地下実験室の環境連続計測

天然放射性核種^{7}Be、 ^{210}Pb降下量の季節変動に関する研究

東京海洋大学
海洋環境学科
大橋　英雄

共同利用研究費の申請と採択状況

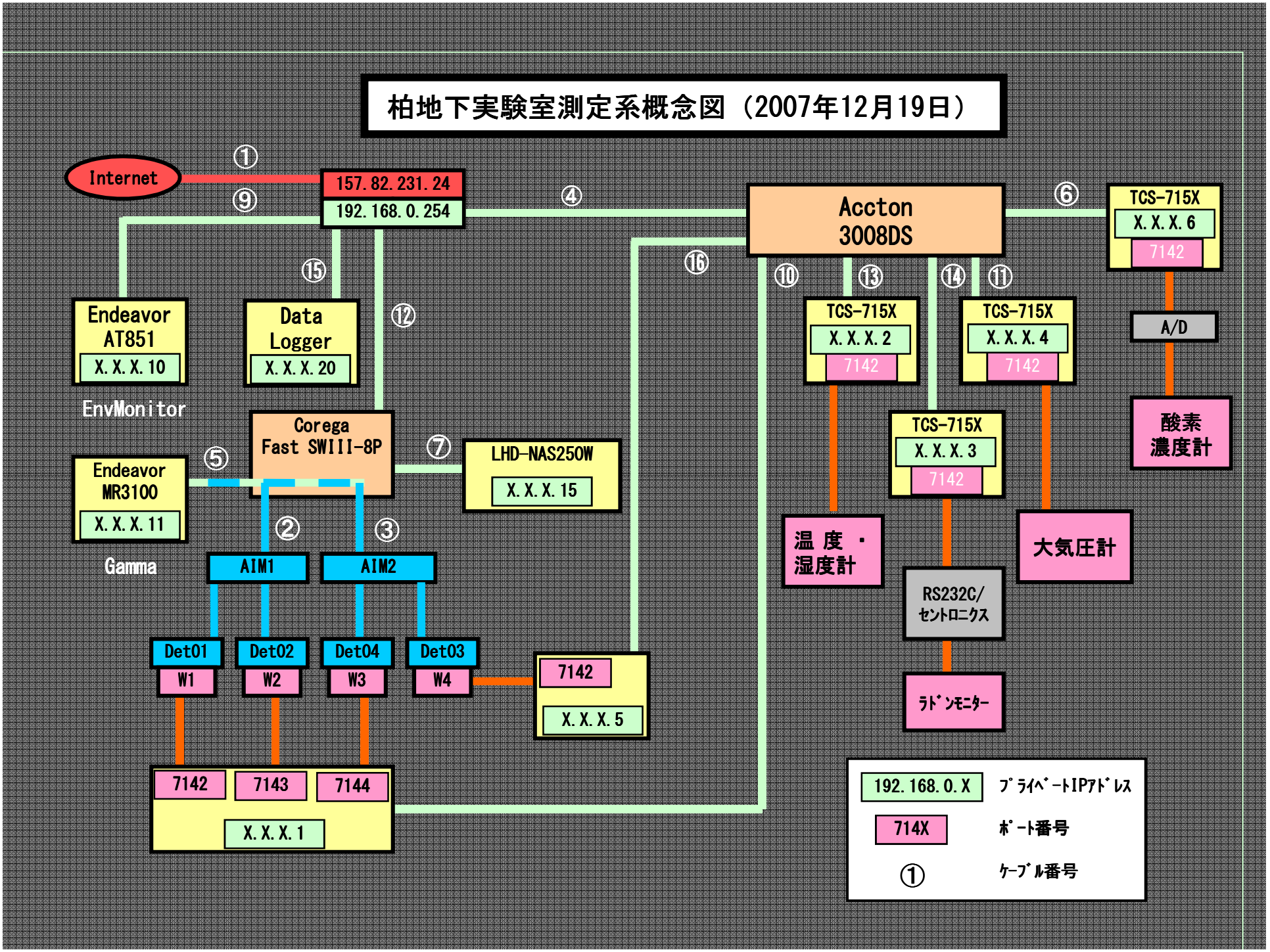
- 1999年度
  - 申請額　1,315千円；採択額 0千円、旅費 ??千円
    - テーマの重要性は認められたが予算的裏付けなし。
- 2000年度
  - 申請額 1,315千円；採択額 850千円、旅費 80千円
    - 微弱放射性測定施設の運用に関連し，ラドン濃度の計測が重要である。
    - 微弱放射性測定施設の共同利用を認める。
- 2001年度
  - 申請額　397千円；採択額 350千円、旅費 30千円
    - 柏地下実験室の環境モニターの整備として実施してください。

共同利用研究費の申請と採択状況

- 2002年度
  - 申請額　70千円；採択額　70千円、　　旅費　100千円
    - 柏地下実験室の環境モニターの整備として実施してください。
- 2003年度
  - 申請額　700千円；採択額　600千円、旅費　100千円
    - 柏地下実験室の環境モニターの整備として実施してください。
- 2004年度
  - 申請額　　；採択額　1,600千円　旅費　100千円
  - ・ 柏地下実験室の環境モニターの整備として実施してください。
- 2005年度
  - 申請額　1,800千円；　採択額　860千円　旅費　70千円

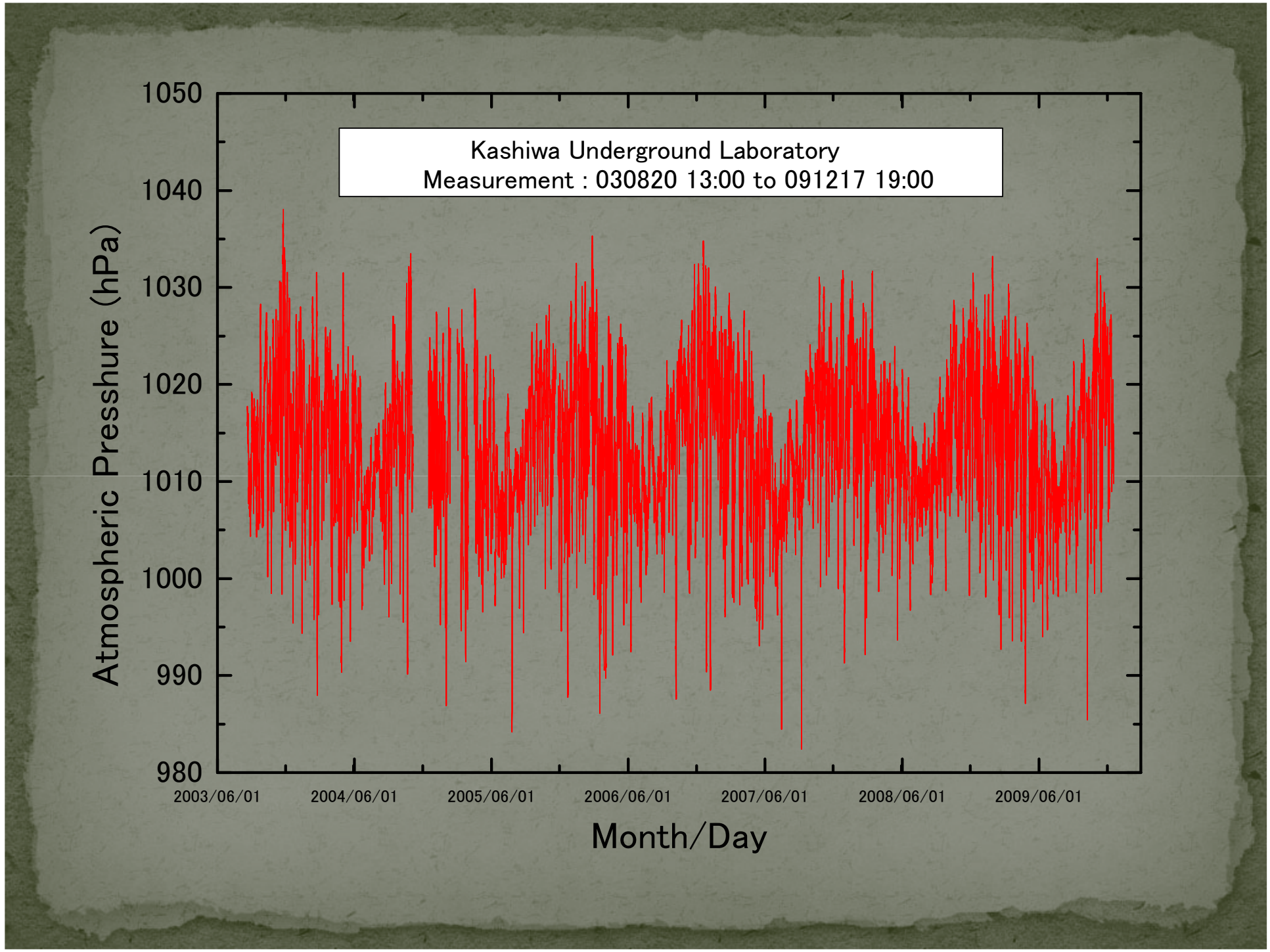
共同利用研究費の申請と採択状況

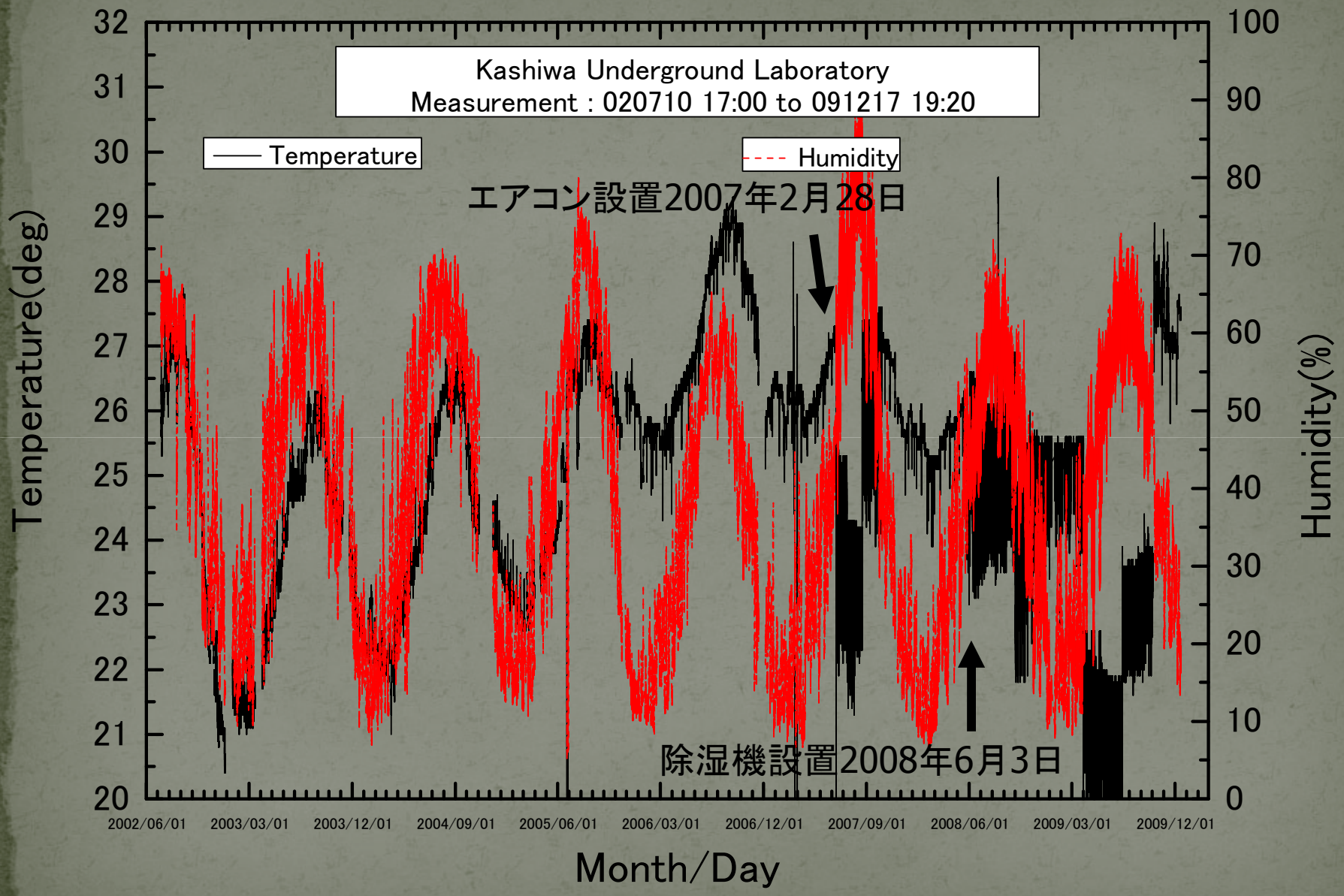
- 2006年度
  - 申請額　1,800千円；　採択額　250千円　旅費　50千円
- 2007年度
  - 申請額　0千円；　採択額　0千円：　旅費　0千円
- 2008年度
  - 申請額　106千円；　採択額　0千円：　旅費　100千円
- **2009年度**
  - **申請額　3,650千円；採択額　0千円；旅費　100千円**


柏地下実験室測定系概念図（2007年12月19日）
Internet
①
157.82.231.24
192.168.0.254
⑨
④
Accton
3008DS
⑥
TCS-715X
X.X.X.6
7142
⑮
⑫
⑯
⑩
⑬
⑭
⑪
Endeavor
AT851
X.X.X.10
EnvMonitor
Data
Logger
X.X.X.20
TCS-715X
X.X.X.2
7142
TCS-715X
X.X.X.4
7142
A/D
Corega
Fast SWIII-8P
⑦
LHD-NAS250W
X.X.X.15
TCS-715X
X.X.X.3
7142
酸素
濃度計
Endeavor
MR3100
X.X.X.11
Gamma
⑤
②
③
AIM1
AIM2
温 度 ・
湿度計
大気圧計
RS232C/
ｾﾝﾄﾛﾆｸｽ
Det01
W1
Det02
W2
Det04
W3
Det03
W4
7142
X.X.X.5
ﾗﾄﾞﾝﾓﾆﾀｰ
7142
7143
7144
X.X.X.1
192.168.0.X
ﾌﾟﾗｲﾍﾞｰﾄIPｱﾄﾞﾚｽ
714X
ﾎﾟｰﾄ番号
①
ｹｰﾌﾞﾙ番号

無人施設ではあるが順調に

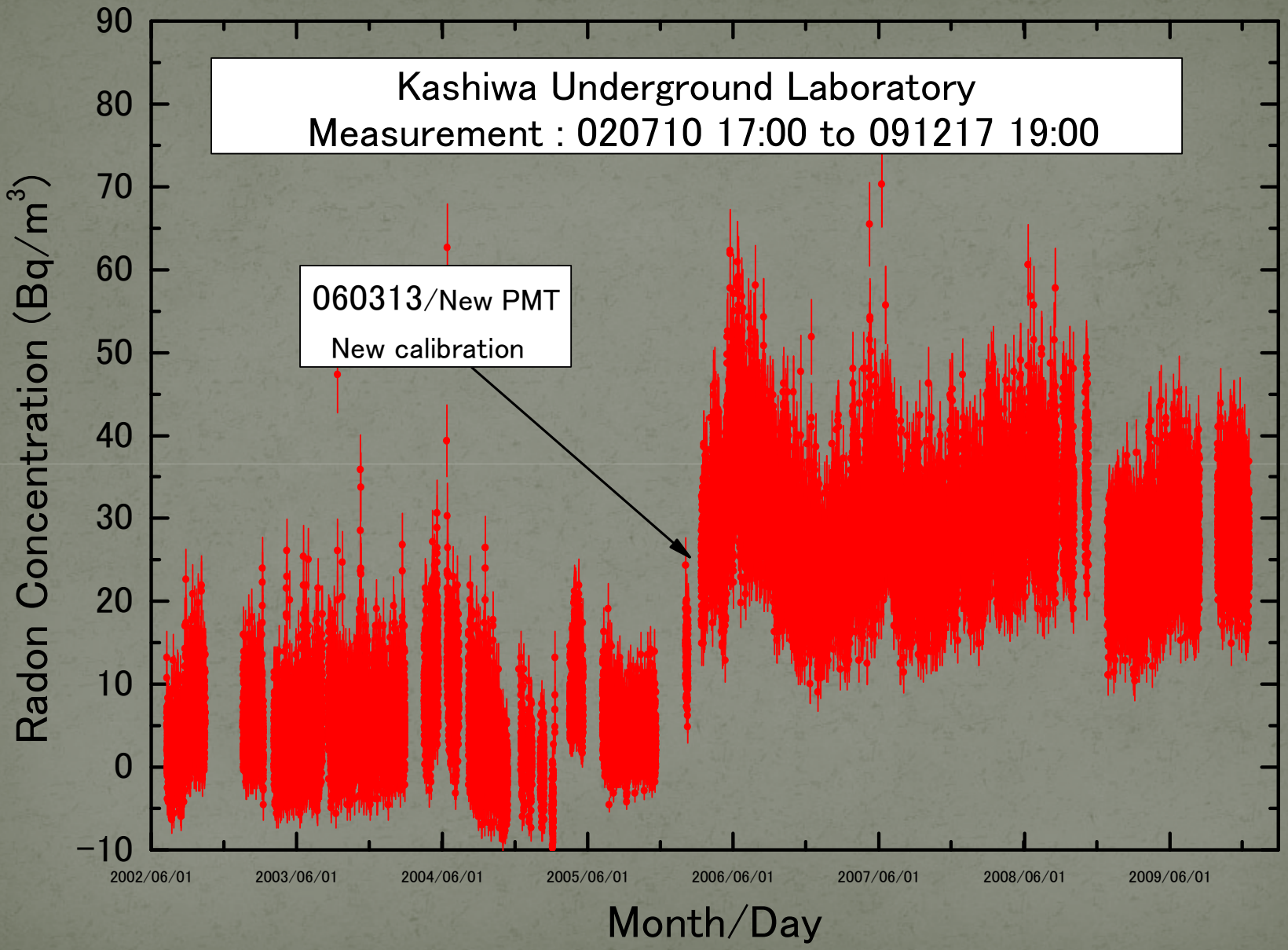
- データ取得が出来ている。

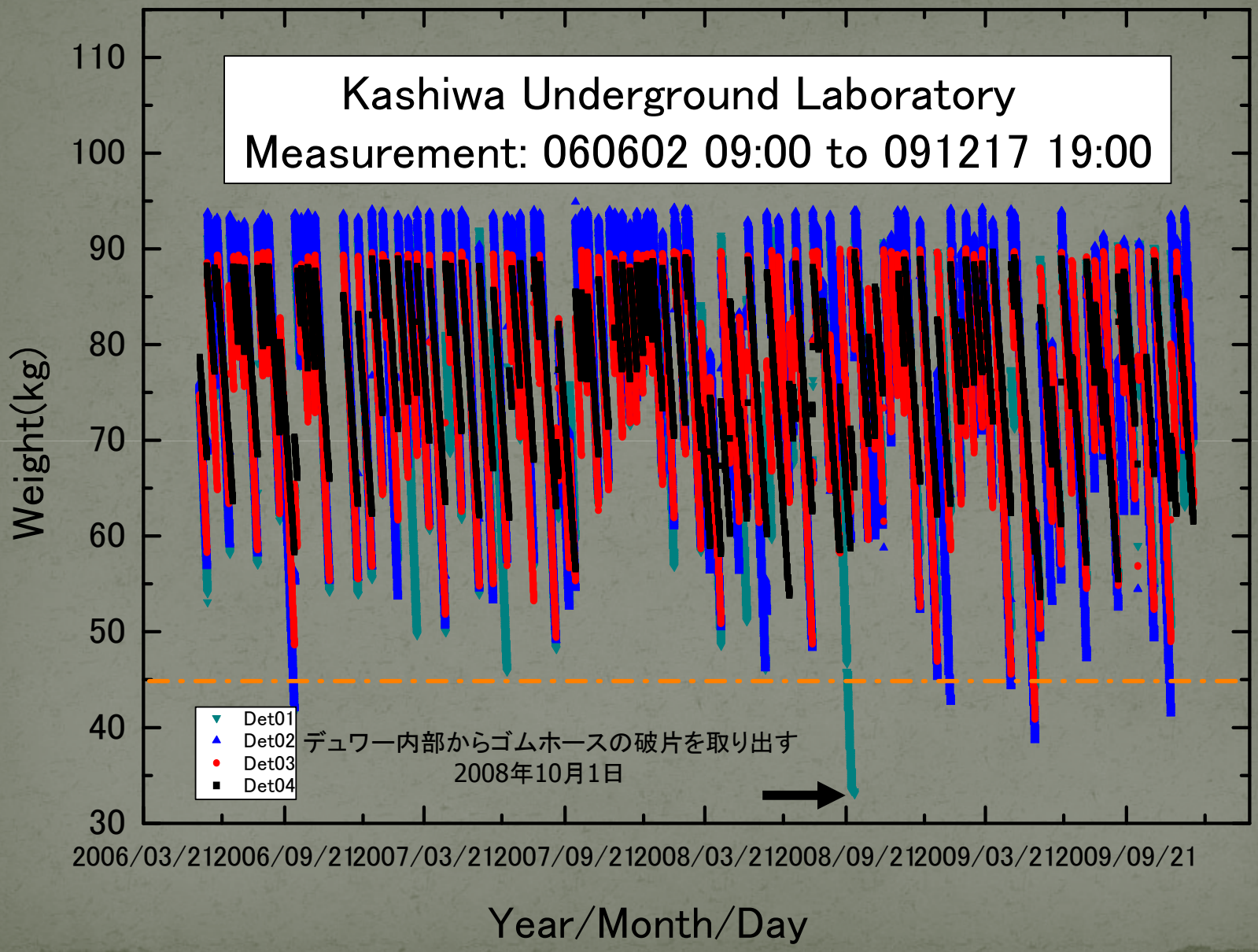

Kashiwa Underground Laboratory
Measurement : 030820 13:00 to 091217 19:00
Atmospheric Presshure (hPa)
1050
1040
1030
1020
1010
1000
990
980
2003/06/01
2004/06/01
2005/06/01
2006/06/01
2007/06/01
2008/06/01
2009/06/01
Month/Day


Kashiwa Underground Laboratory
Measurement : 020710 17:00 to 091217 19:20
Temperature
Humidity
エアコン設置2007年2月28日
除湿機設置2008年6月3日
Temperature(deg)
Humidity(%)
Month/Day
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
2002/06/01
2003/03/01
2003/12/01
2004/09/01
2005/06/01
2006/03/01
2006/12/01
2007/09/01
2008/06/01
2009/03/01
2009/12/01

無人ではあるが順調に

- データ取得が出来ている。
- 今年度は停電絡みで二つの機器にトラブル発生
  - ラドンモニターは設定ミスもあり1ヶ月半取得できず
  - Deto4重量計データが2週間取得できず
    - 自然にデータ取得を開始した


Kashiwa Underground Laboratory
Measurement : 020710 17:00 to 091217 19:00
060313/New PMT
New calibration
Radon Concentration (Bq/m3)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
−10
2002/06/01
2003/06/01
2004/06/01
2005/06/01
2006/06/01
2007/06/01
2008/06/01
2009/06/01
Month/Day


Kashiwa Underground Laboratory
Measurement: 060602 09:00 to 091217 19:00
Weight(kg)
110
100
90
80
70
60
50
40
30
Det01
Det02
Det03
Det04
デュワー内部からゴムホースの破片を取り出す
2008年10月1日
2006/03/212006/09/212007/03/212007/09/212008/03/212008/09/212009/03/212009/09/21
Year/Month/Day

将来的には

- ラドンモニターを他の機器と同様RS232Cを有するものに更新したい

LiqN2容器転倒事故について

- 2009年11月18日夕刻、東京海洋大M2女子学生
- 完全に充填したLiqN2容器を運搬。取り付き道路よりICRR敷地内に入る部分の段差にキャスターが引っ掛かり転倒しそうになる。何とか阻止しようと試みたが、容器と一緒に転倒し容器と地面の間に左足が挟まれ、右顎を容器に打ちつける。診断名は打撲。一月経った今でも足が痛むとのこと。
- バリアフリー化を何度か要求して来たが、更なる改善をお願いします。

次のテーマへ

降水・落下塵中に含まれる放射性核種の長期測定

Long-term measurement of radioactive nuclides in rainfall and fallen dust

2009年9月28-30日
日本放射化学会でポスター発表

放射性核種

大気中に存在する放射性核種は、生成後すぐに1μm未満のエアロゾル（大気中の微粒子）に吸着され、自然降下（乾性沈着）や降雨（湿性沈着）などにより大気から除去される。

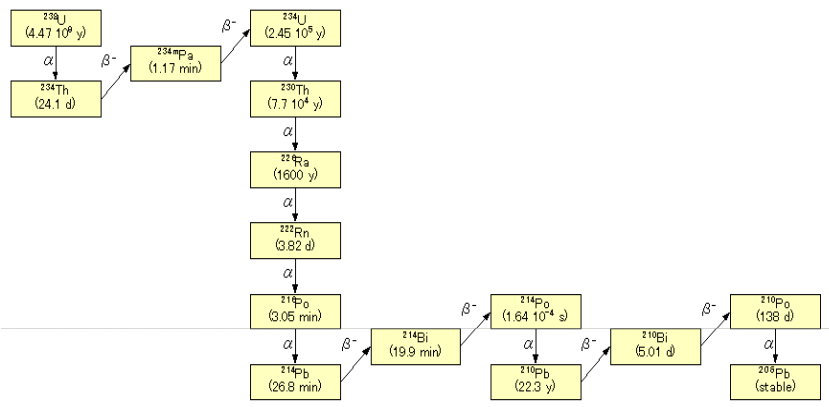


図2　ウラン－238壊変系列

[出典]国連科学委員会報告書「放射線とその人間への影響」1988年版

^{210}Pb

- 半減期22.3年
- ウラン系列の土壌起源核種で、地殻から大気中に放出された^{222}Rnが壊変して生成
- 大気汚染物質の挙動や土壌風食を示す指標となりうる
- 土壌起源以外（化石燃料・肥料・車の排気等）の^{210}Pbは微量

^{7}Be

- 半減期53日
- 宇宙線と酸素や窒素との原子破砕反応によって生成する宇宙線起源核種75％が成層圏で、残りが対流圏で生成される。
- 温帯では地表水中に3000Bq/m^3、雨水中に700Bq/m^{3}程度含まれる

研究目的

大気中の^{7}Beなどの放射性核種は、風送ダストや黄砂などのエアロゾルの挙動を推定するために重要な役割を担っていると考えられ、古くから世界各地で降下量研究が行われてきた。これら核種の濃度は季節や観測地点によって変動が大きいが、一定の地域的特性や経年変動が見られることが明らかとなってきた。

しかし、エアロゾル自体の粒径・化学組成等の性状が極めて多様で、地域的・時間的変動の原因については未だ不明な点が多い。

そのため本研究では、放射性核種を含む降下物の地表への降下量を、同一地点で長期的に継続観測し、実際の降下量の変動を観察すると同時に、その原因を明らかにすることを目的とした。

測定・解析方法

- 東京都港区東京海洋大学屋上に水盤（有効面積0.2m²）を設置し
  １ヶ月毎に降水及び降下物を採取
- ２段カラム法を用いて、採取物をイオン交換樹脂（Powdex樹脂；PCH,PAO）
  に吸着(10ml/min.)
- 樹脂を乾燥・定型
- Ge半導体検出器（ICRR地下実験室設置）により
  ^{7}Be,^{210}Pb測定　（０２年５月～０９年５月分）
- スペクトルエクスプローラーにより解析

$A(t)$=cps/Efficiency/Intensity/Recovery

$A(0)=A(t)/e^{(-\lambda t)}$　　（半減期補正）

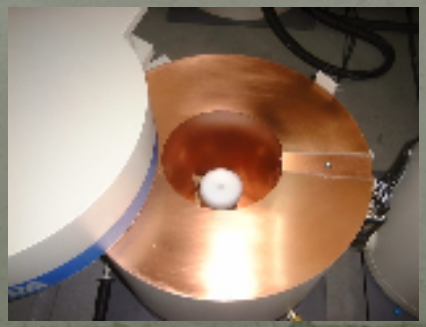
$\lambda=\log_e 2/$半減期

$A(t)$:放射能[Bq]　$A(0)$:観測中間日の放射能

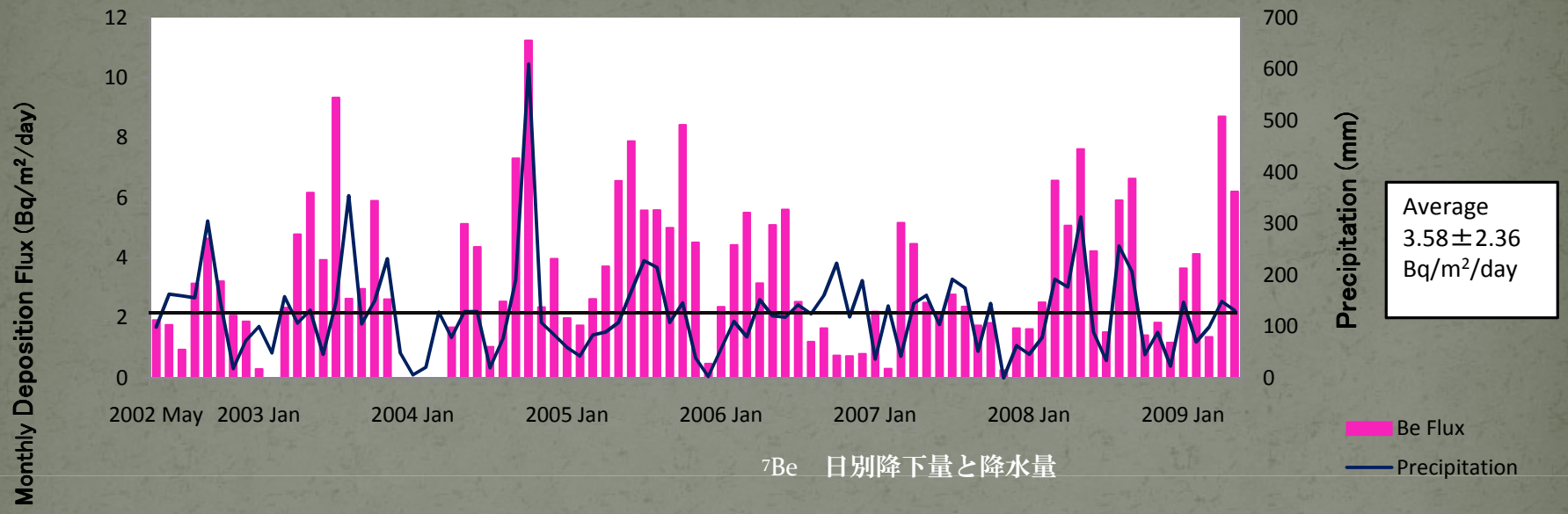
比較は

Deposition flux [Bq/m²/day]　及び　Concentration [Bq/L]　により行った。

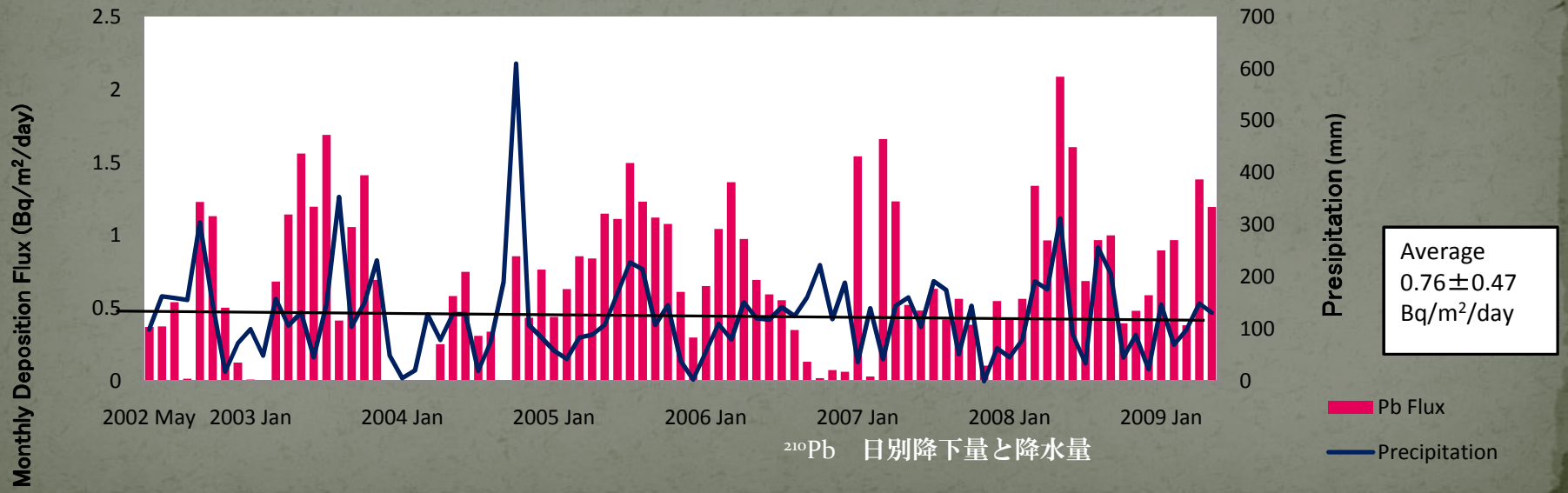
降水量は最寄り観測地点・羽田の気象庁発表日別降水量より算出



Deposition flux and precipitation



^{7}Be　日別降下量と降水量

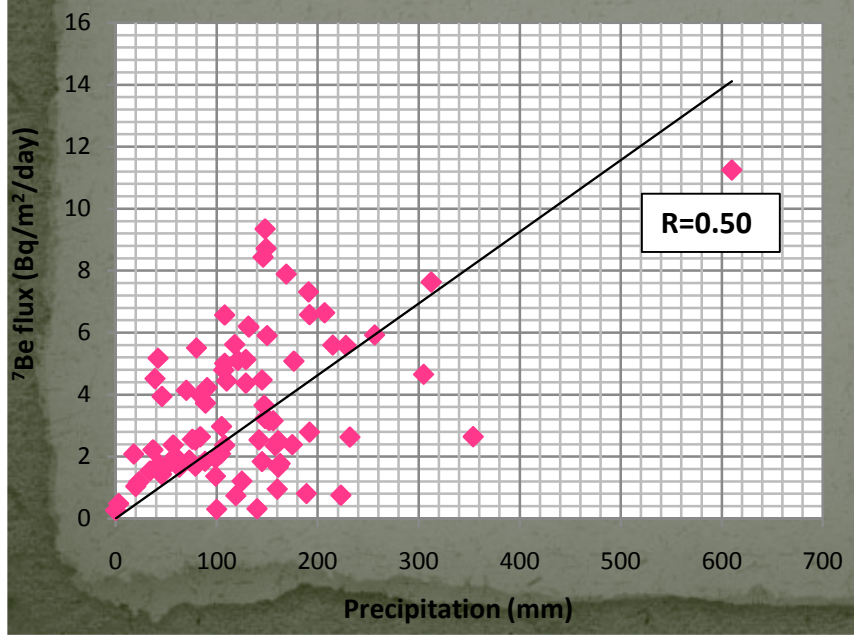


^{210}Pb　日別降下量と降水量

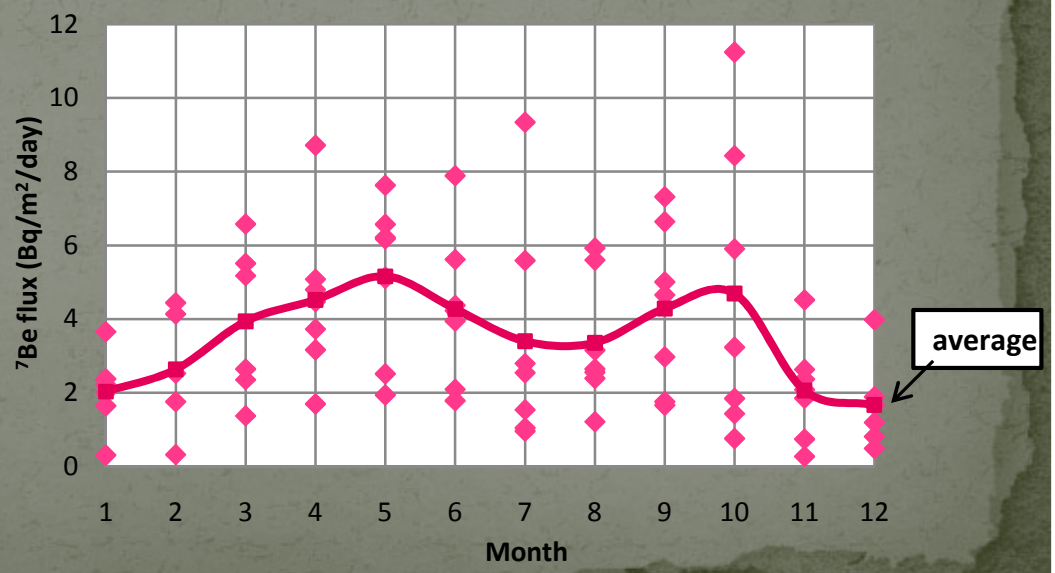
	Average of all	Standard deviation	Average of yearly max.	Average of yearly min.
Deposition Flux ($Bq/m^2/day$)				
Be-7	3.58	2.36	7.51	0.79
Pb-210	0.76	0.47	1.47	0.18
Concentration (Bq/L)				
Be-7	0.87	0.65	2.18	0.28
Pb-210	0.23	0.28	0.79	0.05

降下量と雨量には、やや相関が見られる。これは大気からの除去プロセスが、湿性沈着が主となっていることを示している。春(5月)と秋(10月)に降下量が多く、冬と夏が少ない2山ピークで変動

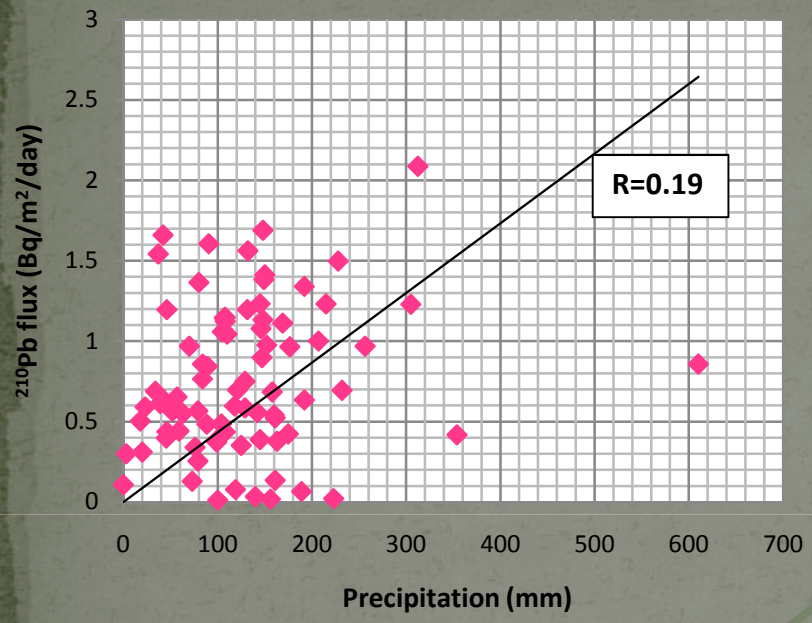
^{7}Be 降水量別 降下量



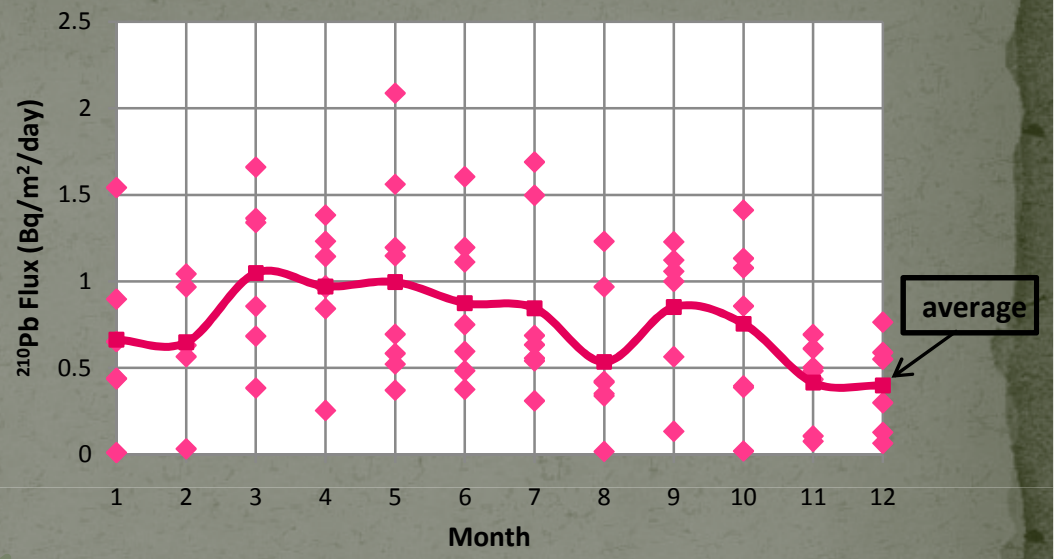
^{7}Be 月別 降下量



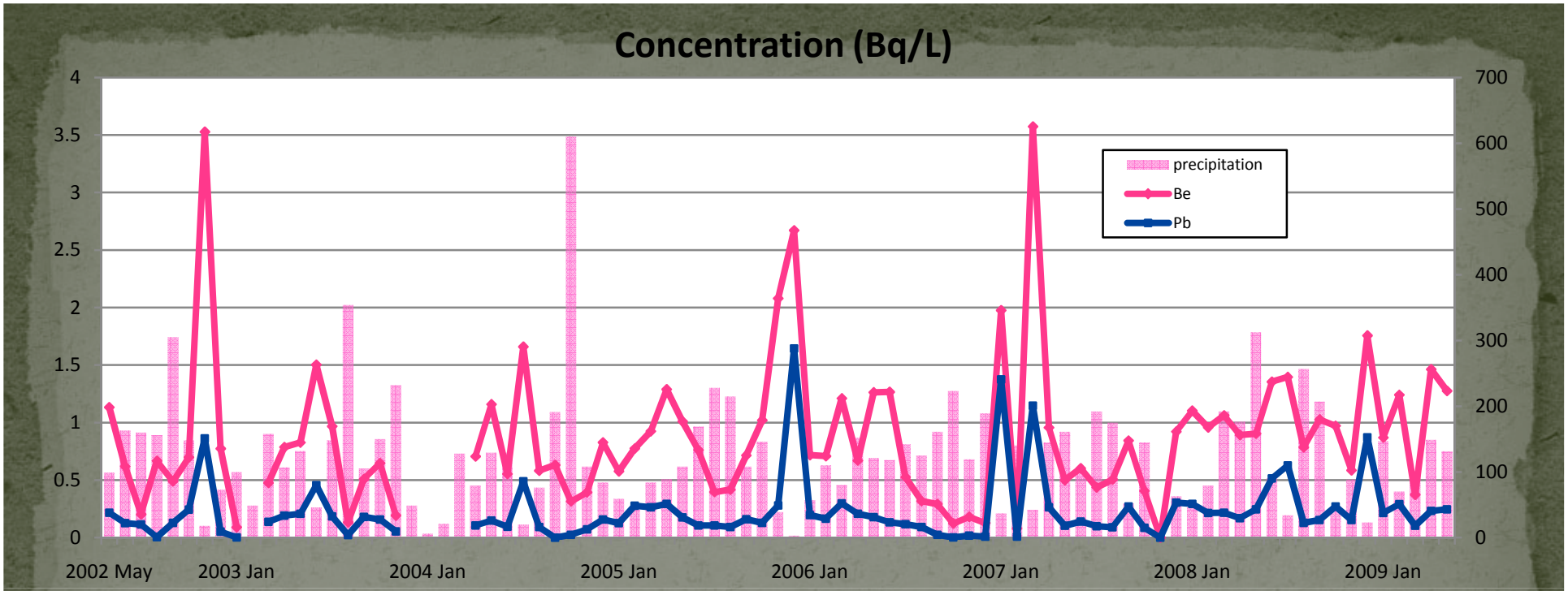
^{210}Pb 降水量別 降下量

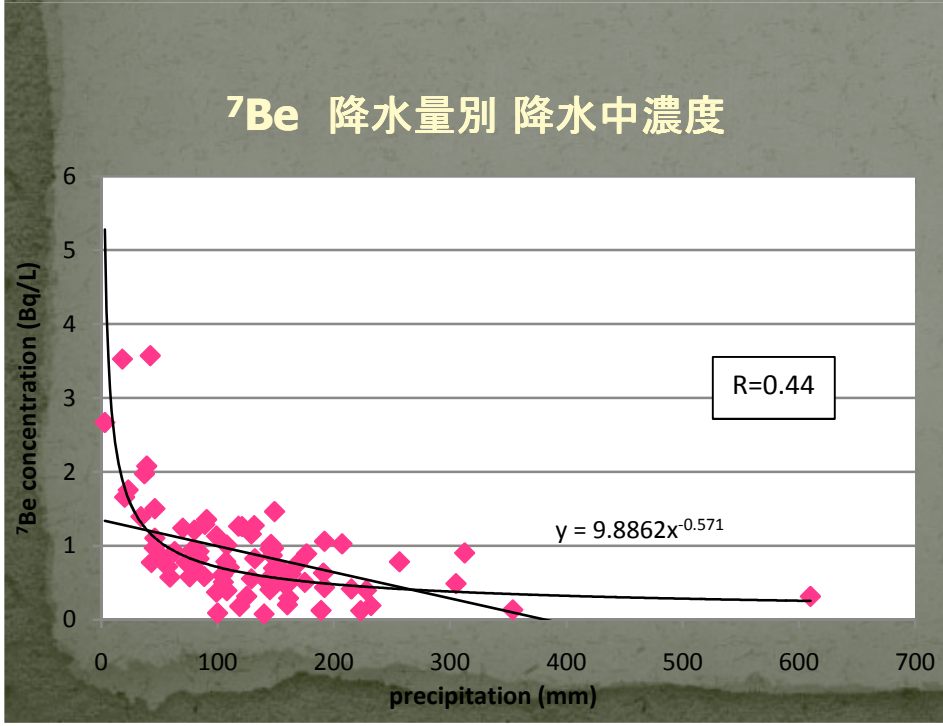


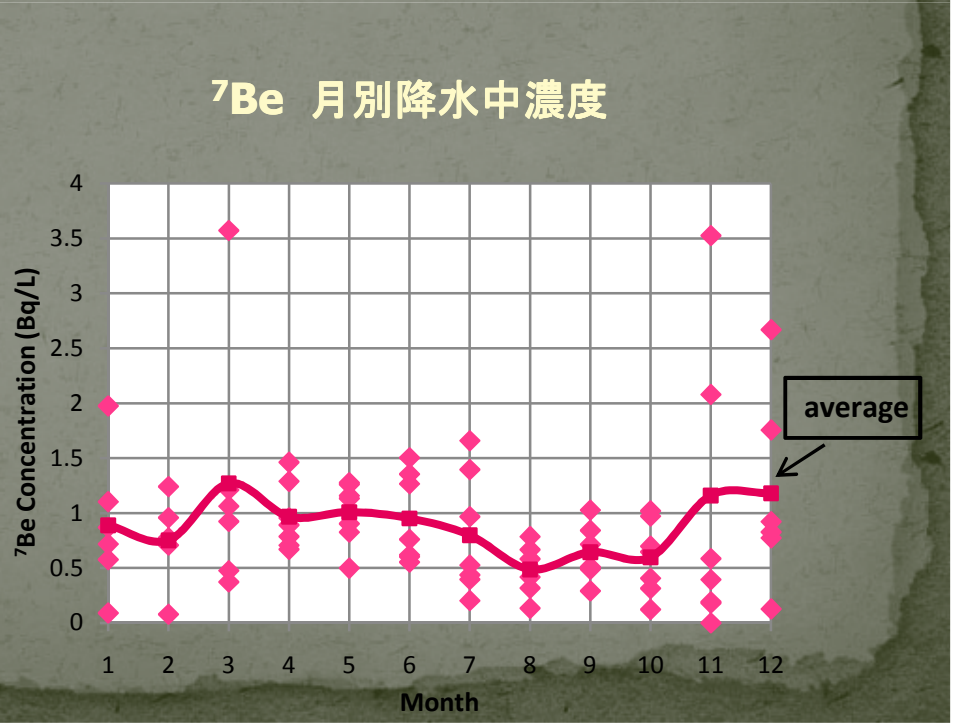
^{210}Pb 月別 降下量

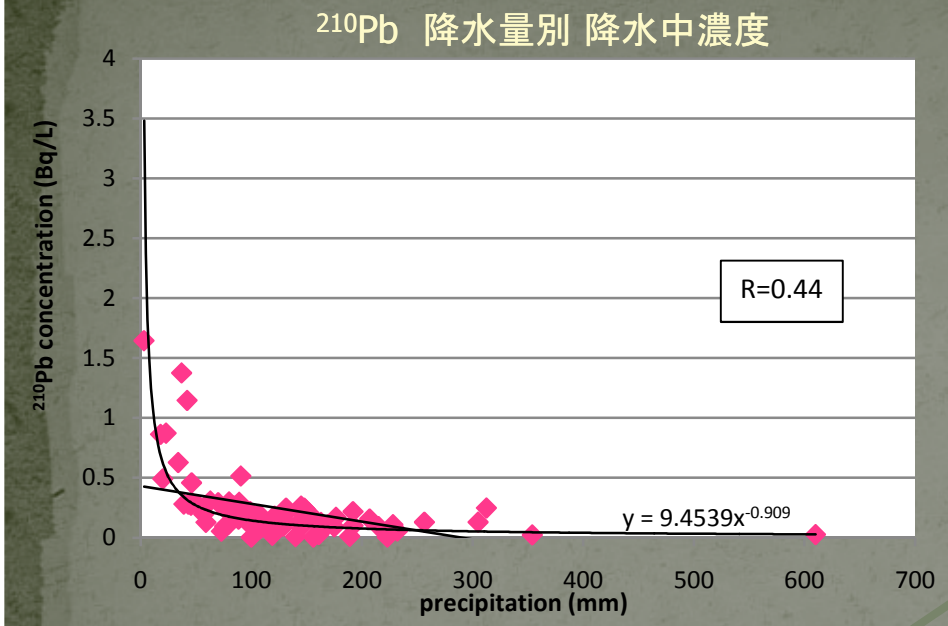


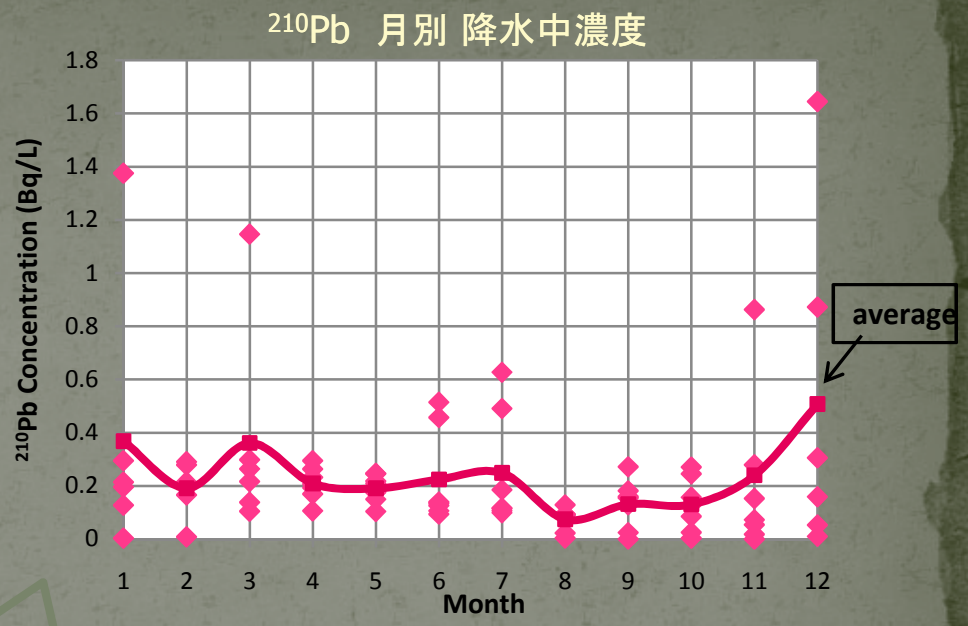
降下量と季節には相関が見られず、
さらに降水量との相関も見られない


Concentration (Bq/L)
precipitation
Be
Pb
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
700
600
500
400
300
200
100
0
2002 May
2003 Jan
2004 Jan
2005 Jan
2006 Jan
2007 Jan
2008 Jan
2009 Jan


7Be 降水量別 降水中濃度
R=0.44
y = 9.8862x-0.571
7Be concentration (Bq/L)
precipitation (mm)
0
100
200
300
400
500
600
700

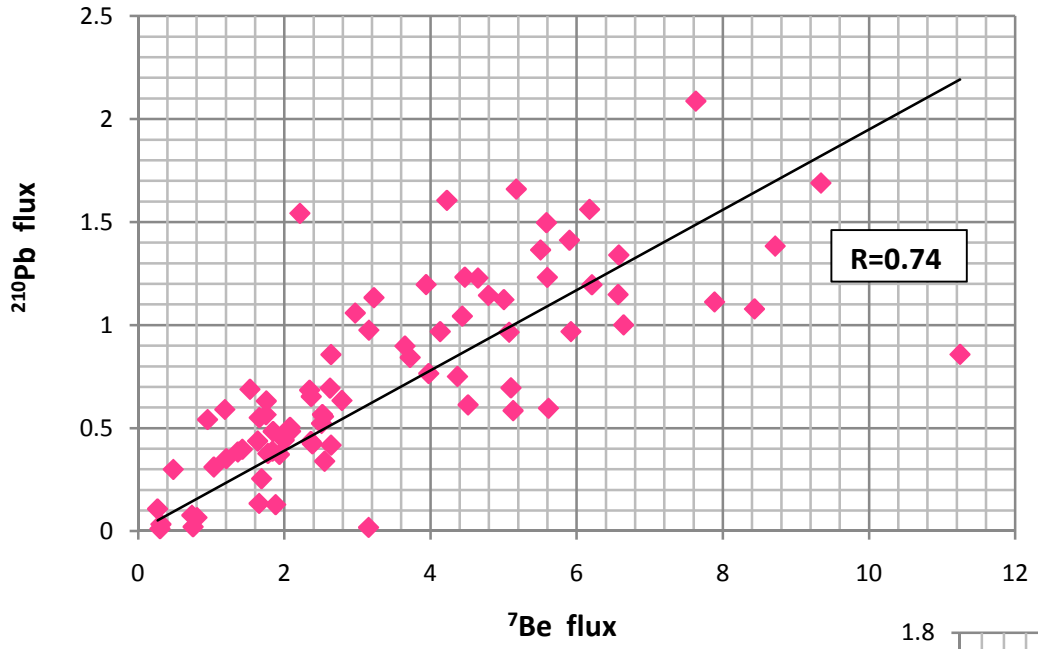

7Be 月別降水中濃度
average
7Be Concentration (Bq/L)
Month
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



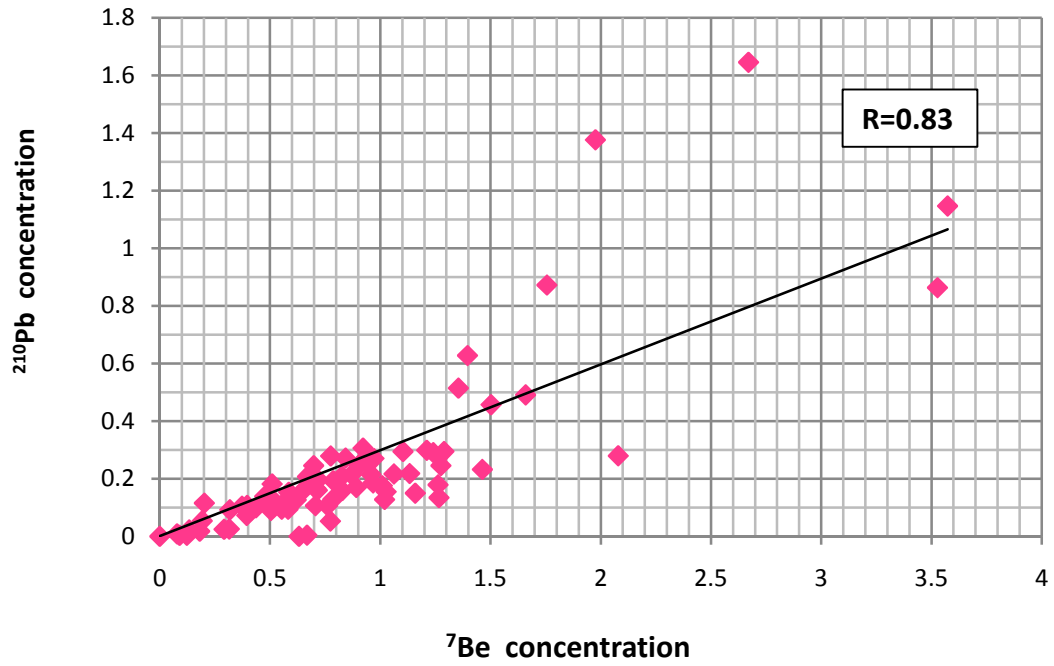


^{7}Be、 ^{210}Pbともに降水中濃度に季節変動は見られない。
両核種とも、降水量が多い月ほど降水中濃度が低いという
逆相関の傾向が見える。

Deposition flux の比較



Concentration の比較

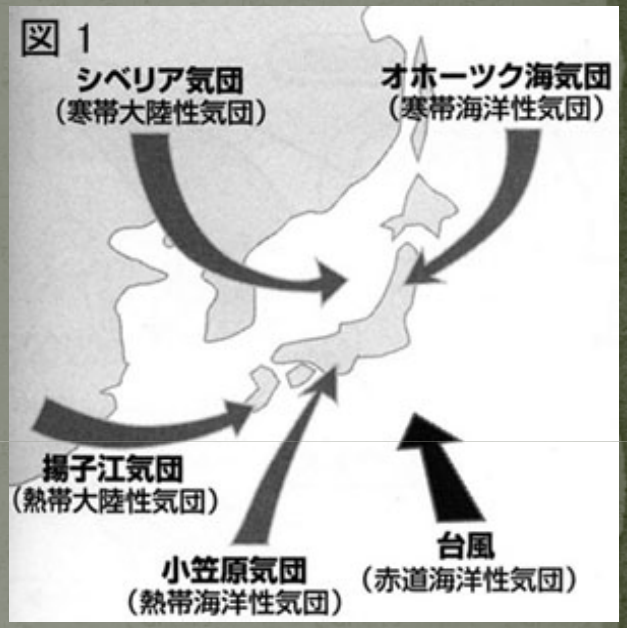


^{7}Beと^{210}Pbには、降下量、降水中濃度ともに強い相関が見られた。

考察

- ^{7}Beは春秋に降下量が多く、夏冬に少ないという季節変動を見ることができた。これは、降水量への依存に加え、春の日本は大陸気団の影響を受け、大気からのエアロゾル除去プロセスが弱まることや、シベリア気団や小笠原気団の影響を受けていることを表していると考えられる。

- ^{210}Pbと^{7}Beは起源が異なり、高度分布も全く一致しないが、季節・降水量に関わらず相関が強いことから、吸着されるエアロゾルの粒径等、大気中での挙動が似ているのではないかと考えられる。



気象のしくみ；饒村曜著，日本実業出版社

- 上記に加え、降水中濃度と降水量の逆相関関係など、東京での観測データと他地点でのデータとの結果の一致や、温帯での^{7}Beの平均降水中濃度との一致を確かめることができた。

灰化試料

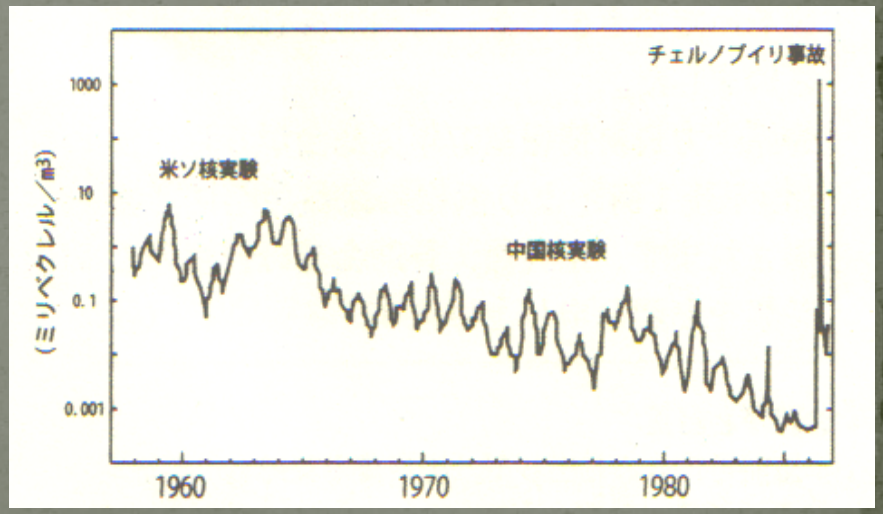
2008年度より新たに検出器を１台増やし、雨水試料測定後の樹脂全量を４５０℃電気炉（青森県 環境科学技術研究所）にて灰化したものを測定することにより、^{210}Pbと^{7}Beに加え^{137}Csと^{40}Kの降下量も観測することとした。

^{137}Cs

- 半減期30年
- 大気圏核実験や原子炉事故由来の人工放射性核種
- 水爆実験終了後の70年代以降、減少傾向にあるが、
  地殻表層に吸収されているため、土壌の浸食や再懸濁の指標となる

^{40}K

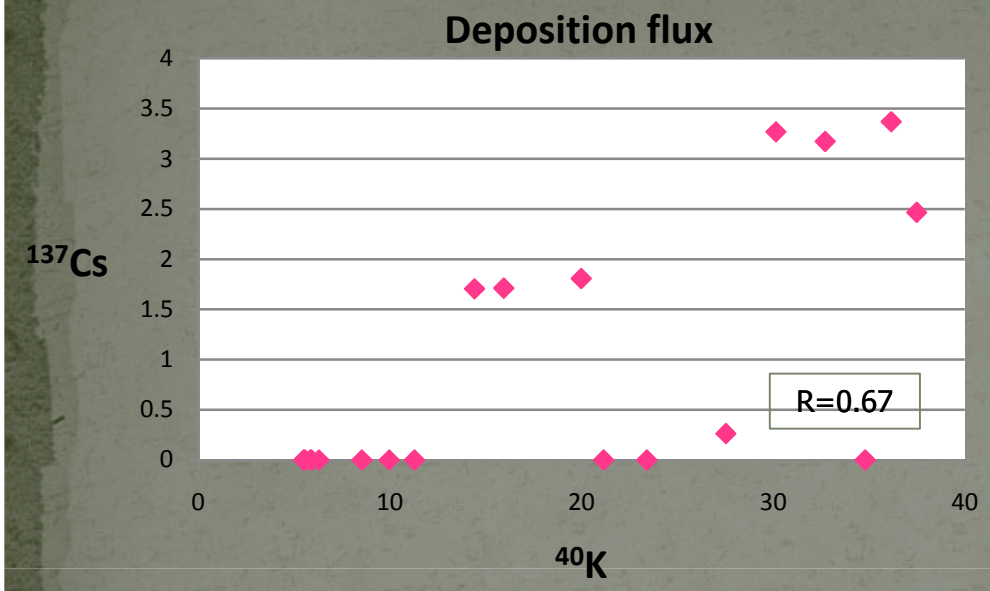
- 半減期12.7億年
- 地球誕生時から存在している放射性核種
- 天然カリウム中に0.0117%存在している
- ほぼ全ての物に様々な濃度で含まれており、
  人体中にも必須元素として存在（^{40}K　約60Bq/kg）



Cs-137　大気中濃度の時間

古川路明「放射化学」朝倉書店(1994) p.176

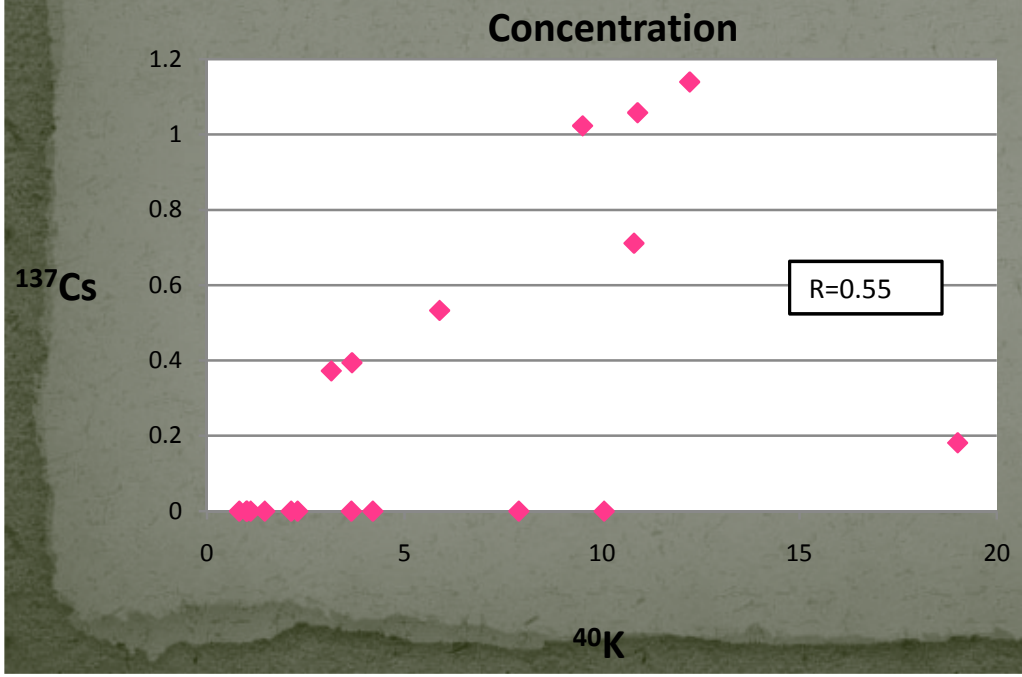
^{137}Csと^{40}K比較

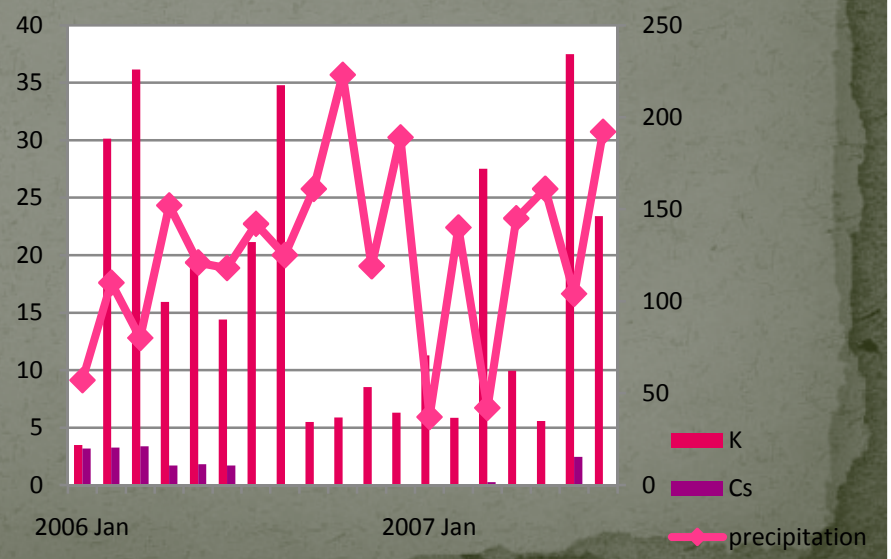


^{137}Csは観測できない月が多かった。これは水盤の大きさが小さいことによるものだと思われる。

また^{137}Csと^{40}K は^{7}Beと^{210}Pbに比べると相関が弱く、降下量が雨量に依存していないことがわかった。

1月～6月にかけて^{137}Csの降下量が測定できたことからも、^{137}Csと^{40}Kは春に大陸から飛来する黄砂等、粒径が比較j的大きく降下量が雨量に依存しないようなエアロゾルに吸着されて運ばれている可能性があると思われる。





今後の課題

- 緯度による降下量の変化や気象条件等と比較し、降下量の地域的特性や季節変動の理由を考察する。（青森県六ケ所村での測定データと比較）
- 起源の異なる^{210}Pbと^{7}Beが同じような挙動をしているとの推測を確かめるために、高度分布等のデータを収集し、実測データとの関連等を考察する。
- 乾性降下物と湿性降下物の割合を算出し、既出のデータとの比較により、観測地点によって割合が異なるかどうかや、降水中濃度への影響等を検討する。
- ^{137}Csと^{40}Kは測定期間が短く、比較可能なデータが少ないので、測定の継続と同時に、検出器のbackgroundや検出効率等の基礎データのクロスチェックをし、データの信頼性の再検証を行う。