



The Canon Institute for Global Studies

CIGS Working Paper Series No. 20-004J

「地球温暖化観測センター」設置の提案

キャノングローバル戦略研究所 研究主幹 杉山大志
東北大学 名誉教授 近藤純正

2020.07

※Opinions expressed or implied in the CIGS Working Paper Series are solely those of the author, and do not necessarily represent the views of the CIGS or its sponsor.
※CIGS Working Paper Series is circulated in order to stimulate lively discussion and comments.
※Copyright belongs to the author(s) of each paper unless stated otherwise.

General Incorporated Foundation

The Canon Institute for Global Studies

一般財団法人 キャノングローバル戦略研究所

Phone: +81-3-6213-0550 <http://www.canon-igs.org>

要旨

地球温暖化の正確な観測の為に、既存の気象観測所とは別に、全国に約 20 か所の「地球温暖化観測所」の設置が必要であることを既報で述べた¹。

本報では、地球温暖化観測所の運用にあたり、必要な設備、人員、業務について述べ、予算を概算する。

地球温暖化観測所では、年平均気温にして誤差±0.01℃の精密な気温測定を目標とするため、専門性の高い上級研究職を中心に継続的に運用しなければならない。

このためには、「地球温暖化観測センター」を設置する必要がある。予算については、初期予算が 2000 万円、及び、毎年の経費は 8000 万円が必要と見積もった。本格的に実施する場合には、この規模の予算が必要になる。少なくはないが、日本の地球温暖化対策全体の予算に比べれば僅かなものである。

当初は試験的に始める方法があり、この場合の予算は上記より少なくともよい。ただし、上級研究職がセンターの構築を主導する必要がある。

¹ キヤノングローバル戦略研究所 ワーキング・ペーパー (19-002J) 「地球温暖化観測所」設置の提案
https://www.canon-igs.org/research_papers/energy/20191219_6126.html

目次

1	地球温暖化観測センターの必要性と業務の概要	3
2	設備	4
3	設備の設置	6
4	組織	6
	A) 産業単独	6
	B) 政府単独	6
	C) 大学	6
	D) 産学官連携	7
	(参考 1) 気象庁と環境研究所の対応の現状	7
	(参考 2) 気象観測で民間が先行した例	7
5	人員	8
	常勤職員	8
	非常勤職員ないしは業務委託	8
6	業務	8
	測器と観測環境の管理	9
	観測環境に関するデータ（メタデータ）の取得	9
	測器の校正	9
	データの監視	9
	データの集計	9
	データの分析と論文発表	9
7	予算	9
	設備費	10
	人件費	10
	運転維持費	10
	測器校正委託費	10
	業務委託費	10
	予備設備費、消耗品費、修理費	10
	研究作業費	10
	間接費	11
	概算合計	11
8	おわりに	11

1 地球温暖化観測センターの必要性と業務の概要

地球温暖化の速度は、過去 100 年で 0.7°C 程度であった。つまり 10 年あたりだと 0.07°C となる。このわずかな温度変化を捉えるためには、 0.01°C 程度の精度を持つ気温測定が必要になる。

これまで、地上の観測所において気温の測定が行われてきたが、都市化や周辺環境の変化によるノイズが大きく、精確な地球温暖化の計測となっていなかった。そこで、既報において筆者らは、既報（前掲、脚注 1）において、近傍の建物や樹木等の直接的な影響を受けにくい鉄塔の上において気温を計測する「地球温暖化観測所」を設置することを提案した。

鉄塔の候補としては、専用の鉄塔建設が最も望ましいが、費用低減のためには、風速測定用の測風塔、電力送電用の鉄塔、携帯電話基地局の鉄塔等の流用も可能であろう。

ところで、「地球温暖化観測所」が機能するためには、設備だけではなく、永続的な組織づくりが必要である。以下にその理由を述べる。

一般に行われている気温観測の精度は 1°C 程度、よくても 0.5°C である。 0.5°C の誤差で良ければ管理も比較的容易で、当初に A 級センサを購入し、気象庁検定を受けて設置すればよい。最近の気象庁検定は誤差 0.5°C 以内なら「合格」証を発行する。何 $^{\circ}\text{C}$ 誤差があるかの数値は出さない。多くの場合、これで観測している。

地球温暖化観測所が必要とする精度は高精度であり、現在の気象庁などでも難しい精度である。真剣に取り組む担当がいなければ、何の役にもたない。具体例を出すことは控えるが、過去、設備投資に人員整備が追い付かず、無駄に終わった観測の事例はじつは枚挙にいとまがない。

高精度な観測には専門的な能力が必要であるところ、はっきりした目的のある永続性のあるチームをつくれれば、時間とともに実力が備わってゆくであろう。政府、大学、企業など、後述のように担い手はさまざまありうるが、「地球温暖化観測所」を全国に 20 か所程度持つ「地球温暖化観測センター」という組織を作ることが好ましい。

このとき、どのような人材をどの程度集める必要があるか。

高精度観測を長期にわたり行うには、専属の上級研究職のチームを置く必要がある。上級研究者のチームは、気象学・物理学など基礎的な知識を有し、計測器の維持管理・改良・応用能力があり、論文発表が出来なければならない。

計測器の維持管理をはじめとした、業務の実際について、イメージを読者に持っていたくために、概要を以下に述べる。

気象庁では、観測部に検定試験センターがあり、測器の検定やチェックなどを業務にしている。

近藤は、農研機構の盛岡の施設で観測していた長期気温データを調べたことがあったが、10～15年ごとに気温計を更新するたびに、検定精度の不十分から気温が0.2～0.3℃ほど不連続になっていることに気づいて、伝えたことがある²。

そのほかに、温度計（水銀温度計、電気抵抗温度計）は、経年変化もする。

近藤所有の基準温度計（分解能0.01℃）は、1.5～2年ごとに4万円の検定料を払って再較正している。Ptセンサについて、毎回4つの温度（-5℃、10℃、25℃、45℃）をチェックしているが、その都度0.01℃の狂いが1つの温度に表れる。

20か所の地球温暖化観測所を設置するとなると、その規模感は、現在の地方気象台の地上観測所が各県に1つずつあることに相当する。

ただし地球温暖化観測所は、既存の地上観測所が多様な計測を行うのとは異なり、気温だけを計測するに過ぎないので、その点では管理は楽である。しかし、高い塔の上に測器を置き、1ヶ月ごとに常勤研究職2名と、塔へ登れる特殊技能者（鉄塔管理者）2人、合計4名程度で現地に行き、測器の掃除、周辺環境の管理などを行う必要がある。

データは携帯電話回線を使って常時送信されてくるようにし、センターで常時監視する。その監視人は上級研究職でなくてもよい。

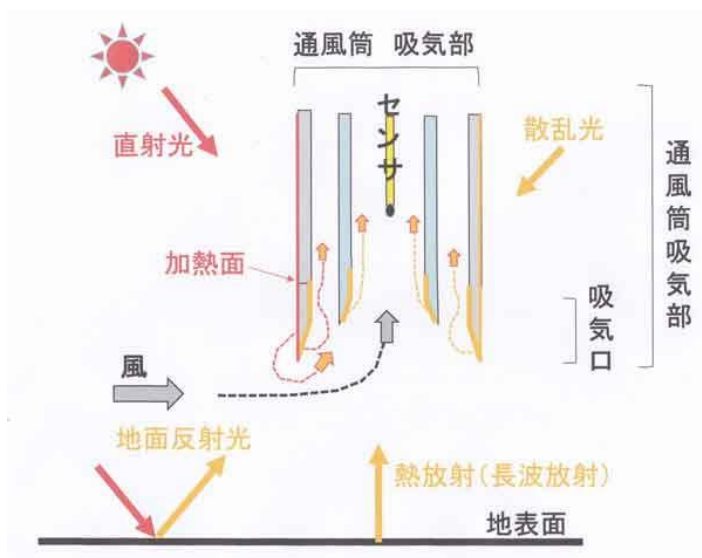
2 設備

気温計の誤差自体は小さいが、それを格納する通風筒（＝現代版の百葉箱）に工夫をしないと、地球温暖化観測に必要な0.01℃程度の精度は得られない。通風筒の設計が悪いと、太陽からの直射光、地面からの反射光、通風筒内の気流の淀み、外部からの水分の侵入などによって、気温が精密に測定できなくなる（図1）。

高精度な通風筒は実現可能であると思われるが、未だ確立した技術はないので、上級研究職が使用しながらその性能を確認し、必要に応じて改良してゆく必要がある。

そのような試みとして開発した近藤式精密通風気温計に用いられている基準通風筒について、放射影響による誤差（放射影響誤差）は約0.01℃以下であることがわかった。この精度は、気象庁などで使われている強制通風筒の誤差0.2～0.6℃や、一般に使われている自然通風筒の誤差1℃前後に比べて1桁～2桁も高い精度であり、地球温暖化量の観測や専門研究者の研究用に適している。（図2）

² 近藤純正ホームページ K18 図 18.8 <http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke18.html>



(図1) 気温観測用の通風塔、及び、計測に誤差を及ぼしうる要因について。

縦形通風筒の吸気部における空気流、日中の模式図。太陽の側にある外筒外壁面には直射光が当たり高温（赤色の面）に、反対側の外筒外壁面には 散乱光が当たりやや高温（黄色の面）に、外筒先端部の内壁面と内筒先端部の 内壁面には地面反射光と地面からの熱放射が当たりやや高温（黄色の面）になる。更に詳しくは、近藤純正ホームページ K197 図 197.2 <http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke197.html>



(図2) 通風筒（横型）の例。これを改良して現在、長期観測用の高精度通風筒（傾斜型）の製品1号器が完成し、最終試験中である。出典：近藤純正ホームページ K146 図 146.3 <http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke146.html>

3 設備の設置

- ・ 設置場所： 設置場所については既報³で詳しく述べたように、地上 30–50m程度であり、地上の環境は周辺数km範囲の植生・建築物などの環境が、数十年に亘り、大きく変化しないと見込まれる地点が望ましい。

これに加えて、送電鉄塔や電波鉄塔を流用する場合、以下の対策が必要かもしれない。

- ・ 熱対策： 鉄塔の熱については、水平支柱（工事場で使う単管パイプのような品）の先端に通風筒を取り付け、もっとも近い鉄塔部材から 1m以上水平に離せばよい。今回製作した通風筒は、水平ポールでも鉛直ポールでも取り付けできる仕様である。
- ・ 電磁波対策： 電磁波対策が必要かもしれない。塔の下部に置く回路と記録計（データロガー）に電磁波よけを付ければよいのではないかと思われるが、検討を要する。

4 組織

永続的な組織として、「地球温暖化観測センター」を設けて、継続的な仕事をしてもらう必要がある。その担い手には複数の候補がある。単独で、あるいは連携して実施することが可能であろう。

A) 産業単独

これは社会貢献か、政府予算による業務の何れかになる。他の気象データと異なり、産業利用などのニーズは無いため、データの有料化によって収益を得ることは難しそうである。

B) 政府単独

気象庁、環境省、経産省、国交省等の候補がある。経産省や国交省が担う場合の理由は、CO2 排出をする事業を監督する当事者として、自ら環境影響評価を行うこと、ないしは社会的責任を果たすためである。もちろん諸省庁の連携もありうる。

C) 大学

大学においてセンターを設置し、データを継続して作る方法もある。実際のところ、気象

³ 既出注 1

観測において重要なデータセットを作成することで名を挙げている大学は英米に多くある。最も有名なのは英国のイーストアングリア大学気象研究ユニットであり、「CRU」の略称で知られるデータセットは世界中の地球温暖化研究で用いられている。⁴

D) 産学官連携

上記 A) から C) の産学官の連携の方法にはさまざまあるだろう。予算を提供する、計測器を設置する鉄塔を提供する、人員を提供する、業務を提供する、などである。

電気事業者や通信事業者にとっては、送電・通信などの既存インフラを利用した副業ないし社会貢献となるかもしれない。

なお以下に、組織構築にあたっての参考情報を 2 点述べる。

(参考 1) 気象庁と環境研究所の対応の現状

近藤は、2020 年初めに、地球温暖化観測所設置の提案の講演を気象庁と環境省傘下の国立環境研究所において行い、打合せをした結果、執筆時点での現状は以下となっている。

気象庁は行政機関であり、直ちに観測を行うことは難しいとのことであった。

国立環境研究所地球環境研究センターでは、現在、北海道の落石岬、北富士、波照間の 30～50m 高度の観測塔で CO₂ 濃度を主にした気象観測を行っている。地球環境研究センターでは北富士の観測塔の 32m の塔へ試験的に実施することになった。

現在の環境研の組織体制のままでは、試験的に観測が始まったとしても、20 年以上の持続性は困難かも知れない。本格的な観測体制を作るためには、より本格的な組織体制を構築する必要がある。その際は、気象庁に移管した方がよいかもしれない。というのは、気象庁には検定試験センターがあり、高精度での長期観測に必要な、データの質の管理がしやすいと考えられるためである。

(参考 2) 気象観測で民間が先行した例

過去の気象観測では、民間が社会貢献として開始し、良いことが確認された後に国営化されてきた例がある。

明治後期、天気予報が当たらないのは高層気象の観測がないからだ、と考え、野中至は私設の測候所を作り、越冬観測を行った。それが後に富士山頂に気象庁の測候所・レーダ観測へと発展していった（新田次郎の小説「芙蓉の人」、その他テレビドラマ、など）。

⁴<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%97%E5%80%99%E7%A0%94%E7%A9%B6%E3%83%A6%E3%83%8B%E3%83%83%E3%83%88>

宮城県南部にある現在の角田市で養蚕業を営んでいた佐野理八は地元で測候所をつくり、さらに桑畑の凍霜害予測を研究してもらうために東北大学の敷地に測候所を寄付した。東北大学で気象観測・地震観測を行うとともに研究していた。それが移転して向山の観象所となり、さらに発展して現在は青葉山に地震予知研究センター・東北地方に地震観測網ができた。

戦後の電力不足・電源開発の一つとして電力会社の予算で人工降雨の研究が始まり、同時に水源の十和田湖からの蒸発量評価について、東北電力が東北大学に研究依頼をした。全予算は電力会社によるもので、研究は実施され、完了した。

次いで、数値予報の精度向上の時代となり、気象庁が IBM 計算機をアメリカから導入。数値予報の基礎研究としての海面・大気間の熱・水蒸気量交換のパラメータ化の研究に十和田湖で開発した方法の精度向上のため、平塚沖の観測塔で観測・研究を行い、国際協同観測「気団変質の実験」に応用した。

これらは、すべて、民間の活動から始まり、国が動くことになった例である。民間が強い意識を持って動き始めたので、やがて国が動くことになった。

5 人員

全国 20 か所に地球温暖化観測所を設置する場合、必要な人員は以下の通り

常勤職員

- ・論文も書ける上級研究職、大学教授から准教授クラス、3名
- ・研究職 1名、大学技官クラス、1名
- ・契約や経理など事務職, 1名

非常勤職員ないしは業務委託

- ・機器管理の特殊技能者 ほぼ決まった 2 人を各地球温暖化観測所に現地で雇う。

6 業務

現在、一般の気象観測は気象庁で行っている。専属の職員が測器の管理などを常時行っており、データに異常がないか、送信されてくるデータを毎日画面上で監視している。現地には、毎月出かけて掃除やチェックを行っている。

以前に、地方の僻地にあった測候所でも多くの職員がおり、電子機械化にともなう測候所廃止の直前でも 5~6 名の職員がいた。現在は、各県にある地方気象台が各県平均 20 か所のアメダスを管理している。

以上を参考に、全国 20 か所に地球温暖化観測所を設置する場合、必要な業務は以下の通り。

測器と観測環境の管理

観測所管理は主に業務委託費で実施する。年 1 回、上級研究職チームが見学に行き、監視役も務める。例えば樹木が著しく伸びたりして、観測環境の劣化が起きるときには、伐採を指示するなど行う。

観測環境に関するデータ（メタデータ）の取得

観測環境の記録も残しておかねばならない。樹木など、周囲を遮るものはないか、等。

測器の較正

測器が正確に測れるように、2 年間に 1 回、機器の較正を行う。業務委託で行う。

データの監視

気象庁の防災目的の観測と異なり、毎日のデータ監視は不要で、1 週間単位でのデータ監視でよい。これは研究職が担当する。

ただし地球温暖化観測所では、従来よりも高精度な観測をするため、上級研究職は、監視業務が適切に行われていることを定期的を確認する。

データの集計

送信されてくるデータを毎日集計する。研究職が担当。

データの分析と論文発表

上級研究職チームが担当する。

7 予算

地球温暖化観測センターの費用を概算する。なお以下の概算は、単に規模感を掴むためのものであり、具体的な予算設計のためには、より詳しい分析が別途必要である。

初期費用が発生するが、その後は人件費が予算の殆どを占める。機器の更新は10～15年ごとに行う。

設備費

気温計、データロガー、通信施設、電源設備など設備費、および 設置工事費
 $100 \text{ 万円} \times 20 \text{ か所} = 2000 \text{ 万円}$

鉄塔については、他の目的のために建築したものを流用するとして、設備費を計上しない。

人件費

上級研究職 3名	$1000 \text{ 万円} \times 3$	=	3000 万円/年
研究職 2名	$700 \text{ 万円} \times 2$	=	1400 万円/年
事務職 1名	$500 \text{ 万円} \times 1$	=	500 万円/年

運転維持費

測器校正委託費

2年に一度測器校正を委託する。20か所なので、毎年10か所。

$$4 \text{ 万円} \times 10 = 40 \text{ 万円/年}$$

業務委託費

鉄塔に上り測器の掃除等を行う。20か所、年2回、1日。

経費込みで4万円/日として

$$4 \text{ 万円} \times 2 \times 20 = 160 \text{ 万円/年}$$

予備設備費、消耗品費、修理費

故障時に備えた予備の気温計など

$$\text{設備費の} 10\% = 200 \text{ 万円/年}$$

研究作業費

データ分析、論文発表、学会発表を行う。4人分必要。

$$200 \text{ 万円} \times 4 = 800 \text{ 万円/年}$$

間接費

上記合計（設備費を除く）約 6000 万円の 30%

6000 万円×30%=1800 万円/年

概算合計

初期費用	設備投資	2000 万円
毎年の経費	人件費・研究作業費を中心に	約 8000 万円/年

予算の大半は人件費となる。

8 おわりに

地球温暖化観測所では、精密な気温測定をするため、専門性の高い研究者を中心に継続的に運用しなければならない。このためには、「地球温暖化観測センター」を設置する必要がある。この予算としては、初期予算が 2000 万円、及び、毎年の経費が 8000 万円必要と見積もった。本格的に実施する場合には、この規模の予算が必要になる。少なくはないが、日本の地球温暖化対策全体の予算に比べれば僅かなものである。

当初は試験的に始める方法があり、この場合の予算は少なくともよい。ただし、専門知識を持った上級研究職がセンターの構築を主導する必要がある。

なお、地球温暖化観測所における気温測定精度については、上記の「2. 設備」で述べたように、年平均気温にして 0.01°C 以下の誤差に収めることが技術的に可能である。これだけの精度があれば、10 年間で 0.07°C 程度といった地球温暖化を検出するのに十分であろう。

理想的には上記で試算したフルスペックの地球温暖化観測センターが発足することが望ましい。日本全体で連携して 1 つのデータセットを造っても良いし、あるいは、日本国内に 2, 3 のグループがあって、独立したデータセットを造ってもよいだろう。データセット造りには、関与する研究者や利用する技術によって特徴が出るので、複数あることは無駄ではなく、むしろ望ましい。例えば米国では、海洋大気局 NOAA、航空宇宙局 NASA、バークレー大学など、複数の機関が気象データセットを整理して、それぞれが発表し、相互に比較しながら改善を図っている。

以 上