



Title	Variations in biomass, production, and respiration of fine roots in a young larch forest [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	崔, 鋭
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第14823号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85569
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Cui_Rui_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士（農学）	氏 名	Cui Rui
審査担当者	主査	教 授	平野 高司
	副査	教 授	鮫島 良次
	副査	准教授	加藤 知道（国際食資源学院）

学位論文題名

Variations in biomass, production, and respiration of fine roots in a young larch forest

（カラマツ若齢林における細根のバイオマス、生産量および呼吸の変動）

本論文は英文 55 頁，図 33（写真を含む），表 13，5 章からなり，参考論文 1 編が付されている。

根呼吸と微生物呼吸で構成される土壌呼吸は，森林の生態系呼吸の 30～80% を占め，陸域の炭素循環において重要な役割を演じている。植物の根は，直径によって代謝と機能が異なるが，直径 2 mm 以下と定義されることの多い細根は機能性が高く，回転率（ターンオーバー）が速いため，地下部の炭素循環を左右する。しかし，細根の機能の季節変化に関する理解は十分ではない。そこで本研究では，呼吸に関する現象論的モデルを用いて，根呼吸を成長呼吸（ R_g ），維持呼吸（ R_m ）およびイオン吸収呼吸（ R_{ion} ）に分離することを試みている。モデルのパラメータを推定するために，表土が除去された裸地上に発達したカラマツの若齢林において，土壌呼吸，細根動態および蒸散を測定された。

野外実験は，北海道苫小牧市の樹木密度の低いカラマツ若齢林において 2017～2018 年（実験 1）と 2019～2020 年（実験 2）の 2 回行われた。このサイトは，2004 年の台風によって大規模攪乱を受けた後に表土が除去された場所で，その後にカラマツが自然再生してきた。対象区（CC）と根切り区（TC）からなるペアを，カラマツの孤立木から 0.5 m（N）と 1.0 m（F）離れた地点に 10 組（実験 1）と 18 組（実験 2）設置した。各区でチャンバー法を用いて土壌 CO_2 フラックス（ R_{CC} , R_{TC} ）を，無積雪期に定期的に測定した。地温との正の指数関数式を用いて，地温（ T_s ）の 30 分ごとの観測値から R_{CC} と R_{TC} が連続的に推定された。根切りによって発生した枯死根の分解にともなう CO_2 放出（ R_{DR} ）を考慮して，微生物呼吸（ $R_h = R_{TC} - R_{DR}$ ）と根呼吸（ $R_r = R_{CC} - R_h$ ）が推定された。また，連続コア法とイングロースコア法を用いて，対象区で細根のバイオマス（ B_f ）と生産量（ P_f ）が測定された。実験終了後に，対象区の太根のバイオマス（ B_c ）も測定された。さらに，カラマツのサップフローを連続測定し，細根の単位乾物重あたりの吸水量（ T_r ）が推定された。これらのデータをもとに，以下の 2 つモデルを用いて根呼吸の分離を行った。式中の c , d , f , g は曲線近似で得られるパラメータである。

$$R_r = R_m + R_g = c_1 \cdot P_f + d_1 \cdot \exp(f_1 \cdot T_s) \cdot (B_f + B_c) \quad (1)$$

$$R_r = R_m + R_g + R_{ion} = c_2 \cdot P_f + d_2 \cdot \exp(f_2 \cdot T_s) \cdot (B_f + B_c) + g \cdot T_r \cdot B_f \quad (2)$$

実験 1 では、土壌呼吸 ($R_s = R_{CC}$) の年間値は、N で 493 ± 45 , F で $311 \pm 34 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ であり、 R_r がそれぞれ 37, 16% を占めた。 B_f には季節変化がなかったが、 P_f は冬季に減少した。 P_f の年間値は N で 81 ± 22 , F で $41 \pm 10 \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ であり、 B_f の年平均値は N で 70 ± 9 , F で $13 \pm 3 \text{ g m}^{-2}$ であった。モデル 1 を有意に適用することができ ($r^2 = 0.59, p < 0.001$), R_r の年間値の 30% が R_g に、44% が細根の R_m に、26% が太根の R_m にそれぞれ分配された。実験 2 では、 R_s の年間値は N で 610 ± 26 , F で $474 \pm 52 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ であり、 R_r がそれぞれ 47, 45% を占めた。 B_f は成長季節に少し増加したが、 P_f は冬季に減少し、8 月にピークを示した。 P_f の年間値は N で 115 ± 7 , F で $102 \pm 10 \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ であり、 B_f の年平均値は N で 133 ± 13 , F で $78 \pm 14 \text{ g m}^{-2}$ であった。 B_c は B_f の 1/3 以下であった。モデル 1, 2 とともに有意に適用できた ($r^2 = 0.51 \sim 0.53, p < 0.001$)。パラメータ d (0°C のときの R_m) と f (R_m の温度係数) は 2 つのモデルでほぼ等しかったが、 R_g の係数である c はモデル 1 で小さかった。 R_m と R_{ion} のピークは 6~7 月であったが、 R_g のピークは 6 月であった。サイトの平均 R_r の年間値は $215 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ であり、 R_s の 41% を占めた。モデル 2 によると、 R_r に対する細根の R_g 、細根の R_m 、太根の R_m および細根の R_{ion} の割合は、それぞれ 32, 46, 13, 9% であると推定された。

フィールドデータに対して 2 つのモデルは有意に適用することができた。2 回の実験においてモデル 1 を用いて推定したパラメータは有意であったが、データ数が多いことと B_c の空間変動を考慮していることから、実験 2 で得られたパラメータの方が堅牢であるといえる。実験 2 において R_m のパラメータである d と f は 2 つのモデルでほぼ等しく、 f から計算できる Q_{10} は 2.46~2.61 になる。しかし、 R_g の係数である c はモデル 2 で約 20% 小さい。このことは、モデル 1 の R_g にモデル 2 の R_{ion} が含まれていることを示唆している。

表土が除外された場所で生育しているカラマツ若齢林において、成長季節を通して土壌 CO_2 フラックス、 B_f 、 P_f 、 B_c 、 T_s 、 T_r を測定し、改良した現象論モデルを適用することで、野外条件において R_r を R_g 、 R_m 、 R_{ion} に分離することに成功した。太根の成長呼吸を無視しているが、本研究の方法論は野外で根呼吸を分離する有効な手法であるといえる。本研究で得られた知見は、陸域生態系モデルにおける呼吸推定の高精度化に貢献できると考えられる。よって審査員一同は、Cui Rui が博士 (農学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。