

称号及び氏名	博士(緑地環境科学) 岡本 紘典
学位授与の日付	平成22年3月31日
論文名	都市緑化からみたコンクリートによる土壌アルカリ化に関する研究
論文審査委員	主査 前中 久行 副査 小山 修平 副査 増田 昇

論文要旨

第1章 研究の背景と目的

植物素材は緑地形成の主要素であり、土壌は植物の生育を支える基盤である。都市部においては、植栽基盤となる土壌の周囲がコンクリート構造物によって取り囲まれることが多い。コンクリートは強アルカリ性である。我が国の土壌は一般的に弱酸性であり、多くの在来植物の生育適合域は弱酸性である。生物多様性の保全から現在推奨されている在来植物の植栽において、とくにコンクリートから溶脱物質による土壌アルカリ化の影響が懸念される。そこで、本研究ではコンクリート隣接地のアルカリ化に着目し研究した。

第2章 緑化環境としてのコンクリート隣接地のアルカリ化の現状調査

コンクリートに隣接することが多い都市内の植栽地の土壌アルカリ化の状況を把握することを目的とした。対象地は大阪府堺市内およびその周辺のコンクリート隣接地とし、非都市地域として山地のコンクリートに隣接していない土地と比較した。それぞれ表層土を採取し、土壌pH (H₂O) を測定した。

コンクリート隣接地を代表する堺市周辺41地点のpHは酸性(～7.0)18地点、中性～弱アルカリ性(7.0～8.0)15地点、アルカリ性(8.0～)8地点であった。強アルカリ性の地点は確認されなかった。しかしpH7.0以上の地点は全体の約50%を占めた。緑化基準としての土壌分級(興水 1982)と比較すると不可(3.5未満, 9.5以上)の地点は存在せず、優(5.6～6.8)が15地点、良(4.5～5.6, 6.8～8.0)が18地点、可(3.5～

4.5, 8.0~9.5) は 8 地点であった。多くの緑化植物の生育適合範囲に入り、ツツジ類など弱酸性条件下で生育する植物への影響は危惧されるが、現状としては植生への影響は少ないと判断された。一方、府内及びその周辺の山地 8 地点の pH はいずれも酸性を示し、平均で 5.97 ± 0.76 であった。堺市周辺 41 地点は全体平均で 7.03 ± 0.97 を示し、比較すると有意な差が見られた ($p < 0.05$)。このことから堺市内は全体として軽度に土壌アルカリ化が見られることが明らかになった。

pH 分布には地域的な偏りは見られなかった。カテゴリー区分を土地利用別(市街地, 公園・緑地, 工業地, 農地・山地), 植生による被覆の有無, 腐植の有無, 周辺物の材質(コンクリート打設, アスファルト, ブロック, レンガ, 砕石)として, pH を比較したが, それぞれの間に差は見られなかった。pH とカテゴリー間の複合的な関係について数量化 I 類による解析を行ったが, 重相関係数 R は 0.53 であり弱い相関にとどまった。各カテゴリーのレンジは土地利用 1.35, 材質 1.00, 植生被覆 0.45, 腐植の有無 0.10 で, 土地利用, 次いで材質が関連していることが示唆されたが, 調査地点の条件によるアルカリ化を決定する要因は見つからなかった。

第 3 章 セメントペースト付加によるマサ土の pH 変化と浸透について

コンクリート隣接地では, 施工初期にコンクリートから大量のアルカリ成分が溶出すると思われるため, セメントペーストを散布して土壌への影響を検討した。

植栽土として多用されているマサ土を塩ビ管に詰め, セメントペーストを土壌表面に散布し, 土壌深度ごとに含水比, pH (H_2O) を測定した。セメントペーストを散布した場合, アルカリ化が生じ, その後, 水散布を行えばアルカリ物質は土壌に保持されている水分の置換に伴って下層へ移動すると予測して, 水散布はセメントペーストと同量の水道水を散布することとし, 水散布によるアルカリ成分の移動による土壌 pH と EC の変化を測定した。ケースとして, ①セメントペースト散布後 24 時間以上経過して重力水が抜けた状態, ②セメントペースト散布後 24 時間経過後に水散布を 1 回行った場合, ③さらに 24 時間経過後に 2 回目の水散布を行った場合の 3 ケースを比較した。

全てのケースにおいて, 含水比は地表部で最も高くなり, 土壌深度とともに低下した。土壌深度 25cm 以降では含水比は 11~13% に留まり, ほぼ一定となった。

セメントペースト散布前のマサ土の地表は pH7.3 程度であったが, セメントペースト散布後は 12.6 に上昇した。また, 土壌深度 20cm 付近まで pH10~12 と高いアルカリ性を示し, 土壌深度 25cm より下層では pH が 7~8 に留まった。24 時間後の水散布後では地表付近, 下層ともに土壌 pH に大きな変化がなかった。2 回目の水散布後では, 地表~土壌深度 15cm には変化がなかったが, 深度 15cm より下層で pH が上昇した。この pH 上昇は水散布にともなうアルカリ成分の移動によるものと推測した。

緑化における植栽基盤整備マニュアル(2000)と比較すると, セメントペースト散布後では土壌深度が 0~20cm にかけて極不良(3.5 未満, 9.5 以上)となり, 土壌深度 20~25cm で不良(3.5~4.5, 8.0~9.5), 25cm 以深で良(4.5~5.6, 6.8~8.0)となった。

EC についても同様の傾向が見られ, 2 回目の水散布では地表部の EC が低下し, 土壌深度 15cm 付近の EC が上昇した。地表部での EC の低下は水の移動に伴って移動したマサ土中に保持されていた成分の流出と考えられる。流出成分は地表から下層へと浸透

移動し、土壌深度 15cm 付近での EC および pH の上昇をもたらしたと考えられた。

セメントペーストを散布した場合、地表に近い位置でのアルカリ化が起きる。しかし、少量の水散布ではアルカリ成分は上層部に留まり、下層へのアルカリ化は起こりにくいと考えられた。

第 4 章 コンクリートブロック設置が周辺土壌へおよぼす影響

硬化して固体となったコンクリートを設置した場合においても、コンクリート内部の水酸化カルシウムは水溶性であるため、施工後の早い時期から溶出が起ると推測される。周辺土壌への影響を実験によって検証した。

代表的な酸性土壌である赤玉土 (pH6.2) をコンテナに詰め、コンテナ中央にコンクリートブロックを設置した。ブロック設置後と水散布後の周辺土壌 pH の日変化について、測定を行った。また、水道水にブロックを沈め、放置した場合及び毎回水を取り換える場合について水の pH 変化を測定した。

コンクリートブロックを設置しただけでは周辺土壌 pH の変化はなかったが、水散布を行った後、コンクリートブロックに近接した地点で土壌 pH がやや高くなり、水の移動にもなって土壌 pH の変化が認められた。また、コンクリートブロックを投入した場合、水の pH は直ちに上昇し、その後緩やかに低下した。水を交換した場合でも、毎回直ちに顕著な pH 上昇が認められた。コンクリートからのアルカリ成分の溶出による pH の変動は、水に対しては直ちに溶出してアルカリ化するが、土壌には緩衝能があるため直ちに上昇せず、赤玉土への影響は小さかった。このため、ブロック設置によって極端にアルカリ化が進むことがないと判断した。

第 5 章 総合論議および結論

堺市域では軽度土壌アルカリ化の傾向が見られたが、現状としては、土壌アルカリ化による深刻な影響が起きるレベルではない。しかし、コンクリート構造物の設置やコンクリート舗装された場所では、初期段階でアルカリ成分の溶出がおこる可能性があり、酸性条件下で生育する植物への影響が危惧される。特に、わが国の中低木街路樹で最も多く植栽されているのは弱酸性域を適正とするツツジ類であるため、コンクリートの影響を考慮した植栽を検討する必要性がある。

本研究では深刻な土壌アルカリ化は確認されなかったため、丁寧な工事計画や現場監理を行うことで影響を防止することが可能だと思われる。直接コンクリートを打設するような施工を行う場合には、打設面の下層や周辺土壌へのアルカリ成分の流入、浸透を避けるため、施工やコンクリート打設においては路床だけでなく、周囲の植栽土壌への流入を考慮した施工を行う必要がある。例えば、現場打設でコンクリートの養生を行う際には水の移動に気をつける。あるいは、アルカリ成分の溶出を軽減するため直接打設を行わずに既製のコンクリート製品を設置する方法の検討や、水に潜らせた後に使用するなど初期のアルカリ成分の溶出量を軽減する方法が考えられる。また、コンクリートのセメント割合が高い場合や、土壌の透水性・排水性が悪い場合には地表面近くでアルカリ成分の蓄積が起きることが推測されるため、用いるセメント量の調節や土壌の透水性・排水性の改善を行う必要がある。アルカリ成分の付加の影響を軽減するために、土

壤 pH を酸性にする改良剤として、ピートモスの混入やイオウ粉などを用いた土壤 pH の調整によって対応する方法も挙げられる。加えて、植栽する土壤の選定や調整、コンクリート以外の緑化資材の検討、植栽を行う際のコンクリートからの距離、土壤深度、pH 条件などに留意することで、より多種多様な緑化に対応できる。本研究の結果、植栽に配慮したきめ細かい設計、施工監理が重要であり、それによって深刻な土壤アルカリ化は回避できると思われる。

審査結果の要旨

緑化は都市環境の改善および自然環境の保全や復元と密接に関わっている。都市域ではもちろんのこと農業地域、中山間地域でも植栽基盤となる土壤の周囲がコンクリート構造物によって取り囲まれることが多い。コンクリートはアルカリ性である。我が国の土壤は一般的に弱酸性であり、多くの在来植物の生育適合域は弱酸性である。このため生物多様性の保全の観点から現在推奨されている在来植物を用いる植栽において、コンクリートからの溶出物による土壤アルカリ化の影響が懸念されている。本研究はコンクリート隣接地の土壤のアルカリ化に着目して、コンクリート構造物隣接地の土壤 pH の現況調査を行い、セメントペースト付加による土壤層の pH 変化と浸透深度、コンクリートブロック設置が周辺土壤の pH におよぼす影響を明らかにし、コンクリートの利用と両立する緑化手法についての知見を得ることを目的としたものである。得られた成果は以下の通りである。

1. 堺市内およびその周辺のコンクリートに隣接する地点とコンクリート構造物と隔たった山地の表層土を採取し、土壤 pH (H₂O) を測定した結果、堺市およびその周辺の土壤 pH は酸性 (~7.0) 18 地点、中性~弱アルカリ性 (7.0~8.0) 15 地点、アルカリ性 (8.0~) 8 地点であった。高アルカリ性の地点は確認されなかった。緑化基準としての土壤分級基準と比較すると不可 (3.5 未満, 9.5 以上) の地点は存在せず、優 (5.6~6.8) が 15 地点、良 (4.5~5.6, 6.8~8.0) が 18 地点、可 (3.5~4.5, 8.0~9.5) は 8 地点であった。多くの緑化植物の生育適合範囲に入り、ツツジ類など弱酸性条件下で生育する植物への影響は危惧されるが、現状としては植生への影響は少ないと判断された。一方、山地 8 地点の pH はいずれも酸性を示し、平均 5.97 ± 0.76 であった。堺市周辺 41 地点は平均で 7.03 ± 0.97 で比較すると軽度に土壤アルカリ化がみられることを明らかにしている。pH 分布には地域的な偏りはみられず、カテゴリー区分を土地利用別 (市街地、公園・緑地、工業地、農地・山地)、植生による被覆の有無、腐植の有無、周辺物の材質 (コンクリート打設、アスファルト、ブロック、レンガ、砕石) として、

pH を比較したが、それぞれの間に差はみられなかった。pH とカテゴリー間の複合的な関係について数量化 I 類による解析を行ったところカテゴリーとして土地利用、次いで材質の関連が示唆されたが、弱い相関にとどまりアルカリ化を決定する主要因は見つからなかった。このことから軽度アルカリ化したとしてもその要因は場所によって様々であり、緑化を行う場合は局所的な対処が可能であることを明らかにしている。

2. 植栽土として多用されているマサ土を大型の塩化ビニールパイプに詰め、セメントペーストを土壌表面に散布して 24 時間経過時点、これに加えて水散布を 1 回行った 24 時間経過後、さらに 2 回目の水散布を行った 24 時間後の 3 ケースについて土壌深度ごとに含水比、pH (H₂O) を測定した。セメントペースト散布前のマサ土は pH7.3 程度であったが、散布後は地表面で 12.6 に上昇した。また、土壌深度 20cm 付近まで pH10.0~12.0 と高いアルカリ性となったが、土壌深度 25cm より下層では pH が 7.0~8.0 にとどまった。24 時間後の水散布では地表付近、下層ともに土壌 pH に大きな変化がなかった。2 回目の水散布後では、地表~土壌深度 15cm には変化がなかったが、深度 15cm より下層 20cm にかけて pH が上昇した。緑化における植栽基盤整備マニュアル (2000) と比較すると、セメントペースト散布後では土壌深度が 0~20cm にかけて極不良 (3.5 未満, 9.5 以上) となり、土壌深度 20~25cm で不良 (3.5~4.5, 8.0~9.5), 25cm 以深で良 (4.5~5.6, 6.8~8.0) となった。セメントペーストを散布した場合、地表に近い位置でのアルカリ化が起きる。しかし、少量の水散布ではアルカリ成分は土壌の上層部にとどまり、影響は下層までおよばないことを明らかにしている。

3. 代表的な酸性土壌である赤玉土 (pH6.2) をコンテナに詰め散水した後、中央にコンクリートブロックを設置して周辺土壌 pH の日変化を測定した結果、ブロックを設置しただけでは周辺土壌 pH に変化はないが、再度水散布を行った場合にコンクリートブロックに近接した地点で土壌 pH がやや高くなることを明らかにしている。また、水にブロックを沈め、放置した場合および毎回水を取り換えた場合の水の pH 変化から溶出する OH イオン量を計算し、その変化からブロックを水にくぐらすことで比較的短時間でアルカリ成分の多くを除去できることを明らかにしている。

本研究では深刻な土壌アルカリ化は確認されなかったため、丁寧な工事計画や現場監視を行うことで緑化への影響を防止することが可能であることを示している。コンクリート打設時およびその直後には周辺土壌への水の流入浸透を避ける、あるいは、アルカリ成分の溶出を軽減するため直接打設を行わずに既製のコンクリート製品を設置する方法や、水に潜らせた後に使用するなどアルカリ成分の溶出量を軽減する方法が考えられるとしている。

本研究はコンクリートの利用と両立する緑化の基礎的データとして、今後の緑化技術の展開に非常に有用な知見を明らかにしている。本研究の成果は、緑地環境科学とくに緑地保全学領域の発展に大きく寄与するものと考えられ、最終試験の結果と併せて、博士(緑地環境科学)の学位を授与することを適当と認める。