

The next-generation  
Infrared astronomy mission

**SPiCA**  
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

Space Infrared Telescope for  
Cosmology & Astrophysics

# SPiCAの目指すもの

第11回宇宙科学シンポジウム(2011年1月5-7日)  
松原英雄 (ISAS,JAXA)  
SPiCA プリプロジェクト & サイエンスワーキンググループ

# 私たちはどこから来たのか？

- 我々の体・住む世界を構成する元素の大部分は星の中でつくられた

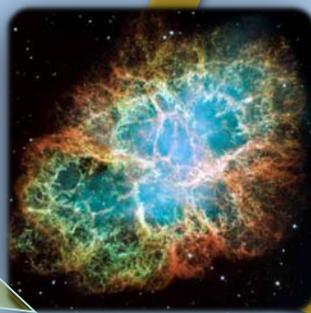
## 物質の「輪廻」

ガスと塵(星間空間の物質の1%は固体微粒子)

星のガス放出は、どの進化段階で、どのように起きる？  
超新星は塵を作る？それとも壊す？



星間ガス雲  
("星の胎盤")



星の終焉:  
ガス放出／超新星爆発、塵の生成／破壊

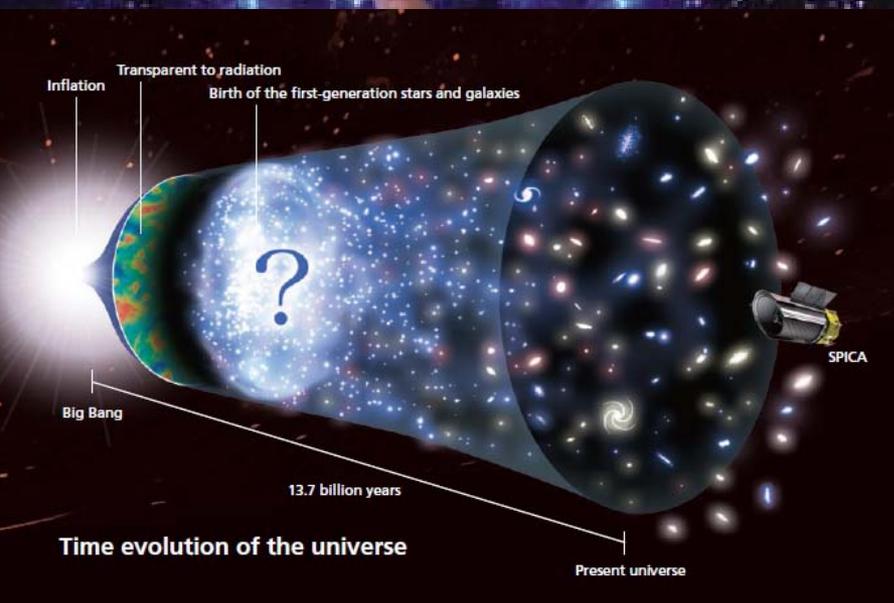


星の誕生  
星内部での重元素生成

# 私たちがSPICAで明らかに にしたいこと

「我々はどこから来たのか？」

宇宙初期の固体形成から惑星形成までの  
**物質**の輪廻・進化を明らかにしたい。



# SPICAの科学目的 (SPICAミッション要求書)

Approaches to perform SPICA Scientific Objectives

〈銀河誕生のドラマ〉  
をさぐる

〈惑星系のレシピ〉  
をさぐる

[ 1 ]  
銀河の誕生と  
進化過程の解明  
Resolution of  
Birth and  
Evolution of  
Galaxies

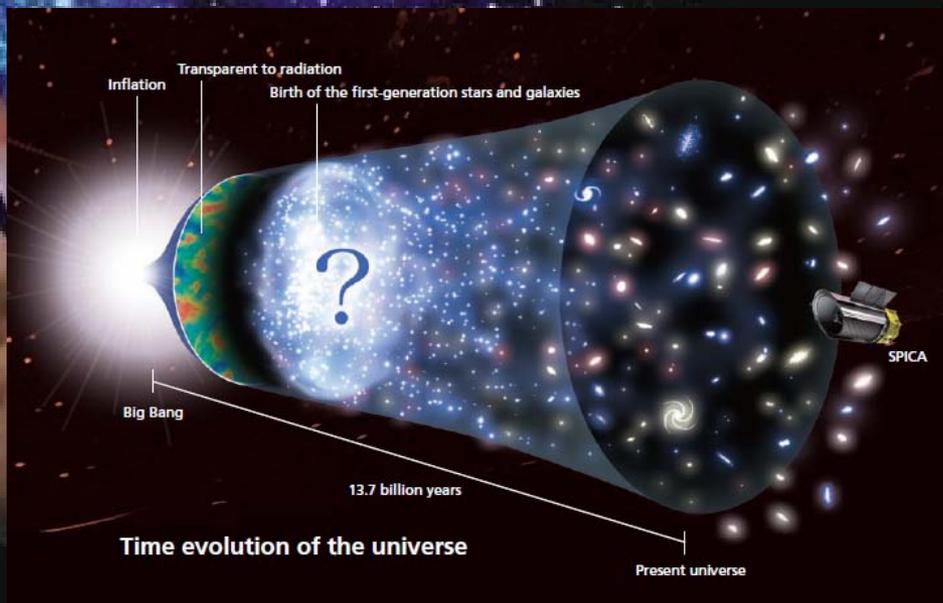
[ 2 ]  
銀河星間空間における  
物質輪廻の解明  
The Transmigration of  
Dust  
in the Universe

[ 3 ]  
惑星系形成過程の  
総合理解  
Thorough  
Understanding of  
Planetary System  
Formation

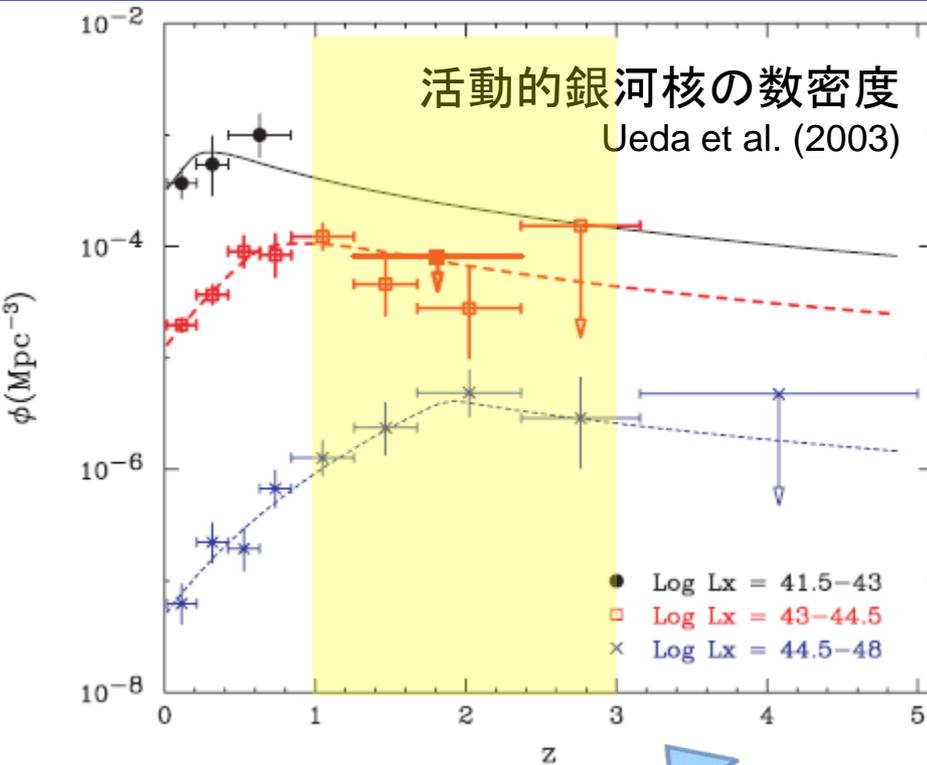
遠方宇宙／初期宇宙  
Distant/Early Universe

近傍宇宙(恒星系)  
Local Universe/Stellar system

# 「銀河誕生のドラマ」 銀河の誕生と進化過程の解明



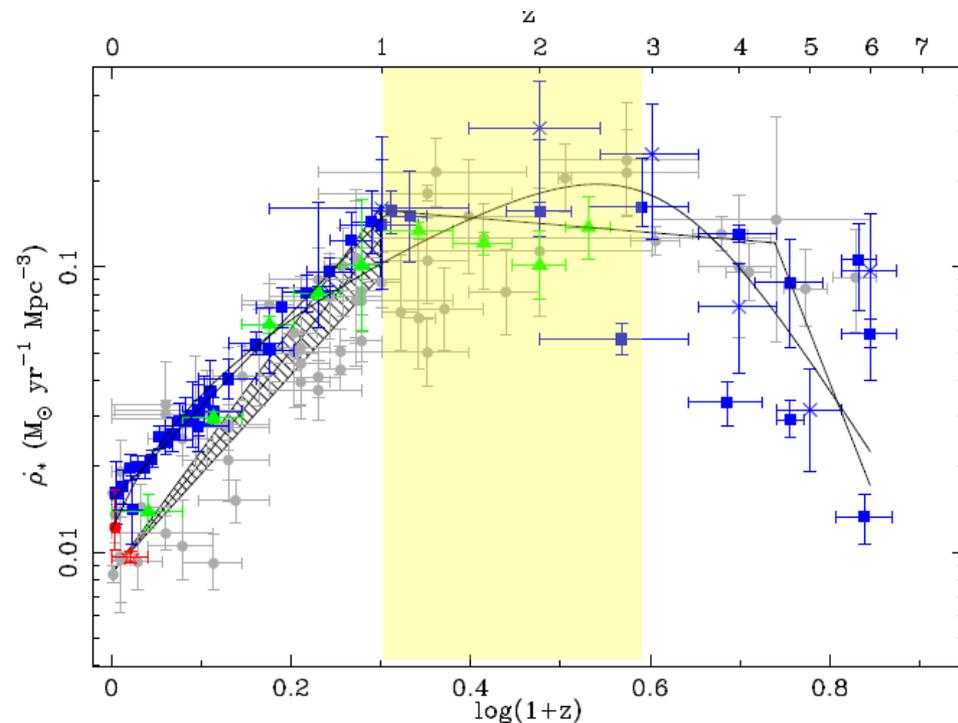
# 70~120億年前:「激動期」宇宙



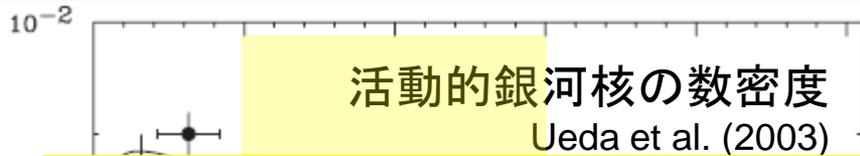
共進化?  
互いの関係は?

- 赤方偏移  $z=1\sim 3$  (薄黄色):  
銀河の星形成も巨大ブラックホール成長も今よりずっと活発だった時代

宇宙の星形成率 (紫外、可視光より)  
Hopkins & Beacom (2006)



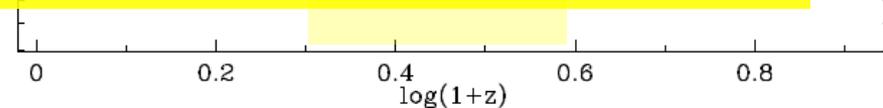
# 70~120億年前:「激動期」宇宙



● 赤方偏移 $z=1\sim 3$  (薄黄色):

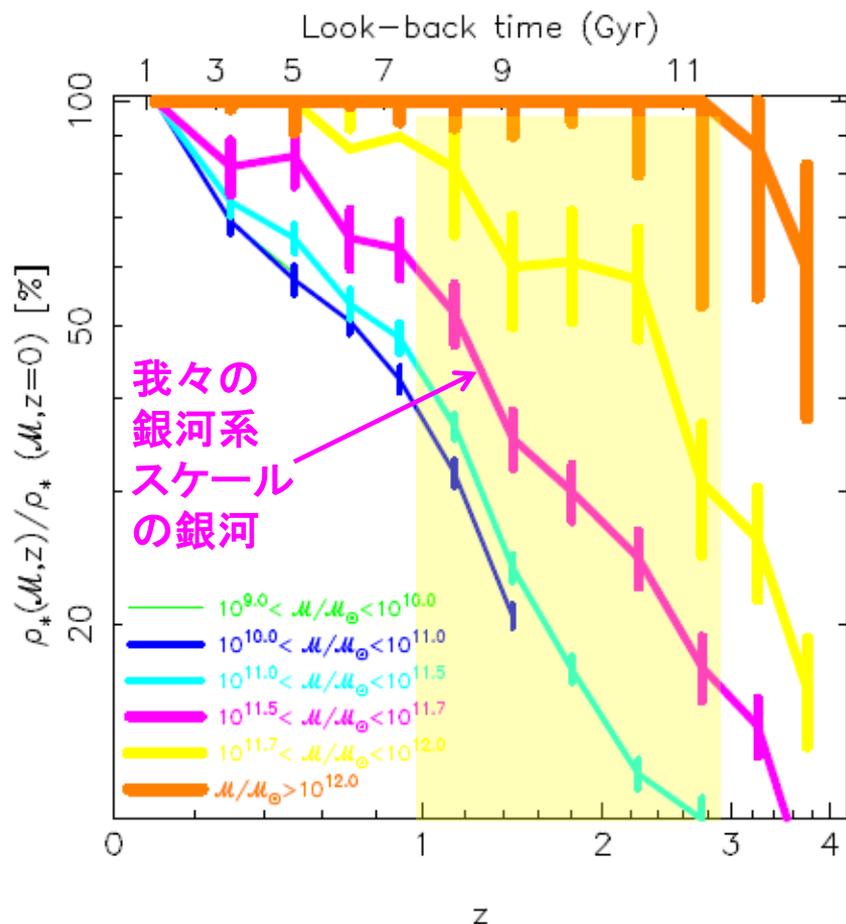
## 激動期に関する未解決課題

- ・ 若い活動的銀河核ほど、塵に隠されているのでは？ (→ 國枝講演でも触れます)
- ・ 星形成が活発な銀河ほど、塵に隠されている。本当の星形成率の進化は？
- ・ 大規模構造形成との関係は？ (→ 河野講演)
- ・ 金属量・銀河質量の進化にみられる「ダウンサイジング」の原因は？

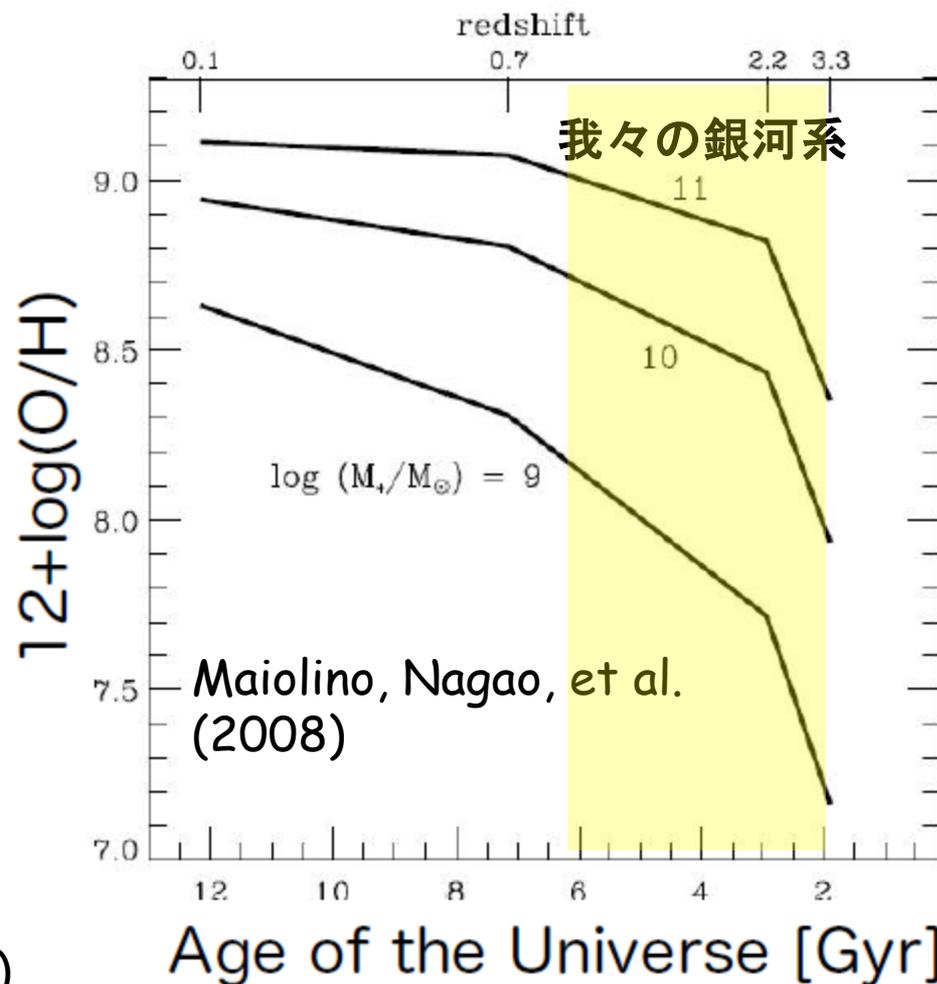


# 反階層的進化 (ダウンサイジング)

形成した星の質量の現在の質量に対する割合 [%]



金属度 (可視光スペクトル線より導いたもの)



# 反階層的進化(ダウンサイジング)

- 大きな銀河程、昔に急激に星形成し、その後殆ど進化しない(小さな銀河ほど、最近まで活発に星形成している)。

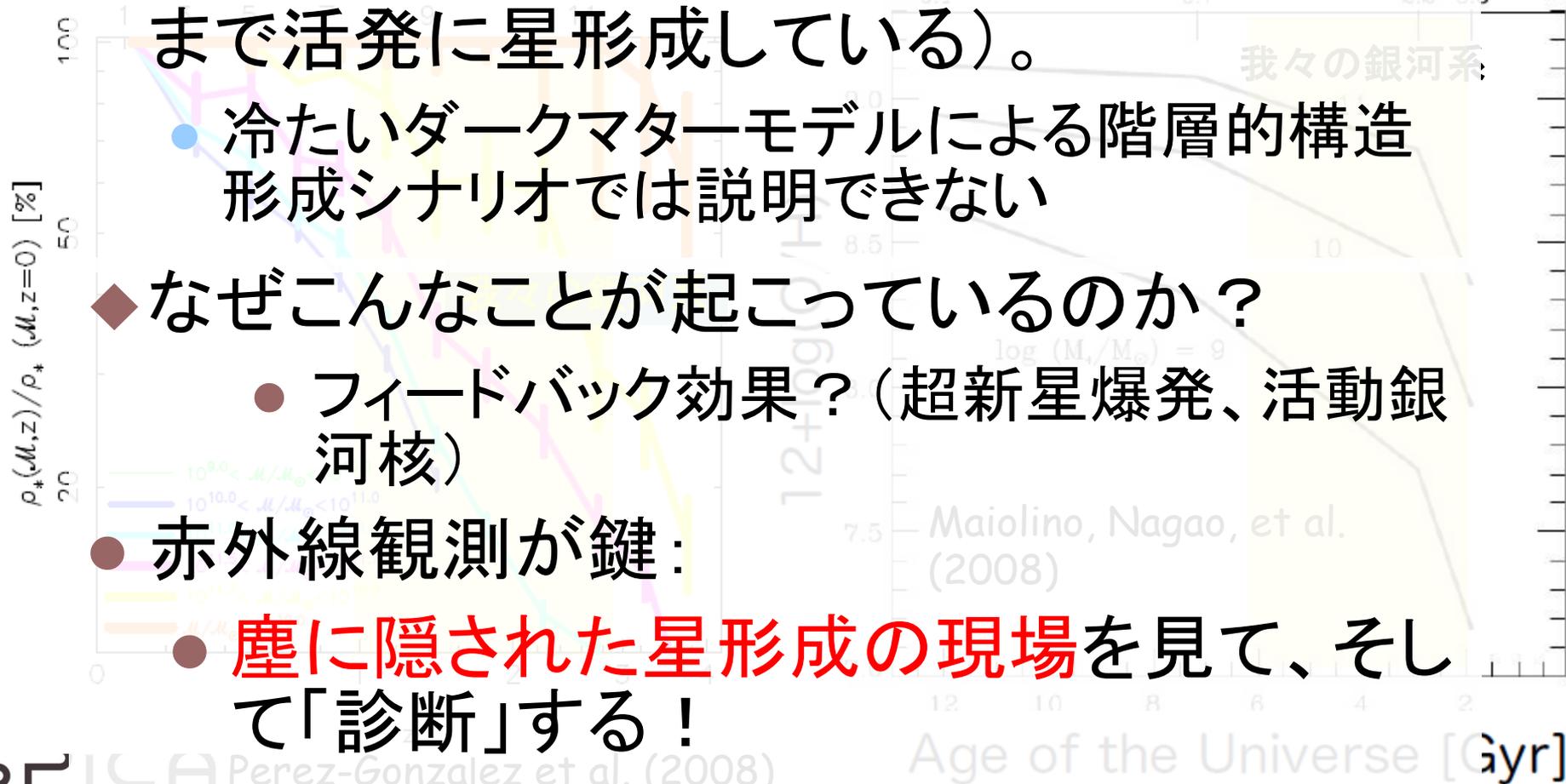
- 冷たいダークマターモデルによる階層的構造形成シナリオでは説明できない

## ◆ なぜこんなことが起こっているのか？

- フィードバック効果？(超新星爆発、活動銀河核)

- 赤外線観測が鍵：

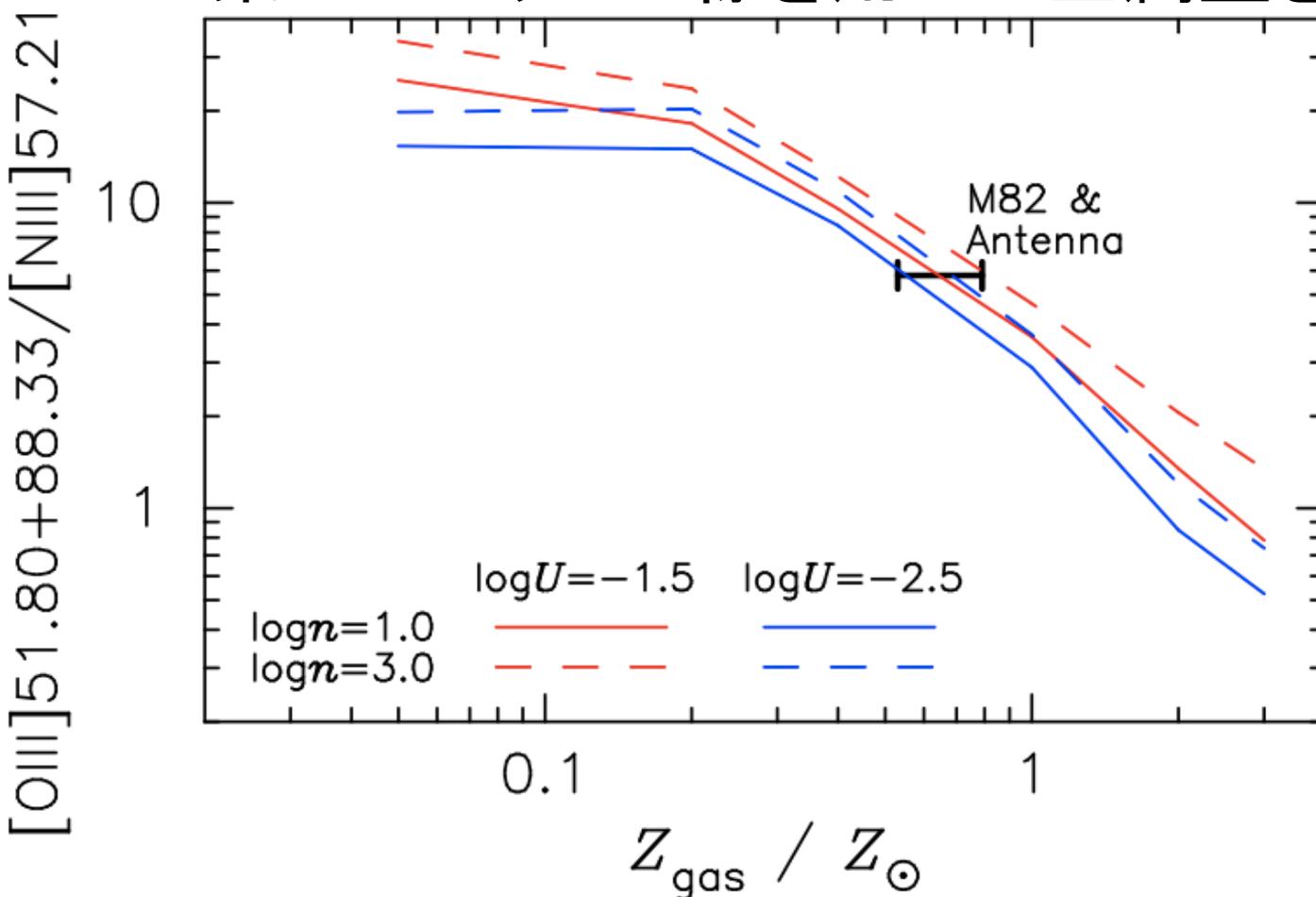
- 塵に隠された星形成の現場を見て、そして「診断」する！



# 塵に覆われた銀河の金属量診断

Nagao et al. (2011)

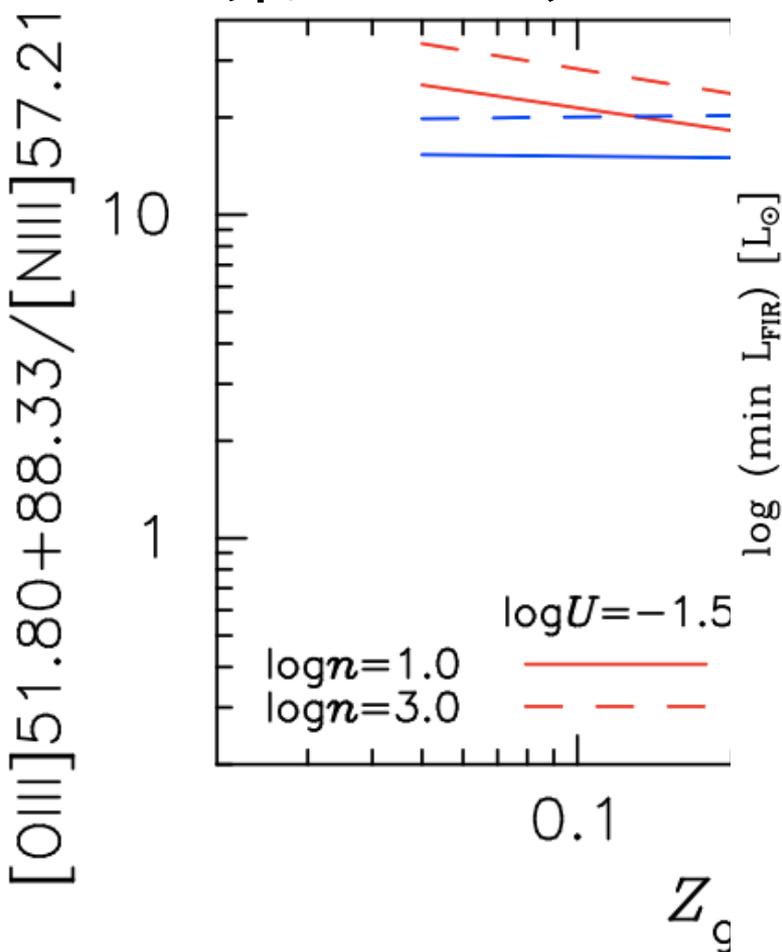
- 塵の減光が無視できる赤外波長の電離酸素・窒素のスペクトル線を用いて金属量を推定する。



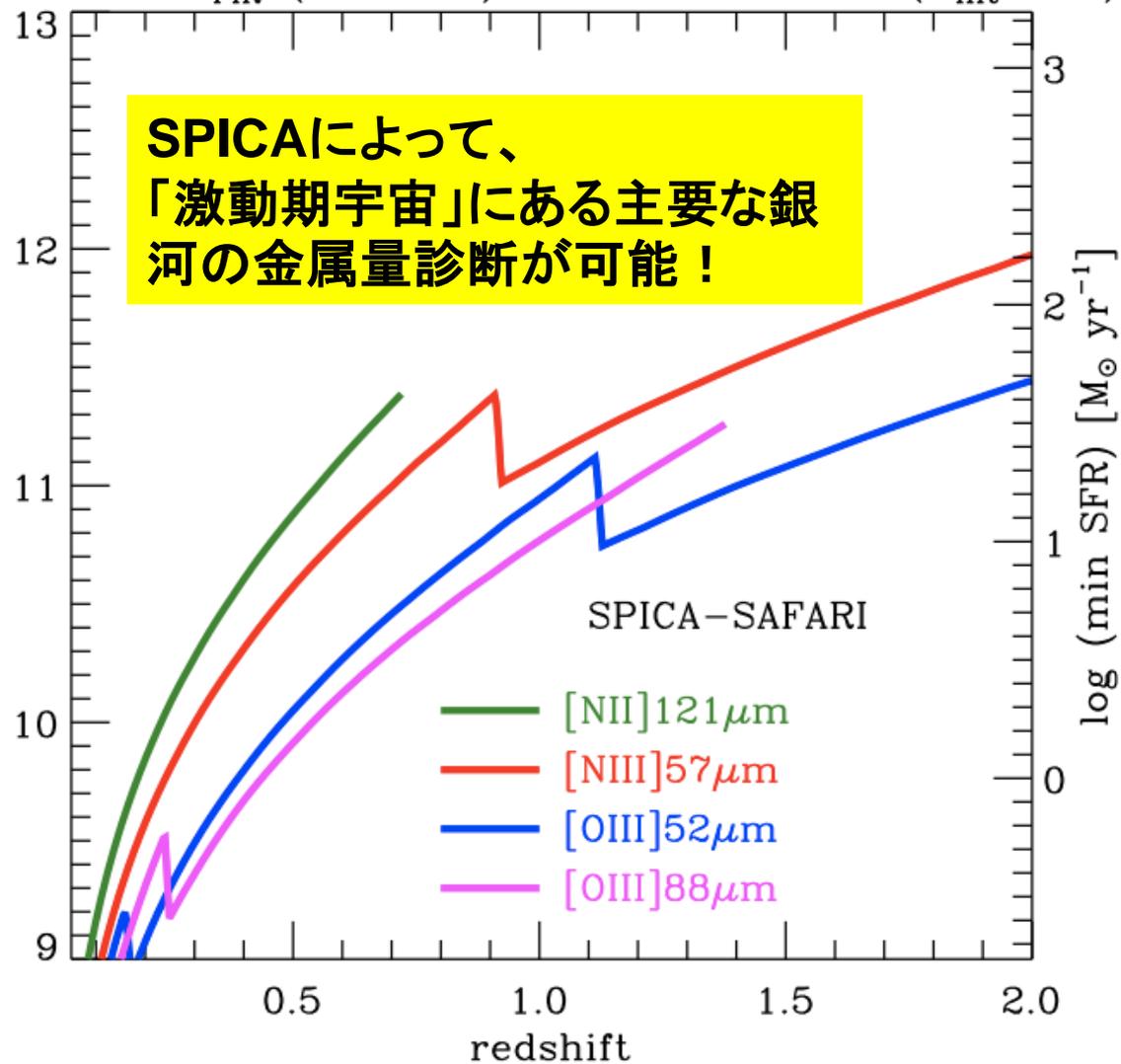
# 塵に覆われた銀河の金属量診断

Nagao et al. (2011)

- 塵の減光が無視素のスペクトル

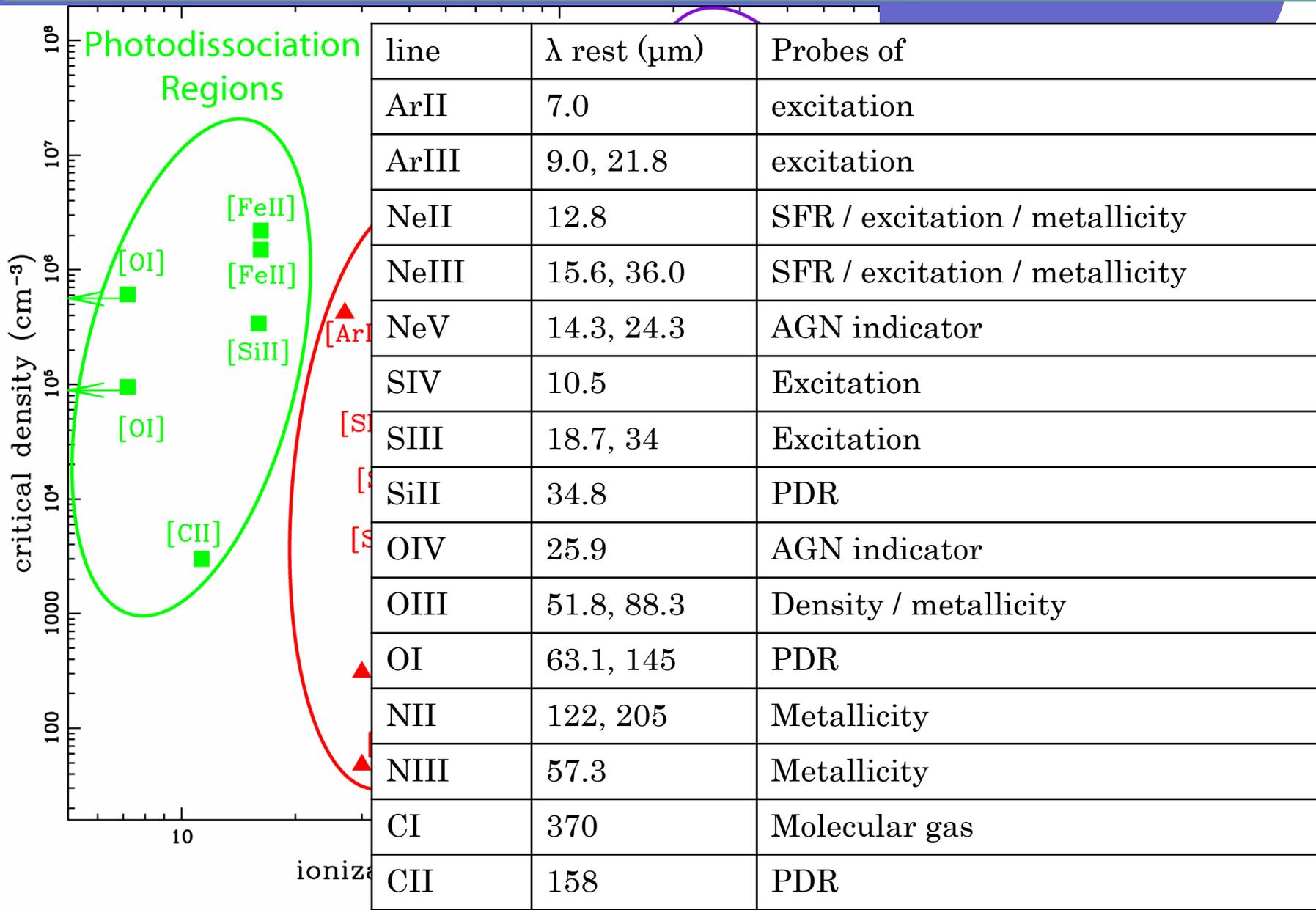


minum  $L_{FIR}$  (or SFR) to achieve  $5\sigma$  ( $T_{int}=3h$ )





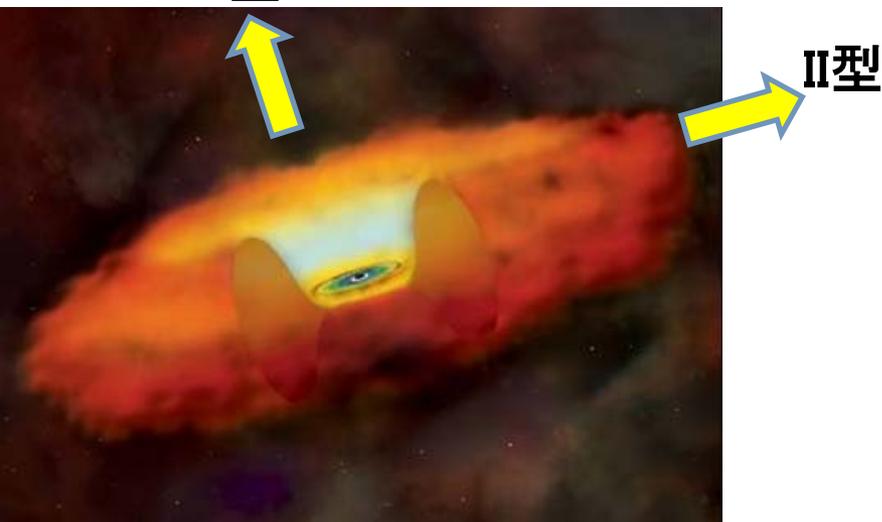
# 中間・遠赤外線は、星間ガスの物理状態・電離状態のプローブの豊庫



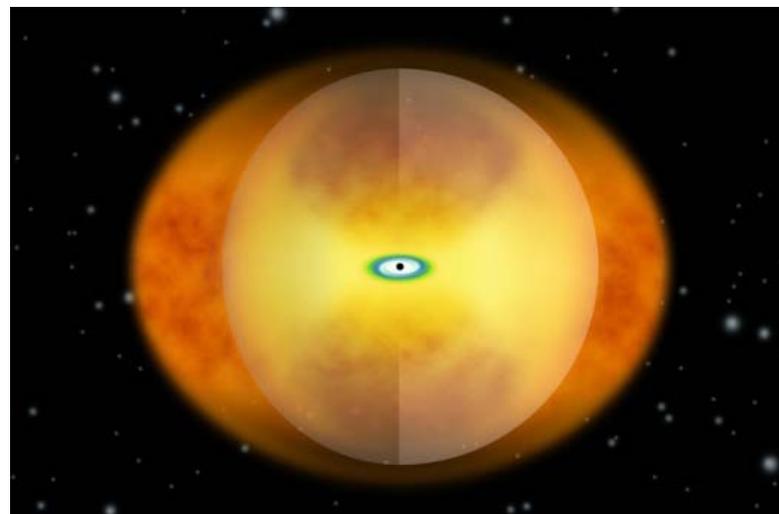
# 「隠された活動的銀河核 (AGN)」は、宇宙にどれくらい存在するのか？

可視・X線で選んだAGN

I 型

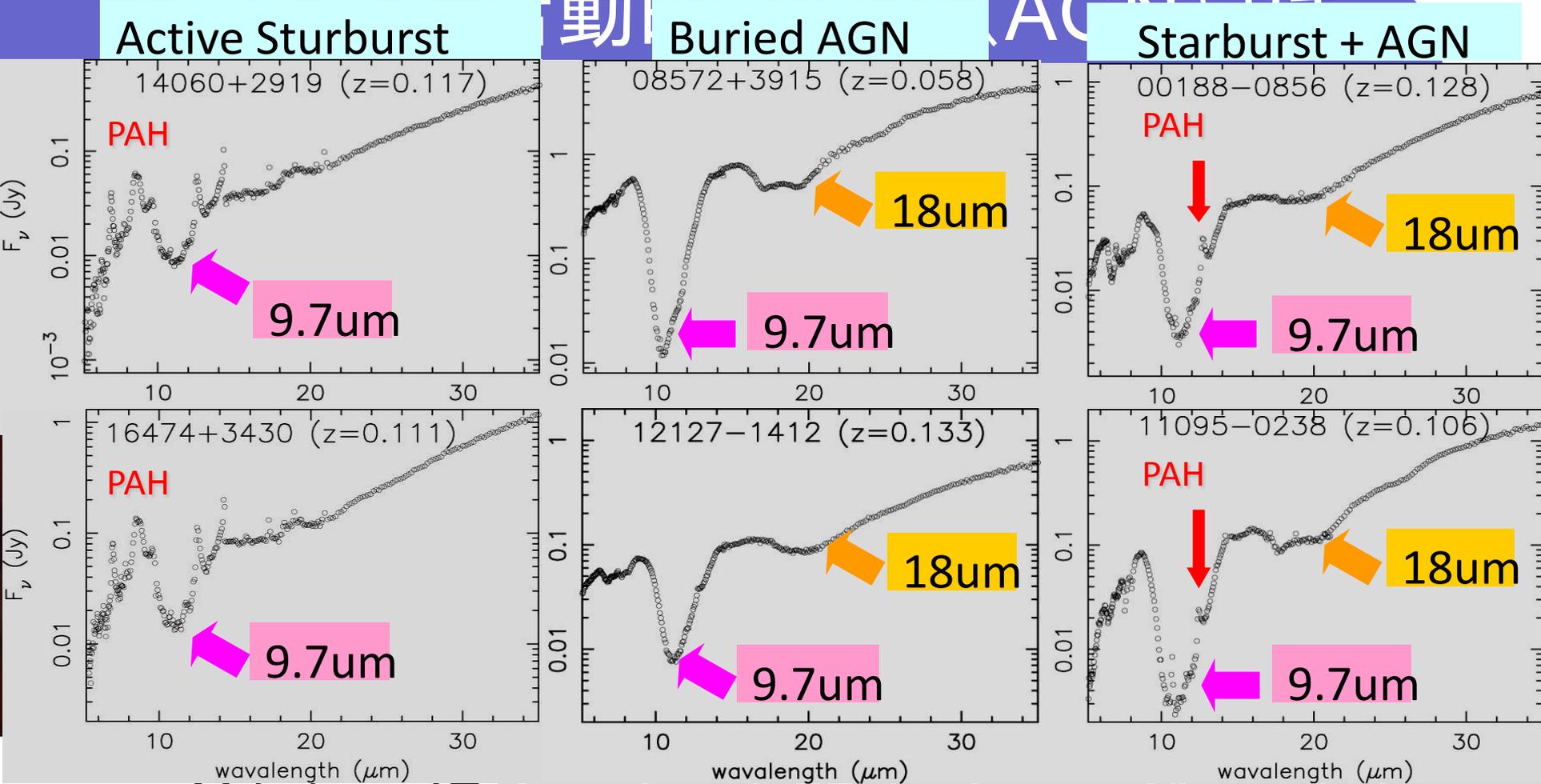


塵に埋もれたAGN



- どちらの場合でも、中間赤外でのダストからの放射スペクトルエネルギー分布の違いによって、星形成銀河とは区別できる。

# 「隠れた」活動的銀河核 (AGN) は



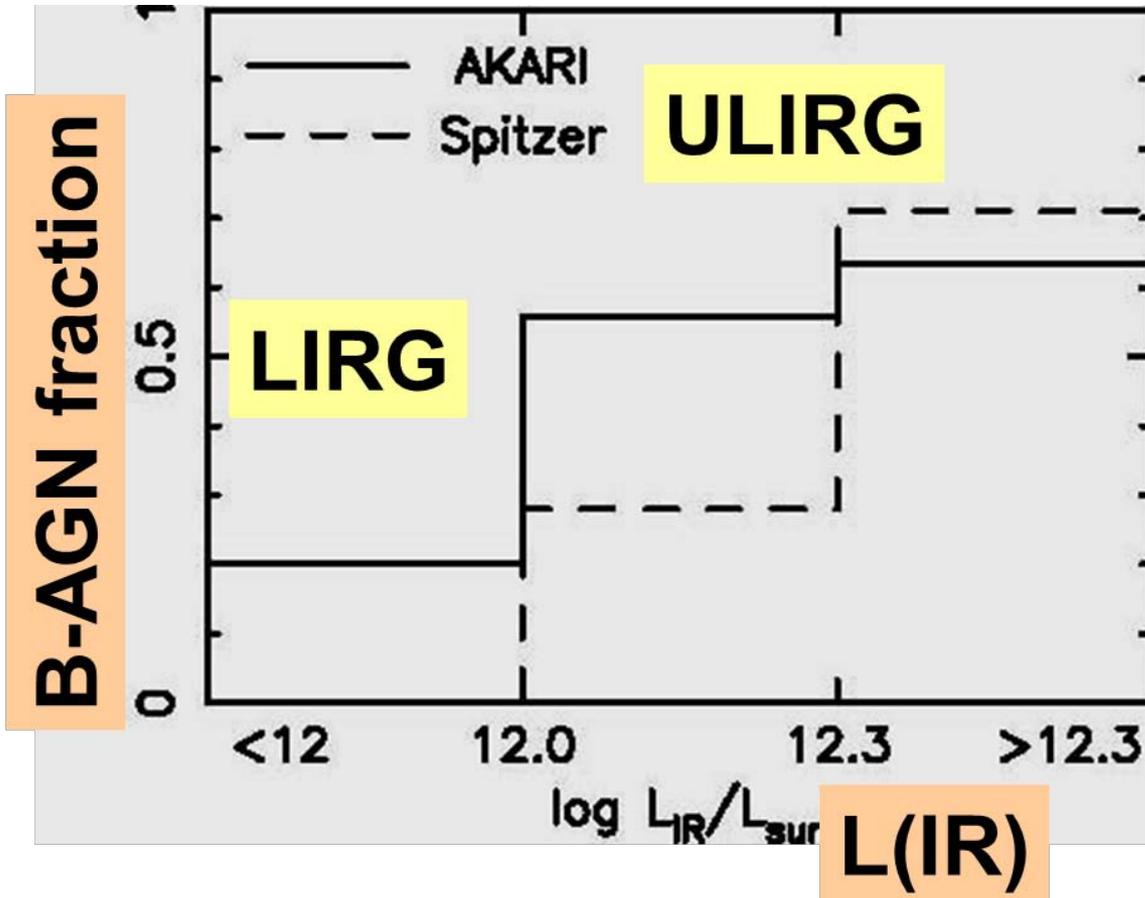
- どちらの場合でも、中間赤外でのダストからのスペクトル分布によって、星形成銀河とは区別できる。



AKARI

# 隠されたAGNは無視できない

隠されたAGNの割合は、赤外線で明るい銀河ほど増えている  
Imanishi et al.(2010)





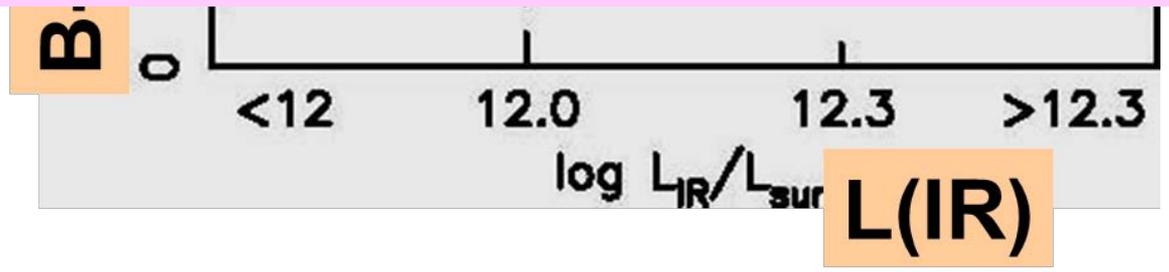
AKARI

# 隠されたAGNは無視できない

隠されたAGNの割合は、赤外線で見つかる銀河ほど増えている  
Imanishi et al.(2010)



AKARI, Spitzerでは、比較的明るい近傍赤外線銀河の研究しかできなかった。  
**SPICAで激動期宇宙に初めて到達できる。**  
これにより、活動銀河核によるフィードバックがダウンサイジングの原因か、についても解明する。



# これまでの塵に覆われた宇宙の星形成史の研究



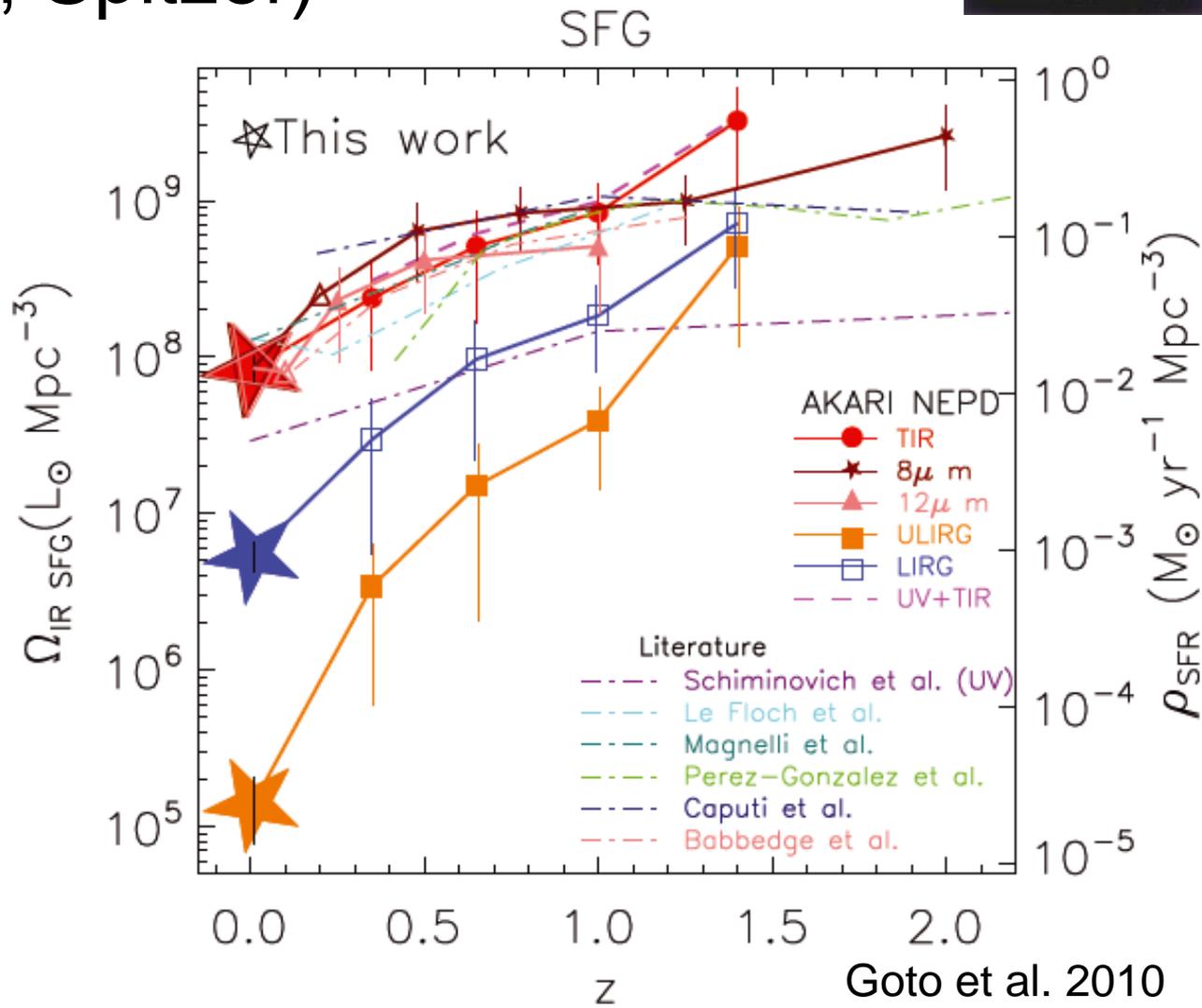
AKARI

AKARI, Spitzer)

## 問題点

- 中間赤外線光度から全赤外光度を外挿している
- 埋もれたAGNの寄与の分離が困難

SPICAによって、これらの問題点を一挙に解決し、「本当の星形成史」を導く。

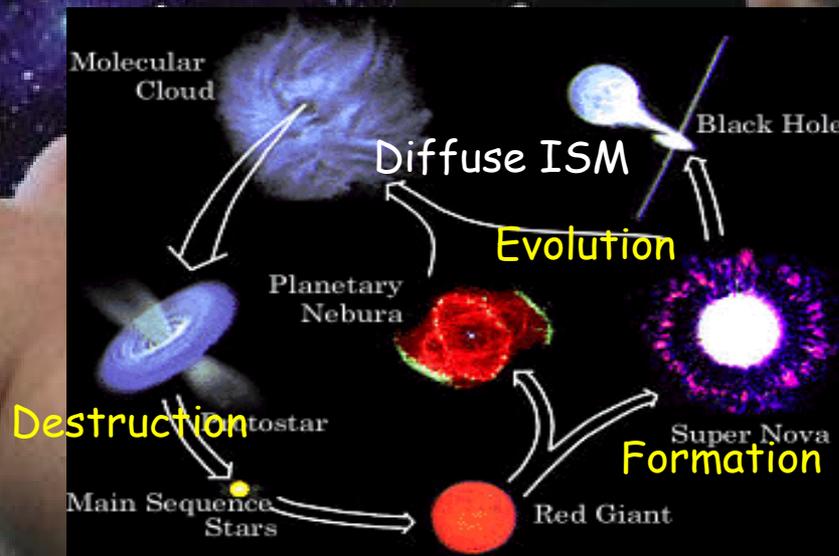


# 「銀河誕生のドラマ」

銀河の誕生と進化過程の解明:  
SPICAによって我々は

従来銀河系・近傍銀河でしかできなかった  
星間物質診断を $z > 2$ で行い、本当の銀河  
の星形成史、超巨大ブラックホールの成長  
史とともに、物質はどう進化してきたのか、  
を明らかにする。

# 銀河星間空間の物質輪廻の解明



# 銀河星間空間の物質輪廻： SPICAによって我々は

**「系統的な宇宙固体物質科学の展開」  
SPICAの高感度・広帯域同時分光能力  
および広視野撮像能力を活かして、  
ダストの組成のみならず、ガス中のメタル  
(Fe, O, ... )からその生成過程を総合的に  
明らかにする。**

# 「惑星系のレシピ」 惑星系形成過程の総合理解



# 「惑星系のレシピ」

惑星系形成過程の総合理解：

SPICAによって我々は

星・惑星系形成史の中で、ガス円盤から  
デブリ(固体)円盤へと進化する過程、及び  
その中の物質組成や物理状態(例：巨大  
ガス惑星の大気)を解明する。

# SPICAの目指すもの： この後の講演

- 惑星系レシピ
  - 太陽系科学： 渡部（国立天文台）
  - 系外惑星研究： 田村（国立天文台）
- 物質循環
  - 「あかり」からSPICA： 尾中（東京大学）
  - すばるからSPICA： 林（東京大学）
- 銀河ドラマ・X線からの期待
  - 遠方銀河： 河野（東京大学）
  - X線から： 國枝（名古屋大学）