

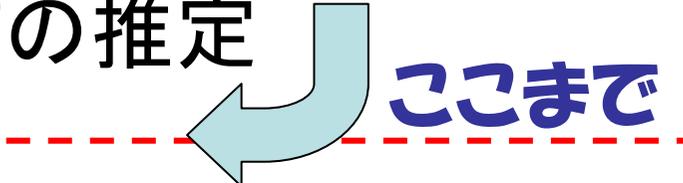
MRRで観測された 降水粒子の融解状況について

越田智喜(いであ株)

はじめに

- 本研究では気象レーダによる降水の定量観測精度向上のため、融解粒子の定量観測を試みている。
- 降水粒子の融解過程のレーダ観測は、ブライトバンドとして知られ、現象の複雑さ(形状、電気的特性の変化)ゆえに、興味深い課題である。
- 融解状態を評価することは、上空から地上への熱フラックス(寒気フラックス)を評価する上で重要と考える。

解析の手法

1. **雪から雨への観測の整理**
MRRによる降雨の鉛直分布観測
2. **雪から雨への変化**
融解モデルによるMRR観測ビン毎の計算
3. **融解中のレーダ反射強度因子の計算**
 - (1) 融解前の速度分布の推定 **本日の報告**
 - (2) 融解粒子の粒径分布の推定
 - (3) 乱流の効果の推定 
 - (4) 融解粒子の誘電率の推定
4. **観測と計算の比較・融解過程の理解**

MRRの概観



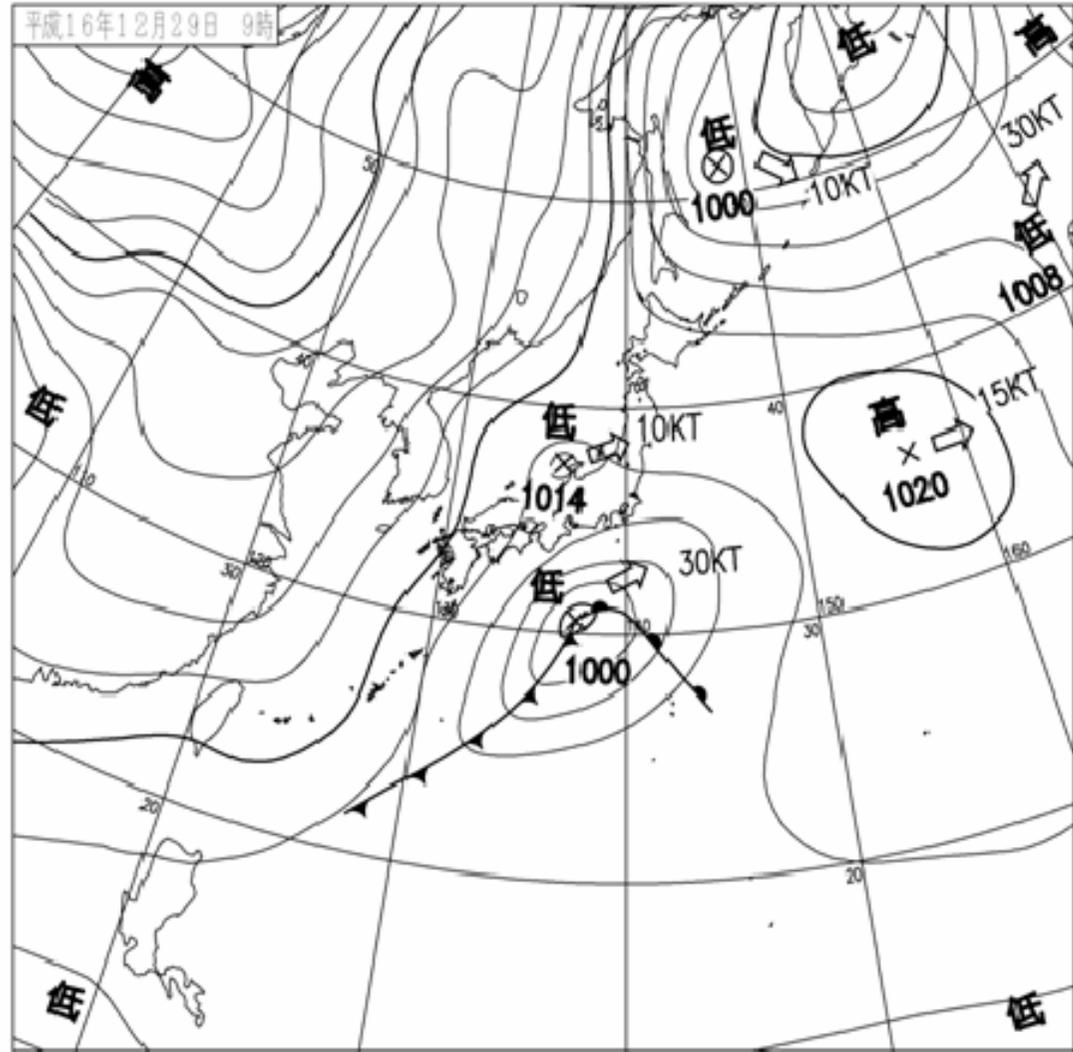
東京大学 生産技術研究所 屋上にて観測

MRRの仕様

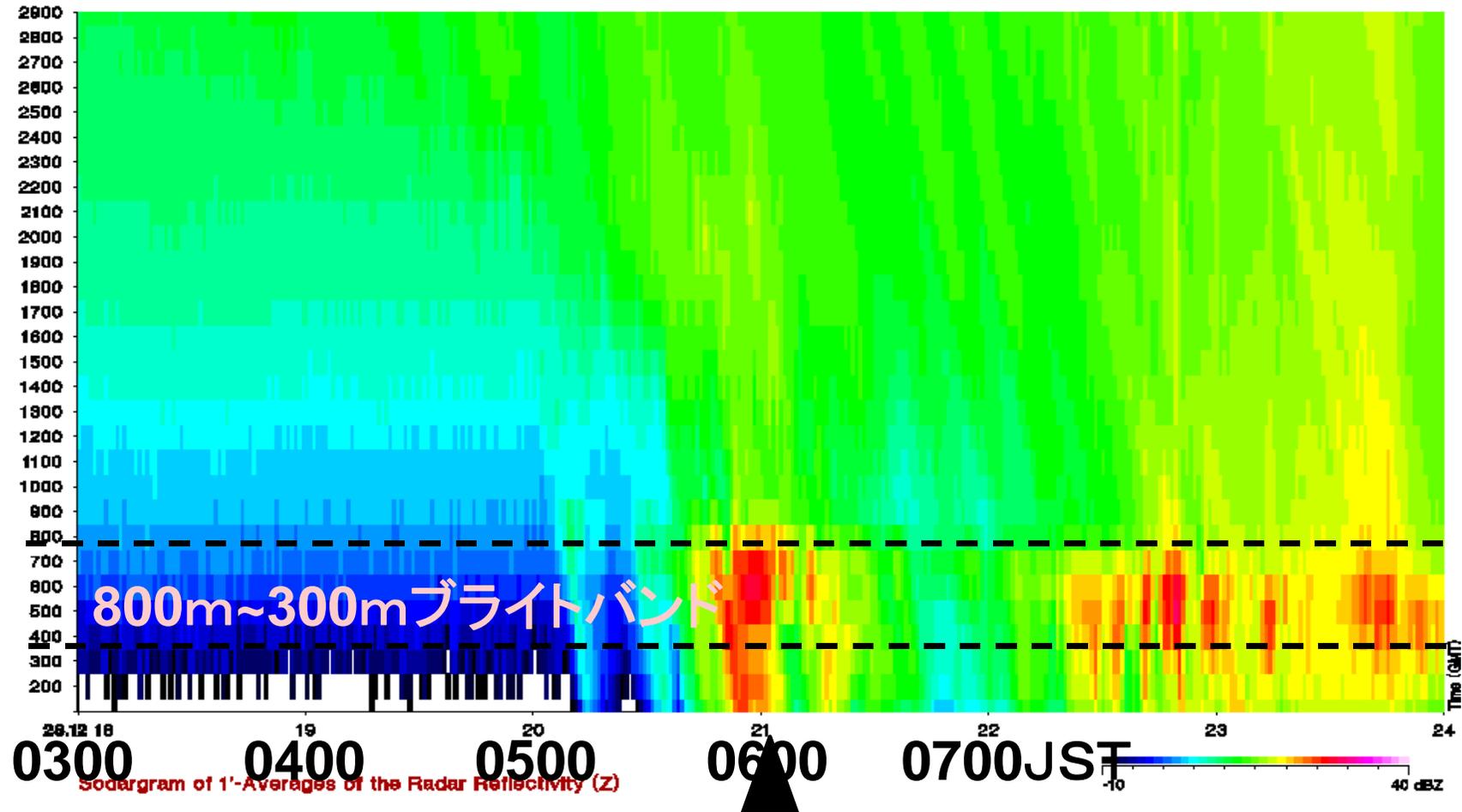
- ・ Transmit frequency 24.1GHz (wave length 12.4mm)
- ・ Transmit power 50mW
- ・ Receive-transmitter antenna Offset parabolic,0.6m diameter
- ・ Beam width 2degree(35m at 1km)
- ・ Modulation FMCW
- ・ Height resolution 10 - 200m (100m in this study)
- ・ Averaging time 10 - 3600s (60min in this study)
- ・ Height range 29range gate
(e.g.100-2900m at 100m-res)
- ・ Observation location 35 39' 38" N 139 41' 6" E 26.8m

1. 融解状況; 解析対象降雨

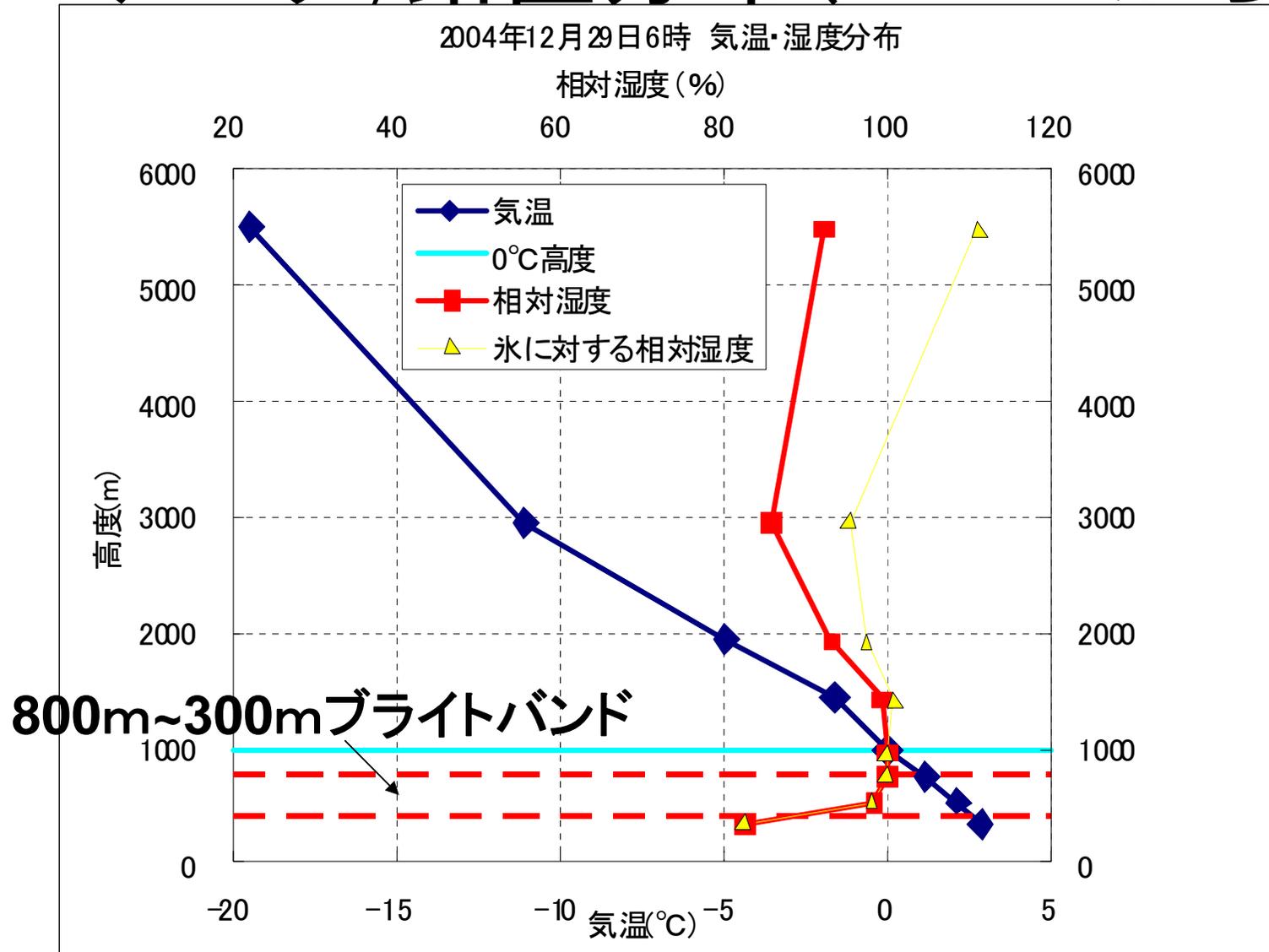
- 天気図 2004年
12月29日 9時
- 日本の南岸を低気圧が通過
- 降りだしが雨で後に雪に変わる
- 6:10~6:20の10分間を対象
- 6:00~30分で、0.3mmを記録



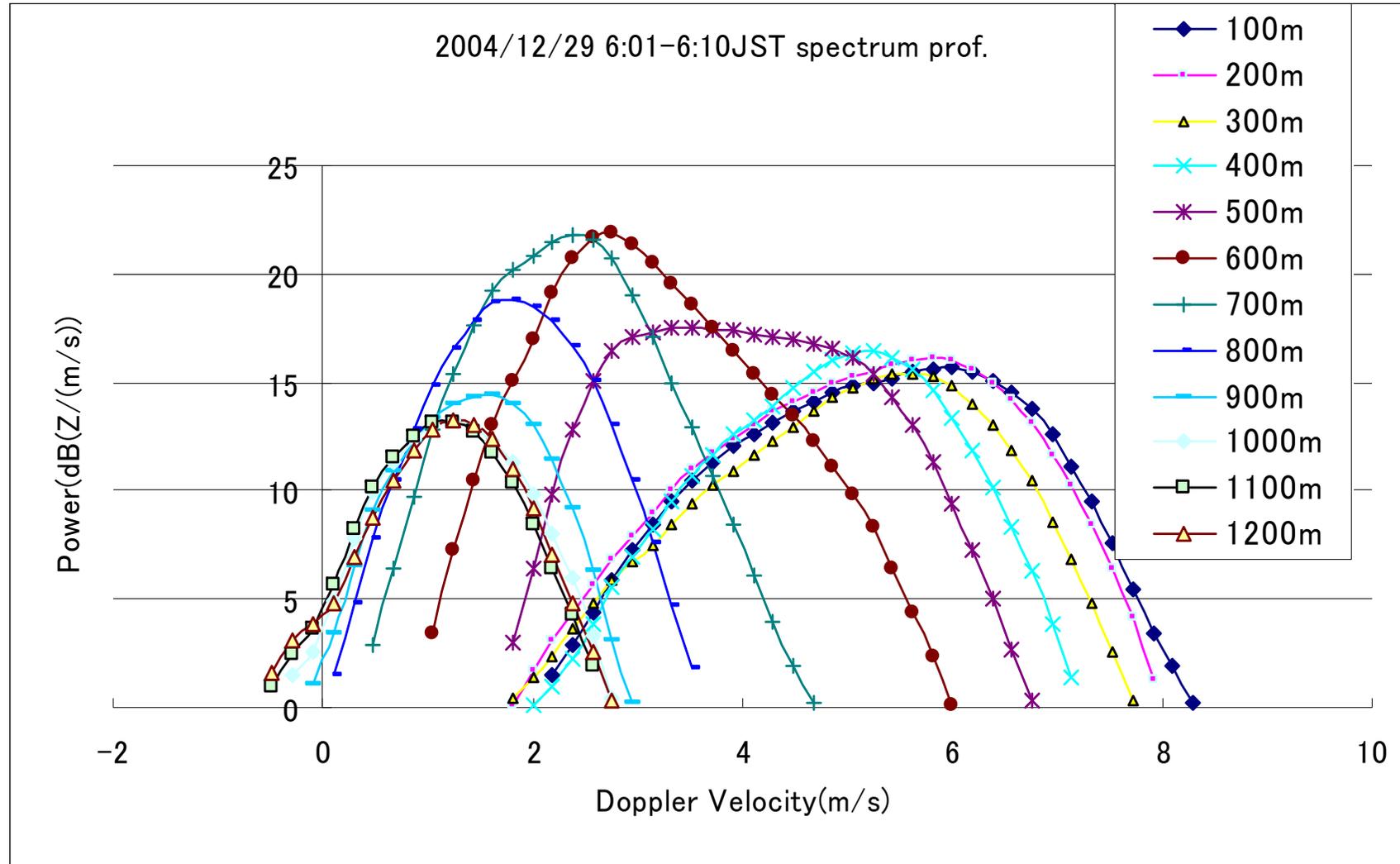
1. データ: 時間高度断面図



1. データ:鉛直分布(MSMから)



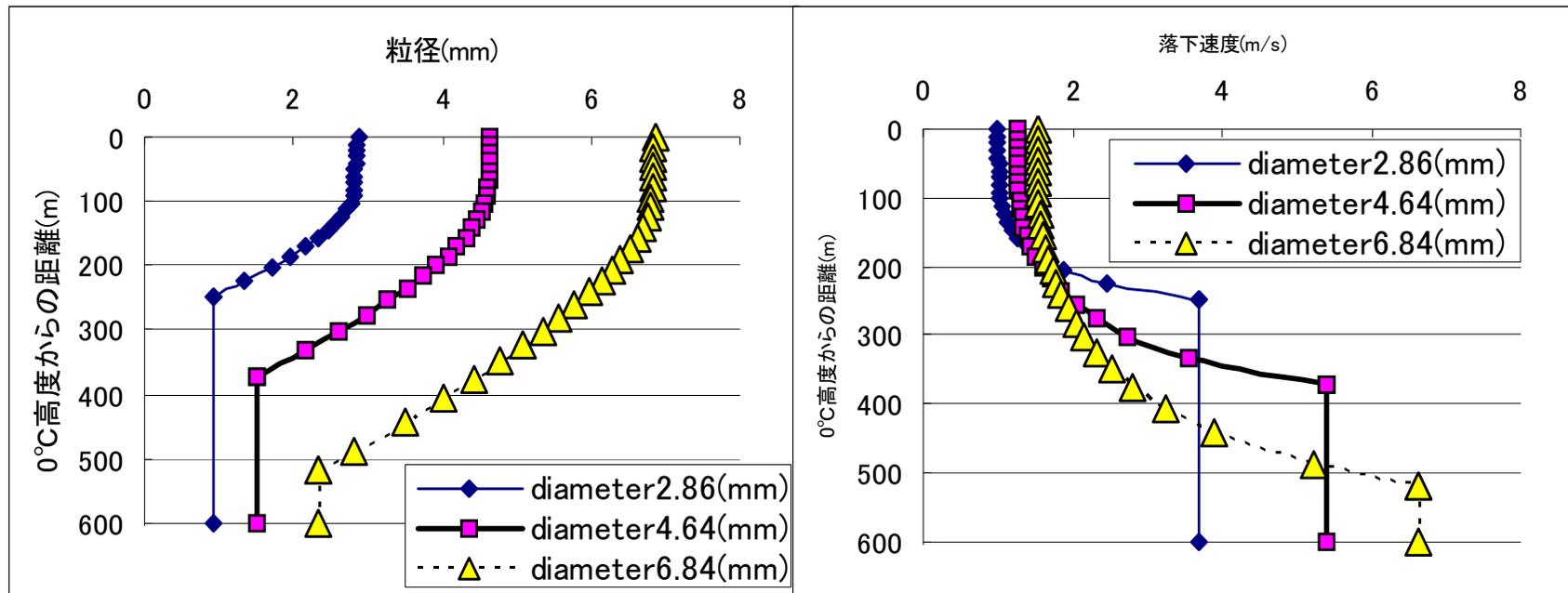
1. 融解状況; MRRの観測結果



2. 融解モデル

- 松尾と佐粧(1981)
- 1個の雪粒子を計算対象とする。
- 雪粒子の密度、初期粒径を入力条件とする。
- 外気との顕熱・潜熱の交換による融解過程を計算
- 落下速度を粒子の通風係数により求めて、融解層高度からの距離で評価

2. 融解モデルの計算例 初期粒径を変化させて計算



2雪の密度の仮定

- 雪の平均ドップラ速度(1200m高度)と雨の平均ドップラ速度(100m高度)が一致するように融解モデルの密度を選択

	平均速度
1200m 高度(降水は雪)	1.26m/s
100m 高度(降水は雨)	5.42m/s

- 0.04g/cm³を選択

3. 融解中のレーダ反射強度因子

(1) 融解中の速度分布の推定

- 粒子の衝突併合、分裂を考慮しない
ひとつの雨粒子はひとつの雪粒子に対応
- 雪の密度はすべての粒子で同じ
- 考慮している時間帯では融解の状況は変化しない(10分間)
- 形状は球を仮定
- 融解中、粒子は雲粒付着による成長をしない
→融解モデルの結果から逆推定

3. 融解中のレーダ反射強度因子

(2) 融解粒子の粒径分布の推定

- 100m高度雨のドップラスペクトル強度より推計

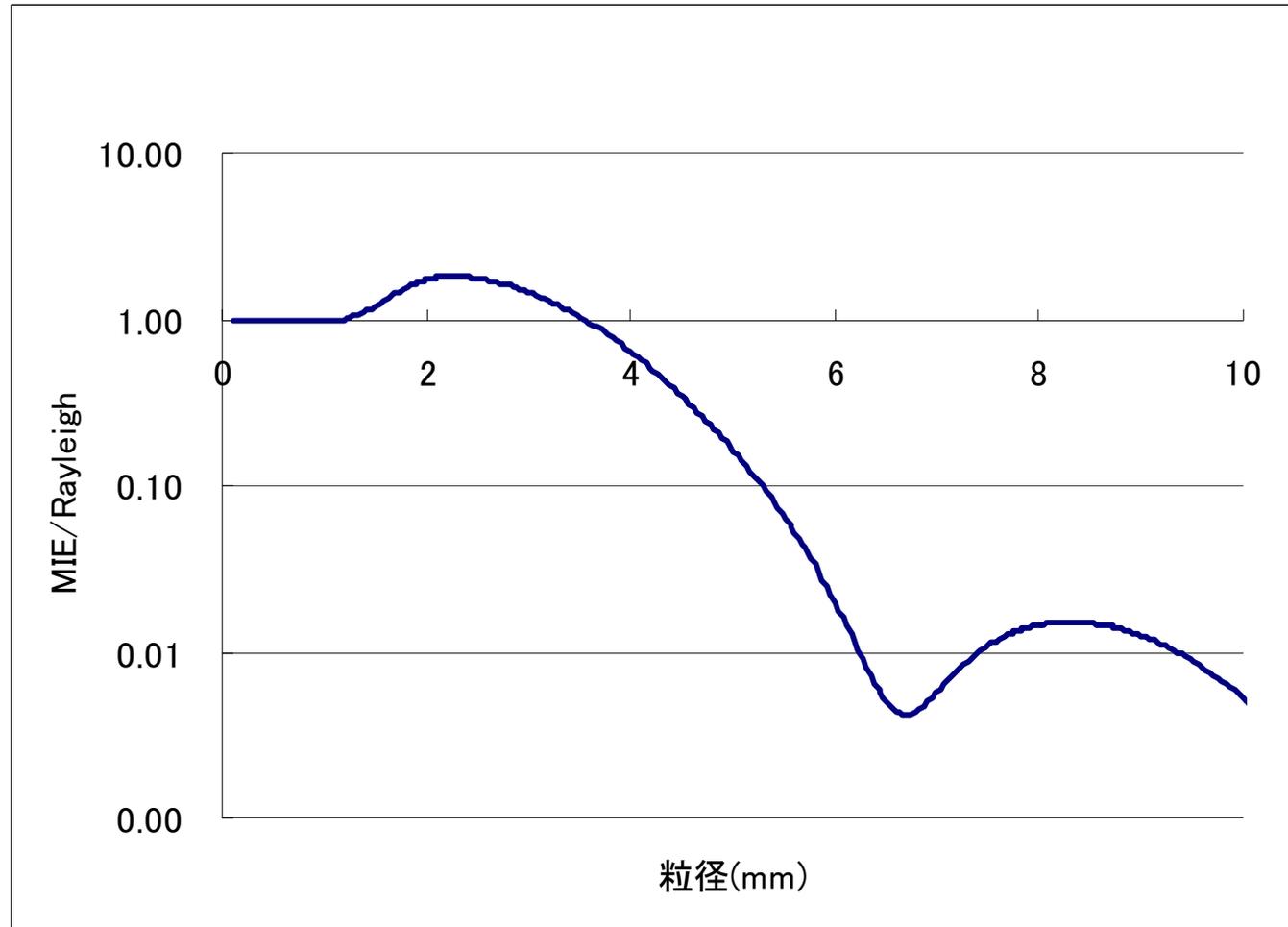
$$N(D)[\# / m^3 / mm]$$

- 観測ビン毎にレーダ反射率を後方散乱断面積で除して算出

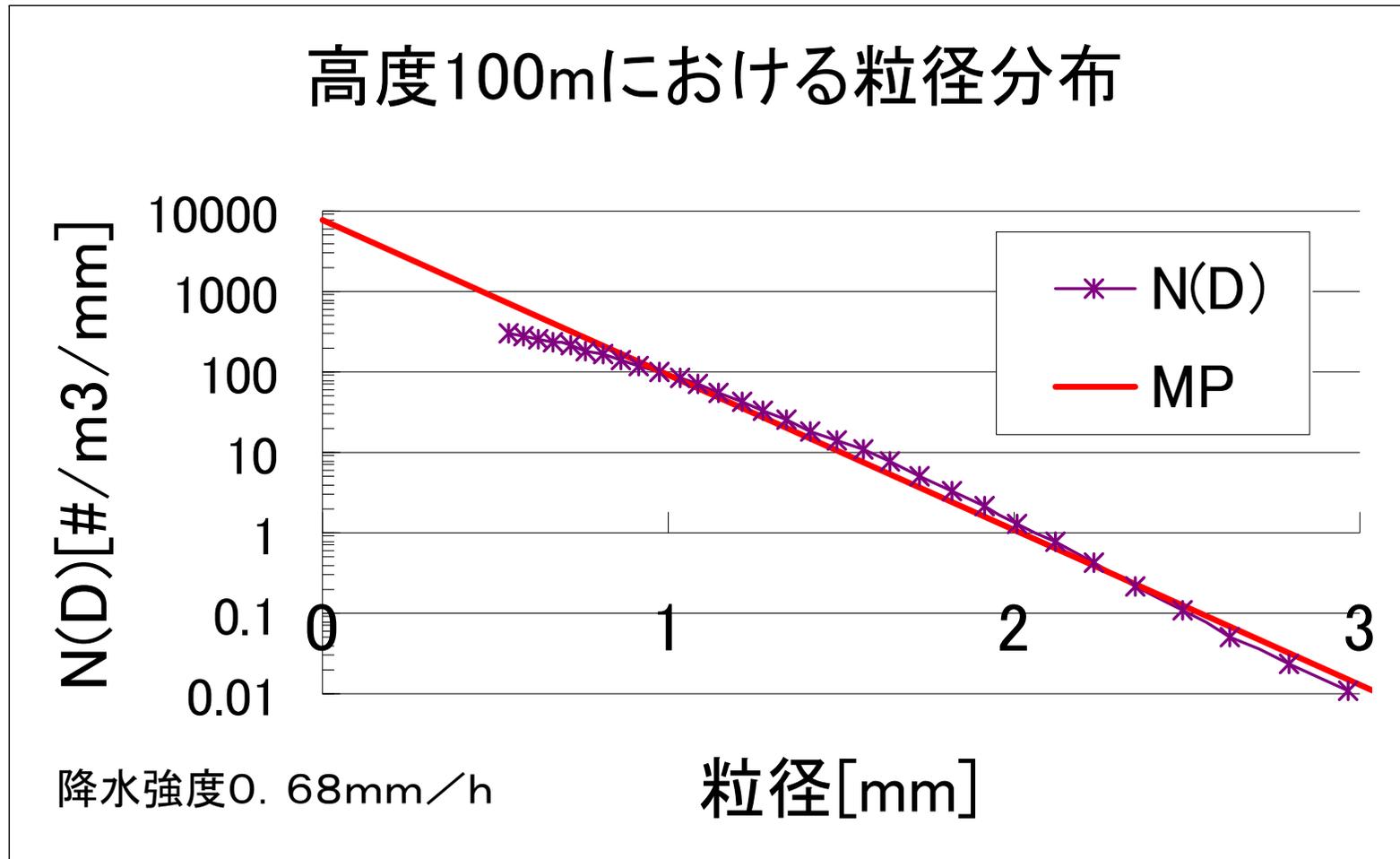
$$\eta(\nu) = \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} \sigma \cdot N(D) dD$$

- 後方散乱断面積はレイリーの仮定で求めたものをミー散乱との比で補正

3(2)レイリー散乱の補正係数



3(2) 推定した粒径分布

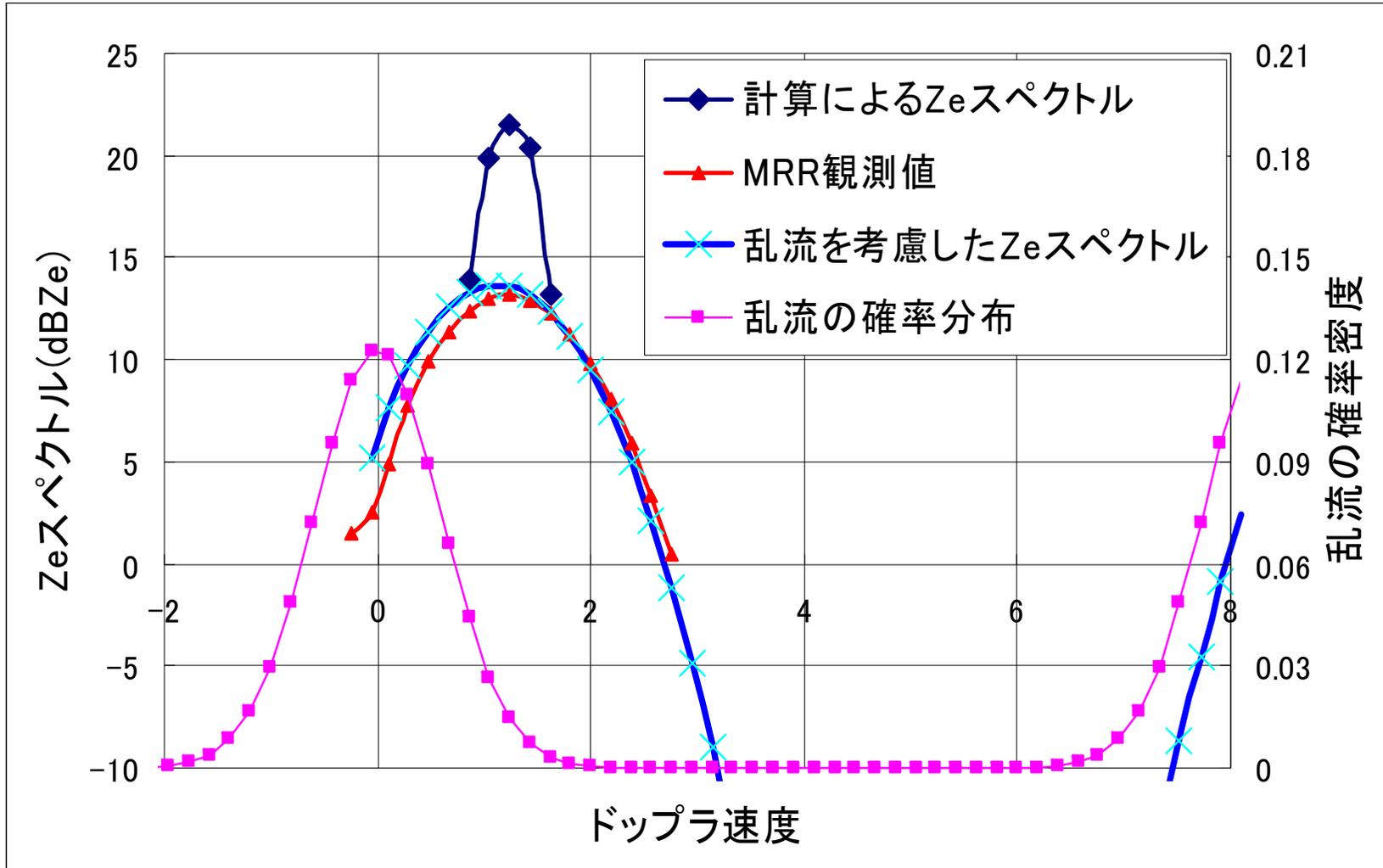


3. 融解中のレーダ反射強度因子 (3) 乱流の効果の推定

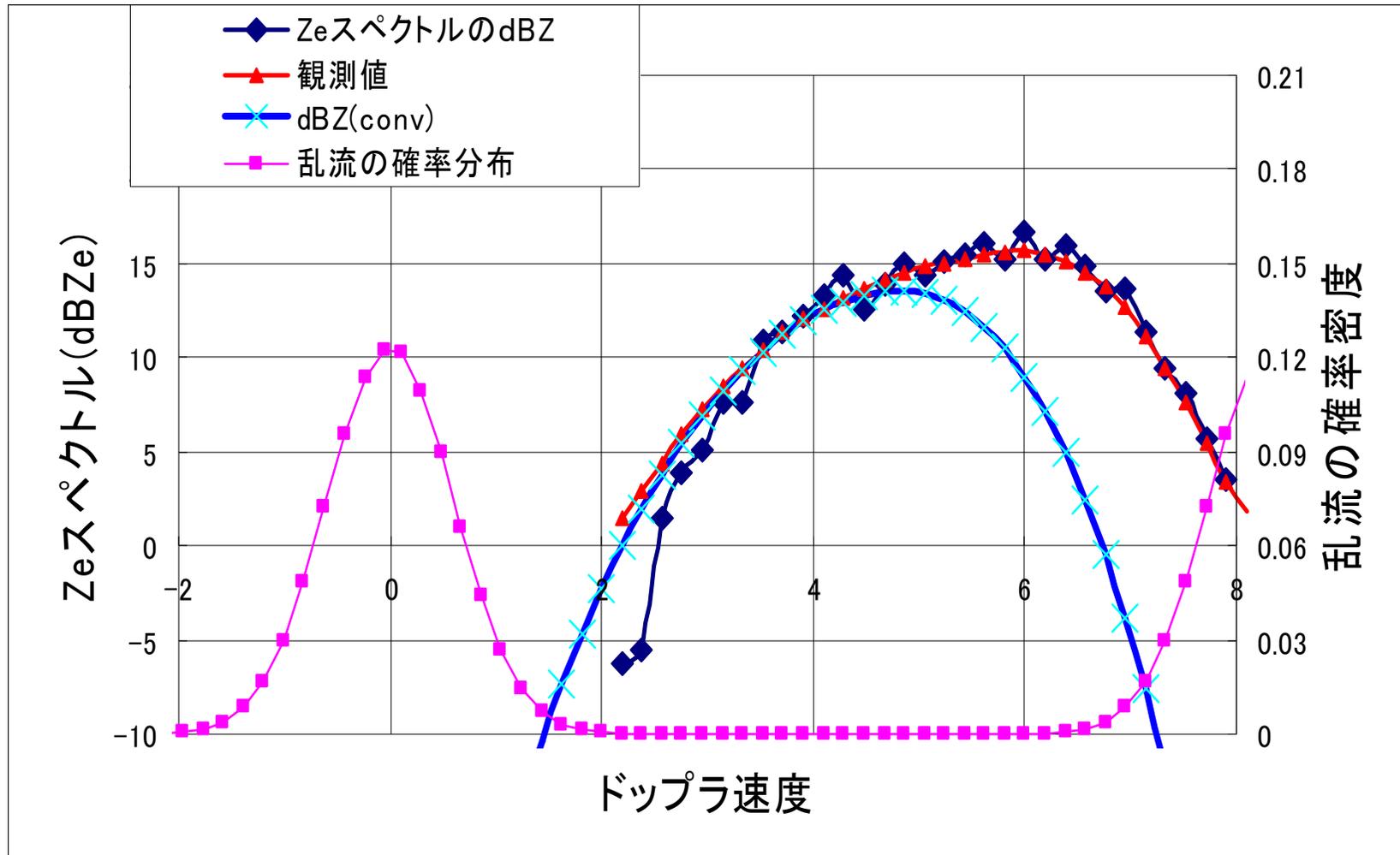
- 乱流による分布の広がりを考慮
Wakasugi et, al (1986), Gossard (1988)
- 乱流の確率分布は、0～8m/sで正規分布を仮定
- 畳み込み和を実施し、分布の形が観測に近い速度幅(標準偏差)=0.6m/sを採用

$$(f * g)(m) = \sum_n f(n)g(m - n)$$

3(3) 上空の観測値の再現 乱流の考慮 1200m高度



3(3) 地上付近の観測値の再現 乱流の考慮 100m高度



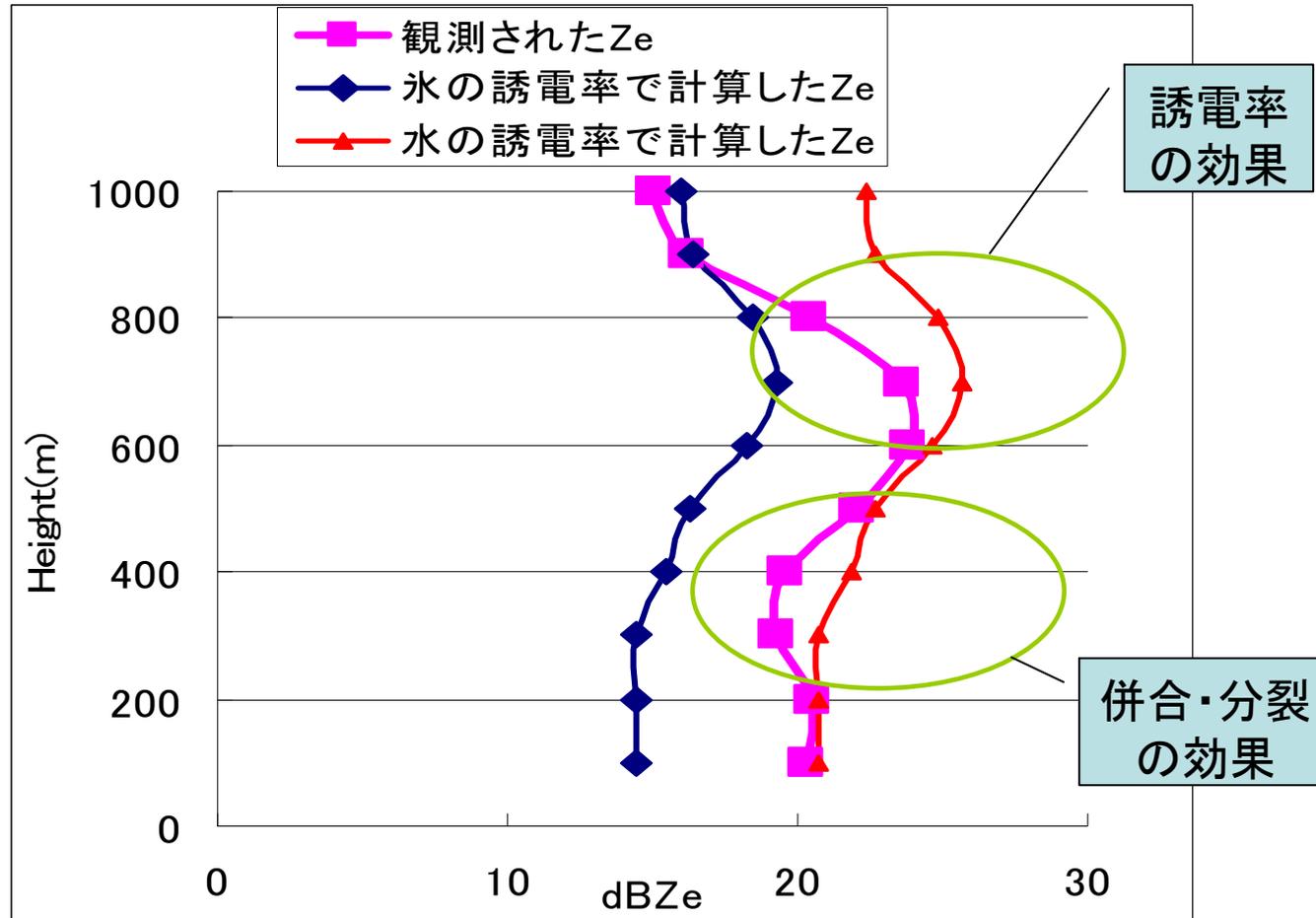
3(3) 乱流の効果のまとめ

- 1200m高度で、標準偏差=0.6m/sの乱流
- Gossard (1988)の結果、0.4m/sより大きい
→今解析では10分平均したスペクトル強度を利用
- 100m高度では、乱流の寄与は小さい

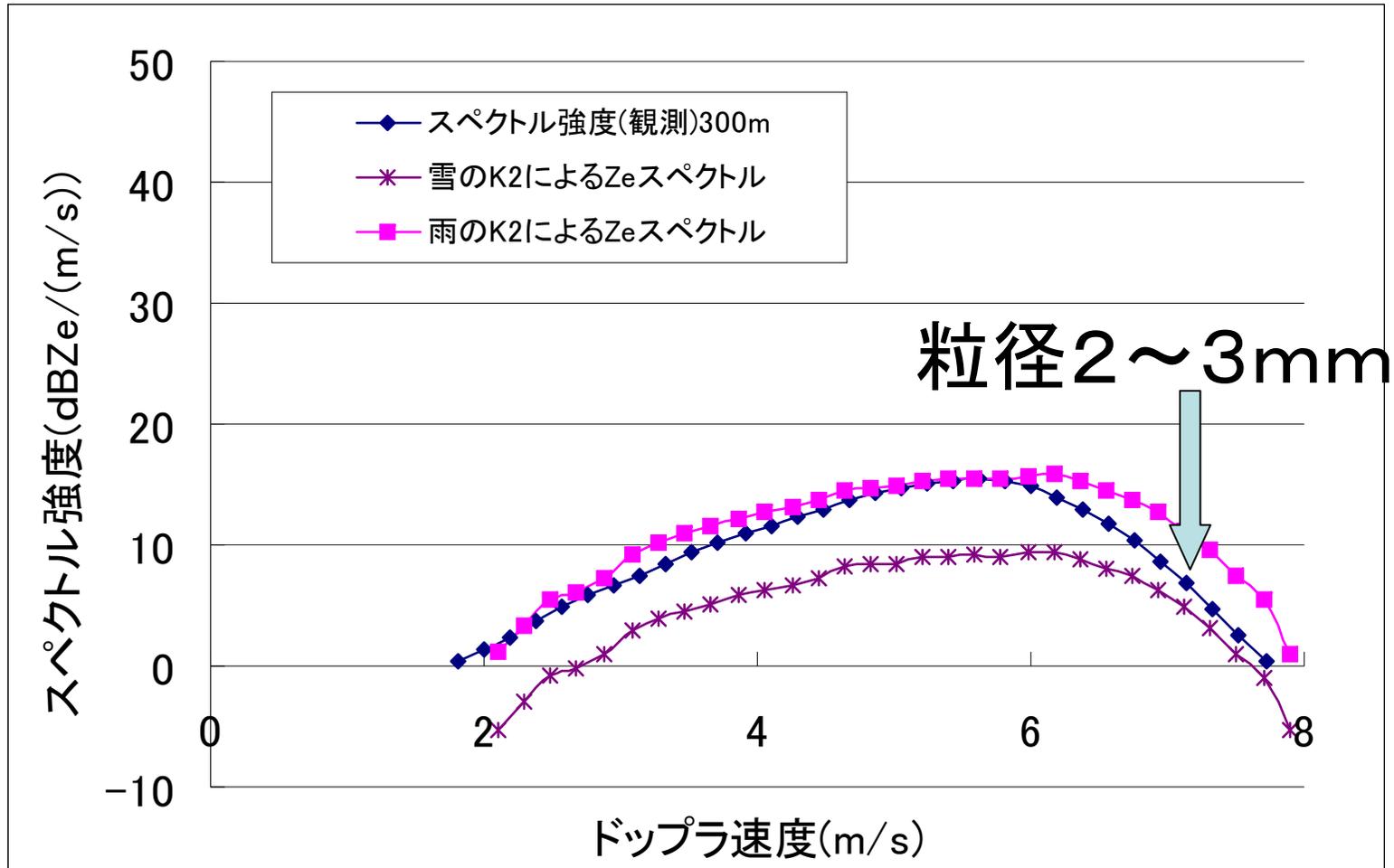
3(4)融解中のレーダ反射強度因子観測値を再現するために考慮すべき点

- **MIEの過程を補正(補正係数)**
- 降雨減衰の効果(今回は小さいと判断)
降水強度1mm/hで0.2dB/km
- 粒子形状の効果・姿勢の効果(球形を仮定)
- 雲粒付着による粒子成長(今回は考慮せず)
- 雪の密度は一定
- 乱流の効果を考察(検討中)
- 融解中の誘電率変化(今後の課題)
含水率がわかっているので計算可能

4. 観測と計算の比較



4(3) 300m高度での比較



4(3) 比較からの推定

- 融解層直下で観測と計算の不一致が大きい。
(計算値が大きい)
- この不一致は、ドップラ速度の大きい領域、
大粒子での違いが原因であった。
＜推察＞
- 融解過程の終端で、大粒子が形成されており、
MRR波長帯では、MIE散乱の領域となるため、
過小評価となっていると考えられる。

謝辞

- 本研究は東京大学生産技術研究所、沖・鼎研究室からデータの提供、研究指導を受けました。ありがとうございました。