

紫外域放射伝達モデルにおける積雪とエアロゾルの影響の検討

能登美之・坂本尚章（札幌管区気象台観測課高層気象観測室）

青木輝夫（気象研究所物理気象研究部）

島村哲也（南極観測事務室）

1. はじめに

これまで紫外域放射伝達モデル (Aoki, Te. et al., 2003) の再現性の向上に向け、紫外域日射量の計算結果と Brewer 分光光度計による観測結果との比較によって、パラメータ類の改善を試みてきた (坂本ほか, 2007)。計算波長のチューニングや大気成分の鉛直プロファイルの見直しなどで図 1 のように再現性が向上した。この他に計算結果に影響を与える大気エアロゾルのタイプやその光学的厚さ (AOD)、地表面のアルベドの影響について検討したので報告する。

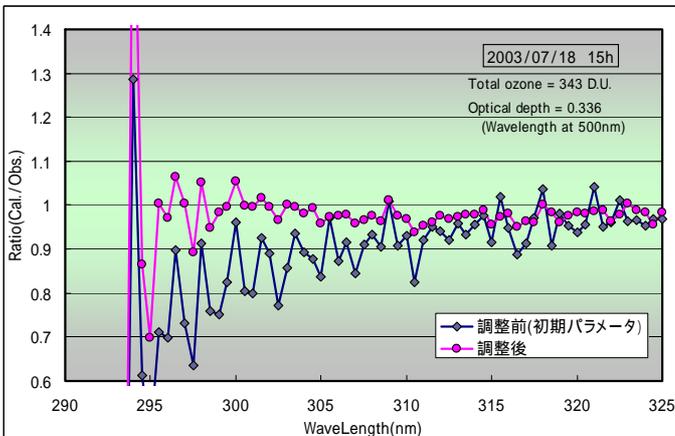


図1 改善前後の波長別の計算値と観測値の比。

2. エアロゾルタイプの検討

大気エアロゾルのタイプとして Hess et al. (1998) が提唱している、粒形分布や吸収成分の異なる海洋性、大陸性、都市型などを想定した 6 タイプを用いた。

- Maritime clean (海洋性)
- Maritime polluted(海洋性)
- Continental clean(大陸性)
- Continental average(大陸性)
- Continental polluted(大陸性)
- Urban(都市型)

タイプ間の波長依存性が小さいが、オゾンによる短波長側の変動を避けるために、UV-A 領域 (315 ~ 325nm) の波長平均で比較した。その結果、春は AOD が大きく、の大陸性のタイプが卓越し、夏は の海洋性が、秋から冬かけて AOD は小さく、の都市型を含むタイプが卓越していた。

3. 大気的光学的厚さ (AOD) の検討

エアロゾルの濃度は大気的光学的厚さ (aerosol optical depth: AOD) で表現され、放射伝達モデルにもパラメータ化されている。AOD はその波長に大きく依存し、一般に波長が短いほど大

きくなる。精度向上のためにはより観測波長に近い波長帯のデータが必要であるが、紫外域の AOD データを入手できないため、直達日射量の観測値から求める必要がある。

直達日射量から求める AOD は可視光領域 (全波平均) で、サンフォトメータとの比較により 675nm の値と最も相関がよいこ

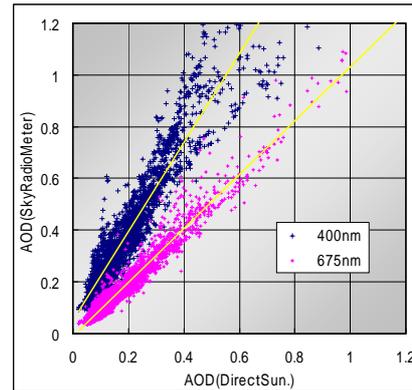


図2 AOD の比較。横軸が直達日射計、縦軸がサンフォトメータによる観測値。

とが分かっている (橋本他 2006)。

図 2 は札幌におけるスカイラジオメータ (Aoki, K. et al., 2003) との比較で、675nm の AOD の相関が良い。全資料 (2003 年分) では 400nm との相関はあまり良く無く、季節変化の可能性もある。

そこでスカイラジオメータのデータか

ら月毎、60 日毎 (2 ヶ月)、90 日毎 (3 ヶ月) に回帰直線 ($AOD_{400} = aAOD_{DirectSun} + b$) を求め、直達日射量による全波平均 AOD から 400nm AOD を推定してみた。

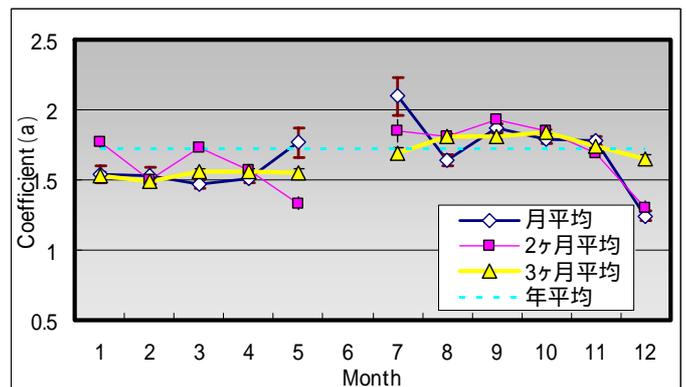


図3 400nm の AOD を推定する回帰式の係数 a の季節変化 (6 月は比較可能なデータなし)

図 3 は回帰直線の係数 a の月別と 2、3 ヶ月間の平均を示している。冬から春に比べ、夏から秋にかけて係数は大きくなり季節変化があることが分かる。スカイラジオメータのデータが限られており統計量としては十分ではない (特に 6 月) が、これを基に波長 400nm の光学的厚さを求めることが出来る。

4. 地表面アルベドの効果

積雪による地表面アルベドの変化の効果を調べた。積雪時の地表面アルベドは市街地であることを考慮し、コンクリートと新雪の混合を仮定した。アルベドそのものは波長依存性があまり見られず、また、太陽天頂角にも波長依存しないことが分かっている(伊藤 2004)ため、適切な混合割合が求めれば、何時の観測にもあてはめることができる。

図4はコンクリートに新雪の割合を0~100%の間で変化させた場合の感度実験結果で、全面コンクリートの場合を1とした時の各条件の波長ごとの日射量の変化の割合である。新雪の割合が多くなるほど大気と雪面の多重反射光かにより日射量が増加する(Aoki et al., 1999)。図4から特に長波長側で著しく増加している(波長依存)ことが分かる。これらの効果を踏まえて、最も再現性の高いアルベドを求めた。

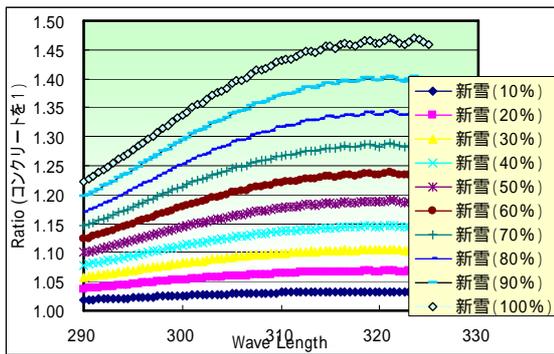


図4 アルベドの違いによる波長別の日射量の増加(コンクリートに対する比)

図5は無積雪時と積雪時の観測値とモデル計算値の比較結果(観測値/モデル計算)である。無積雪は12月1日、積雪は前日に降雪のあった12月11日で、どちらもモデル計算ではUrban model エアロゾルタイプを用いて、アルベドの効果を入れていない。オゾン全量も近い値のためアルベドの効果と比較しやすい。

図では積雪時に観測値が10%程度上昇している。両図の例は日付が違うが他の効果は全て考慮しているので、11日は新雪によってアルベドが上昇し、その結果紫外域日射量が10%程度増加したと考えられる。

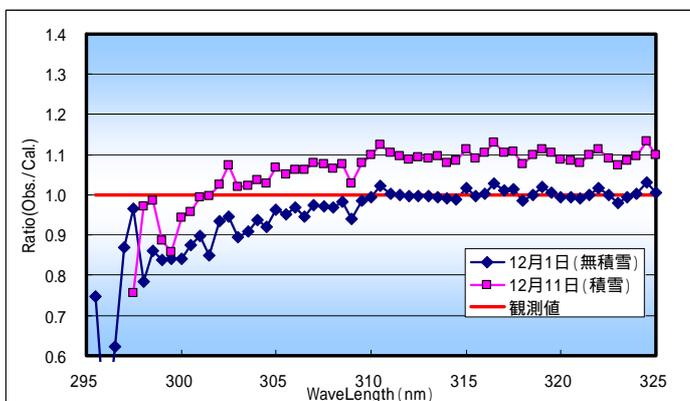


図5 積雪と無積雪状態のモデルと観測値の比
(観測値/モデル計算値、注: 図1とは逆)

この結果、図4からアルベド自身を見積もると、コンクリートに対し30%程度新雪が混合するアルベドがこのときの札幌にお

ける新雪時のアルベドであると言える。

5. まとめ

紫外域放射伝達モデルの入力パラメータを調整することにより、モデルの計算結果がBrewerによる観測値への再現性が向上した。これにより、大気エアロゾルの特徴(タイプや厚さ)や地表面アルベドの影響を見積もることができるようになった。

エアロゾルの季節別のタイプは春が大陸性、夏が海洋性、秋冬が都市型とおおよその特徴をつかむことができた。

また、精度向上のため大気的光学的厚さを常時データのある直達日射量から推定する方法を考案した。

今回の解析において、データ量により統計的な解析が十分出来なかった。統計量を増やすためには、オゾンプロファイルの実測値がない日にも推定する手法考案する必要がある。

統計量を増やすことで、モデルの再現性がより向上し、紫外線予測情報の精度を上げることが出来ると期待される。

【謝辞】

波長別紫外域日射観測結果、および直達日射による光学的厚さの資料は、気象庁環境気象管理官及びオゾン層情報センターから提供していただいた。また、スカイラジオメータの資料を富山大学の青木一真助教授から提供していただいた。この場を借りてお礼申し上げます。

【参考文献】

- Aoki, K., and Y. Fujiyoshi, 2003: Sky Radiometer Measurements of Aerosol Optical Properties over Sapporo, Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, **81**, 493-513.
- Aoki, Te., Ta. Aoki, M. Fukabori and A. Uchiyama, 1999: Numerical simulation of the atmospheric effects on snow albedo with a multiple scattering radiative transfer model for the atmosphere-snow system, *J. Meteorol. Soc. Japan*, **77**, 595-614.
- Aoki, Te., Ta. Aoki, M. Fukabori, and T. Takao, 2002: Characteristics of UV-B Irradiance at Syowa Station, Antarctica: Analyses of the Measurements and Comparison with Numerical Simulations. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**, 161-170.
- Hess, M., P. Koepke, and I. Schult, 1998: Optical Properties of Aerosols and Clouds: The software Package OPAC. *The Am. Meteor. Soc.*, **79**, 831-843.
- 伊藤真人, 2004: プリューワー分光高度計を利用した地表面波長別紫外域日射観測装置の開発と観測. *高層気象台彙報*, **64**, 19-34.
- 橋本徹, 山内豊太郎, 本田耕平, 2006: 直達日射量からエアロゾルの光学的厚さを算出する手法. *J. Meteorol. Res.*, **58**, 1-3.
- 坂本尚章, 能登美之, 島村哲也: 紫外域放射伝達モデルの検証に関する研究. 2007: *細氷*, **52**, 24-25.