

鋼板上の薄い水の定量 測定のための検量線 @理研小型中性子源

竹谷篤¹ 高梨宇宙¹ Yan Mingfei^{1,2}

橋口孝夫¹ 池田裕二郎¹

1:理研・中性子ビーム技術開発チーム

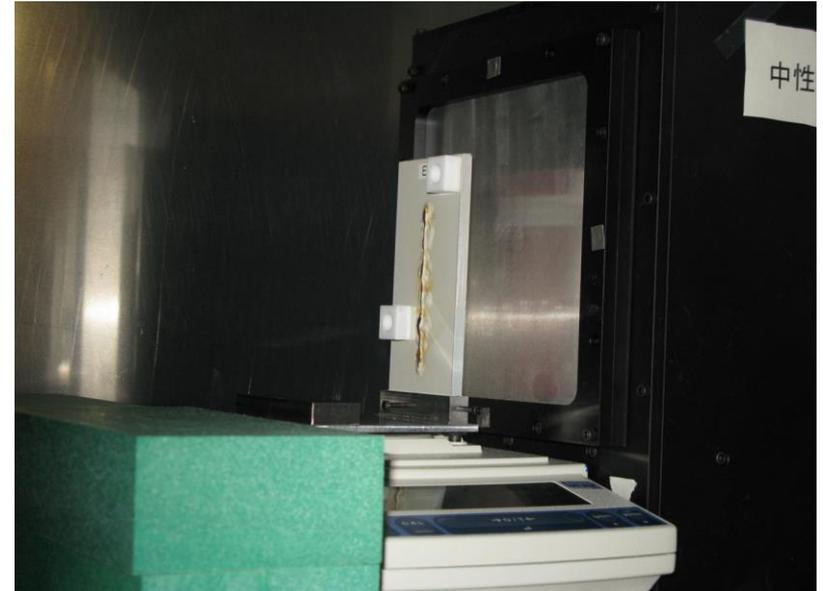
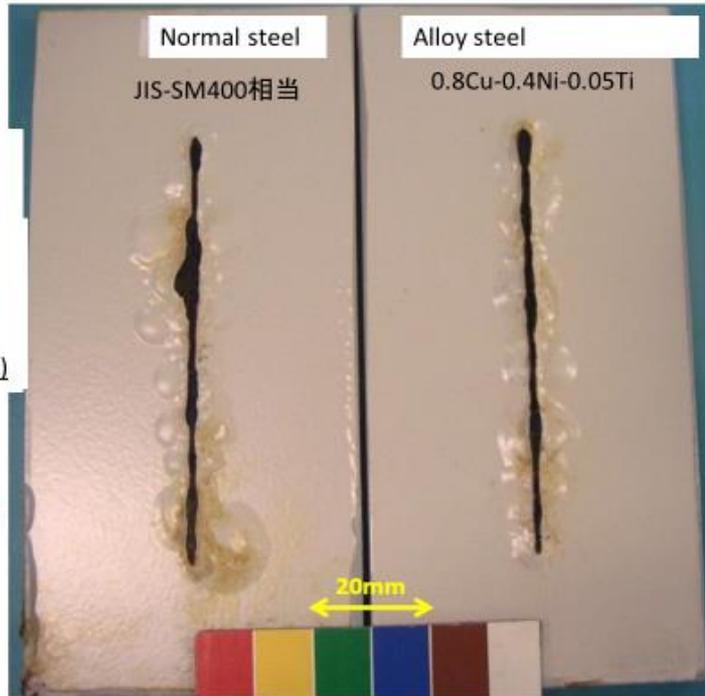
2:西安交通大学

動機

Normal painting: many corrosions

6mm thick plate
Modified epoxy
resin painting

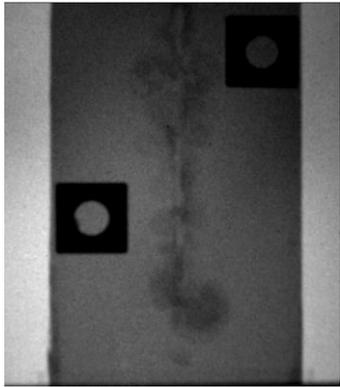
Cut paints on 1mm
width. Cycle of
spraying salt water
and drying during 6
month. JHS 403(1997)



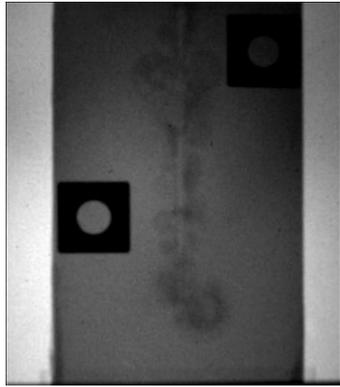
14

鋼板の塗膜下腐食中の水のうごきを定量観察したい

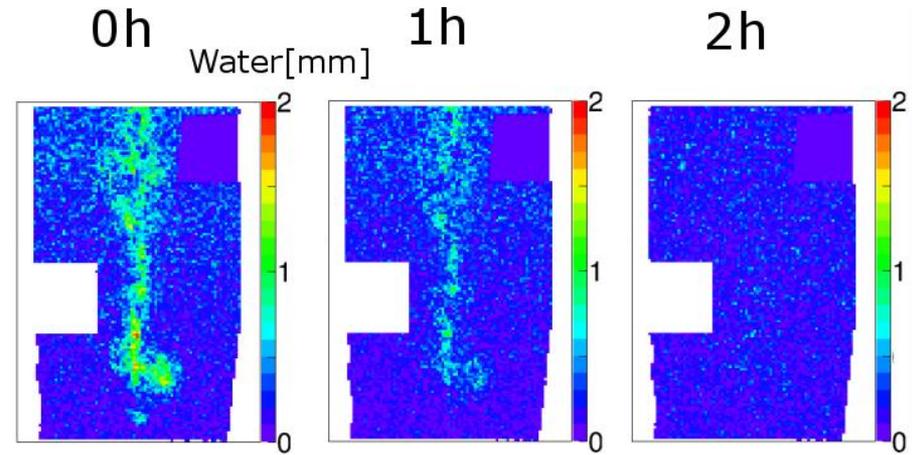
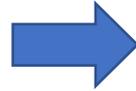
Water evaluation



Just after soaking
water

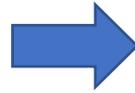


After 3 hours
(almost dry)



GEANT MC used for evaluation

Transmission Images



Water Thickness

Many application needs conversion factor

Water absorption length L_w

Steel absorption length L_{Fe}

Water thickness t_{w1}, t_{w2}

Steel thickness t_{Fe}

Direct beam $V_{Fe}^D, V_{w1+Fe}^D, V_{w2+Fe}^D$

Intensity through steel + water

$$V_{w1+Fe} = V_{w1+Fe}^D e^{-\frac{t_{w1}}{L_w} - \frac{t_{Fe}}{L_{Fe}}}, \quad V_{w2+Fe} = V_{w2+Fe}^D e^{-\frac{t_{w2}}{L_w} - \frac{t_{Fe}}{L_{Fe}}}$$

Divide:
$$\frac{V_{w2+Fe}}{V_{w1+Fe}} = \frac{V_{w1+Fe}^D e^{-\frac{t_{w2}}{L_w}}}{V_{w2+Fe}^D e^{-\frac{t_{w2}}{L_w}}}$$

$$= \frac{V_{w1+Fe}^D}{V_{w2+Fe}^D} e^{-\frac{t_{w2} - t_{w1}}{L_w}}$$

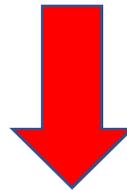
$$t_{w2} - t_{w1}$$

$$= -L_W \text{Log} \left(\frac{V_{w2+Fe}}{V_{w1+Fe}} \frac{V_{w1+Fe}^D}{V_{w2+Fe}^D} \right)$$

水の状態が変化している部分の比

水の状態が変化していない部分
(サンプルなし or 腐食のない)
の比

減衰係数はシミュレーションで求めている



測定から求める

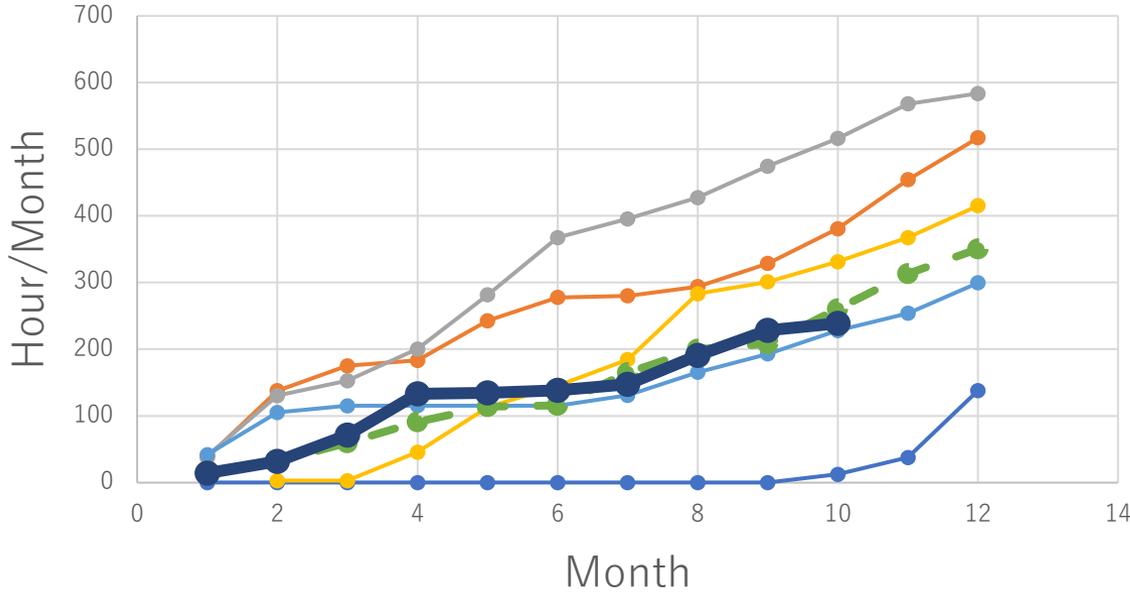
RANS 2013年から運転

7 MeV 陽子
最大平均電流 100uA
実際は 40-50uAで運転

Be ターゲット



Beam on the Target

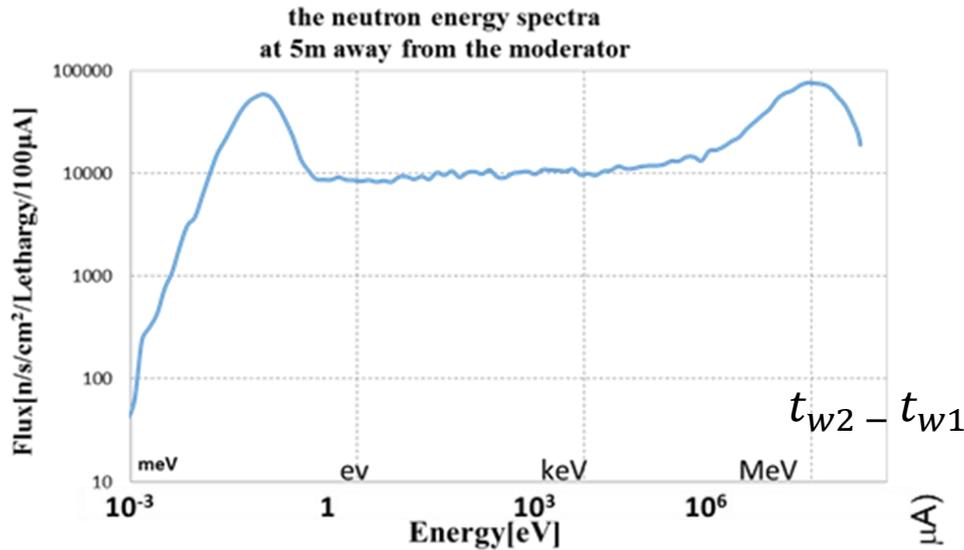


月一金
10-17時の運転

年間500時間のビー
ム照射

ユーザーのビー
ムタイムはこの2倍程度。

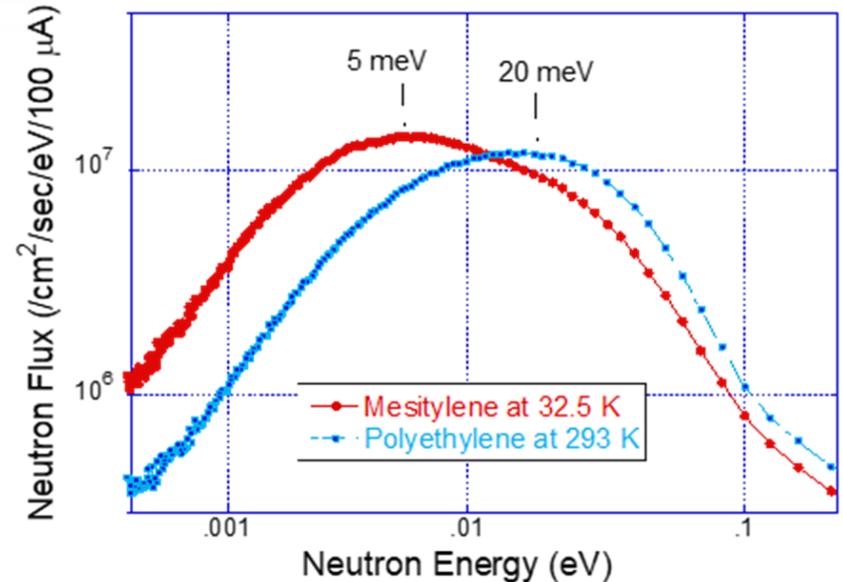
中性子スペクトラム



イメージング
 10^4 neutron/cm²/sec

熱中性子源
常温のポリエチレン減速材

冷中性子源
低温のメシチレン減速材



検出器系



- LiF/ZnS 400um 厚 + 冷却CCD(BITRAN BU53LN)
- 検出器は減速材表面から3m位置
- L/D ~ 30、検出器ーサンプル間距離
25mm, 50, 75, 100mm
- 画像のボケ ~ 1.6mm @ 50mm
- 照射野 150 × 150 mm²

検量線測定

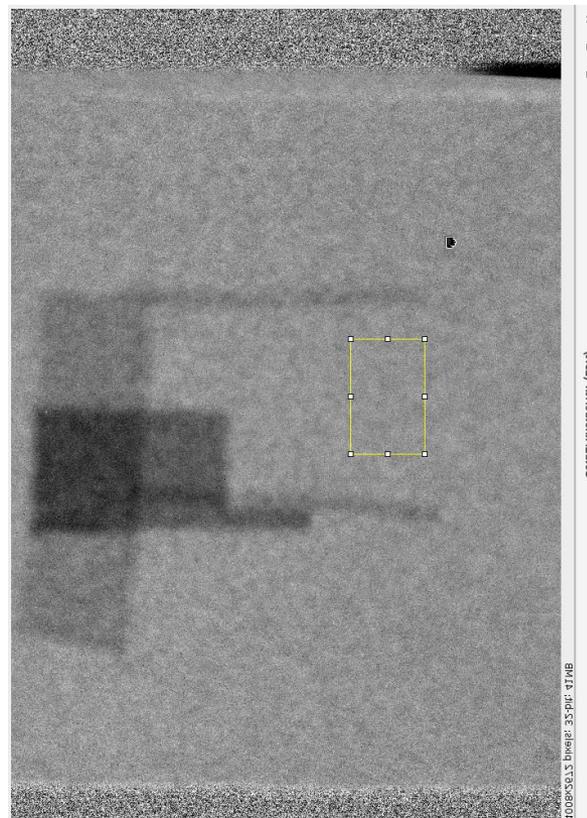
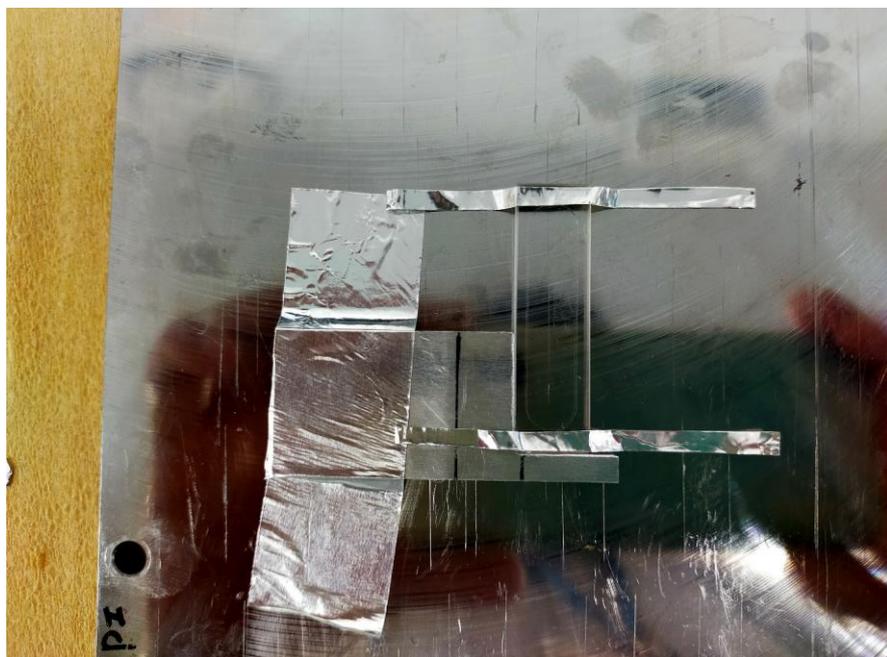
- 腐食測定用の 6 mm 鋼板をベースに使用
- 水は薄い場合は扱いにくいので、高分子シートを使用
- 水
 - 石英セル入り 光路長 0.1, 0.2, 0.5mm
 - 空と水で満たしたものとを比較
- ポリイミドシート $C_{22}H_{13}N_2O_5$ 比重 1.42
 - 厚さ 12.5, 25, 50 μm を組み合わせ200 μm まで測定

水（石英セル）

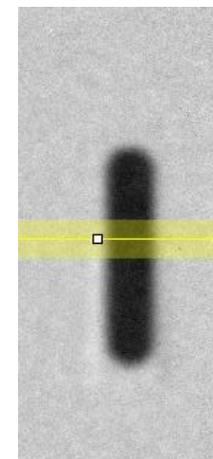
測定は 陽子電流 40 μ A
20分露光

中性子透過度
空サンプル/ Direct

写真



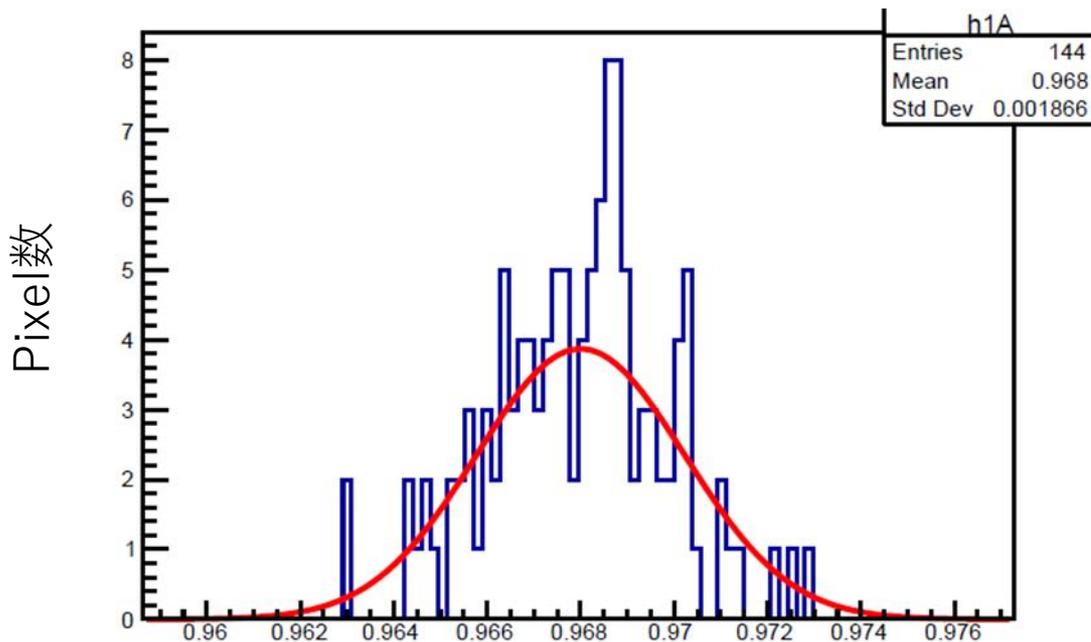
水のみ



- アルミ製の治具とアルミテープで定位置に固定

解析

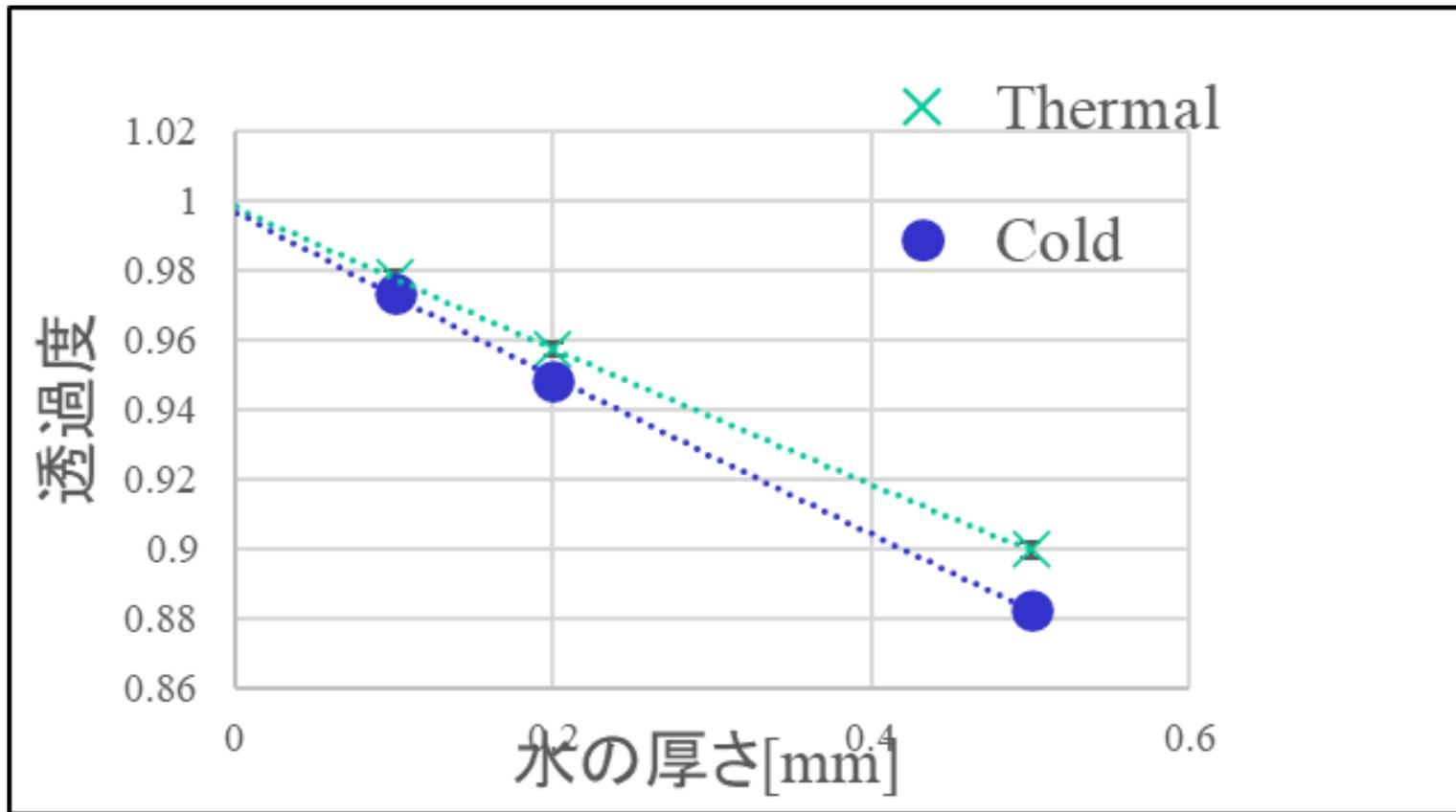
- CCDのpixel 40 um × 40umを mergeして 1mm × 1mmのpixelにする



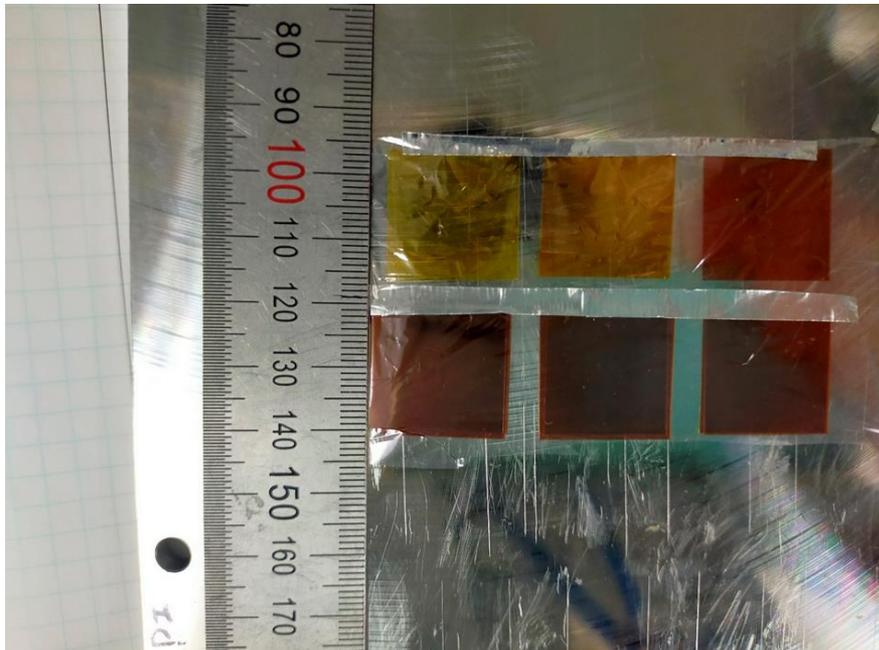
平均と σ を得る

水のみの透過度

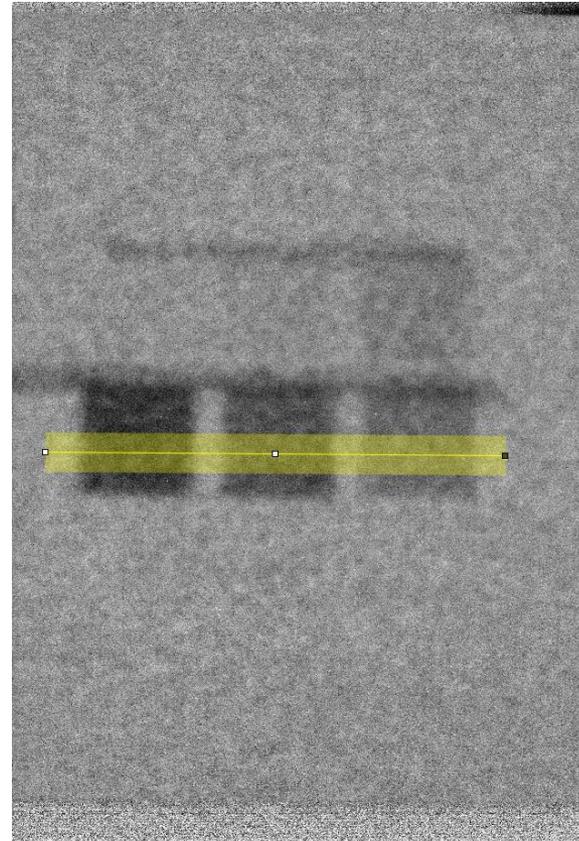
水の検量線



ポリイミドサンプル

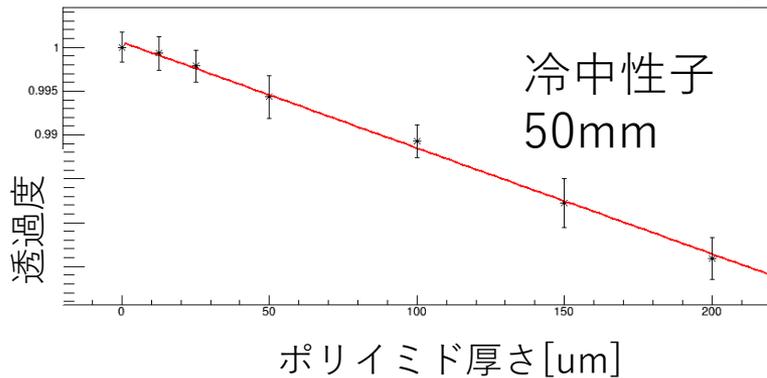


12.5 μ m, 25 μ m, 50 μ m
100 μ m, 150 μ m, 200 μ m

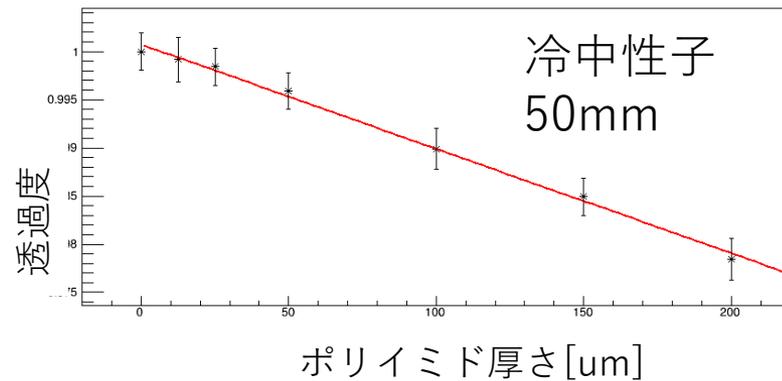
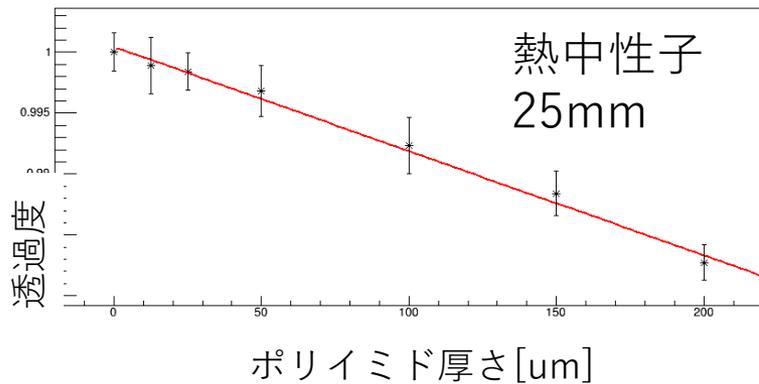
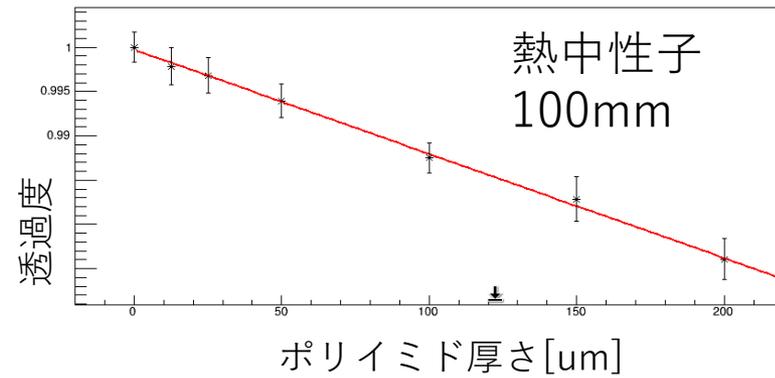


Cold_50

透過度

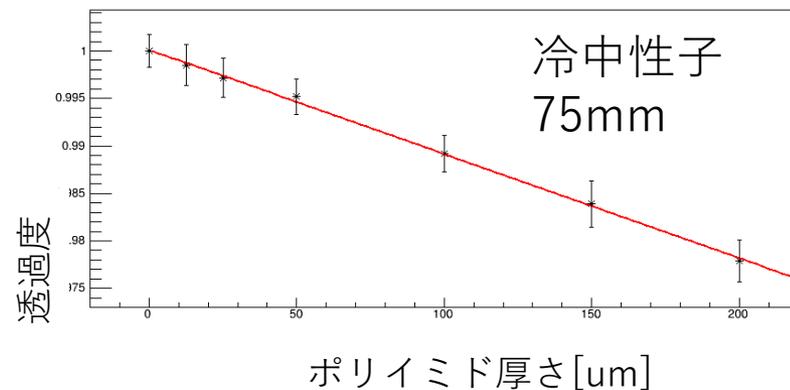


Thermal_100



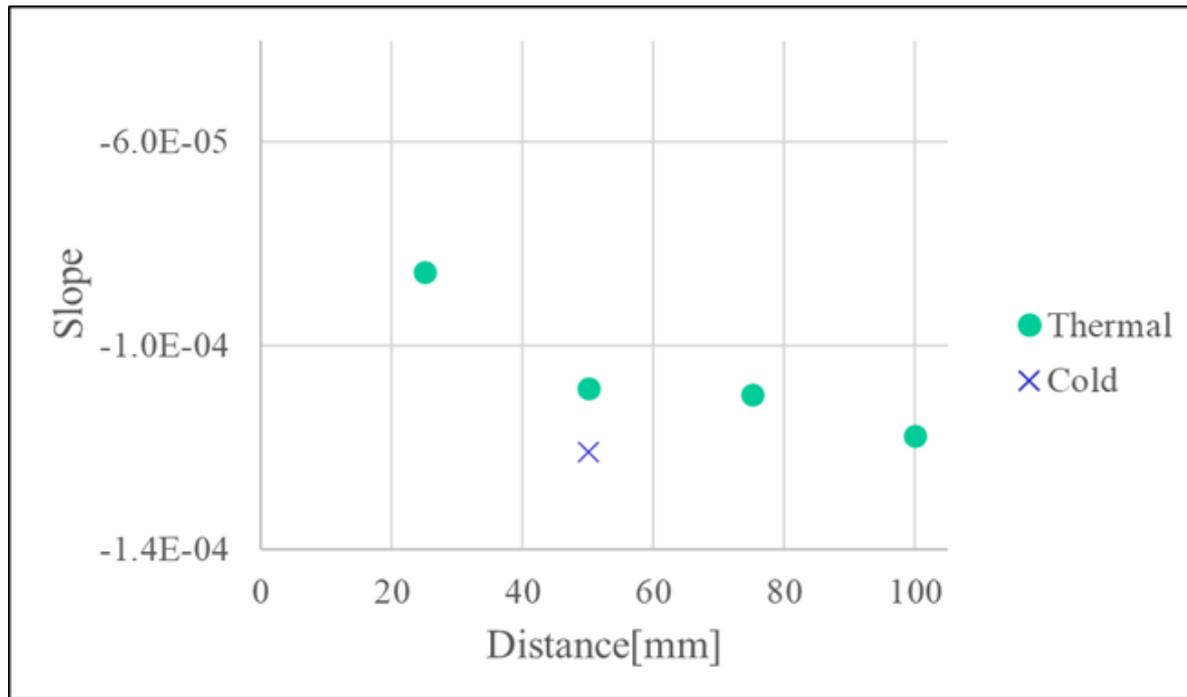
傾きの比較

	water	PI	PI/Water
熱	-2.33E-04	-1.21E-04	0.52
冷	-2.14E-04	-1.08E-04	0.51



ポリイミド100 umは水51 umに相当
1mm² エリアでの水の厚さの分解能は 7um

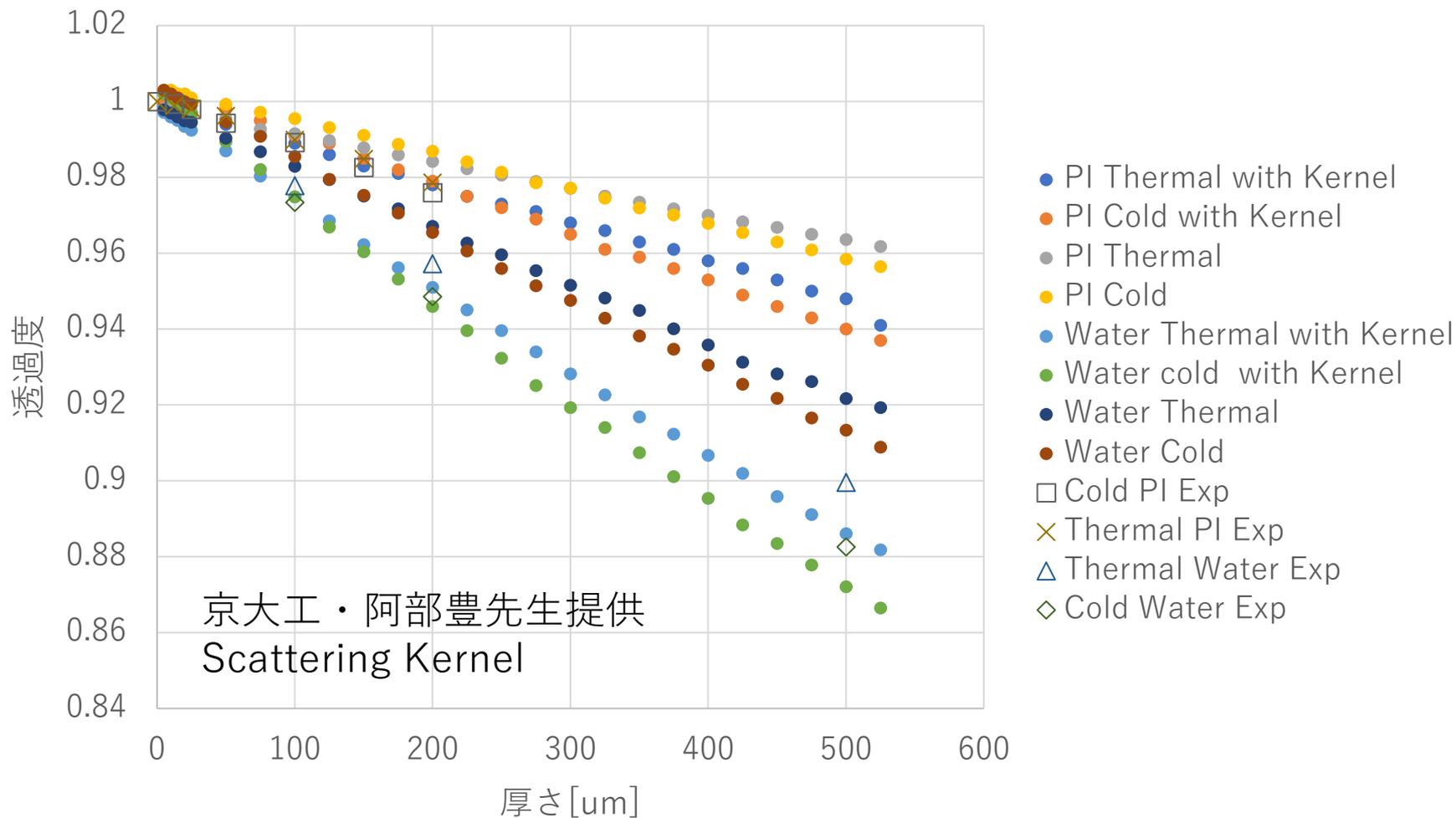
サンプルー検出間距離依存



- 透過度はサンプルー検出器間の距離に依存する。
- この距離を一定にする必要あり。

MCとの比較

MCNP計算(Scattering Kernel あり/なし) と測定値



まとめ

- R A N S での熱/冷中性子を用いた鋼板 6 mm 上での水の厚さの検量線を 0 – 500um で測定した。
- 薄い部分はポリイミドで測定した。　ポリイミドの換算は水の51%
- 1mm² エリアでの水の厚さの分解能は 7um
- Scattering Kernel あり・なしのMC計算と比較した。
- ベースが違ったものでも同様に検量線を得られる。