

# 研究用原子炉を用いた中性子 イメージングについて

～ 熱流動研究における熱中性子ラジオグラフィ ～

モデレーター  
パネリスト

川端祐司 (京大炉)  
酒井 卓郎 (JAEA)  
梅川 尚嗣 (関西大)  
浅野 等 (神戸大)  
齊藤 泰司 (京大炉)

# 熱流動系研究者にとっての中性子ラジオグラフィ

竹中先生が言われるところの”機械のレントゲン”

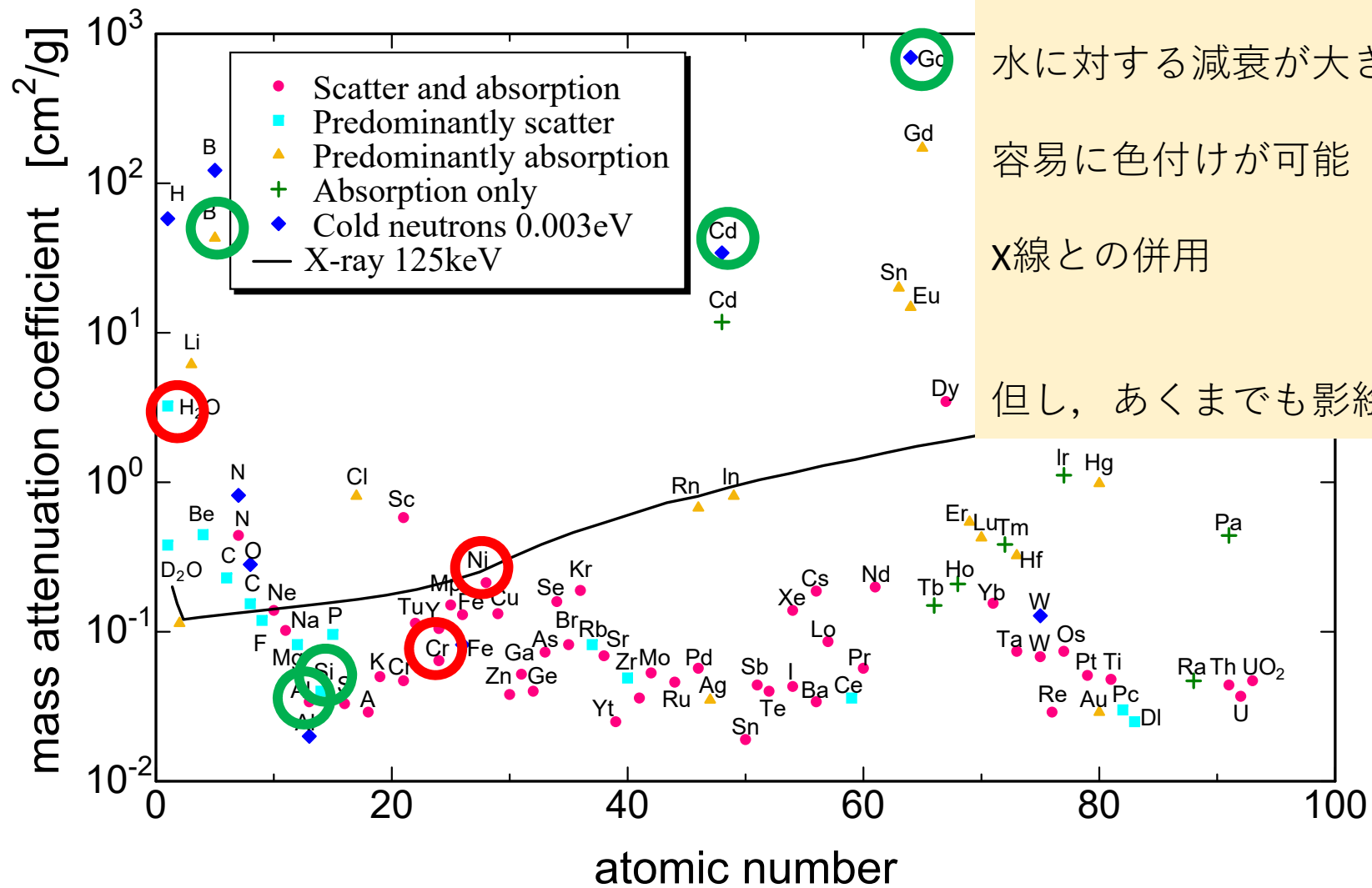
金属に対して透明

水に対する減衰が大きい

容易に色付けが可能

X線との併用

但し、あくまでも影絵



金属に対して透明

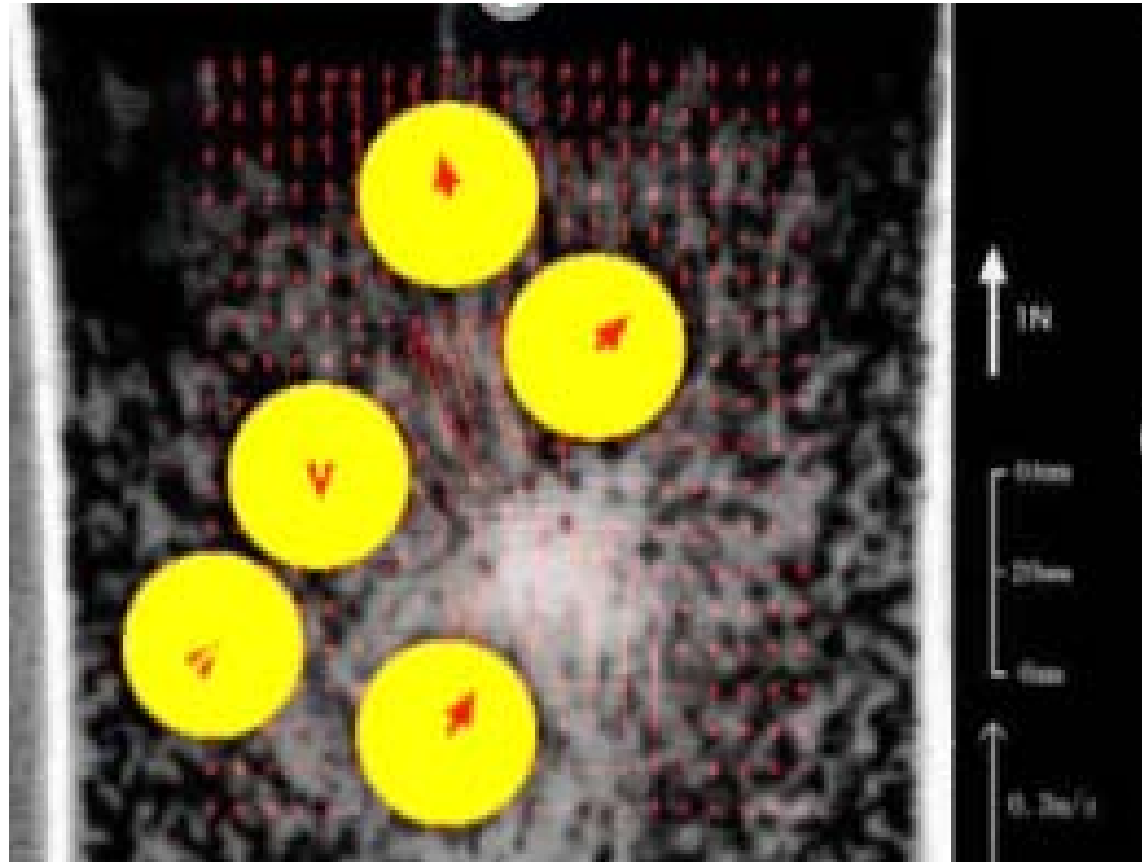
水に対する減衰が大きい

容易に色付けが可能

X線との併用

但し、あくまでも影絵

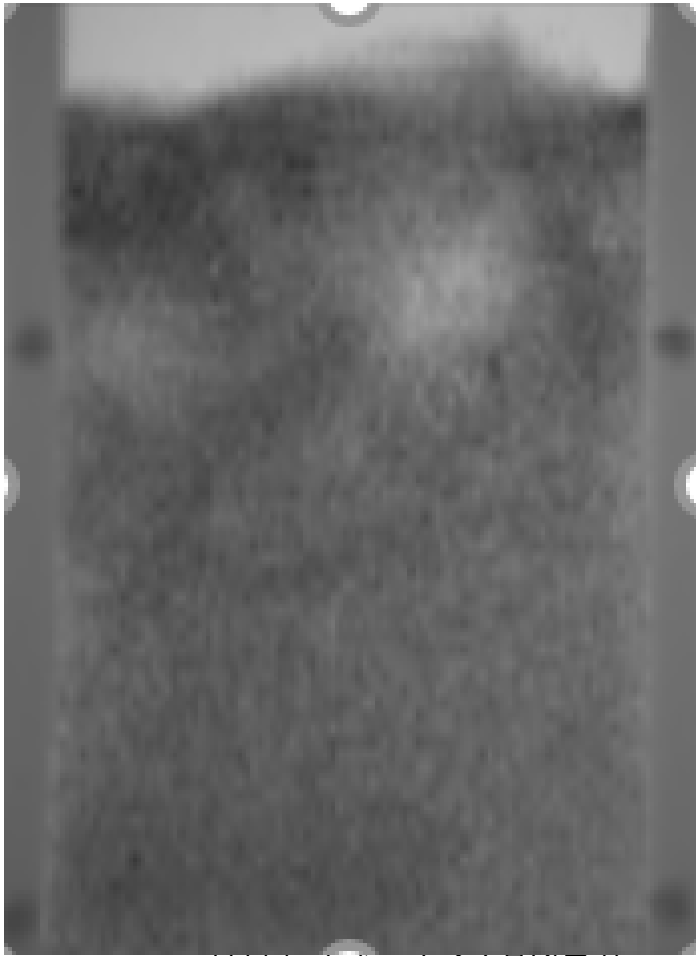
Attenuation coefficient of thermal neutrons



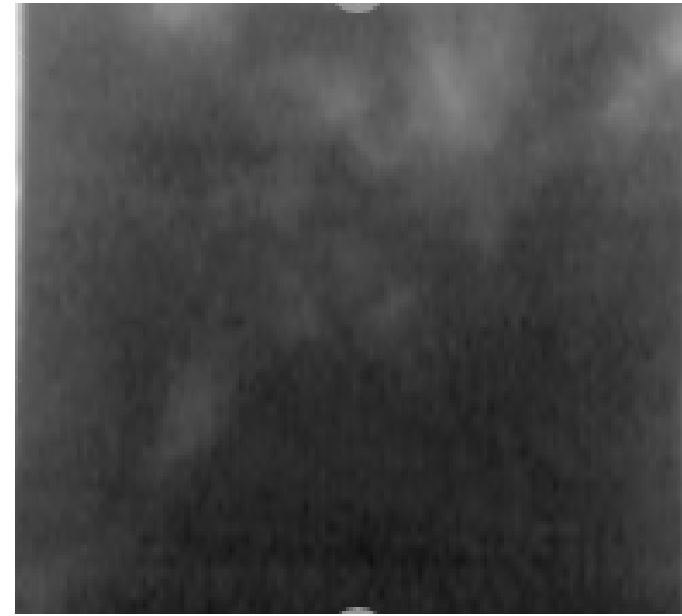
流動層内の粗大粒子と層材挙動の可視化

層材: けい砂(硝酸カドミウム水溶液で着色)

トレーサー: 炭化ホウ素+粘土



中性子による可視化



X線による可視化

セグレーションの可視化

層材: けい砂(400 $\mu$ )

けい砂(140 $\mu$ ) 硫酸ガドリニウムで着色

# KURとJRR-3に対する認識

中性子束の差

視野の差

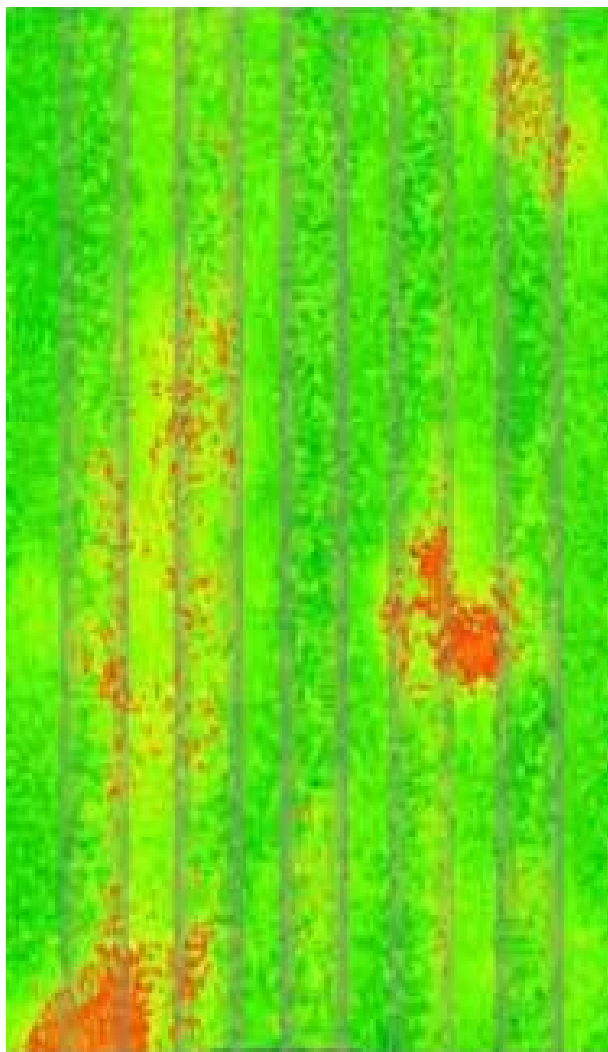
照射室環境の差

	Neutron flux [n/cm <sup>2</sup> s]	N/γ ratio [n/cm <sup>2</sup> mR]	L/D	Cd ratio	Visible area
Kyoto Univ. KUR(E-2)	4.8×10 <sup>5</sup>	1.0×10 <sup>6</sup>	100	400	φ 160
Kyoto Univ. KUR(B-4)	8.5 × 10 <sup>7</sup> (at exit) 5.0×10 <sup>7</sup> (at 1m)	N/A	N/A	N/A	10 × 80 (40 × 80 at 4.7m)
JAEA JRR-3(7R TNRF-2)	1.5×10 <sup>8</sup>	6.3×10 <sup>6</sup>	153(V) 176(H)	130	255×305



JRR-3  
7R TNRF-2

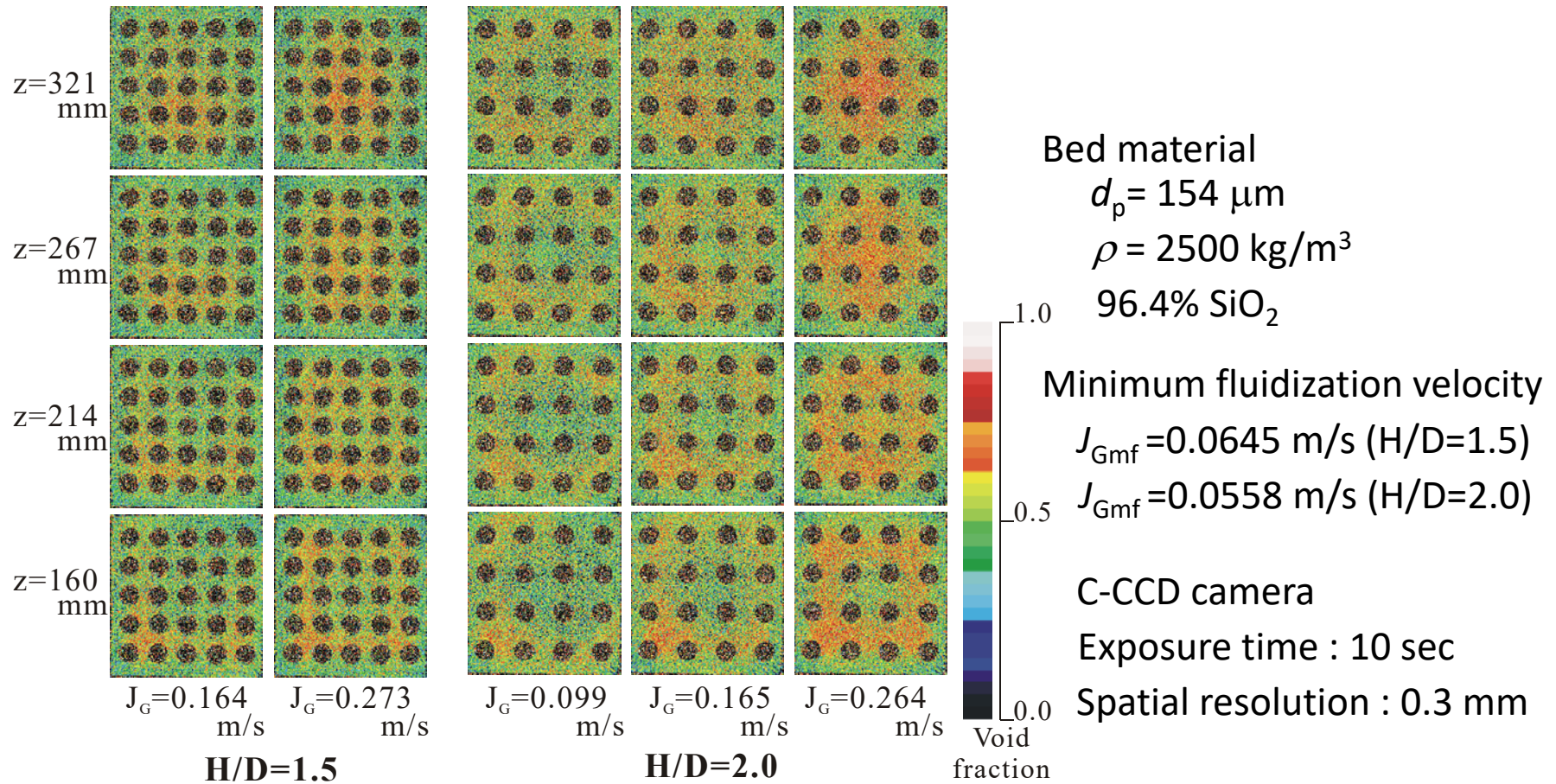


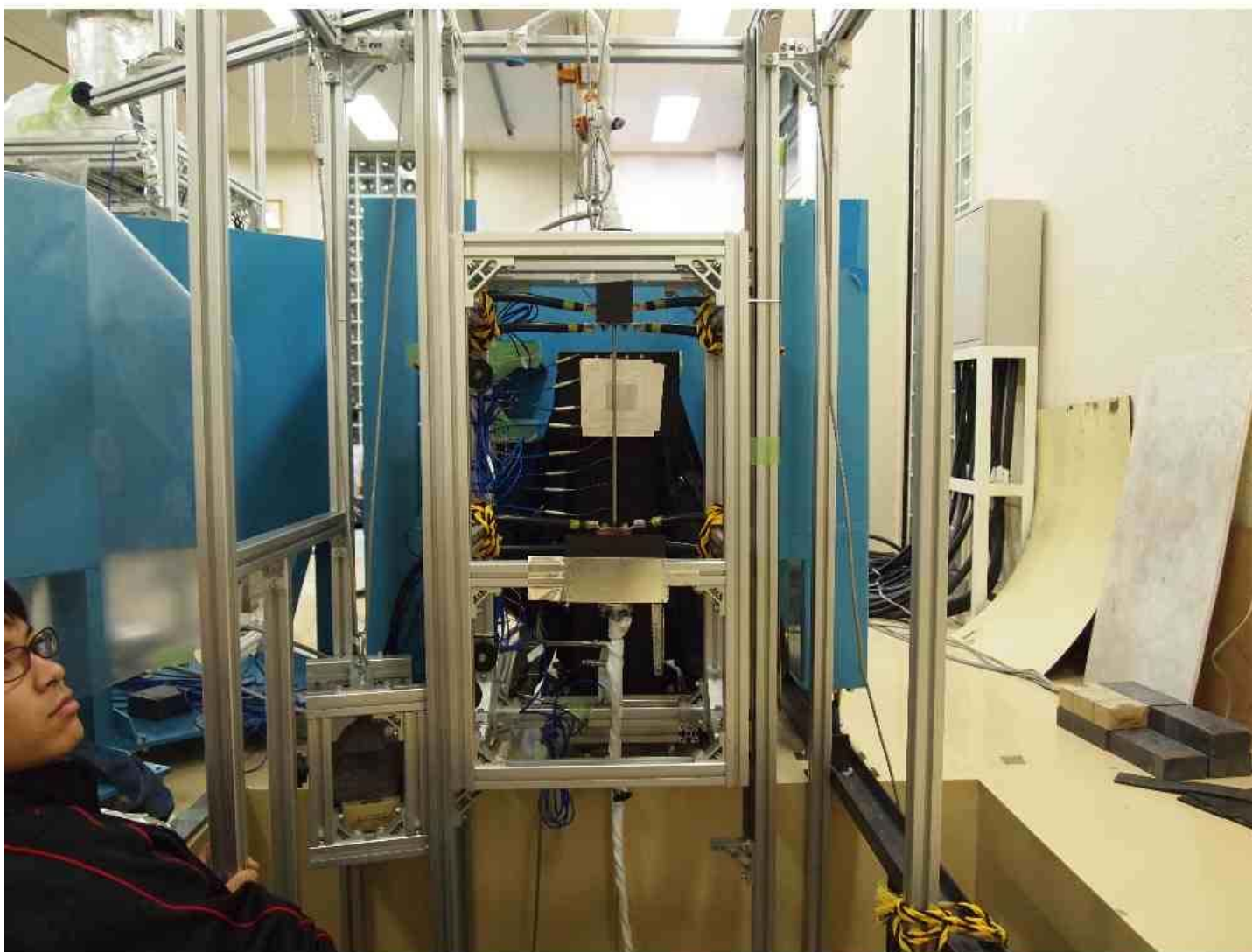


流動層熱交換器(縦管)内の気泡挙動



# Void Fraction Distribution by CT Reconstruction



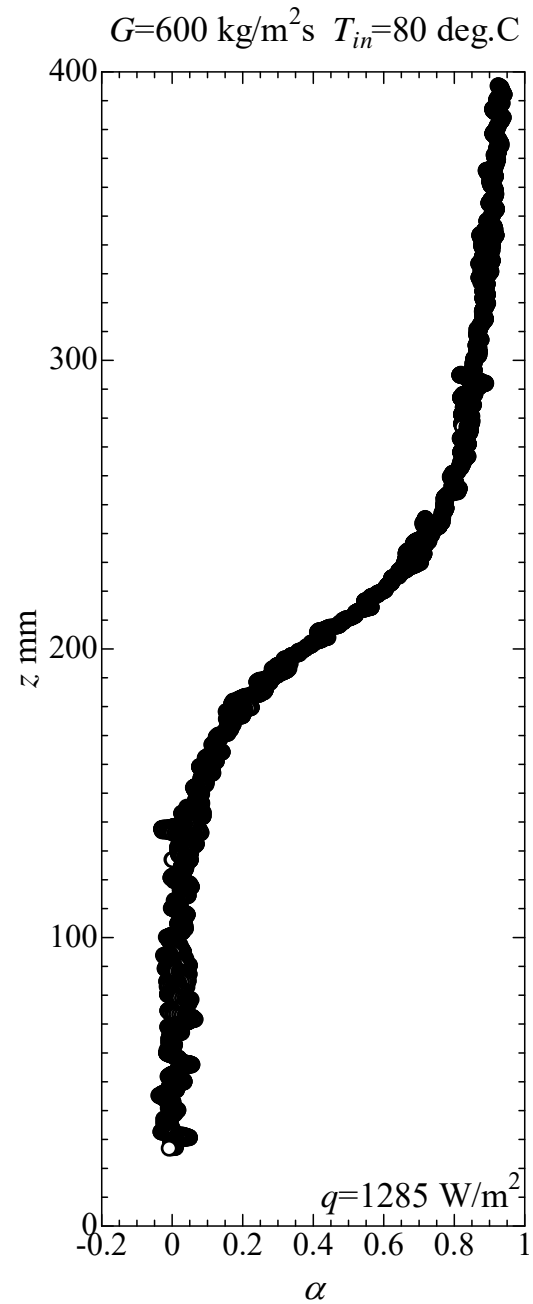
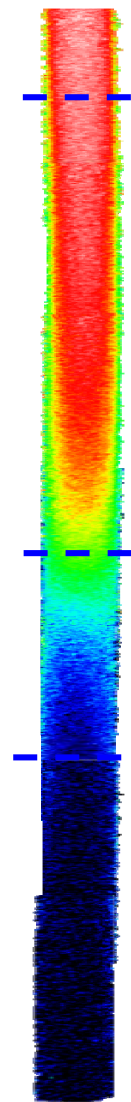
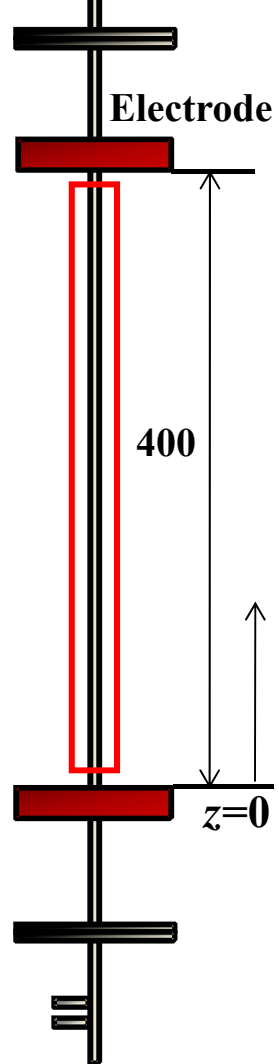


KUR(B-4 ピット利用)

# Void fraction (5mm)

Thermal output : 1MW Exposure : 20s

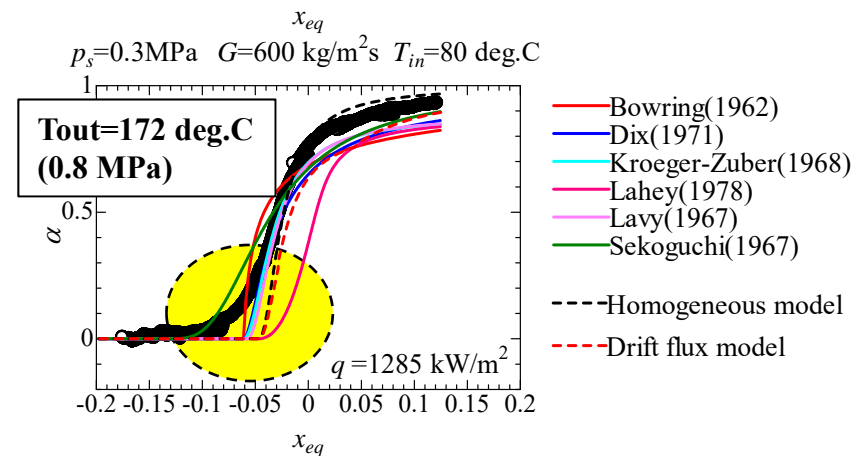
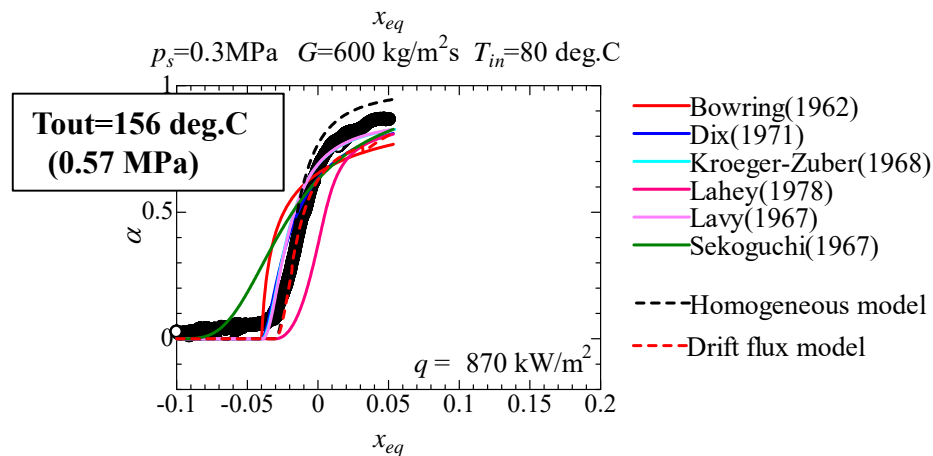
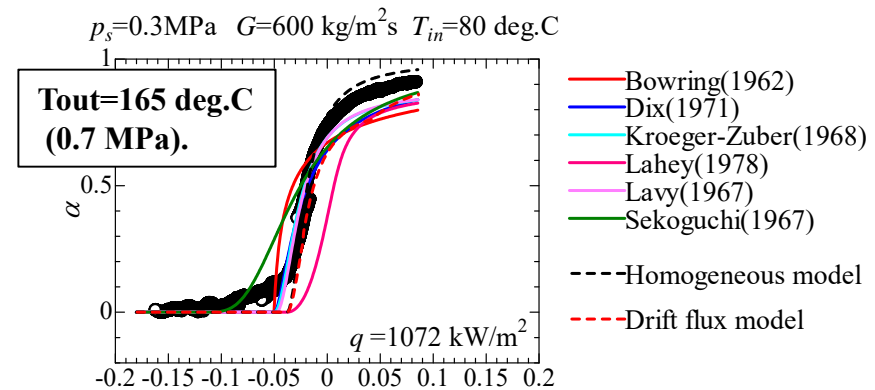
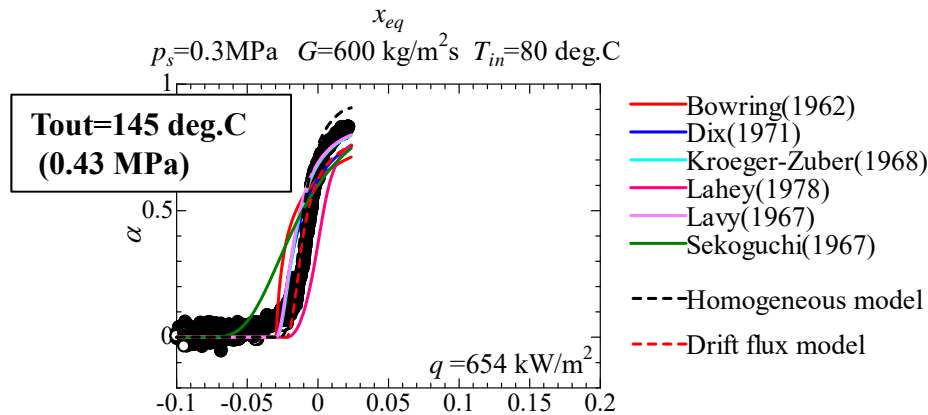
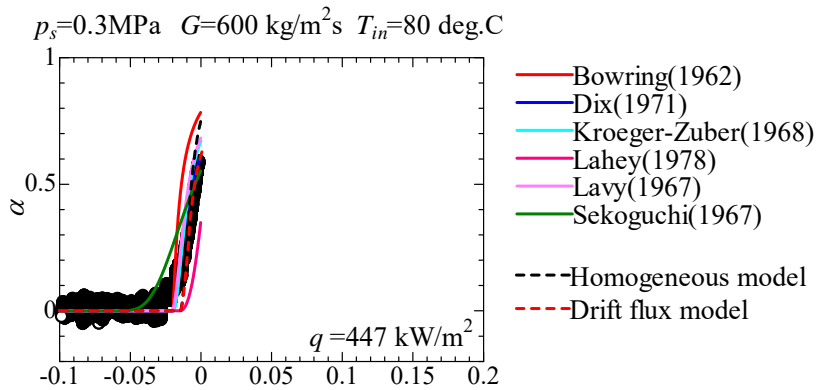
I.D.=5mm  
L=400mm  
G=600kg/m<sup>2</sup>s



# Experimental result

(q:const.)

I.D.=5mm L=400mm



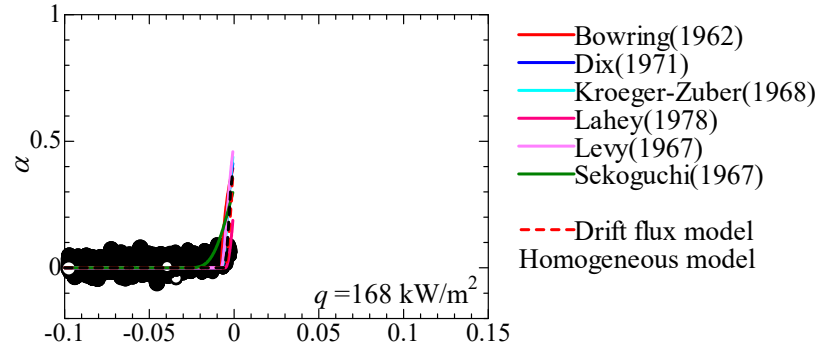


# Experimental result

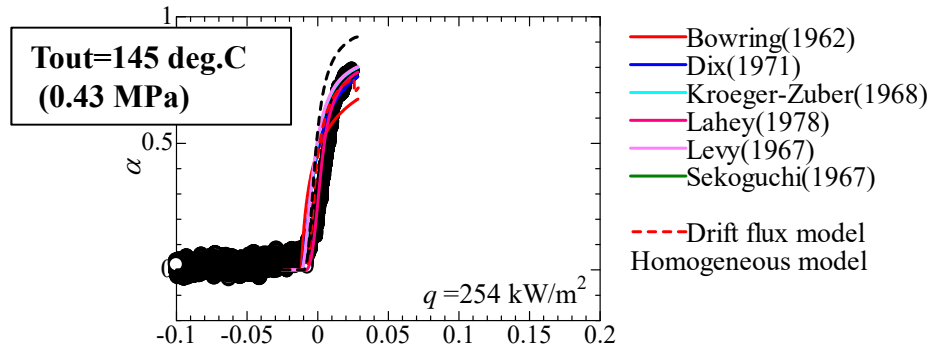
(q:const.)

I.D.=5mm L=1000mm

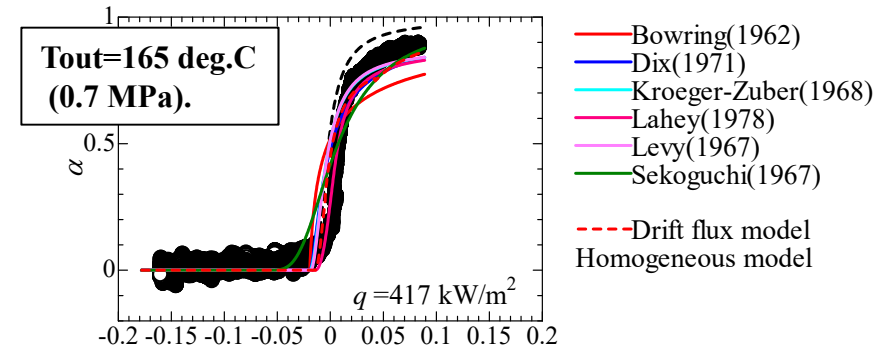
$p_s=0.3\text{MPa}$   $G=600\text{ kg/m}^2\text{s}$   $T_{in}=80\text{ deg.C}$



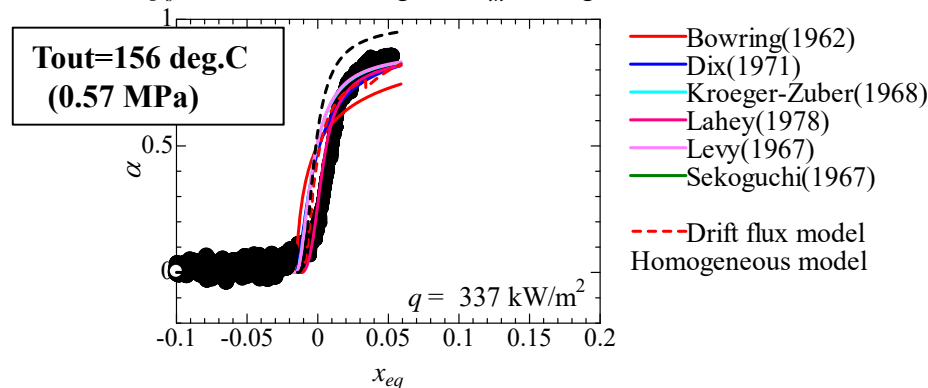
$p_s=0.3\text{MPa}$   $G=600\text{ kg/m}^2\text{s}$   $T_{in}=80\text{ deg.C}$



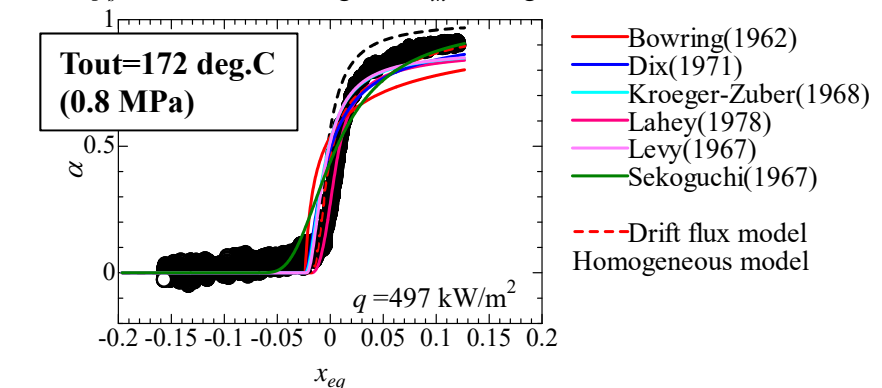
$p_s=0.3\text{MPa}$   $G=600\text{ kg/m}^2\text{s}$   $T_{in}=80\text{ deg.C}$



$p_s=0.3\text{MPa}$   $G=600\text{ kg/m}^2\text{s}$   $T_{in}=80\text{ deg.C}$



$p_s=0.3\text{MPa}$   $G=600\text{ kg/m}^2\text{s}$   $T_{in}=80\text{ deg.C}$



# 原子炉による中性子ラジオグラフィ

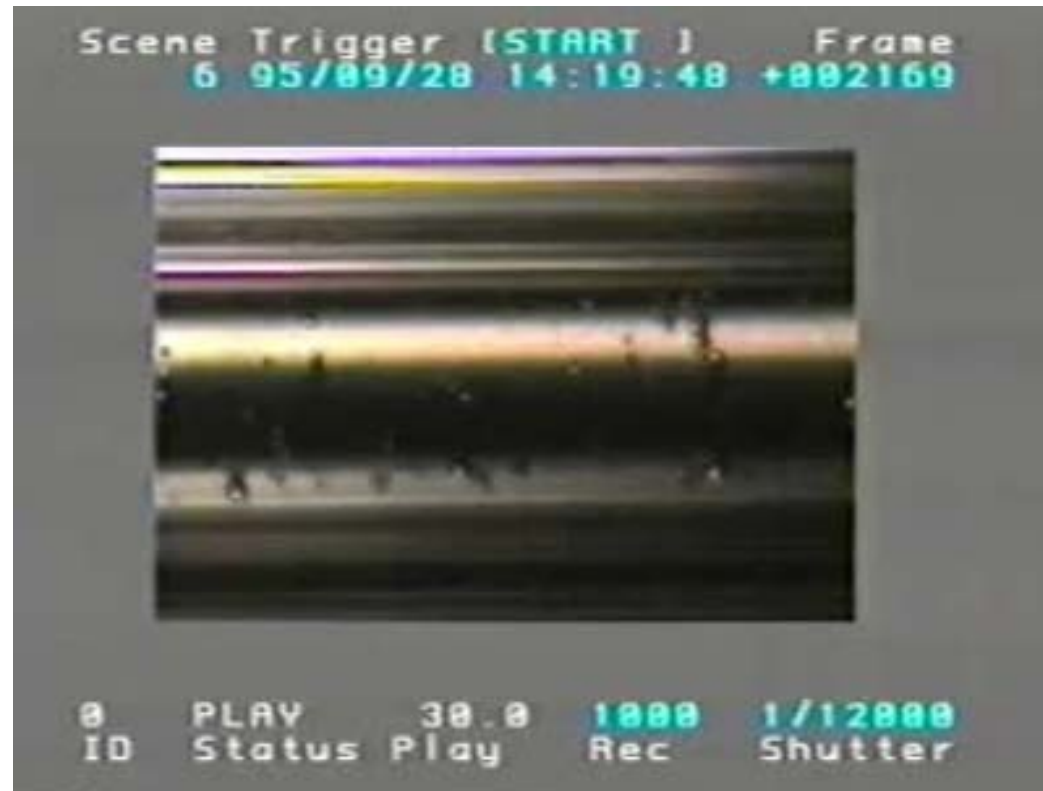
時間分解能

動的イメージ

空間分解能

ダイナミックレンジ

実験環境の自由度

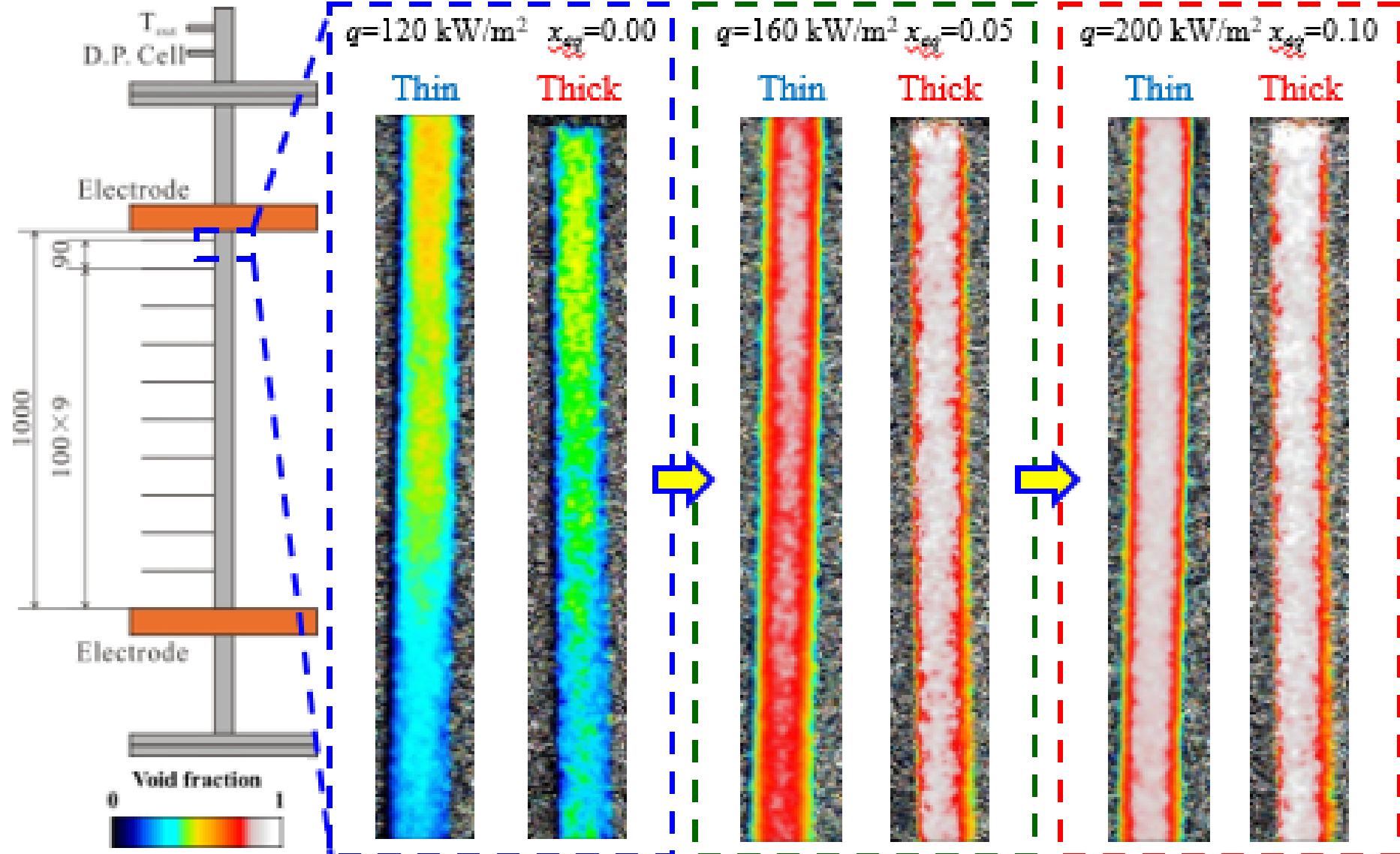


# Visualization by Neutron Radiography

By KURRI : 5 MW 30 fps

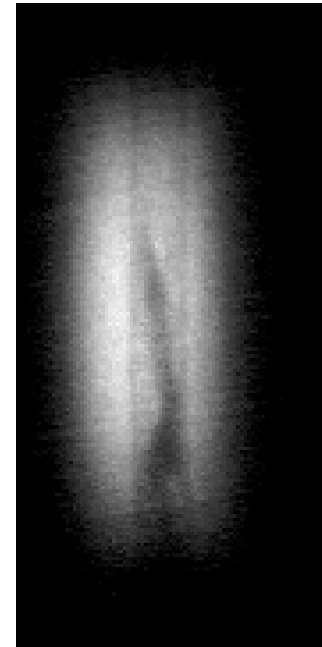
Void fraction movement ( $q=120 \text{ kW/m}^2$   $x_{eg}=0.00$ )

I.D.=5mm  
Thin O.D.=5.3mm  
Thick O.D.=11mm





液体窒素クエンチ現象  
(重力注水・水加熱)



強制注水系におけるクエンチ現象(200fps)

クエンチ現象の可視化(逆環状流状態の評価)