

SPICAで探る超新星爆発での ダストの形成と破壊

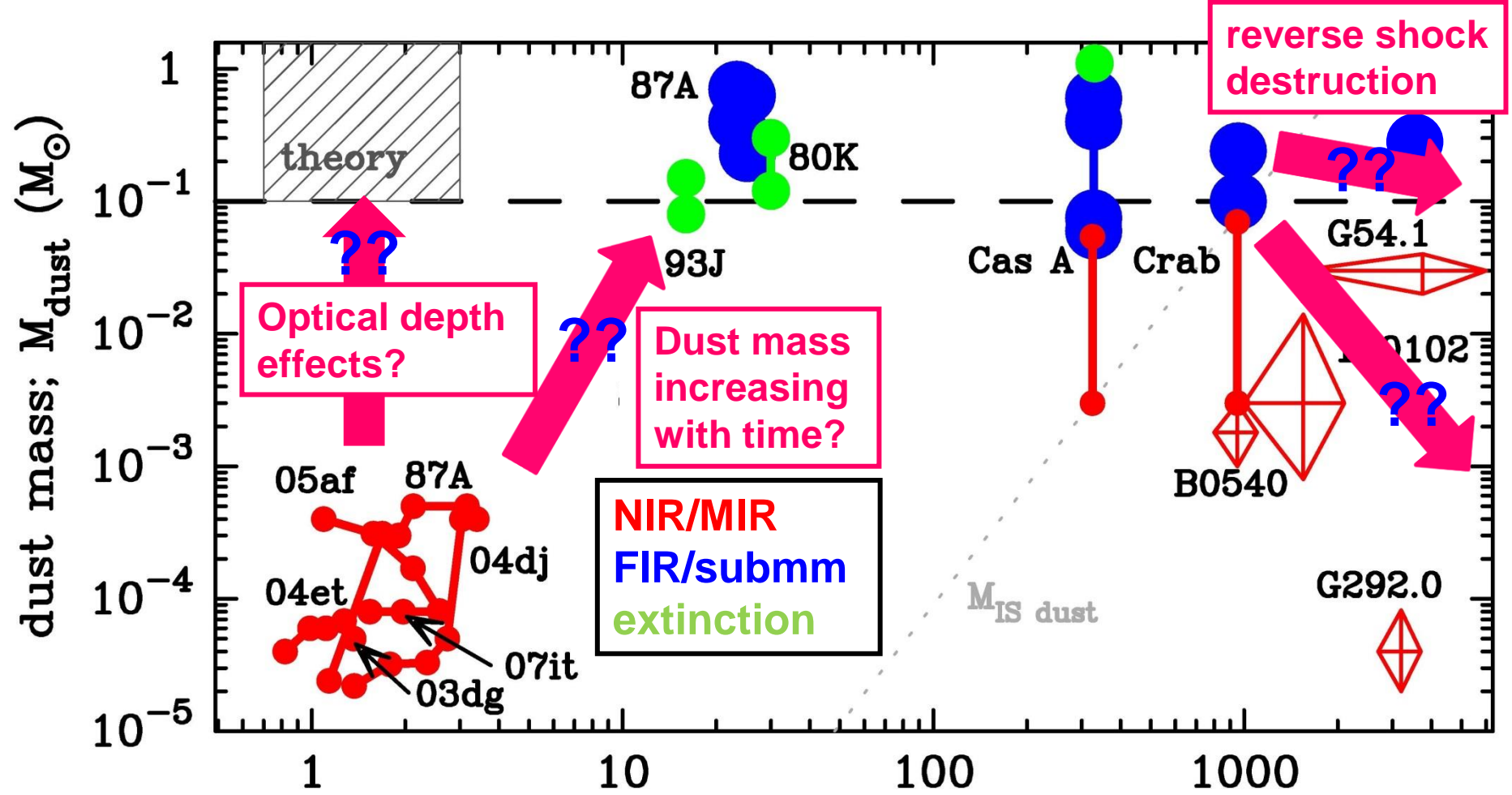
野沢 貴也、守屋 堯

(国立天文台 科学研究部)

本発表のトピック

- 超新星爆発時のダスト形成量の進化
- 衝撃波によるダストの破壊

1. 超新星で形成されるダスト量の観測結果



Tanaka, TN, et al.
(2012, ApJ, 749, 173)

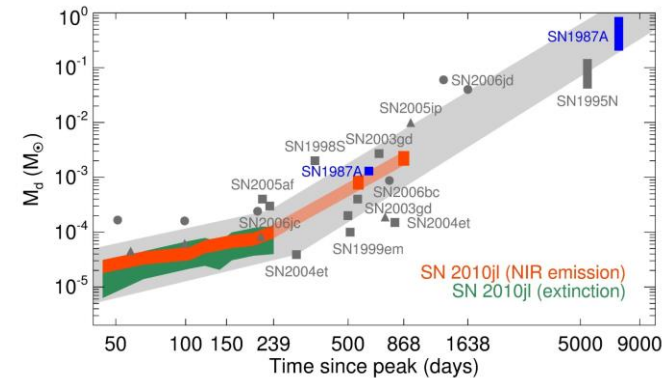
time after the explosion (yr)

重力崩壊型超新星で形成されるダスト質量は0.1-1 M_{sun}

2. 超新星でのダストの形成量と形成時期

○ 観測結果からの解釈

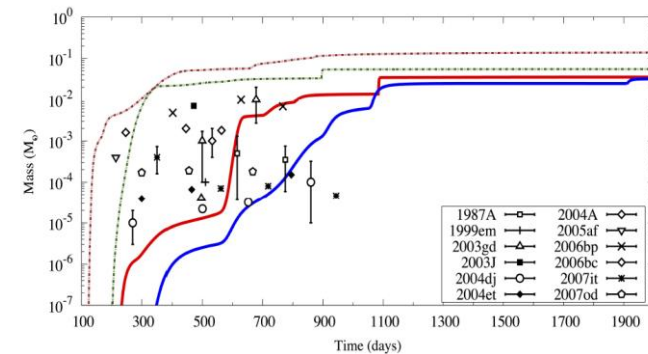
- ダストの形成は爆発後100日くらいから始まり、ダスト質量は時間とともに増加
- ダストの大部分は10年後以降に形成
→ 爆発から5年以内では、ダスト質量は $10^{-2} M_{\text{sun}}$ 以下



Gall+2014

○ 理論研究による予測

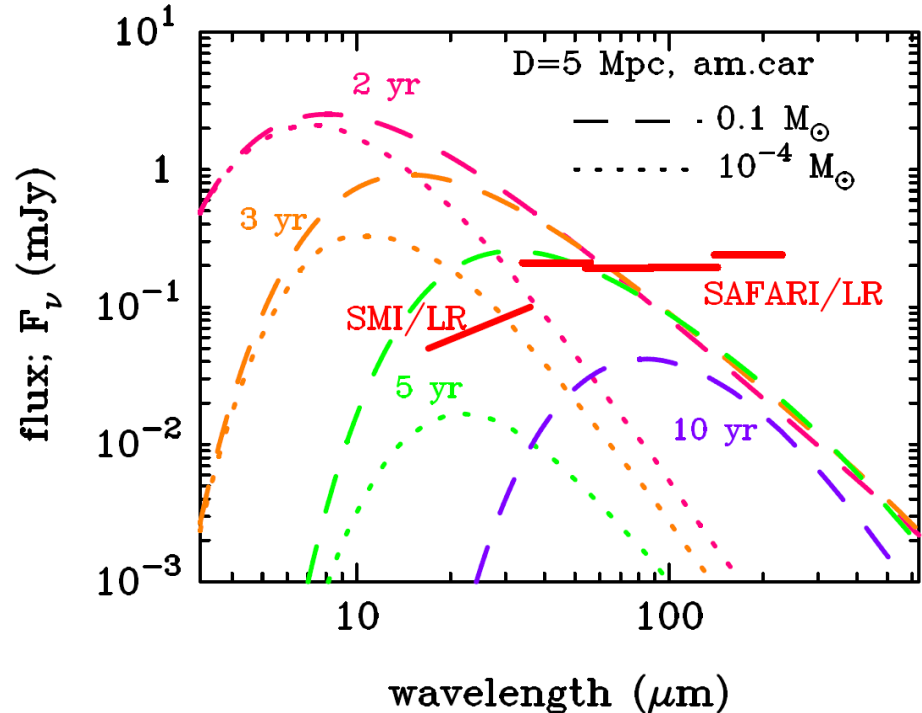
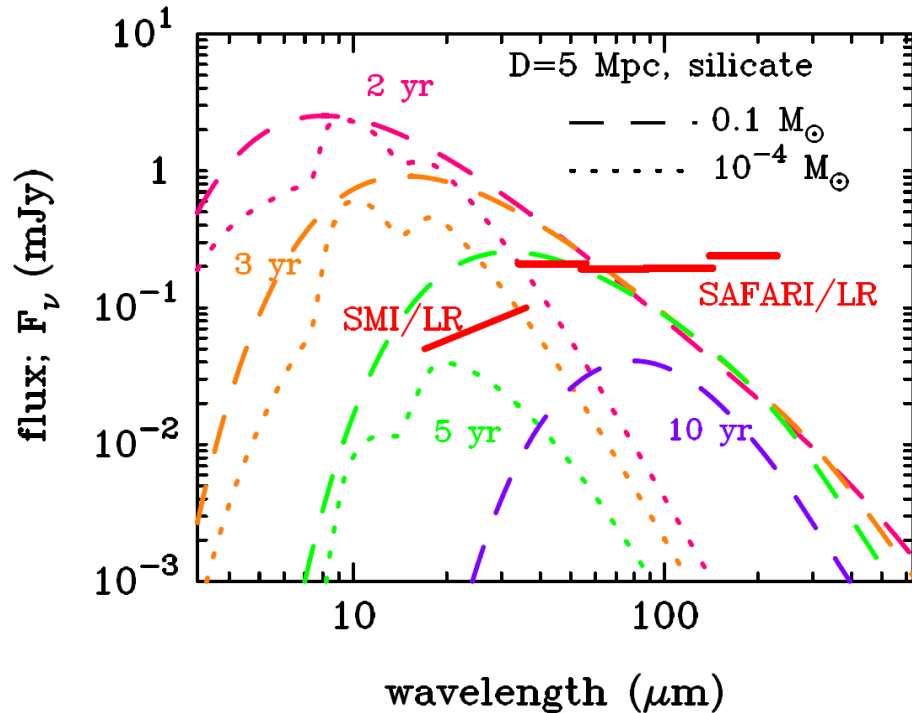
- 時間が経つほど放出ガス密度は小さくなるため、ダストは成長しにくくなる
- ダストの大部分は爆発の数年後に形成
→ 爆発から5年以内で、ダスト質量はすでに $0.1 M_{\text{sun}}$ 程度



Sarangi & Cherchneff 2015

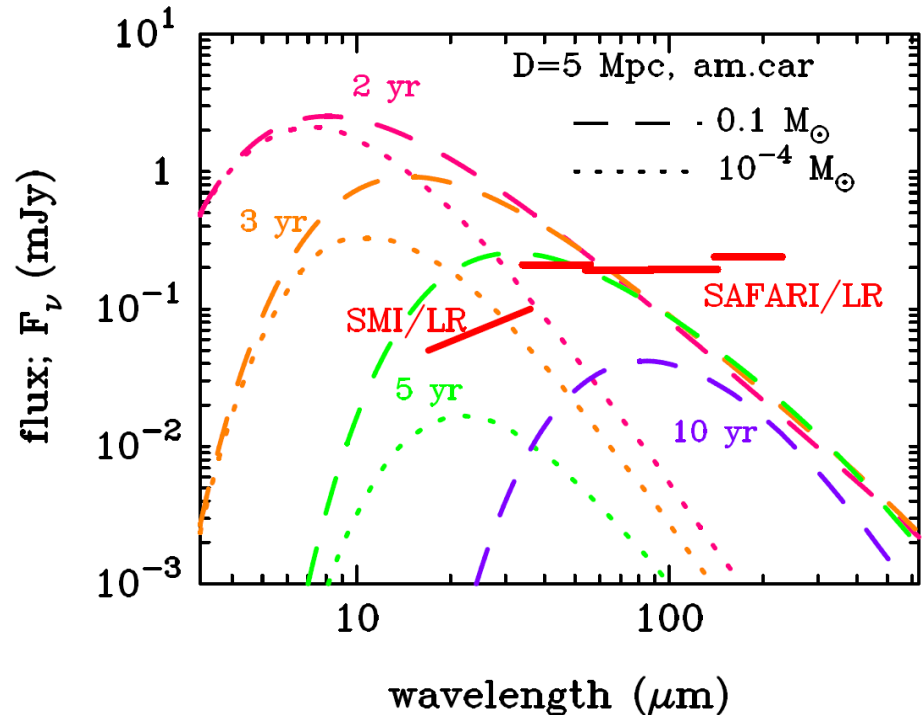
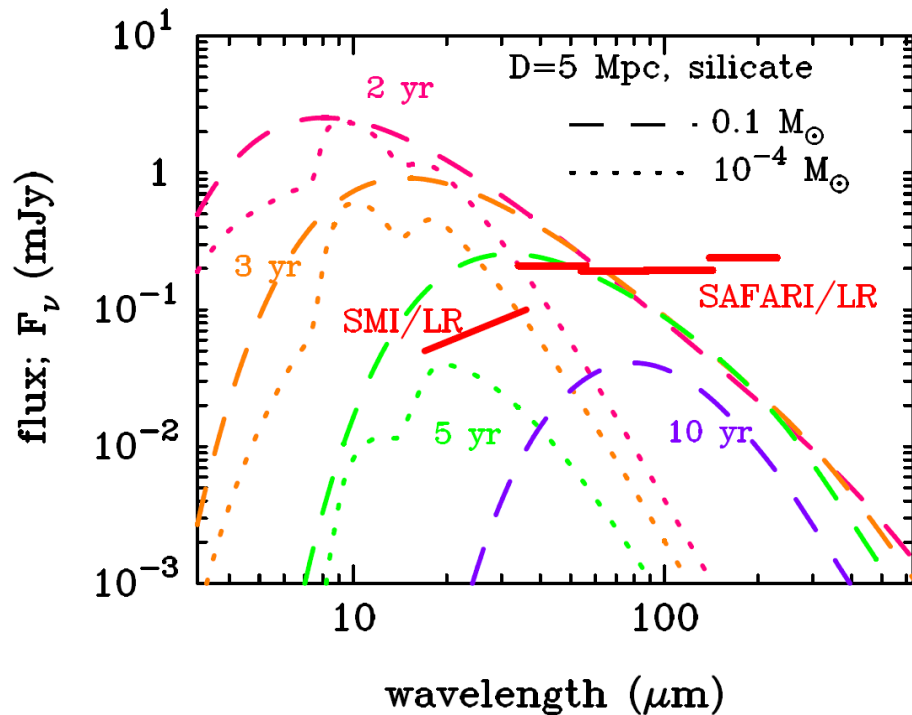
超新星のダスト形成量はいつ $0.1 M_{\text{sun}}$ に達するのか？

3. 期待される超新星ダストの熱放射スペクトル



- 5 Mpcの近傍銀河でも、爆発から10年以上が経過した超新星ダスト熱放射はSPICAでも検出困難(ダスト温度が低いため)
- 爆発の2-3年後では、観測されるダスト熱放射量はダスト量が $0.1 M_{\text{sun}}$ でも $10^{-4} M_{\text{sun}}$ でもあまり変わらない
($0.1 M_{\text{sun}}$ の場合では、光学的に厚くなり自己吸収が起こる)

4. 期待される超新星ダストの熱放射スペクトル



- $10^{-4} M_{\text{sun}}$ では、ダスト熱放射量は時間とともに急激に減少し、爆発の5年後でSMI、SAFARIともに検出不可能
 - $0.1 M_{\text{sun}}$ では、爆発の5年後までSMI、SAFARIで検出可能
- 超新星爆発後1-5年のダスト熱放射をSPICAで定期的に観測することによって、ダスト形成量の進化に制限

5. 衝撃波中でのダストの破壊効率

○ 超新星衝撃波によるダストの破壊

- 超新星残骸のフォーワードショックによる星間ダストの破壊
 - リバースショックによる超新星ガス中で凝縮したダストの破壊
- タイムスケール ($>10^3$ yr)、表面輝度 (広がった天体) などの問題により 観測的にダストの全破壊量を決定することは困難

○ スパッタリングによるダスト破壊研究の現状

- ダストの破壊量は、地上実験で得られたスパッタリング効率の結果に基づいて理論的に計算されているのみである
 - 現状のスパッタリング効率では星間ダスト総量を説明できない
- 観測からダストの破壊効率を導出し、地上実験や理論計算と整合的であるかどうか検証する必要がある

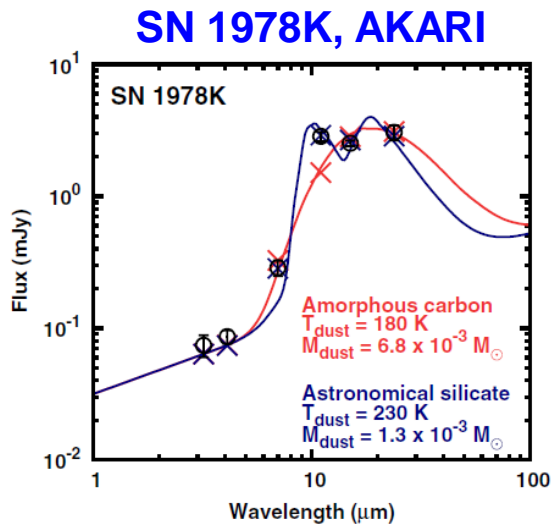
6. 観測的にダストの破壊効率を決定する

○ SPICAによる若い超新星残骸の観測

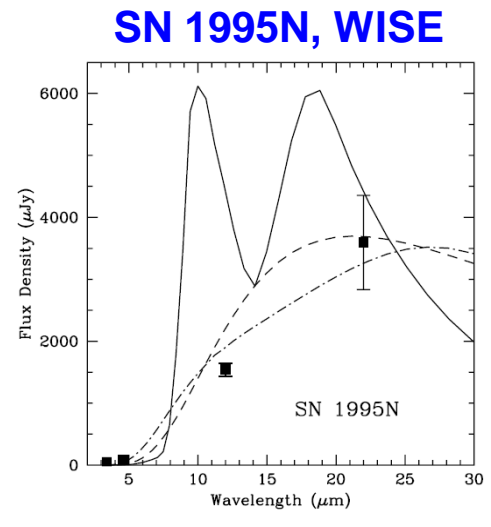
- 今まさに衝撃波によって掃かれている星周・星間ダストからの熱放射を捉え、ダストの質量と温度を測定する

→ 爆発後20-50年の超新星残骸を年一回程度で観測し、そのダスト量の時間進化からダスト破壊効率を見積もる

これまでの若い超新星残骸の赤外線観測の例

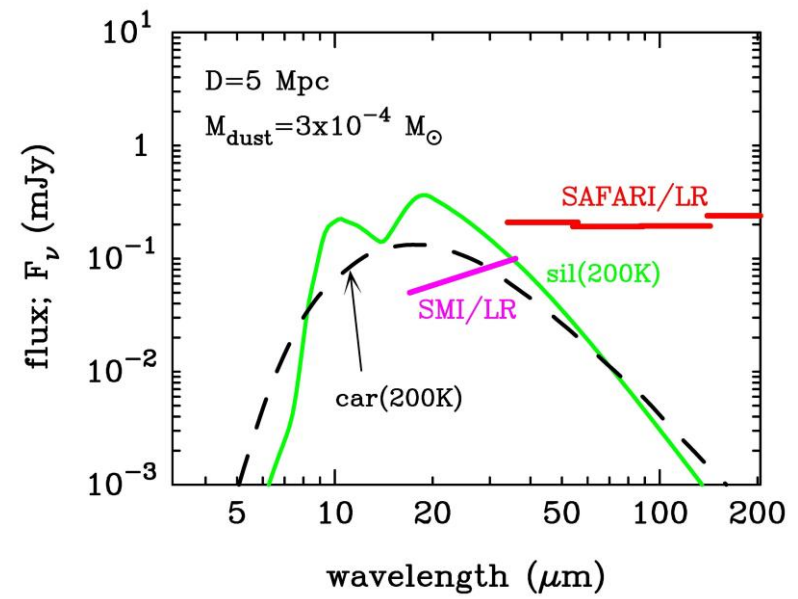


Tanaka, TN et al. (2012)



Van Dyk (2013)

SPICAでの検出可能性評価



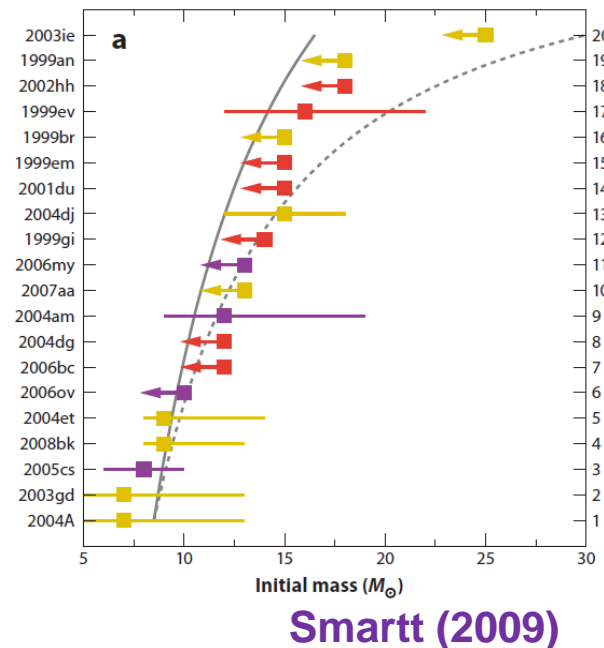
7. 星周ダストと赤色超巨星問題

○ 星周ダストによる減光量の評価

- 若い超新星残骸の赤外線観測から破壊前の星周ダスト量や星周ダストによる中心星の減光量を見積もることができる
- 爆発前の大質量星の見かけの明るさ(質量)を推定可能

○ 赤色超巨星の中間赤外線観測

- 近傍の赤色超巨星をSPICAで多数観測
- 赤外線と可視光の明るさとの関係から親星の質量を見積もる
- 若い超新星残骸および赤色超巨星の観測から、独立した二つの方法で超新星爆発を起こす親星の質量の上限値(赤色超巨星問題)にアプローチ



本発表のまとめ

(1)「超新星爆発時のダスト形成量の進化」

SPICAによる超新星爆発後1-5年のダスト熱放射の継続観測によって、ダスト形成量の時間進化に制限

→ 超新星でのダスト形成量と形成時期の問題に決着

(2)「衝撃波によるダストの破壊効率」

SPICAによる爆発後20-50年の若い超新星残骸の観測から(星周)ダストの破壊効率を導出

→ 星間ダストの寿命を再評価する理論モデルの構築

→ 星周ダスト減光と赤色超巨星問題との関係に示唆