

質問は、東京都千代田区大手町1-3-4, 気象庁内

日本気象学会天気編集委員会宛にどうぞ

質問：集中豪雨は夜間に多いのでしょうか？

9月号の編集後記を読みまして、思い切って投稿することにしました。上記の質問ですが、夜間の方が強い雨が多い気がするのですが、実際はどうなのでしょう？ また、昼と夜で雨の降り方に違いがあるとしたらその原因は何でしょうか？ 昼間と夜間の大きな違いは日射のあるなしだと思いますが、例えば雲のてっぺんの部分が、夜の間に放射冷却で冷やされるとその部分が不安定になってさらに対流が活発になるとか、雲粒が夜間の方が冷やされて速く大きく成長するという事なのでしょう？ 雲が暖められたり、冷やされたりするといったイメージは素人考えなのかもしれませんが、納得できる解説が一般の気象学の教科書には見つかりません。『「豪雨は夜に多い」という経験と合致する』という藤部会員の論文(1999)もありましたが、詳しい解説をぜひ日本語で載せてください。そして、もし、夜間に豪雨が多いなら夕方の天気予報で夜間は昼間よりも豪雨が多いので警戒を強めるべき・・・というような説明をした方がよいと思うのですが、どうでしょうか？

#### 参考文献

Fujibe, F. 1999: Diurnal variation in the frequency of heavy precipitation in Japan, *J. Meteor. Soc. Japan*, 77, 1137-1149.

回答：問題は2つあります。1つは「豪雨が夜間に多い」と言うのは本当か、もう1つは「その理由は何か」です。

#### (1) 豪雨が夜間に多いと言うのは本当か

この点を日本全国を対象にして確かめた例としては安田(1970)があります。これは千数百か所の11年間の資料を使って1時間降水量50mm以上の観測回数を集計したもので、著しく強い降水は夜間に多いことを明確に示しています。もっとも、降水頻度は夕方から朝まではほぼ一定で正午ごろにペコリと減少しているので、「夜間に多い」と言うより「日中に少ない」と言うほうがより正確かも知れません。

Fujibe(1999)は18年間のアメダス資料を使って、1時間降水量だけでなく3時間および6時間降水量を対象にし、やや強いものから非常に強いものまでいろいろな強さの降水の頻度について日変化型の地域特性を調べました。その結果を見ると、強い降水は沿岸域とりわけ陸地の西側では朝に多く、関東～甲信など山地の東側では夕方に集中する等、日変化型は地域によって異なります。とは言え、多くの地域とりわけ山地の南～東側などでは夜半ごろに最も多い傾向があります。そして、この傾向は1時間降水量よりも3、6時間降水量のほうが明瞭であり、より強い降水ほど顕著

です。重大な豪雨災害は数時間にわたって激しい雨が降る場合に多いでしょうから、上記の結果は「豪雨が夜に多い」ことを多地域に共通の傾向として確認したものとと言えます。

アメリカの中西部でも、強い対流性降水は夜間に多い傾向があります(例えばWallace, 1975)。またCrysler *et al.* (1982)は、中部～東部の8州を対象にした統計で、1時間降水量で見れば強い降水は夕方に最も多いが、定義時間を長くすると極大の時刻が遅くなり、8時間降水量で見れば夜半に最も多いことを示しました。その他、世界各地で陸上のメソ対流系(mesoscale convective complex, MCC)やクラウドクラスターが夜間に発達する傾向が見出されていて(例えばAugustine and Howard, 1991; Laing and Fritsch, 1993a, b; ただし夜間と言っても極大時刻は宵のうちから未明までバラつきますが)、夜間の極大は陸上の強い対流系の一般的な性質であるようにも思えます。

なお降水一般の日変化については世界各地でおびただしい報告が出ています。日本の暖候期の降水については、(a)局地的あるいは短時間の降水は内陸域では午後、沿岸域では夜半～朝に極大を持ち、(b)広域的あるいは持続的な降水は朝に極大を持つことが示され

ています (Fujibe, 1988; 田上, 1990; 齋藤・木村, 1997; Misumi, 1999). (a)は雷の頻度にも見られる特徴であり, 対流性降水の性質に通じると思われま。ただし南西諸島は海洋上であるにもかかわらず昼間に極大が現れます。国外でも概して (a) や (b) と同様の傾向がありますが, やはり例外的な状況が多く, 降水の強さやスケールによっても日変化型が異なります。

## (2) 豪雨が夜間に多いのはなぜか

これに関しては筆者もニワカ勉強で仕入れた知識が多く, 適切に答えられるかどうか分かりません。最近では熱帯域を中心として降水の日変化についての研究が盛んになっていますが, 以下に書くことを問題提起と受け取って頂き, 見落としや誤りを指摘して頂くことにより, 理解を深めていけたらと思っています。

前記のように, 豪雨に限らず沿岸域や海洋上の降水は夜半～朝に多い傾向があります。その理由としては, 質問文にあるように雲に対する放射の影響が昔から言われてきました。最近では雲と放射過程を入れた数値モデルもでき, 上の説を裏づける結果が得られているようです (例えば Randall *et al.*, 1991)。

しかし「夜半～朝」と言っても6時間ぐらいの幅があり, なぜ地域や降水の種類によって極大時刻がずれるのかが問題です。アメリカ中西部で夜半前後にMCCが現れやすい理由としては, ①昼間にロッキー山脈の方でできた対流系が東進し, 中西部にやって来るのが夜半ごろである, ②ロッキー山脈の東側に規模の大きい熱的循環ができ, それが降水の日変化を制御する, ③下層の南風が夜間に強まり(下層ジェット), 対流系の発達に寄与する, などが言われています。これらは(少なくとも①②は)アメリカ中西部に固有の要因であり, 日本にそのまま当てはめることはできませんが, 日本の豪雨は下層で南～南西風が吹く場合に起こりやすく, 夜半の頻度極大に上記③のような風速日変化が影響しているのかも知れません(しかし, 日本の豪雨時の南～南西風に日変化が存在するかどうかは確認されていません)。

降水の日変化と海陸風・山谷風など熱的局地循環との関係もよく論じられます。木村(1994)が指摘するように, 昼間の谷風循環は平地や盆地から山地へ水蒸気を輸送し, 山地での積雲の発達を促します。日本各地の山地で夏の午後には積雲が発達するのは, この機構によるところが大きいとされています (Kuwanaga,

1997)。夜間についても, 国外では (a) 中国の四川盆地やアメリカのアリゾナ州のような100 km 以上の水平スケールを持つ深い盆地では, 夜に収束傾向となり降水も多いこと (Asai *et al.*, 1998; Balling and Brazel, 1987など), (b) 陸風と一般風の収束域に対流雲のできる場合があることなどが知られています。しかし日本では, (a') 盆地は水平スケールが小さく, 対流性降水の極大は午後に現れ, 周囲の山地に比べて極大時刻が若干(1時間程度)遅れる程度である, (b') 陸風は暖候期には極めて微弱で, 夜半～朝の降水発達に寄与するとは考えられない, という事情があります。(b')について補足すれば, レーダー資料の解析によると対流性降水の朝の極大は海岸から数百 km 沖合まで存在し, その範囲は海陸風のスケールをはるかに超えます (Misumi, 1999)。従って, 日本の対流性降水や強い降水の頻度に見られる夜半～朝の極大は, 熱的局地循環とは別の理由によるものと考えられます。

以上をまとめると, 夜半～朝の降水極大の理由として雲に及ぼす放射の影響が考えられるが, 地域や降水の性質による極大時刻の違いについては問題が残る, また日本に関しては局地循環の影響は疑わしいと考えられます。もとよりこの種の現象に対しては複数の要因がからんでいることが多く, 1つのプロセスだけに捉われることなく多角的な観点から検討を進めていく必要があると思います。

なお質問の最後に書かれた点については, 夕方の天気予報で大雨が予想された際, テレビの解説者が「集中豪雨は夜に多いものです。どうぞご注意ください」と話すのを聞いたことがあります。統計的な知見を防災情報として活用し得る例と言えるかも知れません。

(気象研究所予報研究部 藤部文昭)

## 参考文献

- Asai, T., S. Ke and Y. -M. Kodama, 1998: Diurnal variability of cloudiness over East Asia and the western Pacific Ocean as revealed by GMS during the warm season, *J. Meteor. Soc. Japan*, **76**, 675-684.
- Augustine, J. A. and K. W. Howard, 1991: Mesoscale convective complexes over the United States during 1986 and 1987, *Mon. Wea. Rev.*, **119**, 1575-1589.
- Balling, R. C. Jr. and S. W. Brazel, 1987: Diurnal variations in Arizona monsoon precipitation frequencies. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 342-346.

Crysler, K. A., R. A. Maddox, L. R. Hoxit and B. M. Muller, 1982 : Diurnal distribution of very heavy precipitation over the central and eastern United States, *Natl. Wea. Dig.*, **7**, 33-37.

Fujibe, F., 1988 : Diurnal variations of precipitation and thunderstorm frequency in Japan in the warm season, *Pap. Meteor. Geophys.*, **39**, 79-94.

Fujibe, F., 1999 : Diurnal variation in the frequency of heavy precipitation in Japan, *J. Meteor. Soc. Japan*, **77**, 1137-1149.

木村富士男, 1994 : 局地風による水蒸気の水平輸送, *天気*, **41**, 313-320.

Kuwagata, T., 1997 : An analysis of summer rain showers over central Japan and its relation with the thermally induced circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, **75**, 513-527.

Laing, A. G. and J. M. Fritsch, 1993a : Mesoscale convective complexes over the Indian monsoon region, *J. Climate*, **6**, 911-919.

Laing, A. G. and J. M. Fritsch, 1993b : Mesoscale convective complexes in Africa, *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 2254-2263.

Misumi, Y., 1999 : Diurnal variations of precipitation grouped into cloud categories around the Japanese archipelago in the warm season, *J. Meteor. Soc. Japan*, **77**, 615-635.

Randall, D. A., Harshvardhan and D. A. Dazlich, 1991 : Diurnal variability of the hydrological cycle in a general circulation model, *J. Atmos. Sci.*, **48**, 40-62.

齋藤智興, 木村富士男, 1998 : 中部関東域における夏期の対流性降水の日変化, *天気*, **45**, 541-549.

田上善夫, 1990 : 日本列島における降水出現の日変化, *地理学評論*, **63A**, 407-430.

Wallace, J. M., 1975 : Diurnal variations of precipitation and thunderstorm frequency over the conterminous United States, *Mon. Wea. Rev.*, **103**, 406-419.

安田清美, 1970 : 日本における強雨 (50 mm/hr 以上) の気候学的特性, *天気*, **17**, 539-548.



一覧表

教官 (北海道大学低温科学研究所) の公募.....	25
第2回大気放射セミナー「地球・大気系の中の雲とエアロゾル」.....	50
SIRWEC2002国際道路気象会議札幌大会のご案内・論文募集について .....	54