

## 宇宙微小重力下での植物の熱・ガス交換

## Heat and gas exchanges under microgravity conditions in space

# 北宅 善昭 [1]

# Yoshiaki Kitaya[1]

[1] 大府大・生命科学・緑地環境

[1] Life and Environmental Sci., Osaka Pref. Univ

宇宙開発において、人間が長期にわたって宇宙船、宇宙ステーション、あるいは月や火星の基地などに滞在するためには、人間の生存に不可欠な食料生産、空気や水の浄化、物質リサイクルなどを閉鎖環境下で行なう生命維持システム (Bioregenerative Life Support System、略して BLSS) が必要となる。ここでは、BLSS の基幹となる植物生産システムを構築するための基礎研究として、植物の生理生態および生殖に及ぼす宇宙環境特有の微小重力の影響について、熱およびガス交換の観点から検討した。

宇宙の微小重力場では温度差による熱対流が生じないため、熱およびガスの交換速度が著しく抑制され、植物体温の上昇および光合成の抑制が起こると考えられる。そこで植物器官の熱・ガス交換におよぼす微小重力の影響を検討するため、航空機の放物線飛行中の重力変動 (0.01 ~ 2 g) に伴う植物器官の温度および葉の純光合成・蒸散速度の変動を調査した。

1 回の放物線飛行において、重力 1 g での水平飛行から約 20 秒間の上昇加速飛行 (2 g) を経て、約 20 秒間の微小重力飛行 (0.01 g) を行ない、その後水平飛行に戻るまでの約 30 秒間は 1.5 g の重力を受けた。オオムギ生葉の熱画像計測の結果、水平飛行時約 30 度であった葉温は、上昇加速飛行時に約 0.3 度 C 低下した。その後、微小重力飛行開始とともに、葉温は直線的に上昇し、20 秒後には 1 g での葉温より平均約 1 度 C 上昇した。水平飛行に復帰するために重力が上昇すると、葉温は再び低下した。サツマイモの葉温の変動もほぼ同様であった。また微小重力下では、葉先端部の細い部位における葉温が 2-3 度 C 上昇し、葉の広い部位に比べて葉温上昇が顕著であった。重力 1 g 下では、葉の先端部の細い部位における葉面境界層が、葉の広い部位のそれに比べて薄く、そのため熱輸送に対する抵抗が小さいので、細い部位の葉温は広い部位より低い。しかし強制対流のない微小重力下では、葉の幅に関係なく葉面境界層抵抗がほぼ一定であるので、葉温も葉の幅に関係なくほぼ一定になる。そのため微小重力下では、微小な部位の温度上昇が顕著になったと考えられる。

次に環境ストレスに敏感な生殖器官に注目し、その温度に及ぼす微小重力の影響について検討した。その結果、イネの穎花とオシベの葯、およびトマトの花弁とメシベ柱頭の熱画像計測の結果、植物体各部位の表面温度は、重力が 1 g から 2 g に増加すると低下し、0.01 g に低下すると上昇した。1 g から 0.01 g への重力の低下に伴い、イネの穎花では 2 度 C、オシベの葯では 3.6 度 C 温度が上昇し、またトマトの花弁では 2.7 度 C、メシベ柱頭では 2.4 度 C 温度が上昇した。重力の低下に伴う植物体各部位の表面温度の上昇は、イネのオシベ葯のような微細な部位で、特に著しくなり、不稔などの生殖異常を引き起こす可能性を示唆した。

オオムギ葉の純光合成速度に及ぼす重力の影響について、0.01 g 下での純光合成速度は、1 g 下に比べて約 20 % 低下した。また 0.01 g 下でのイチゴ葉の蒸散速度は、1 g 下の約 1 / 2 となった。これらのことから、微小重力下での対流の抑制により、葉面での CO<sub>2</sub> および H<sub>2</sub>O 交換が抑制されることが確認できた。蒸散抑制の結果から、微小重力場での植物器官の熱交換において、潜熱輸送の抑制が温度上昇に大きく影響したと考えられる。

以上、微小重力下では、熱対流 (密度対流) が生じにくいいため、強制空気流動が無い場合、放物線飛行中に生じる 20 秒間の微小重力 (0.01 g) でも、熱対流の抑制により植物葉と周辺空気との熱交換が抑制され、葉温上昇が生じた。とくに微小重力下では、蒸散抑制による潜熱交換の抑制が、葉温上昇に大きく関与した。また微小重力下での対流の抑制により、葉面でのガス交換が抑制されることが明らかとなった。したがって熱およびガス交換の観点から、宇宙での植物栽培において、気流制御による対流促進は不可欠である。また宇宙で種子を稔らせて持続的な植物生産を行なう場合、生殖異常を引き起こす生殖器官の過度の温度上昇を防止するためにも、植物周辺において強制的に空気を流動させ、生殖器官での熱・ガス交換を促進させる必要がある。