第1回 FAIR 研究会

小林 和彦

(農業環境技術研究所気象管理科)

The First FAIR Meeting

Kazuhiko KOBAYASHI

(National Institute of Agro-Environmental Sciences, Division of
Agrometeorology, 3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan)

1. FAIRとは

野外に設置して、植物に対する大気環境の影響を研究するための施設を総称して、FAIR (Field for Atmospheric Impact Research の略)と呼ぶ。FAIRの例として、オープントップチャンバーやFACE (Free Air CO₂ Enrichment)があり、気候変動やCO₂濃度上昇、大気汚染などが植物に及ぼす影響を研究するために、盛んに使われている (Hendrey, Lewin and Nagy, 1993; Leadley and Drake, 1993)。FAIRを用いると、大気環境の影響を実際のフィールドで実験できるので、温室やグロースチャンバー内でのポット実験よりも、現実に近い結果が得られると期待される。

日本でのFAIRの利用は今まで少なかったが、今後は盛んになるであろう。そこで、FAIRの特徴と問題点を明らかにし、今後の発展に役立てるために、第1回FAIR研究会を、去る1993年9月2日に横浜ベイブリーズ・ホテルで開いた。折から横浜国際会議場で開催中の、第15回国際植物学会議に来日していた海外の関連研究者にも声をかけ、海外7名、国内9名の計16名の参加となった。

2. 研究会の内容

会議冒頭、筆者は、活発な会議にするための提案をした。言葉の障壁を低くするために、英語を母国語とする参加者は分かりやすく話すよう努めること、そうでない参加者は分からないときに遠慮無く質問することなどであった。この提案の効用は定かでないが、活発な意見交換を楽しめたのは確かである。

続いて筆者は、FAIRの必要性・特徴などを説明した。

まず現在あるFAIR (SPARチャンバー、オープントップチャンバー、気温勾配チャンバー、FACEなど)をスライドで紹介し、それらの施設が程度の差はあれ、フィールドの環境を一部改変するためのもので、グロースチャンバーとフィールド実験の中間に位置づけられるとした。さらにFAIRが必要な理由は、施設の中にフィールドを再現するよりも、フィールドの中に施設を置くほうが、はるかに容易だからだとした。FAIRの長所として、実際のフィールド、またはそれに近い条件で実験ができるので、結果を現実にあてはめやすいことを挙げた。短所としては、FAIRがフィールド実験と同様、実験場所や年など制御要因以外の要因の影響を受けやすいことを指摘した。多くのFAIRではさらに、FAIR自体が実際のフィールドとは違う環境を作り出してしまうこと (チャンバー・エフェクト) を指摘した。解決法としては、チャンバー・エフェクトを無視したり除去するのではなく、FAIR内環境のモデリングと生長モデリングの組み合わせで解明することを提案した。そして今後の研究課題として、FAIRタイプごとの用途、チャンバーエフェクトの解決法、FAIR実験結果の利用法などを挙げた。最後に、関連研究者間の情報交換のためのFAIRネットワークを提唱し、参加を呼びかけた。

次に東北農業試験場の岡田益己が、FAIRの一つである、温度勾配チャンバー (TGC: Temperature Gradient Chamber)について、日本の状況を紹介した。TGCは、1971年に当時千葉大学の三原教授が初めて提唱したもので、ほ場に設置した透明フィルムで覆ったトンネルの一端から換気扇で空気を引くと、他端から流入した空気が日射によって暖められるので、空気の流れに沿って気温勾配ができる。これを利用して、植物の温度反応

Fig. 1. Temperature Gradient Chamber experiment at Tohoku National Agricultural Experiment Station, Morioka, Japan (Photo courtesy of M. Okada).

が容易に実験できる。岡田は、TGCのしくみを説明した後、実際に東北農業試験場で使用中のTGC(幅3.6m×高さ2m×長さ18m)をスライドで紹介し(Fig. 1), イネの発育速度に及ぼす気温の効果の実験結果を示した。TGCは現在、各県の農業試験場などに広まりつつあり、作物発育モデリングのための実験に用いられる見通しである。また京都大学の堀江教授らは、TGCにCO₂を吹き込むことにより、温暖化とCO₂温度上昇の両者の影響を実験しており、その実験施設の状況も岡田が紹介した。TGCの問題点としては、温度勾配を打ち消す方向に働く、チャンバー内上部のバック・フローの存在が指摘された。またTGCによるチャンバー・エフェクトとして、今までに知られている気温の上昇、光の減少や湿度の勾配以外に、地温の上昇、風速の減少、長波放射の増加などが問題となることが示された。

TGCは日本だけでなく外国にも広まっており、アメリカ、フロリダでの利用例を、Tom Sinclair(フロリダ大学)が紹介した。同大学では気温とCO₂濃度のインタラクションの実験に用いる目的で、長さ28mのTGCを建設した。前記バックフローを防いで気温の勾配を保つために、天井に下向きのファンを取り付けて上下方向の空気の混合を促した。また日射が不足する時(夜間など)のために、ヒーターで暖めた空気をダクトで導き、上記ファンのところで放出するようにした。Sinclairによれば、TGCの利点は、グロースチャンバーに比べて、はるかに経済的に、広い面積の実験が可能なことである。注意すべき点は、湿度勾配の影響が大きくなならないよう、充分かん水した条件で実験すること、かん水のためにはスプリンクラーでなく、地表面ないし地下かん水にすること、この種の実験では反復が重要であることが強調された。

次いで、オーストラリアでのTGCの利用を、Roger Gifford(CSIRO植物産業部)が紹介した。現在CSIROでは2種類のTGCを使用中である。1つは、小型(高さ×幅×長さ=1.2×1.2×8m)の組立式で、植物がある程度生育した後に、ほ場に設置できる。トンネル状の他のTGCとは異なり、断面が四角の細長い箱状のもので、上面は‘Visqueen’という透明プラスチックフィルムで、側面は2重壁のポリカーボネートでできている。換気ファンは、吸気用と排気用に両端に付いている。排気側の表面は閉じていて、風が入らないようになっており、排気ファンは上面に付いている。内部はスリットの入ったプラスチック・フィルムで小部屋(Cell)に仕切られているので、他のTGCのように連続的な気温勾配でなく、気温の異なるCellが並ぶ、Cellular TGCとも呼べるデザインである。日射量の多い時には5℃の気温差ができたという。現在コムギで実験を行っている。

CSIROのもう一つのタイプのTGCは、幅・高さとも2mとやや大きく、トンネル状をしており、両端にファンがあること以外は普通のTGCのように見られた。CO₂と気温のインタラクションの実験に用いるとのことであった。

TGCは、この他にイギリスのレディング大学でも使っているようだが、今回はその情報を得ることはできなかった。Paul Jarvis(エディンバラ大学)は、同大学陸上生態系研究所のFAIRを紹介した。オーブントップチャンバーは、直径3mの一般的デザインのもので、ごく小型のものとを、樹木の生長に及ぼすCO₂の影響の実験に用いている。そうした装置の使用は幼木での実験に限られるが、Jarvisらはブランチャッグを用いて、成木について高CO₂濃度の実験を進めている。同装置は、樹木の一部の枝だけをプラスチックフィルムでカバーし、その中のCO₂濃度などを制御するもので、光合成や蒸散の測定も同時に可能である。Jarvisはブランチャッグを用いたこの3年間の実験結果を、モデリングに利用する予定とのことであった。

Jarvisはさらに、北イタリアにある大変興味深いFAIRの例を紹介した。火山性のCO₂が噴出している場所があって、その周囲ではCO₂が高濃度になっている。知らずに近づくと窒息する恐れがあり、かなり危険な場所でもあるが、CO₂濃度の勾配を利用して植物への影響の実験が進められているとのことであった。

当初から予定していたスピーカーは以上であるが、Boyd Strain(デューク大学)が、樹木でFACE実験をしているのを国際植物学会議で知り、急ぎょ同氏に発表を依頼した。彼らのFACEも、農務省水保全研究所(アリゾナ州フェニックス)のBruce KimballらのFACEと

同様、ブルックヘブン国立研究所のGeorge Hendreyらの設計による。デューク大学実験林の、13年生のマツ林に直径30mのリングを置き、リングのあちこちから垂直に立てた多数のパイプを通して、CO₂を直接樹冠部に放出するという装置である。Strainによれば、目標濃度を550 ppmとして、実験期間のおよそ80%の期間で±10%の精度で制御できたという。今後2セットを設置し、将来は12セットにする計画とのことであった。

気になるのはCO₂代であるが、1基で1日6トンの液化CO₂を消費し、1トン当たり\$75だから、毎日約5万円ということになる。確かに多額の予算が必要だが、天文学的な数字というほどではない。日本の液化CO₂代では幾らになるか、興味深いものがある。

3. ま と め

以上が第1回FAIR研究会の報告であるが、痛感したのは、世界ではこれからFAIRの利用がますます盛んになるだろうということである。それと同時に、FAIRの問題点もまた、解決を迫られることになるだろう。日本では残念ながら、TGC以外のFAIRの利用例がほとんど無く、やや立ち遅れた感がある。けれども、本学会には幸い、施設の環境調節と野外の植物生長の両方につい

て専門家がそろっており、両者の密接な連携のもとに今後研究を進めれば、FAIRの改良と問題点の解決に、大きな貢献が期待できる。

FAIR研究会では今後も、こうしたワークショップを開いたり、FAIR関連の情報交換を行う予定である。同研究会に参加希望の方は、農業環境技術研究所小林和彦あて、お申し込み頂きたい。

4. 謝 辞

FAIR研究会のためにスライドを貸与して頂いた、京都大学農学部堀江武教授と中川博視氏、また会場の予約やスライド映写について協力頂いた岡野通明、細野達夫の両氏に、厚くお礼申し上げる。

引用文献

- Hendrey, G. R., Lewin, K. F. and Nagy, J., 1993: Free air carbon dioxide enrichment: development, progress, results. *Vegetatio*, **104/105**, 17–31.
- Leadley, P. W. and Drake, B. G., 1993: Open top chambers for exposing plant canopies to elevated CO₂ concentration and for measuring net gas exchange. *Vegetatio*, **104/105**, 3–15.