、現に平成 29 年度から樹木医認証研修で植栽基盤診断技術が必須項目になっています。

#### 1.1.3 植栽基盤研究結果から得られた成果

土壌に関する問題が続出し、産・官・学の関係者が十数年にわたって集中的に植栽基盤整備の研究を実施した結果、以下の重要な知見が得られました。

- ① 造園・緑化現場の大部分は、土壌透水性（水はけ）不良であるか、根の伸長を妨げるほど固結した、いわゆる土壌物理性不良であり、それが樹木生育不良の主因であることが明白になった。それに対して、土壌 pH などの土壌化学性は、全般的にチッソ分不足の貧栄養状態であることを除くと、極めて限られた特殊地を除けば、ほぼ無視しても問題が少ないことがわかった。

- ② 植栽基盤のあるべき姿（望ましい土壌条件）が明確になり、そのような姿こそ真の「植栽基盤」だという考えが広まった。
- ③ 長谷川秀三氏によっていわゆる「長谷川式土壌調査器具」が開発され、その有用性が広く認められて、海岸林造成まで含む造園緑化現場造成のための大部分の公的基準に、標準調査法（器具）として採用されるようになった。

#### 1.1.4 森林土壌（造林学）研究でも生育を左右する主要因は物理性であると認識されていた

林木については植栽基盤の研究に先立って、第二次大戦以後の拡大造林政策に則して国と地方自治体の林業試験場による膨大な研究が行われてきました。それによると、林木の生育を支配する主要因は土壌の保水性・透水性等物理性、あるいはその状態を決める（B<sub>A</sub>, B<sub>B</sub>等の）土壌型であることが明白<sup>\*1</sup>になっていますが、土壌の化学性については関係者<sup>\*2</sup>の長年の努力によっても生育との特別の関係が見いだせていません。

また樹木の水耕培養試験の結果から、樹木は通常の農作物よりはるかに少ない土壌養分で最適生育ができることが理解されてきました。そこで、それらの知見を総合して松井（元林業試験場長、初代日本樹木医学会長）は、樹木医学の視点から樹木の生育と土壌の関係をプレゼンテーションで示したよう<sup>\*3</sup>にまとめています。

\*1：真下義久の歴史的な研究成果は、以下の文献に集約されている。またその成果の一部は樹木生育と土壌の関係を記したあらゆる書籍等でほぼ必ず引用されている。

真下 育久（1960）森林土壌の理化学的性質とスギ・ヒノキの成長に関する研究，林野土壌調査報告 第11号 農林省林業試験場 昭和35年3月

\*2：これらの研究結果は、以下の文献によって理解できる。

① 芝本武夫(1952)スギ、ヒノキ、アカマツの栄養並びに森林土壌の肥沃度に関する研究，林野庁 1952-09

③ 河田弘(1959)森林土壌の化学的性質および腐植の形態に関する研究 林野土壌調査報告 第10号 農林省林業試験場 1959-02

③ 塘 隆男(1962)わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究 林業試験場研究報告 第137号, 1962-03

\*3：松井光瑤（1997）：樹木の側から見た土壌、樹木医学研究、1、17-19より、原文の趣旨に沿って川九が要約

植栽基盤整備（生育基盤整備・改良）の場合は、松井の指摘に固結土壌や構造物等による根系伸張制限（有効土量）把握の重要性が加わりますが、とにかく物理性が優先することにかわりありません。

#### 1.1.5 土壌化学性に関すること

##### (1) 全体的なこと

どんな理屈より、圧倒的多数の樹木が無施肥で良好に育っているという事実を皆さんは知っています。養分等の化学性改善は、異常値の対応を除いて、急務ではないと考えるのが自然なのです。

但し、樹勢回復を急ぐ場合には、良好な物理性を確保した上で、適度の養分を与えることは当然で、その場合には良質な堆肥類の施用が最も効果的です。もちろん化学肥料も適切に利用すれば十分に有効です。しかし農業生産用ほどの需要がありませんから販売者からの適切な指導が期待できません。自分で理解するにはきわめて難解なことも多々ありますし、メーカーの情報も揃ってはいません。したがって、良質な堆肥類が最も適切ということになります。

##### (2) 化学性不良の問題は例外的であるということについて

透水性不良や固結等の土壌物理性不良は広く各地で見られますが、化学性不良はごく限られた場所で見られられません。問題になるような場所としては、臨海埋立地、ごみ埋立処理地、津波冠水跡地

等では塩類障害が生ずる場合があります。

全国的にごく限られた場所で土中のイオウ化合物（黄鉄鉱等）が酸化して硫酸ができる「酸性硫酸塩土壌」が出現することがあります。但し、愛知県での出現事例は（伊勢湾台風時の冠水跡地での事例や海岸埋立地で発生した事例を除き）ほとんど聞いたことがありません。

その他、生石灰やセメント等の強いアルカリ性物質を用いる安定処理された土などもありますが、樹木に被害が出たという明瞭な報告はきわめてまれです。したがって、チッソ肥料分（できれば良質堆肥で補う）の利用以外には、化学性はほぼ無視できます。

### 1.1.6 植栽基盤のあるべき姿（定義）が明確になった

多くの研究成果から、植栽基盤に必要な条件はプレゼンテーションで説明したようであると認められ、その定義も広く普及しています。

### 1.1.7 長谷川式土壌調査器具が開発され調査技術が確立した

緑化地土壌の特色をひと言でいえば「攪乱土壌である」ということにつきます。自然の土壌のように広く同じように広がっているのとは異なり、すべて人為で作られた土壌状態なので、極めて不均質です。5mも離れていれば状態が異なるようなことは日常的です。したがって、土の状態を（特定の専門家でない）普通の技術者が、簡単にしかし再現性よく定量的に知るための道具が必須になります。その道具を（当時）大島造園土木㈱の開発技術者であった長谷川秀三氏が開発されました。一般的に言われる「長谷川式土壌調査器具」は、①長谷川式大型検土杖、②長谷川式土壌貫入計、③長谷川式簡易現場透水試験器の三種です。植栽基盤整備技術はこれがあって成立します。

①は簡易に土層状況を知るための機器で、②は土層の硬さを深さ方向に連続して測定する機器、③は所定の深さの水はけ（透水性）を測定する機器です。これらの具体的構造や、使い方等は日造協の植栽基盤診断士では資格取得には必須理解項目ですし、最近では樹木医でも知っている人が増えてきました。また巻末に示すテキストでもそれなりに理解できますのでそちらも参考にしてください。

### 1.1.8 より重要で基本的なことが忘れられている

緑関係者で植栽基盤の重要性について語る方は多数おられますが、ともすれば先走った解釈をされる方も少なくありません。しかし、本質的な理解（自分にも第三者への説明でも）のために必要なことがほとんど忘れられています。より端的に言うとな次の3点を説明できない人が大部分です。しかしそれが分かっていることが必須なのです。

#### (1) 植物は、地上部はもちろん根も呼吸している

これはあたりまえです。でもなぜか皆が言いません。根も酸素がなければ、生きられない。根は酸素を含んだ水が絶対に必要です。人間でも同じです。食物の栄養も必要です。水もとらなければ死にます。でもその前に空気が吸えなければ数分で死ぬのです。酸素を含む水。すべてに優先します。これを多くの人に説明してください。

#### (2) 根は地上部の大きさに比例した大きさが必要

大きな木には大きな根が必要ということを言えば、誰でも当たり前だと言うでしょう。ではどのくらいの根が必要なのか、地上部の大きさに対して根の比率はどの程度か。それを問うと大概の人が答えられません。

結論から言えば地上部と根の比率、Top/Root (T/R 率：乾物重量比) は約 3~5 です。それだけ知っていれば色々とイメージが出来ます。逆に言えば、そんなことも知らないで植栽基盤を語るのは、

某テレビ番組の表現を借りれば「ボーっと〇〇じゃねえよ」と言われそうです。ぜひ知っておいてください。植栽基盤の根幹にかかわることです。

### (3) しっかり重機で締めた土にはまず根は伸びられない

たとえば車が通行する道路の歩道にある街路樹なら、ほぼ完ぺきに根は車道側には伸びられません。仮にあったとすればクラックへの浸入程度です。そして多くの人がそれは分かっているが、地上部に目をとられて地下部をイメージできません。

多くの研究で、(たとえば山中式硬度計による)土の硬度と根の伸長の関係が十分にわかっています。限界値は約 23 mm程度を中心に±2~3 mm程度です。一方、道路や建物周辺の地盤の締固めは、舗装については CBR という指標が用いられます。したがって山中式硬度計の値と CBR の関係がわかれば舗装担当者と話が通じます。山形大学の吉田が示した結果\*がプレゼンで示した図です。我々が必要とする軟らかい土は、舗装屋さんには軟弱地盤なのです。でもこれを説明しなくては話が進展しないのです。**植栽基盤問題は生物を扱う工学です。**

\*: 吉田 力 (1983) 軟弱地盤における CBR の推定, 農業土木論文集 104 p 25-29

## 1.2 具体的な不良事例と出現パターン

### 1.2.1 理解のために必要な土壌の特性区分 (物理性・化学性・生物性)

土壌には色々な性質がありますが、土壌の性質をいくつかに分けて「〇〇性」と呼び、一般的にはプレゼンで示したような区分が使われます。すなわち、「物理性」、「化学性」、「生物性」の3区分で、「物理性」と「化学性」は、まとめて「**理化学性**」と呼ばれることもあります。植物生育と土壌を考える場合にはよく使われる用語なので、これだけは知っておいてください。

### 1.2.2 生育基盤不良の種類

生育基盤不良に起因する樹木生育不良等の大部分は、単純な土壌物理性不良に起因し、概ね表 2 のように区分できます。

表 2 主なる生育基盤不良の症例

概 要	
①	植穴の排水性 (周辺土壌の透水性) 不良から植穴滞水・根鉢腐朽
②	粘性土に単純植栽して、根に水も空気も入らず衰弱
③	硬い地盤に小さな植穴で植栽し、根が伸びられず、常に梢端枯れ下がり
④	根が成長と共に大きくなる大原則を無視し、狭い植樹で根上りや根系腐朽で衰弱

### 1.2.3 植穴の排水不良と粘性土への単純植栽

#### (1) 植穴の排水不良

最重要の①は植穴の排水性不良。すなわち植穴の横と下の土壌の透水性が悪いために、雨後に植穴が滞水し、さらにその後も水が抜けづらいために、結果として (特に高温時期に) 根腐れが生じ、枯死に至るような状態です。

従来から常に土壌に起因する樹木生育不良の最重要原因としてあげられ、事実そのとおりだと言え

ますが、実際にそのような事例を眼にすることは稀です。これは、本原因の場合は枯死に至る確率が高く、植替えをしても再度枯れてしまう場合が多いため、結果として植栽が取り除かれることが多いためでしょう。したがって、管理段階では気にすることは多くありません。

## (2) 粘性土に単純植栽の弊害

上記②は、粘性土に穴を掘って植えただけの場合です。現在、少なくとも公共緑化等では、造園設計で樹木の大きさに応じた植穴の寸法や客土の品質・改良材量等が決められているので、植穴は根鉢よりそれなりに大きく、植穴客土と現地土とは硬さや土質がかなり異なることが一般的です。

したがって、現地土の透水性が悪い場合は上記①のように植穴が水たまり状況になりますが、現在でも民間の植栽等では明確な植穴改良等もせずに、単に根鉢が入る穴を掘り、植栽後に踏み固めるだけのようなことも珍しくありません。その場合、当然ながら現地土が良質であれば何の問題もありません。しかし粘質な土（透水性が悪い土）だと、粘性土＝過湿状態と思いがちなのが、現実には正反対で、透水性が悪い土では水が土中に入らないため、地表はたえず湿ったりする。そして根は過湿ではなく、むしろ吸収できる水分や空気が不足し、結果として根は急激に枯れたりほしないけれど、満身に酸素も吸えず、大量に水を吸い上げる高温乾燥期に吸う水も不足することになります。結果として樹木は程度の差はあれ衰弱するばかりになり、このような事例は、かなり見られ、仮に地表面が常に湿った状態でも、根が十分に水を吸えるわけではないというところが、原因を見出しにくくさせるところです。

### 1.2.4 硬い地盤に小さな植穴植栽

上記の③に相当する場合です。公共緑化等の建築物周辺や公園等のインターロッキング舗装地での単木植栽、あるいは歩道の街路樹など、舗装を前提として締固めた路床に一般的な狭い植穴（壺穴とも言う）を掘っただけで植えたために、周辺の土壌の硬さや構造物等で根が伸びられず、それなりに生育はするが初夏から夏の乾燥高温期には、根が少ないために必要となる十分な水が吸えず、結果として典型的な頂部の枝枯れ（梢端の枯損）を呈する状態です。これは全国至る所で見られ、シンボルツリー的なものでもきわめて多くあります。

診断にあたっては、樹木の大きさに見合う根の範囲（概ね枝張り範囲）の土層の硬さを中心に調べ、根が広がる有効土層や有効土量の範囲を判定すれば、すぐにわかることすし、防げることです。

### 1.2.5 狭い植樹の弊害

表 2の④に相当する場合です。根も地上部の成長と共に大きくなるという当然のことを忘れて、狭い植樹のために根上りや根系腐朽で衰弱するような状態で、各所の街路樹等で見られる。

このような狭い植樹による弊害に対応できる技術としては盆栽技術の転用が考えられますが、それを野外の自立木で実施することは至難の技です。但し学会誌等にその技術が公表されることは多くないのが残念です

## 2 樹勢回復のための改良対策

### 2.1 最低限知っておきたい土壤に関する知見

適切な植栽基盤（樹木生育基盤）の条件を理解するためには、土壤・土層を知るための最低限の（現場レベルの）知見を持つことがどうしても必要です。但し全体像を知るためだけなら、簡単です。

今回の講義では、全体的な理解を優先し、実技的なことや詳しい土壤の説明等はきわめて簡単にしましたので、プレゼンで示した内容程度について知っていただけたら充分だと思っています。

#### 2.1.1 土性の重要さ、特に砂をあなどるな

「土性」とは、土の粒子の大きさを測定し、その粒子の大きさの分布状態を基に、粘土や砂の量を決め、その量の比率に基づいて決める土の分類名称です。わが国の農学系分野では、「国際法\*1」が主に用いられ、付随的に「農学会法\*2」が使われます。

\*1 「国際土壤学会法」と呼ばれることもある。但し名称ほど国際的ではなく、世界的にはアメリカの USDA 法がより多く使われている。

\*2 「日本農学会法」と呼ばれることがあるが「農学会法」が正式名称。

その概略はプレゼンで示したようで、ここでは説明は省きますが、植栽基盤を考える場合、まず「土性は何か」ということから始まります。最も基本的な土の特性なのです。愛知県の土にも色々な呼び名があるでしょう。たとえば「サバ土」とか「مام土」とかがあります。一部の地方の人だけだったらそれでも通じるかもしれませんがサバ土にも色々な粒度があるでしょう。そのような時に、「マサ土の砂土である」とか「黄色土の埴壤土である」とか言えば確実に理解できますし、その他の性質も概ね想像が出来ます。何が何でも「土性」は知っておく必要があります。

なお、数ある土性でも最も問題が出やすいのが（特に山砂と呼ばれる細質の）砂土ですが、ここでは省略します。

#### 2.1.2 化学性の重要事項：pH

土壤の pH（ピーエッチ\*）は、土の基本的性質として農業等の土壤分析では例外なく測定される土の化学性の項目です。測定方法等は後述するように比較的容易で、農作物ではその値に敏感な作物も多くあります。したがって、農業関係の土の本などではほぼ第一に取り上げられる項目なので、多くの人が「土と言えばまず pH」と思ったりするようです。しかし、「土の pH とは何だ」ということを説明するのも理解するのも、実は大変に難しいのです。

##### (1) pH が原因の樹木生育不良は極めて稀である

造園緑化関係者の間でも、土の pH（以下特に断らぬ限り一般的な pH(H<sub>2</sub>O)）を問題視することがしばしば聞かれ、たとえば「都市土壤はアルカリ性になっているから問題だ」とか、「わが国の土壤は酸性土壤だから植栽基盤土壤の pH も弱酸性から中性であるべきだ」等々の意見です。しかし、通常の範囲（概ね 5 弱程度から 8 強程度まで）なら通常の緑化木でそれが原因で弱るようなことはまずありません。仮にアルカリ性で一部の園芸品種（キリシマツツジ等）などに症状が出ても、（鉄分等の微量元素をバランス良く含む）葉面散布等も含む施肥や良好な堆肥の施用で対処できることがほとんどです。またツツジ類はアルカリ性に弱いとされるが、品種間差異が多く、どんなツツジでも被害が出るということもないと思います。少なくとも筆者は、キリシマツツジ以外でのアルカリ性による明瞭な症状（たとえば鉄欠乏による葉脈クロロシス）を知りません。



## (2) pHの調整（矯正）と土の緩衝能

また、pHの調整で酸性を中性にするのは（炭カルの施用で）比較的簡単ですが、下げる（アルカリ側から酸性側にする）のは多くの場合かなり扱いにくいです。比較的安全な方法としてピートモスの利用が言われることもありますが、比較的多量の施用が必要で、ピートモスは乾燥時の撥水性が著しいため、乾燥しやすい灌木に対する利用は十分な注意が必要となり、時に逆効果になります。

さらにも。土には緩衝能という性質がありますが、これについてはプレゼンに譲ります。

## (3) 日本のアルカリ性土壌と生育植物

土壌学の本などには「日本の土壌は酸性でアルカリ土壌はない」などというようなことがしばしば書かれています。しかし日本にもコンクリート由来の都市土壌以外にアルカリ性土壌が存在し、たとえば沖縄本島中南部付近一帯はジャーガルあるいは島尻マージと呼ばれるアルカリ性土壌が広く分布しています。このため、沖縄自動車道（高速道路）周辺施設の大部分の土壌は pH8.0 以上のアルカリ性だったというデータがありますが、特別にアルカリ性を好む植物だけが育っているわけではないし、pHに起因するような顕著な問題点もないようです。さらに、酸性土壌が適するとされるカンヒザクラでも、排水対策をしっかりと行えば pH8 以上のジャーガル土壌でも良好に育つことも証明されています。

### 2.1.3 化学性の重要事項：養分

植物の良好な生育に養分は極めて重要です。しかし、大部分の緑化樹が施肥もせずに良好に育っているのを見ればわかるように、植栽初期の根系発達が不十分な時期を除き、特に養分を積極的に与えなくても大きな障害になることはほとんどありません。

もちろん初期生育のためには適度の肥料は必要だし、窒素分を自ら調達できる根粒植物などのパイオニアプランツ類では(窒素は足りるので相対的に不足する)リン酸肥料の効果が顕著である等の事例もあります。

したがって、とりあえずは「養分は無いよりあったほうが良い」という程度の認識で足りる。ただし街路樹等のように、森林土壌のような（落葉の供給や養分に富む地中水などによる）養分供給が期待できない場所では、限られた生育基盤内に根が充満すると樹体の大きさに見合う地力（土が持っている養分）が不足して、養分供給（施肥）が望まれる場合もあります。

いずれにしても、物理性不良の衰弱を施肥（土壌改良と称する施肥も含む）で補うことは対処療法で、やや姑息な手段であることは認識しておくべきでしょう。

### 2.1.4 生物性

豊かな森林表土の生態系の姿を目標とする生物性に富む土壌は、一つの理想像です。すなわち、落葉が自然に腐朽して土壌養分になり、ミミズなども豊富な土壌です。したがって、道路法面等のように人の立入がなくて自然林を模倣できる場所ならばそのような姿を作り出すのも可能だが、多くの公園や街路樹などでは、落ち葉を自然に放置するなどはかなり非現実的で、むしろ時に害虫（忌避生物）発生源になったりすることのほうが問題なので、現実的視点が必要となります。

突き詰めると、適度に軟らかく水はけの良い（物理性が良好な）土壌が充分にあれば、根も十分に発達できるので、微生物性もそれなりに良好になります。したがって、すべては良い物理性を有する土量の確保に行き着くわけです。すなわち、生物性を良くすることはそれなりに意味はあるが、それ以前の問題解決が優先するということになります。

## 2.2 生育基盤の診断

樹木生育基盤整備にかかわる診断（土壌調査）は、図 1 の 2 種（**現場調査と室内測定**）に大別され、室内測定のいくつかは簡易な方法であれば現場でも測定ができます。

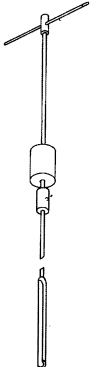
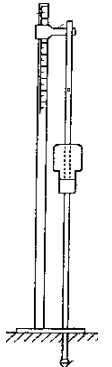





現場（現地）調査			室内測定	
長谷川式土壌調査器具による調査		土壌断面調査	pH・EC 測定（阻害性判断） 透水係数測定 その他（粒度・土性測定、養分測定等）	
検土杖による 土層状況確認 （試料採取） 	貫入計による 土壌硬度把握 	現場透水試験 による水はけ 確認 	<ul style="list-style-type: none"> <li>土層観察</li> <li>試料採取</li> <li>硬度測定等</li> </ul>  	 

図 1 樹木生育基盤整備に係わる土壌調査の全体概要

### 2.2.1 現場調査の概要

現場調査は、その名のとおり現場で確認する調査で、そこで採取した試料を持ち帰り化学性等を測定するのが室内測定です。

#### (1) 検土杖調査

検土杖は土層の確認と試料採取をする道具で、表面から土中に挿入して土を採取し、深さ別にどのような土層の土があるか確認します。また、少量ながら分析用試料の採取も可能で、一般的なものは農研式と長谷川式が知られているが、造成地は硬く締まっていることが多いため長谷川式大型検土杖を使うことが一般的です。

#### (2) 貫入計（長谷川式土壌貫入計）

貫入計はサウンディングとも呼ばれ、地表から先端にコーンが付いた鋼棒を土に挿入し、その挿入度合い（たとえば一打撃毎の貫入量）から深さ別の土の硬さを判断するための道具です。硬い造成地ではほぼ例外なく長谷川式土壌貫入計が使われます。

#### (3) 現場透水試験

水はけの度合いを知るために、ダブルスコップで目的の深さの穴を掘り、そこに水を 10 cm ほど貯め、その減り具合（減水能）から透水性を判断します。

#### (4) 土壌断面調査

樹木近くに深さ 1～1.5m ほどの穴を掘って土層の断面を作り、その断面の観察から土層の色々な情報を得るのが断面調査です。基本的には「土壌の診断」講義で学ぶ断面調査と全く同じですが、主に硬く締まって土層が乱れた人工造成土で、樹木生育を踏まえた調査が要求されるため、観察視点が自然土壌の調査とはかなり異なります。

## (5) 室内調査との関係

植栽基盤の調査は野外現場での調査が中心となりますが、いくつかの調査（分析）項目に関しては、現場で採取した試料を室内で分析測定する手法も知っておくと便利で、該当する項目としては pH、EC（電気伝導度）、透水係数測定などがあげられます。

### 2.2.2 野外調査の順序（どの順序で調査を行うか）

樹木が育っている土壌（土層）の状態は多様であり、特に人工造成された場所や建造物近辺はさらに複雑なことも多くなります。したがってそのような場所での調査では、基本的に以下の順序で調査を行うことが妥当です。

- ① 土層の把握（検土杖）、できれば試坑による土壌断面確認。
- ② 土層の硬さ等の把握（貫入計・土壌硬度計）によって、締まり具合等の概要を把握する。
- ③ 樹木の大きさから推定される根鉢下を主にする深さでの水はけ（現場透水試験）

## 2.3 対策（治療としての土壌改良）

### 2.3.1 土壌改良範囲

#### (1) 概要

狭い植穴で根が広がれないために衰弱が生じているような場合は、根が伸びられる範囲を耕耘等で広げる有効土層や有効土量の確保の必要性があります。この範囲としては、一般に葉張（枝張り）の幅ということが言われているが、これは日本道路公団が行った多くの調査でも実証されています。

深さは最大根系深さまでということになりますが、そのまま縦×深さの茶筒のようなイメージが想定され、膨大な土量になります。

詳細は省略しますが、中心（樹心下部）の深さは通常は最大でも 1.5m 程度を考えればよく、根は周辺に行くほど浅く広がるので、結果としてコマのような断面を想定して改良範囲を設定すれば問題はありません。但し、排水性が悪い土地では中心部に水が溜まりやすいので、水抜きをしっかりと行うか、バックホーのバケット幅程度の溝を外側が深くなるよう十字に掘ることで対処したりします。

#### (2) 留意すべき根系範囲

このように根が伸びられる範囲は、樹勢回復の場合（樹木医視点）であれば「根が伸びているので注意して扱う必要がある範囲」とも言えます。このような「留意すべき根系範囲」としてアメリカでは以下の2つが知られているようです。

**CRR<sup>\*1</sup>**（Critical Root Radius 直訳:クリティカルな根系半径）：インチで計測した DBH<sup>\*2</sup> の1インチを1フィートとみなし、その5割増の値を、CRR とする。これはcmに換算すると、DBH×18 となる。

**CRZ<sup>\*3</sup>**（Critical Root Zone 直訳:クリティカルな根系域）：インチで計測した DBH の1インチを1フィートとみなした値。これはcmに換算すると、DBH×12 となる。

これらの根拠はあまり明確ではありませんが、筆者も参加した日本道路公団で実施した3種の樹木の根系調査結果<sup>\*4</sup>によれば、D<sub>30</sub><sup>\*5</sup>と根系の最大到達距離（半径に相当）は概ねD<sub>30</sub>の15～18倍という結果が得られています。したがって、結論から言えば DBH(cm)×10 は必ず守り、より安全には

DBH×15 というあたりが妥当かと言えそうです。

\*1 USDA(1997) Urban Tree Risk Management A Community Guide to Program Design and Implementation

\*2 DBH : Diameter at Breast Height 胸高直径。日本では一般に地上 1.2m の直径。生態学分野や北海道では 1.3m 高を使うこともある。アメリカでは 4.5 フィート (1.37m) が一般的。

\*3 UC BERKELEY FOREST PATHOLOGY AND MYCOLOGY LAB、What is the Critical Root Zone around a tree?  
[https://nature.berkeley.edu/garbelottowp/?qa\\_faqs=what-is-the-critical-root-zone](https://nature.berkeley.edu/garbelottowp/?qa_faqs=what-is-the-critical-root-zone) (2018/9/1 参照)

\*4 小澤、佐藤、長谷川、川九 (1998) 高速道路緑化木の根系分布範囲に関する研究, 第 29 回 日本緑化工学会研究発表会 研究発表要旨集

\*5 D30 : 広葉樹 (ケヤキ、クスノキ、マテバシイ) で地上 1.2m では分岐している個体があったため、地上 30 cm の直径を用いた。

## 2.4 具体的治療(樹勢回復)の例

具体的治療の例は無数に存在しますが、ここに述べた植栽基盤整備技術を応用した大規模なプロジェクトとしては、山梨県北杜市の山高神代ザクラ (国天然記念物のサクラとしては第 1 号) の治療が上げられます。ここでは、過去の経歴の追跡 (問診)、土壌調査の実施、さらに数年をかけての土壌改良等、綿密な対応がなされた治療が行われ、今も観察は続いています。具体的には以下のようなようです。

まず根際から 3~5m 離れた 3 箇所で試坑断面による土壌・根系観察が、さらに根系については根際の 4 箇所でも観察調査が行われた。次いで長谷川式土壌貫入計による 2m ピッチ合計 8 点の調査が行われ、断面の硬度イメージマップが作成された。

これによって衰弱原因となった土壌根系状況が的確に把握され、診断検査結果を元にした検討 (治療会議) を経て、4 年間にわたる改良措置が行われた。

改良は樹木を中心とした対角に 1/8 (計 1/4) 角度ずつ 4 年に分けて土壌掘削 (圧搾空気併用) ・根系養生・良質完熟堆肥混合改良土による埋め戻しの順で実施された\*。

\* 北杜市教育委員会編 (2006) 天然記念物 山高神代ザクラ天然記念物再生事業環境整備工事報告書. 北杜市教育委員会

### 3 参考資料等

---

以下に示す図書は、当講義に関する事項について、その理解のために、直接あるいは間接的に有用だと思われる図書です。極めて限られた一部を除いて、容易に入手可能かインターネットで無料でダウンロードできます。なお、参考のために url を入れてありますが、基本的に筆者が 2017 年 7 月頃に確認した url であり、その後の変更等がある可能性もありますので、最終的には各人で検索サイト等を参考にして確認して下さい。因みに、以下に示す順序には大きな意味はありません。

#### 3.1 一般書籍

◆吉田 滯 著：増訂版 やさしい土のはなし、化学工業日報社 2012\_2, 339p

植栽基盤はある面では間違いなく土壌のことなので土壌に関する知見はそれなりに必要です。もし土壌についてそれなりに勉強したい場合、家庭菜園等の純農業用であれば書店で多くの本が選べますが、樹木のための勉強には、それらはあまりに専門的（時に素人向き）で、基本的な解説等が省かれていたりするため、応用が効きません。それらの中にあつて、この本はきわめて広範囲に、土壌の基本的事項の説明が詳しく、しかし易しく書かれ、かつ内容は極めて高度。著者はテフラ(火山降下物)年代学の著名な研究者で、九州農業試験場で農業の現場も広く知り、かつこの本の著作のために再勉強をされたとのことで、私の知る限り植物生育に関連する「土壌学」の教科書としてこの本は群を抜いていると思っています。

◆ 大政正隆 著：土の科学 (NHK ブックス 274)、日本放送出版協会 1977, 225p 絶版中

元林業試験場長・東大教授・宇都宮大学学長で日本の森林土壌学の祖と呼ばれる故大政正隆氏が晩年に長い時間をかけて書かれた本。基本的スタンスとしては林木と森林土壌生態学に関する最高レベルの、しかしまことに楽しい読み物で、寝ながら読むのも楽しいし、読む度に教えられることも多いです。ただし残念ながら、はるか以前に絶版になっており、気楽に入手はしにくいですが、今でもネットで中古本が安く容易に買えるようですし、極めて多くの図書館にも所蔵されているので、読む気があれば誰でも読めるはずです。私にとって最も勧めたい 1 冊です。

◆ 太田猛彦 著：森林飽和、国土の変貌を考える (NHK ブックス 1193)、日本放送出版協会 2012

この本は、土壌について書かれた本ではありません。著者は農工大、東大、東京農大で森林環境学・森林水文学・治山・砂防学を教えられ、砂防学会、日本森林学会、日本緑化工学会の会長などを歴任された方です。土壌についても造詣が深い先生ですが、この本には、私は最高レベルのショックを受けました。軽々に要約はできませんが端的に言えば、以下のような内容です。

「日本の山は千年以上（燃料や木材として木を切りつづけてきたので）大部分がはげ山であった。そのため絶えず森林表土は流され海岸に堆積してきた。しかし昭和 20 年後半から燃料革命があつて化石燃料ばかりになったので山は放置された。その結果、日本の森林は樹木が飽和状態になって表土は流されなくなったが、深層崩壊が続出し、災害規模が拡大すると共に砂浜が減少して国土を脅かしている。この現実を厳粛に受け止めて適切な手段を打つ工夫を模索する必要がある」

正直なところ、森林の機能に関して現在最高の知見を持たれる先生の言葉は重い。ズバリ、ある日、緑を増やしたり治療したりする者が白い目で見られる可能性をも示唆する内容でもあります。もちろん太田先生は緑が悪だなどと言つてはいません。正しい現実を知つて、適切な森林管理や適切な予算配分をしてより望ましい緑のあり方を考えていこうと言われておられるわけです。緑関係者にはこの 1 冊はその存在意義の根底を問われるような投げかけを含んでおり、何としても読まれることをおすすめます。

## 3.2 手引き・マニュアル類

### ◆ 国総研資料

国土交通省国土技術政策総合研究所（国総研）の緑化生態研究室は、道路・公園等の国土交通省に関係する緑化の全ての研究を統括している。本資料はその国総研が樹木保全等（樹木医技術に近い）技術の実際について克明に解説した手引きで、検索サイトで容易に確認でき PDF ファイルで全文が誰でも自由に入手できます。緑関係者には必携・必読なので、ぜひ、手元において見て下さい。

- ・国総研資料 第 565 号 景観重要樹木の保全対策の手引き
- ・国総研資料 第 566 号 巨樹・老樹の保全対策事例集
- ・国総研資料 第 621 号 沖縄における都市緑化樹木の台風被害対策の手引き
- ・国総研資料 第 669 号 街路樹の倒伏対策の手引き
- ・国総研資料 第 885 号 街路樹再生の手引き

◆ 国土交通省都市局公園緑地・景観課緑地環境室 監修：**植栽基盤整備技術マニュアル**、日本緑化センター  
植栽基盤整備に関する実際の技術内容について詳細に書かれた書籍。本書を元に都道府単位でマニュアルが作成されたりもしている。内容の理解は比較的容易だが、極めて広範囲な内容なので、必要に応じて参考にする辞書的な性格もある。どちらかと言えば行政関係者の視点に立っており、全体的に業務の遂行を円滑に行うための記述が多いが、現時点で植栽基盤に関してこれ以上の詳しい資料はない。

◆ 日本造園建設業協会監修：**植栽基盤整備 ー調査のてびきー** 日本造園建設業協会. 2013  
日造協認定の植栽基盤診断士のために調査技術だけをまとめた解説手引き。その点では他に類を見ない。実際に長谷川式土壌貫入計等測定機器を使うための細かい注意点等が書かれているので、実務には有益だ。

◆ 日本造園建設業協会監修：**植栽基盤整備ハンドブック** 日本造園建設業協会. 2015  
現時点(2019年11月)で、植栽基盤整備という内容でまとめ、一般的に入手可能という点では、上記の植栽基盤整備技術マニュアルと、これしかないと思う。上記マニュアルがやや官公庁の技術者向きに書かれているのに対して、こちらは施工業者サイドの視点で書かれた植栽基盤診断士用のテキスト。現場重視で書かれているので、実務に役立つ。

## 3.3 その他（ネット等で容易に入手できる学会誌の記事等）

やや専門的になるが、関係学会の学会誌に掲載されている関係記事も役立つ。樹木と土壌に関する知識について、以下のような記事が樹木医学会誌に掲載されている。かなりのものがネットで公開されているので適宜検索するなどして見て下さい。

掲載誌) 樹木医学研究	タイトル	著者
15(1), 9-14, 2011-01	「土壌講座」を始めるにあたって	金子 真司
	1: 日本の森林土壌	今矢 明宏
15(2), 64-67, 2011-04	2: 保水性と通気性	篠宮 佳樹
15(4), 189-192, 2011-10	3: 森林土壌の化学性	相澤 州平
16(1), 23-27, 2012-01	4: 樹木の生育を支える根	野口 享太郎
16(2), 90-94, 2012-04	5: 土壌断面調査のポイント	酒井 寿夫
17(4), 147-151, 2013-10	6: 人為的影響を受けた土壌の特徴と対策	池田 重人
21(3), 153-160, 2017-07	樹木医学の基礎講座 技術講座(第3回) 樹木治療における土壌の診断と土壌改良	川九 邦雄