

2005年8月8日に京都市で観測された強雨と琵琶湖の風系との関係

東 邦 昭
馬 場 賢 治

(平成22年9月24日提出)
(平成22年12月7日修正)

要 旨

2005年8月8日に京都地方気象台で1600 JSTまでの1時間に31.5 mmの強雨が観測された。一方、京都地方気象台周辺の気象庁アメダス観測点（花背峠・長岡京・京田辺）ではこの時間に降水は観測されておらず、非常に局地的な強雨であった。この日は京都地方気象台では0700～1400 JSTまでは日照時間が毎時0.9～1.0時間あり晴天で、地上天気図から近畿地方周辺に目立った低気圧や前線は存在せず太平洋高気圧に覆われていた。このためこの強雨はいわゆる夏の夕立に相当するものと考えられる。この強雨について本研究では琵琶湖の風系に着目し、領域気象予報モデルを用いて琵琶湖がある場合の標準実験と琵琶湖がない場合の感度実験を行い琵琶湖の風系がこの強雨に与える影響について解析を行った。その結果、琵琶湖の存在によって夕方になると京都盆地へ向かう風系が作りだされ、これによって標準実験と感度実験と比較して相対的に水蒸気量の大きな領域（差が3 g/kg以上）が琵琶湖方面から移流してくることが示唆され、このことが2005年8月8日に京都地方気象台で1時間に30 mm以上の強雨をもたらした原因の1つであることを示した。

キーワード：琵琶湖、湖風、水蒸気量、可降水量、局地的強雨

1. はじめに

琵琶湖では湖陸風が出現することが知られており、これまでも多数報告がされている。児玉(1965)は850 hPa面の高層天気図から滋賀県で卓越しやすい風系を4つ(西～北西風パターン、南西風パターン、北風パターン、南東風パターン)に分類している。西～北西風パターンと北風パターンは主に西高東低の冬型の気圧配置の時に出現し、南西風パターンは日本海に前線や低気圧が存在している時に、南東風パターンは低気圧が西から接近している時に滋賀県で卓越しやすいことを示している。これらは比較的一般場の風が強い日に見られるが、太平洋高気圧に広く覆われ晴天の時は日中は琵琶湖から周辺の陸域に吹き出す湖風、夜間は日中と逆の陸域から湖に向かう陸風が卓越することが枝川・中島(1981)によって示されている。また枝川・中島(1981)は滋賀県内の地域気象観測所における1970年の地上風の統計的な解析を行い、琵琶湖における湖陸風の出現日数は4月～9月の暖候季が60日、10月～3月の寒候季が45日であ

ることを示しており、夏季の方が冬季よりも出現頻度が多いことを示した。また琵琶湖の湖風が周辺地域に及ぼす影響については高田・田中(1996)や祖慶(2006)によって調べられており、高田・田中(1996)は京都盆地に湖風による東風が卓越し、京都盆地において気温低下が見られること、祖慶(2006)では14時ころから東風が侵入する場合があることが数値実験の結果から明らかにされている。

しかしながら、京都市周辺域で見られる大気現象と湖風との関連については不明な点も多く、局地的な強雨との関連については未解明である。また局地的強雨については京都市周辺域に限らず近年様々な地域で報告がされており、局地的なシビア現象の解明のためにもローカルな風系との関係を明らかにすることは重要であると考えられる。そこで本研究の目的は、これまで観測的研究で明らかにされてきた琵琶湖の風系について、これが隣接する京都市周辺の大気現象にどのような寄与をするのか、京都市で夏季に局地的強雨が見られた事例について領域気象予報モデルを用いて明らかにすることである。夏季を選定したのは過去の研究から琵琶湖の湖風が卓越するのは夏季が多いこと、また太平洋高気圧に覆われている日が湖風の卓越に好都合なためである。本研究の手法として晴天日で湖風が卓越する環境でかつ京都市周辺で局地的な強雨が観測された日を選びだし、その日について領域気象予報モデルを用いて琵琶湖がある場合とない場合の実験(前者が標準実験、後者が感度実験)を行い可降水量、風向風速場・水蒸気量の分布の違いを明らかにし、琵琶湖の風系が京都市周辺の大気場に及ぼす影響について調べた。本論文は以下のように構成されている。2章では解析に用いたデータとその解析手法について述べる。3章では解析結果として3.1節に降水分布の特徴について述べている。3.2節では下層水蒸気量と風向風速場として琵琶湖とその周辺の水蒸気量と風向風速場の時間変化について示す。4章では得られた結果をもとに議論を行い、5章でまとめとする。

2. 解析データと解析手法

2005年8月8日の気象状況を調べるために気象庁地上天気図と気象庁アメダス観測データ(京都・花背峠・長岡京・京田辺)の1時間ごとの降水量・日照時間のデータを用いた。次に解析日の詳細な気象状況を調べるために、ペンシルバニア州立大学とアメリカ大気研究センターが共同で開発した領域気象予報モデル(MM5)を用いて数値実験を行った。本研究では琵琶湖の風系に着目していることから、標準実験と琵琶湖をなくした状態の感度実験を行った。図1に数値実験で用いた領域を示す。特に京都市や琵琶湖周辺の計算メッシュを細かくとり外側の計算領域ほど計算メッシュが荒くなる設定で、領域1は1格子が9kmで格子数がx方向に91格子、y方向に91格子、領域2は1格子が3kmで格子数がx方向に91格子、y方向に91格子、領域3は1格子が1kmで格子数がx方向に121格子、y方向に121格子である。鉛直方向は35層とり下端ほどメッシュが細かい。計算設定は標準実験および感度実験ともに降水スキームは雲

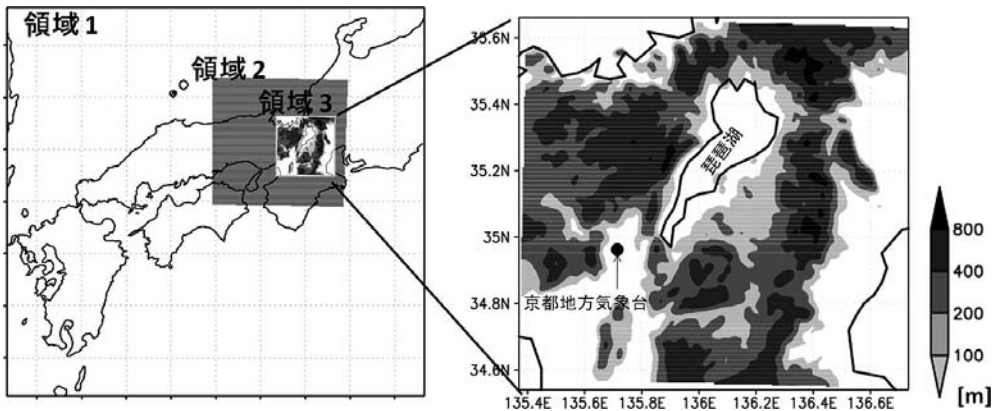


図1 数値実験で用いた計算領域と領域3の地形図

水・雲氷も取り扱うものを適用し(Reisner et al. 1998),境界層の乱流フラックスのパラメタライズにはMRFスキーム(Hong and Pan 1996)を用い,積雲パラメタリゼーションにはKain-Fritschの積雲パラメタリゼーション(Kain and Fritsch 1990)を用いた.実験の初期値・境界値は気象庁メソ客観解析データから作成し,計算は2005年8月8日0900 JSTから2100 JSTの12時間行った.地形や土地利用・植生データはアメリカ地質調査所が提供しているGTOPO30を用い,感度実験では琵琶湖をなくし草原という設定で実験を行った.

3. 解析結果

3.1 降水分布の特徴

2005年8月8日は図2の地上天気図で示すように近畿地方周辺に目立った擾乱はみられず太平洋高気圧に覆われる環境であった.図3に2005年8月8日の京都地方気象台における日照時間と降水量の時系列図を示す.高気圧に覆われていることを裏付けるように,0700 JST~1400 JSTまでは各時間とも0.9~1.0時間の日照があり晴天が続いていた.一方,1500 JSTには0.3時間,1600 JSTには0.1時間に減少し,1600 JSTまでの1時間には31.5 mmの降水を観測した.京都地方気象台周辺のアメダス観測点(花背峠・長岡京・京田辺)では同時刻に降水は観測されていないことからこの降水は局地的な降水であった.

図4は2005年8月8日1500 JSTの可降水量の分布を示し,標準実験(琵琶湖あり)の実験結果から感度実験(琵琶湖なし)の実験結果を差し引いた結果である.図4(a)から1500 JSTには琵琶湖の南西に周囲より可降水量の大きな領域(差が1.5 mm以上の領域)が存在している.図4(b)の1530 JSTには1500 JSTに比べて西へ広がり京都盆地にも可降水量の大きな領域が見られ,図4(c)の1600 JSTには京都盆地の北へ可降水量の大きな領域が存在している.この可

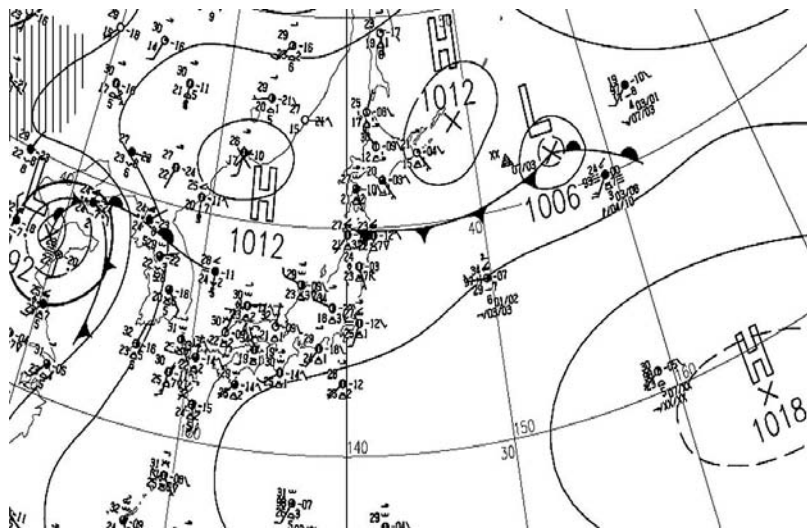


図2 地上天気図(2005年8月8日1500JST) Lは低気圧, Hは高気圧を示す

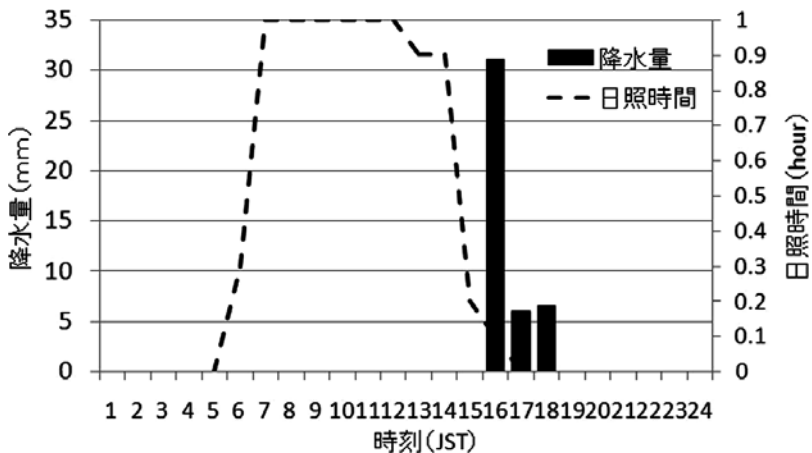


図3 京都地方気象台における各時間の日照時間と降水量の時間変化(2005年8月8日) 点線が日照時間(hour), 棒グラフが降水量(mm)を示す

降水量の大きな領域は琵琶湖南西から京都盆地付近の限られた領域で存在していた。このことからこの事例では琵琶湖が存在する場合は琵琶湖がない場合に比べて琵琶湖南西部から京都盆地にかけての可降水量が多くなることを示している。

3.2 下層水蒸気量と風向風速場

図5に2005年8月8日1500~1600JSTの30分ごとの地上付近の比湿と風向風速の時間変化を示す。図5も図4と同様に標準実験(琵琶湖あり)の実験結果から感度実験(琵琶湖なし)の

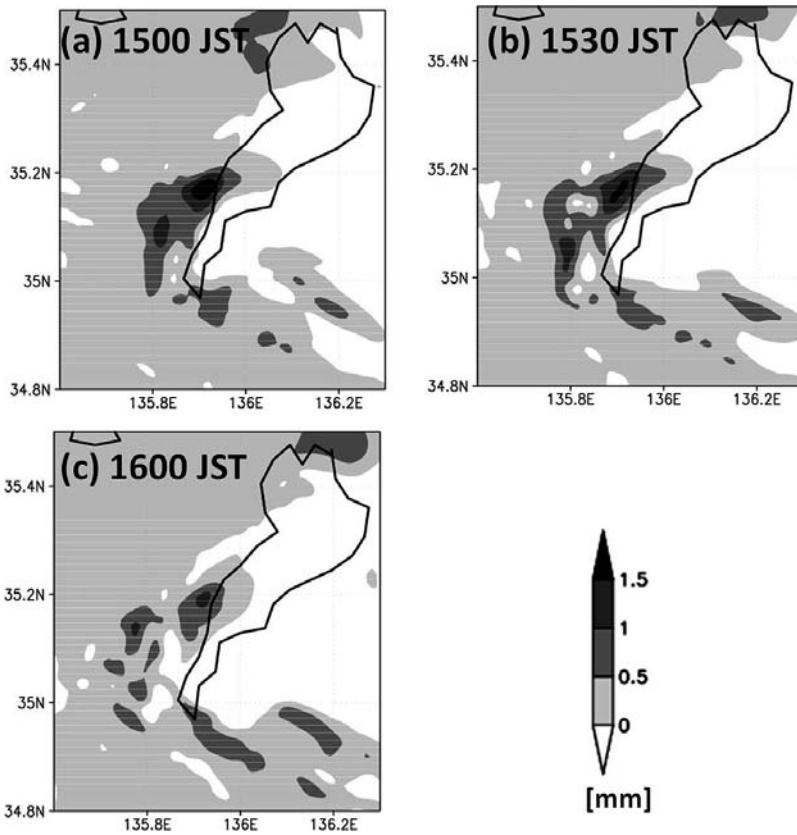


図4 標準実験（琵琶湖あり）の実験結果から感度実験（琵琶湖なし）の実験結果を差し引いた可降水量の分布

実験結果を差し引いた結果である．図5(a)の1500 JSTには琵琶湖南西部に 2 g/kg 以上の水蒸気量の多い領域が存在するとともに、約 5 m/s の大きさをもった南西向きのベクトルが見られる．図5(b)の1530 JSTから図5(c)の1600 JSTにかけては、水蒸気量の多い領域が少しずつ京都盆地方面へ分布していく様子が見られ、継続して琵琶湖南西部から約 5 m/s の大きさをもった南西から西南西の向きをもったベクトルが存在している．特に1600 JSTには京都盆地北部で 3 g/kg 以上の水蒸気量の相対的に大きい領域が存在しており、京都地方気象台で 31.5 mm の降水を観測した時間と一致していた．琵琶湖南西部からは1500～1600 JSTの間は常に南西から西南西向きのベクトルが見られることから、琵琶湖ありの場合は琵琶湖なしの場合に比べて風が強いことが明らかである．

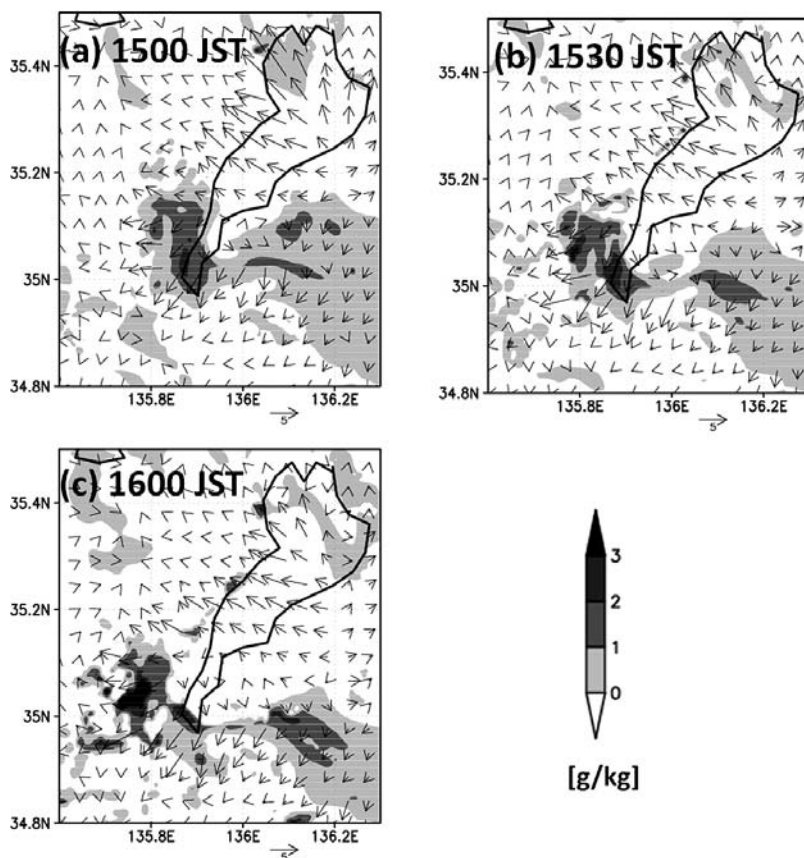


図5 標準実験（琵琶湖あり）の実験結果から感度実験（琵琶湖なし）の実験結果を差し引いた地上付近の比湿と風向風速の時間変化

4. 議 論

解析結果で得られた、可降水量や水蒸気量の分布を引き起こす琵琶湖の風系について議論を行う。琵琶湖の風系については過去にいくつか調査・報告がされており枝川・中島(1981)では湖陸風の平均的な特性と、地形・一般風の影響についてまとめているほか、枝川(1986)では琵琶湖の湖陸風に3つの系統があることを観測から明らかにするなど、琵琶湖には固有の循環が存在することが明確にされてきた。図6(a)~(f)は北緯35度における風の東西成分の経度高度断面を示す。図6(a)~(c)は標準実験、(d)~(f)は感度実験の結果である。図6(a)の1500 JSTから図6(c)の1600 JSTまでの時間変化を見ると京都盆地の東側に東風成分の領域(値が負の領域)が存在し時間とともに京都盆地の方へ移動して来る様子が見られる。一方、図6(d)~(f)では京都盆地へ吹き込むような東風成分は見られず1500~1600 JSTを通して西風成分のみが卓越して

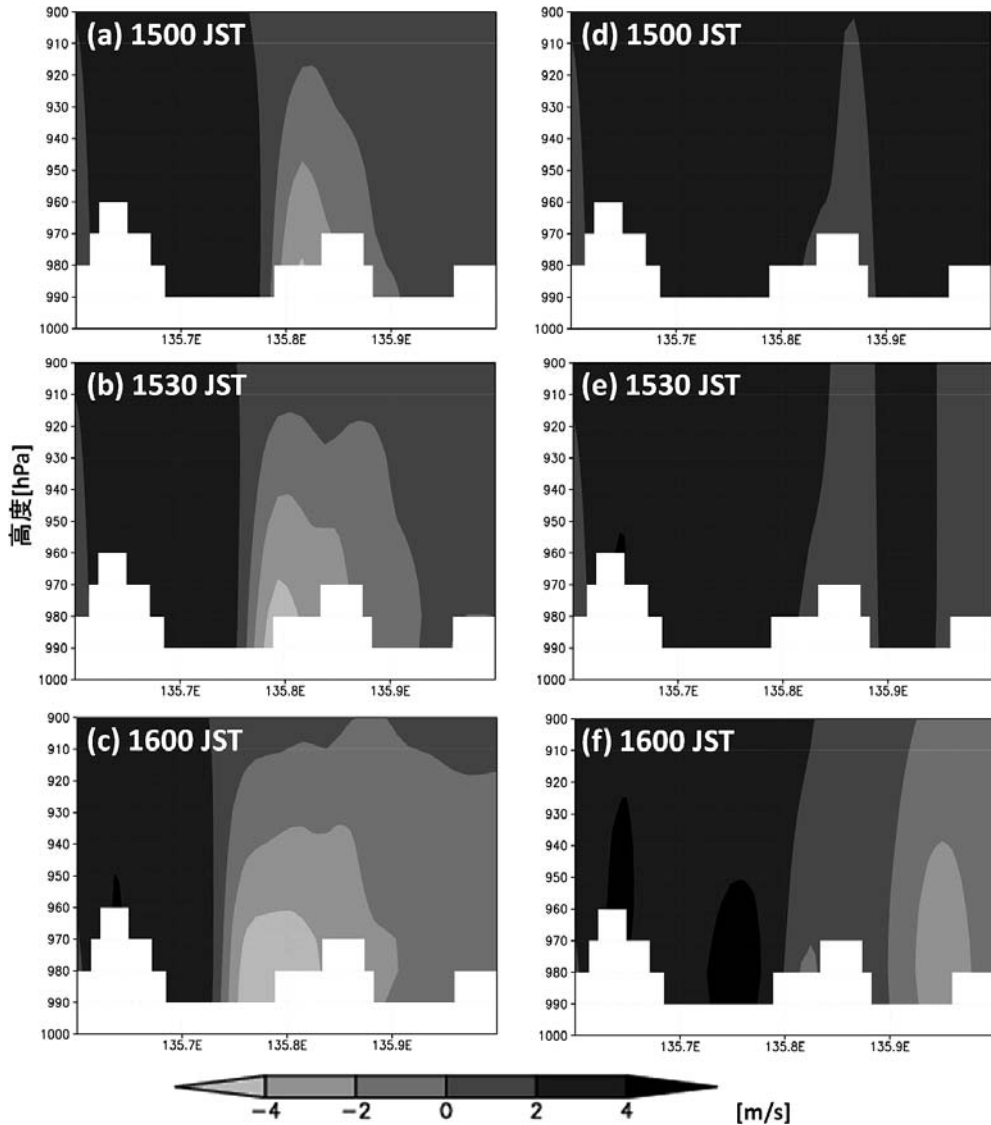


図6 北緯35度における風の東西成分の経度高度断面。(a)~(c)は標準実験,(d)~(f)は感度実験を示す

いた。このことから琵琶湖ありの標準実験の場合では琵琶湖に起因する湖風が数値モデルの中で再現できており、下層の東風は琵琶湖の影響によるものと考えられる。この結果は高田・田中(1996)や祖慶(2006)で指摘されている京都盆地へ吹き込む東風と同様であると考えられる。解析結果で示した可降水量の大きな領域(差が1.5 mm以上の領域)や水蒸気量の大きい領域(差が3 g/kg以上の領域)は琵琶湖の湖風によって京都盆地に移流してきたものであり、京都地方気象台で1600 JSTまでの1時間に31.5 mmという強雨をもたらした原因の1つとして琵琶湖の風系による水蒸気量の大きな領域の流入が影響したものと考えられる。

5. まとめ

本研究では晴天日でかつ夕方に京都市周辺で局地的に強雨をもたらした事例について領域気象予報モデルを用いて琵琶湖ありの標準実験と琵琶湖なしの感度実験を行い、琵琶湖周辺の風系が京都市周辺の大気現象に及ぼす影響について検討した。その結果、琵琶湖の存在によって京都盆地へ向かう風系が作りだされ、これによって標準実験と感度実験と比較して相対的に水蒸気量の大きな領域（差が 3 g/kg ）が琵琶湖方面から移流してくることが 2005 年 8 月 8 日に京都地方気象台で 1 時間に 30 mm 以上の強雨をもたらした原因の 1 つとして考えられる。

なお、今後に残された課題は次の通りである。

1. 2005 年 8 月 8 日の事例以外についても局地的な強雨をもたらした事例について解析・実験を行い、琵琶湖の風系が局地現象に及ぼす影響について統計的にまとめる。
2. 琵琶湖の風系については陸域では地上気象観測によって観測がいくつか実施されているが湖上については圧倒的に観測データが不足しており、湖上の風を連続的かつ面的に観測できる機器の開発も必要である。

謝 辞

最後に、本論文を査読して頂きました 2 名の査読者に深くお礼申し上げます。また、本研究の解析にあたって、気象業務支援センターを通して入手した気象庁編集『メソ客観解析データ』、『アメダス観測データ』を使わせて頂いた気象庁に対して、心より感謝いたします。

参 考 文 献

- 枝川尚資, 1986: 琵琶湖上の気候特性について, 地理学評論, **59**, 589–605.
- 枝川尚資・中島暢太郎, 1981: 琵琶湖流域における湖陸風の研究, 地理学評論, **54**, 545–554.
- Hong, S.-Y., and H.-L. Pan, 1996: Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a Medium-Range Forecast model. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 2322–2339.
- Kain, J. S., and J. M. Fritsch, 1990: A one-dimensional entraining/detraining plume model and its application in convective parameterization. *J. Atmos. Sci.*, **47**, 2784–2801.
- 児玉良三, 1965: 滋賀県の風系について, 研究時報, **18**, 49–52.
- Reisner, J., R. M. Rasmussen, and R. T. Bruintjes, 1998: Explicit forecasting of supercooled liquid water in winter storms using the MM5 mesoscale model. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **124**, 1071–1107.
- 祖慶良平, 2006: 京都盆地に侵入する広域海風・湖風の解析とその数値実験, 京都大学大学院理学研究科修士論文, 1–56.
- 高田望・田中正昭, 1996: 複雑な地形・海陸分布上の海風の動態, 京都大学防災研究所年報, **39(B-2)**, 177–192.

Relation between the Heavy Rainfall in Kyoto City and the Lake Breeze of Lake Biwa on 8 August 2005

Kuniaki HIGASHI

Kenji BABA

Abstract

On 8 August 2005, local heavy rainfall was observed at Kyoto Meteorological Observatory. The rainfall intensity was 31.5 mm per hour. On the other hand, the heavy rainfall was not observed around the nearby observation sites. Therefore, it was a local heavy rainfall system. Based on the surface weather map, the Pacific high covered around Kyoto region. From 0700 to 1400 JST, the sunshine duration was enough to the Kyoto Meteorological Observatory. We investigate a relation between the heavy rainfall and lake breeze system using a regional numerical model (MM5). One of the results is that, if Lake Biwa did not exist, the lake breeze was not dominated to Kyoto city and the water vapor content was decrease. The other result is that, if Lake Biwa existed, the lake breeze was dominated to Kyoto city and the water vapor content was increase. We consider that the heavy rainfall has relation with the lake breeze.

Keywords: Lake Biwa, lake breeze, water vapor content, precipitable water, local heavy rainfall