

寒地型芝草の群落光合成・生長モデル Multi-layer Model of Photosynthesis and Growth Model for C₃ Cool-season Turf Grass Field

松原 隆志
溝田 陽子

Takashi Matsubara
Yoko Mizota

1. はじめに

現在、国際的なサッカーの大会では、使用される競技場の観客席に、屋根の設置が義務付けられており、ピッチ上で育成される芝草に、主に日照不足が原因と考えられる生育不良が生じるようになった。サッカー先進国のヨーロッパでは、この問題への取り組みがなされて久しいが、日本では2002年にワールドカップが開催されたのを契機に、国際基準の競技場が多く建設され、屋根の影響を克服する芝育成法が研究されるようになった。ヨーロッパと日本の気象条件の違いから、独自の対策が必要になるが、我々は比較的耐陰性の高い寒地型芝草を対象に、日照不足による光合成量の低下、気温・地温の上昇による呼吸量の増大、湿度低下による気孔の閉鎖が及ぼす影響等を、群落の光合成モデルや、さらにこれを発展させた生長モデルによって評価することで、効果的な対策や管理法を選択できるようにした。モデルは京都大学大学院農学研究科 小杉緑子先生および高梨聡氏[現(独)森林総合研究所]他との共同研究により開発した。

2. モデルの概要

2.1 群落光合成モデル

群落光合成モデルは、群落を12層に分割して、Fig. 1に示すように、まず群落各層の放射環境と地温を算定し、次に各層の顕熱、潜熱、二酸化炭素フラックス、葉温を求め、最後に各層の個葉光合成・呼吸速度、土壌呼吸速度を積み上げて群落全体の光合成量を算定するモデルで、複数のサブモデルで構成される。入力データは、群落面上の気温、湿度、光合成有効放射量、二酸化炭素濃度、風速、雨量で、出力データは、各層および群落全体の総光合成量、純光合成量、呼吸量、蒸散量、放射量、葉温、地温、顕熱、潜熱、二酸化炭素フラックス等である。

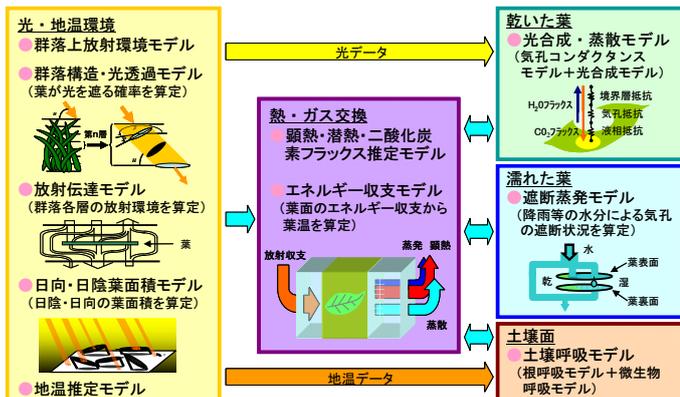


Fig. 1 群落光合成モデルのサブモデル相関図
Correlation between Sub-models in Multi-layer Model of Photosynthesis

2.2 サブモデル

- 1) 光透過モデルは、太陽高度と葉の傾斜角分布をもとに、葉が直達および散乱光を遮る確率を求める。
- 2) 放射伝達モデルは、光の各成分（短波、長波、光合成有効放射量）が葉を通過・反射・透過する確率をもとに、各層に到達する放射量を算定する。
- 3) 日向・日陰葉面積モデルは、光と光合成蒸散速度の関係が非線形なため、日向・日陰の速度を別々に計算できるように、各々の葉面積を算定する。
- 4) エネルギー収支モデルは、葉面への放射量と、葉面からの顕熱・潜熱のバランスで葉温を算定する。
- 5) 光合成・蒸散モデルは、光と湿度で決まる気孔開度から二酸化炭素吸収量や蒸散量を算出し、光、二酸化炭素濃度、葉温で決まる光合成回路の速度などで、個葉の光合成速度と呼吸速度を算定する。
- 6) 遮断蒸発モデルは、葉が降雨や結露で濡れたり蒸発したりする状況を計算し、濡れている部分の葉面積を算定する。葉が濡れると気孔が閉鎖される。
- 7) 土壌呼吸モデルは、地温で決まる根と微生物の呼吸速度を算定する。

2.3 生長モデル

生長モデルは、Fig. 2に示すように、群落光合成モデルで得られた光合成産物を葉部と根部に分配し、葉部と根部の呼吸による消費量と枯死量および葉の刈り取り量を差し引き、葉部および根部の現存量を決定する。葉部と根部の呼吸量、これに衰退で枯死する葉と根の分解呼吸量を加えて、群落光合成モデルに使用される二酸化炭素濃度を算定する。また、決定された葉現存量から葉面積の分布を決め、群落光合成モデルに入力して群落各層純光合成量の決定に使用する。入力データは群落光合成モデルと同じで、出力データは群落光合成モデルの出力データ以外に、葉現存量、葉面積指数、根現存量、葉枯死量、根枯死量、刈り取り量、生長呼吸量等である。

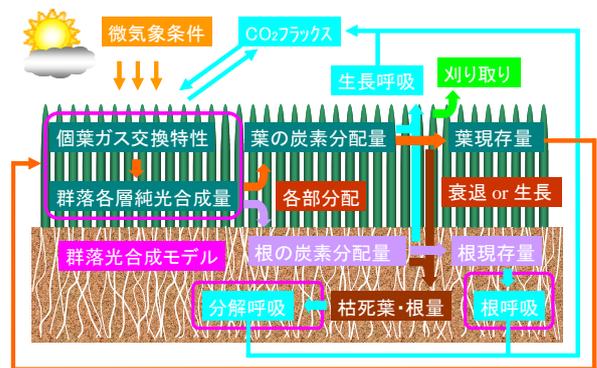


Fig. 2 生長モデルの概要図
Outline of Growth Model

3. 群落光合成・生長モデルの適用例

3.1 モデル精度の確認

まず、モデルの精度を確認するため、Fig. 3 に芝の生育[(a)根の現存量(Root biomass), (b)葉の現存量(Leaf biomass), (c)葉面積指数(LAI), (d)根と葉の枯死量(Root and Leaf Litter)]のモデル予測値と実測値の比較を紹介する。多少のずれは見られるが、年変動を予測することができた。(この芝は、次節で検討する芝の張替えにおいて、張替えなかった場合のものである。)

3.2 管理法の選択

日照を十分に得ることのできないサッカースタジアムでは、Photo 1 に示す芝の張替えを、9月中旬～下旬に実施されることがある。そこで、張替えに使用するターフグラスの、育成期間の違いによる張替後の生育状況について、本モデルで解析した例を紹介する。

Fig. 4 に育成期間1年の張芝と育成期間3年の張芝を同時に同地点に張った場合に、1年間の生育がどのように変化するか予測した結果を示した。(a)のグラフは総光合成量(GPP)と総光合成量から呼吸量を引いた純光合成量(NPP)の年変動で、総光合成量に差は無いが、純光合成量では、育成期間1年の張芝の方が多いたことが分かる。(b)のグラフは根と葉の呼吸量(Respiration)の年変動で、育成期間3年の張芝の方が多く、消費量が大きいことが分かる。(c)のグラフは根の現存量(Root biomass)の年変動で、育成期間1年の張芝は徐々に増え、夏期に低下した。育成期間3年の張芝は張替え時の量を維持するが、夏期に急速に低下し、育成期間1年の張芝と同程度になった。(d)の

グラフは葉の現存量(Leaf biomass)の年変動で、夏期には育成期間1年の張芝の方が大きくなった。

実際に、育成期間1年の張芝は、2006年の張芝として使用され、7月下旬までスポーツターフの性能を維持していた。モデルで、育成期間3年の張芝は、根の量で育成期間1年の張芝を上回るが、9月下旬には同程度になり、葉の量で育成期間1年の張芝を下回り、7月以降にその差が大きくなった。スポーツターフの性能は根と葉の量が総合的に関係していて、優劣を付けられないため、育成期間3年と1年の張芝に大きな差異がなければ、経済的には育成期間1年の張芝が有利と考えられた。

4. まとめ

日照を十分に得ることができないサッカースタジアムにおける芝管理を最適なものとするために、「芝群落光合成・生長モデル」を開発し、これを実際に適用した例を紹介した。現在、精度の向上と適用範囲の拡大を目指して、モデルの高度化を実施中である。



Photo 1 芝の張替え作業
Replacing with New Rolled Turf Grass

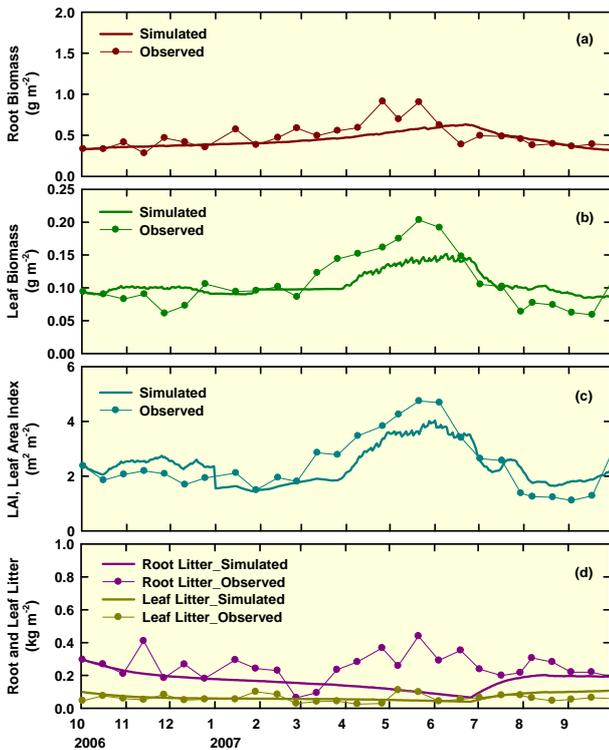


Fig. 3 生長モデルの予測値と実測値の比較
Comparisons of Seasonal Changes in Simulated and Observed Growth Values

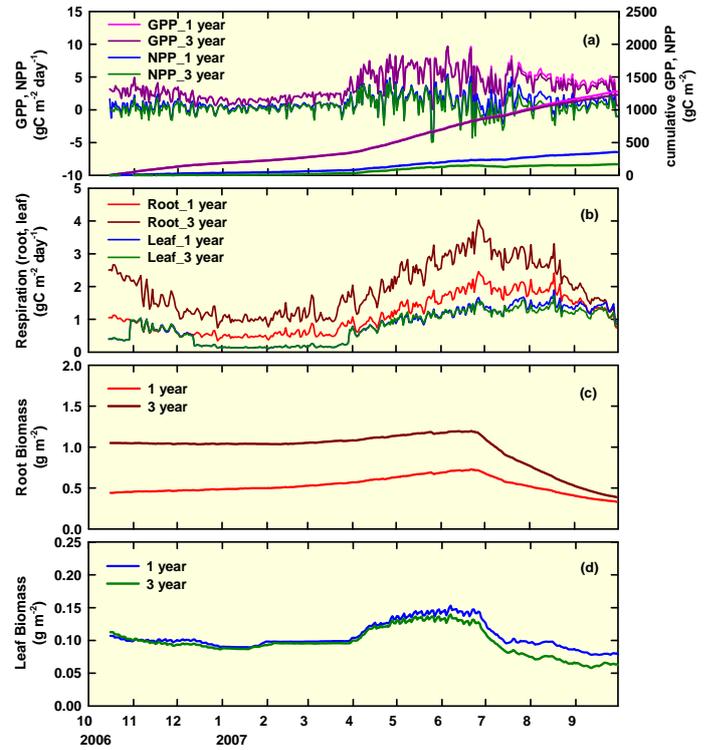


Fig. 4 育成期間1年と3年の張芝の年間生育予測
Simulated Seasonal Changes in Growth of the Turf Grass Reared for One Year and Three Years