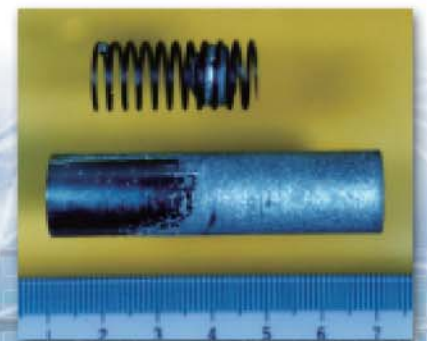


Kỷ yếu về các thí nghiệm không gian của Nhật Bản
- Những thành tựu và bài học -

Biên soạn bởi Hiroo Ikonuchi

Bản tóm lược



Lời nói đầu

Cuốn sách nhỏ này là tóm tắt chính của một báo cáo mang tên “Kỹ yếu về những thí nghiệm không gian của Nhật Bản - Những thành tựu và bài học kinh nghiệm”, do Hiệp hội ứng dụng vi trọng lực Nhật Bản phát hành vào tháng 3- 2005. Quyển sách gốc- với mục đích dành cho các nhà khoa học- dày hơn 400 trang với nội dung bằng ngôn ngữ bản địa. Do đó, bản tóm tắt chính này được biên tập nhằm mục đích lưu hành rộng rãi. Chúng tôi hy vọng được chia sẻ sự ham thích đối với những nỗ lực nghiên cứu xứng đáng trong môi trường vũ trụ kỳ diệu với rất nhiều người, không chỉ bó hẹp trong phạm vi là các nhà khoa học.



Nội dung

Life Science

Tại sao nghiên cứu sinh học trên vũ trụ? Những đối tượng và phương pháp của nghiên cứu khoa học sự sống trong không gian	02
Tóm tắt những thành tựu chính đã đạt được trong khoa học sự sống trong không gian	04
Những thành tựu chính	05
Thiết bị và Kỹ thuật thử nghiệm Bài học kinh nghiệm	08
Viễn cảnh của khoa học sự sống trong không gian	09

Material Science

Đối tượng của thử nghiệm vũ trụ	10
Những thành tựu chính	11
Thiết bị cho thí nghiệm	16
Những kỹ thuật có được qua một loạt những thử nghiệm vũ trụ Kinh nghiệm và bài học	16



Life 生命科学分野 Science

Tại sao lại nghiên cứu sinh học trên vũ trụ?

Đối tượng của nghiên cứu
khoa học sự sống trong không gian

Mở rộng hoạt động của con người ra những khu vực bên ngoài

- ▶ Nhận biết và vượt qua những vấn đề liên quan đến những hoạt động của con người trên vũ trụ.

Tìm kiếm dạng sống trên vũ trụ

- ▶ Phân tích những hiện tượng của sự sống trong những điều kiện không chịu tác động bởi những hạn chế của bề mặt trái đất.

Phương pháp thử nghiệm khoa học đời sống trong vũ trụ

Nắm bắt được những kỹ thuật mới nhất của hoạt động trên ISS

- ▶ Máy phân tích và xử lý thông tin dung lượng lớn và các thiết bị nano
- ▶ Mang các chủng loại sinh vật trở lại mặt đất phục vụ cho các nghiên cứu mũi nhọn

Khai thác tất cả các thuận lợi của ISS

- ▶ Quan sát thực vật và động vật qua nhiều thế hệ
- ▶ Tiến hành các thí nghiệm tinh vi bởi phi hành đoàn
- ▶ Bản thân phi hành đoàn là đối tượng của nghiên cứu y học

Astronaut Dr. Mamoru Mohri conducts life science experiments onboard the Space Shuttle Endeavour (September 1992).



Lần đầu tiên tuyển chọn các nhà du hành vũ trụ đã thúc đẩy các tổ chức của Nhật khởi động chương trình nghiên cứu y sinh chính thức vào cuối những năm 1970. Chi nhánh Phát triển Vũ trụ Quốc gia của Nhật (NASDA) đã chỉ đạo theo hướng y học-không gian của Châu Âu và Mỹ, và cũng như khuynh hướng của Nga - nước đã có kinh nghiệm lâu năm trong việc ở lại dài ngày trên vũ trụ. Các liên hiệp nghiên cứu với các quốc gia trên và các viện nghiên cứu địa phương cũng được định hướng nghiên cứu quá trình nằm dài ngày, quá trình cách ly và về những điều kiện vi trọng lực ngắn hạn bởi các chuyến bay parabol. Những thử nghiệm quy trình vật chất đầu tiên

(FMPT/SL-J:STS-47, 1992); thí nghiệm vi trọng lực quốc tế lần thứ 2 (IML-2:STS65, 1994), Neurolab (STS-90, 1998) và STS-95 (1998) đã được thử nghiệm theo đúng tiêu chuẩn không gian trong khoang tàu vũ trụ Space Shuttle. Cho đến năm 1998, các tổ chức địa phương đã thực hiện tổng cộng 96 thí nghiệm sinh học và y học. Thêm vào đó, một số nhà nghiên cứu Nhật Bản đã tham gia vào các chương trình của nước ngoài. Các phương pháp thí nghiệm không gian, sự phát triển về thiết bị, các thao tác kỹ thuật đã được học hỏi thông qua những hoạt động này và kết quả đạt được xếp ngang hàng với những nước phát triển trong nghiên cứu sử dụng vũ trụ.

Thí nghiệm khoa học về sự sống trong không gian

Flight/Mission	Vehicle	Organizatio	Date	No. Subjects
Gemini 3	Manned Capsule	NASA · Kondo*	1965.3	(1*)
Gemini 11	Manned Capsule	NASA · Kondo*	1966.9	(1*)
COSIMA 2	Capsule	Fujitsu, Ltd.	1989.9	1
COSMOS-2044	Capsule	USSR · Ohira*	1989.9	(1*)
MIR	Space Station	TBS	1990.12	3
MIR	Space Station	JGC Corp.	1991.5	1
STS-40 (GAS)	Space Shuttle	Sakata Seed Corp.	1991.6	1
STS-42 (GAS)	Space Shuttle	Suntory Ltd.	1992.1	1
MIR	Space Station	Fujitsu Ltd.	1992.1	1
STS-42 (IML-1)	Space Shuttle	NASDA	1992.1	1
STS-47 (FMPT)	Space Shuttle	NASDA	1992.9	15
MIR	Space Station	JGC Corp.	1993.5	1
STS-59 (GAS)	Space Shuttle	MITILS	1994.4	1
STS-65 (IML-2)	Space Shuttle	NASDA	1994.7	10(3**)
STS-64 (GAS)	Space Shuttle	Green Cross	1994.9	1
MIR	Space Station	Kyoto Univ.	1994	1
MIR	Space Station	Univ. Tokyo	1994	1
SFU	Free Flyer	ISAS	1995.3-96.1	1
STS-72 (GAS)	Space Shuttle	Fujitsu Ltd.	1996.1	1
STS-77	Space Shuttle	Obayashi Corp.	1996.5	(1*)
STS-79 (S/MM-4)	Shuttle/MIR	NASDA	1996.9	5(1*)
MIR	Space Station	NASDA	1997.2	3
STS-84 (S/MM-6)	Shuttle/MIR	NASDA	1997.5	15
MIR	Space Station	NASDA	1997.7	7
TR-IA#6	Sounding Rocket	NASDA	1997.9	1
STS-86 (S/MM-7)	Shuttle/MIR	Obayashi Corp.	1997.9	(1*)
STS-89 (S/MM-8)	Shuttle/MIR	NASDA	1998.1	7
STS-90 (Neurolab)	Space Shuttle	NASDA	1998.4	1(6*)
STS-91 (S/MM-9)	Shuttle/MIR	NASDA	1998.6	7
STS-95	Space Shuttle	NASDA	1998.1-11	6
TR-IA#7	Sounding Rocket	NASDA	1998.11	1

*Japanese researchers took parts in foreign programs as CI (not counted)

**Japanese agency provided equipment for foreign researchers (not counted)

Các nhà nghiên cứu của các học viện trong nước đã tiến hành tổng cộng 96 chuyến bay thử nghiệm trong suốt quãng thời gian từ năm 1989- năm 1998.

Lĩnh vực nghiên cứu	Số chuyến bay thí nghiệm
Y học không gian	
Sinh lý học tổng quát	4
Chức năng huyết quản tim	2
Chức năng tiền đình	5
Sinh học cơ xương	3
Sinh học trong trọng trường	
Động vật	4
Thực vật	7
Tế bào và vi sinh vật	10
Kỹ thuật sinh học	
Tinh thể protein	16
Chế tạo và làm sạch	6
Phóng xạ vũ trụ	
Phép đo liều lượng	15
Sinh học phóng xạ	23
Khác	1

Tóm tắt những thành tựu chính trong khoa học nghiên cứu cuộc sống trên vũ trụ

1 Mở rộng những hoạt động của con người ra ngoài không gian

- ▶ Nguy cơ của việc chịu đựng kéo dài dưới tác dụng của các hạt vũ trụ năng lượng cao và của bức xạ điện từ đã được xác nhận.
- ▶ Cơ chế của những bệnh gây ra do vận động trong không gian đã được phân tích thông qua nghiên cứu những sinh vật sống dưới nước.

2 Tìm kiếm sự sống trong vũ trụ

- ▶ Một vài khả năng về những sinh vật sống đã được tìm thấy nằm ẩn giấu trên trái đất.
- ▶ Đã chứng minh được động vật có xương sống (cá Medaka) có thể sinh con trong điều kiện không gian vũ trụ.

3 Khoa học nghiên cứu cuộc sống ngoài vũ trụ đã đạt trình độ cao

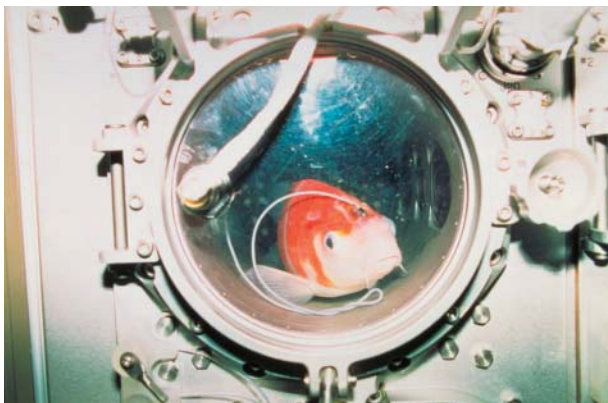
- ▶ Thiết bị và phương thức vận hành đã đạt vị trí hàng đầu, đặc biệt là kỹ thuật sử dụng sinh vật sống dưới nước.
- ▶ Ủy ban khoa học quốc tế đã chấp nhận và đánh giá cao những lời đề nghị về nghiên cứu khoa học sự sống trên trạm vũ trụ ISS.

4 Kỹ thuật thử nghiệm trên quỹ đạo đã chín muồi

- ▶ Kỹ thuật nghiên cứu môi trường sống dưới nước giúp sinh vật duy trì nòi giống.
- ▶ Hệ thống tích hợp giữa vi khuẩn đem cấy và cơ thể sinh vật nhỏ.
- ▶ Máy theo dõi thời gian thực đối với ion nặng và nơ-trôn, và hệ thống máy dò theo dõi nguyên tử.

Những thành tựu chính

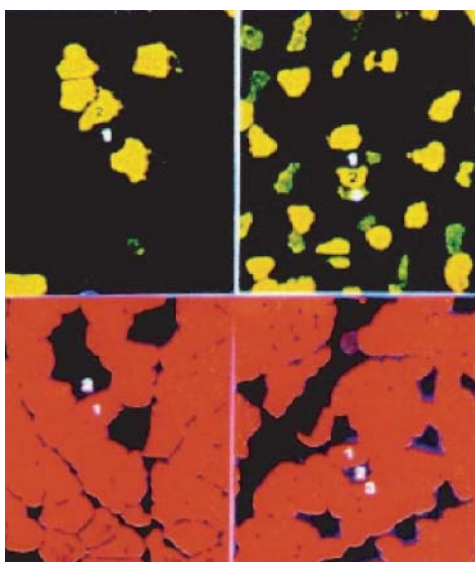
Hệ thống mô tơ cảm giác



Phân tích chuyển động trong không gian với Koi (Cyprinus carpio) trên FMPT(1992).

Những loài động vật như chim hoặc cá - những động vật chuyển động quanh không gian ba chiều thích hợp cho những nghiên cứu về những chức năng tiền đình. Người ta nhận thấy rằng cá bơi vòng tròn khi gặp vi trọng lực trong bóng tối. Phản ứng ánh sáng ở sống lưng đã được nghiên cứu trong khoang của tàu Space Shuttle cho thấy con cá đã giữ thăng bằng cơ thể dọc theo hướng của vi trọng lực và ánh sáng. Những kết quả này đã đưa lại kết quả về giác quan tiền đình thị giác đối lập với giả thuyết về những bệnh gây ra do vận động trên vũ trụ.

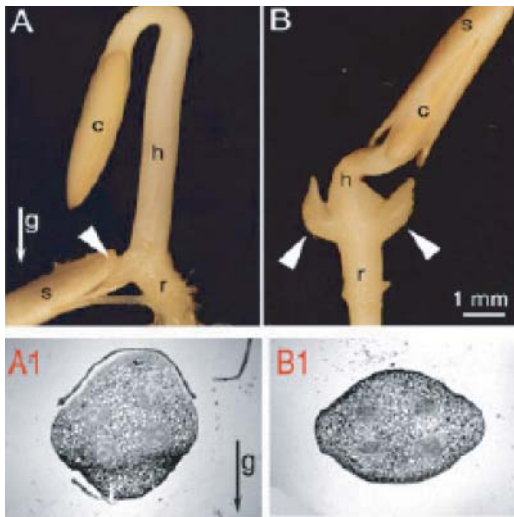
Sự teo cơ bắp



Sự biến đổi của các sợi cơ co giật nhanh đối với các sợi cơ giật chậm thể hiện trong dây mặt cắt ngang của cơ bắp chi sau chuột sau chuyến bay (SLS-2,1993).

Những cơ chống lại trọng lực bị teo đi trong trọng trường yếu do không còn phải chịu đựng sức tải liên tục. Những thay đổi của những thớ cơ co giật chậm thì rõ ràng hơn những thớ cơ co giật nhanh. Người ta nhận thấy rằng một vài sợi thớ co giật chậm thì thể hiện những điểm có trên cả thớ co giật nhanh và thớ co giật chậm. Hình vẽ cho thấy những phần nối tiếp nhau ở bắp thịt ở chân của những con vật bay trên vũ trụ (bên phải) và những con vật được kiểm tra dưới mặt đất (trái). Những ô ở trên cho thấy những sợi thớ co giật chậm (1) đã biến màu ở những ô phía dưới. Một vài sợi thớ (3) có phản ứng dương tính với sự biến màu của sợi thớ co giật nhanh và với cả sự biến màu của sợi thớ co giật chậm. Những nghiên cứu đã tiến hành chỉ ra bản chất phân tử và tế bào của hiện tượng, cũng như phát triển phương pháp khắc phục, ví dụ như các bài tập vận động thể chất hiệu quả.

Sự phát triển và hình thái gen của thực vật

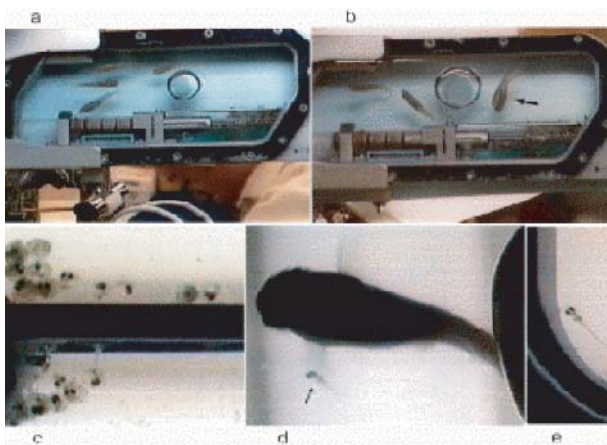


Sự tạo mầm của hạt giống dưa chuột dưới tác dụng vi trọng lực (STS-95,1998)

Những cây dưa chuột con giống được trồng trên mặt đất (A) hoặc trên quỹ đạo (B). Ta thấy được cái cọc ngắn (đầu mũi tên), rễ (r), lớp ngoài hạt giống (s), cọng dưới lá mầm (h), lá mầm. Những ô phía dưới cho thấy các biểu hiện của 1 gen phản ứng với chất kích thích thực vật CS- IAA1. Các cây dưa chuột giống phát triển một cọc ngắn ở phía dưới chúng. Các thí nghiệm trong không gian khám phá ra rằng những cây con một cách tự nhiên có xu hướng phát triển cái cọc ngắn về cả hai bên và vị trí cao hơn thoát khỏi sự hạn chế của trọng lực hơn là phát triển xuống phía dưới.

Thí nghiệm không gian bắt đầu từ một khái niệm cho rằng các loại cây có rất nhiều tiềm năng to lớn được giấu sau trọng lực. Và chỉ một phần nhỏ được bộc lộ ra trong những điều kiện mặt đất bình thường. Sự hy vọng được nâng lên đi kèm với những khám phá về những năng lực tiềm tàng không ngờ của sinh vật sống trên cạn thông qua những thử nghiệm vũ trụ tương lai.

Sự phát triển của động vật

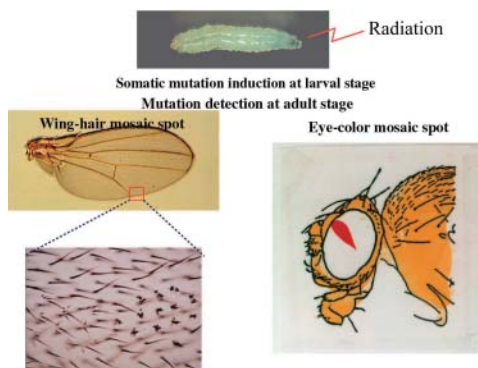


Mô tả khả năng sinh đẻ của động vật có xương sống trên quỹ đạo (IML-2,1994).

a: Medaka (*Oryzias latipes*) trên quỹ đạo b: đẻ trứng và thụ tinh c: phôi phát triển d,e: nở.

Những vết nứt của những quả trứng của động vật lưỡng cư bắt đầu theo hướng với trọng lực. Trọng lực tác động lớn đến hình thái sinh vật học của phôi thai đang phát triển, nhưng nó lại trở về bình thường ở những giai đoạn sau. Cuộc thí nghiệm đối với loài cá nhỏ Medaka: Quá trình cá đẻ trứng, thụ tinh và phát triển đã tiến hành mà không có bất kỳ vấn đề nào rõ ràng. Con cá nhỏ khi được sinh ra trên vũ trụ đã lớn lên và rời bỏ con cái của chúng sau khi quay trở lại trái đất.

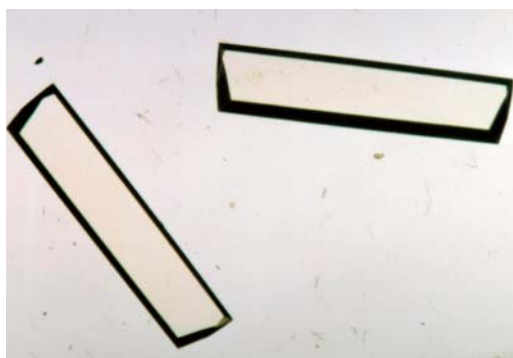
Ảnh hưởng bức xạ vũ trụ lên sinh vật



Tiến trình phát hiện siêu nhạy ảnh hưởng phóng xạ lên sự biến đổi thể xoma của cây fly (*Drosophila sp.*) và lọ dụng fly cho thí nghiệm trên Space Shuttle.

Lượng bức xạ ion hóa trên quỹ đạo thấp quanh trái đất trong một ngày xấp xỉ bằng lượng bức xạ một năm trên mặt đất. Lượng phóng xạ tiếp nhận này có thể không phải là mối nguy tức thời, nhưng nguy cơ rủi ro nên được phân tích để phục vụ cho những chuyến đi dài ngày trên ISS hoặc tại những trạm trên mặt trăng hoặc cho những chuyến thăm sao Hỏa. Nhiều thí nghiệm đã được tiến hành trên quỹ đạo và sự cần thiết phải nghiên cứu xa hơn đã được nhấn mạnh, bởi sự phức tạp của chất lượng bức xạ bao gồm những mảnh nặng năng lượng cao và những hạt nơ-trôn thứ cấp có thể hợp lực ảnh hưởng đến vi trọng lực.

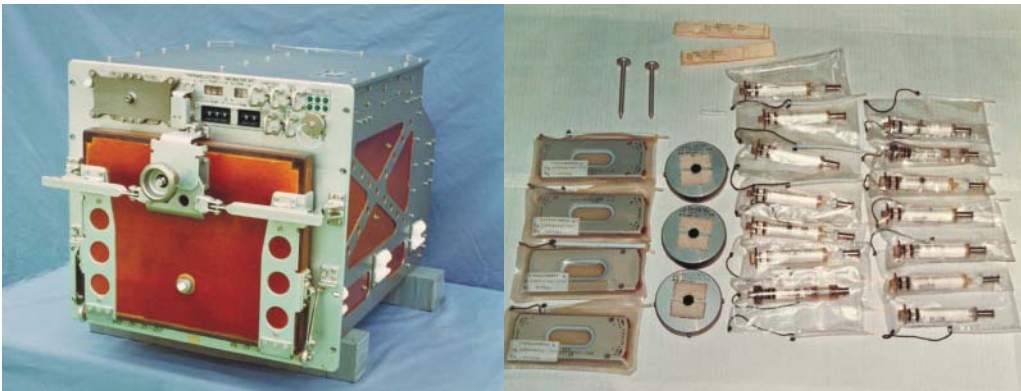
Nuôi cấy tinh thể prôtêin



Tinh thể protein phát triển trong vi trọng lực (ω -amino, axit: pyruvate amino-transferase, *Pseudomonas sp.* F-126)

Thoát khỏi sự ảnh hưởng của hiện tượng đối lưu hay sự đóng cặn, vi trọng lực được coi là thích hợp để phát triển những tinh thể prôtêin. Từ giai đoạn đầu của nghiên cứu vũ trụ, người ta đã nỗ lực tạo ra những tinh thể prôtêin chất lượng tốt phù hợp cho những phân tích cấu trúc dùng nhiều xạ tia X. Ngày nay, những thử nghiệm bay một cách hệ thống đang tận dụng những các cơ hội khác nhau dưới hình thức cộng tác giữa giới công nghiệp, hàn lâm và chính phủ.

Kỹ thuật và thiết bị thí nghiệm



Lồng ấp trứng nhiệt điện (trái) và máy cấy tế bào (phải)

Những thí nghiệm trên vũ trụ thì khác xa với những thí nghiệm trên mặt đất vì mức độ phụ thuộc của nó vào các dụng cụ. Sẽ hiệu quả hơn nếu một nhà sinh vật học cộng tác với những kỹ sư cơ khí và những kỹ sư làm công việc vận hành tàu vũ trụ thay vì tự mình làm dụng cụ và những công việc đơn điệu khác. Sự ủng hộ từ phía các chuyên gia thử nghiệm vũ trụ là cần thiết cho kế hoạch chuẩn bị, cải thiện môi trường thí nghiệm, cho sự thiết kế dụng cụ, cho sự thẩm tra và vận hành bay.

Những bài học kinh nghiệm

Những thí nghiệm không gian phải được lên kế hoạch với sự nhận thức rằng có những khác biệt đáng kể so với thực hành ở phòng thí nghiệm dưới mặt đất.

Một vài phương pháp sử dụng tới hạn không thể dùng được cho các nhà nghiên cứu.

Hạn chế về số lượng thử nghiệm và khảo sát.

Thời gian dài và lịch trình chặt chẽ.

Các thủ tục bao gồm chuẩn bị mẫu được lên kế hoạch một cách chi tiết.

Lịch trình thí nghiệm không phải dành cho mẫu vật.

Thời gian kéo dài đẩy các thí nghiệm tụt hậu so với những tiến bộ của khoa học nghiên cứu sự sống.

Những tiêu chuẩn kiểu được ăn cả ngã về không thường khó thích hợp với điều kiện của mẫu vật sống thí nghiệm.

Thiếu các kết quả thí nghiệm có sẵn.

Khó khăn trong việc công bố các kết quả.

Tầm quan trọng của việc giải quyết những vấn đề thực tế

Có phải những vấn đề thực tế bị coi nhẹ?

Bất kể vấn đề đó thuộc về học thuật hay không, coi nhẹ chúng đều có thể dẫn đến thất bại.

Xem xét lại việc đánh giá cao học thuật và coi nhẹ công việc thực tế.

Các kỹ năng thí nghiệm hay thiết bị đo đạc phải chăng không là một ngành học vấn?

Loại bỏ ý nghĩ cứng nhắc rằng các nhà khoa học chỉ làm khoa học.

Coi trọng không chỉ những thành tựu khoa học theo nghĩa hẹp mà còn cần hỗ trợ cho kỹ thuật.

Hệ thống hóa các kỹ thuật thử nghiệm trong vũ trụ.

Môn khoa học hành vi cho sự hợp tác hiệu quả giữa nhiều chuyên gia.

Cần có cách đánh giá tương xứng đối với những điều phối viên chương trình và các kỹ sư hỗ trợ.

Nên thiết lập hệ thống đánh giá chính xác cho những nỗ lực hoàn thành do công việc của mỗi cá nhân đem lại.

Nâng cao việc phân tích các kết quả đến một mức độ thỏa đáng

Xem xét kỹ những việc đã thành công là rất quan trọng.

Phân tích thất bại không nên là một lời bào chữa.

Không nên coi bất kỳ cái gì là thất bại, mặc dù tình huống cho thấy là như thế.

Sự nhấn mạnh vào phần thành công của kết quả công việc có thể là cần thiết trong từng trường hợp nhất định, nhà nghiên cứu nên kiềm chế để không tuyên truyền quá nhiều.

Thể chế hóa quy trình để đánh giá các kết quả, rút ra bài học kinh nghiệm và sử dụng những kiến thức, kinh nghiệm đã tích lũy được cho nhiệm vụ, công việc tiếp theo.

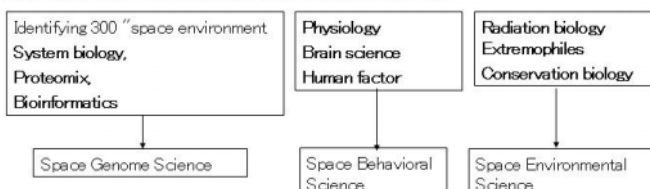
Thu thập dữ liệu bay, sắp xếp qui trình để mọi người có thể truy cập những dữ liệu đó.

Khuyến khích các nhà khoa học tiếp tục phân tích dữ liệu bay.

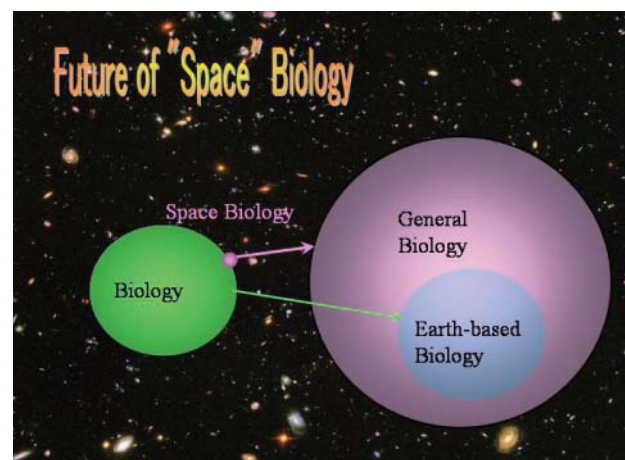
Tất cả quá trình thử nghiệm vũ trụ từ việc lên kế hoạch chuẩn bị dưới mặt đất, vận hành bay, phân tích dữ liệu, tài liệu chứng minh kết quả nghiên cứu v.v... nên được nâng cao lên mức độ nghiên cứu học thuật.

Triển vọng của khoa học sự sống trên vũ trụ

Exploit the new frontier of research field, overcome the international competitions by prioritizing the research topics and international collaborations



- Construct an information flow between ISS and ground. Maintain the dignity of the nation and raise the raison d'être of the nation. Contribute to Asia and world.
- Extend the region of human activity:
 - Exploration to planets / Space tourism
- Global human welfare and prosperity.



Background image credit: NASA and STScl

Material Science

物質科学分野

Mục tiêu của thí nghiệm không gian

1 Đẩy mạnh khoa học và kỹ thuật sử dụng vi trọng lực không có tác động của trọng lực

- ▶ Phát triển khoa học vật liệu lợi dụng môi trường không có sức nổi, không đóng cặn, không đối lưu nhiệt, không áp lực thủy tĩnh.
- ▶ Phát triển lý thuyết chất lỏng, lý thuyết cháy.
- ▶ Phát triển lý thuyết trong vật lý cơ bản và hóa học cơ bản.
- ▶ Sự tiến bộ của những kỹ thuật và quy trình sản xuất.

2 Thiết lập những khoa học phụ thuộc vào trọng lực

- ▶ Sáng tạo và đẩy mạnh môn khoa học mới trong đó các hiện tượng được coi như các chức năng của trọng lực.
- ▶ Khám phá những hiện tượng mới và những nguyên lý mới trong lĩnh vực vật lý, hóa học, khoa học vật liệu, khoa học nghiên cứu chất lỏng v.v..

3 Đóng góp cho hoạt động không gian có người lái

- ▶ Phát triển những vật liệu mới khó cháy hạng nhẹ.
- ▶ Quá trình truyền nhiệt trong môi trường vi trọng lực, hút nhiệt, những kỹ thuật chống cháy v.v..
- ▶ Phát triển kỹ thuật phát và tích trữ năng lượng hiệu quả, kỹ thuật tiết kiệm năng lượng.

Tổng số thí nghiệm không gian và phân loại

Tổng số đã có 122 thí nghiệm được thực hiện trong thời gian từ năm 1973-1998 và những tổ chức thực hiện gồm có NASDA: 83, Bộ Công nghiệp và Thương mại quốc tế: 21, các công ty tư nhân: 9, ISAS: 3, nghiên cứu cá nhân: 6. Các lĩnh vực nghiên cứu của họ được phân loại như sau:

Lĩnh vực nghiên cứu	Số lượng nghiên cứu
Quy trình vật liệu (79)	
Chất bán dẫn	29
Kim loại/ hợp kim	20
Hợp chất	7
Thủy tinh/ gốm	6
Thủy tinh/ gốm	10
Oxides	2
Khác	5
Khoa học nghiên cứu chất lỏng (37)	
Khuyết tán	19
Đối lưu Maragoni	8
Tính dẫn nhiệt	2
Động học rơi	1
Động học bọt khí	3
Sôi và chuyển đổi nhiệt g-jitter	3
	1
Khoa học nghiên cứu quá trình cháy (2)	
Quá trình cháy của nguyên liệu	2
Khác (4)	4

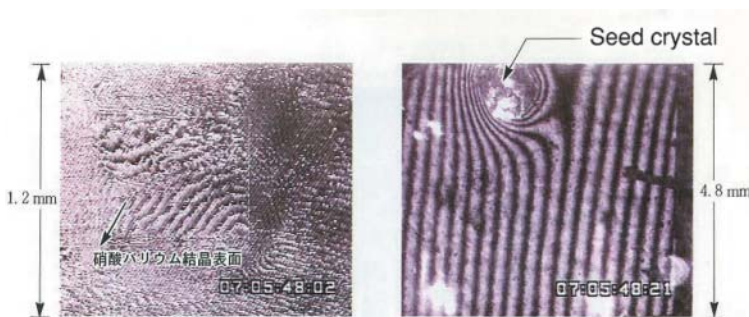
Phân loại các thí nghiệm quá trình vật liệu bằng các kỹ thuật

Phương pháp	Số lượng thí nghiệm
Sự đông lại sau khi tan chảy (Non- contact floating)	39 (4)
Phát triển tinh thể từ dung dịch (Quan sát In-Situ)	18 (12)
Phát triển tinh thể từ tan chảy	11
Phát triển tinh thể bằng phương pháp floating zone	3
Phát triển tinh thể từ giai đoạn hơi nước	6
Tổng hợp quá trình cháy	1
Chất cặn	1

* () denotes the double counting.

Những việc chính đã hoàn thành

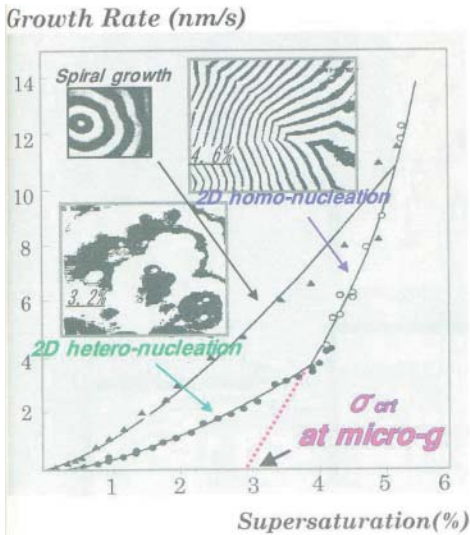
Đo mật độ phân bố xung quanh tinh thể đang hình thành



Hình 1: Quan sát in-situ của mật độ chất lỏng xung quanh tinh thể đang hình thành bằng máy giao thoa.

Hai bức ảnh trên cho thấy mật độ chất lỏng khác nhau xung quanh một tinh thể BaNO_3 đang phát triển trong dung dịch nước. Chúng ta quan sát được chúng nhờ một máy đo giao thoa. Sự quan sát trong môi trường vi trọng lực như thế này giúp chúng ta lần đầu tiên có thể làm một máy đo giao thoa nhỏ và chắc chắn phục vụ cho những nghiên cứu vũ trụ. Những tua đường cong xung quanh cho thấy độ dốc lớn của mật độ phân bố tại vùng lân cận của tinh thể. Mỗi quan hệ giữa tỉ lệ tăng và mức độ của sự quá bão hòa của dung dịch đã giúp chúng ta có một loạt những thử nghiệm trình bày trong hình 2.

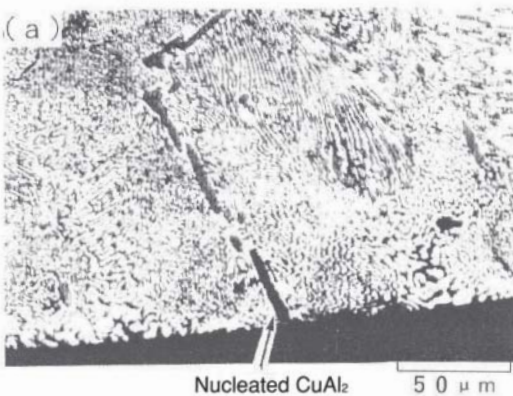
Cơ chế của phát triển tinh thể trong dung dịch



Hình 2: Mối quan hệ giữa tốc độ hình thành và bậc quá bão hòa trong sự hình thành BaNO từ dung dịch.

▲ biểu thị tỉ lệ phát triển quan sát được trên mặt đất. Chú ý rằng tỉ lệ phát triển tăng gần theo tỉ lệ đường thẳng với mức quá bão hòa. Trong khi đó, tỉ lệ phát triển tăng đột ngột ở mức 3% mức quá bão hòa trong môi trường vi trọng lực (● và ○). Sự khác biệt này có thể được giải thích như sau: Nuclêin hỗn tạp 2 chiều xảy ra trên mặt đất do những tạp chất hoặc những mảnh nhỏ di chuyển đến bề mặt của một tinh thể đang phát triển nhờ sự đối lưu trong chất lỏng, trong khi đó nuclêin đồng nhất xảy ra trong môi trường vi trọng lực vì có sự kiểm chế đối lưu. Đây là ví dụ đầu tiên cho thấy trọng lực ảnh hưởng đến nuclêin trong tinh thể phát triển trong một dung dịch.

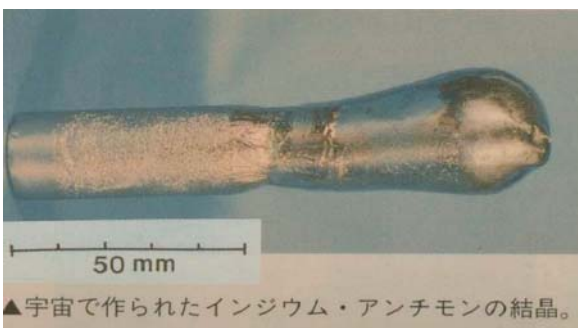
Cơ chế làm đông của hợp kim Eutecti



Hình 3: Kết cấu bề mặt của hợp kim Al-Cu đông cứng trong vi trọng lực.

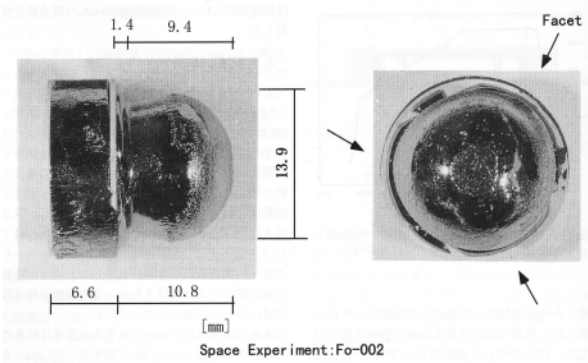
Bức ảnh này cho thấy tổ chức của một hợp kim với thành phần Al 33,5 khối lượng là Cu, hợp chất này hơi trọt hơn so với thành phần Eutecti. Tinh thể ban đầu của CuAl bắt đầu nuclein của nó trên thành nồi nấu kim loại theo như mũi tên chỉ. Kết quả này xác minh mô hình di chuyển hạt nhân trong đó nuclêin xảy ra tại một khu vực ngội hơn trong nồi nấu kim loại. Ví dụ như trên thành những hạt nhân tan chảy do sự đối lưu. Nguyên tử tạo ra điều đó bằng cách làm gãy các mối nối hình cây và sự chuyển pha trong dung dịch nóng chảy bị phủ định. Khám phá này được sử dụng để nâng cao chất lượng của những vật liệu đúc như cánh của tua bin.

Sản xuất những tinh thể bán dẫn chất lượng cao, sản phẩm lớn nhất từng được làm trên vũ trụ



Hình 4: Tinh thể InSb hình thành từ phương pháp zone floating trong không gian.

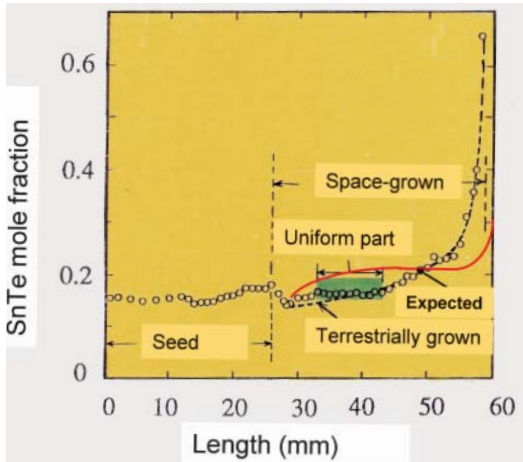
Trên mặt đất, Insb tan chảy đường kính 6mm là kích thước lớn nhất có thể nổi được bởi vì giọt nóng chảy sẽ rơi do trọng lượng của nó. Trong khi đó, trong môi trường vi trọng lực, tan chảy có kích thước lớn hơn bởi có thể bay lơ lửng do tình trạng không trọng lực và kết quả là người ta thu được một tinh thể Insb có đường kính 20mm (kích thước lớn nhất từng có trong vũ trụ) bằng phương pháp floating zone - như được nhìn thấy ở hình minh họa. Mật độ lỗ axit vào khoảng 10 cm², tức là nhỏ hơn khoảng 2 bậc so với làm ở mặt đất và việc tránh cho áp lực máy khởi thành của nồi nấu kim loại có thể góp phần làm giảm bớt khả năng hỏng hóc.



Hình 5: Sự phát triển tách rời của tinh thể CdTe trong không gian.

Đỉnh của tinh thể là phần phát triển được tách ra và các mũi tên chỉ vào vùng mặt cắt. Những tinh thể CdTe có xu hướng kết hợp thành từng cặp đôi nhưng trong thí nghiệm này sự ghép đôi bị loại bỏ vì không có áp lực cơ học do tách ra khỏi vách của nồi nấu kim loại. Mật độ hỏng khoảng $2 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$, tức là nhỏ hơn khoảng 1 bậc so với phần bị môi. Kỹ thuật này giúp giảm sự hỏng hóc, hữu dụng cho sự chế tạo hàng loạt mạch tích hợp bằng chất bán dẫn vì tiêu chuẩn thống nhất được yêu cầu cho các thiết bị như thế này.

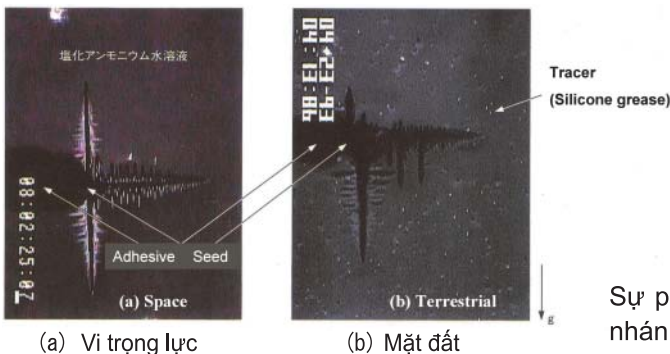
Một phát minh của phát triển tinh thể bán dẫn đồng nhất tổng hợp trên vũ trụ



Hình 6: So sánh kết quả xử lý tổng hợp chất bán dẫn $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ trên vũ trụ/trên mặt đất.

Độ dài của kết tinh đồng nhất trên vũ trụ không được như mong đợi như được chỉ ra trên đường kẻ màu đỏ. Hợp chất của nó cũng không được như mong đợi. Điều đó chỉ ra rằng tác động của sự đối lưu vẫn tồn tại, có lẽ là do trọng lực vẫn còn. Những phân tích cho thấy rằng cần 10^{-6}g để phát triển chế tạo những tinh thể đồng dạng. Dựa trên thí nghiệm này, một phương pháp phát triển tinh thể mang tên Travelling Liquid-Zone (TLZ) vừa được phát minh và những tinh thể hợp kim đồng dạng sẽ phát triển nhờ phương pháp TLZ.

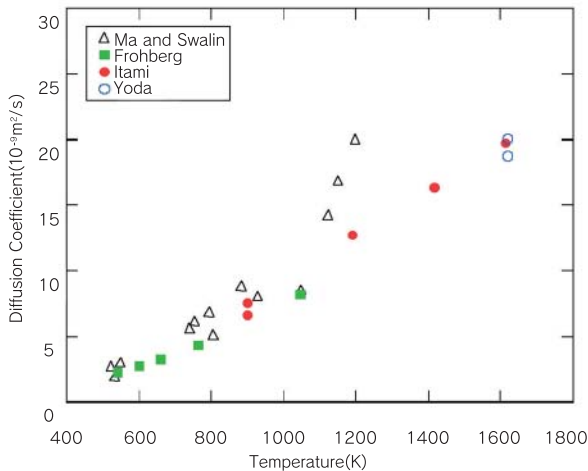
Ảnh hưởng của đối lưu lên sự phát triển hình cây



Hình 7: So sánh khoáng vật phát triển trong không gian và trên mặt đất.

Sự phát triển trong vi trọng lực (hình a) cho thấy những nhánh hình cây đối xứng, trong khi trên mặt đất (hình b) cho thấy sự phát triển không đối xứng. Ví dụ một nhánh hình cây bị lộn ngược do sự đối lưu tự nhiên.

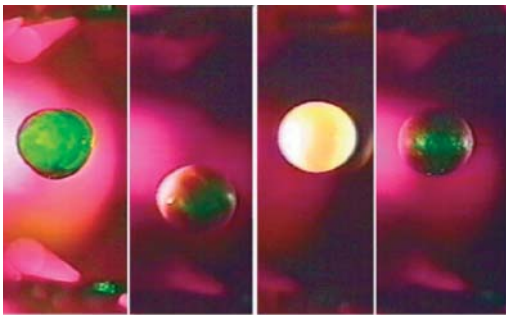
Sự phụ thuộc vào nhiệt độ chính xác của những hệ số khuếch tán



Hình 8: Hệ số tự khuếch tán của Sn; so sánh kết quả cũ và mới.

Người ta khám phá ra rằng những hệ số khuếch tán tỉ lệ với nhiệt độ mũ 1.8~2.0 dựa trên những phép đo chính xác bằng cách loại bỏ đối lưu trong từng cặp khuếch tán trong môi trường vi trọng lực, điều này giúp loại bỏ sự phụ thuộc nhiệt độ loại Arrhenius của những hệ số khuếch tán. Δ là dữ liệu trên mặt đất và những ký hiệu còn lại là được đo trong môi trường vi trọng lực. Khám phá này yêu cầu chúng ta cần có một mô hình mới của sự khuếch tán thay vì mô hình khởi động nhiệt truyền thống thông qua những khoảng trống.

Sự tổng hợp nguyên liệu mới bằng lò bay hơi tinh điện



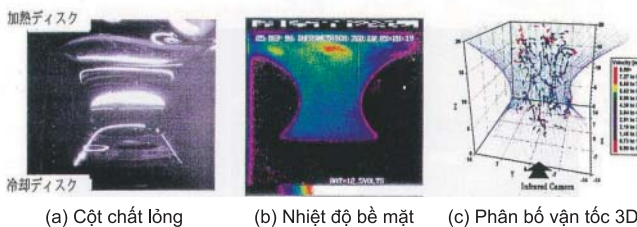
(a) (b) (c) (d)

Hình 9: Xử lý gốm BiFeO₃

a: nổi b: nung nóng c: nóng chảy
d: làm nguội.

Quy trình sản xuất mẫu gốm bằng cách thả nổi đã thành công lần đầu tiên nhờ sử dụng lò bay hơi tinh điện. Những phân tích mẫu cho thấy sự tồn tại của vi tinh thể trong kết cấu vô định hình, sự thay đổi có hướng trong từ trường dao động khoảng 50K, và hằng số điện môi cao trên 15000.

Quan s-t 3D dŭng Marangoni

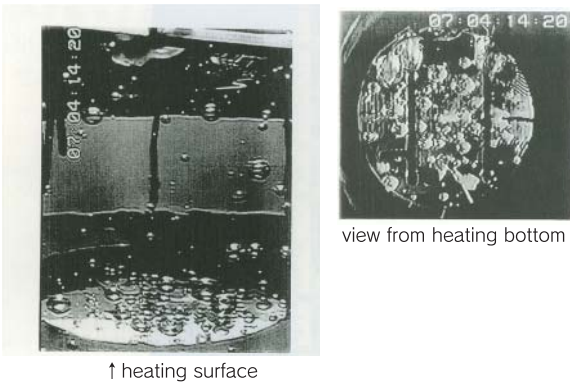


(a) Cột chất lỏng (b) Nhiệt độ bề mặt (c) Phân bố vận tốc 3D

Hình 10: Quan sát 3-D của dòng dao động trong cột dầu silicon lỏng.

Ảnh minh họa cho thấy: (a): Cột chất lỏng dầu silic; (b): hình ảnh phân bố nhiệt độ trên bề mặt đo được nhờ một nhiệt kế hồng ngoại; (c): Phân bố vận tốc dòng đo được nhờ theo dõi các chất chỉ thị tương ứng với hạt trong dung dịch. Sự quan sát 3D lần đầu thành công trong thí nghiệm này.

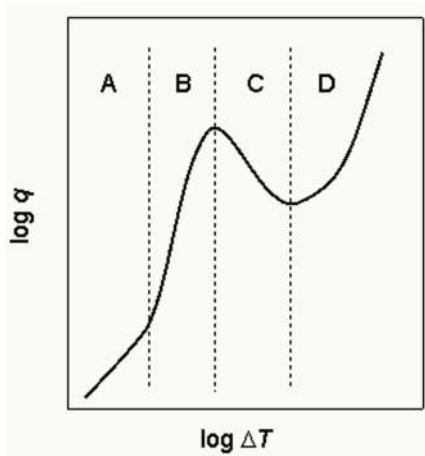
Sự quan sát những bong bóng khí nước đang sôi và màng chất lỏng



Hình 11: Quan sát bong bóng sôi dưới vi trọng trường.

WKhi những bong bóng của hơi nước bay hơi được hình thành trên bề mặt đốt nóng thì ở phía dưới đáy bong bóng xuất hiện lớp mỏng như lớp màng bám vào bề mặt. Màng rất mỏng này đóng vai trò chính quyết định những đặc tính truyền nhiệt ở thang vĩ mô.

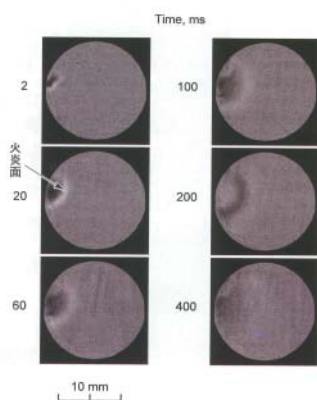
Đường cong sôi; Định luật Nukiyama



Hình 12: Nhiệt độ khác nhau của tường và chất lỏng chảy T đối với nhiệt thông q.

Đường sôi có xu hướng như mô tả trong bức ảnh bên trái; khoảng A tăng đều, khoảng B tăng dốc, sự đi xuống xuất hiện vì lớp mỏng hơi nước C, khoảng tăng thứ hai do ảnh hưởng lớp màng chất mỏng D. Điện hình trong trường hợp của nước, nhiệt độ bức tường ngăn cách ranh giới giữa B và C là khoảng 120 độ, giữa C và D là hơn 200 độ. Cần lưu ý rằng trục tung và trục hoành đều tính theo hệ số lũy thừa.

Sự dẫn truyền của ngọn lửa cháy yếu



Hình 13: Quan sát ngọn lửa cháy trong giọt nhiên liệu truyền vào trong buồng đốt.

Những bức ảnh này cho thấy một loạt dẫn truyền ngọn lửa quan sát được trong tên lửa TK- 1A. Ngọn lửa rất yếu được truyền từ phía trên bên trái và được nửa đường thì biến mất. Kết quả này khiến chúng ta phải xem xét lại tác động của đối lưu chất lỏng và sự bức xạ nhiệt trong quá trình cháy.

Những thiết bị dành cho thí nghiệm

Những hiện tượng đặc biệt liên quan đến vi trọng lực nên ghi nhớ:

1. Xóa bỏ những bong bóng nhờ sự khác nhau về mật độ là không thể được.
2. Sự truyền nhiệt chủ yếu là do tính dẫn nhiệt- nhiều hơn là do sự đối lưu.
3. Sự đối lưu Maragoni chiếm ưu thế khi tồn tại bề mặt chất lỏng tự do .
4. Wettability (sự tương ứng giữa vật liệu và vật chứa) chiếm ưu thế, và những vật liệu nóng chảy có khuynh hướng rò rỉ dọc bề mặt của nồi nấu kim loại.

Những kỹ thuật đạt được bằng 1 loạt thí nghiệm không gian

Những kỹ thuật đạt được nhờ FMPT (Quá trình thử nghiệm vật liệu đầu tiên năm 1992) và những thử nghiệm tên lửa thăm dò được tóm tắt trong bảng dưới đây. Sự thu thập thông tin và phát triển những kỹ thuật thí nghiệm là quan trọng và nên tiếp tục được tiến hành. Thêm vào đó, việc thiết lập cơ sở dữ liệu và công bố những dữ liệu đó là để những kết quả đó được sử dụng rộng rãi và có giá trị.

Những kỹ thuật thử nghiệm đạt được.

Kỹ thuật	Nhiệm vụ	Phần cứng và phần mềm, những kinh nghiệm
Sự mô phỏng số của nhiệt động lực học cho việc kiểm soát nhiệt độ	FMPT, IML-2, MSL-1, TR-1A	Lò điện, phần mềm để phân tích sự phân bố nhiệt ở bên trong lò, để đoán trước sự dẫn lưu nhờ thặng dư g, và tỉ lệ phát triển tinh thể v.v...
Quan sát In- Situ	TR-1A	Giao thoa kế chuyển pha 2 sóng thời gian thực và camera tốc độ cao
Sử dụng điện tử cho mục đích thương mại	FMPT, IML-2, TR-1A	Kỹ thuật số VTR, Video Camera
Bảo quản dài hạn những mẫu thí nghiệm	FMPT, IML-2, MSL-1, TR-1A	Những thí nghiệm phát triển tinh thể (hữu cơ, vô cơ), những thí nghiệm chất lỏng
Vận chuyển những mẫu thí nghiệm	FMPT, IML-2, MSL-1, STS-95, STS-107	Những thí nghiệm chất keo Giám sát và điều khiển độ rung Giám sát và điều khiển nhiệt độ

Những kinh nghiệm và những bài học rút ra

1 Thử nghiệm dưới mặt đất 95%, thử nghiệm trên vũ trụ 5%

Sự quan trọng của những thí nghiệm dưới mặt đất (sự chuẩn bị), thí nghiệm trên vũ trụ là sự mở rộng của thí nghiệm dưới mặt đất.

Thay đổi thông số trong khi thử nghiệm vũ trụ là rất khó.

2 Những thử nghiệm không gian dựa vào sự hợp tác tập thể

Sự cộng tác và chung sức giữa các nhà khoa học, các nhà thiết kế phần cứng, các kỹ sư vận hành, nhân viên hành chính, các giám đốc quản trị là rất cần thiết.

3 Tầm quan trọng của việc mô phỏng số

Sự chuyển động của chất lỏng là một minh họa điển hình nhất của trạng thái vi trọng lực, và việc đoán trước được những hiện tượng đã tính toán trước trong môi trường vi trọng lực có thể có được bằng cách mô phỏng số ở mức độ thỏa đáng.

4 Sự kết hợp giữa khoa học và kỹ thuật

Để đạt được mục đích khoa học, phương pháp thích hợp (kỹ thuật và chế tạo) là cần thiết.

5 Làm quen với thiết bị của chuyến bay

Thiết bị và các bước chuẩn bị bay ở dưới mặt đất nên được tiến hành với các thiết bị giống hệt như cho một chuyến bay thật. Yêu cầu này cũng đúng với mẫu/tiến trình.

6 Việc thực hành nhiều không cho phép bạn được mất cảnh giác.

Khi kích thước của một mẫu bị thay đổi, hãy xử lý mẫu đó như với một loại mới.

7 Những việc không ngờ dẫn đến những thành tựu mới: Phát hiện tình cờ

8 Nghiên cứu mới xuất phát từ thiết bị mới

Việc quan sát In- situ nhờ máy đo giao thoa chuyển pha đã phát hiện ra được cơ chế phát triển tinh thể. Quan sát lĩnh vực dòng bằng 3D đã phát triển những nghiên cứu dòng Maragoni. Kỹ thuật tế bào mỏng giúp chúng ta có được những phép đo chính xác của hệ số khuếch tán.

Space Environment Utilization Resource Sites

▶ **JAXA top**

http://www.jaxa.jp/index_e.html

▶ **JAXA Space Station**

http://iss.sfo.jaxa.jp/index_e.html

▶ **JAXA Space Environment Utilization**

http://iss.sfo.jaxa.jp/utiliz/index_e.html

▶ **International Space Environment Utilization Research Data Base (ISRDB)**

http://idb.exst.jaxa.jp/english/home_e.html

▶ **Japan Space Forum (JSF)**

http://www.jsforum.or.jp/en/index_e.html

▶ **Asia-Pacific Regional Space Agency Forum (APRSAF)**

<http://www.aprsaf.org/index.html>

▶ **The Japan Society of Microgravity Application (JASMA)**

http://www.jasma.info/index_E.html

▶ **Japanese Society for Biological Sciences in Space (JSBSS)**

http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsbss/index_e.html

▶ **Japanese Society of Aerospace and Environmental Medicine (JSASEM)**

<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsasem/English/index-e.html>



Japan Aerospace Exploration Agency

Tsukuba Space Center

2-1-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki,

305-8505 Japan

phone: +81-29-868-3697 facsimile: +81-29-868-3957

<http://www.jaxa.jp>

