

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

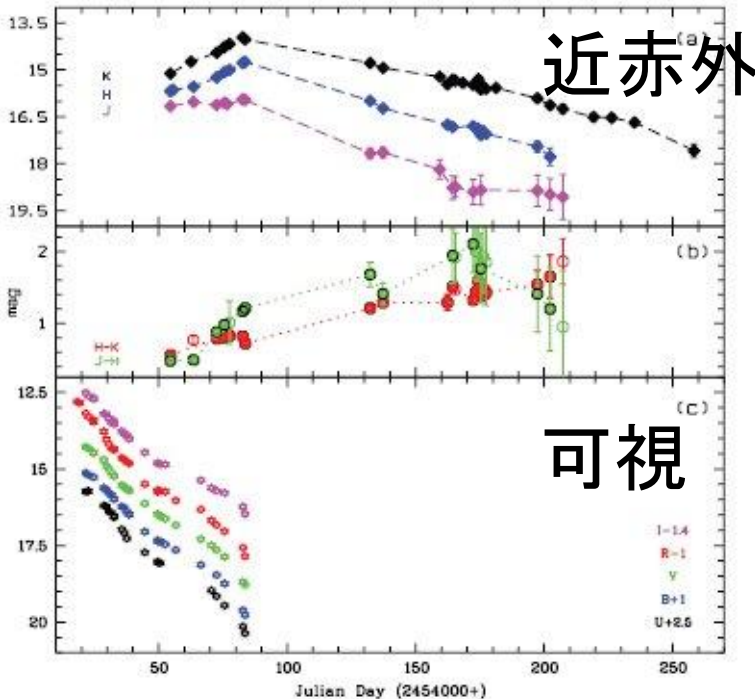
過去に近赤外超過を示した超新星

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)

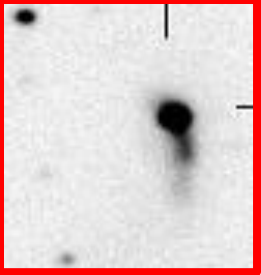


親星

- 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



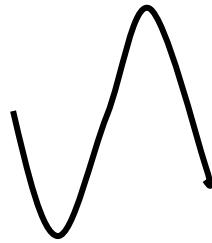
II型超新星 SN 2010jl

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

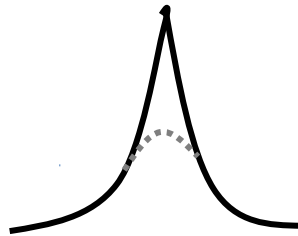


II型超新星

→細い(100km/s \sim)輝線+幅広い輝線

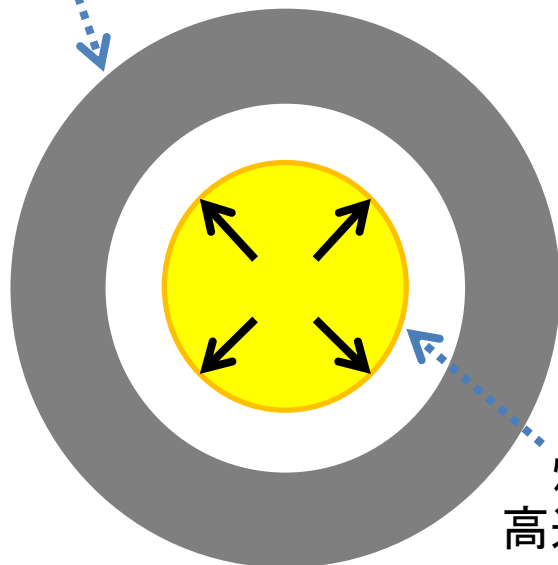
が合わさった特殊な水素の輝線を示す超新星

II型



H α

親星時代に放出された速度の遅い星周物質



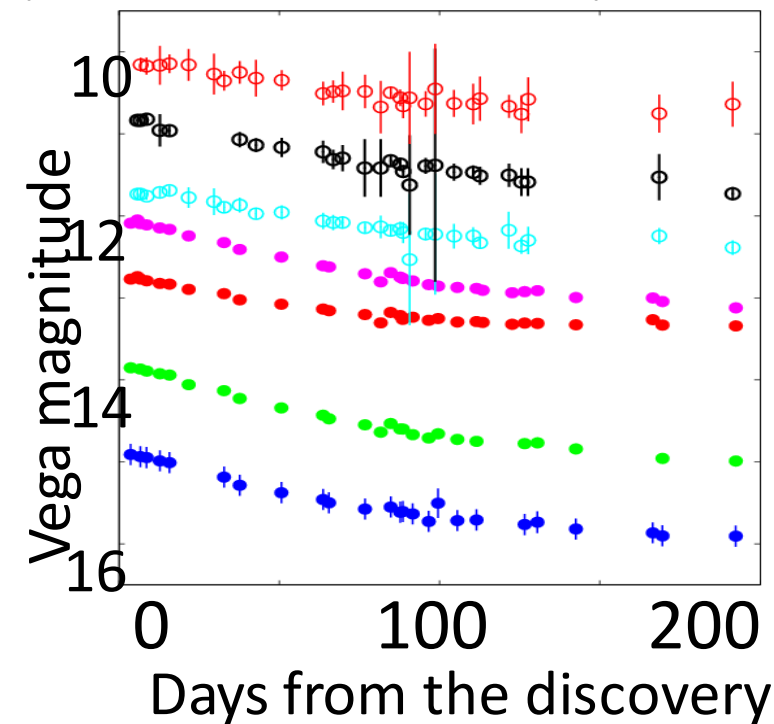
細い輝線+幅広い輝線を持つ理由

II型超新星の親星が
放出した速度の遅い星周物質
+

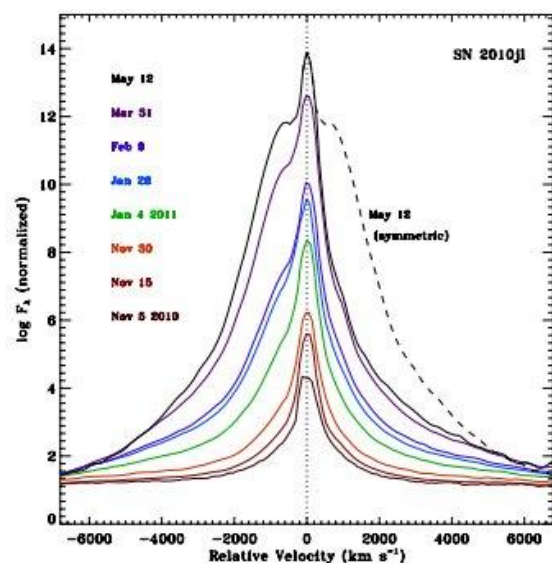
超新星爆発の高速のejecta

爆発時の
高速のejecta

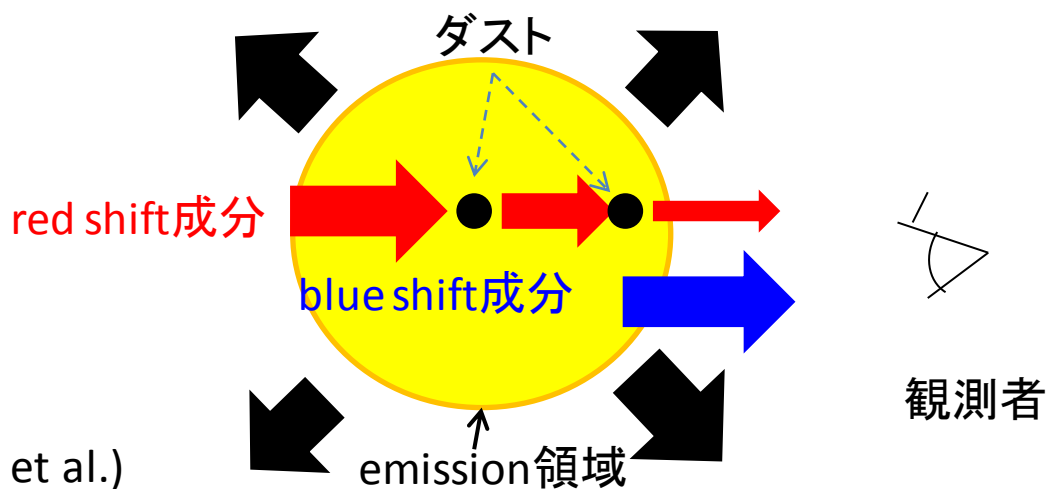
SN2010jlの先行研究



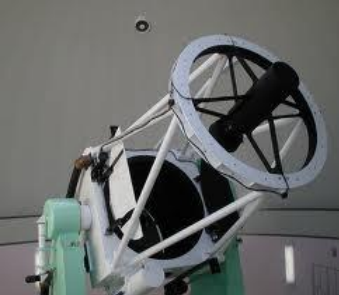
- II型の中でも特に明るい(極大光度 -20等)
- H α 輝線が時間経過とともに次第に強くなった
- 中間赤外線超過
⇒ 星周ダストによる吸収・再放射
⇒ **濃い星周物質の存在を示唆** (Andrews et al.2011)
- H α 輝線の(みかけの)blue shift
⇒ emission領域において、観測者から遠いred shift成分がダストに吸収され弱くなったため
⇒ **比較的早い段階からemission領域にてダストが生成(?)** (Smith et al.2012)



(Smith et al.)



SN 2010jlの後期光度曲線



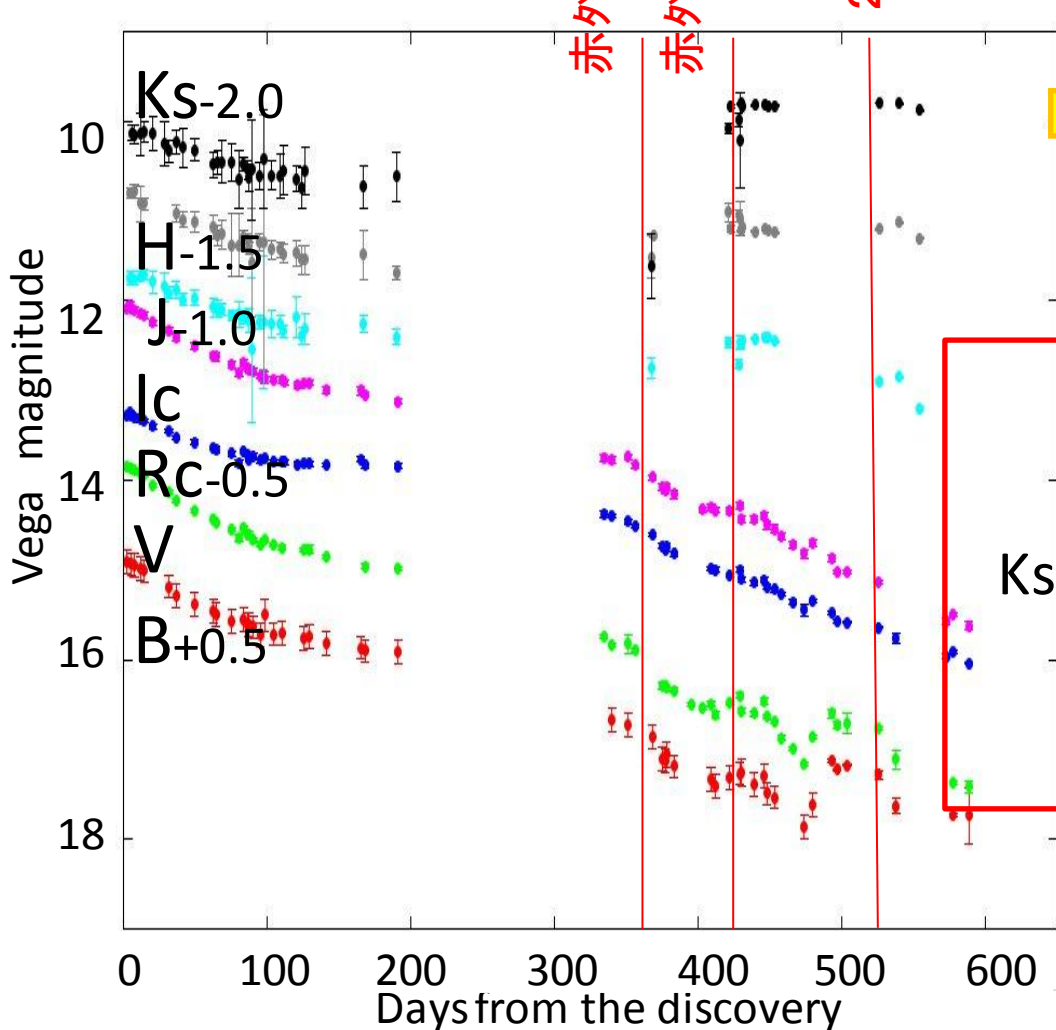
鹿児島大



広島大

赤外超過直前
赤外超過直後
2カ月後

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

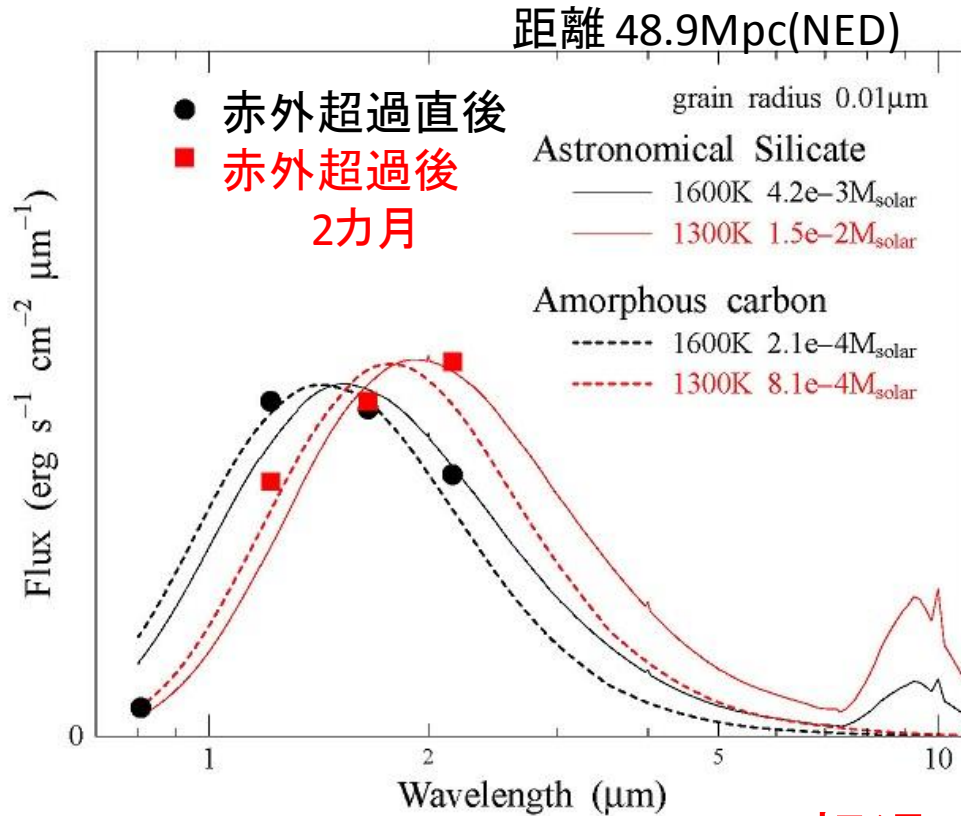
赤外超過SED

(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

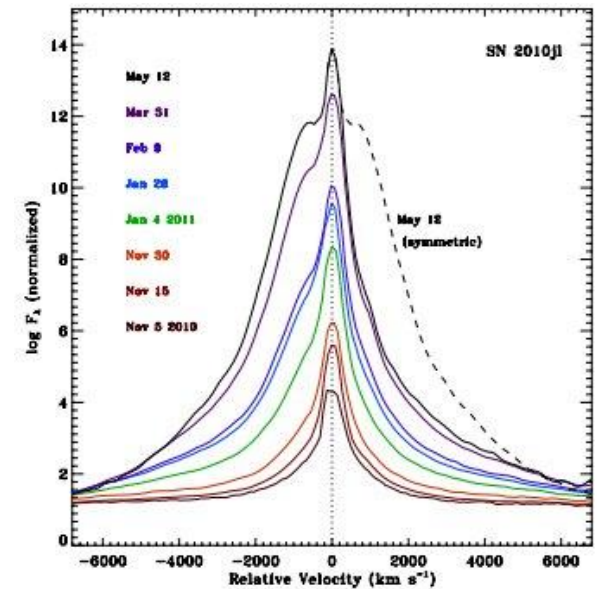
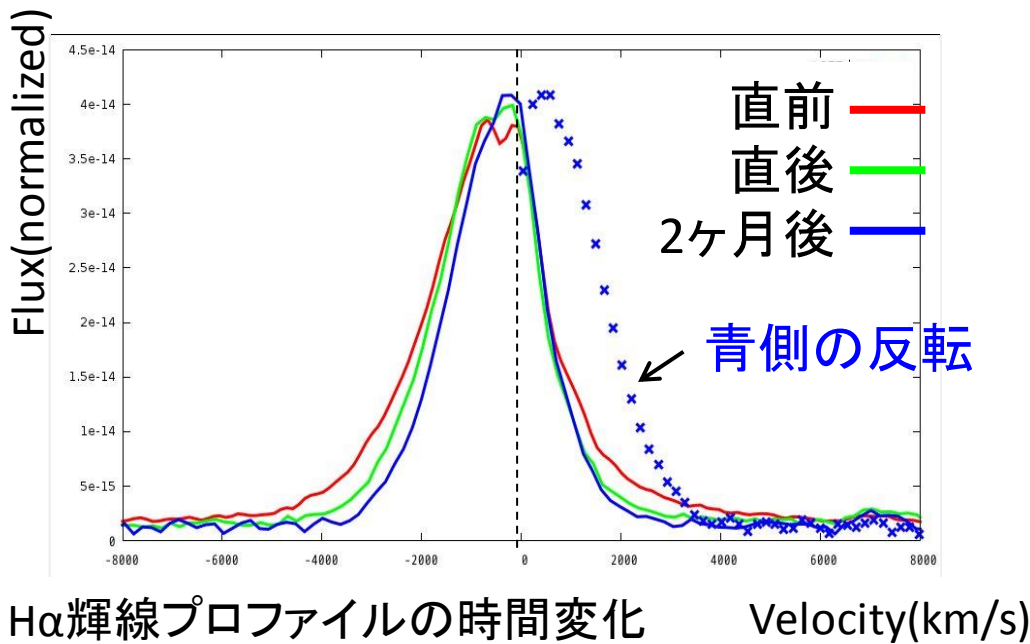
H α 輝線プロファイルの非対称性

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

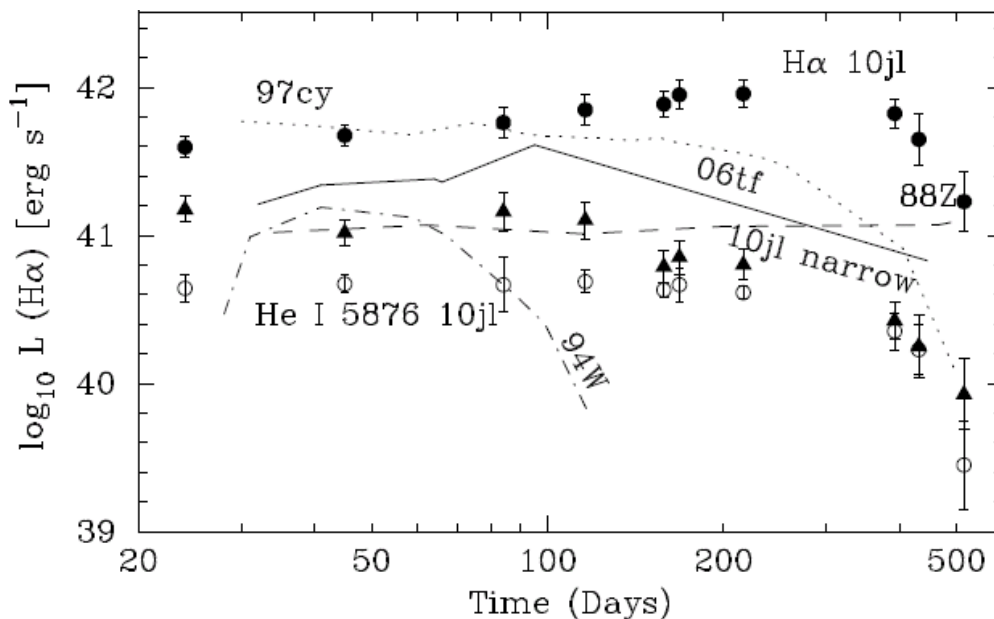
議論：IIn型の中での10jlの位置づけ

- ・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?