2018年2月18日　我孫子サイエンスカフェ

宇宙で生き物を探す たんぽぽ計画と生命探査

東京薬科大学　生命科学部
山岸明彦

目次　1. たんぽぽ計画

- 微生物はどんな生き物？多細胞、単細胞
- 微生物どのにいる？土の中、池の中、海の底？
- たんぽぽ計画どうしてはじめた？
- 微生物は空にいる？飛行機、大気球、
- 酸素がないのにどう生きている？
- たんぽぽ計画、いつ頃始めた？
- なぜ高速で飛んでいる？
- どう捕まえる？エアロゲル、ガス銃、
- どう持って帰る？
- どう調べる？どうぐは？顕微鏡、DNA、アミノ酸、spring8
- どれくらいの時間がかかった？
- 何人ぐらいの人が協力している？

微生物はどこにいる。

- 土の中にいます。
- 枯れ葉の上にいます。
- 動物や植物の死体にいます。
- 死んだ動物や植物を分解します。
- 微生物がいないと地球は埋まってしまいます。
- 海や池の中にもいます。
- 海の底にもいます。
- 空にはいないでしょうか？

空に微生物いないか？

どう採集する？

- 飛行機
- 気球
- ロケット

- 研究を申し込む。
- 採択されてしまった。

どうやって微生物を採集する？

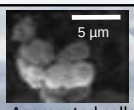
- 実験の仕方を考える？
- 20km～35km
- 温度－50℃
- 大気圧十分の1以下
- 気球をどう飛ばす
- 気球の実験研究者に協力してもらう。

大気圏での微生物採集実験

高度（km）	手段	微生物種(引用)
0.8-12	航空機	*Deinococcus* sp., *Streptomyces* sp. *Bacillus* sp., *Paenibacillus* sp. [1]
12-35	大気球	*Bacillus* sp., *Paenibacillus* sp. [4]
20	航空機	*Micrococcaceae, Staphylococcus, Brevibacterium.* [5]
41	大気球	*Bacillus* sp., *Staphylococcus* sp., *Engyotontium* sp. [3]
48–77	ロケット	*Mycobacterium* sp., *Micrococcus* sp. [6]

Deinococcus sp. [1]

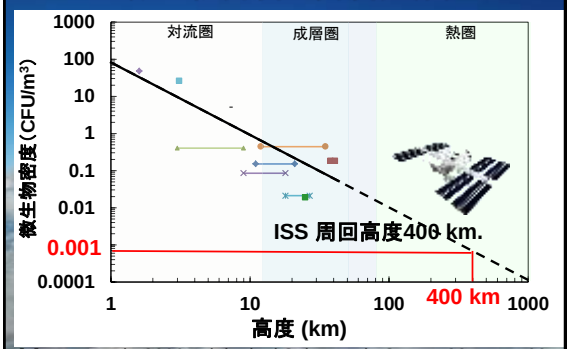
Bacillus sp. [2]



Aggregated cells [3]

[1] Yang et al., 2008 [2] Smith et al., 2011 [3] Wainwright et al., 2004, [4] Yang et al., 2008b [5] Griffin et al., 2008 [6] Imshenetsky et al., 1974

微生物密度の高度依存性



[1] Yang et al., 2009, *Biological Sciences in Space*, 23 151-163

宇宙には微生物はいないか？

いろいろな事を考える

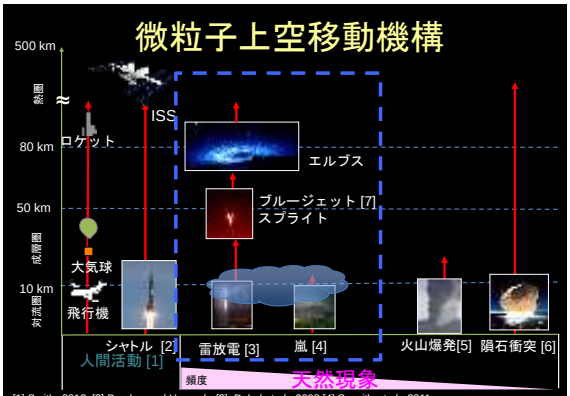
- 真空で生きている？
- 放射線は大丈夫？
- 紫外線は大丈夫？
- どんな微生物？

- 実験：生きていた。
- 実験：大丈夫だった。
- 実験：塊にすれば大丈夫？
- 強い微生物がいる。

宇宙で微生物は漂えるか？

- 宇宙で微生物は漂えるか？
- 漂うためには何が必要か？
- 真空中では漂えない。
- 宇宙ステーションはどうしている？
- 遠心力
- 秒速7 キロメートルの速度
- 微生物も秒速7 キロメートルの速度
- エアロゲルで微生物を捕まえられる？

微粒子上空移動機構



[1] Smith, 2013, [2] Burcker and Horneck, [3] Dehel et al., 2008 [4] Smmith et al., 2011,
[5] Van Eaton et al., 2013 [6] Kring, 2000, [7] Wainwright et al., 2006

たんぽぽ計画のもう一つの目的
生命の起源の謎

- 生命の元をさがす
- 最初の生命はどんな生命？
- 微生物
- 微生物はなんでできている？

大腸菌の分子組成（黄色は有機物）

成分	重量%
水	70
タンパク質	15
核酸	
DNA	1
RNA	6
糖類	6
脂質	2
その他の有機分子	1
無機イオン	1

生命の起源の謎

- 最初の生命はどんな生命？
- 微生物
- 微生物はなんでできている？
- 微生物は有機物でできている。
- 微生物が地球に現れる前に、有機物がどうできた？
- 有機物は暗黒星雲でできた。
- できた有機物はどう地球にやってきた？

化学進化

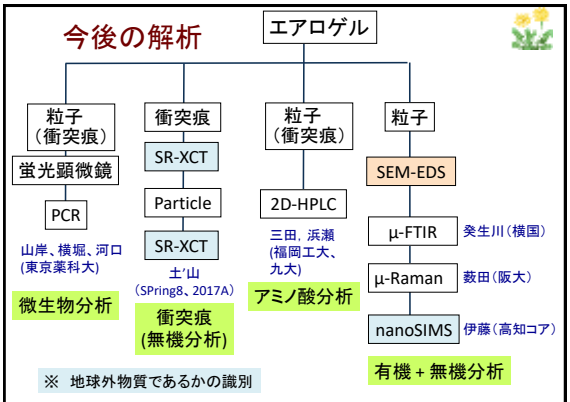
- 有機物は宇宙からくる
- アミノ酸はできる。
- 核酸はこのあと。
- 合成の量は？

- 宇宙塵は年数万トン来ている。
- 宇宙塵に有機物があるか？

たんぽぽ計画

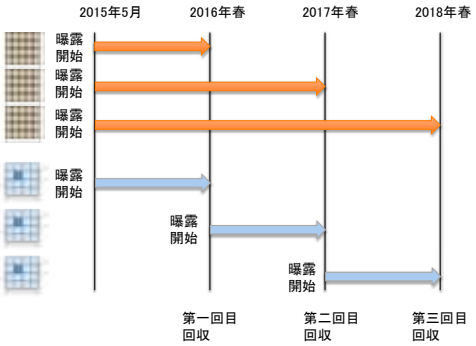
- 2006年開始
- 2015年4月打上
- 2015年5月曝露開始
- 2016年6月宇宙ステーションへ取込
- 2016年8月地球帰還

今後の解析



たんぽぽ計画

たんぽぽ計画



たんぽぽ計画に何人ぐらい参加していますか？

全部で26の大学や研究所がたんぽぽ計画に参加しています。
参加人数は50人以上です。

目次　2. 宇宙での生命探査

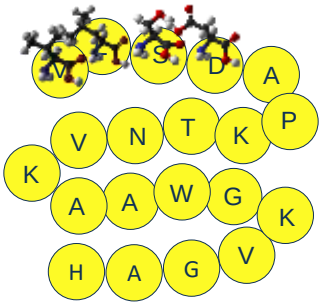
- 地球の生命は何でできているか。有機物
- 有機物がなにやっているか。
- 化学進化：生命の起源前の有機物合成
- 地球、太陽、太陽系、
- 生き物はいるか。
- 有機物を作る元素、どこにでもある。
- どう探す？
- 星、天の川、太陽系の外
- 太陽系外惑星を探す。どうさがす。
- 生き物はいるか。何がいる？水、ハビタブル、
- 宇宙人はいるとおもいますか？

水の役割

- 非常に良い溶媒
  - –血液：酸素や栄養素を溶かして運ぶ。
  - –細胞の中：栄養素を溶かして反応に使う。
- タンパク質構造形成と機能に必要

タンパク質

アミノ酸が決まった順で並んでいる



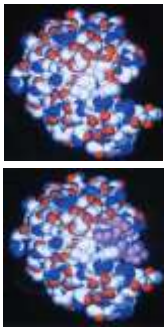
23

タンパク質：立体構造を取って機能を発揮する

内側が疎水性、
外側が親水性

水があるから形を作る

形があるので、機能
をもつ。



化学進化

生命誕生前の
有機物はどうできたか

火星に生物がいるとすればどういった特徴を備えているか。

水が無くても生命活動（代謝等）はできるのですか？

有機物があるから生物が生まれたのか？それとも生物がいたから有機物が生成されたのか？生物がいないとできない有機物といなくてもできる有機物があるのか？

25

大腸菌の分子組成（黄色は有機物）

成分	重量%
水	70
タンパク質	15
核酸	
DNA	1
RNA	6
糖類	6
脂質	2
その他の有機分子	1
無機イオン	1

宇宙空間での有機物の生成

27

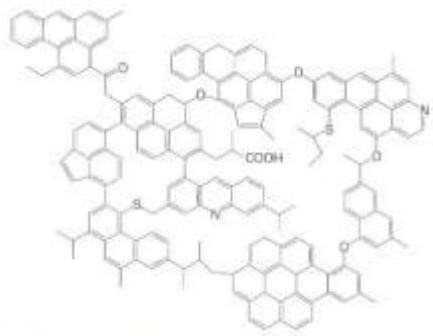


図6.2 これまでの諸研究知見に基づき推測された，酸不溶性固体有機物の分子構造モデル[7]

28

化学進化

- 有機物は宇宙からくる
- アミノ酸はできる。
- 核酸はこのあと。
- 合成の量は？

- 宇宙塵は年数万トン来ている。
- 宇宙塵に有機物があるか？

ヒトの元素組成

元素	乾燥重量(%)	元素	乾燥重量(%)
C	61.7	F	Trace
N	11.0	Si	Trace
O	9.3	V	Trace
H	5.7	Cr	Trace
Ca	5.0	Mn	Trace
P	3.3	Fe	Trace
K	1.3	Co	Trace
S	1.0	Cu	Trace
Cl	0.7	Zn	Trace
Na	0.7	Se	Trace
Mg	0.3	Se	Trace
B	Trace	Mo	Trace

ヒトの身体は海水（細胞は温泉水）

Sea water	mg/kg
Cl	19,350
Na	10,780
Mg	1,280
S	898
Ca	412
K	399
Br	67