

砂丘地球根畑のCO₂濃度の日変化

竹内 芳親* ・ 遠山 枉雄*

Diurnal Variations of CO₂ Concentration in Sandy Field Cultivated Flower Bulbs

Yoshichika TAKEUCHI* and Masao TOYAMA*

Summary

The diurnal changes in the behavior of CO₂ concentration in tulip, lycoris and daffodil communities which were cultivated in a sandy field were investigated at various heights, from the sand surface to 4m. The CO₂ concentration in the tulip community was about 365ppm on a night with only a slight wind. The difference between the surface and the 4m height was about 35ppm. However on a windy night the difference was only 2-3ppm. This tendency was also shown in the lycoris and daffodil communities.

The changing range of CO₂ concentration difference between 10cm and 4m in the daffodil field was very little on a windy day, but on a day with only a slight wind the range was very great, being 29ppm.

緒 言

農学の分野におけるCO₂環境は作物の光合成,呼吸等に深い関連をもち,極めて重要である。作物圃場におけるCO₂環境に関する研究は水田に関するものが多い(2)。これに対して園芸作物に関する研究は多くない。園芸分野においては,施設内の冬季の保温のため換気不足による日中のCO₂不足や,これを補うためのCO₂の補給,あるいは生育促進,生育増大等を目的としたCO₂補給,すなわちCO₂施肥に関する研究が多く見られる(3,10~12)。

一方,地下部のCO₂環境に関しては,堆肥や土壌水分,地温などとの関連で究明されたものや,果樹などの休眠との関連において調査された報告があるのにすぎない(4~6)。これらの多くの研究は比較的有機物に富むと考えられる畑地土壌での調査結果が主であり,砂丘地における報告は,タバコ,メロン,ブドウなどに見られる程度である(1,7~9)。

以上のような過去におけるCO₂環境に関する研究成果をふまえて,本研究は砂丘地におけるCO₂環境について総合的に究明しようとしたものの一部である。

砂丘地は元来有機物に乏しく,また,施用された

*砂丘利用研究施設乾地生態部門

* Division of Arid Land Agro-ecology, Sand Dune Research Institute

有機質肥料も分解が早い。含水量は少なく、粘質土壌に比較して砂粒子間の孔隙は大きく、砂丘地における地下からのCO₂放出は容易であり、地下部の生育に対しては優れていると考えられる。粘質土壌に比較して異なった物理性をもつ砂丘地におけるCO₂環境を把握することは、砂丘地の農業生態学的観点から極めて有意義と考えて本研究を着手した。

砂丘地は粘質土壌と異なり、保水力は乏しい。しかし逆に容気量が大きく、適切なかんがい法を適用すれば作物栽培に好適環境といえよう。また、粘着力の小さい点から機械力による栽培管理が容易で園芸作物を中心に多くの作物が栽培されている。鳥取大学砂丘研では野菜類のスイカ、メロン、ナガイモ、ラッキョウ、ダイコン、果樹類のブドウ、花卉球根類のチューリップ、グラジオラス、スイセン、リコリスなどが栽培され、多くの研究成果をあげてきた。

しかしながら、従来の成果はCO₂を中心にした研究に乏しく、この点での研究は立ち遅れていると認めざるを得ない。鳥取県の砂丘地では、ナガイモ、タバコ、ラッキョウ、スイカ、メロン、ブドウなど他府県に比較して多くの砂丘産園芸特産物を有しながら、この方面での研究は立ち遅れている。このため、CO₂を中心にした砂丘地の生態的観点からの研究を通して、農業生態、栽培管理面への応用が考えられる。

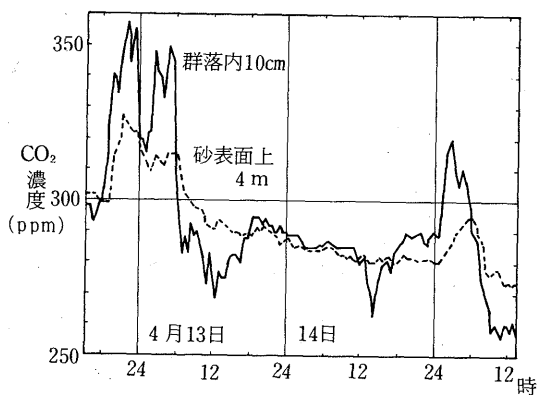
材料および方法

CO₂濃度の測定は赤外線ガス分析計を実験圃場に設置し、所定の位置から連続的に採取して試料を分析した。日射量および風速は鳥取大砂丘研の露場において測定されたものを用いた。

チューリップ圃場は1973年秋に植え付けられたものであり、実験時は開花直前の時期であった。砂の移動防止のため、球根植え付け時に砂表面に稲わらマルチを行っているが、堆肥としての有機物施用は行われていない。一方、リコリスとスイセン圃場は、10年程度以前から植え付けたままの状態であり、チューリップと同様有機肥料の施用は行われていない。

結果および考察

第1図はチューリップ圃場におけるCO₂濃度の経時



第1図 チューリップ群落のCO₂濃度の経時変化(1974)

変化を示したものである。チューリップ群落内(地面上10cm)と群落上部(地面上4m)の2点を比較した。地上4mのCO₂濃度は、4月12~13日にかけての夜間は300~320ppmを示し、最高は328ppmにも達する高濃度であった。4月13日の朝9時頃から徐々に濃度は低下し、日中290ppm程度まで低下した。4月14日は288ppmで始まった夜間のCO₂濃度も次第に低下し、一日中約280ppmで推移した。

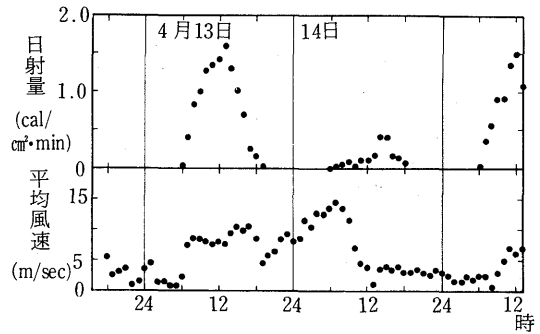
4月14日が前日に比較して群落上4mのCO₂濃度が低く、また終日CO₂濃度の変化が見られなかったことは風と雨による影響と考えられる。第2図は1時間毎の平均風速と日射量の経時変化を示したものである。4月12~13日にかけてはほとんど無風であり、せいぜい2~3m/秒の微風であった。13日は夜明け頃から南の風が強まり、日中は8~10m/秒程度であった。13日の夜から次第に強まった風は翌14日の朝7時に最高に達し、14.5m/秒を記録した。その後降雨に伴い風力はおさまり、日中から翌15日夜明け前にかけて風速は2~3m/秒の状態が続いた。このように、4月14日の群落上4mのCO₂濃度は比較的低い値を示した。時間の経過による増減が全く示されなかったのは、風速と降雨に基づいていると考えられる。

一方、チューリップの群落内(地面上10cm)のCO₂濃度の変化の傾向も群落上4mと同様である。すなわち、4月12~13日にかけての夜間のCO₂濃度は350ppm以上にも達し、4月14日の日中は約270ppmまでに低

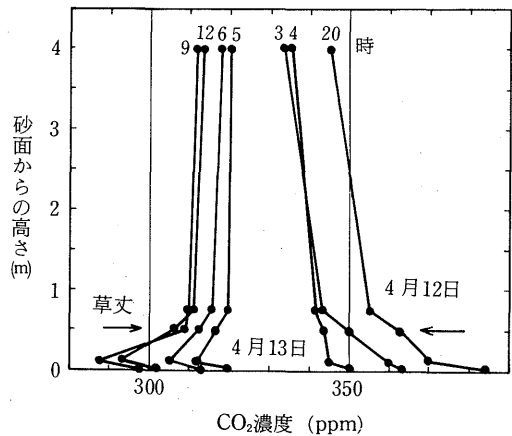
下した。しかしながら、13~14日にかけての夜間は群落上(4 m)とほとんど差がなく、日中も13時頃一時的に265ppmまでの低下を除くと、ほとんど変化はなかった。このように、群落内のCO₂濃度の経時変化も12~13日は大きく、13~14日は小さかった。12~13日の夜間は群落内CO₂濃度は群落上に比較して最高で約30ppmも高く、呼吸によるCO₂のかなりの群落内での停滞が認められた。また、4月13日の日中の差は最高で25ppmにも達し、前夜とは逆に群落内のCO₂不足が示された。しかしながら、13日の夜から14日の日中にかけては、前述のように群落内外のCO₂濃度差はほとんどなく経過し、13時頃一時的に群落内のCO₂濃度が約15ppm程度群落上と比較して低下を示したにすぎなかった。

以上のように、群落内外のCO₂濃度差の大小は風速と日射量、降雨に基づいていると考えられる。実験期間中の日射量については第2図に風速の経時変化と共に示した。第2図で明らかなように4月13日は快晴であり、14日はほとんど日射が見られなかった。全日射量は12日が561ly/日、13日537ly/日、14日96ly/日、15日474ly/日であり、雨と曇りの14日の全日射は12日の約1/6にしかすぎない。14日の日中の群落内CO₂濃度の一時的低下が、日射量の一時的上昇の結果もたらされたことは第2図の日射量の経時変化から明らかである。

群落上4 mのCO₂濃度は一応砂丘畑の植生等に直接的に受ける影響が少ないと考えられる。この群落上4 mのCO₂濃度が4月12~13日にかけての夜間は、13~14日、14~15日に比較して極めて高い。このことは、12日の日射量は561ly/日と快晴の値を示していることから考えると、日中の光合成作用が活発に行われた夜間は呼吸作用が盛んに行われることを示していると考えられよう。このため砂丘畑の作物から、あるいは砂丘畑周辺の防風林からの活発な呼吸作用によって全体のCO₂濃度が高まったかも知れない。特に夜間においては風速は2~3 m/秒と微風であり、砂丘畑の空気の移動は少ない。群落上4 mのCO₂濃度の変化のみならず、群落内外のCO₂濃度差も充分な日中の光合成作用の行われた12~13日の夜間と充分行われなかった4月14~15日の夜間を比較しても、12~13日の方が大きい。しかしながら、日中の光合



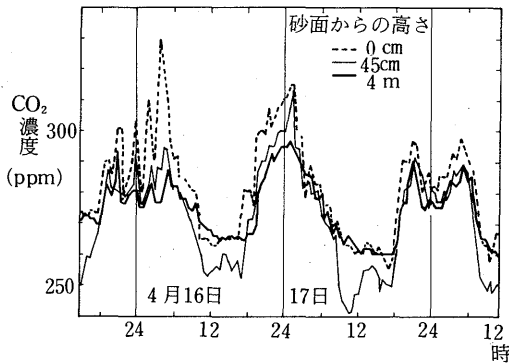
第2図 チューリップ群落CO₂濃度測定時の日射量と風速の経時変化(1974)



第3図 チューリップ群落CO₂濃度の垂直分布(1974)

成量と夜間の呼吸量との関係については更に詳細なる実験が必要と考えられる。

第3図はチューリップ群落の地表面から地面上4 mまでのCO₂濃度の垂直分布について時間毎に示したものである。垂直分布は時間毎に示すと図が煩雑になるため、代表的な時刻のみを示した。4月12日の20時から13日の12時までの分布である。測定の位置は地面上0 cm、10 cm、50 cm、75 cmおよび4 mの5カ所であり、チューリップ群落の草丈は約50 cmである。20時には4 mで345 ppm、75 cmで355 ppm、50 cmで363 ppm、10 cmで370 ppmおよび地表面で384 ppmであった。群落内の10~50 cmにおいて363~370 ppmの差であるのに対して地表面は384 ppmと一段と高濃度を示し、地表面からのCO₂の放出が見られた。地表面のCO₂濃度は20時を

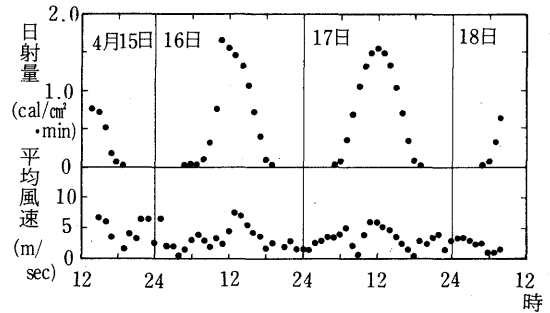


第4図 リコリス群落のCO₂濃度の経時変化 (1974)

最高にその後徐々に低下を示し、3時363ppm、4時350ppm、5時320ppm、6時313ppm、9時298ppmであった。垂直分布の特徴は夜間20時から翌朝4時頃までは、地表面から高くなるにしたがってCO₂濃度は低下した。しかし朝5時頃から地面上10cmの位置が最も濃度は低く、9時では10cmの287ppmに対して0cmで約10ppm、50cmで22ppmの高濃度であり、日射量の増加に伴って活発な光合成作用が開始されたことが示された。

第4図はリコリス圃場におけるCO₂濃度の経時変化を示したものである。測定は4月15～18日にかけて行った結果である。測定部位は群落内地表面上(0cm)と群落内(45cm)と群落上(4m)の3ヵ所を示した。リコリスは品種*L. Sprengeri*であり、草丈は約60cmであった。測定を行った4日間の天候は晴であり、それぞれの全日射量は4月15日474ly/日、16日474ly/日、17日573ly/日および18日676ly/日であった。日射量(cal/cm²・min)の経時変化については第5図に示したが、16日の午前中を除けばほぼ快晴であったことが示されている。一方、風速に関しても同様に第5図に示したとおりである。

まず、群落上4mのCO₂濃度は4月16～17日にかけての夜間はきれいな放物線を描き、最高で297ppmであった。しかし、前後の15～16日にかけては275～293ppmの間を数回にわたって上下した。また、17～18日にかけても21時頃290ppmに達した。夜間のCO₂濃度は24時を中心に数時間にわたって275ppmまで低下し、再び回復を示した。このように、16～17日にかけての夜間のCO₂濃度は放物線を描き、ほとんど変動がない



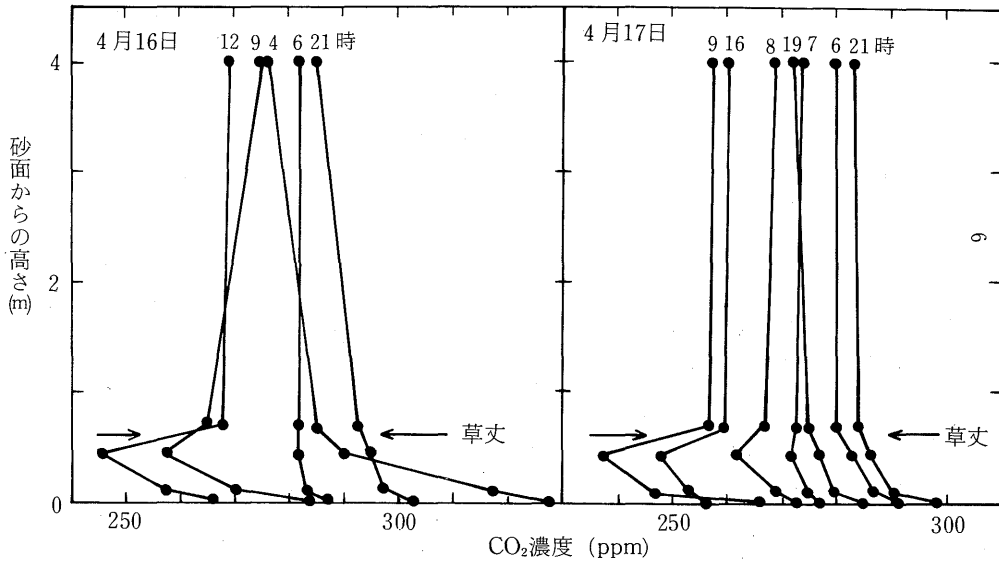
第5図 リコリス群落CO₂濃度測定時の日射量と風速の経時変化 (1974)

のに比較し、その前後の夜間に変動したことは風速による影響と考えられる。

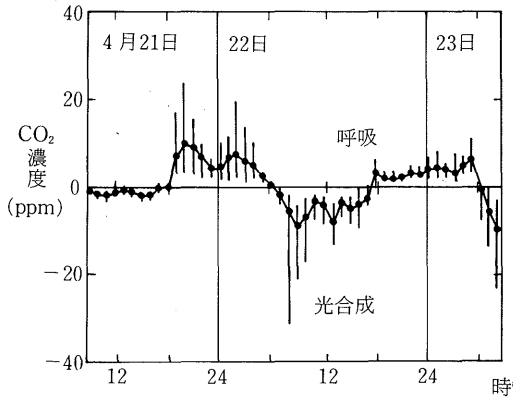
風速については第5図に示したが、夜間の風速は15～16日が2～6.5m/秒、16～17日が約15m/秒、17～18日が2.5～4m/秒であった。このことから明らかのように、16～17日の夜間はほとんど無風状態であるといえよう。また、前日の15～16日の夜は時々6.5m/秒におよぶ風が吹き、群落上に停滞したCO₂を攪拌するためCO₂濃度が275～293ppmと低く、夜間群落上4mのCO₂濃度は風による影響が大である。

風によるCO₂濃度の影響は群落上4mよりも群落内地面上0cmの方がさらに顕著であった。すなわち、15～16日の夜間の地表面上のCO₂濃度は最高で329ppmに達したが、夜間急激な増減を繰り返した。このことは第5図に示される風の影響と考えられる。無風状態に近い16～17日の夜間はCO₂濃度の急激な増減は見られなかった。また、群落内(45cm)の夜間のCO₂濃度は地表面上(0cm)と群落上(4m)の値の中間値を示した。

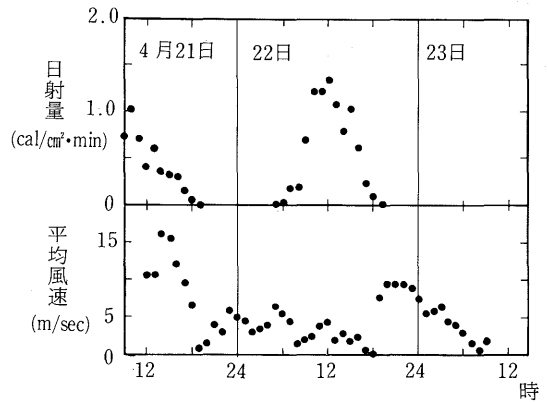
夜間とは逆に日中のCO₂濃度は風の影響というよりもむしろ日射量の多少による影響がチューリップ群落と同様に示された。4月16日と17日の日中の風は第5図に見られるようにほとんど大差はない。しかしながら全日射量は16日474ly/日、17日573ly/日に示されるように、17日は16日の約1.2倍であった。この差は16日の日の出から11時までの日射量の差であることが第5図に示されている。群落内(45cm)のCO₂濃度は日中の光合成量の差によって、16日は最低



第6図 リコリス群落 CO₂濃度の垂直分布 (1974)



第7図 スイセン群落の CO₂濃度の経時変化 (1974)



第8図 スイセン群落 CO₂濃度測定時の日射量と風速の経時変化 (1974)

値で251ppm, 17日は241ppmに達した。このため、群落上(4m)や群落地表上(0cm)のCO₂濃度も16日は約265ppm, 17日は約260ppmであった。

第6図はリコリス群落内のCO₂濃度の垂直分布を示したものである。全体の傾向としては第3図のチューリップの場合と同様であった。すなわち、地表面上は地中からのCO₂放出により濃度が最も高く、群落内では日中は光合成によってCO₂濃度は著しく低い。4月16日と17日の傾向は同じであったが、4月16日

は地表面付近のCO₂濃度が17日に比較して高かった。

第7図はスイセン群落内のCO₂濃度の経時変化を示し、第8図に測定時の風速と日射量を示した。CO₂濃度の経時変化は群落上(4m)の位置に対する群落内(10cm)の差の平均値を示した。また、同時に濃度の変化幅も示した。濃度差0より上部(+)が呼吸、下部(-)が光合成を示している。日中の光合成によるCO₂濃度の減少は4月21日はわずか1~2ppm程度であった。しかし、22日は最高で9ppmまで達

した。4月21日と22日の差の第一は日射量によると考えられる。21日の全日射量は129ly/日, 22日は305ly/日であり, 21日の場合, 特に午前中は小雨と曇天であった。

第二に4月21日は風も強く, 正午頃に10.5m/秒, その後16m/秒のかなり強い風が吹いた。一方, 22日の風は1.5~4m/秒程度であり, この風速の差が第7図に示した21日と22日のCO₂濃度差の相違として表れたと考えられる。

一方, 夜間の呼吸による濃度差は21日から22日は最高で10ppmの差異があり, 22~23日は6ppmであり, 第8図に示される風速の差によることは明らかであろう。21~22日の夜間の風速は3~6m/秒であり, 22~23日は5.5~9.5m/秒であった。第7図に示した2点間の濃度差の平均値と同時に各平均値の変異幅も同時に示した。CO₂濃度差の変異幅は風の強い時, たとえば21日の日中, 22日の夜間等は小さく, 風の弱い時は極めて大きい。風の弱い22日11時には平均値の6ppmに対して, 変異幅は5倍の30ppmにも達した。

以上のように, 砂丘地で栽培されたチューリップ, リコリス, スイセンの3種の球根圃場群落内のCO₂濃度の経時変化の測定を行った。測定は地表面上0cmから4mの高さまで行い, 垂直分布の経時変化も明らかにした。これらの測定結果は鳥取大砂丘研の露場における気象観測結果を用いて考察された。

要 約

砂丘地のチューリップ, リコリス, スイセン畑に

おいて地表面から4mの高さまでのCO₂濃度の経時変化を調べた。チューリップ植被群落内(高さ10cm)のCO₂濃度は風の弱い夜(4/12-13)は約365ppmで, 高さ4mとの濃度差は約35ppmにも達したが, 風の強い夜(4/13-14)は約2-3ppmでほとんど差がなかった。風の弱い日中は逆に群落内が15ppm程度高かった。この傾向はリコリス群落でも同様であった。

スイセンで測定した群落内外(10cmと4m)の濃度差の変動幅は風の強い日(4/21日中)はほとんどなかったが, 風の弱い日(4/22日中)は極めて大きく29ppmにも達した。

引用文献

1. ARAKAWA, N. 1968. 日作紀. 37: 150-155.
2. 井上栄一ら. 1958. 農業気象. 13: 121-125.
3. ITO, T. 1970. 園学雑. 39. 185-192.
4. 小林章ら. 1960. 京都大食研報. 24: 20-28.
5. MONTEITH, J. L. *et al.* 1964. J. appl. Ecol. 1: 321-337.
6. MOSS, D. N. *et al.* 1961. Crop Sci. 1: 83-87.
7. TOYAMA, M. *et al.* 1977. J. Japan. Soc Hort. Sci. 45: 369-374.
8. ————. *et al.* 1979. J. Fac. Agri., Tottori Univ. 14: 51-59.
9. 津守洋保ら. 1969. 日作紀. 38: 18-24.
10. 矢吹万寿ら. 1965. 農業気象. 20: 125-129.
11. ————ら. 1965. ————. 21: 1-4.
12. ————. 1969. 農及園. 44: 1359-1365.