

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580174

研究課題名（和文） 林内路網の環境保全機能の定量的評価と根系も含めた新たな森林管理手法の確立

研究課題名（英文） Establishment of new forest management considering quantitative evaluation of the environment conservation function of forest roads including root systems

研究代表者

酒井 秀夫（SAKAI HIDEO）

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号：70126069

研究成果の概要（和文）：路網開設により、光合成増加により林縁から 3 m 以内の立木において成長が促進されていることが認められた。土壌の透水性は林縁よりも林内の方が高かった。この理由として、林縁では根系の発達に伴い、土壌の圧縮も生じ、孔隙量の減少を発生させていることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：Growth of trees within 3 m from roadside was accelerated by the increased photosynthesis after road construction. Permeability of soils in the forest was higher than that of roadside, but at the same time, it was suggested that the compression of roadside soils occurred by the growth of tree systems.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
2011 年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：林内路網・環境保全・森林管理・根系・土壌保水力・透水係数

## 1. 研究開始当初の背景

林内に路網を開設することにより、林冠のギャップ形成によって道路沿いの生育木の光合成が盛んになる。筆者らは、道路敷きの幅が狭いときは、道路支障木の今後の予定材積増加を林縁木の材積成長増加分で短期間内にまかなうことができることを提示した（酒井ら、2003）。同時に林縁木の光合成が盛んになることから、根系の発達を促すことが予測される。根系が発達すれば、斜面での土壌を把持し、根系周囲の土壌孔隙量が増加

し、保水能力が高まるものと予想されていた。

## 2. 研究の目的

路網にはこのような環境保全機能が潜在しているが、定量的なことは未解明である。本研究は、路網周辺の根系と保水能力の定量的解明に的を絞って、路網の環境的意義を評価しようとするものである。

## 3. 研究の方法

路網開設による道路周辺木の光合成増加

効果による根系発達と土壤保水効果の関係を定量的に把握するため、以下の実験・調査を行うこととした。

(1)作業道開設前後での道路周辺木の根系の発達を解析するために、開設後数年を経た作業道沿い根系を災害に留意しながら掘り起こし、根系発達状況、土壤孔隙量や透水性などの物理的性質を測定する。

(2)短伐期施業から長伐期施業への移行を行うために、途中で強度の間伐を実施した人工林林分において（東京大学秩父演習林）、現在の根系を検討することにより、(1)の結果との整合比較を行う。

(3)林分の根系も含めた森林のCO<sub>2</sub>貯留や、水土保持、防災機能の観点から路網の環境的意義、公益的機能を定量的に評価し、あらたな森林管理手法の確立と森林施業のガイドライン作成を試みる。

具体的には、以下の実験・調査を行った。

東京大学秩父演習林の作業道沿いおよび林内のサワラ(直径40cmクラス)を伐採し、根系を掘り起こし、根系発達状況、土壤孔隙量や透水性などの物理的性質を測定した(図1)。東京大学北海道演習林トドマツ人工林においても、作業道から10m以内の林縁木3本および15m以上離れた林内木3本を選び、同様に幹・根重量を測定し、1本につき3箇所、採土円筒で土壤サンプルを採取し(計18箇所)、土壤透水性等を測定した。対照としてこの6本の木の周辺で3箇所ずつ林地土壤サンプルを採取した(2×3=6箇所)。

高齢級スギ人工林において単木をサンプリングし、地下部を掘り取ることにより地上部および地下部のバイオマス量を測定した。



図1 根系掘り取り調査

宮崎県諸塚村スギ人工林において、胸高直径と作業道からの距離を測定して作業道開設による間伐効果による根系の発達について検証を行った。また、東京大学秩父演習林の開設後5~10年を経た作業道に沿った林分を対象に、同様の調査を行った。

#### 4. 研究成果

(1)東京大学秩父演習林の林道沿いのサワラ2本を伐採し、根系を掘り起こし、根系発達状況、土壤孔隙量や透水性などの物理的性質を測定した。胸高直径、樹高はそれぞれ40cm、

38cm、27m、26m、根の重量は411kg、612kg、幹重量は1106kg、831kgであった。根重量/幹重量の比は0.37、0.74であった。

東京大学北海道演習林トドマツ人工林では、作業道に近い林縁木のほうが地上部体積、根重量が大きかった(図2)。しかし、根重量と幹重量の比は、林縁木が5.21、林内木が5.60で、林縁と林内では有意差は見られなかった(図3)。このことは、地上部体積、および根の重量が、林齢に比例するという知見にもかなうものである。

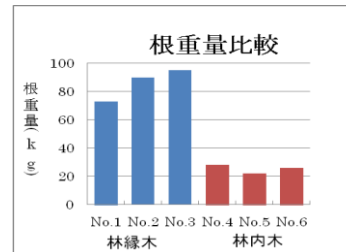


図2 林縁木と林内木の根重量

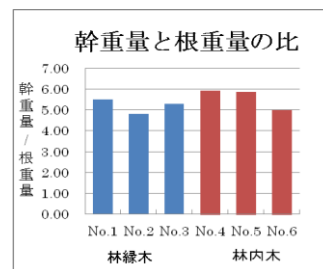


図3 林縁木と林内木の幹と根の重量比

東京大学千葉演習林の高齢級スギ人工林(62年生)を調査対象地とし、林内の平均木2本、被圧木1本、優勢木1本について地上部および地下部のバイオマス調査を行った。地上部バイオマス量は1本当たり196.6~1061.5kgで、その82%を樹幹が占めていた。地下部バイオマスに関しては、根株とそれに繋がっている特大径根(太さ5~15cm)および大径根(同約3~5cm)で地下部の82%を占めていた。いずれの解析木においても、太さが2~3cmの中径根の量が少なかったのに対し、2cm以下の小径根の量は多く、地下部の13%を占めていた。地上部バイオマス/地下部バイオマスの比は4.3前後であった。地上部と地下部の比は福田ら(2002)の20年生以上の値より大きく、20年生以下の値に近い結果となった。高齢級になると、林分内で相対的に根の割合の多い優勢木の割合が高くなっていくためであると推定された。

(2)秩父演習林でのサワラ2本の林縁木を掘り起こしたときの周囲の土壤と、対照として林内土壤の透水係数と孔隙量を調べた結果、透水性は林内の方が高く(図4)、有意差が

あった。孔隙量も林内の方が高かったが（図5）、有意差は無かった。

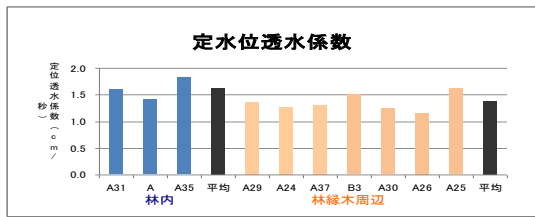


図4 林縁木周辺と林内の透水係数

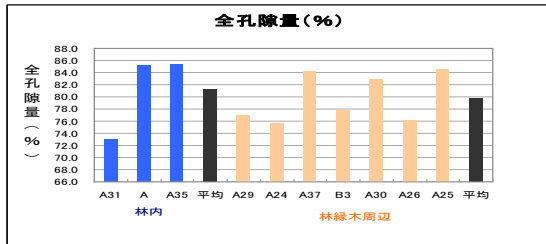


図5 林縁木周辺と林内の孔隙量

北海道演習林トマツ人工林の土壌サンプルの透水係数は、林縁、林内ともばらつきが大きかった。実験中に、水が極端に流れたものがあり、突出した値が存在した。これを除いた数値に基づく林縁と林内の透水係数の平均値は、それぞれ 0.66 cm/秒（9 サンプル）、0.73 cm/秒（12 サンプル）と、秩父演習林での結果と同じく林内の方が大きかったが、有意差はなかった。しかし、各立木の周囲の透水係数に関しては（表1）、林縁木の方が透水係数が高い傾向がある。しかし、サンプル数が少ないこともあり、有意差なしという結果となった。

表1 各立木周囲の透水係数 (cm/秒)

	林地	No1	No2	No3
林縁	1.35	0.30	1.90	0.37
林内	0.43	0.27	0.62	0.35

東京大学秩父演習林ヒノキ人工林（19・20 年生）における調査では、林道から林内にかけて土壌硬度が減少する傾向が見られた。孔隙量は林縁からの距離による傾向は見られないものの（図6）、透水係数は林縁の方が高い傾向が見られ（図7）、林縁からの距離と透水係数との間には 1%有意水準で相関が認められた。当初、根系の発達により透水係数の高さや土壌孔隙量の増加を仮定していたが、根の肥大成長に伴い、土壌の圧縮も生じ、孔隙量の減少に関連していることが示唆された。また、林縁は前回間伐時の踏圧や作業による土壌締め固めの影響が残っているものと思われる。

(3)作業道開設による間伐効果による根系の発達について、根量および根の深さが胸高直

径と相関があることを用いて、胸高直径の測定値をもって根系の発達の度合いとし、宮崎

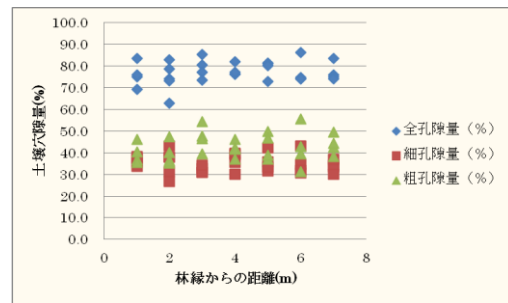


図6 林縁からの距離と土壌孔隙量

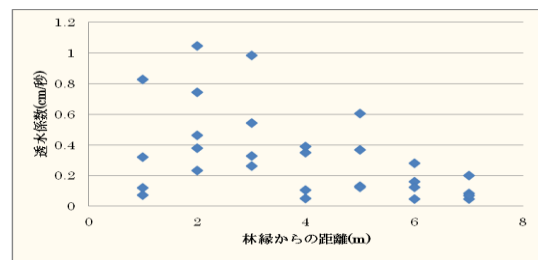


図7 林縁からの距離と透水係数

県諸塚村において、作業道開設後数年を経過したスギ同齢単純林における作業道からの距離と胸高直径の関係を調べた。その結果、作業道からの距離が長くなるにつれて直径が小さくなる負の相関が検出された（図8）。

次に、作業道の開設効果がどこまで及ぶかを推定するために、胸高直径の Weibull 分布と実際に観測された分布との  $\chi^2$  検定を行った（図9）。その結果、作業道からの距離が奥行き 10m に対して、作業道から 4~6m から奥に対しては、p 値が 0.3~0.5 の範囲内にあるが、作業道からの距離が 3m より短い地点の立木までを含めると p 値は 0.17 程度に減少し、さらに作業道からの距離が 1.8m 以下の立木を含めると p 値は 0 に近くなり、Weibull 分布は有意に適合しなくなった。この適合度が落ちる距離から、林縁から 3m 以内の立木において成長が促進されていることが認められ、作業道開設による日照の増加が有力な要因であるといえる。

同様に東京大学秩父演習林の開設後 5~10 年を経た作業道に沿った林分を対象に胸高直径と作業道からの距離を分析した結果、林縁からの距離と立木の成長との間に相関は認められなかった。諸塚村の作業道は東西方向、秩父演習林の作業道は南北方向であったことから、東西方向に開設された作業道は、道路北側の林縁で林縁効果が大きく、南北方向に開設された作業道は、日照が半分になり、林縁効果が薄いという知見が得られた。

(4)今回、透水速度および透水係数を検討したが、林縁、林内ともばらつきが大きく、顕著

な差が見られず、林内と林縁で有意差は見られなかった。透水係数は立木ごとによっても

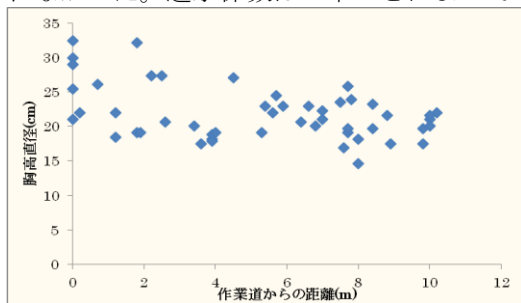


図8 作業道からの距離と胸高直径 (諸塚村)

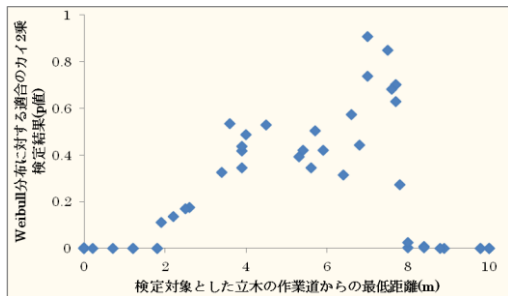


図9 胸高直径分布のWeibull分布への適合度

ばらつきが大きい。また、立木の影響が少ないと考えられる箇所でも、林縁が 1.35 cm/秒、林内が 0.43 cm/秒と大きく異なっていた。林縁は過去の人為による踏圧の影響も考えられる。林縁は、根の新陳代謝は旺盛で、古い根が枯死した後は、土壌がポーラスになるものと考えられる。しかし、根系の発達は、一方で、根の肥大成長により、根の体積増加が周辺土壌を圧縮しているものと考えられる。千葉演習林での実験結果から、特大径根と大径根が地下部の 82%を占め、一方で径 2cm以下の小径根の量が地下部の 13%を占めていたことから、土壌の圧縮と孔隙量の増加が同時に進行しており、実験結果のばらつきを大きくし、現象のモデル化を困難にしている。樹木周辺の土壌が根の枯死により、ポーラスが維持されたままとすると、幹のまわりの土壌が盛り上がらねばならない。林縁と林内の土壌の透水性について、今回の実験結果からは、当初の仮説どおりのデータが得られず、保水力増加量の具体的試算にまでいたらなかったが、今後表面土壌の微細な変化について、樹木の成長過程とともに、実験室内で精密に測定する必要がある。

調査を通じて、土壌サンプリングの過程の知見として、根系周囲の土壌でも、幹の直下の根に囲まれた部分と、根系の外側では、土壌の風化の度合いがちがうことから、今後、同じ根系でも土壌採集位置を精密に区分して測定する必要がある。

林縁木の方が、光合成の条件が良いので、成長が良く、したがって地上部体積が大きい。

しかし、根の成長も良いので、根重量と幹重量の比は、林縁と林内では有意差は見られなかった。今回の実験結果からも、この比は樹種や林齢によってちがうことが予測される。一般に、根系材積は、間伐の有無に影響を受けず、樹幹指数と根系材積には正の相関が見られ、林齢と根系重量の間には相関があるという知見が得られているが(阿部、2010)、このことは、地上部体積、および根の重量が、林齢に比例するという知見にもかなうものである。林縁木は林内木よりも地上部体積、根重量が大きいので、炭素貯留の観点からはプラスの効果があるといえる。

日照との関係で、作業道の開設方向に関する重要な知見が得られた。土壌の保水力や水源涵養機能は、透水性、孔隙率により成立することから、間伐作業体系を小形、架線系にするなど、林地土壌への影響が少ないシステムを検討する必要がある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

1. 酒井秀夫 私たちの生活と京都議定書  
山林 1581号 44・53 2010

〔学会発表〕(計1件)

1. 日鼻旬・酒井秀夫・櫻井倫 秩父地域における林道周辺の下層植生と土壌物理性について日本森林学会大会学術講演集(CD-ROM) 2010年4月2日筑波大学

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/publish/files/news/news047.pdf>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

酒井 秀夫 (SAKAI HIDEO)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号：70126069

(2) 研究分担者

白石 則彦 (SHIRAIISHI NORIHIKO)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号：50292793

櫻井 倫

東京大学・大学院農学生命科学研究科・  
助教  
研究者番号：50451836