

1 はじめに

極域の大気境界層におけるエネルギー収支を考える際、下向長波長放射の寄与は重要である。しかし一般に、下向長波長放射の精度のよい観測は容易とはいえず、観測点も少ない。そこで様々な場所で、地上気温、湿度を用いた経験式により、下向長波長放射の推定が行われてきた(Brunt(1932)ほか)。過去、昭和基地も含め世界各地で、多数の経験式の評価が行われているが、結果はそれぞれ異なる。経験式は、下向長波長放射が得られない場所で簡易にそれを見積もるために利用されるが、本調査では、極夜期のエネルギー収支に重要な役割を果たす雲量を、全天候型の経験式を用いて下向長波長放射から逆に推定した。

2 方法

3 時間毎の雲量の目視観測の時刻に合わせて、昭和基地の2002-2003 年の目視雲量、地上気温、湿度及び下向長波長放射のデータ(赤外放射計 CG4(Kipp&Zonen 製))を使用した。

経験式は、快晴時用と、雲の影響を考慮した全天候型用の2種類ある。本調査では、昭和基地において快晴時の代表的な各経験式の評価を行い、高評価の経験式を用いて全天候型の経験式を作成し、その全天候型の経験式により雲量を推定した。

3 結果

3-1 快晴時の経験式の評価

2002 年快晴時の地上気温、湿度及び下向長波長放射の観測データを用いて、快晴時の代表的な8つの経験式を昭和基地で評価した。経験式は、Guest(1998)、Yamanouchi and Kawaguchi(1984)によって南極みずほ基地のデータにより係数が決められた Brunt の式(以下、南極用 Brunt とする)、Swinbank(1963)、Idso and Jackson(1969)、Idso(1981)、Brutsaert(1975)、Satterlund(1979)、Prata(1996)である。

1 ヶ月毎に各式を評価した結果、1、2、12 月の夏季においてはSwinbank (この期間の観測値との差の平均:-0.9、RMS:7.8(単位はW/m²))、その他の期間は9月を除いて、南極用Brunt (夏季を除く期間の観測値との差の平均:2.1、RMS:9.3)の精度が最も高かった。

3-2 全天候型の経験式の作成・評価

全天候型の式は、雲量をNとして(1)式を採用した。 ϵ_{clr} はSwinbankと南極用Bruntの2式を用いる。

$$L_w \downarrow_{all} = \{ \epsilon_{clr} (1 - N^c) + dN^f \} \sigma T^4 \quad (1)$$

経験式には10分雲量データを使用した。式の次数は、2002 年夏季1月、冬季7月のデータに対してそれぞれSwinbank、南極用 Brunt を使い、c=1-6、f=1-4 での組合せを試して、両月ともに最も成績のよかったc=4、f=4の組合せを選択した。係数dは、2002 年の1年間のデータに対してそれぞれ月毎に算出したが、季節による特徴はみられず、1年の平均値0.931とした。

2002 年の地上気温、湿度、目視雲量及び下向長波長放射データを用いて(1)式を評価した結果、南極用 Brunt が Swinbank より 3-9 月で精度が高かった(南極用 Brunt における3-9月の期間の観測値との差の平均:-0.3、RMS:16.8)。他の時期は Swinbank の精度が高かった(3-9月を除く期間の観測値との差の平均:8.7、RMS:19.5)。

3-3 雲量推定

地上気温、湿度、下向長波長放射データ及び(1)式から推定雲量を算出した。2002 年の推定雲量と目視雲量の比較結果、南極用 Brunt が Swinbank の精度を上回ったのは5-9月であった。4月はSwinbankが南極用 Brunt に比べて若干精

度が高かったが、その差は小さく、快晴時及び全天候型の式では4月は南極用 Brunt の方が精度が高いことから、1-3、10-12月はSwinbank、4-9月は南極用 Brunt を採用し、2003 年のデータで雲量推定を行った。以後、1-3、10-12月を暖候期、4-9月を寒候期とする。推定雲量と目視雲量の差は±2octa 以内に、2002 年暖候期、寒候期それぞれ77.0%、78.6%、2003 年はそれぞれ77.1%、83.3%収まった。

3-4 接地逆転の補正

2002、2003 年ともに、曇天での雲量推定は精度がよかったが、快晴時は極端に精度が下がった。これは南極用 Brunt、Swinbank とともに雲量2以下をほとんど予測できなかったことによる。この一因は、快晴時の接地逆転の温度分布の概念から説明できる。接地逆転が強いと、地上気温と接地逆転層上端の大気温度は大きく異なり、大気からの下向長波長放射は、低い地上気温から経験式を用いて見積もられる下向長波長放射より大きくなると考えられるためである。

接地逆転時の雲量推定の精度向上を図るため、接地逆転時は地上気温が大きく下降することに着目し、時間経過に対する気温差に閾値を設けて、接地逆転の検出を行った。定める時間内に閾値以上の気温降下があった場合、接地逆転が起こっているとし、推定雲量を補正した。

2002-2003 年の全事例において接地逆転を補正した雲量推定の精度(表1)は、目視雲量との差±2octa 以内に約80%収まった。表1の接地逆転予想数は、接地逆転が予想された全数から下向長波長放射または地上気象データが欠測の事例を差引いた数である。接地逆転の予想精度が低かった2003 年寒候期を除き、概ね1-1.5%の精度の改善がみられた。

暖 候 期	Swinbank	2002 年	2003 年
	接地逆転予想数	43	46
	その内、快晴事例	26	29
	±1octa 以内	67.0%	65.4%
	±2octa 以内	78.4%	78.1%
寒 候 期	南極用 Brunt	2002 年	2003 年
	接地逆転予想数	36	35
	その内、快晴事例	25	11
	±1octa 以内	69.9%	74.9%
	±2octa 以内	80.1%	83.4%

表1 接地逆転の補正を行った推定雲量と目視雲量の比較

4 考察

- 雲量推定の精度を下げる要因として、次の4つを考える。
- ・気団の入れ替わり：経験式のRMSは、擾乱が昭和基地を周期的に訪れる春・秋季に値が大きかった。
- ・快晴時における雲の位置(観測点上の雲)：雲量0+/10でも頭上に雲が存在している場合は、下向長波長放射が大きくなり、雲量推定の誤差が特に大きくなると考える。(2002/11/24 03時の事例：目視雲量0+/10、推定雲量10/10)
- ・経験式での雲の扱い方：雲の種類、複数種類の雲の混在は考慮せず、雲は雲量1つの変数で扱うことによる。
- ・赤外放射計の感部の位置：百葉箱より約4.5m高い位置に設置されており、接地逆転時、影響があるかもしれない。

5 まとめ

推定雲量は、目視雲量との差±2octa 以内に約80%収まった。接地逆転時、雲量推定の経験式の性質から目視雲量に比べて大きな雲量を推定することが分かった。接地逆転を予想して補正を行い、雲量推定の精度を若干上げることができた。