

生態環境計測学 2018.04.18 の質問・補足

回答者 : 植山

1. 1950年代から大気汚染が原因で日射量が下がっていたことに関して補足がほしい。

[Answer]

1950年代から1980年代にかけての日射量の低下 (global dimming として知られる) や 1980年代以降の上昇 (global brightening として知られる) は、人為起源のエアロゾルや雲の特性と総量、またエアロゾルと雲の相互作用の変化によるとされている (Wild, 2009)。これらの変化は、周辺の大気汚染の影響とより広域的な影響との総和によってなるため、観測地点周辺だけでなく世界的なエアロゾル・雲の傾向に影響を受ける。また、その影響の程度や向きについても地域によって様々である。

1930年代から1940年代にかけての日射量の上昇は、early brightening として知られている。この原因は、長期スケールでの太陽強制の変動によるなどの報告 (Stanhill and Cohen, 2005) があるが、実際に全地球的に生じた現象であるのかについては現在論争中のようにである (Antón et al., 2014)。

参考文献 :

Antón, M., Vaquero, J. M., Aparicio, A. J. P., 2014: The controversial early brightening in the first half of 20th century: a contribution from pyrheliometer measurements in Madrid (Spain), *Global and Planetary Change*, 115, 71-75.

Wald, M., 2009; Global dimming and brightening: a review, *Journal of Geophysical Research*, 114, doi:10.1029/2008JD011470.

IPCC, 2013; 第5次報告 (Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J. Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W. Thorne, M. Wild and P.M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.)

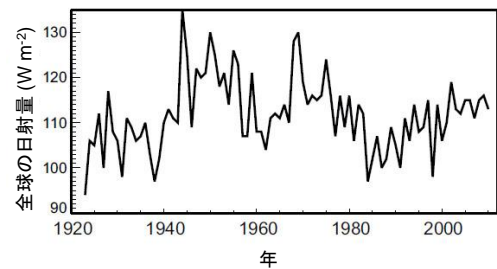


図1. ストックホルムでの年間日射量 (IPCC, 2013)

2. 短波放射と長波放射の定義

[Answer]

全ての物体は、その表面温度に応じた波長の電磁波を射出している（ステファン・ボルツマンの法則）。高温な物体ほどより波長の短い電磁波を射出する(ウィーンの変異則)ため、表面温度が約 5800K の太陽からは短い波長の電磁波、表面温度が約 287K の地球からは長い波長の電磁波が射出される（図 2）。このとき、太陽から射出される電磁波を短波放射、地球から射出される電磁波を長波放射とよぶ。

短波放射は可視光、紫外線、近赤外線域の電磁波からなるが、その波長域の定義は曖昧のように思われる。気象観測における日射のスケールは時代とともに変遷をたどっており、1981 年以降は世界放射基準に基づいた放射の観測がなされるようになってきている。気象庁による放射観測では、測定波長 200～4000 nm に感度のある直達日射計と 200～3600 nm に感度のある散乱日射計で日射量の計測が行われている（地球環境・海洋部環境気象管理官, 2012）。また、4.5～42 μm に感度のある赤外放射計で長波放射の観測が行われている。放射量の比較を行う際は、計器による波長感度の違いなどを考慮する必要がある。

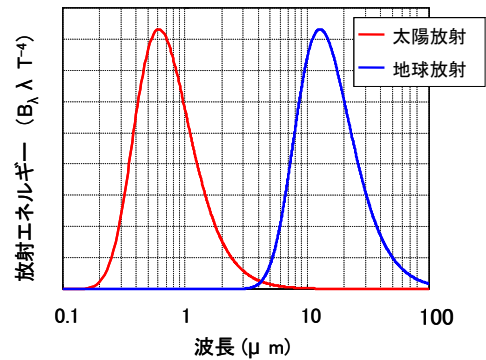


図 2 プランクの式による規格化された太陽放射と地球放射

参考文献：

地球環境・海洋部環境気象管理官 (2012) 新しい日射放射観測の開始について, 測候時報, 79, 15-37.

Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Shortwave_radiation) 関連キーワード：Shortwave radiation

3. 北半球・南半球での CO₂ 濃度上昇の特徴について

[Answer]

CO₂ 濃度の緯度的分布を観測すると、人為的放出量の大きな北半球の中高緯度で CO₂ 濃度は高くなる。CO₂ 濃度の季節変動は陸上植物の多い北半球高緯度において大きく、低緯度においては小さい。北半球高緯度（北緯 30 度以北）においては CO₂ 濃度の極小値が 8 月であるのに対し、低緯度（北緯 0～30 度）においては極小値が 9 月になる。これは、高緯度における植物活動に起因する CO₂ 濃度の季節変動が低緯度に伝播するのに時間を要することと、また、低緯度における植物活動は雨季・乾季により高緯度における季節変動に遅れることによるものとされている。

参考文献：

気象庁：2.1.2 世界の二酸化炭素濃度

http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/cdrom/report/html/2_1_2.html

4. エルニーニョ現象で、なぜ大気 CO₂濃度の増加率が上昇するのかについて？

[Answer]

エルニーニョ現象は、南米ペルー沖から日付変更線に至る東部赤道太平洋海面水温の異常昇温現象のことであり、赤道付近の貿易風が弱まることにより数年に一度程度の頻度で発生する。一方、ラニーニャ現象では、エルニーニョ現象とは逆に同海域の海水温が平常時よりも低くなる。これらの現象は、南部太平洋東部とインドネシア付近における気圧の強弱に係わる南方振動と連動しエルニーニョ・南方振動 (ENSO:エンソ) と呼ばれ、広域の気候システムに影響する。

人為起源の CO₂放出量は、エルニーニョ現象が起きた年とそうでない年で大きくは変わらない。ここで、エルニーニョ現象が起きた年に CO₂増加率が上昇する理由は、エルニーニョ現象に伴う気象条件の変化で、陸域・海洋の CO₂吸収量が減少するためである。

気温の年次変動に比べて、海水温の変動は小さい。また、エルニーニョ現象が起こるペルー沖の赤道付近の海域は、通常、深層水の湧き上がりに伴う CO₂放出があるが、エルニーニョの年は湧き上がりが少なくなり CO₂の放出が抑えられる。その結果、海水温上昇による吸収量の減少が相殺される。従って、気温の変化による大気 CO₂濃度の増加率は、海洋よりも陸域生態系の応答を強く受けていると考えられている。

エルニーニョ現象が発生すると、陸域生態系の吸収量が減少する理由に関しては、熱帯域の乾燥に伴う森林火災の多発化(van der Werf et al., 2004)、熱帯域における NPP(Net Primary Production; 純一次生産量)の低下(Nemani et al., 2002)などが原因として考えられている。

参考文献：

向井人史, 2010: 海から二酸化炭素(CO₂)が放出された？ 気象ブックス 032 ココが知りたい地球温暖化 2. 国立環境研究所 地球環境センター, 成山堂, 10-17.

(http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/22/22-1/qa_22-1-j.html)

Nemani, R., Keeling, C. D., Hashimoto, H., Jolly, W. M., Piper, S. C., Tucker, C. J., Myneni, R. B., and Running S. W., 2002: Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science*, 300, 1560-1563.

van der Werf, G. R., Randerson, J. T., Collatz, G. J., Giglio, L., Kasibhatla, P. S., Arellano Jr., A. F., Olsen, S. C., and Kasischke, E. S., 2004: Continental-scale partitioning of fire emissions during the 1997 to 2001 El Niño/La Niña period. *Science*, 303, 73-76.

気象庁：エルニーニョ/ラニーニャ現象とは

<http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/data/elnino/learning/faq/whatiselnino.html>

5. ガラスが長波放射を吸収する理由

[Answer]

ガラスを構成するイオン間の振動により、ガラスを透過する赤外線に強い振動励起が生じるために、ガラスは赤外線を透過しない(角野, 2009)。つまり、ガラスを構成するイオンが赤外線の振動数に近い固有振動

数を持つため、赤外線領域の電磁波に強い散乱が生じる。ただし、私はこの分野の高度な専門性を有していないため、記載に誤りがある可能性がある。たとえば、下記の文献などを読んでみて、誤りがあれば指摘して欲しい。

参考文献：

角野広平, 2009: いまさら聞けないガラス講座 ガラスの光学特性 I. *New Glass*, 24, 59-63.

(<http://www.newglass.jp/mag/TITL/maghtml/92-pdf/+92-p059.pdf>)

糸長雅弘, 2018 閲覧: 第7章 光の放射

(<http://www.edu.yamaguchi-u.ac.jp/~mis/www-page/mis/kaisetu/physics-ii/phy-07.pdf>)

6. オゾン層と日射量の間に関係はあるか？

[Answer]

成層圏にあるオゾン層は紫外線を吸収するために、この層を透過すると短波放射量は減衰する。紫外線などの波長の短い（振動数が高い）電磁波は光子あたりのエネルギーが高い。高エネルギーのために生態系に有害な紫外線のほとんどが成層圏にオゾン層で吸収され、地上に到達しない。オゾン層の破壊が進めば、わずかに地上での短波放射量は増える。今後のオゾン層破壊が地球全体で5%程度となることが予想されており、それによる日射量の増加量は 0.27 W m^{-2} となると予想されている。

参考文献：

秋吉英治, 2009: オゾン層破壊が温暖化の原因？ 気象ブックス 032 ココが知りたい地球温暖化. 国立環境研究所 地球環境センター, 成山堂, 43-49.

7. CO₂濃度の計測法は、Keeling の時代から変わっていないか？マウナロア山での観測の場合、植物の光合成や火山の影響が受けないのか？

[Answer]

Keeling 博士が用いた CO₂濃度の計測は、非分散赤外線吸収法 (Non- dispersive Infrared absorption method; NDIR 法) と呼ばれる方法で現在も広く用いられている CO₂濃度の計測法である。マウナロアでの観測では、その後、改良が施されたものの 2006 年までの 48 年間、同型のシステムで CO₂濃度の計測が行われていた (Harris, 2010)。観測開始の 1958 年の測定では、30 分ごとに 10 分間の検定時間を設けることで、0.1 ppm の測定精度を達成した。

マウナロア山で計測した利点としては、以下のことが挙げられる。1) 低緯度の孤島で計測することで、大陸の影響を受けない、2) 標高 3.4 km の高い山頂であるため植物がほとんど無く、植生の影響を受けない、3) 大きな人為起源の放出源が無い。一方で、火山ガスによる CO₂濃度の上昇はたびたび観測されるようで、風向や計測された CO₂濃度の安定性などを丁寧に解析することで、火山性のガスが混在する時間のデータを除去してバックグランド大気を代表する CO₂濃度を評価していた。大気 CO₂濃度の観測は、マウナロアでの計測が始まる 1958 年に先駆けた 1957 年から南極でも実施されていた。

参考・引用文献

Harris D. C., 2010: Charles David Keeling and the story of atmospheric CO₂ measurements. *Annal. Chem.*, 82, 7865-7870.

向井人史, 2012: 長期観測を支える主人公-測器と観測法の紹介- 透明人間! であるガスを測定する方法 -NDIR: 二酸化炭素の場合- その1. *地球環境研究センターニュース*, 23(4), 201207_260005.

(<http://www.cger.nies.go.jp/cgernews/201207/260005.html>)

気象庁, 2018 閲覧: 温室効果ガスの観測. (http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/chishiki_ondanka/p05.html)

8. CO₂ 濃度上昇と窒素濃度に関係はあるか?

[Answer]

直接的には関係が無いと思われる。

9. 産業革命以前の CO₂ 濃度の計測法について。

[Answer]

氷床南極やグリーンランドの氷床は万年雪が圧縮されてできた氷であるため、降雪時の大気が氷の中に気泡として存在する。このため、氷床を採取して気泡中の CO₂ 濃度を計測すれば、当時の大気の CO₂ 濃度を評価することが出来る。南極などでは、3 km にもわたる氷のコアが採取され、過去 800,000 年にわたる過去の CO₂ 濃度の変動が明らかになっている (Harris, 2010)。

参考・引用文献

Harris D. C., 2010: Charles David Keeling and the story of atmospheric CO₂ measurements. *Annal. Chem.*, 82, 7865-7870.