

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	松原 隆志
論文題目	Gas Exchange and Growth/decline of C ₃ Turfgrass Fields under Various Light Conditions (多様な光環境下に生育する C ₃ 芝群落の光合成および生長衰退に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
サッカーの国際大会を開催するためのスタジアムには、観客席に屋根が備わっていることが条件となるため、低照度下でスポーツターフを育成するための技術が必要とされている。本研究は、比較的耐陰性が高いが耐暑性に劣るとされる C₃ 寒地型芝 (Kentucky bluegrass, <i>Poa pratensis</i> L.) について、4 段階の光条件で育成したものをを用いて光環境と光合成および生長衰退との関係を明らかにし、スタジアムの設計や芝の管理などに役立てることを目的として行われたものである。 第 2 章および第 3 章においては、閉鎖循環式チャンバー法による測定を行って、群落スケールでの光環境と生態系呼吸量・総光合成量との関係を解析した。 生態系呼吸は、葉群呼吸、非同化部呼吸、土壤有機物分解呼吸に分離されるが、呼吸の温度依存性については、葉群と非同化部は同程度であり、土壤有機物分解はこれより高い傾向を示した。また、呼吸速度は、基準温度の値で比較した結果、葉群、非同化部、土壤有機物分解がおおよそ 2 : 5 : 3 の割合となり、バイオマス量の割合とも一致した。このように、非同化部呼吸量およびその大部分を占める根呼吸量が非常に大きくなったが、この結果は、さまざまな植生の生態系呼吸の中でも、C₃ 寒地型芝のきわだった特徴である。 さらに、生態系呼吸量は、バイオマス量とともに弱光下ほど小さく、また夏期に低下する結果が得られ、バイオマス量の季節変動とも一致した。この結果より、生態系呼吸速度の変動には、温度よりもバイオマス量の変化が大きな影響を与えることがわかる。また、光飽和状態での群落総光合成速度は、生育場所の光環境によらず夏期に低下する傾向が見られた。 第 4 章においては、個葉スケールの光合成について検討するため、光・温度特性の季節変動、および生長衰退の指標となる非同化部および葉のバイオマス、葉面積指数 (LAI)、比葉面積重 (LMA)、葉面積あたりの窒素含有量を調べた。これにより、さまざまな光環境下における個葉光合成特性および生長、衰退、馴化の季節変動特性を解析した。 異なる光環境下で育てた芝の個葉における最大炭酸同化速度は、冬から初夏までは差が見られなかったが、夏の衰退期には、遮光レベルが高いほど低下した。一方で、芝群落は、弱光環境に馴化するため、遮光レベルに従って、非同化部への分配の削減、LMA の制限、LAI の制限を段階的に行ってゆく。しかし、夏の高温時には遮光レベルが高いほど光合成による生産と生態系呼吸による消費の収支が合わなくなり、最終的には葉面積あたりの窒素含有量の減少に至る。この結果から、個葉光合成能力の指標である最大炭酸同化速度は、葉面積あたりの窒素含有量の減少に伴って低下すると考えられた。 第 5 章においては、ガス交換パラメータの季節変動や年々変動、あるいはその生育時の光条件による違いを、個葉光合成速度を予測する際にどの程度考慮するべきかについて検討した。 まず、光合成の予測精度を上げることを目的として、個葉光合成速度の日変化の実測値と、別途測定して得たガス交換パラメータセットを用いて推定した予測値との比較を行った。春期の最適条件下で抽出したパラメータセットを用いた予測値は、生育時の光条件の違いや季節変動・年々変動を考慮していないため、最大炭酸同化速度が低下する季節になると、特に強光下において過大評価となった。この結果から、芝の管理計画に			

必要な高精度の個葉光合成評価に対しては、最大炭酸同化速度の季節変動、すなわち冬と初夏以降の低下を考慮する必要性が高いことが明らかになった。

第6章においては、芝の群落光合成モデルと生長モデルを統合した C_3 芝群落光合成－生長衰退モデルを構築し、その検証およびシミュレーションを行った。

まず、非同化部および葉のバイオマス、LAI、積算刈取量、根の積算生長量、根・葉リター量について、観測結果とシミュレーション結果を比較した。これにより、本モデルによって、さまざまな光環境下における光合成および生長衰退の過程が良好に再現されることがわかった。また、本モデルを特殊な生育環境を含む広範囲の環境下で実用的に応用するため、任意のスタジアム形状を入力することによってピッチ上の芝の生育状態を二次元化できるアルゴリズムを開発した。

このように、本モデルを用いることにより、スタジアムの設計時に芝草の生育可否の判定を行って、芝草が生育できない施設を施工するリスクを回避すること、あるいは、すでに施工されたスタジアムで芝草の生育不良が生じた場合に、原因の特定と最善の解決策を提案することが可能になる。今後、芝草の生育に有利なスタジアムの形状や環境改善対策を短時間で評価し、スタジアム設計の際に有用なツールとして活用されることが期待される。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。
論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 words で作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

サッカー等を行うスタジアムでは芝の維持が重要であり、観客席をおおう屋根によって照度が低下する環境では、温暖な地域でも C_3 寒地型芝が用いられる。しかし、夏の高温下で衰退が進むため、これに対する高度な育成管理技術が求められる。本研究は、芝群落の光合成・呼吸過程の詳細な計測に基づく芝の生長衰退シミュレーションモデルを開発して、この技術革新をめざしたものであり、評価できる点は次のようにまとめられる。

1. 群落における生態系呼吸については、これを構成する葉群、非同化部、土壌有機物分解の各呼吸の中で、根呼吸を主とする非同化部呼吸が多いこと、温度よりもバイオマス量の変化が生態系呼吸量に大きな影響を与えることが明らかになった。また、光飽和状態での群落総光合成速度は、生育場所の光環境によらず夏期に低下する傾向が見いだされた。
2. 個葉光合成能力の指標である最大炭酸同化速度は、弱光環境で育てられた場合、初夏までは他と変わらず、夏の衰退期に遮光レベルが高いほど低下した。また、弱光環境に馴化するため、遮光レベルに従って、非同化部への分配の削減、比葉面積重 (LMA) の制限、葉面積指数 (LAI) の制限の順に段階的な応答が見られた。夏の高温時には、遮光レベルが高い場所では光合成生産と生態系呼吸による消費の収支が合わなくなり、最終的には葉面積あたりの窒素含有量の減少に至った。これらのことから、夏の衰退に関して、葉面積あたりの窒素含有量の減少に伴って最大炭酸同化速度が低下する最終段階までのプロセスが明確になった。
3. ガス交換モデルによる光合成速度予測を高精度で行うため、春期の最適条件下で抽出したパラメータセットを用いた光合成の予測値を実測値と比べて検討した。その結果、最大炭酸同化速度について、冬と初夏以降の低下を十分考慮する必要があることが明らかになった。
4. 以上の実測に基づく研究成果を基に、芝の群落光合成モデルと生長モデルを統合した C_3 芝群落光合成－生長衰退モデルを開発した。これによって、さまざまな光環境下における光合成および生長衰退の過程が良好に再現できることが示された。
5. スタジアム形状が芝の生育状態の面的分布に及ぼす影響について、モデルを用いて予測できるアルゴリズムを開発した。これによって、スタジアムの設計段階、および運用段階における芝草生育管理に有用な画期的ツールが提案された。

以上のように本研究は、 C_3 寒地型芝の生理特性の解明に基づき、照度の低いスタジアムにおける芝草管理手法を開発したものであり、植物生理学、緑化学の発展、さらにはスポーツ振興の実用面にも寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成 24 年 2 月 9 日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注)Web での即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降