

# 豪雨の発生するしくみ

京都大学 学際融合教育研究推進センター  
極端気象適応社会教育ユニット  
石原 正仁

次世代安心・安全ITCフォーラム  
公開シンポジウム  
「ゲリラ豪雨研究の最前線」  
2013年9月5日 大阪大学中之島センター

# はじめに 大雨の分類（気象庁）

- 大雨 災害が発生するおそれのある雨→大雨警報
- 局地的大雨 急に強く降り、数十分の短時間に狭い範囲に数十mm程度の雨量をもたらす雨
  - 2008年7月28日 都賀川大雨 5名
  - 2008年8月5日 雑司ヶ谷大雨 5名
- 豪雨 著しい災害が発生した顕著な大雨現象
  - 1982年57年7月23日 長崎豪雨 300名
  - 2012年7月 九州北部豪雨 29名
- 集中豪雨 狭い範囲に数時間にわたり強く降り、100mmから数百mmの雨量をもたらす雨



ゲリラ豪雨

# もくじ

1. 最近の降雨の傾向
2. 大雨の発生するしくみ
3. 関西における大雨の例（2012年8月宇治大雨）
4. まとめ

# 1. 最近の降雨の傾向

## 2013年の大雨

8月8,9日秋田県、岩手県 **7名**

7月18日山形県

8月27日苫小牧

6月19日石川県

7月29,30日石川県

7月28,29日山口県、島根県 **5名**

7月27日東京都

8月24日島根県 **1名**

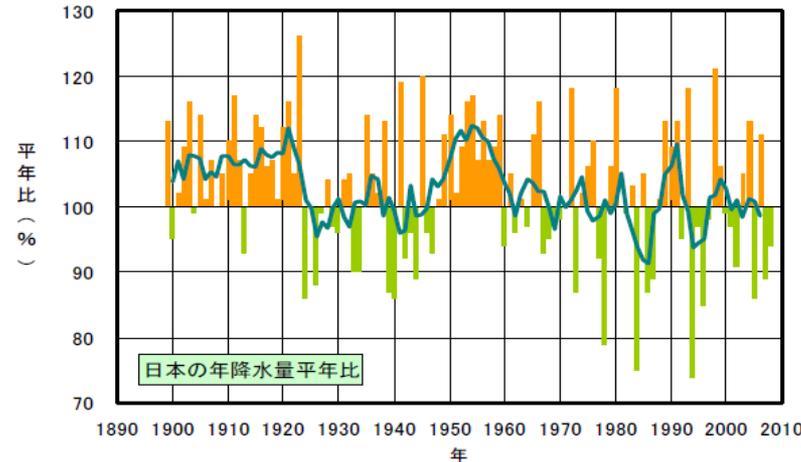
8月25日大阪府、兵庫県

6月29日鹿児島県



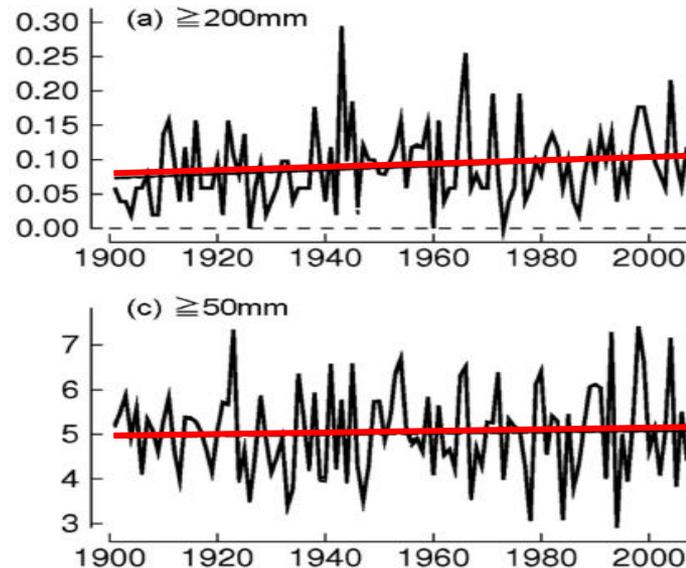
# 日本において大雨は増えているか

## ● 日本の年々の降水量は変動が大きい



気候変動監視レポート  
2010 (気象庁より)

## ● 短時間強雨は増加傾向



降水量の階級別年間日数の  
経年変化 (日本51地点平均、  
1901~2009年)  
藤部 (2009)より

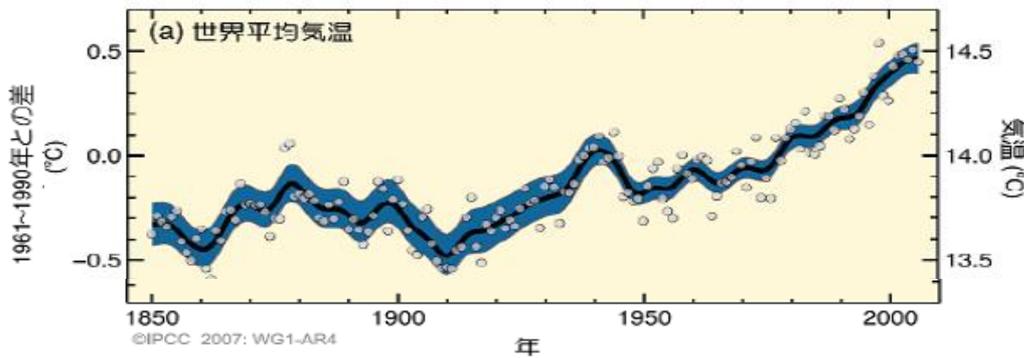
# 降水量を変化させる要因

1. **人間起源の地球規模の温暖化：地球温暖化**
2. **都市域の高温化：ヒートアイランド現象**

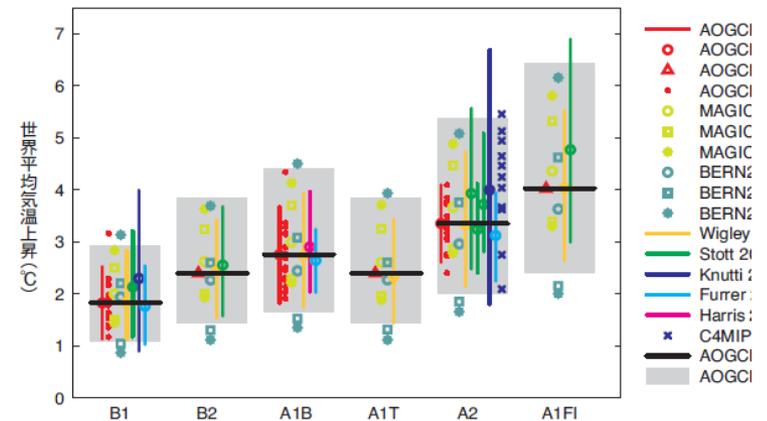
# 地球温暖化

● 過去150年間で平均気温が約1°C上昇

● 今後100年で2~4°Cの上昇と予想



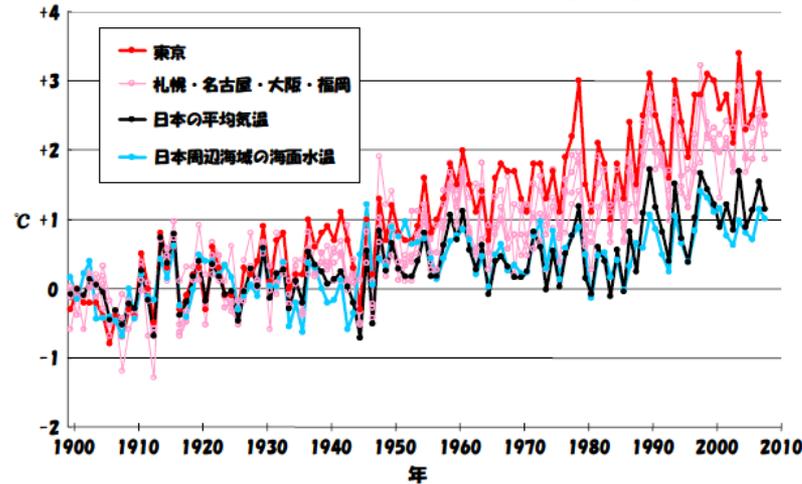
予測された2090~2099年の昇温



気候変動に関する政府間パネル 第1作業部会により受諾された  
報告書 (2007) 技術要約 (気象庁) から

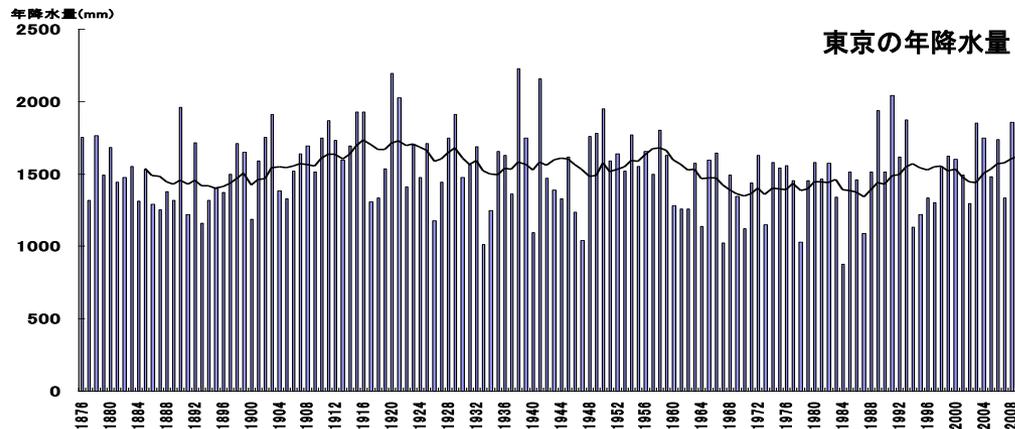
# ヒートアイランド現象

- 日本の大都市(17地点)の平均気温と日本周辺の海面水温の推移(1901~1930年の30年平均値からの差)



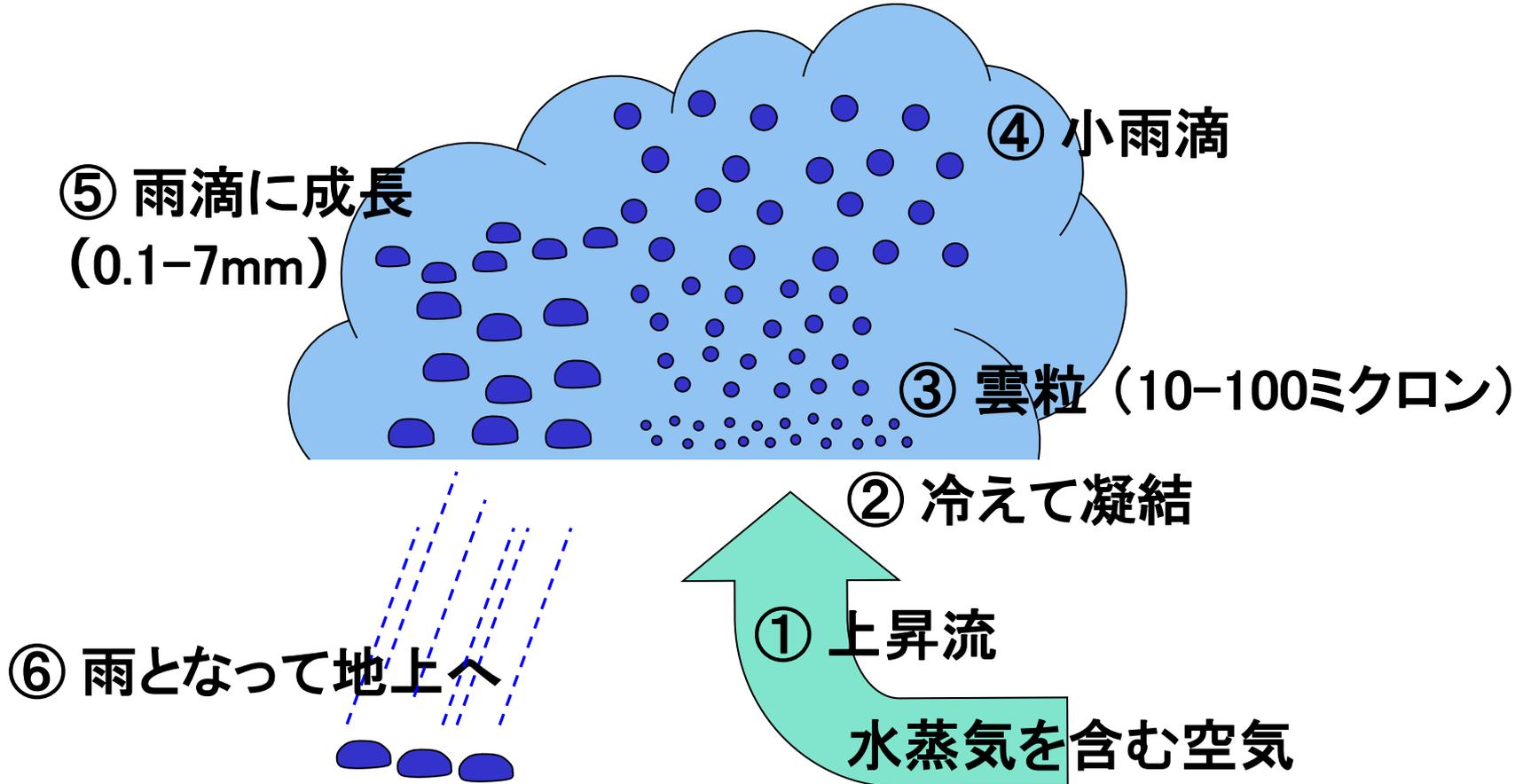
温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート  
「日本の気候変動とその影響」文部省、気象庁、環境省(2009)より

- 降水量の変化には増加傾向にはない

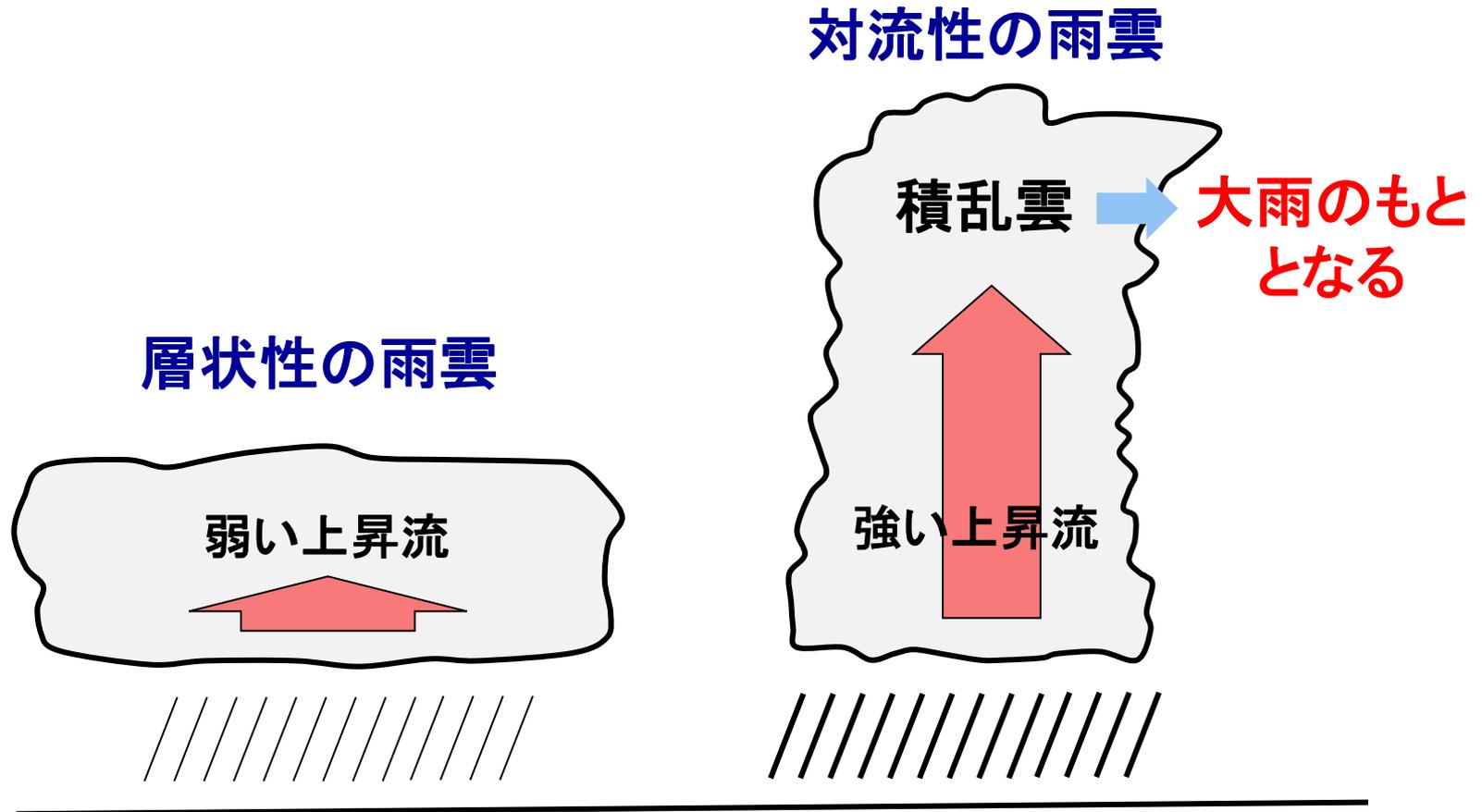


## 2. 大雨の発生するしくみ

### 雨の降るしくみ



# 2種類の雨雲

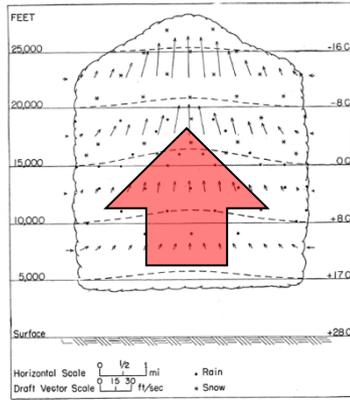


- 雨の強さ      1時間に10mm以下      1時間に60mmに達する
- 雨の寿命      長いときには数時間      1時間程度

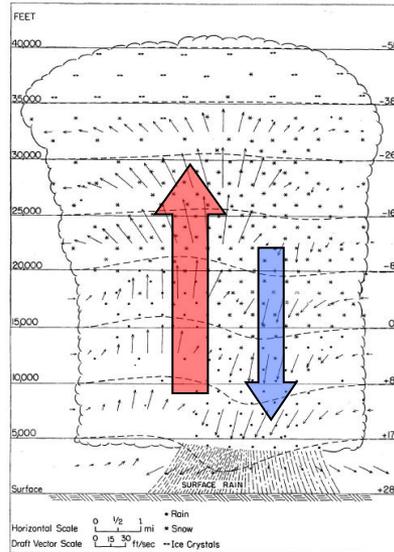
# ただしひとつの積乱雲だけでは大雨にならない

- 米国フロリダ州  
Byers and Braham (1949)

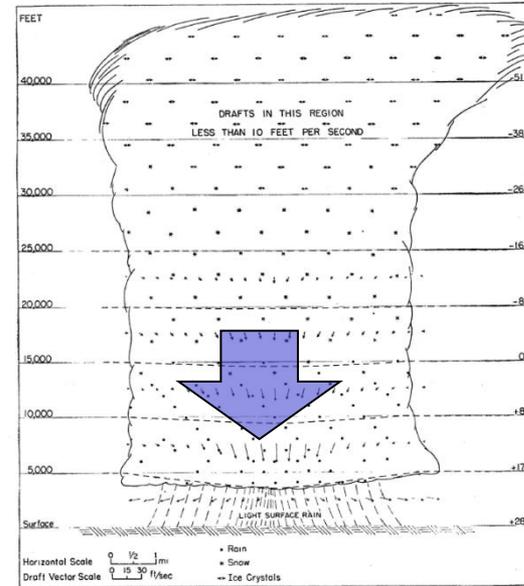
## 発達期



## 成熟期

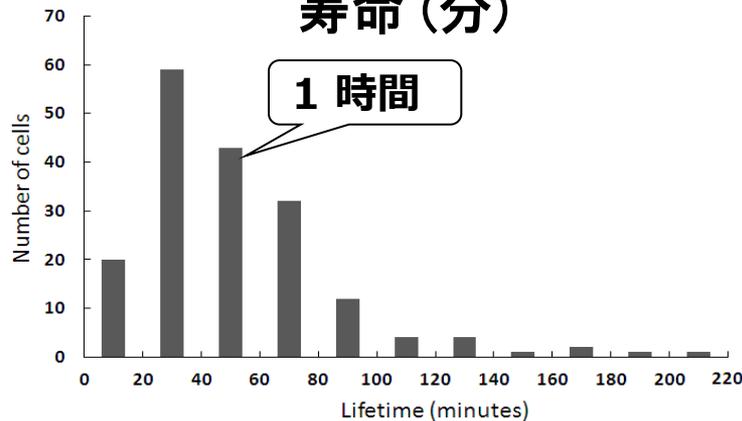


## 衰弱期

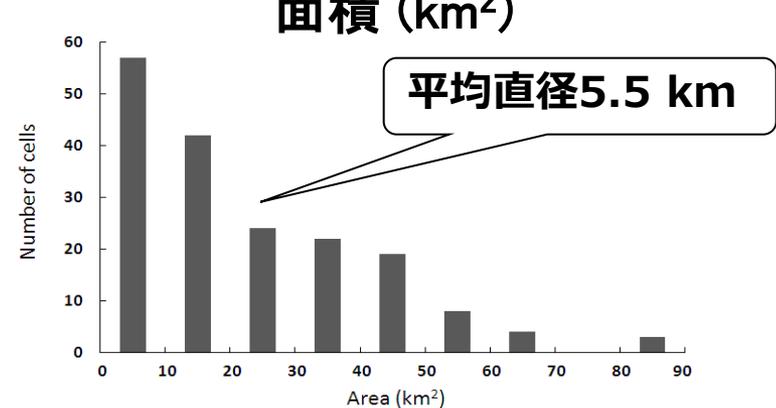


- 東京雑司ヶ谷大雨の日(2008年8月5日)の179個の積乱雲

## 寿命(分)



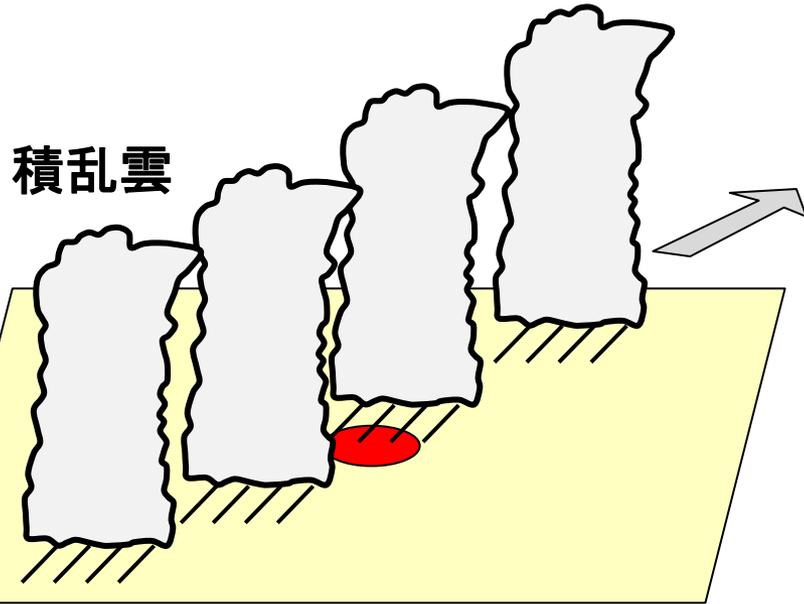
## 面積(km<sup>2</sup>)



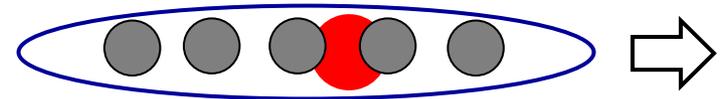
# 大雨発生のしくみ

## ① 線状降水帯

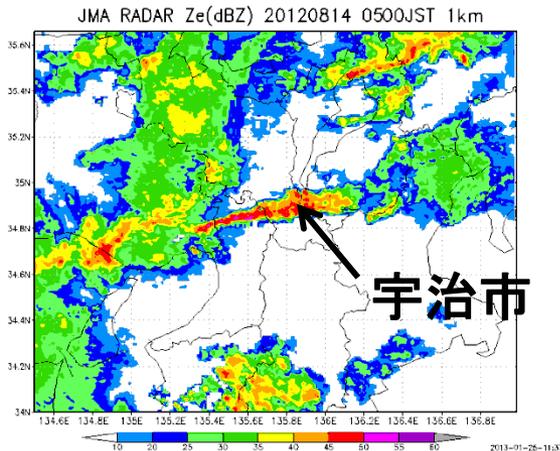
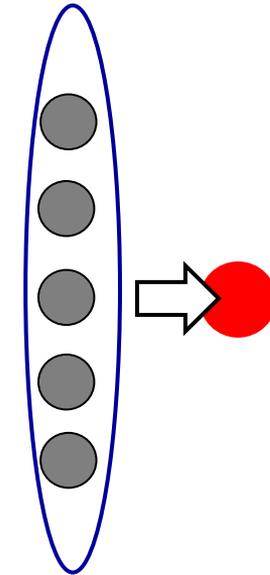
- 積乱雲が上空を次々に通過していく



- 大雨になるケース



- 大雨にならないケース

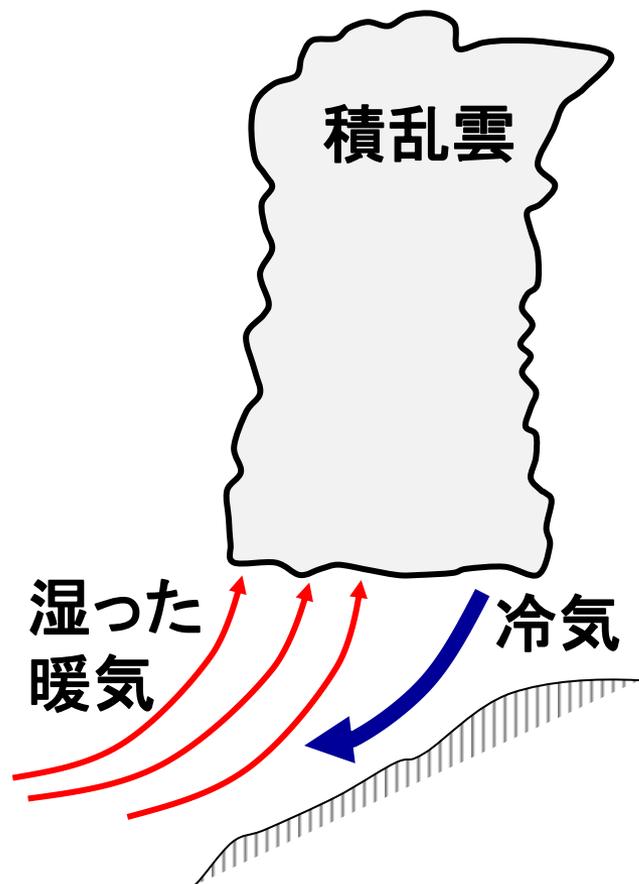


例 2012年8月14日  
宇治大雨

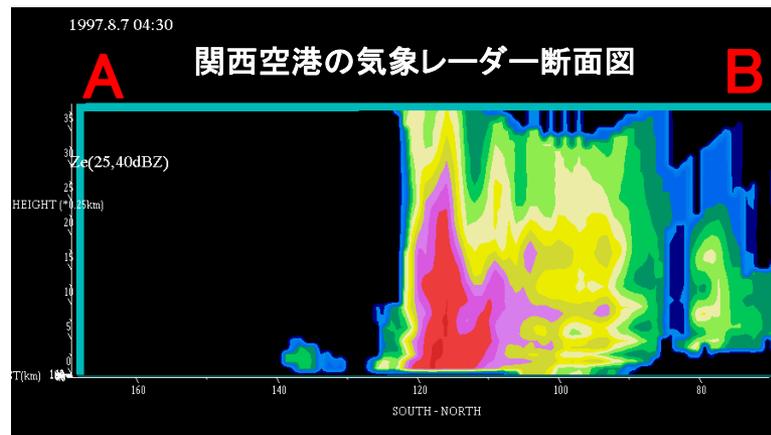
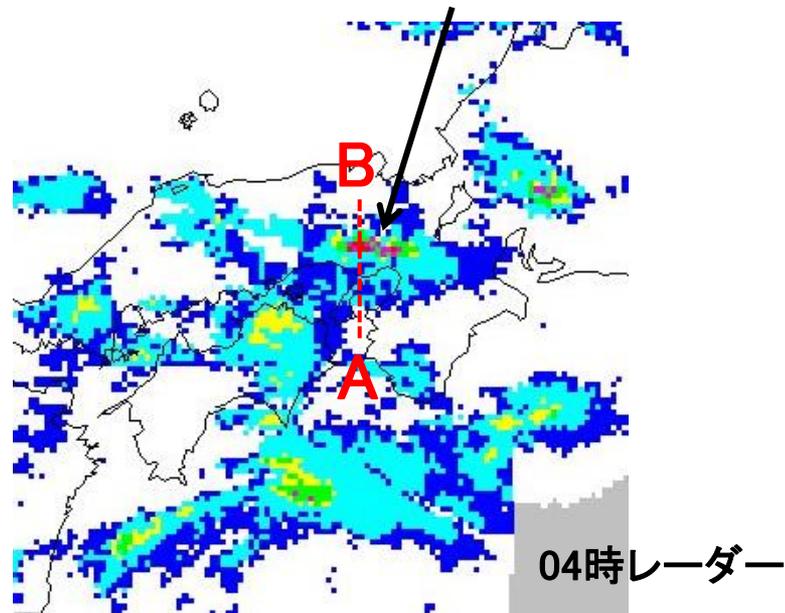
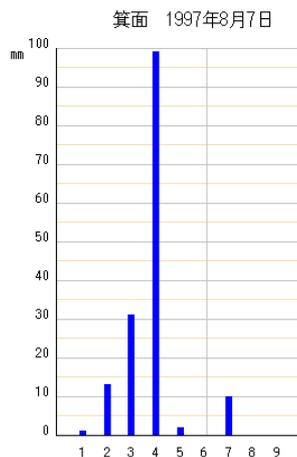
# 大雨発生のしくみ

## ② 地形性的大雨

- 山の斜面を駆け上がる気流が長続きする積乱雲を作る



例 1997年8月7日 箕面市の大雨

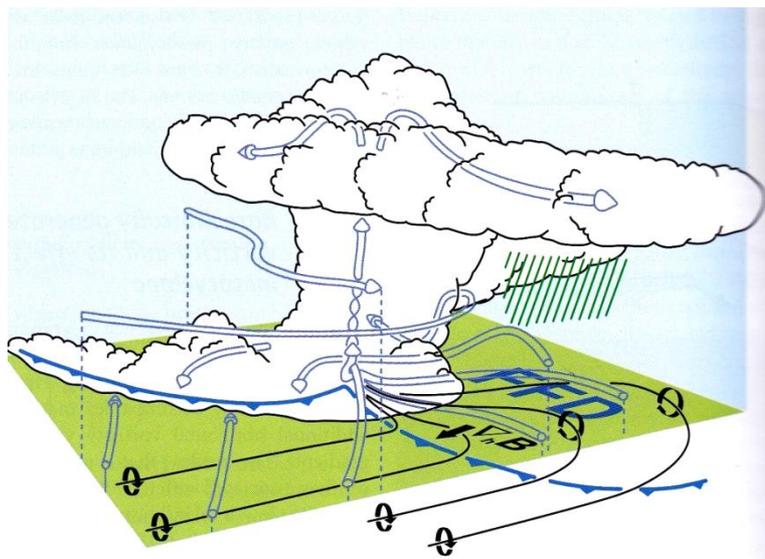


# 大雨発生のしくみ

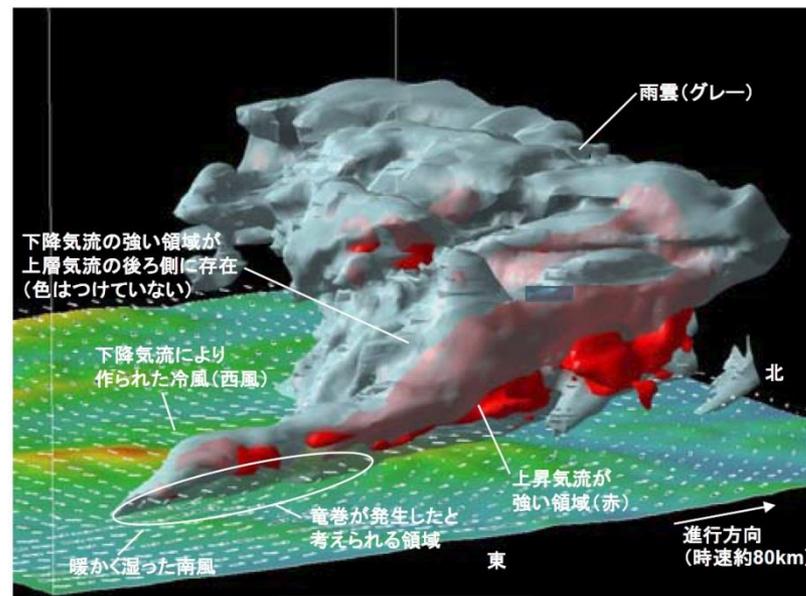
## ③ スーパーセルストーム: 竜巻を作る

- 大気下層～中層で風向が大きく変化する条件下で、暖湿気流が上昇すると長続きする巨大積乱雲が発達

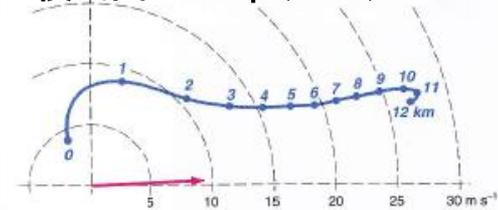
例 2006年11月7日 北海道佐呂間町に竜巻をもたらしたスーパーセルストーム



米国中西部にトルネードをもたらすスーパーセルストームの模式図 Klemp (1987)



気象研究所 加藤輝之氏による数値シミュレーション結果 (2007)



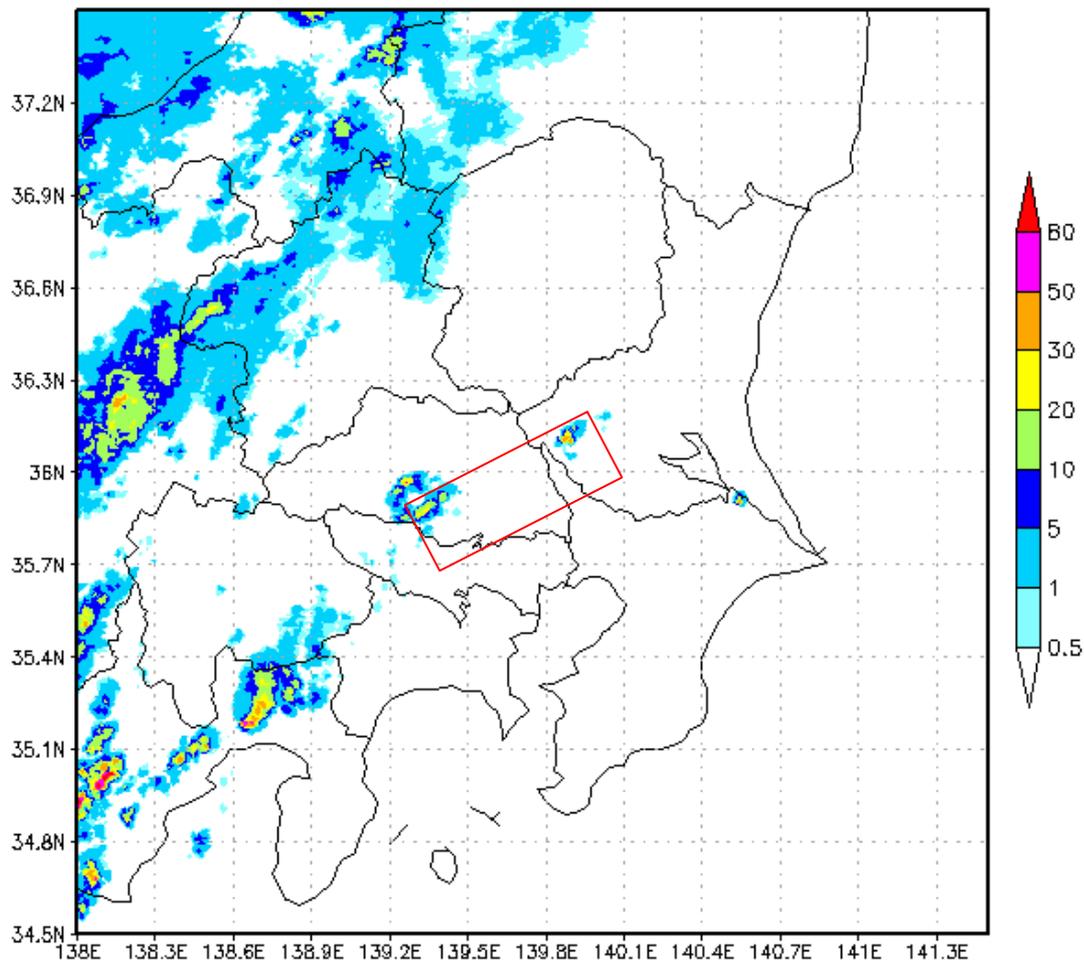
上空の風の分布  
Markowski (2003)

# 大雨発生のしくみ

## ③ スーパーセルストーム: 竜巻を作る

埼玉県越谷市・千葉県野田市の竜巻 2013年9月2日14時頃

JMA RADAR 20130902 1300JST (mm/h)



2013-09-02-22:14

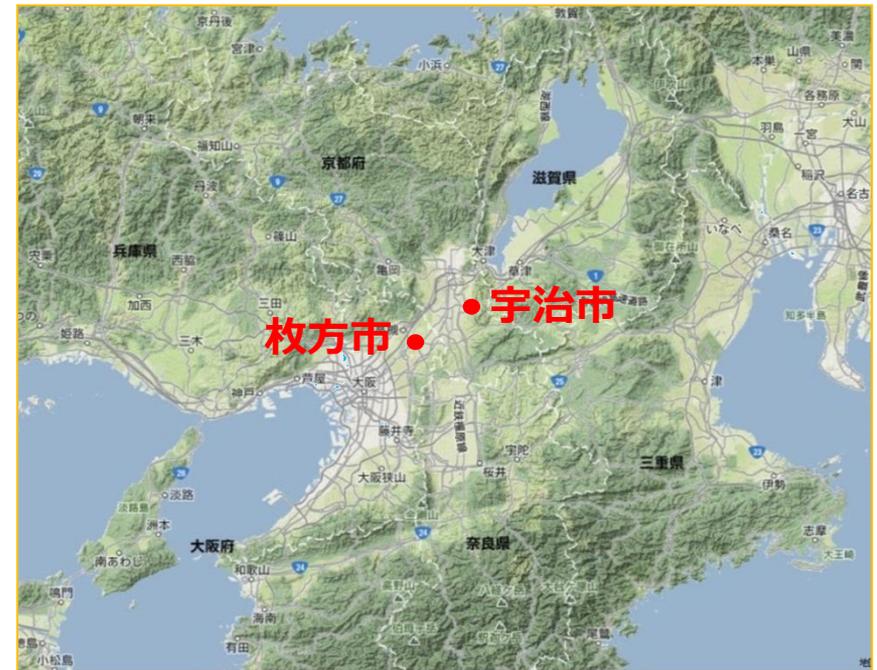
### 3. 関西における大雨の事例

#### 2012年8月14日の宇治大雨

- 8月13日深夜～14日早朝、宇治市～枚方市付近に大雨が発生した。
- 宇治市では総降水量が400mm(解析雨量)に達し、家屋流出により1名が死亡、1名が行方不明となった。枚方市では用水路に流されて1名が亡くなった。小河川の破堤等により1,663戸の床上浸水、7,200戸の床下浸水の被害が発生した（総理府 2012）。

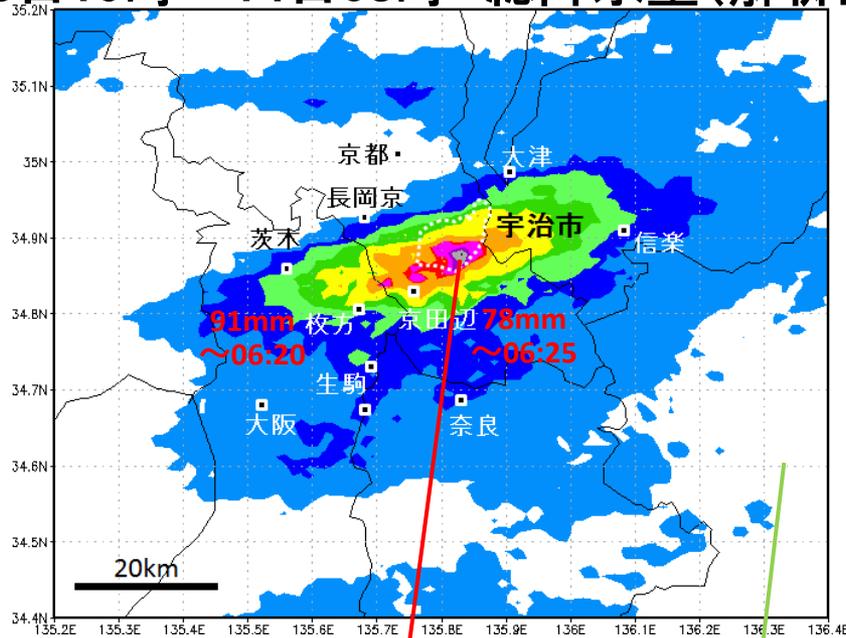
#### 疑問点

1. どのような雨雲が大雨をもたらしたのか？
2. なぜ宇治市付近に大雨が集中したのか？
3. なぜ雨雲が作られたのか？

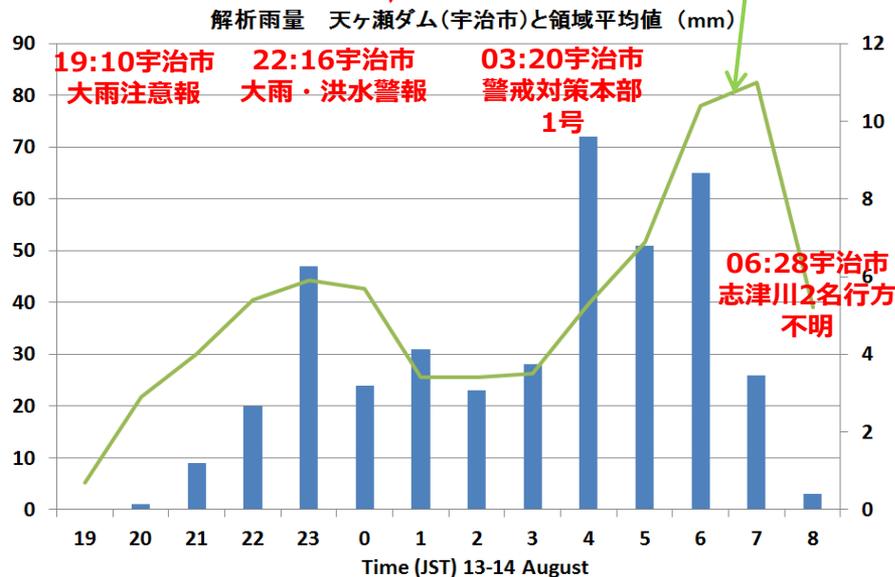


# 宇治大雨による降水量

13日19時～14日08時 総降水量(解析雨量)



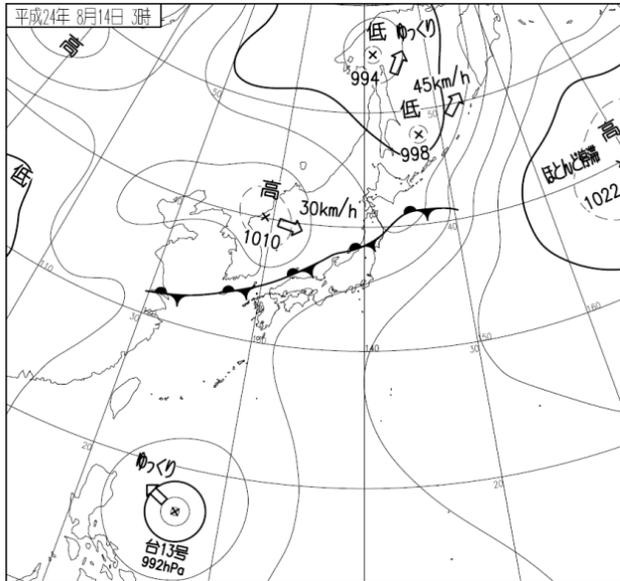
宇治市志津川 家屋流出箇所  
(国土交通省近畿地方整備局資料から)



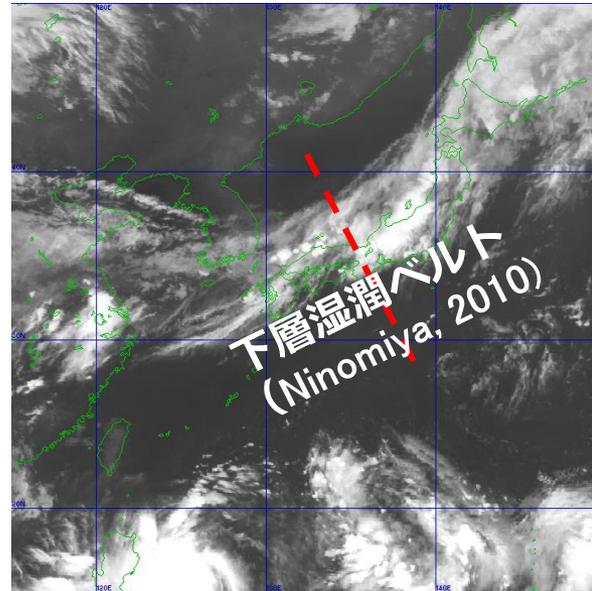
宇治市弥陀次郎川の堤防決壊による浸水  
(毎日新聞記事から)

# 当日の気象状況

## 大雨の最盛期 の地上天気図 (14日03時)

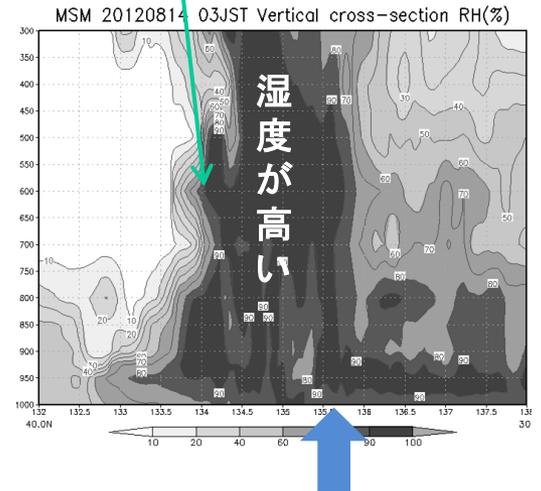


## 静止気象衛星 赤外画像



## 相対湿度の断面図

上空水蒸気前線  
(小倉ほか, 2011)

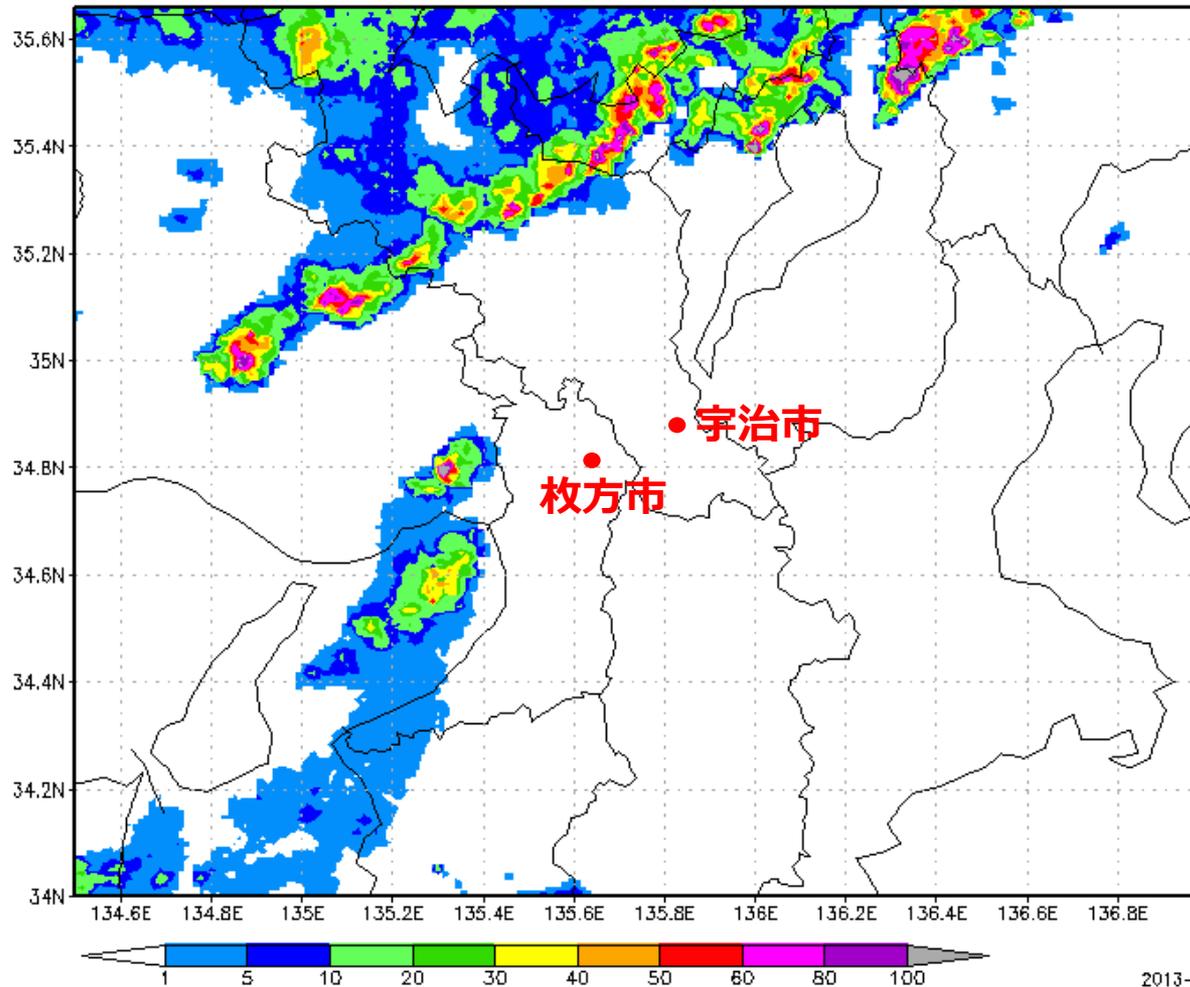


宇治市

# 気象レーダー画像による大雨の全体像

8月13日19時～14日08時の13時間

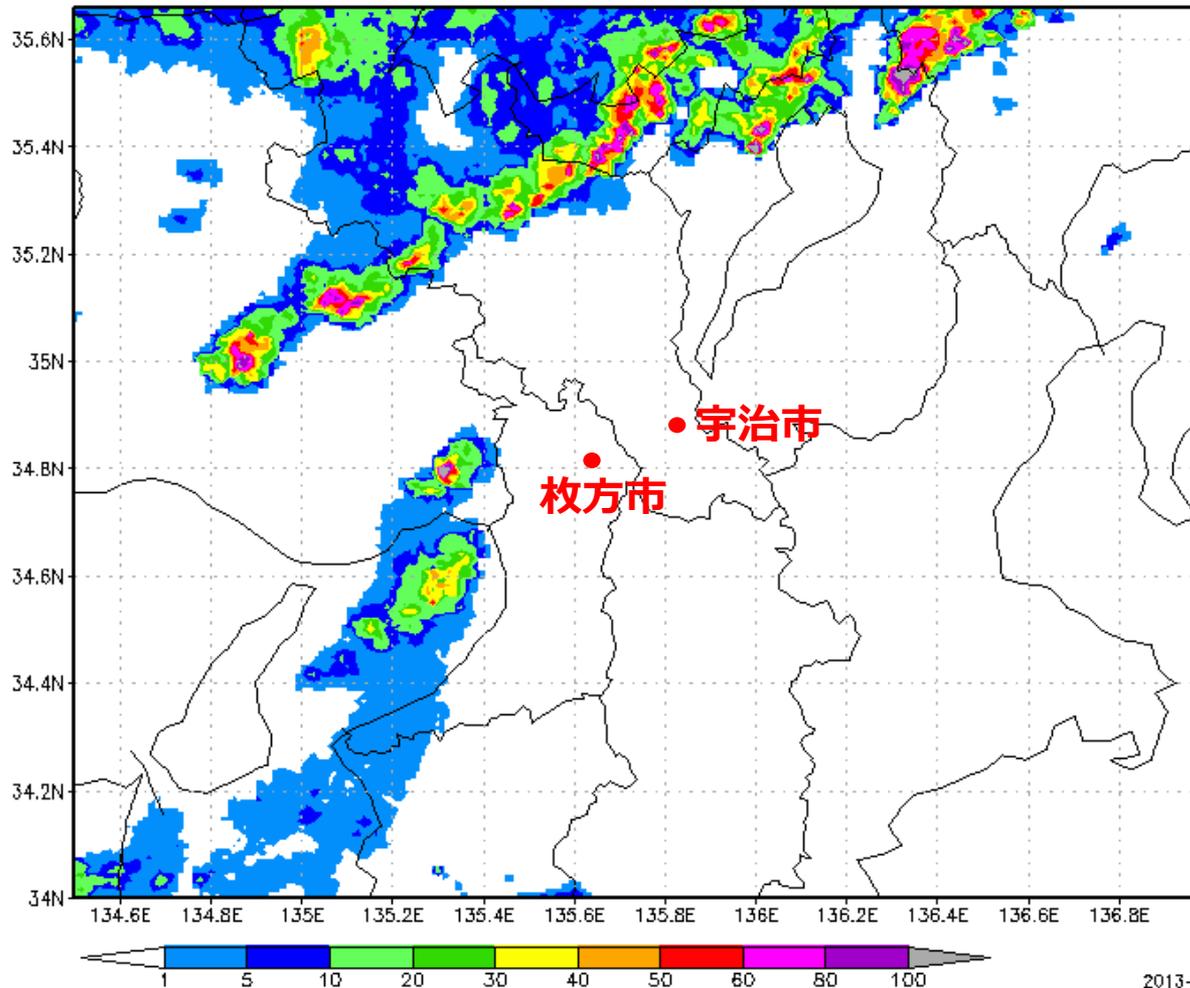
JMA RADAR Rain Intensity(mm/hr) 20120813 1900JST



# 気象レーダー画像による大雨の全体像

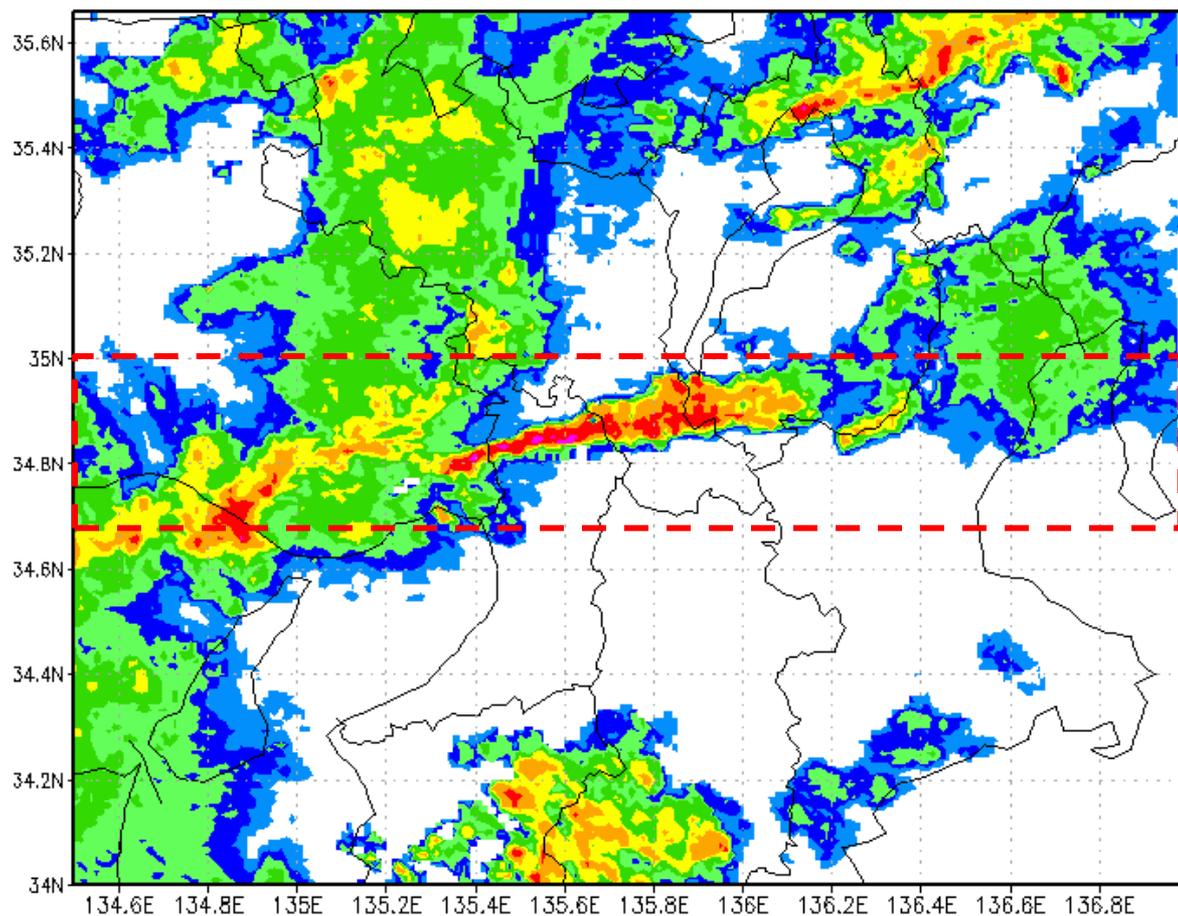
8月13日19時～14日08時の13時間

JMA RADAR Rain Intensity(mm/hr) 20120813 1900JST



# 線状降水帯の時間変化を調べる

JMA RADAR Ze(dBZ) 20120814 0500JST 1km



取り出し  
て並べる

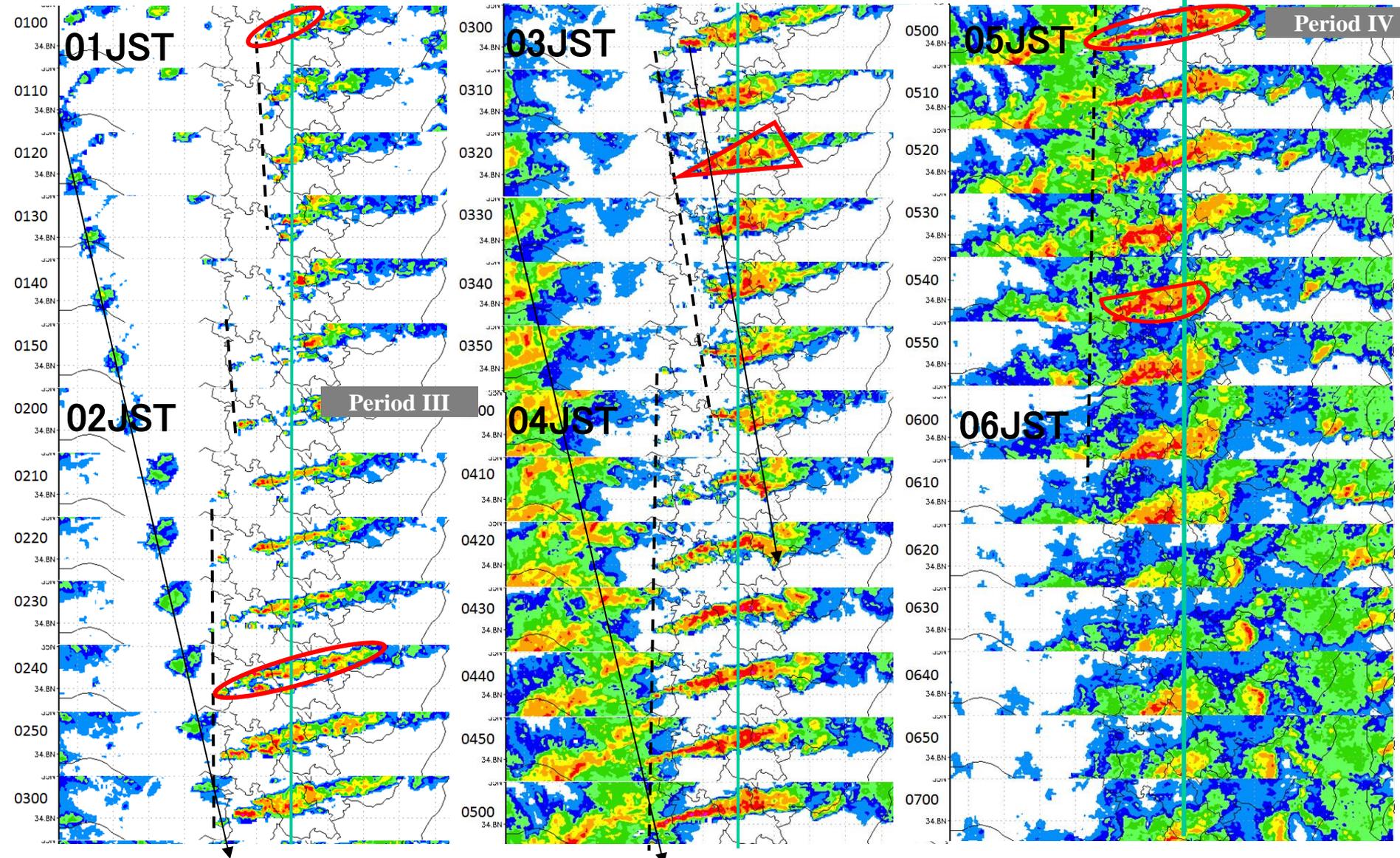
2013-01-26-11:37



# 線状降水帯の時間変化

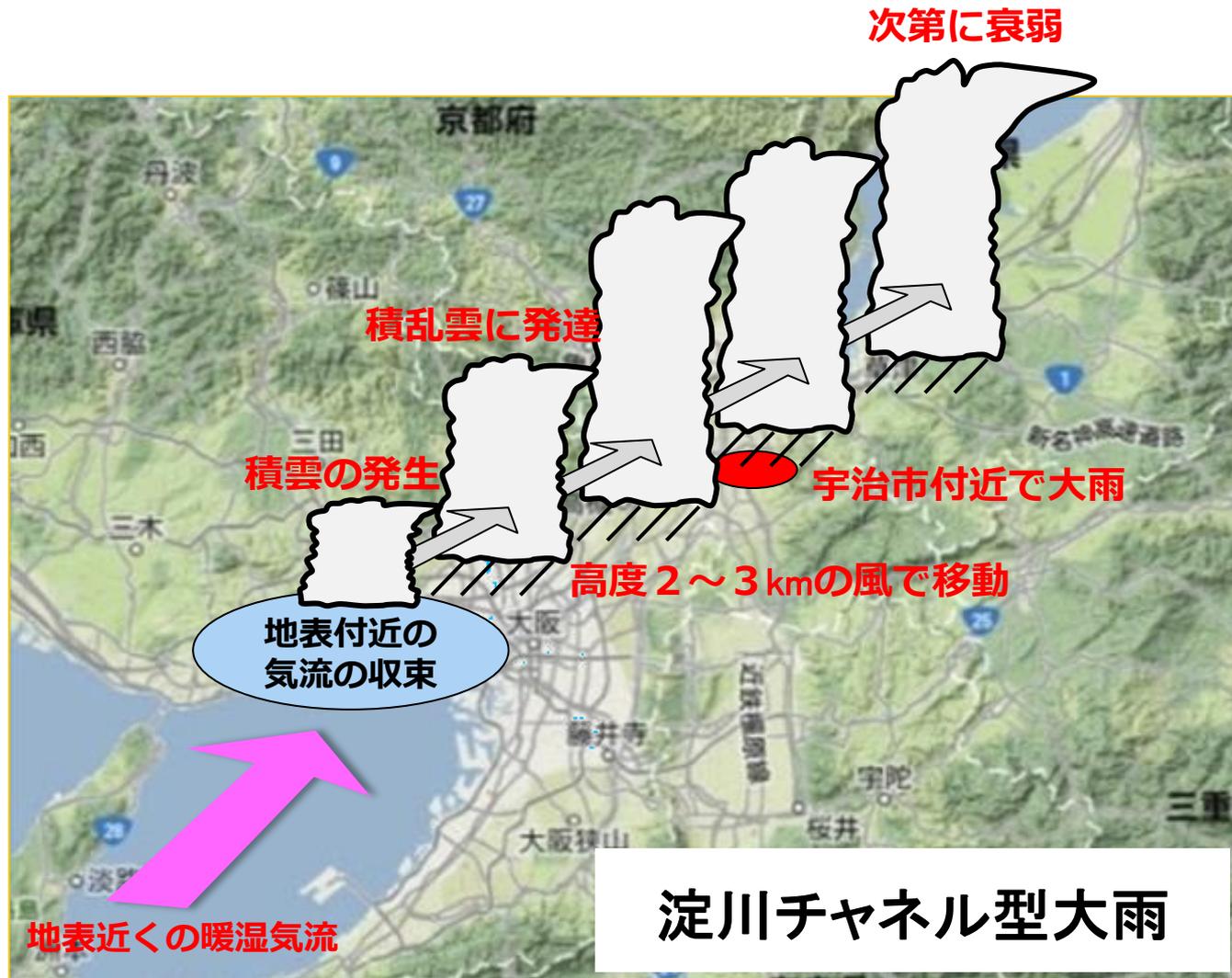
高度1km反射強度

Period IV

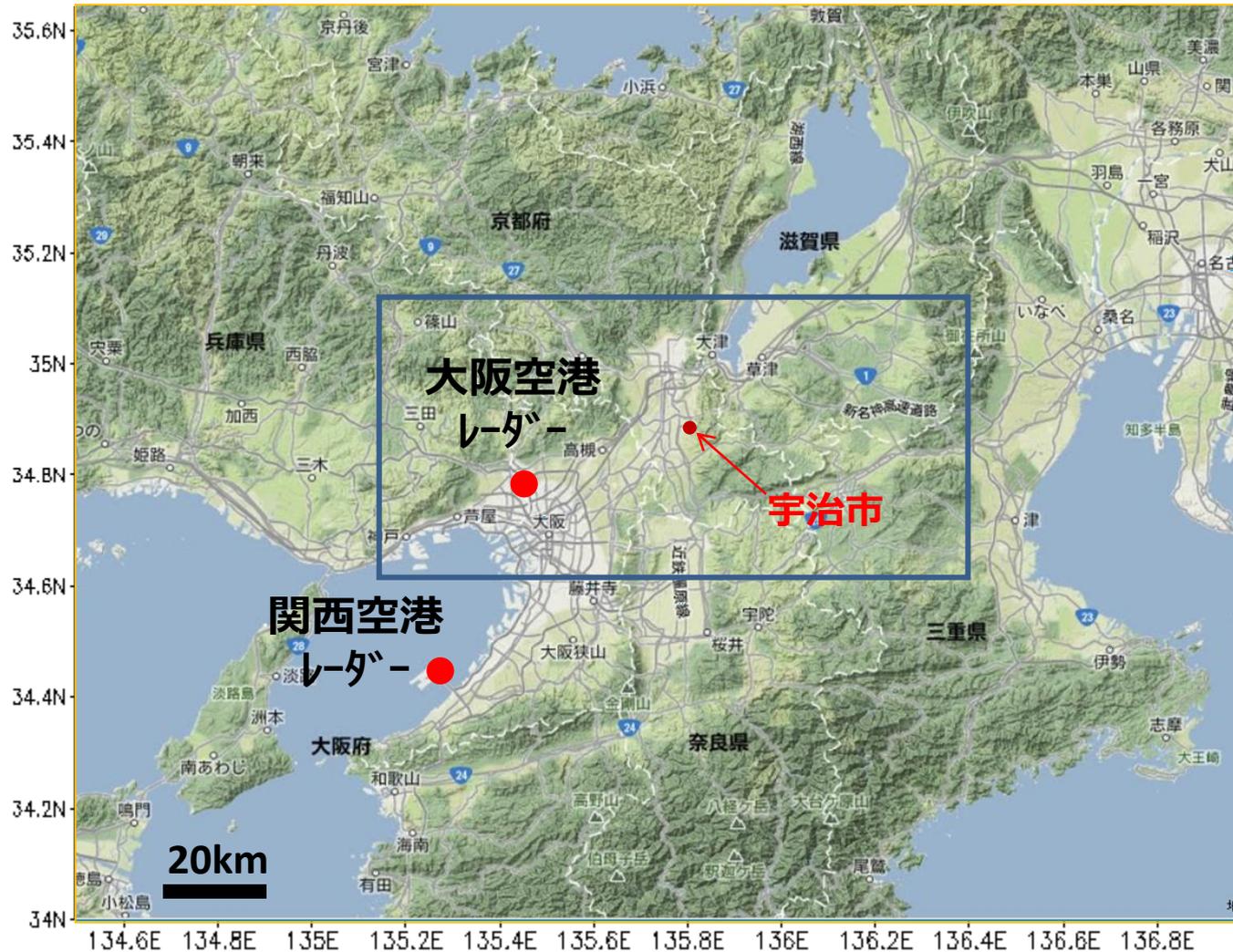


積乱雲の移動が  
10m/sに減速

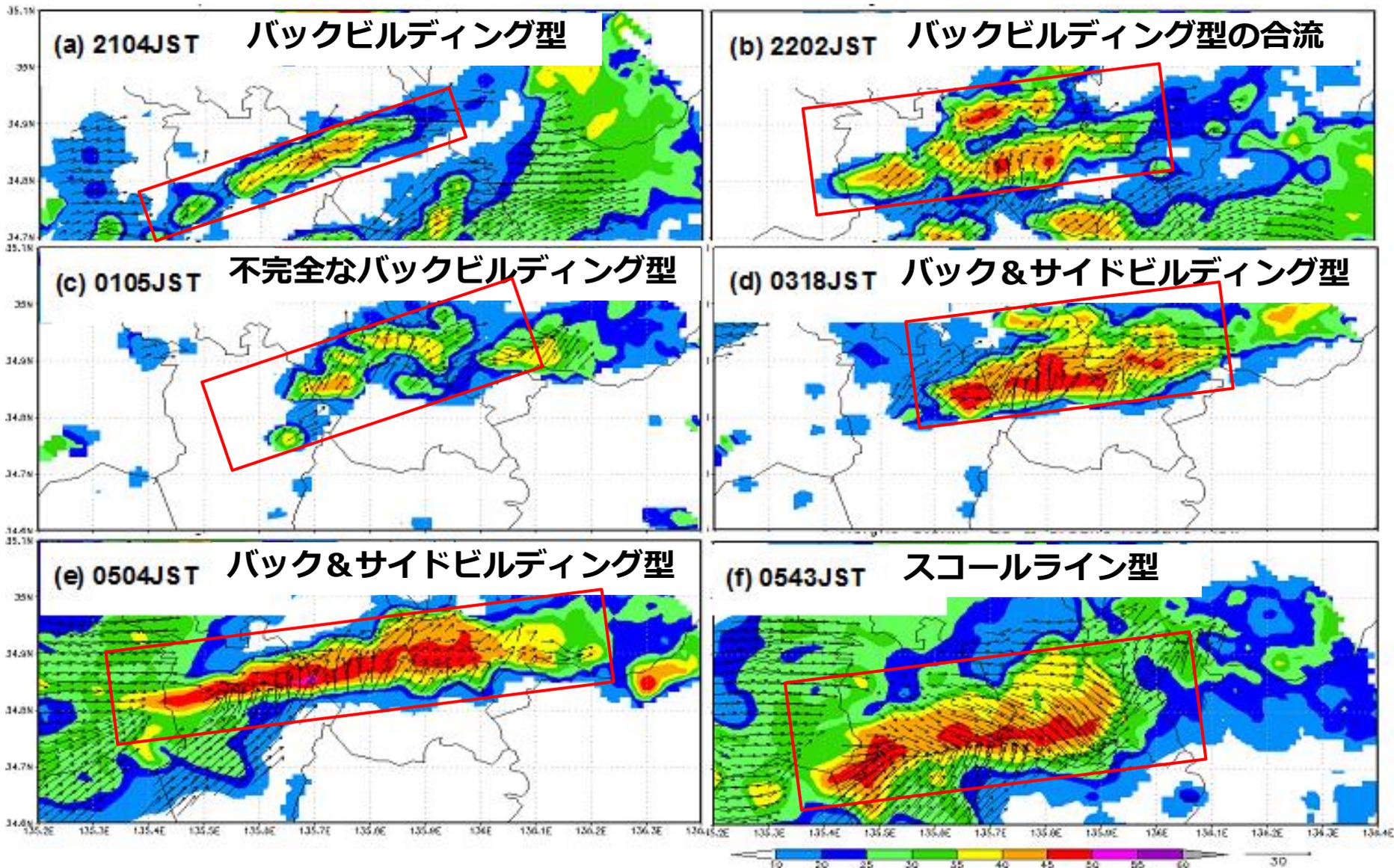
# 線状降水帯の模式図



# 線状降水帯周辺の気流構造を調べる

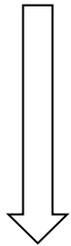


# 線状降水帯周辺の気流構造と降雨のタイプ



# 疑問1: どのような雨雲が大雨をもたらしたのか

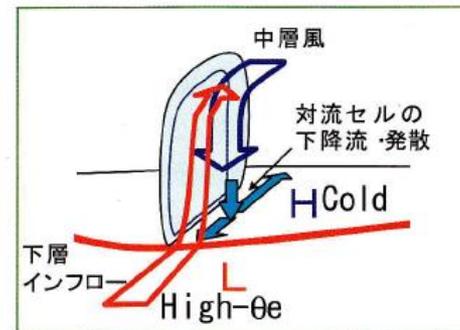
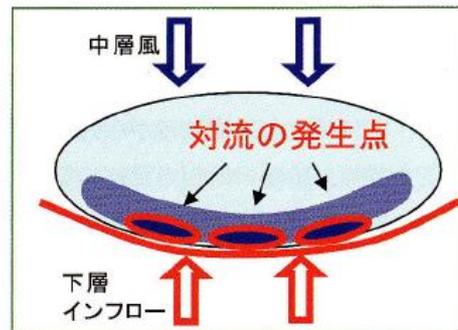
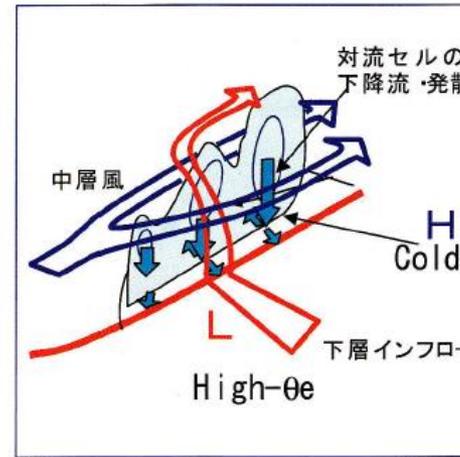
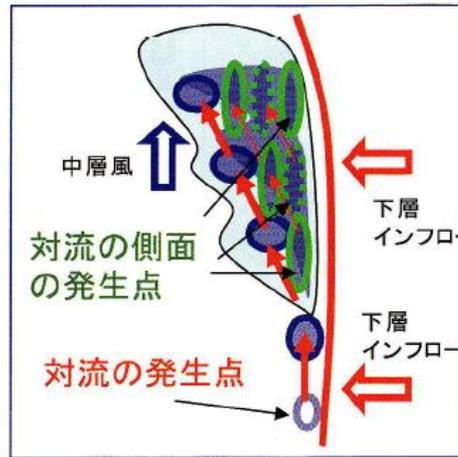
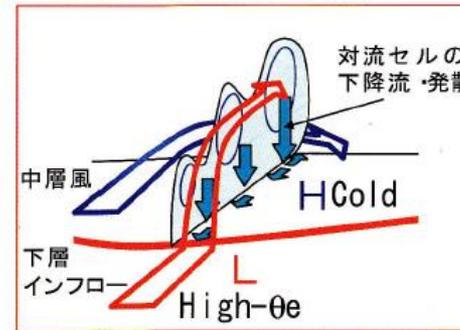
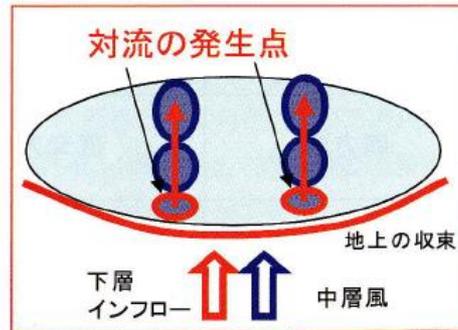
バックビルディング  
型



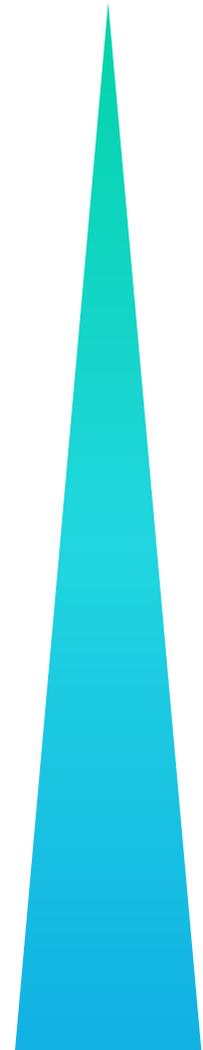
バック&  
サイドビルディング型



スコールライン型

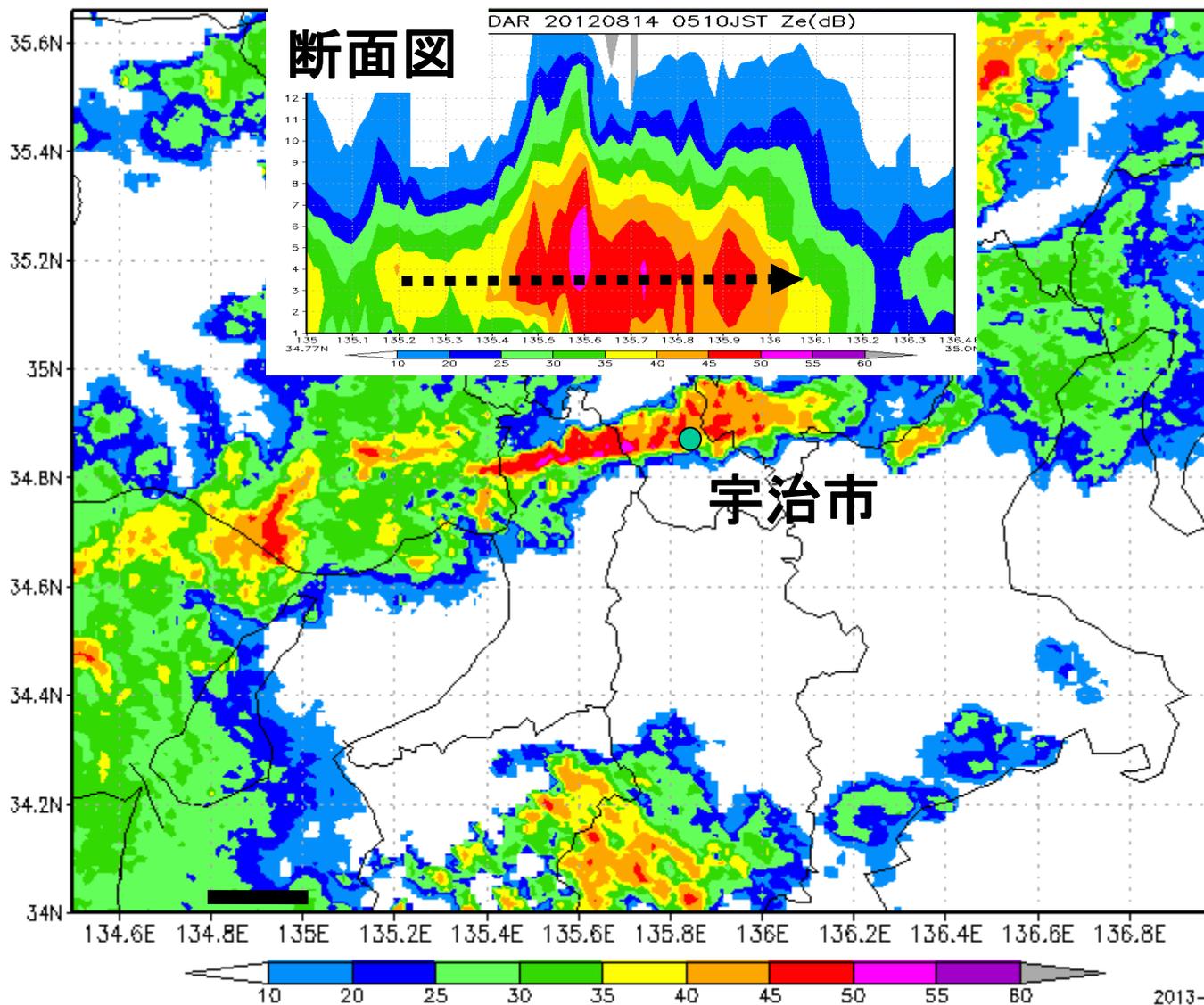


降水量



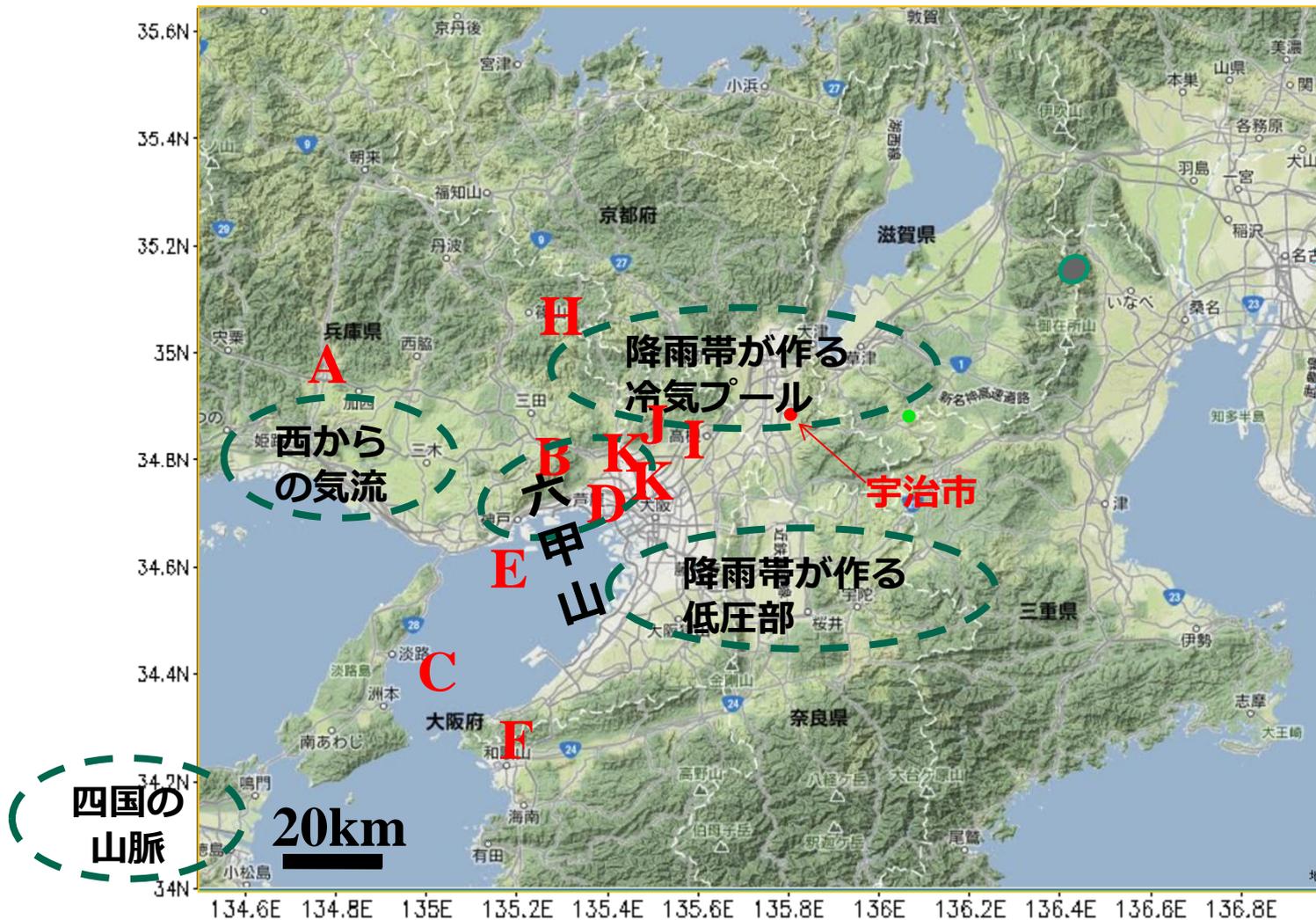
# 疑問2:なぜ宇治市付近に雨が集中したのか

- 兵庫県東部から宇治まで50km → 積乱雲が14m/sで60分間移動 → 成熟期の積乱雲が宇治市に到達



# 疑問3:なぜ雨雲は作られ、なぜタイプが変化したのか

- なぜ線状降水帯の西端で積乱雲が続けて発生したのか → 未解決



A~K : 2012年8月13-14日に発生した11の線状降水帯の西端

## 4. まとめ 今回理解したことと今後の課題

### 理解したこと

1. どのような雨雲が大雨をもたらしたのか？
2. なぜ宇治市付近に大雨が集中したのか？

### 課題と対策

1. なぜ雨雲が作られ、タイプが変化したのか？

**先端の観測技術、精緻な数値実験による研究が必要**

2. 大雨のより良い監視・予測はどうすればよいのか？

- **定常観測の充実、数値予報の高度化**
- **気象情報の改善**

特別警報→「数十年に一度の降雨量となる大雨が予想されるとき」

災害基本対策法の改正→「屋内退避、市町村長が气象台等に助言を求める」

**ご清聴ありがとうございました**

## 私が携わった仕事

- 1970 長崎でラジオゾンデによる梅雨前線の観測（気象大学校実習）
- 1974～1978 石垣島地方気象台でレーダー観測業務
- 1979 気象研究所で海洋気象観測船のレーダーによる熱帯海洋上の積乱雲の観測
- 1981,1982 釧路でミリ波レーダーによる海霧の観測
- 1981～1989 つくば周辺で複数ドップラーレーダーによる台風や積乱雲の観測・解析
- 1983,1984 金沢でドップラーレーダーによる豪雪の観測
- 1986 米国オクラホマ州でドップラーレーダーによるトルネードの観測
- 1987 那覇でドップラーレーダーによる亜熱帯降水システムの観測
- 1988 福岡県柳川でドップラーレーダーによる梅雨末期の豪雨の観測
- 1990 沖縄県宮古島でドップラーレーダーによる最盛期の台風の観測
- 1991～1995 空港気象ドップラーレーダー整備プロジェクト 関西・成田・羽田空港に開設
- 1999～2002 気象庁ウィンドプロファイラ整備プロジェクト 全国24地点に開設
- 2003～2007 気象庁、気象研究所で管理業務
- 2010 気象研究所で科学技術戦略推進費「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」プロジェクト開始
- 2012～ 京都大学極端気象適応社会教育ユニット  
2012年5月6日北関東竜巻、2012年8月14日宇治大雨の解析