

温室効果気体の演示／実験概観

山本 哲（気象研究所環境・応用気象研究部）

1 はじめに

人間活動に起因する大気中の温室効果気体増加による地球温暖化が懸念され、これらに対する対策は世界的課題となっている。教育・啓発の場でわかりやすく印象深く温室効果気体の性質を伝えるため「地球温暖化実験」などと称する演示が多く行われて成果を上げている。今後のさらなる充実のため現状を概観してみた。

2 現状の概観

温度上昇を見せるものと、赤外線吸収・射出を見せるものの2つに大別される。

(1) 温度上昇を見せるもの

適当な容器と温度計のみで実施でき、結果は温度という直感的にわかりやすいものである。Fuller (1977) 以来、Gutnik (1991)、Lueddecke (2001) など多くの例がある。わが国では特に川村 (2004) の装置が有名である。空気と二酸化炭素を入れた容器を並べ、電球で照射し温度変化を観察する形が多いが、結果の再現性を高めるには巧妙な仕掛けが必要なようである。容器内の温度値を決める要因として放射、熱伝導、環境温度、気体や容器の放射・熱特性、温度計特性、測定方法など多くのものがあるが、詳細な説明が加えられているものはBuxton (2014)、Bertò et al. (2014) など一部にとどまる。全ての要因を定量的に考慮して評価することは難しく、批判 (Wagoner et al. 2010、芹澤・奥沢 2013) の対象にもなってきた。結果が出るまで時間がかかることも解釈を難しくする。科学的妥当性の確保のためには、空気や二酸化炭素に加え他の複数の物性の異なる気体（ヘリウム・アルゴン・メタン等）についても実施し、装置の仕組みから期待されるとおりの結果が得られるか確認することが最低限必要であろう。

(2) 赤外線吸収・射出を見せるもの

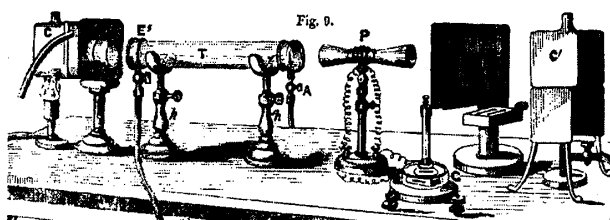
前者に比べ物理的解釈は明快であり、また瞬間的にインパクトがある結果を見せられることから、より演示に向いていると考えられる。サーモグラフィや放射温度計など前者に比べると高価であり一般的でない装置が必要と考えられているためか実施例はそれほど多くない。吸収についてはこれまで複数

のテレビ番組 (NOVA and FRNTLINE 2000, NHK 2007、BBC 2008) で取り上げられている。二酸化炭素の $4.3 \mu\text{m}$ 吸収帯を利用していると推定される。

温室効果気体の赤外線の射出の重要性から (山本、2013) 射出を見せることにも大きな意義があると考えられるが、実施例はさらに少ない。著者らがここ数年実施しているものは講演で紹介する。

3 提案：Tyndall 実験再訪

Tyndall が温室効果気体の存在を実験的に明らかにしたことはあまりに有名である (Tyndall 1861)。その装置は赤外線の検出に熱電堆と検流計を用いた、精巧かつ巧妙なものであるが、構造はかなり単純なものである (第1図)。Tyndall は温室効果気体が赤外線を吸収するだけでなく、射出もしていること、温室効果気体は黒体が射出する赤外線はよく透過するが、その気体が射出した赤外線は、ほぼ完全に吸収することまでも示した。方法を工夫すれば、大きな技術的困難無しに、非常に効果的かつ教育的な演示／実験を行うことができると考える。



第1図 Tyndall の実験装置例 (Tyndall 1872 から Figure 9 の部分)。左右の熱放射体 CC' による熱電堆 P の電流が等しくなるよう調節した後、真空にしておいた試験管 T に気体を注入して電流変化を検流計 G で検知する。

参考文献

- BBC, Earth: The Climate Wars. 2008; Bertò, M. et al. Eur. J. Phys., 2014; G. Buxton, Phys. Educ., 2014; Fuller, R., Am. J. Phys., 1973; Gutnik, M., Experiments that Explore the Greenhouse Effect. The Millbrook Press, 1991; 川村康文, 物理教育, 2004; Lueddecke, S.B. et al., J. Geosci. Educ., 2001; NHK, ためしてガッテン 常識逆転! 地球温暖化ビックリ対策術, 2007; NOVA and FRONTLINE, Global Warming: What's Up With the Weather? 2000; 芹澤嘉彦・奥沢誠, 群馬大学教育実践研究, 2013; Tyndall, J., Philos. Trans. R. Soc. London, 1861; Tyndall, J., Contributions to Molecular Physics in the Domain of Radiant Heat. Longmans, Green, and Co., 1872; Wagoner, P., Am. J. Phys., 2010; 山本哲, 天気, 2013.