

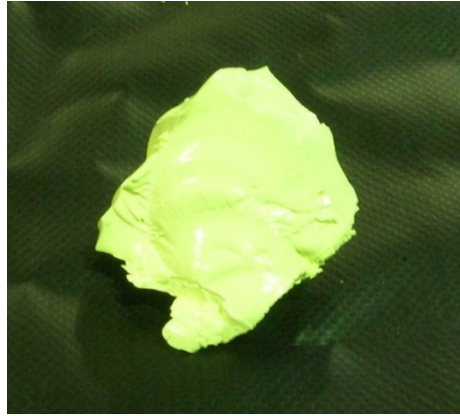
高性能原子核乾板のための原子核乳剤開発



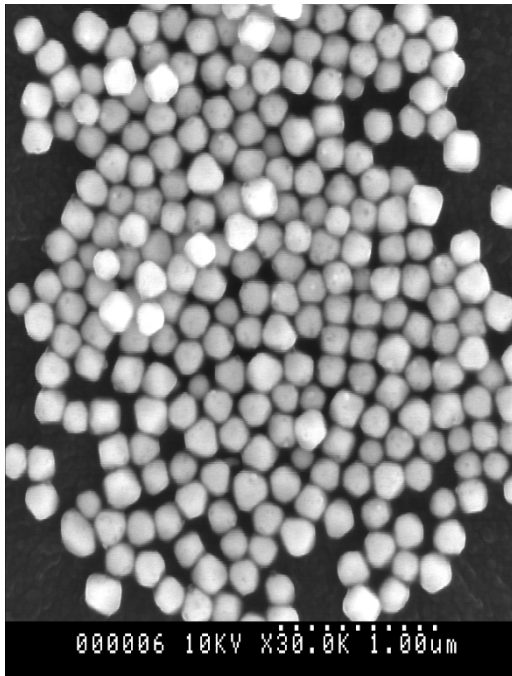
名古屋大 長縄直崇

原子核乳剤と原子核乾板

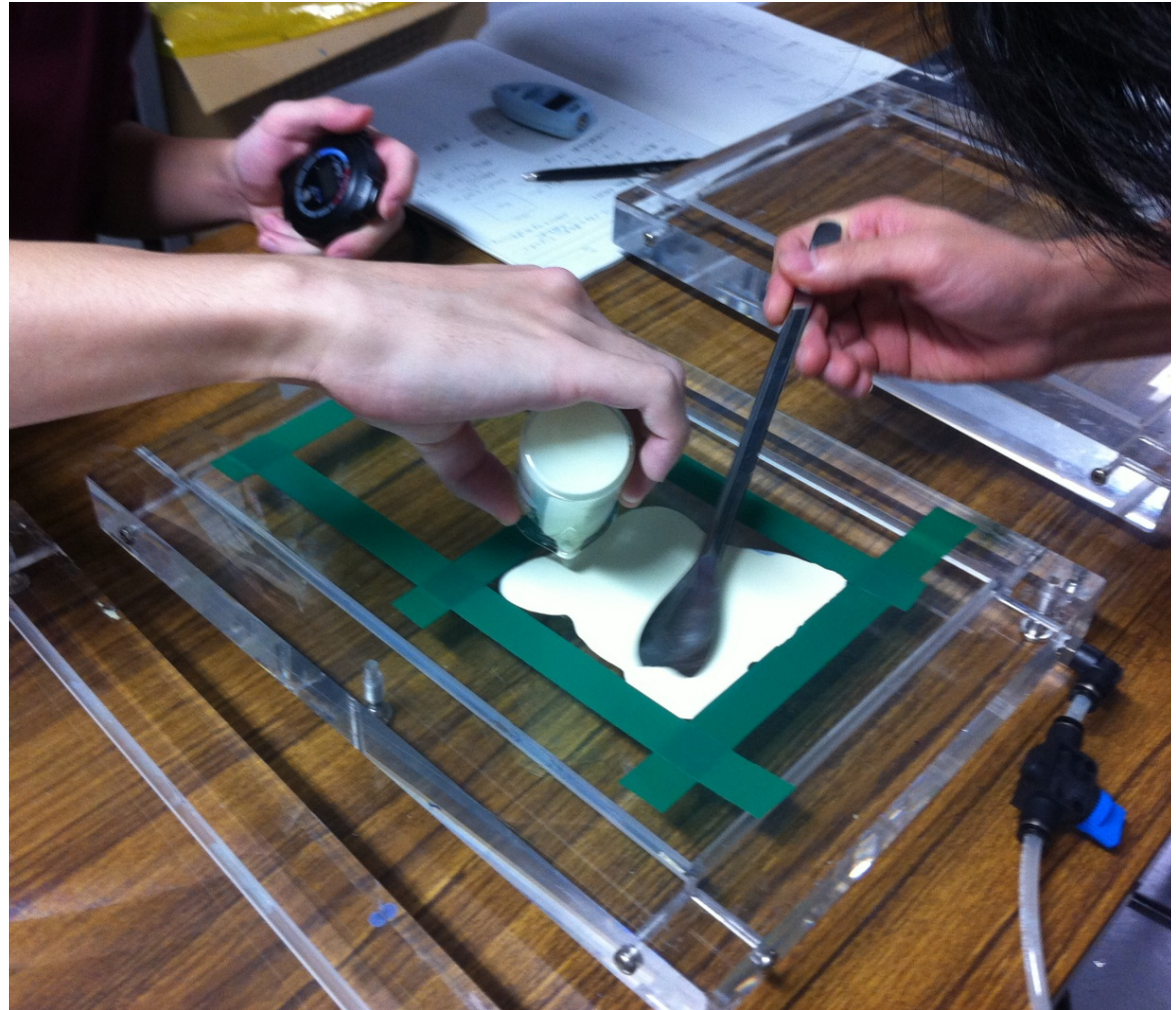
乳剤(ゼラチン中に
AgBr結晶を分散)



→
塗布



手塗りの例(少量塗布の場合)



原子核乳剤と原子核乾板

乳剤(ゼラチン中に
AgBr結晶を分散)



→
塗布

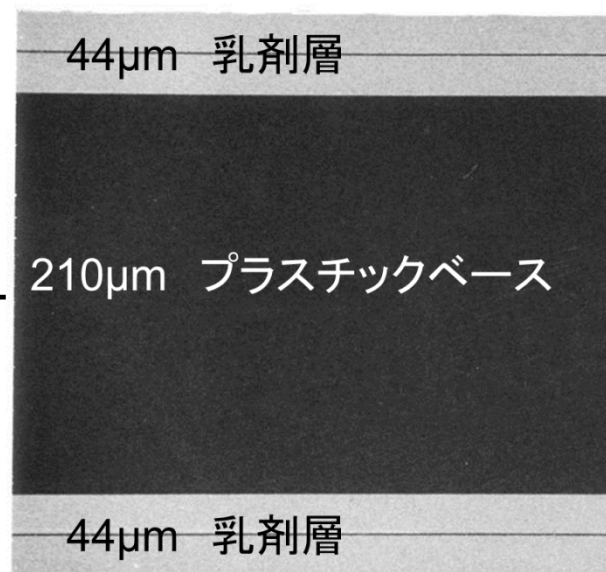
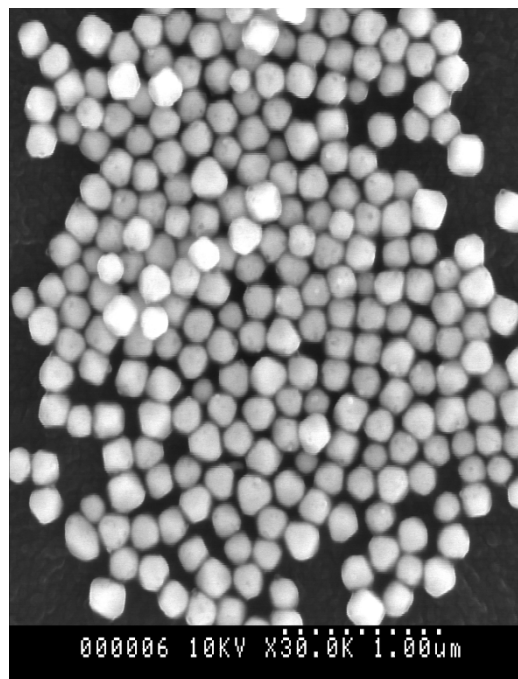
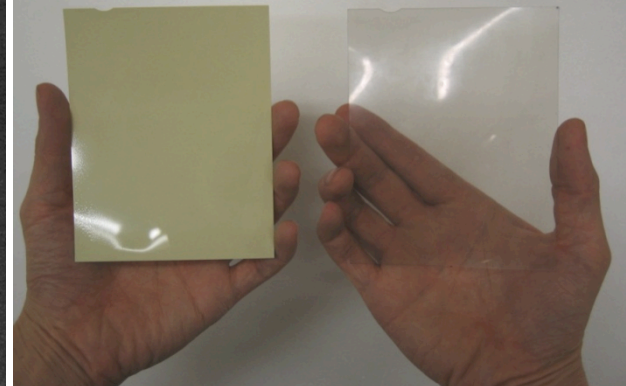


写真: OPERA用原子核乾板



例: OPERA用原子核乾板

荷電粒子に対する感度: Grain Density (GD) $\sim 30/100\mu\text{m}$

10GeV π^-

20 μm

○ Fog

化学的ノイズ: Fog Density (FD) $\sim 3/(10\mu\text{m})^3$

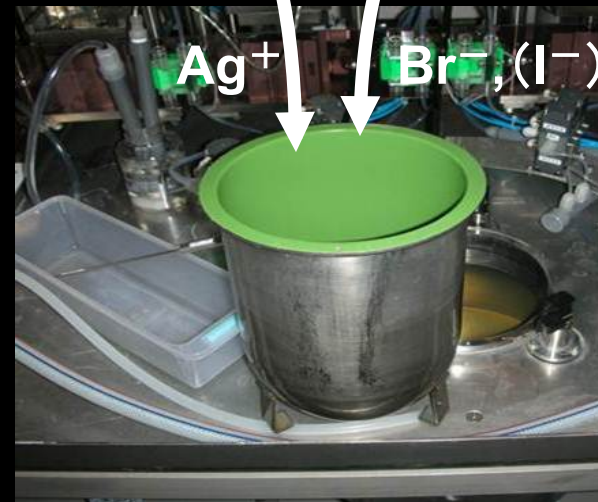
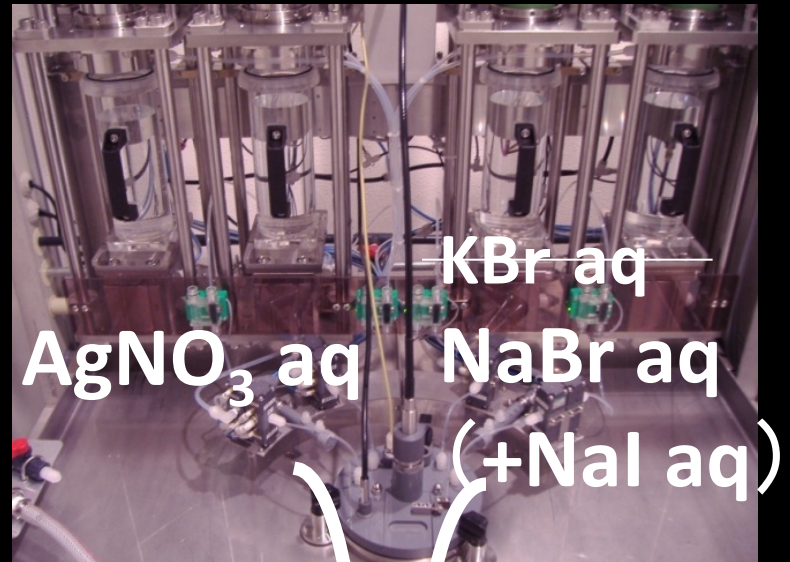
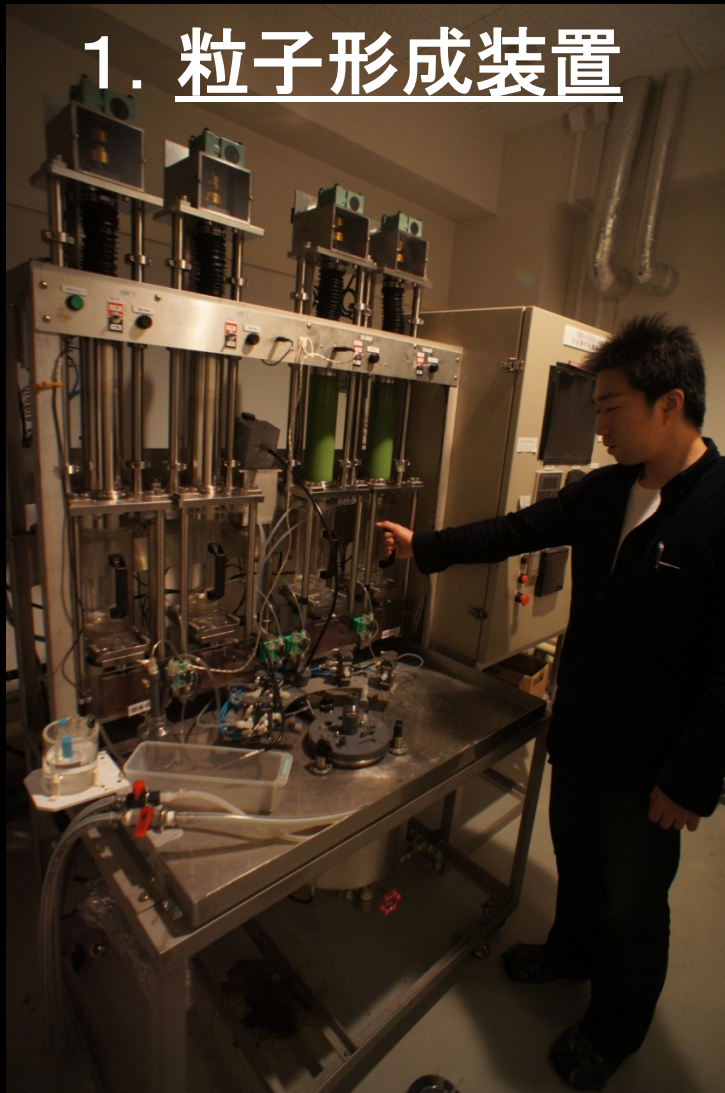
名古屋大学内にて乳剤開発(2010～)

- ・実験目的に即した乳剤の開発
- ・少量の製造

・専門家の助言

(完成乳剤～1kg、乾燥時～200g、0.3m²)

1. 粒子形成装置



乳剤製造装置 (@名古屋大学内)

2. 脱塩装置

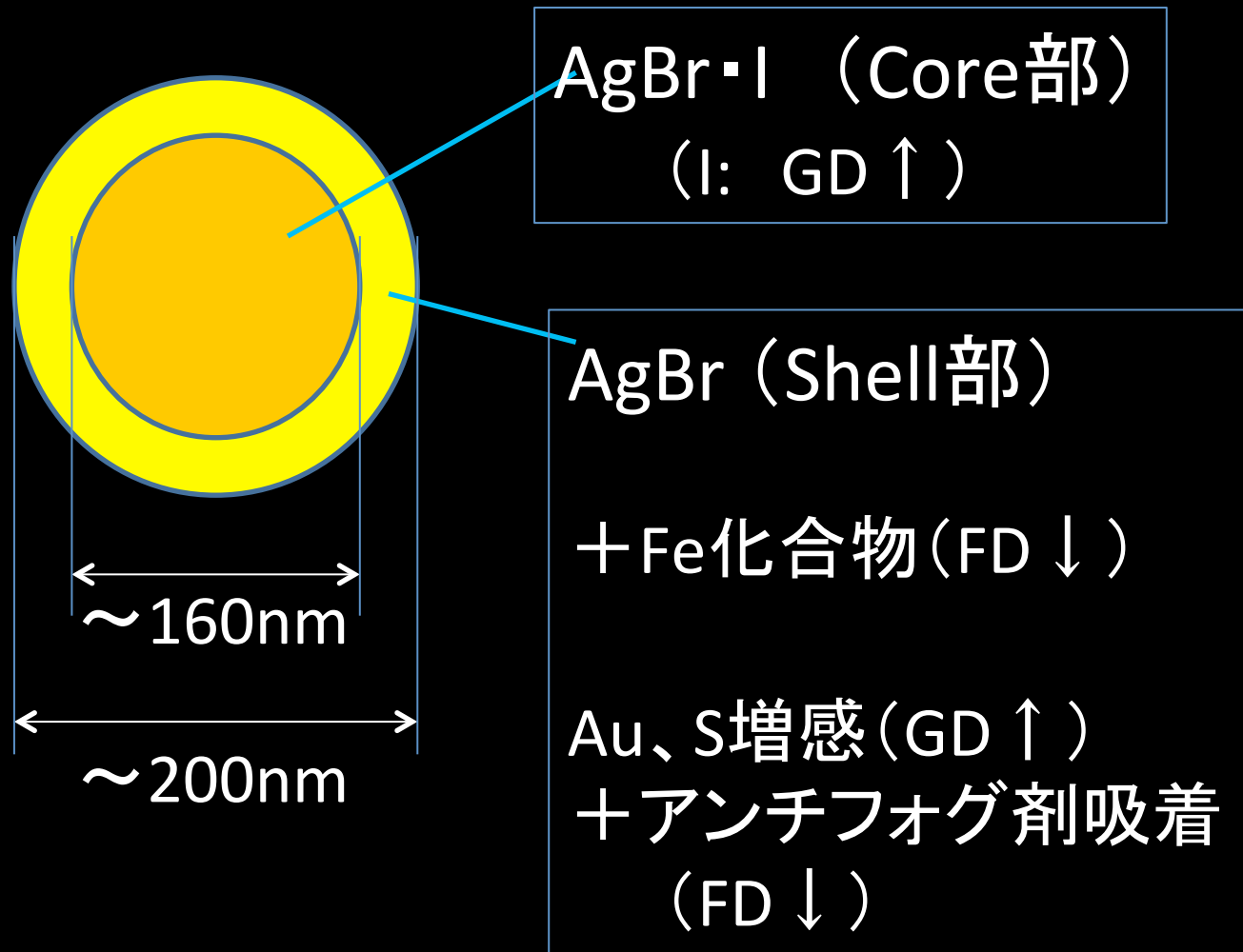


3. 後熟装置



乳剤製造方法

OPERA用原子核乾板のAgBr・I 結晶

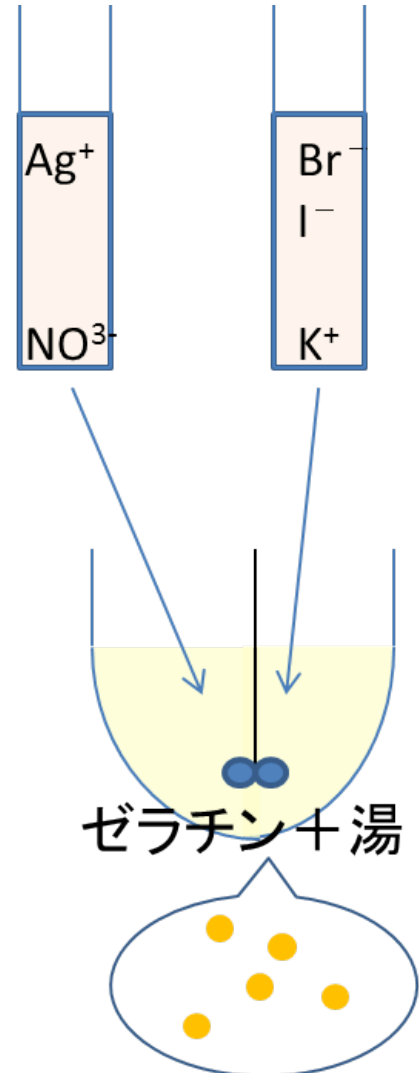


粒子形成

$\text{AgBr} \cdot \text{I}$

Core

保護コロイド



粒子形成 → 粒子形成

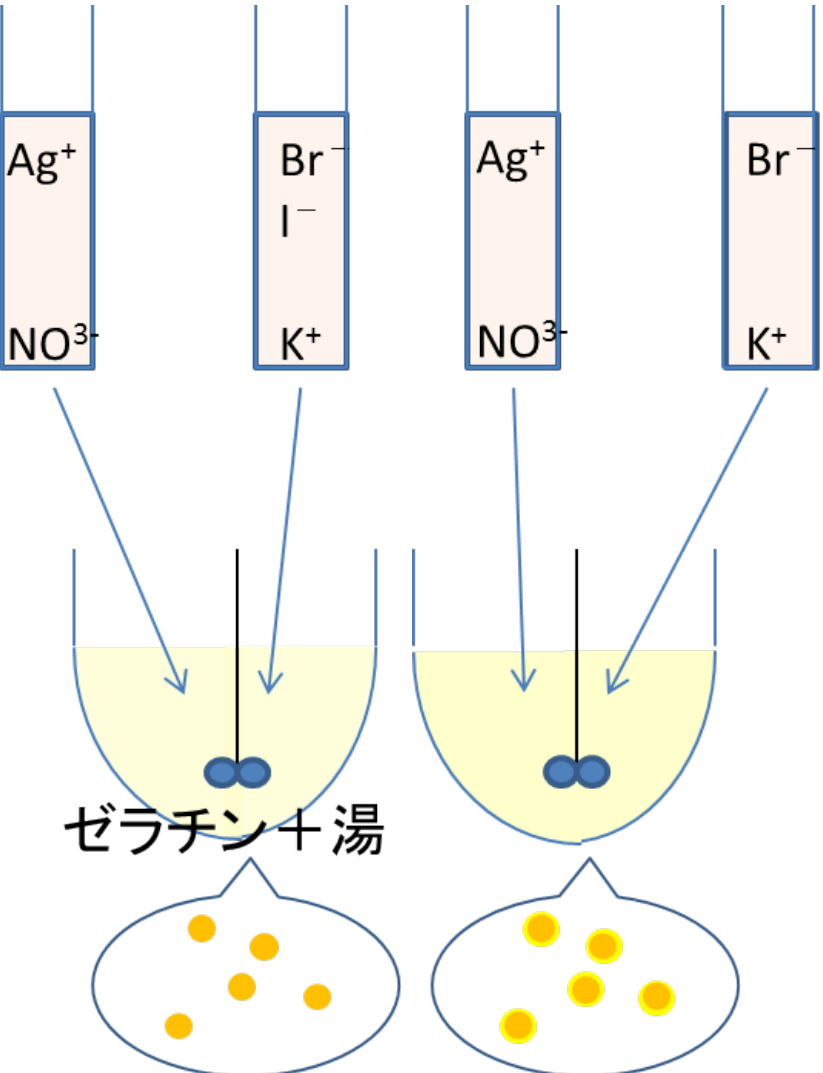
AgBr・I

AgBr

Core

Shell

保護コロイド



粒子形成 → 粒子形成 → 脱塩

AgBr・I

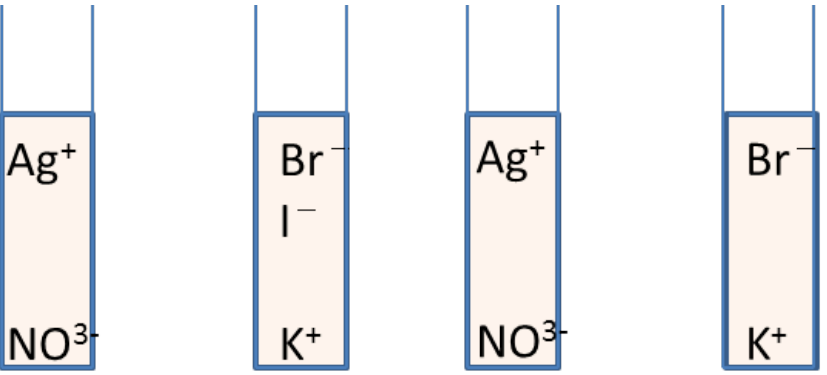
AgBr

Core

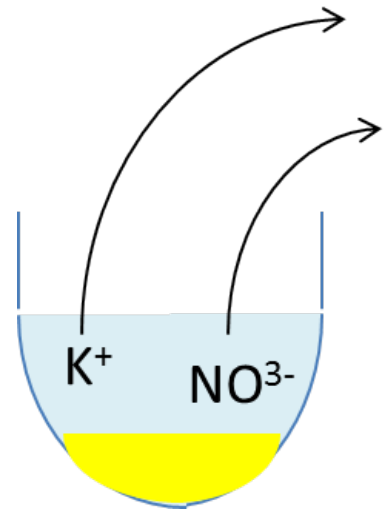
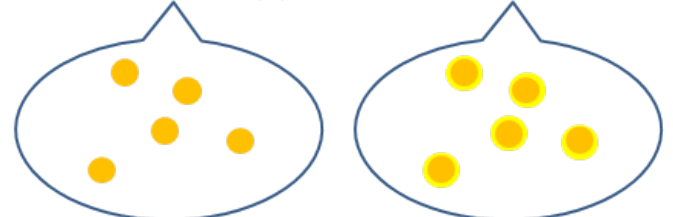
Shell

保護コロイド

ゼラチンを
架橋、低pH
で沈降させ
上澄を捨て
水を加える



ゼラチン+湯



粒子形成 → 粒子形成 → 脱塩 → 分散

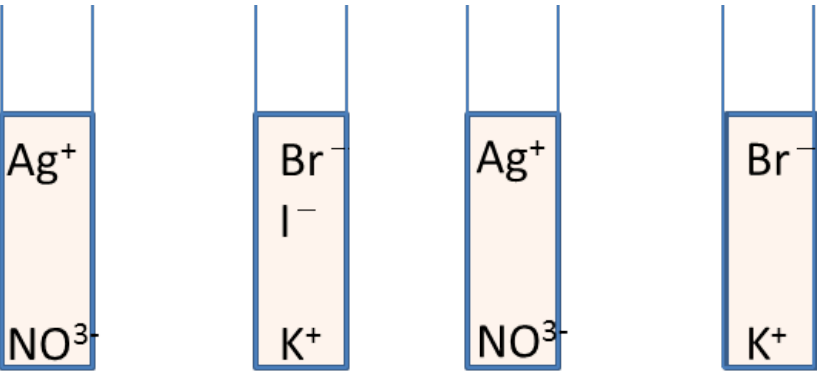
AgBr・I

AgBr

Core

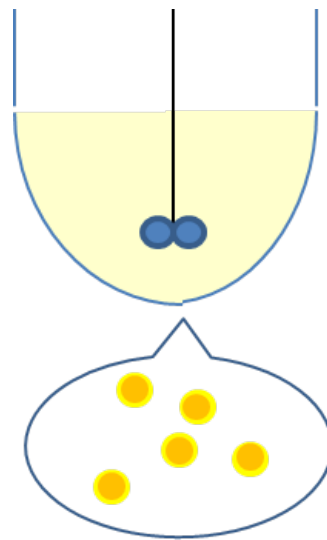
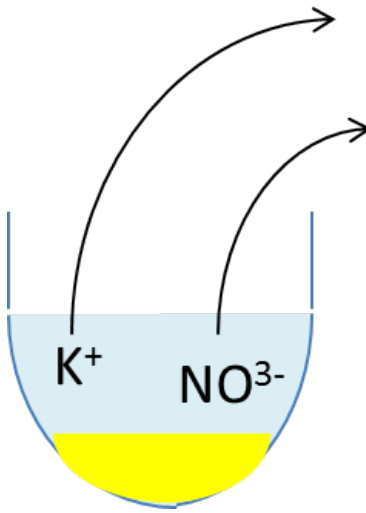
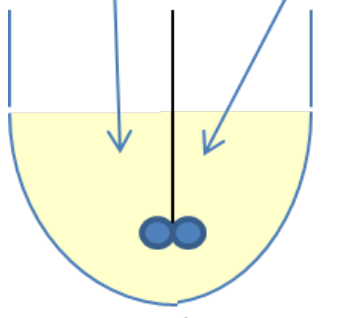
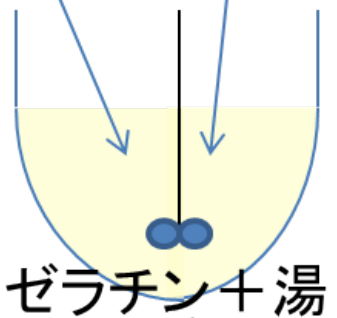
Shell

保護コロイド



ゼラチンを
架橋、低pH
で沈降させ
上澄を捨て
水を加える

pHを上げ
保護コロイド
復活



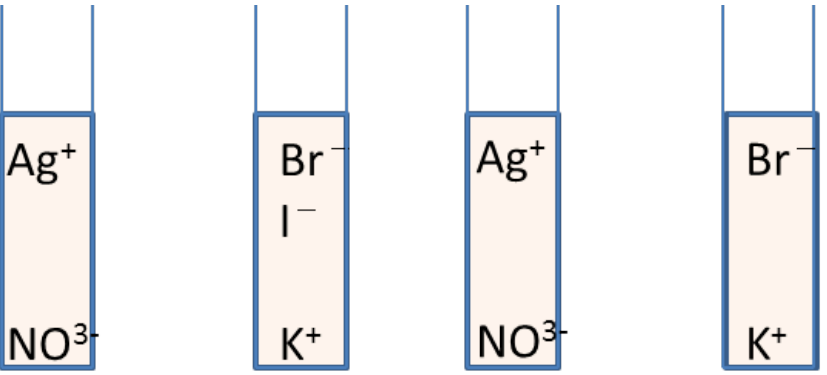
粒子形成 → 粒子形成 → 脱塩 → 分散 → 後熟

AgBr·I

AgBr

Core
保護コロイド

Shell

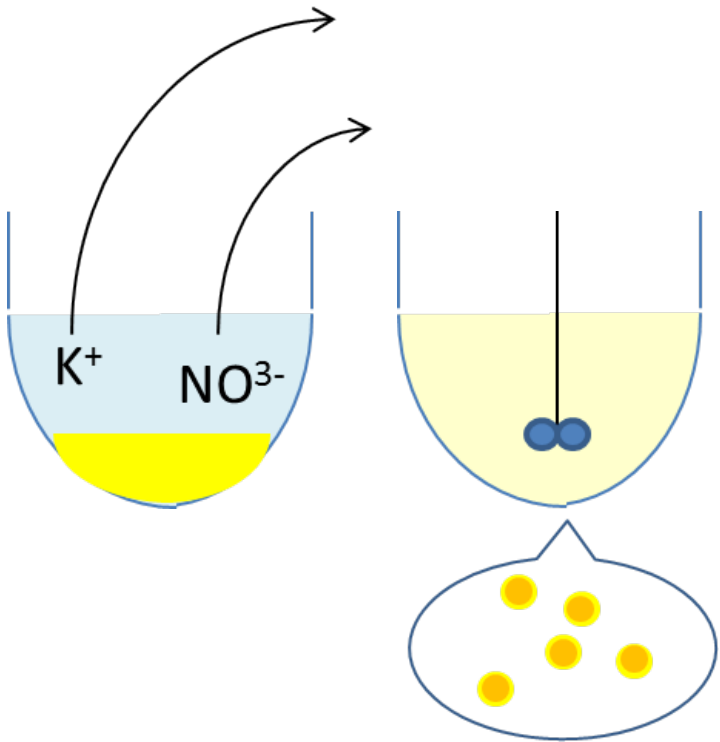


ゼラチンを
架橋、低pH
で沈降させ
上澄を捨て
水を加える

pHを上げ
保護コロイド
復活

金硫黄増感、
アンチフォグ
薬品添加

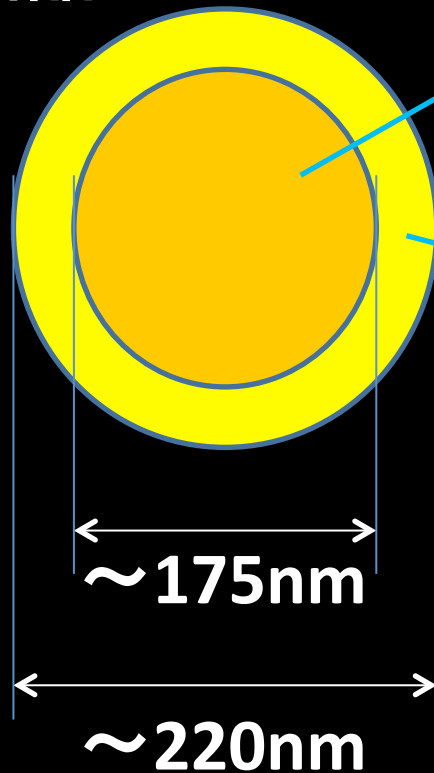
ゼラチン+湯



高感度化

- AgBr・I結晶のゼラチン中での個数密度↑。
(ゼラチンの量をOPERAの1/4にした)

- 結晶



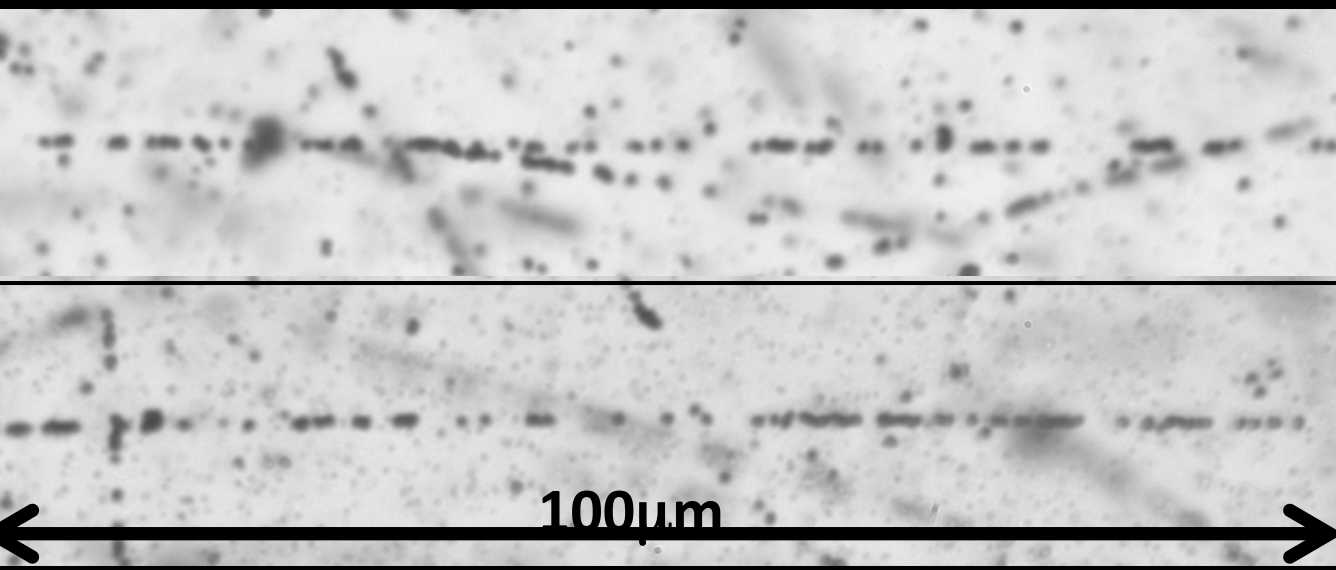
AgBr・I (Core部)
(I: GD ↑)

AgBr (Shell部)

+ Fe化合物 (FD ↓)
OPERA×2

Au、S増感 (GD ↑)
+ アンチフォグ剤吸着
(FD ↓)

既存の原子核乾板の2倍以上のGrain Densityを得た。
(XAA 20°C 40分現像)



GD= 86.1 ± 4.7

FD= 2.9 ± 0.9

ν 実験

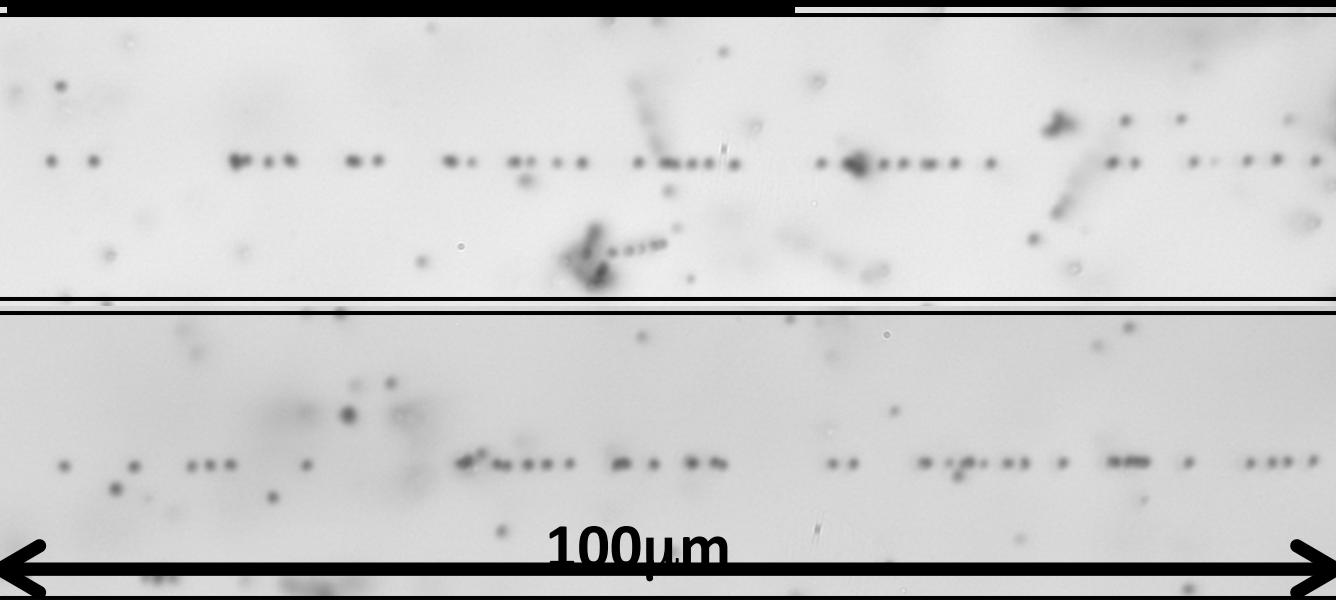
(小川さん、北川さんトーク)

GRAINE

(六條さんトーク)

μ ラジオグラフィ

OPERA実験用フィルム

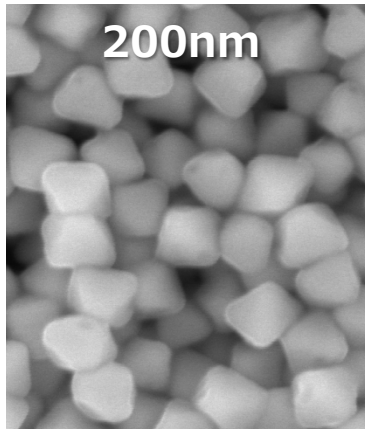


GD= 34.8 ± 0.6

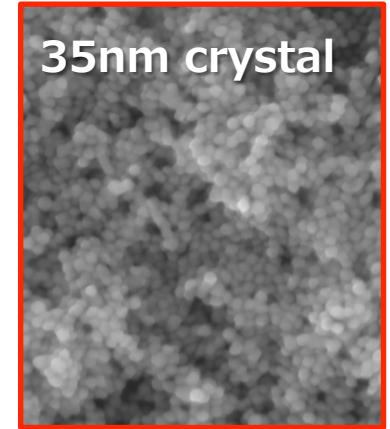
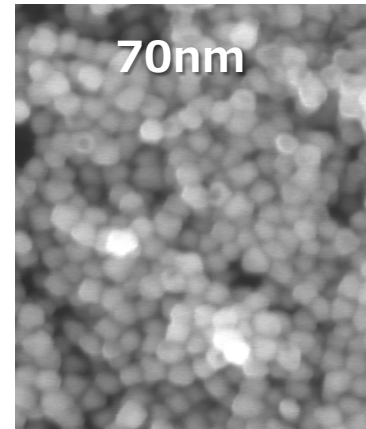
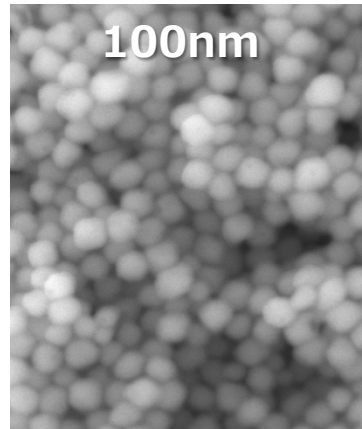
FD= 3.7 ± 0.4

微粒子化

ゼラチンを除去した
結晶のSEM写真



従来型原子核乾板



For dark matter

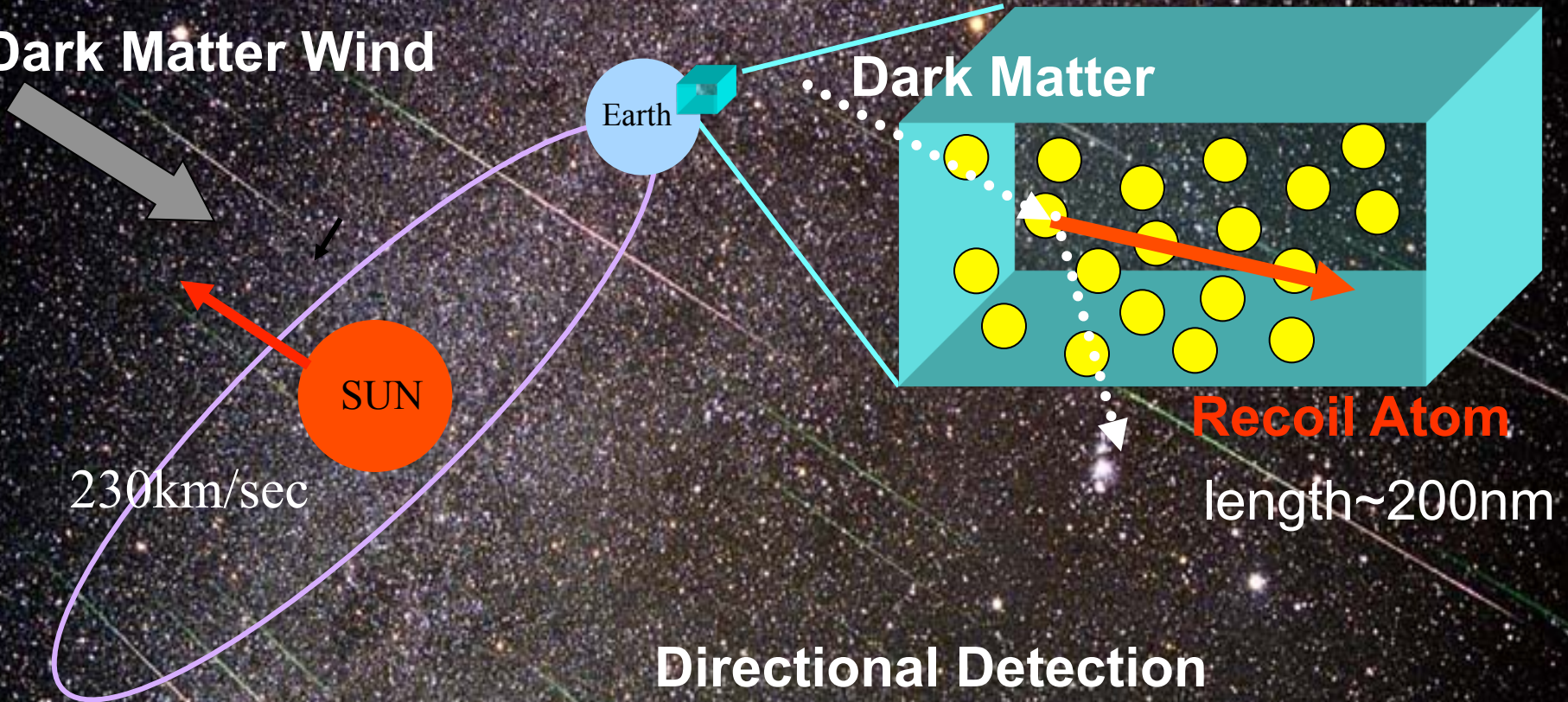
液の添加速度 ↑ ・ ・ サイズ ↓

温度 ↓ ・ ・ サイズ ↓

ゼラチン中にPVAを添加、微粒子の安定化

Dark Matter detection by Nuclear Emulsion

Dark Matter Wind



$$V_{\text{recoil}} = 2 (V_{\text{sun}} + V_{\text{WIMP}})$$
$$= 100 \sim 1000 \text{ km/sec}$$

Directional Detection

= Dark Matter telescope

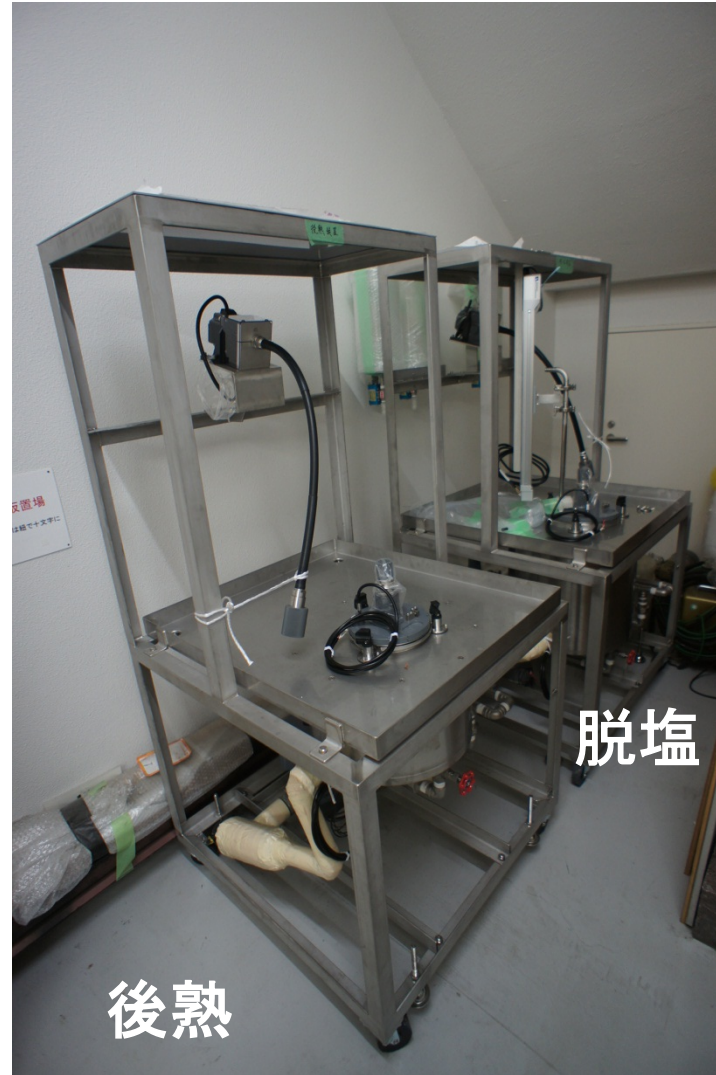
Easy to realize High mass ~ton

想定している乳剤使用量

	[m ²]			
	2014	2015	2016	2017
ν 実験	1	10~	~100	~100
GRAINE	50	~1000		
μ radiography	10~	100~		
乳剤開発+ 中性子+ DM	数10/Y			

現在の装置(0.3m²／1 製造)の数倍以上の規模の物が必要

次期乳剤製造装置(現行×3スケール)



2013年12月16日より設置を開始予定。
2014年3月の本格稼働開始を目指して調整する。

塗布

手塗り

設備

- ・A4塗布台 ×5
乳剤のセット
(流動性を失う)までに
4時間、
- ・乾燥棚 A4 30枚分
2日間自然乾燥

4日で 1 m²を生産可能。

現在セット時間の短縮、
塗布性の向上の研究中。



想定している乳剤使用量

	[m ²]			
	2014	2015	2016	2017
v 実験	1	10~	~100	~100
GRAINE	50	~1000		
μ radiography	10~	100~		
乳剤開発+ 中性子+ DM	数10/Y			

乳剤製造

×3

→

×10

塗布

塗布台大きさ→

2~数倍→

機械塗布

まとめ

2010年に原子核乳剤の開発を開始、物理の目的に合わせた乳剤の開発、少量生産を行っている。

- ・高感度型 : ニュートリノ実験、ガンマ線望遠鏡(GRAINE)、
ミューオンラジオグラフィーなどに用いていく。
- ・中性子用
- ・超微粒子型 : ダークマター探索。

2013年12月中旬より現行の3倍スケールの乳剤製造装置の設置を開始、2014年3月の本格運用を目指し、今後の数10m² → 数100m² 規模の需要に応えていく。

3倍スケールの製造の経験に基づき、その後のスケールアップの仕方を考えていく。