

## 速報

## 造成地土壌の物理・化学性 (IV) \*1

## —造成後30年以上経過した緑地の例—

佐々木重行\*2 · 竹下敬司\*3 · 高木潤治\*4

キーワード：緑地，土壌，土壌硬度，孔隙，窒素炭素

## I. はじめに

森林は樹木の生育だけでなく、水源かん養、水質浄化、二酸化炭素貯留などの機能を有している。このような森林の公益機能に対する国民の期待は大きくなっている。その中でも、森林土壌は水源かん養機能や水質浄化の場として重要な役割を果たしている。一方、いったん破壊された土壌の上にも緑地造成を行えば、数十年で地上部は立派な緑地となりうるが、土壌に新しく A 層を形成し、土壌を成熟させるには多くの時間を必要とする。これは緑地造成を行い、それが見かけ上成林しても、造成地土壌は森林土壌と同等の機能を発揮できないことを意味する。森林の公益的機能を維持・発揮させるため、土壌保全を目的とした森林施業の重要性を広く訴えるためにも、土壌生成の初期情報を伝えることは重要である。そこで、施設・工場緑地など人工的に造成された場所での土壌の断面や物理・化学性について調査研究することとした。

これまで、著者は広葉樹を植栽後 6 年が経過した造成初期の土壌で土壌表層に腐植の混入は認められるが A 層や団粒の形成はなされていないこと (佐々木, 2002b) や、造成後 7 年が経過したライシメーターでも、A 層や団粒は見られないものの、スギの植栽があるほうで幾分土壌硬度が低いこと (佐々木, 2002a)、ライシメーターの傾斜角度の高いほうが、土壌表層では硬度が低く、粗孔隙率が高いこと (佐々木, 2003) などを報告し、緑地造成初期の土壌での理化学性や土壌に及ぼす樹木や地形の影響を検討してきた。そこで今回は、造成地土壌がどのような経過をたどり森林土壌に近づいていくのか検討するため、その途中段階にあると考えられる、高木層が形成され一見森林化した造成後約 30 年と 60 年が経過した工場緑地や神社林で調査を行ったので報告する。

## II. 調査地の概要および分析方法

調査地は福岡県の大牟田市、北九州市および福岡市の緑地造成

地である。大牟田市、北九州市では 1972～1973 年にかけて造成された工場緑地で、福岡市では 1941～1943 年にかけて造成された護国神社境内で調査を行った。調査は 2002 秋～2003 年春にかけて、各緑地それぞれ 3 ヶ所について行った。調査地点の林分の概要を表 1 に示す。上層木は、約 60 年経過した福岡が他 2 地点より樹高が高く、密度も低かった。造成後いずれも約 30 年経過していた大牟田と北九州では、北九州で上層木の平均樹高が大牟田よりも高く、密度は低かった。ヘクタールあたりの材積も福岡、北九州、大牟田の順であった。3 箇所とも複数の樹種が混植されていることや、調査点数が少ないことから、今回は樹種の違いによる影響については検討しなかった。

調査項目は、試孔点での土壌断面調査、山中式硬度計 (DIK5552 大起理化学工業株式会社) による土壌硬度の測定、表層 0～5 cm と中層 20～40 cm の深さから採取した 400 ml 採土円筒による土壌孔隙解析、および 0～5 cm, 5～10 cm, 15～25 cm, 40～50 cm で採取した土壌の窒素、炭素、交換性塩基の定量である。土壌孔隙解析では、pF0.7 (水柱高 3.5 cm) は砂柱法キット (大起理化学工業株式会社, DIK3520) で、pF1.7, 2.7 (それぞれ水柱高 50 cm, 500 cm 相当) は多容量土壌 pF 測定器 (大起理化学工業株式会社, DIK9211) で求めた。窒素、炭素は CN コーダ (ヤナコ社, MT-700)、交換性塩基は 0.1 M 酢酸アンモニウム (pH7.0) により抽出し (亀和田, 1997)、原子吸光分光光度計

表 1. 調査地の概要

	主要樹種 (上層木)	平均樹高 m	密度 本/ha
大牟田 1	アメリカフウ, トウネズミモチ	13.7	2,448
大牟田 2	クスノキ, エノキ, ムクノキ	10.0	2,371
大牟田 3	クスノキ, シラカシ	11.0	2,539
北九州 1	クスノキ, ツブラジイ	14.2	1,370
北九州 2	ツブラジイ, シロダモ	15.6	1,352
北九州 3	クスノキ, アラカシ	15.1	1,153
福岡 1	アラカシ, スダジイ	17.1	375
福岡 2	アラカシ, ツブラジイ	26.0	750
福岡 3	クスノキ, クログネモチ	22.2	140

\*1 Sasaki, S., Takeshita, K. and Takaki, J.: Physical and chemical properties of soils in manmade-land.(IV) - Casestudy in green tract of land developed before more thirty years -

\*2 福岡県森林林業技術センター Fukuoka Pref. For. Res. and Ext. Ctr., Kurume, Fukuoka 839-0827

\*3 筑紫野市塔原 Tobaru, Chikushino City

\*4 福岡市早良区室見 Muromi, Sawaraku, Fukuoka City

(島津製作所, AA-6400F) で分析を行った。

### Ⅲ. 結果および考察

試孔点の断面調査による観察では、A層の厚さは、大牟田では9～13cm、北九州では約6～12cm、福岡では約8～16cmであった。須崎(1987)が福岡の護国神社で造成約35年後に調査した結果によると、A層の平均厚さは約5～6cmであった。地理的な距離や立地条件、初期の植栽方法などの違いがあるため同列に比較できないが、造成後の経過年数が多い福岡で幾分A層が厚かったことから、経過年数とともにA層が形成され増加したことを示している。また、A層の厚さが10cm内外であることから、この調査地点でのA層の形成は、土壌断面の観察により10cm程度の深さまでは草本の根が多く、木本の根はあまり見られなかったことや、草本は毎年枯死腐朽を繰り返すことにより土壌への有機物の供給も多いことから、草本の根の腐朽再生によってなされた可能性が高いと考えられた。

深さごとの土壌硬度の平均値を図-1に示す(参考に植栽後6年の福岡県森林林業技術センターでの値も示す(佐々木, 2002b)。以下センター)。深さ5cmでは大牟田、北九州、福岡とも10mm内外であった。深さ10cmではいずれも10mm以上となった。深さ20cmになると、福岡を除いて20mm前後と大きい硬度を示した。20cmより深い部分では福岡をのぞいて20mm前後であった。福岡は20cm～40cmまでは大牟田、北九州より土壌硬度が小さかったが、50cm以下では他の調査地と同じであった。このように造成後60年が経過した福岡は他の2地点より土壌硬度がやや小さい傾向を示した。福岡で須崎(1987)が造成後35年に測定した土壌硬度はA層でも25mm以上であり、この時点と比較すると福岡の表層の土壌は柔らかくなっており、時間の経過とともに土壌硬度は表層では改善の方向にあると言えた。表層での土壌硬度の低下は、草本の根の伸張、腐朽の繰り返しによる腐植の混入と、それに伴う土壌動物などの影響によると考えられた。大牟田、北九州での20cm以下、福岡の50cm以下の深い部分での土

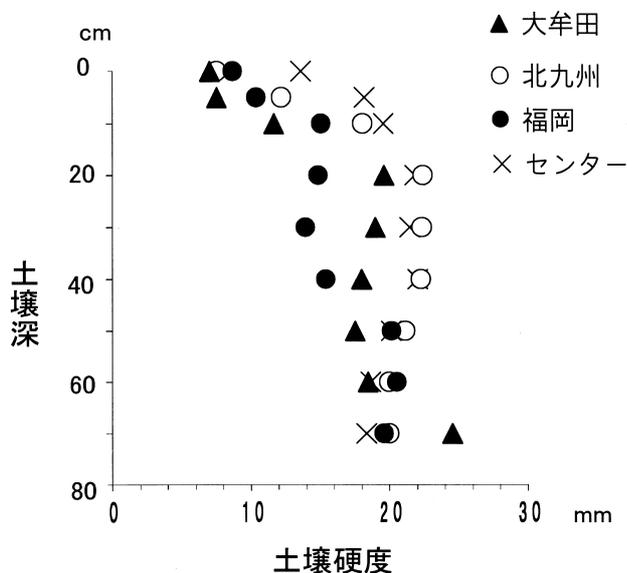


図-1. 土壌深と土壌硬度の関係

壤硬度は植栽後6年のセンターと殆ど同じであった。造成後の経過年数が多い福岡で、深さ40cmまで土壌硬度がやや小さかったのは、造成時の転圧が均一でなく、深さ40cmを境に異なっていたことも考えられるが、年数経過に伴う樹木の根の伸張、腐朽による影響と考えられた。表層以下の土壌層では、樹木の根の伸張、腐朽の繰り返しにより、土壌硬度が改善されると考えられる。しかし、これまでに筆者らが良好な森林土壌で調査した土壌硬度は、表層では5mm以下を示すことが多く、それ以下のB層でも15mm以下であることが多かった。このことから、土壌硬度の面から見ると、造成地では60年程度の年数が経過しても、森林土壌の膨軟性には大きく及ばないと考えられた。

表層(0～5cm)、中層(20～40cm)の2層で採取した土壌円筒試料の各地点の平均粗孔隙、平均細孔隙との関係から求めた孔隙解析図を図-2に示す。表層、中層の全孔隙率は福岡が表層、中層とも70%近いほかは、大牟田、北九州とも表層で60%前後、

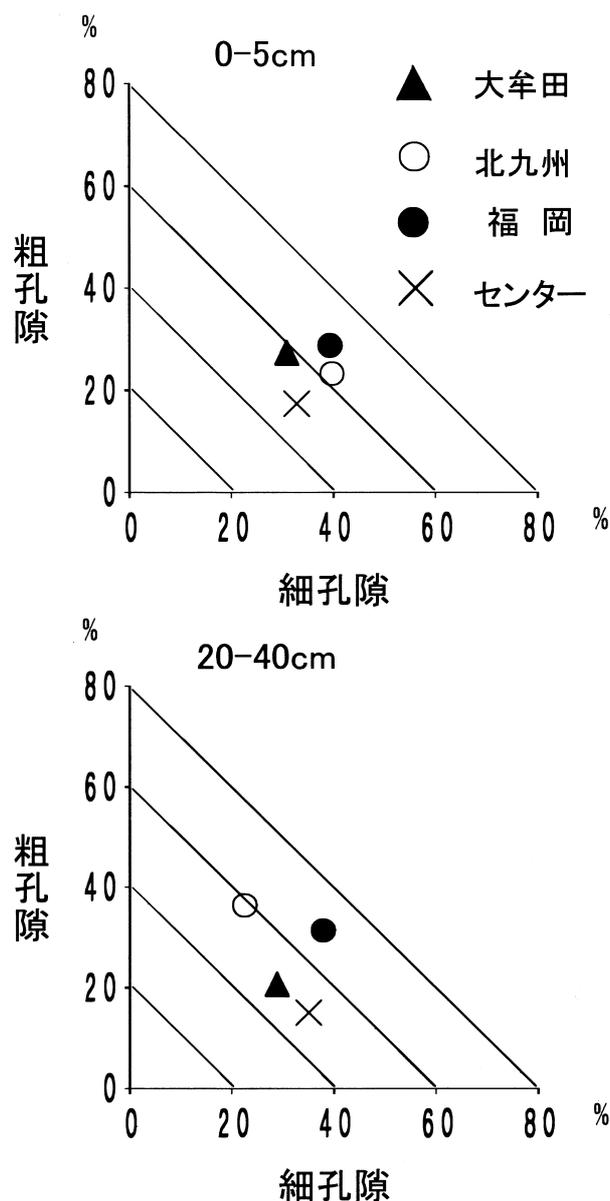


図-2. 孔隙解析図

中層では50%以下であった。また、いずれも粗孔隙率に比べて細孔隙率が高かった。有光 (1970) によると、土壌母材や地域で森林土壌の孔隙組成に大きな違いがあるが、団粒構造をもつものは、一般的に粗孔隙が細孔隙より若干多いものが大部分で、しかも極端な孔隙配分のは少なくバランスが取れている。また、全孔隙率は70~80%のものが多い。今回の測定では、全孔隙率が低く、粗孔隙よりも細孔隙が多く、孔隙組成のバランスが取れていないことから、30~60年が経過した造成地土壌の物理性は、団粒構造を持つ森林土壌には及ばないと考えられた。しかし、表層、中層とも、植栽後6年のセンターの粗孔隙よりも、大牟田、北九州、福岡の粗孔隙が多く、また、中層では植栽後6年のセンターより細孔隙が減少し、粗孔隙が増加する傾向が見られたことから、徐々にではあるが、造成後の年数経過とともに腐植の混入や、土壌動物の活動などにより、大きな孔隙が増加し孔隙の改善が進んでいると考えられた。

土壌の窒素、炭素の各地点の平均含有率を図-3に示す。窒素、炭素とも福岡の平均含有率が高く、0~5cmではそれぞれ0.50%、7.0%であった。大牟田、北九州での0~5cmの窒素の平均含有率はそれぞれ0.35%、0.36%、炭素の平均含有率はそれぞれ5.0%、5.2%であった。これは植栽後6年のセンターの窒素、炭素の平均含有率0.2%、2.3%より高かった。深さ5~

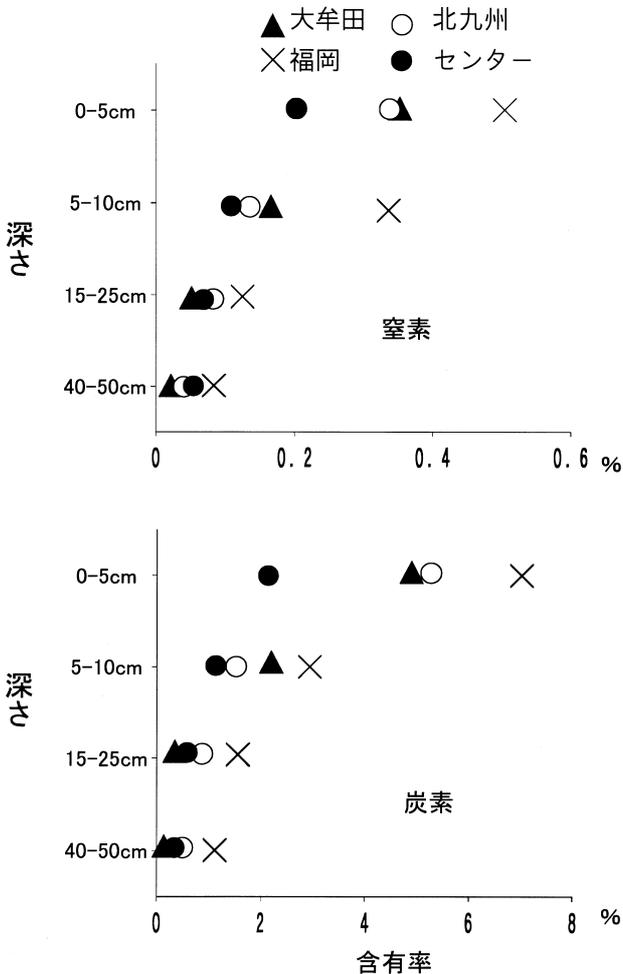


図-3. 土壌深さと窒素・炭素含有率

10cm, 15~25cm, 40~50cmでも福岡が大牟田、北九州の窒素、炭素の平均含有率より高かった。また、いずれも土壌表層で高く、下層へ行くほど含有率は低くなった。森林土壌における窒素、炭素含有率はA層では、それぞれ0.3~1%, 6~10%, B層ではそれぞれ0.1~0.5%, 1~6%とされる(河田, 1989)。今回の造成地では、A層は深さ0~5cm, B層は15~25cmに相当する。従って、福岡での窒素、炭素含有率は、いずれも下限ではあるが、森林土壌の範囲内に収まり、大牟田、北九州では、A層の窒素含有率はその範囲内にあるものの、それ以外はやや低いといえる。これらのことから、土壌の窒素、炭素含有率は、経過年数とともに増加し、緑地造成後60年程度で、森林土壌に近い値を示すようになると考えられた。B層に相当する15~25cmでの窒素、炭素の平均含有率は森林土壌より幾分低かった。これらのことから、緑地造成後60年程度で、窒素、炭素含有率とも森林土壌に近づくと考えられた。樹種の違い、立地条件や、地理的な距離はあるが、比較した中で造成後60年が経過した福岡で窒素、炭素含有率が表層から下層まで最も高く、次いで30年経過の大牟田、北九州が高く、植栽後6年経過のセンターが最も低かった。加えて、須崎(1987)が造成35年後に測定した福岡のA層の窒素含有率は0.30

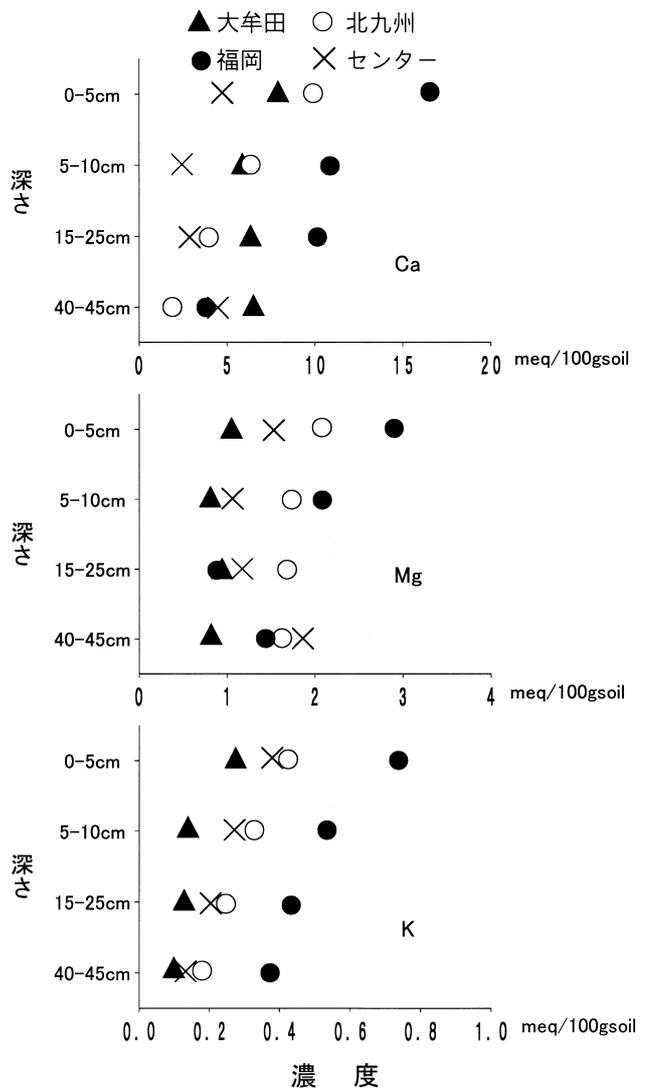


図-4. 土壌深さと交換性Ca, Mg, K濃度

～0.47%，炭素含有率は4.0～7.0%であり，今回の福岡の窒素，炭素含有率は増加していた。このことから，いずれの調査地も造成によって均一な無機質の土壌であったものが，年数の経過とともに草本，樹木の落葉・落枝が表層に集積・分解され，造成の経過年数に応じて表層から下部への浸透ないしは，草本類や樹木根系の枯死によって含有率が増加したと考えられた。

深さごとの各交換性 Ca, Mg, K の平均濃度を図-4 に示す。表層の交換性 Ca は4.80～16.60meq/100g，交換性 Mg は1.06～2.89meq/100g，交換性 K は0.27～0.74meq/100g であった。酸性雨等森林被害モニタリング第1期で得られた九州の土壌表層での平均値は，交換性 Ca, Mg, K は，それぞれ6.55meq/100g，1.39meq/100g，0.44meq/100g であり（佐々木ら，2001），センターの各交換性塩基と大牟田，北九州の交換性 K を除いて，いずれも九州の平均値とほぼ同じであった。このことから，表層の交換性塩基は造成後30年程度で森林と同程度になると考えられた。大牟田，北九州，福岡とも表層から下層へ行くに従い濃度は低くなった。また，表層の濃度は福岡で高く大牟田，北九州で低い結果となった。これらの結果も，窒素，炭素の場合と同様に，年数が経過するに従い草本や樹木の落葉，落枝や根系の集積が多く，それに伴い分解によってこれらの交換性塩基が表層から下層へと浸透していったためと考えられる。しかし，樹種，立地条件，地理的な距離，造成母材などが異なるため，福岡と大牟田，北九州での土壌中の交換性塩基濃度が異なる原因について明確に説明できなかった。

今回測定した結果では，土壌表層における土壌硬度や孔隙率などの物理性は，森林土壌と比較すると良好ではなかった。しかし，窒素，炭素の含有率や交換性塩基の濃度などの化学性は，森林土壌と同程度の値を示した。これらのことから，物理性の面よりも化学性の面で土壌化の進展は早いと考えられた。

#### Ⅳ. まとめ

造成後30年以上経過した緑地造成地の土壌を調査した。土壌表層では A 層が形成され，土壌硬度も幾分柔らかくなっていたが，森林土壌には及ばなかった。孔隙率は，年数の経過とともに粗孔隙が増加する傾向を示したが，良好な森林土壌より劣っていた。土壌の窒素，炭素の含有率は表層で高く，造成後の年数に従い増加し，森林土壌の下限值程度を示した。また，交換性塩基濃度も表層が高かった。これらのことから，造成地土壌では，化学性が物理性よりも早く森林土壌に近づくと考えられた。

これまでの調査地は緑地造成地であったため，造成時に転圧が加えられたと考えられ，これが，土壌の堅密化や全孔隙率が低い原因の一つと考えられる。そこで，今後は転圧などの人為的な影響がないと思われる崩壊土砂の集積した地点や，その上部の崩壊跡地で，崩壊後の年数や植生の侵入状況の違う土壌を調査し，自然状態で森林化した土壌と緑地造成地の土壌の対比を行い，土壌化の進行や，機能の違いを検討し，森林土壌の持つ公益的機能の重要性について明らかにしたい。

#### Ⅴ. 引用文献

- 有光一登（1970）森林立地，X II：31-35.  
 亀和田國彦（1997）交換性陽イオン・陰イオン（土壌環境分析法，427pp. 博友社，東京），215-222.  
 河田弘（1989）森林土壌学概論，399pp. 博友社，東京.  
 佐々木重行ほか（2001）森林立地，43（2）：45-52.  
 佐々木重行（2002a）日林学術講，113：510.  
 佐々木重行（2002b）九州森林研究，55：184-187.  
 佐々木重行（2003）九州森林研究，56：244-245.  
 須崎民雄（1987）福岡の植物，5：52-64.

（2004年11月8日 受付：2005年1月17日 受理）