

東北地方の水田地帯における熱収支の特徴

石田 祐宣

弘前大学理工学部

石田 智美

元東北大学大学院理学研究科

太陽から地表面に与えられた放射熱エネルギーは、主に顕熱や潜熱に変換されるが、地表面の種類や状態によってその配分比が変わり、大気に及ぼす効果は異なる。畑など水分の多い植生地では、入力放射量の大部分が潜熱となり、地表面温度の上昇は抑制される。その長期的な特徴を得るため、浅い水面、密な草地、湿った裸地等の特徴を持つ水田において、1年10ヶ月にわたる熱収支の長期観測を行った。この地点では、天候の穏やかな日の午後、石巻湾からの安定した海風（南東風）の進入が観測される。

潜熱・顕熱フラックスは気温、大気比湿のプロファイルから傾度法により求め、他に放射収支、地中伝導熱を測定した（図3）。得られたデータを解析した結果、水田では水が入る5月から収穫期にかけて蒸発・蒸散が大きいことと、地表面の乾燥している3~4月に顕熱輸送量が大きいことがわかった。顕熱と潜熱の比（ボーエン比 $Bo = \text{顕熱} / \text{潜熱}$ ）を見ると、水田への水入れの時期から水稻の生長期にかけては顕熱に比べて潜熱が大きい ($Bo \ll 1$) が、水稻の成熟期、冬季から田起こしの時期には、顕熱の割合が大きくなり、顕熱が潜熱を上回る時 ($Bo > 1$) もあることがわかった。また年毎の特徴も比較できた。特に1993年は冷夏で夏季に日射量が小さく、気温・比湿も低く、その結果蒸発量が小さい。1994年は暑夏で晴れた日が多く、蒸発も盛んであったことがわかる。一方、冬季は逆に1993年に気温が高く、1994年は寒かったことがわかった。熱収支が閉じないことがしばしばあるが、誤差の要因として田植えや収穫の時期に水平一様性が乱れることと、田に水を出し入れする時の熱の出

入りを考慮していないことが挙げられ、この熱の評価が今後の課題である。

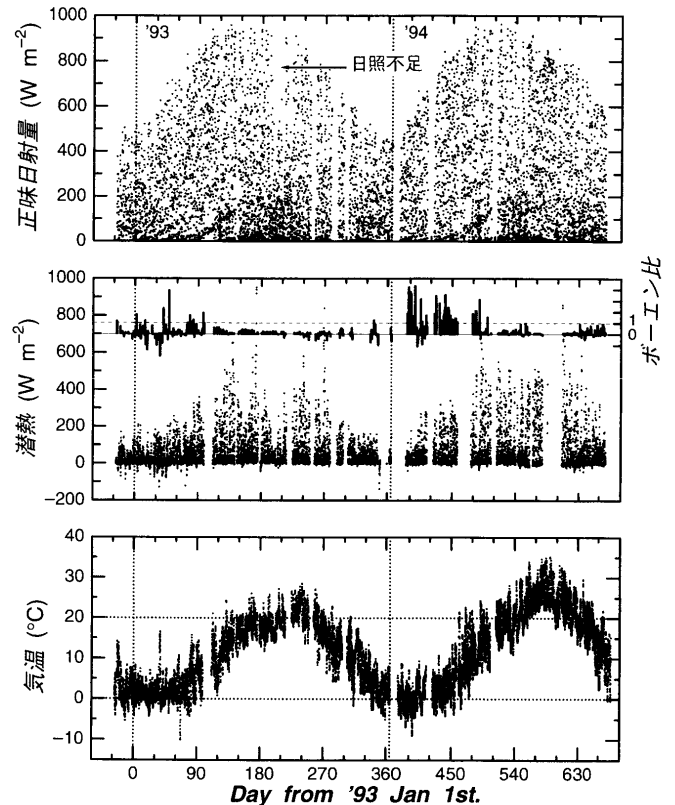


図3. 気温・熱フラックスの時別値（ボーエン比は日別値）。

1台のドップラーレーダーで観測された津軽地方の降雪雲

児玉 安正

弘前大学理工学部

真木 雅之

防災科学技術研究所

安藤 真一・大槻 政哉・稲葉 修・猪上 淳・越前 直哉

弘前大学理工学部

中井 専一・八木 鶴平

防災科学技術研究所

津軽地方の複雑地形の影響を受けた季節風卓越時の雪雲と気流の振る舞いを1台のドップラーレーダーによる観測で調べた。解析した期間は1990年1月25日の12時~18時（日本時間）である。この期間、津軽地方では低温

の季節風が卓越し、周囲に顕著なメソ擾乱がなかったため、地形が雪雲や気流に及ぼす影響を観察するのに適した状態であった。

標高が200~700mの背の低い山脈である津軽山地の風

上側~15 kmの領域に山地に平行に伸びる帯状の弱風域がみられ、そこで雪雲の雲頂が上方に盛り上がっていた。一方、津軽山地の上空とその風下では風速が増加すると共に雪雲の雲頂が急激に低下していた。山越えする二層流体の2次元の理論によると、ゾンデ観測から得られた環境パラメータ下では、山脈の風上の部分ブロッキング、山頂から風下での下降流と風下ジャンプを伴う流れが予想された。観測的な限界から十分な確認ができなかった

下降流と風下ジャンプを除くと、観測結果はこの理論的予想と合致していた。弱風域の入り口での下層収束は雪雲を上方へ発達させていたが、上方への発達に伴う降雪強度の増加は確認できなかった。この理由として、雲頂温度が -30°C 前後と自発凍結温度に近かったため、雲頂高度増に伴う雲頂温度の低下が氷晶数の顕著な増加に結びつかなかったことが考えられる。

メソスケールモデルによって再現された津軽地方の降雪雲

猪上 淳・藤吉 康志

北海道大学低温科学研究所

青森県は本州最北端の県で、その日本海側は津軽地方と呼ばれている。津軽地方の東側に位置する青森市は、日本海に面していないにもかかわらず県内有数の豪雪地帯である。これには脊梁山脈の北端である八甲田山地、日本海側の白神山地、津軽平野と津軽山地などの地形が影響している(力石ほか1989, 力石・大西1991, 力石・林1995)。

また近年、防災科学技術研究所によるドップラーレーダー観測が津軽平野においておこなわれた(真木ほか, 1992)。これを地形に着目して降雪機構を調べたKodama et al. (1998)により津軽地方の降雪雲に対する地形の影響が明らかにされてきた。しかし、降雪雲の発達に重要な下層の風速場はドップラーレーダーでは表現することができない。そこで本研究では下層の風速場に注目しながら、津軽地方の降雪や降雪雲の発達について数値モデルを使用しながら調べた。また、北日本太平洋側からのびる筋状雲についても、噴火湾の筋状雲に関する気団変質に注目しながら調べた。

数値モデルは、ドイツのGKSS研究センターで開発された3次元メソスケールモデル‘GESIMA’を使用した(Kapitza and Eppel 1992, Eppel et al. 1995)。詳細は省略するが、初期値は津軽地方の計算に関しては1992年1月24日9時の秋田高層データ、噴火湾の計算には1997年12月3日9時の札幌高層データを使用した。いずれも領域の風上側の風を代表するものである。

計算結果による津軽地方の風の水平分布を見ると、八甲田山地を迂回してくる南よりの風が顕著で、それが青森市から陸奥湾にかけて北西風と収束していた。降雪雲の走向に沿った断面を見ると、青森市付近の降雪はこの八甲田山地起源の南よりの風が卓越する場所から始まっているため、青森市は山岳降雪の影響が強いということがわかった。

また、降雪雲は津軽平野の日本海側沿岸から発達することが観測結果から報告されているが、これは沿岸部の上昇流が作用しているはずで、実際、本研究でも沿岸部に上昇流域が計算されていた。しかし、この上昇流の発生起源はまだ確認されていなかったため、本研究では感度実験を通じて上昇流生成の原因を調べた。その結果、海陸の温度コントラストが強く影響していることがわかった。平野部では寒気のプールが存在し、海洋からは暖湿な空気が移流してくるため、その寒気のプールを乗り

越えるときに上昇流が発生すると考えられる。実際、AMeDASの気温分布を見ても津軽平野を縦断する前線を確認できるため、その効果は十分に考えられる。

最後に、北日本太平洋側から発生する筋状雲について、噴火湾に注目しながら、気団変質過程を調べた。計算結果によると、下層の水平風は地形の影響を受けながら湾軸に沿って収束した。この収束線と対応して湾中央から1本の筋状雲が発生し、それは風下に向かって雲頂を次第に増加させながら、最大2000 mに達した。気団変質を調べるため、湾奥と湾口の気温や水蒸気量を比較したところ、気温と水蒸気ともに風下に向かって増加していることから噴火湾内の気団変質は明らかである。

本研究では数値モデルを使用して、津軽地方の降雪や風速場、そして太平洋側で発生する筋状雲を再現した。その結果、降雪雲発生には地形効果と海洋から大気への熱輸送が重要であることが確認された。今後は、メソスケールの大気海洋相互作用を知るうえで、大気モデルと海洋モデルの結合が望まれる。

引用文献

- 力石國男・菅谷重平・前田秀樹. 1989. 青森市の降雪特性. 雪氷 51: 253-263.
- 力石國男・大西健二. 1991. 青森県下の降水量の相関分布から推定される雪雲の移動経路. 雪氷 53: 281-289.
- 力石國男・林 敏幸. 1995. 地形による風の収束と青森市の降雪. 雪氷 57: 211-228.
- 真木雅之・中井専人・八木鶴平・中村秀臣. 1992. 吹雪のドップラーレーダー観測: Lモード降雪雲のケース. 天気 39: 551-563.
- Kodama, Y., Maki, M., Ando, S., Otsuki, M., Inaba, S., Inoue, J., Koshimae, N., Nakai, S. and Yagi, T. 1998. A weak-wind zone accompanied with swelled snowfall clouds in the upstream of a low-altitude ridge —a single Doppler radar observation over the Tsugaru district of Japan—. *Submitted to J. Meteor. Soc. Japan*.
- Kapitza, H. and Eppel, D. P. 1992. The Non-Hydrostatic Mesoscale Model GESIMA. Part 1: Dynamical Equations and Tests. *Beitr. Phys. Atmosph.* 65: 129-146.
- Eppel, D. P., Kapitza, H., Claussen, M., Jacob, D., Koch, W., Levkov, L., Mengelkamp, H.-T. and Werrmann, N. 1992. The Non-Hydrostatic Mesoscale Model GESIMA. Part 2: Parameterization and Applications. *Beitr. Phys. Atmosph.* 68: 15-41.