

竹林と竹の稈の内部の気体濃度の動態の研究

米谷 俊彦(岡山大学・資源生物科学研究所)

1. はじめに

近年各地で放置竹林が増加し、周辺の生態系に様々な影響を与えていると言われている。林野庁の業務資料によれば、竹林面積は、昭和61年に147,000ヘクタールであるが、20年後の平成17年には157,000ヘクタールまで増加している。このような放置竹林の拡大の過程で、林地や農耕地に進入し、周囲の植生の主要構成樹種である広葉樹などを競争で被圧、枯死させている。また、周辺の造林地に侵入し、保水力を下げ、防災機能を低下させ、森林を減少させている。今後地球温暖化がさらに進行すると、蚊の生息場所が拡大し、マラリア、日本脳炎、デング熱などの伝染病の発生数が増加することも危惧されている。

低日射、高湿度、高炭酸ガス濃度などの特異な気象環境が形成される竹林内部のガス環境(特に炭酸ガス、水蒸気など)の日変化、季節変化の動態の把握は極めて重要である。また、竹の稈の内部の炭酸ガスの変化を測定し、稈内の気体濃度と気象環境の関係を明らかにすることは、植物気象生態学の大変興味ある課題の一つである。

本報では、春季と夏季における、竹林内部と竹の稈の内部の炭酸ガス濃度の動態、タケノコからの炭酸ガス放出量などを測定した結果、炭酸ガス濃度と気象環境との関係などについて報告する。

2. 実験方法

他のイネ科の植物と同様に、竹の稈の内部は中空になっている。植物の諸器官は、光合成、呼吸、蒸散などの代謝活動を絶えず行っており、種々の環境の変化に反応して、竹の稈のような植物体内部の気体濃度も変化する。今春からモウソウ竹林(岡山県倉敷市新田)において、炭酸ガス濃度の日変化、季節変化の動態に着目して、炭酸ガス濃度、気温、湿度などの気象要素の測定を実施している。観測対象のモウソウ竹林は、最初は数本の竹が戦後に山裾から上方の山林へ侵入・拡大して行った竹林で、現在も、竹林内部に樹木がまばらに散在している(図1)。この竹林のある向山には、同様な竹林が幾つも存在しており、現在も山の上部へ侵入を続けている。



図1. 観測対象地の竹林

本実験では、幾つかの測定方法

測定を行って

いる。(1)竹の稈とCO<sub>2</sub>変換機器(ヴァイサラ社製GMT221型)をミニチューブで繋ぎ、ミニポンプによって気体を循環させながら、稈の内部の炭酸ガス濃度を連続測定している。(2)竹林内の地面近傍の炭酸ガス濃度を測定するために、上記と同じCO<sub>2</sub>変換機器を雨よけカバーして、高さ約10cmに設置している。(3)春季のタケノコの成長初期には、タケノコ全体を高さ約1.4mの細長い円筒状のチャンバーで覆い、エアポンプで外気を送り込み、チャンバーの入り口と出口における炭酸ガス濃度差をライカ社製のCO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>Oアナライザー(ライカ社製、LI-6262型)を用いて連続測定し、タケノコからの炭酸ガス放出量を評価した。また、タケノコとCO<sub>2</sub>変換機器(ヴァイサラ社製GMT221型)をビニール袋で包み込み、タケノコ基部で密閉して、タケノコの周辺部の炭酸ガス濃度の測定を行った。(4)約2mに成長したタケノコを切り取り、タケノコの各節内の空気を注射器で微量サンプルし、CO<sub>2</sub>アナライザー(ライカ社製LI-6252型)を用いて、炭酸ガス濃度を測定した。同時に各節内の空気を少量サンプルして、酸素濃度計(PBIDansensor社製、CheckMate 9900型)を用いて、酸素濃度を測定した。(5)CO<sub>2</sub>変換機器(ヴァイサラ社製GMT221型)を携帯しながら竹林内とその周辺部を移動して、炭酸ガス濃度の空間分布の測定を行った。これらの炭酸ガス濃度の測定と並行して、幾つかの気象要素の測定を行った。竹林の林床下部における気温、湿度の測定には、タバイエスベック社製の温湿度センサー(RS-10型)を用い、光合成有効放射量の測定には、ライカ社製のLI-190SB型を用いた。各信号は10分毎にデジタルデータとして記録した。

### 3. 結果と考察

今年の4月下旬から観測を開始し、現在も各種の測定を継続中である。以下では、これまでに得られた幾つかの測定結果を列記する。この竹林においては、4月下旬から5月上旬にタケノコが生えてきたが、この地域の今春のケノコの生育は、例年に比較して不良であり、観測対象の竹林においても不良であった。

タケノコとCO<sub>2</sub>変換機器(ヴァイサラ社製GMT221型)をビニール袋で包み込み、タケノコ基部で密閉して、タケノコの周辺部の炭酸ガス濃度の測定を行った(図2)。図3には、5月2日の12時から5月5日の12時までの期間におけるタケノコ周辺部の炭酸ガス濃度の経時変化を示す。なお、図3の上段には、参考のために光合成有効放射量の経時変化を示す。



図2. タケノコの外側の炭酸ガスの測定

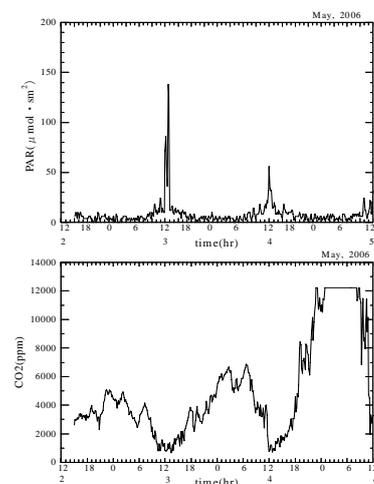


図3. 光合成有効放射量とタケノコの外側の炭酸ガス濃度の経時変化

この期間にタケノコの地上部は約5cmから30cm以上に伸長した。タケノコ周辺部の炭酸ガス濃度は、2日

の夜には約5,000ppm、3日の夜には約7,000ppm、4日の夜には12,000ppmを超え、炭酸ガスの放出量がタケノコの伸長と共に増加することがわかる。また、夜間には、炭酸ガス濃度が高濃度になるが、日の出後の日中に光合成有効放射量が増加すると、炭酸ガス濃度が減少している。タケノコを覆う皮は、一部緑色であり、葉緑素を有している。それゆえ、タケノコの外側の気体中の炭酸ガス濃度の減少は、おそらくタケノコを覆う皮の光合成によって吸収されて生じたと思われる。

春季のタケノコの成長初期に、タケノコ全体を高さ約1.4mの細長い円筒状のチャンバーで覆い、エアポンプで外気を送り込み、チャンバーの入り口と出口における炭酸ガス濃度差を連続測定し、タケノコからの炭酸ガス放出量の経時変化を評価した。5月3日から5月7日までのタケノコからの炭酸ガス放出量の経時変化を図4に示す。このタケノコの地上部の高さは、5月3日には約60cm、5月6日には約95cmであり、5月7日には100cmを遥かに超えた。5月3日～4日まではタケノコからの炭酸ガスの放出量は比較的小さかったが、タケノコの急速な伸長に伴って、5日頃から急激に放出量が増加し6～7日には、非常に大きな値になった。また、7日以降の減少は伸長によって、チャンバーの密閉性が維持できなくなったために生じたと思われる。

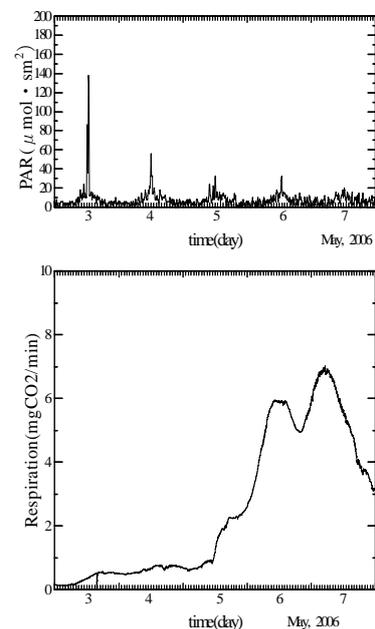


図4. 光合成有効放射量とタケノコからの炭酸ガス放出量の経時変化

5月12日に、地上部が180cmまで伸長したタケノコを切り取って実験室に持ち帰り、タケノコの各節内の空気を注射器で微量サンプルし、炭酸ガス濃度を測定した。同時に各節内の空気を少量サンプルして、酸素濃度計(PBIDansensor社製、CheckMate 9900型)を用いて、酸素濃度を測定した。タケノコの各節内の炭酸ガス濃度を図5に示す。縦軸は地上部から上部に向かう各節の番号である。上部の節内では幾分低濃度になっているが、タケノコの基部から上部までの大部分の節内の炭酸ガス濃度は、40,000ppm～60,000ppmの高濃度になっている。図6には、各節毎の炭酸ガス濃度と酸素濃度の関係を示す。炭酸ガス濃度が増加するにつれて酸素濃度が線形に減少していることが分かる。すなわち高濃度の炭酸ガス濃度を含む節内では、酸素濃度が逆に低濃度になっていることを意味している。このような植物体内部の炭酸ガス濃度と酸素濃度の同様な関係が、同じイネ科植物のオオムギの節間内部の測定結果でも得られている。

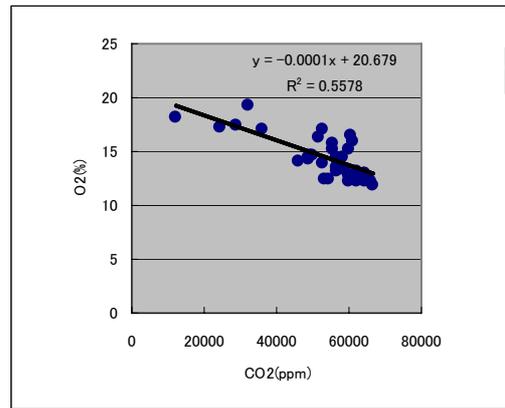
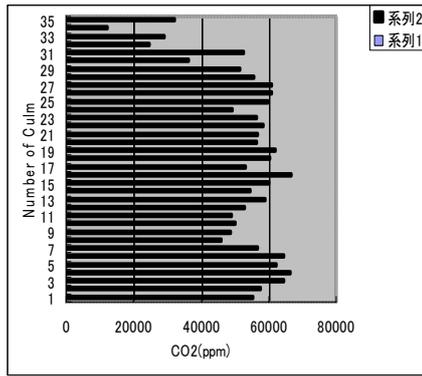


図5. タケノコの各節内部の炭酸ガス濃度 図6. タケノコの各節内部の炭酸ガス濃度と酸素濃度の関係

タケノコ内部の炭酸ガス濃度と光合成有効放射量の日変化を図7に示す。真夜中の75,000ppmの高濃度が次第に低下して日の出頃に50,000ppmになり、日の出後にさらに低濃度(40,000ppm)に減少した後、正午頃から再び増加して、真夜中には80,000ppmを超えている。このような日変化には、竹の光合成、呼吸、水分その他の物質輸送などが関係していると思われる。今年生えてきたタケノコが成長した竹の下部の節の内部の炭酸ガス濃度の6月初めから約10日間の経時変化の一例を図8に示す。図の上段には、参考のために、林床の気温の経時変化を示してある。節の内部の炭酸ガス濃度は、40,000-80,000ppmの範囲で変化し、竹に成長した後も、タケノコの時期の高濃度を維持していることが分かる。また、炭酸ガス濃度の経時変化のパターンは、位相が幾分ずれるものの、気温の日変化、経時変化のパターンに非常に類似している。8月上旬には、竹の稈の内部の炭酸ガス濃度がさらに高濃度になって100,000ppmを超えていたが、その後次第に低下し、8月下旬には70,000ppmになった。

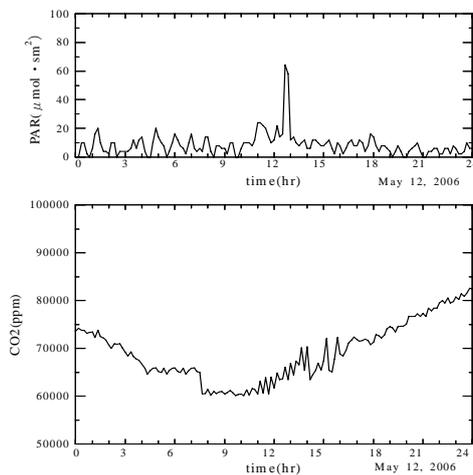


図7. タケノコの内部の炭酸ガス濃度の日変化

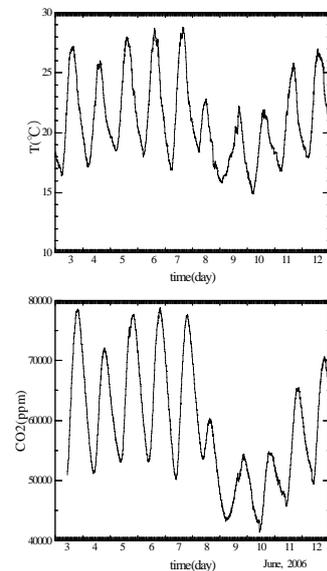


図8. 竹の稈の内部の炭酸ガス濃度の6月初めから約10日間の経時変化

竹林内の地面近傍の高さ約10cmにおいて、炭酸ガス濃度の測定している。図9に4月下旬から5月上旬における炭酸ガス濃度の経時変化を示す。静穏な夜間には800ppm~900ppmの高濃度であり、昼間でも高濃度が持続することもあるが、晴天日で風速が強まる昼間には400ppm~500ppmまで減少した。炭酸ガス濃度

の昼間の減少は、竹林の光合成による炭酸ガスの吸収と、低濃度の外気の流入によって生じたと考えられる。5月以降に季節が進み、気温が次第に上昇するにつれて、夜間における地面近傍の炭酸ガス濃度は増加し、しばしば1500ppmを超えるようになった。8月頃にも、昼間には500ppmまで低下するが、夜間には1,500ppmを超える高濃度がしばしば観測された。

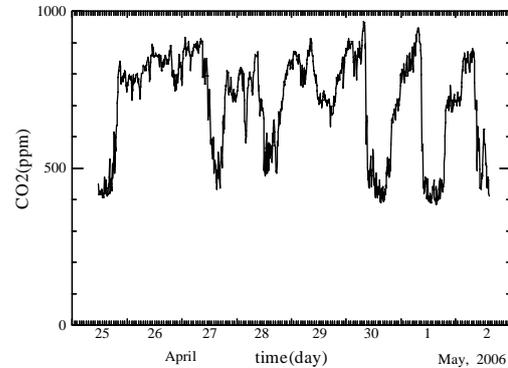


図9. 4月下旬～5月上旬における竹林内の地面近傍の炭酸ガス濃度の経時変化

測定器を携帯し、観測対象地の竹林、周辺の山林、霊園地内などを移動しながら、炭酸ガス濃度の測定を行い、場所ごとの濃度の比較を行った。この種の測定を数回実施した。6月上旬の夕方(16時頃)に行った測定例を図10.に示す。竹林外の樹木が生えていない開けた霊園中央部の大気中の炭酸ガス濃度は380～390ppmで、通常大気中で観測される値に近かった。しかし、竹林[右上]、山林[左上]内部では、いずれも410～450ppmで、霊園中央部よりもはるかに高濃度であった。また、竹林、山林と霊園の間の遷移地帯の大気中の炭酸ガス濃度は、390～420ppmであり、竹林や山林の高濃度が幾分影響していた。地面近傍の炭酸ガス濃度の日変化パターンの傾向などより、夜間や朝方には、竹林内部ではさらに高濃度になるため、場所による差が著しく大きくなると考えられる。気温が高まった5月中旬以降には、竹林内では、雨の後などに地面が湿めった状態になると、ヒトスジシマ蚊、トウゴウヤブカなどのやぶ蚊が多数発生した。その後も、蚊は9月以降まで多数観察された。



図10. 竹林内部と周辺の炭酸ガス濃度(2006年6月5日夕方)

#### 4. まとめ

今春からモウソウ竹林(岡山県倉敷市新田)において、炭酸ガス濃度の日変化、季節変化の動態に着目して測定を実施している。本報では、春季と夏季における、竹林内部と竹の稈の内部の炭酸ガス濃度の動態、タケノコからの炭酸ガス放出量、炭酸ガス濃度と気象環境との関係などについて解析した。以下に得られた結果の幾つかをまとめて列挙する。

(1) タケノコ周辺部の炭酸ガス濃度を測定し、夜間には、炭酸ガス濃度が高濃度になるが、日の出後に炭酸ガス濃度が減少することを見出した。タケノコの外側の気体中の炭酸ガス濃度の減少の一因は、おそらくタケノコを覆う皮の光合成によって吸収されたと思われる。また、タケノコからの炭酸ガスの放出量はタケノコの伸長に伴って急激に増加した。

(2) 約180cmに伸長したタケノコの基部から上部までの各節内の炭酸ガス濃度は、大部分40,000ppm～60,000ppmの高濃度になっていた。また、炭酸ガス濃度が増加するにつれて酸素濃度が線形に減少し、炭酸ガス濃度と酸素濃度の総和のパーセントは一定値を示す結果が得られた。

(3) タケノコ内部の炭酸ガス濃度の日変化は、真夜中の75,000ppmの高濃度が次第に低下して日の出頃に50,000ppmになり、日の出後にさらに低濃度(40,000ppm)に減少した後、正午頃から再び増加して、真夜中には80,000ppmを超えていた。タケノコから新竹に成長した6月頃の新竹の下部の節の内部の炭酸ガス濃度は、40,000-80,000ppmの範囲で変化し、タケノコの時期の高濃度を維持していた。また、炭酸ガス濃度の経時変化のパターンは、位相が幾分ずれるものの、気温の日変化、経時変化のパターンに非常に類似していた。8月上旬には、竹の稈の内部の炭酸ガス濃度がさらに高濃度になって100,000ppmを超えていたが、その後次第に低下し、8月下旬には70,000ppmになった。

(4) 4月下旬から5月上旬頃には、竹林内の地面近傍の炭酸ガス濃度は、静穏な夜間には800ppm～900ppmの高濃度であり、晴天日で風速が強まる昼間には400ppm～500ppmまで減少した。炭酸ガス濃度の昼間の減少は、竹林の光合成による炭酸ガスの吸収と、低濃度の外気の流入によっていると考えられる。5月以降に季節が進み、気温が上昇するにつれて、地面近傍における夜間の炭酸ガス濃度は増加し、しばしば1500ppmを超えるようになった。8月頃にも、炭酸ガス濃度は、昼間には500ppmまで低下するが、夜間には1,500ppmを超える高濃度まで増加した。

(5) 6月上旬の夕方頃に行った竹林内外の炭酸ガス濃度の移動観測では、竹林外の炭酸ガス濃度は380～390ppmであるが、竹林、山林内部では、410～450ppmの高濃度であり。これらは、竹林内部で炭酸ガス濃度が高濃度になることを裏付ける結果である。また、暖候期には、竹林内で多くのやぶ蚊が観察された。

現在も、観測を一部継続中であり、今後もさらに資料を蓄積して解析を進める予定である。

#### 謝辞

本研究の実施に際し、エスペック地球環境研究・技術基金よりご支援を頂きました。心より深謝の意を表します。また、観測場所の使用を許可して頂いた奨農土地[株]、測定のための電力の使用を快く許可して頂いた、はなまる倉敷市役所東店に心より感謝します。また、本件究の実施に当たって協力を頂いた資源生物科学研究所の田中丸重美助教授、宮下晃一博士をはじめ、多くの所員や大学院生にも謝意を表します。