

極めて明るいIIn型超新星SN 2010jlの 爆発1年後の赤外超過の発見

○上野一誠(広島大)、山中雅之(京都大)、川端弘治(広島大)、
宮ノ下亮、面高俊宏(鹿児島大)、奥嶋貴子、秋田谷洋、先本清志、
伊藤亮介、高木勝俊、浦野剛志、宇井崇紘、佐藤久之、
かなた望遠鏡チーム(広島大)、笹田真人(京都大)、新井彰
(京都産業大学)、守屋堯、野本憲一(東京大)、
他大学連携観測グループ

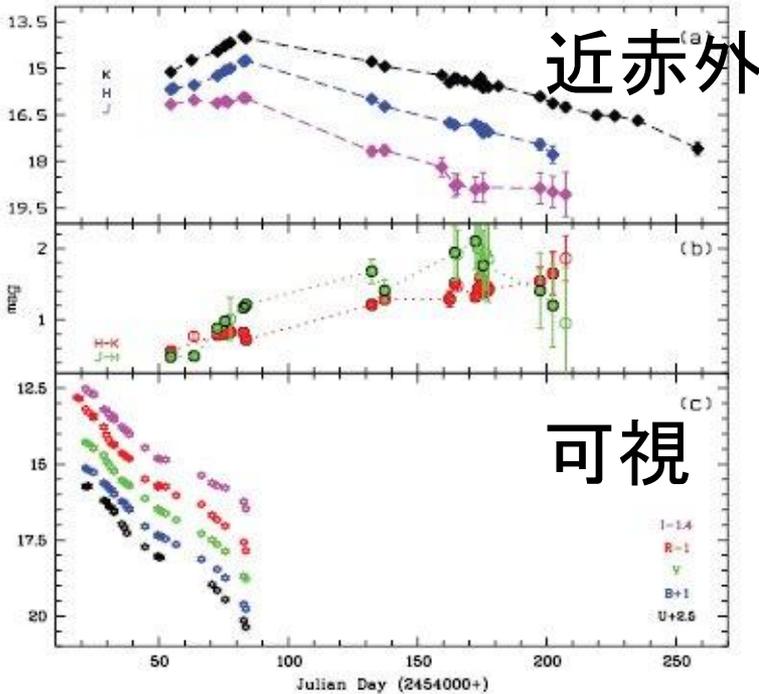
過去に近赤外超過を示した超新星

これまでダスト形成に伴う近赤外超過を示した超新星は**数個** (cf. Gerardy+02)

SN2006jc(Ibn型超新星)

発見から約50-75日後
可視減光に伴う**近赤外超過**
⇒ **ダストが形成された**

(Smith et al.2008 Nozawa et al.2008
Tominaga et al.2008)

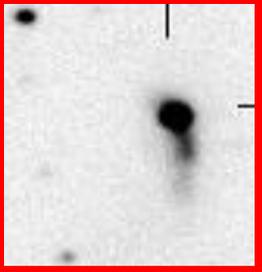


親星

- Wolf Rayet星(初期質量 $40M_{\odot}$ 程度)
- 炭素(amorphous carbon)に富んだ外層を持つ
- かなり多くの星周物質を爆発前に放出(爆発時の質量 $6.9M_{\odot}$)



非常に濃い星周物質がダスト形成を促した



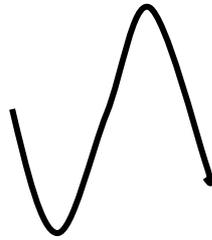
II型超新星 SN 2010jl

2010/11/3.52(UT)発見

一般的なII型超新星

→スペクトルに幅の広いP-Cygni型のH α 線を示す

II型

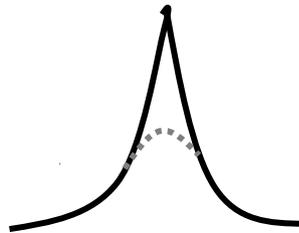


II型超新星

→細い(100km/s \sim)輝線+幅広い輝線

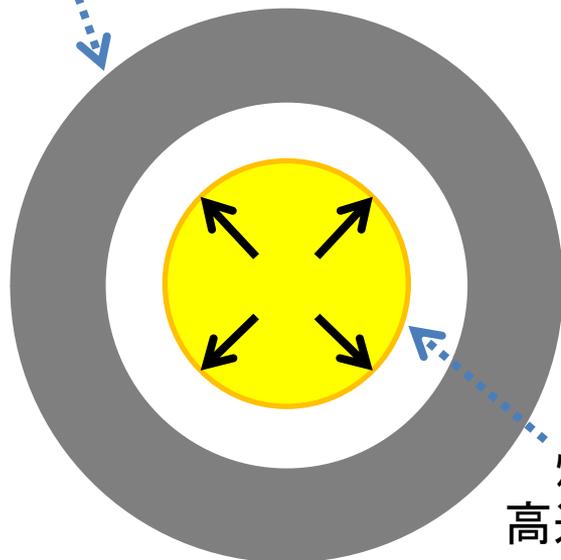
が合わさった特殊な水素の輝線を示す超新星

II型



H α

親星時代に放出された速度の遅い星周物質



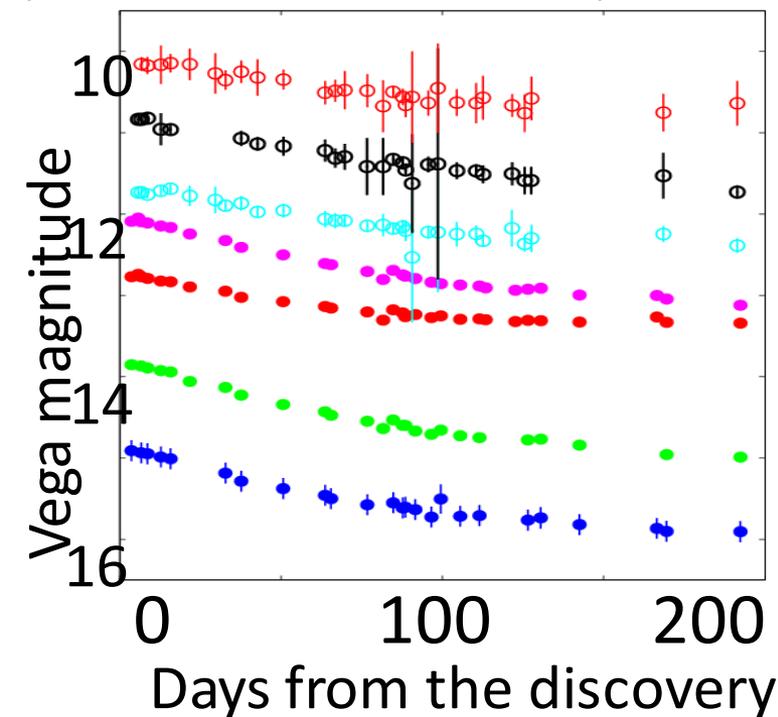
細い輝線+幅広い輝線を持つ理由

II型超新星の親星が
放出した速度の遅い星周物質
+

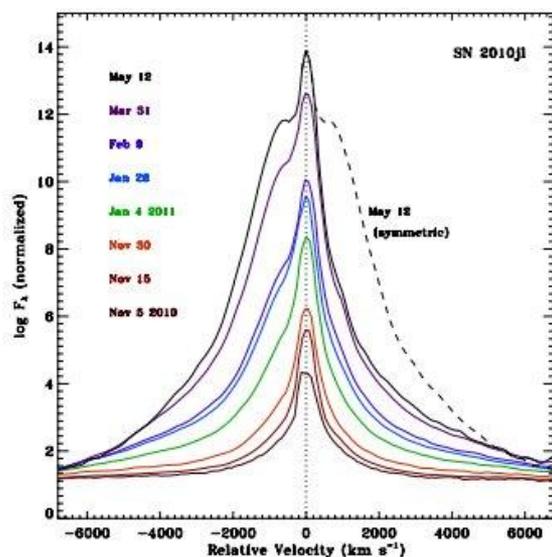
超新星爆発の高速のejecta

爆発時の
高速のejecta

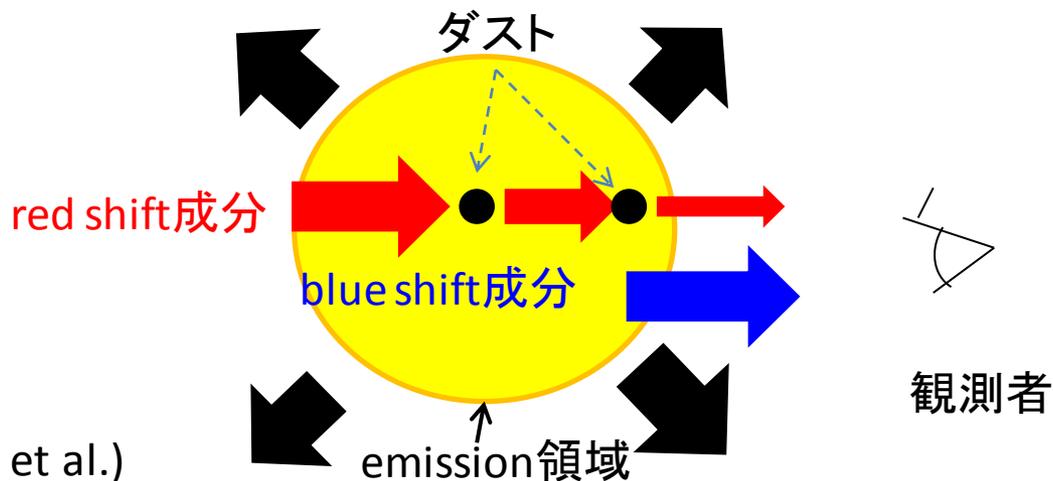
SN2010jlの先行研究



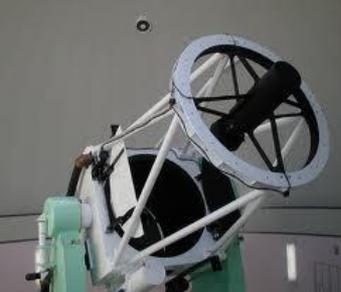
- II型の中でも特に明るい(極大光度 -20等)
- H α 輝線が時間経過とともに次第に強くなった
- 中間赤外線超過
⇒ 星周ダストによる吸収・再放射
⇒ **濃い星周物質の存在を示唆** (Andrews et al.2011)
- H α 輝線の(みかけの)blue shift
⇒ emission領域において、観測者から遠いred shift成分がダストに吸収され弱くなったため
⇒ **比較的早い段階からemission領域にてダストが生成(?)** (Smith et al.2012)



(Smith et al.)



SN 2010jlの後期光度曲線

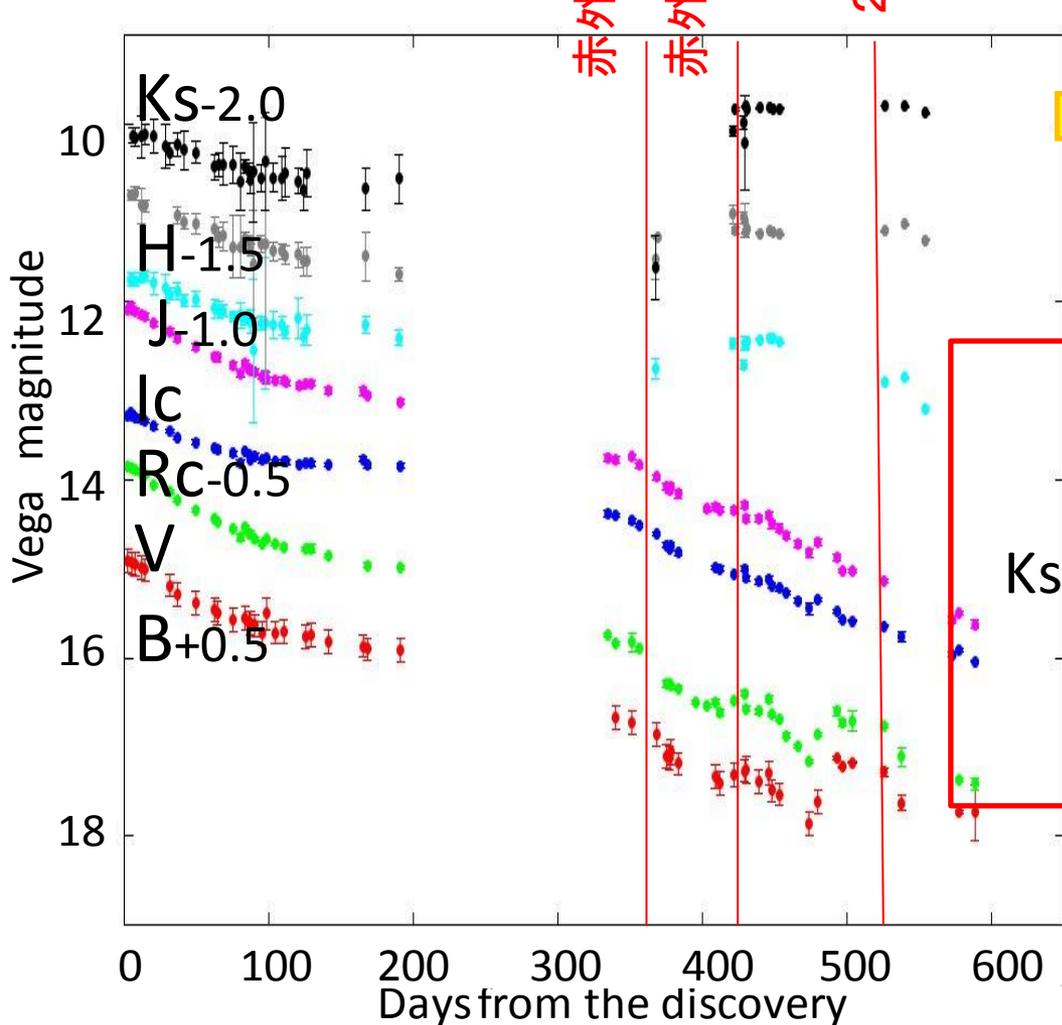


鹿児島大



広島大

観測開始から400日後



BVRclcの可視領域での減光
JHKsの近赤外領域での増光

SN2006jcと似た振る舞い
⇒ダスト形成の可能性
Ksバンドの赤外超過の極大光度
06jc:M=-18、10jl:M=-21
⇒より多くのダスト形成

SEDを用いて赤外超過の成分の切り出しを行った

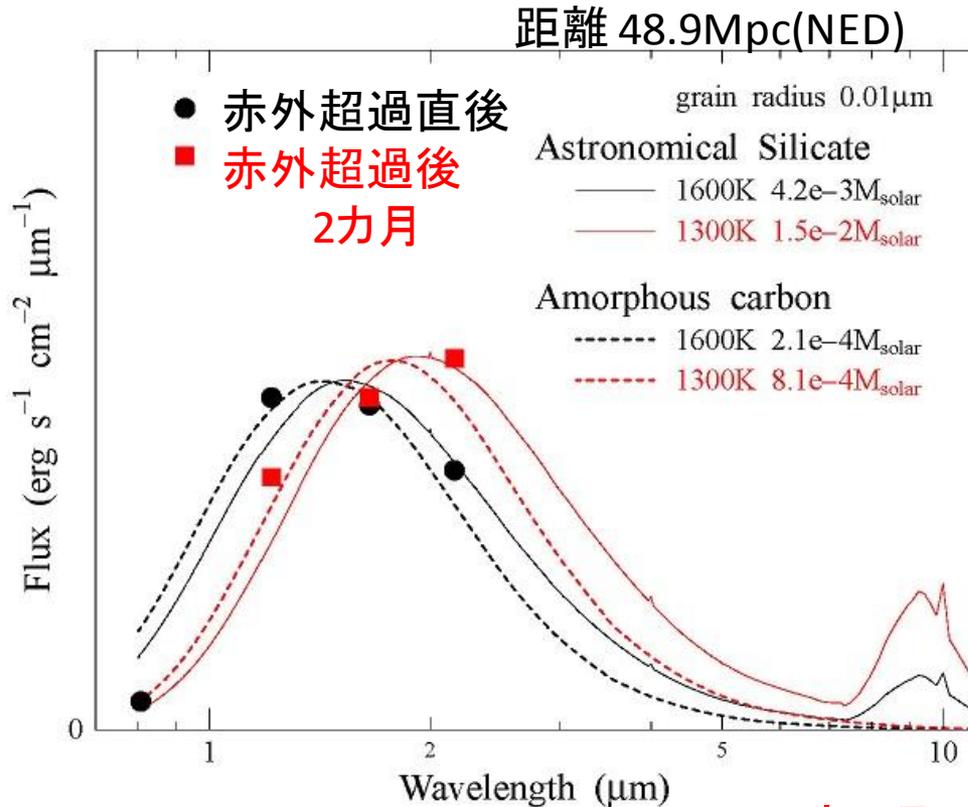
赤外超過SED

(赤外超過後のSED)-(赤外超過前のSED)
とすることで赤外超過成分の抽出

ミ一理論を用い、ダストの熱放射を
 $I(\lambda) = \pi a^2 \times Q \times B(\lambda)$ と表して
高温ダストの放射成分を見積もる

a:放射しているものの半径
Q:ダストの組成、サイズ、波長に依存する量
B(λ):黒体放射強度

太陽組成程度なら、炭素質よりも
シリケート質のダストが卓越



(屈折率データはDraine(1985)

Rouleau & Martin (1991) を参照) **JHK超過成分SEDは、温度~1500K, 総質量**
10⁻³ - 10⁻² M_⊙ のダスト熱放射とコンシステント

※観測された赤外超過分だけで出した量であるため、lower limit
※エコー(吸収・再放射)の可能性は否定はできない

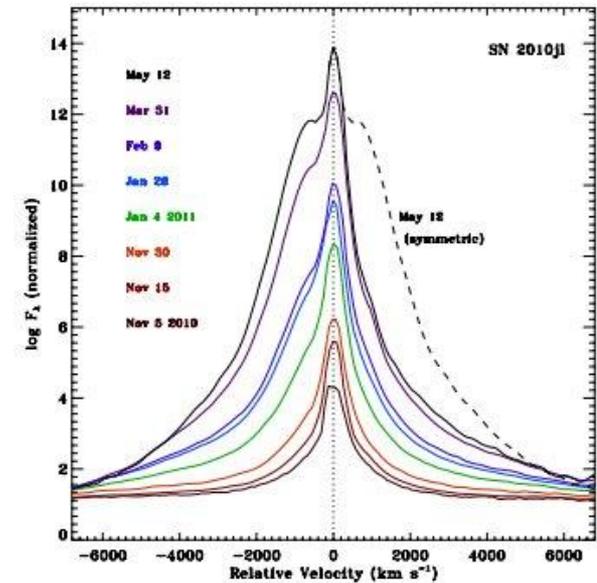
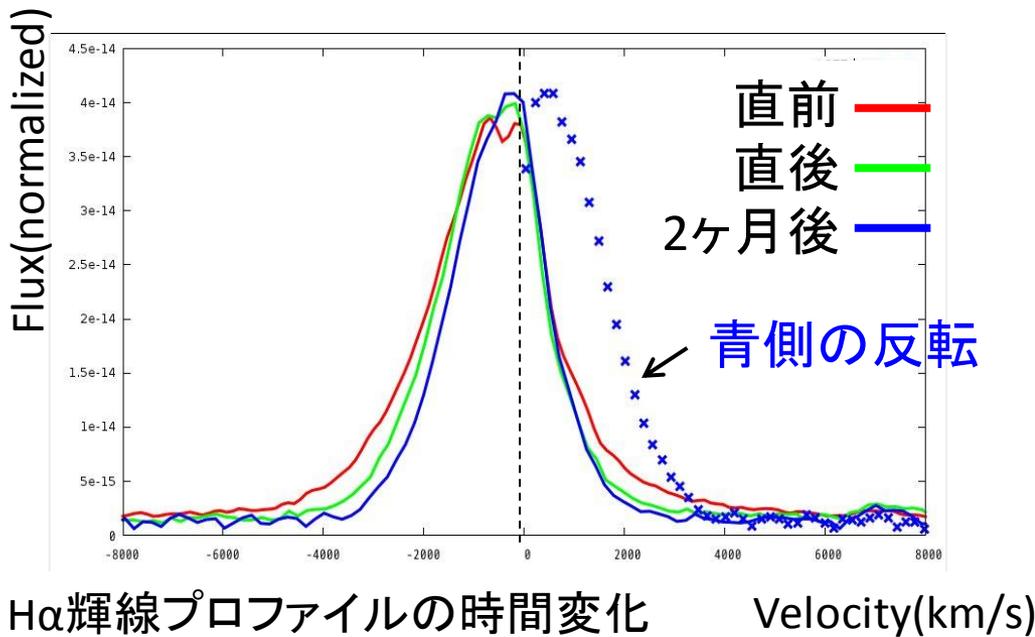
H α 輝線プロファイルの非対称性

赤外超過直前:+377day

赤外超過直後:+458day

赤外超過後2カ月:+526day

H α 輝線のプロファイルを比較



(Smith et al.2008)

赤外超過前からblue shift成分の変化ほとんどなし
⇒ emission領域より外側でのダストの形成を示唆

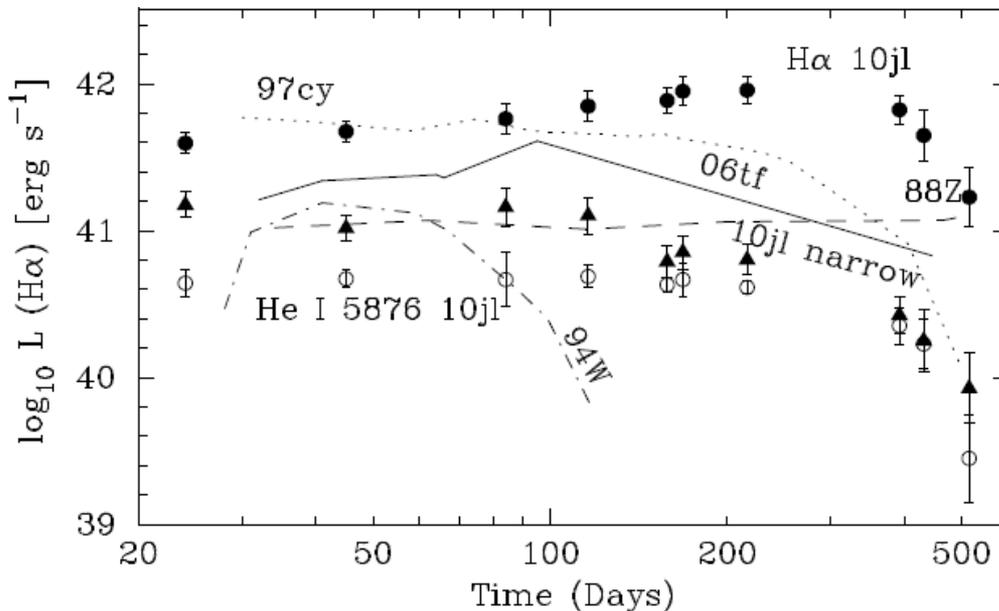
議論：IIn型の中での10jlの位置づけ

- ・爆発から1年後に高温ダストを大量に形成
⇒ 中心からかなり離れたところまで密度の高い星周物質が存在

- ・極大光度が非常に明るかった(Andrews et al. 2011)
- ・輝線強度が強く、後期にかけて次第に強まった(Zhang et al. 2008)

爆発直前の親星の周辺に密度が濃い星周物質がかなり外側まで分布していたこととコンシステント

⇒ 通常のIIn型よりも外側まで密度の高い星周物質が存在した



(Zhang et al. 2008)

まとめ

- II型超新星では、珍しい赤外超過の観測に成功
- 赤外超過成分のSEDを説明するには1500K程度のシリケート質ダストが少なくとも $10^{-3} \sim 10^{-2} M_{\odot}$ 程度必要
- ダストはemission領域より外側の超新星周りで形成
- SN 2006jcでは爆発から2カ月程度で赤外超過が見られたがSN 2010jlでは約1年経ってから、中心からより遠く離れた外側でのダスト生成
- SN2010jlは、通常のII型よりも親星がより大規模な質量放出を経験したであろう

SN 2010jlとSN 2006jcのダストの比較

SN 2006jc

赤外超過成分のみで見積もったダスト量: $6 \times 10^{-6} M_{\odot}$ (Smith et al.2008)
ダストの成分: carbon (Smith et al.2008) 吸収係数が大きく量は少な目にする
観測量から計算によって導き出した全ダスト量: $1.5 M_{\odot}$ (Nozawa et al.2008)
全ダスト量のうちcarbon質のダスト量: $0.7 M_{\odot}$ (Nozawa et al.2008)

SN 2010jl

赤外超過成分のみで見積もったダスト量: $10^{-3} \sim 10^{-2} M_{\odot}$
ダストの成分: Astronomical silicate 吸収係数が小さく量が多めに出る

赤外超過を再現するダスト量は06jcよりかなり多め
⇒ 10jlの全ダスト量は06jc ($1.5 M_{\odot}$) よりも多い?