

1. Introduction & Motivation

SK-Gd計画に向けたR&D

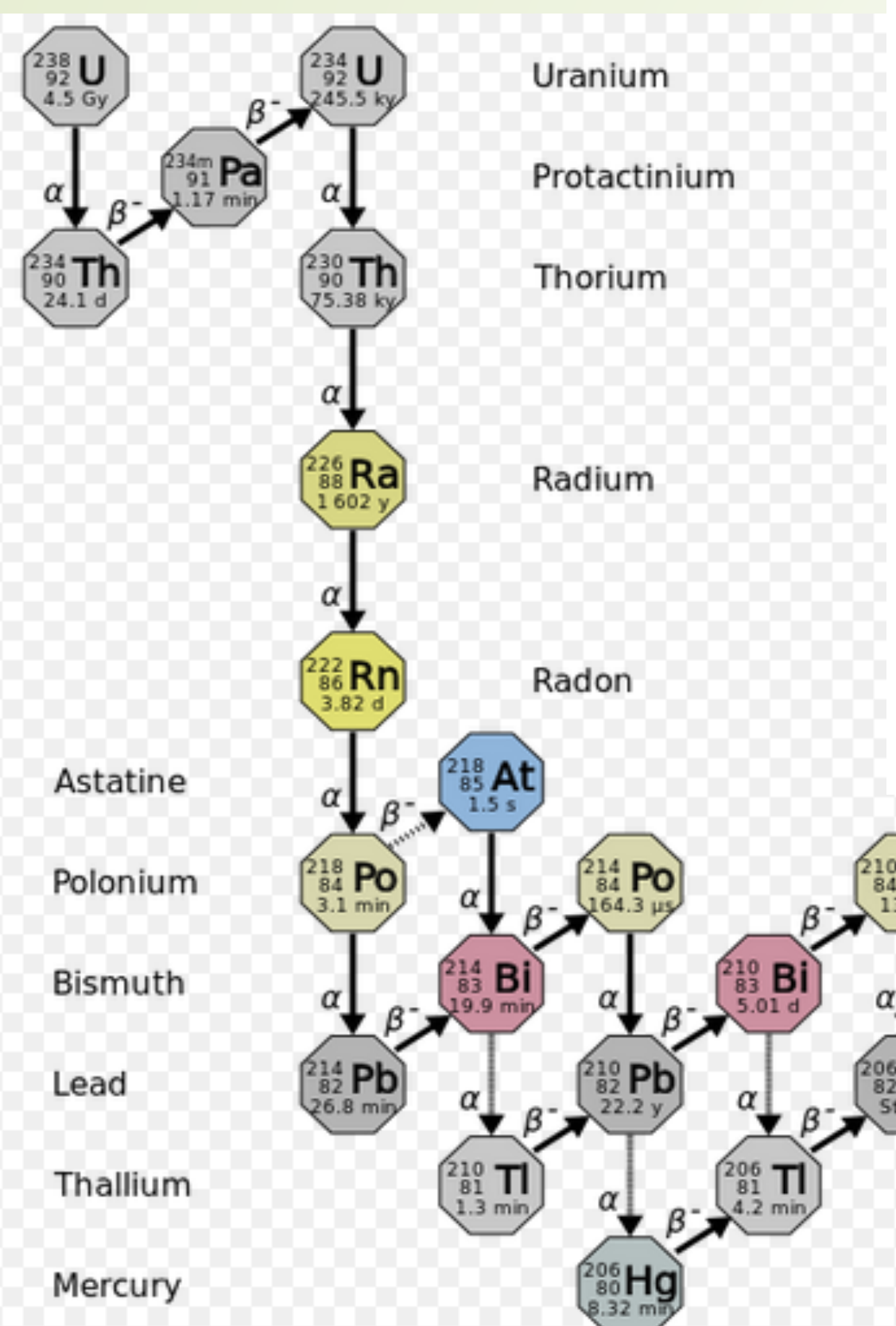
Super Kamiokande(SK)の純水に硫酸ガドリニウム8水和物($Gd_2(SO_4)_3$)を0.2%添加し、反電子ニュートリノの検出効率を上げて超新星背景ニュートリノ(SRN)発見を目指す「SK-Gd」のR&Dが進められている。そのR&Dの一環として、Gd添加によるラジウム(Ra)などの天然放射性不純物によるバックグラウンド増加が問題となっている。そこで我々はウランの崩壊系列である ^{226}Ra に焦点を当て、取り除く事にした。

Table II

Chain	Main sub-chain isotope	Radioactive concentration (mBq/kg)
^{238}U	^{238}U	50
	^{226}Ra	5
^{232}Th	^{228}Ra	10
	^{228}Th	100 lifetime ~2 years
^{235}U	^{235}U	32
	$^{227}Ac / ^{227}Th$	300

based on the Stanford Materials batched radioactivity measurements

Ra^{226} の娘核種 ^{214}Bi ($Q_\beta = 3.27MeV$)の β 線が主なバックグラウンド源となり、SKのエネルギー分解能を考慮すると7MeV付近まで影響を与えてしまう。よって、太陽ニュートリノなどの低エネルギー領域に多大な影響がある。



2. Ion exchanger - Cation type -

イオン交換樹脂

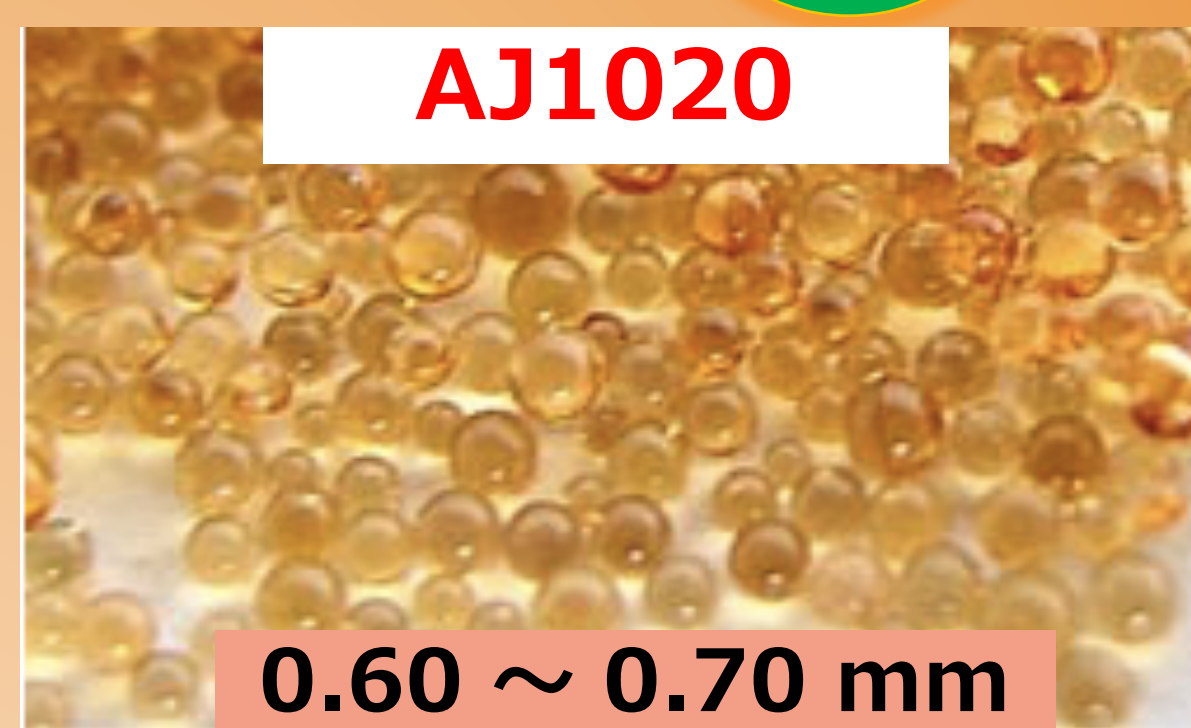
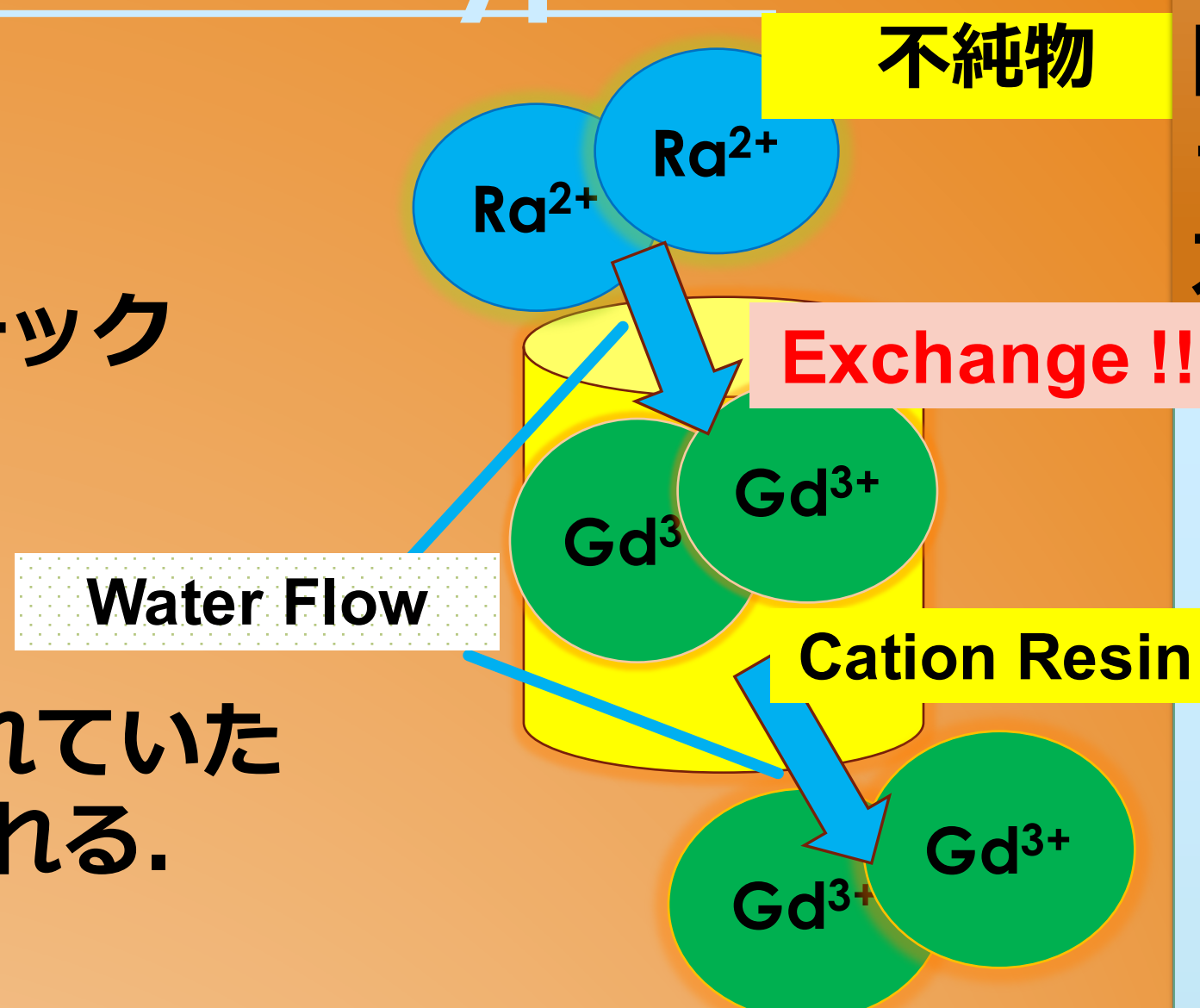
一般的な大きさは0.5mm~1.0mm程度の球状のプラスチック。しかし、通常のプラスチックと異なり「イオン交換」性質を持っている。

ベースとなるイオンが樹脂に混ざっており、通水させる事によって元々樹脂に含まれていたイオンが水中の不純物であるイオンと交換される。これを「イオン交換」と呼んでいる。

強酸性イオン交換樹脂

スルホン酸基(-SO₃H)を交換基として持つ樹脂。本実験では「Amber Jet 1020」と呼ばれる樹脂を用いて水中の不純物Raを取り除く。しかし、商業用で販売されている樹脂は $Gd_2(SO_4)_3$ が添加された水から Gd^{3+} 自体を不純物として取り除いてしまう。

→ Gdを取り除かず、Ra除去が可能な新しい樹脂の作成が必要！
オルガノ社に依頼して、ベースをGdに変えた「Amber Jet 1020 (Gd)」が新たに制作した。← 未知のものなので評価する必要がある。

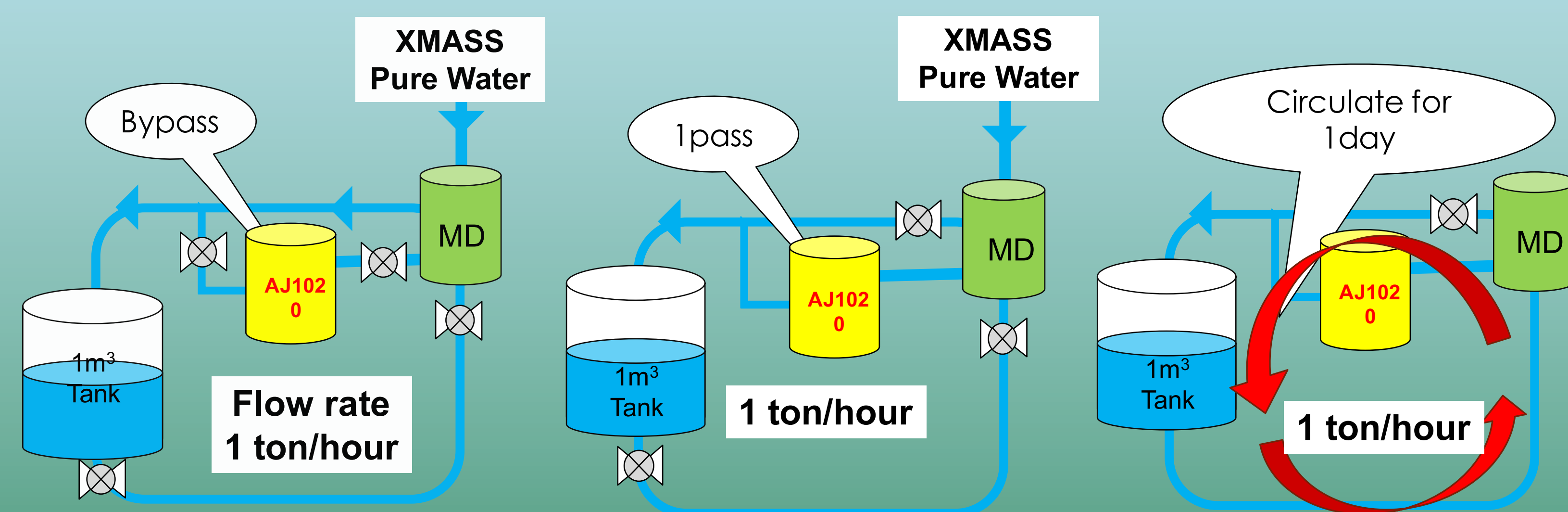


3. How to evaluate AJ1020 (Gd)

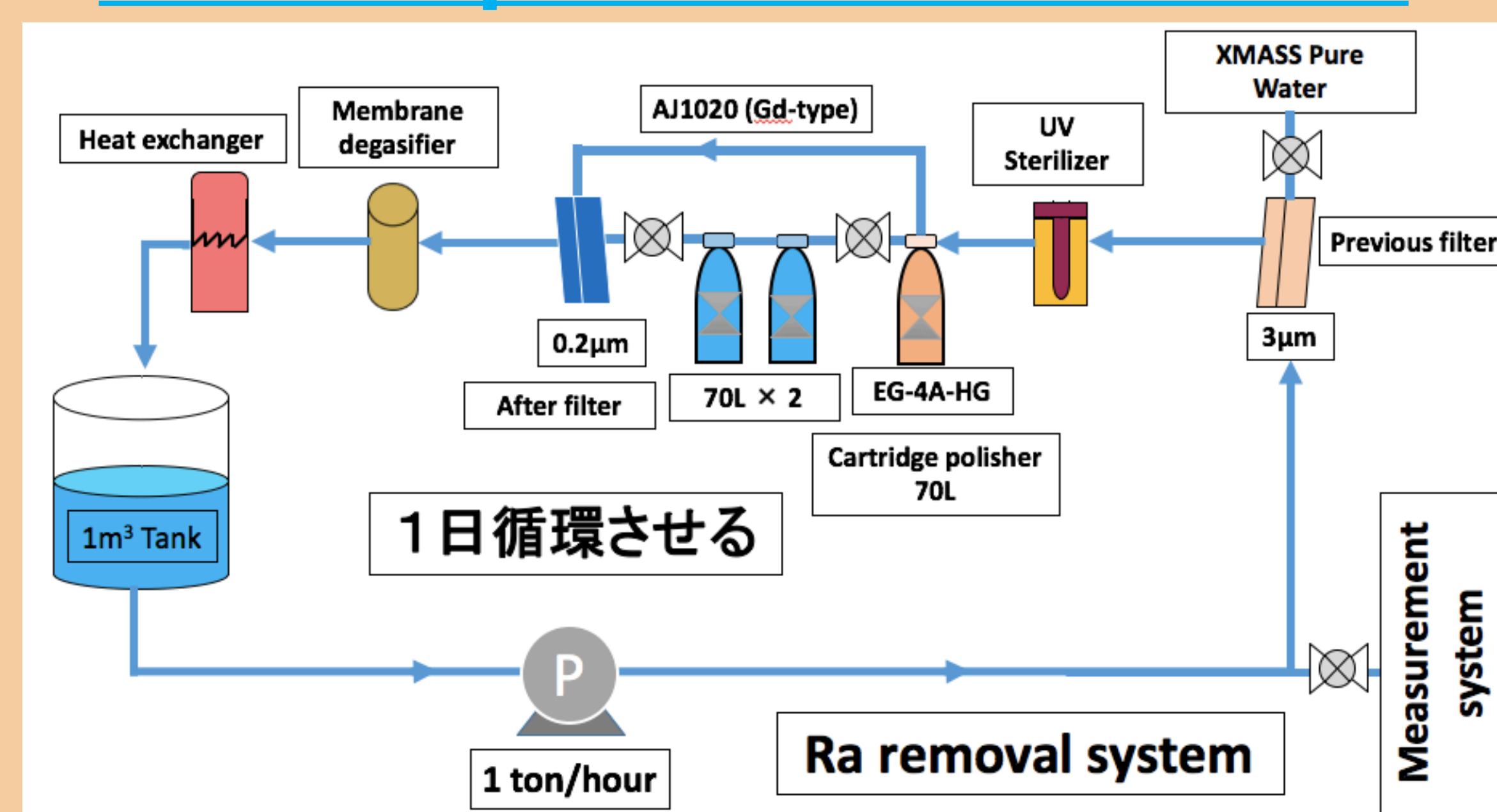
樹脂の評価方法

約10日間寝かせた純水を1日循環装置で循環させRn濃度でRa除去率を評価する。(10日間待つ事でRaとRnは放射平衡になる事を利用.)

- ◆ Exp1. Bypass AJ1020 (Gd) measurement
- ◆ Exp2. 1Pass AJ1020 (Gd) measurement
- ◆ Exp3. Circulating with AJ1020 (Gd) measurement



4. Set up for measurement

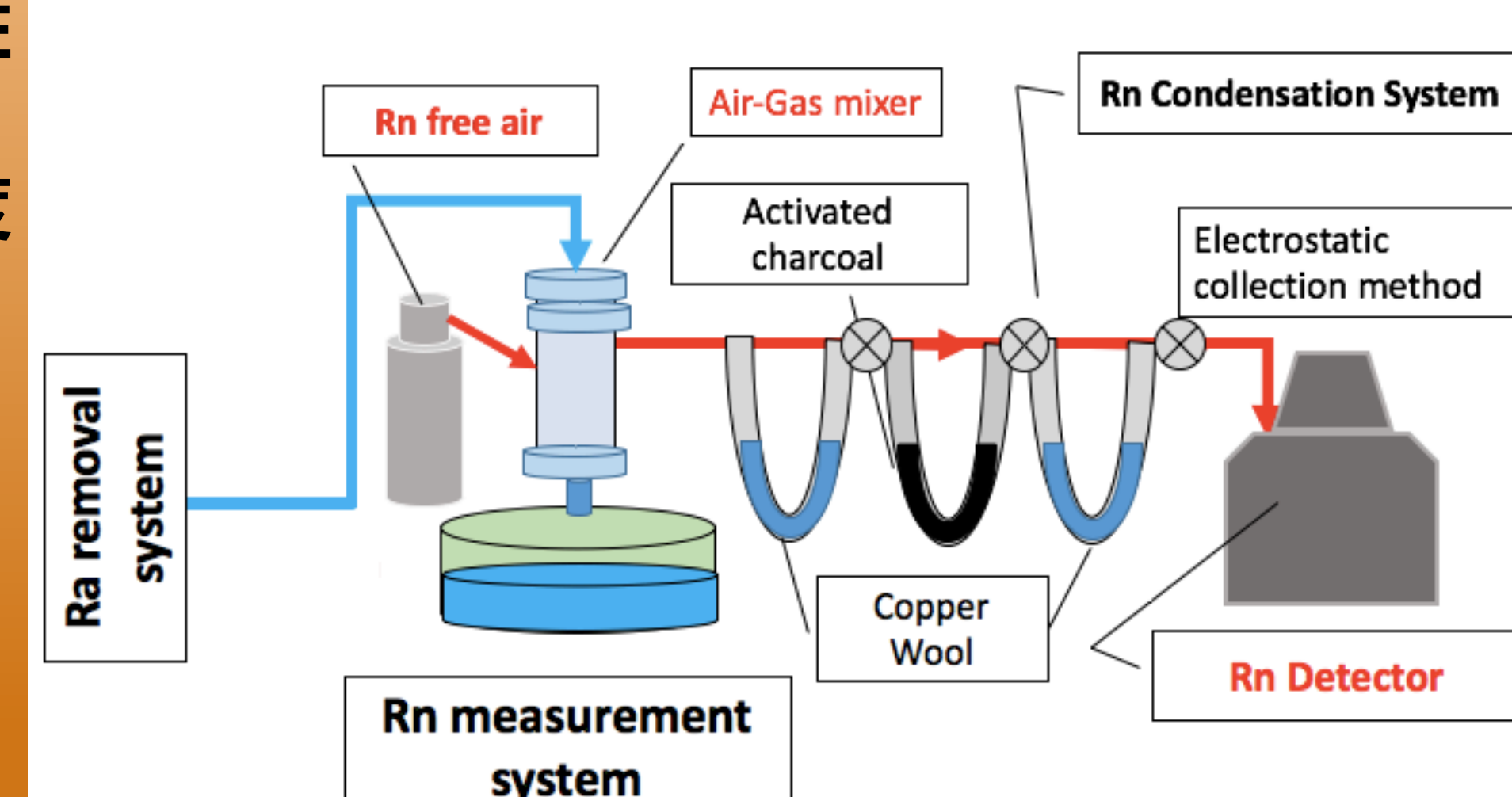
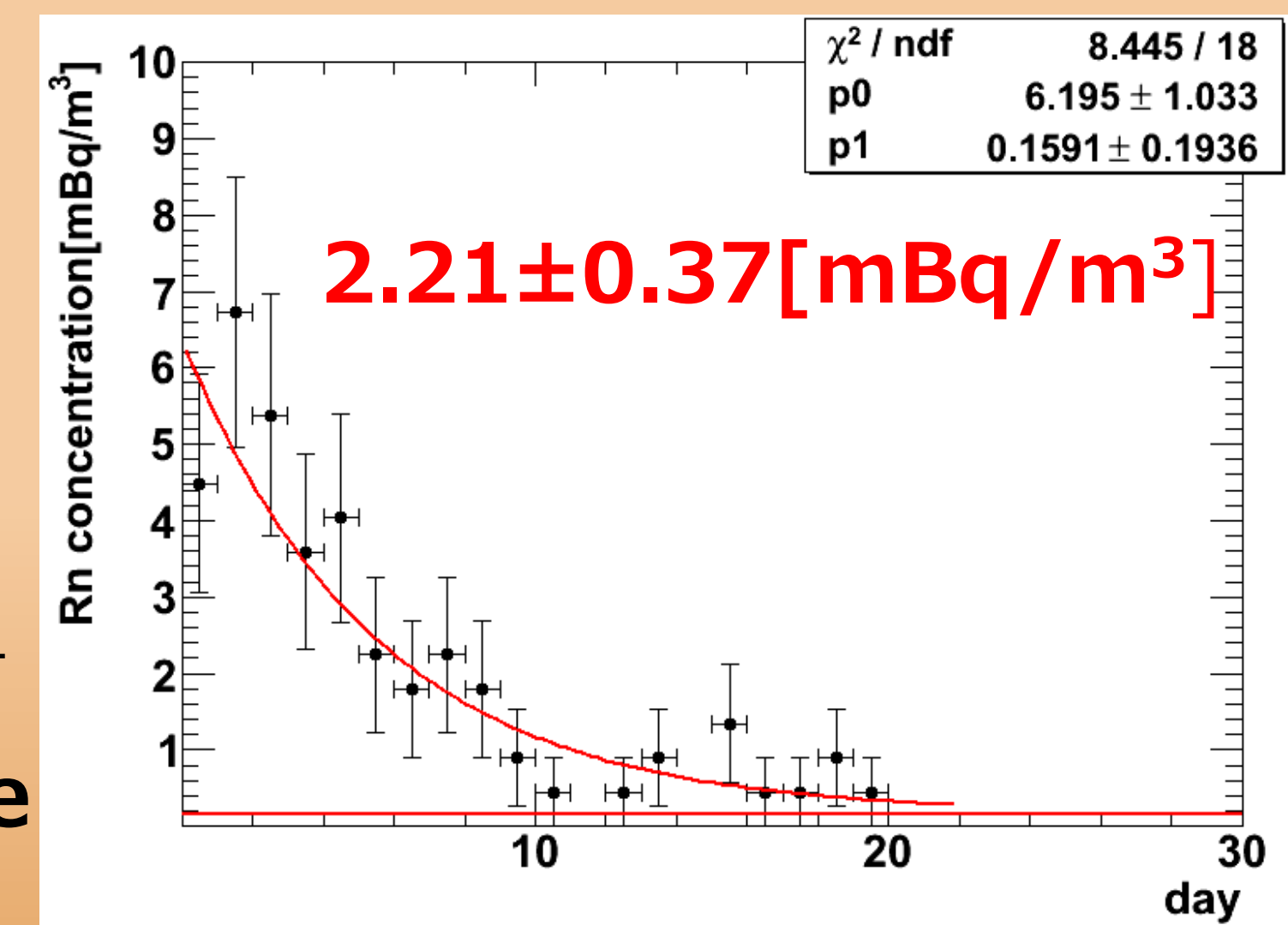


Ra removal system

膜脱気によりRnを除去し、初期に含まれるRnの影響を抑えている。

Measurement system

測定する純水(XMASS 1st stage water)とRn Free airを気液平衡状態にして活性炭に濃縮する。そして、静電捕集法でラドン濃度を測定する。



SKでのラドン測定と同様の手段であり、ラドン濃度の解析方法なども同じである。

5. Analysis & Results

放射平衡によるRa初期濃度の推測

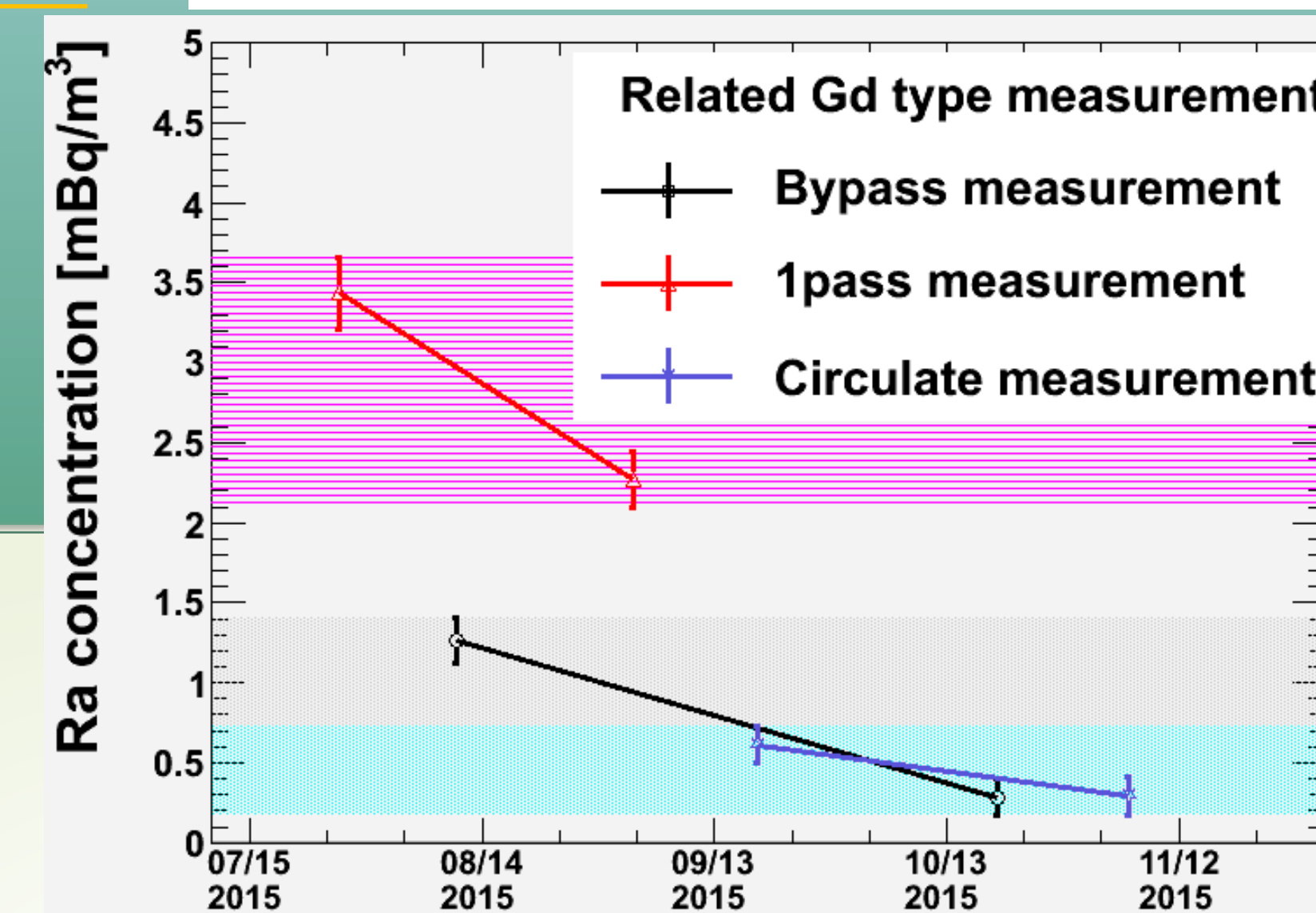
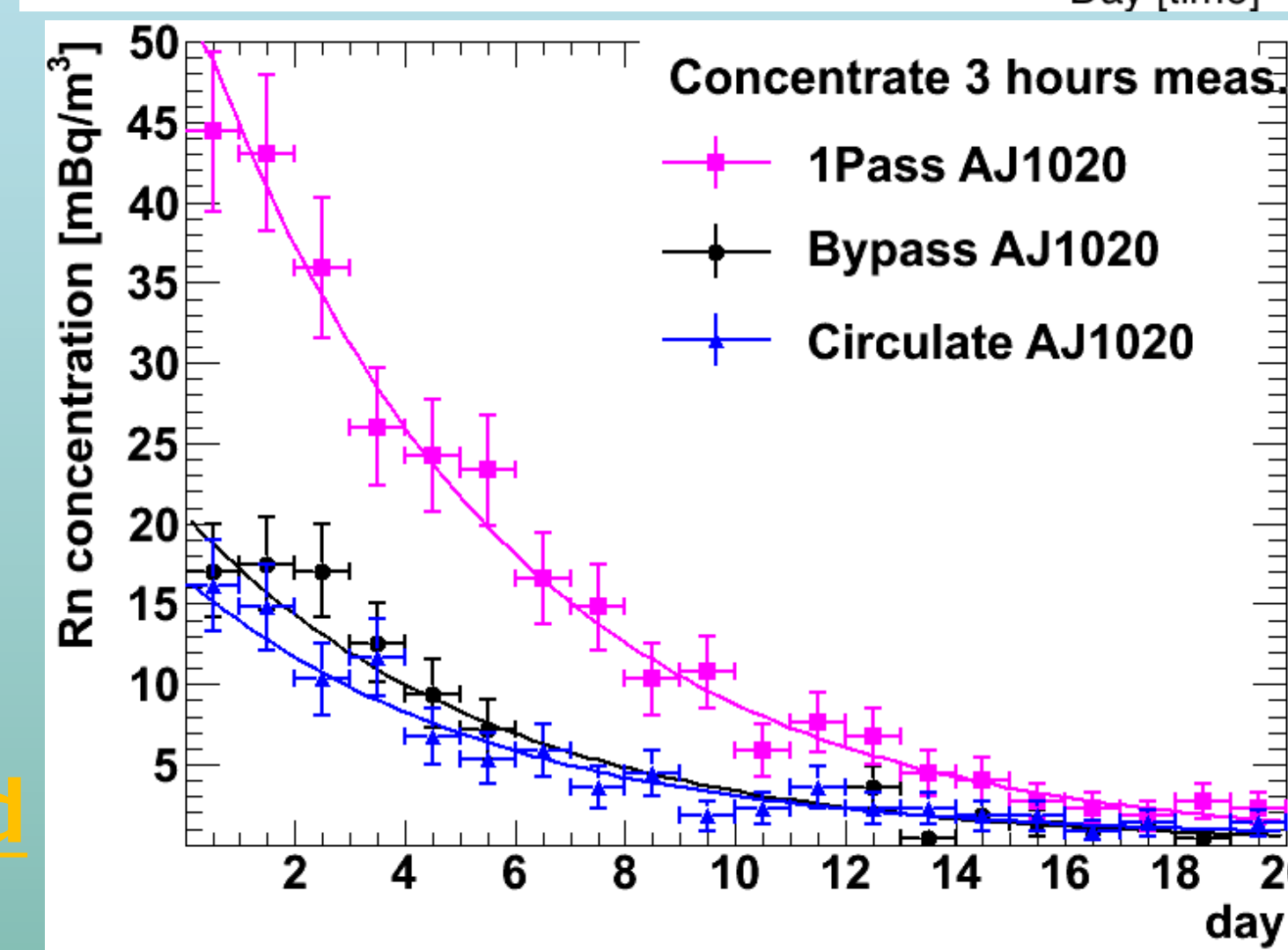
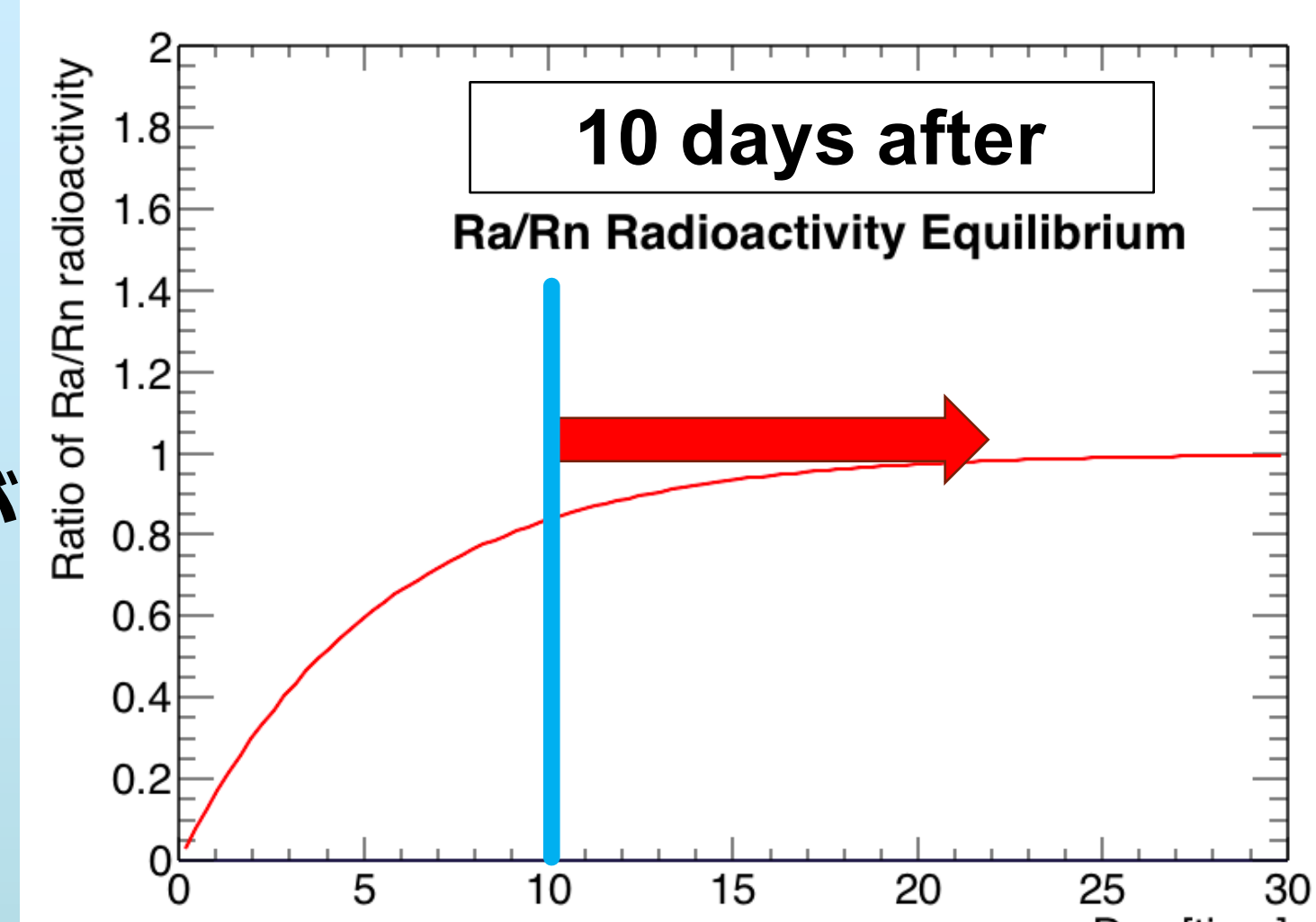
Rnの半減期 $T_{1/2} = 3.824$ day
Raの半減期 $T_{1/2} = 1600$ year
Ra/Rnの半減期が非常に離れているため約10日間経つと永続平衡状態となり、放射能の比が同じになり、Rn濃度でRa初期濃度を推測できる。

$$A_{Ra(0)} = \frac{A_{Rn}}{t - \frac{1}{\lambda_{Rn}}(1 - \exp(-\lambda_{Rn}t))} \left[\frac{mBq}{m^3} \right]$$

樹脂のRa除去評価

Exp1~3, 各2回ずつ実験を行ったが樹脂を通した方が濃度高く、AJ1020(Gd)自体がRa源になっている。
→樹脂を作るときに使用されたGdが汚染されていた可能性が高い。

また、同条件の1回目と2回目の測定では必ずRa濃度が下がっていた。
→ 季節変動によるRa濃度の減少だと思われる。



6. Summary

AJ1020(Gd)はRa除去が出来ていなかった。また、今後の測定で濃度の季節変動を考慮に入れる必要がある。
◆ 今後 金沢大学によるバリウム共沈法でのRa除去評価。商業用の樹脂(H-type)でのRa除去評価を試みる。

Date	Exp	Contents of measurement	Ra Result
7/27	#2-1	1 pass AJ1020 measurement	3.43 ± 0.22 [mBq/m³]
8/11	#1-1	Bypass AJ1020 measurement	1.26 ± 0.14 [mBq/m³]
9/3	#2-2	1 pass AJ1020 measurement	2.27 ± 0.18 [mBq/m³]
9/19	#3-1	Circulating for AJ1020 measurement	0.61 ± 0.12 [mBq/m³]
10/20	#1-2	Bypass AJ1020 measurement	0.285 ± 0.112 [mBq/m³]
11/6	#3-2	Circulating for AJ1020 measurement	0.289 ± 0.117 [mBq/m³]