次世代熱輸送媒体としての機能性オイルの研究開発

株式会社櫻製油所/同志社大学
共同研究グループ

機能性オイルとは

・環境に優しい

-地球温暖化への影響がない
-動物・植物への影響がない

⇨ 生分解性が高い

・人体への悪影響がない

-体内へ取り込んでも問題がない

⇨ 生分解性が高い

・工学的応用範囲が広い

-様々な冷却オイルとして使用可能

⇨ 低環境負荷・高生分解性を有することから，応用範囲が広い

・熱的物性が優れる

-熱を輸送する能力が高い

⇨ 熱伝導率が高い

・機能性を有する

-磁場・電場に感応する

⇨ 制御が可能となる

使用例

トランスオイル

クーラントオイル

コンプレッサーオイル

業績

1. 特願2016-123349,トランスオイルおよびトランスオイルの評価方法

2. 特願2017-047616,ポリオールエステルを用いた冷却及び冷却方法

3. 特願2017-047617, 磁性トランスオイルの製造および評価方法

次世代トランス冷却技術の開発

①

省エネ法(2003年4月1日より施行) 「トップランナー方式」

省エネ性能を大幅に向上させた「トップランナー変圧器2014」

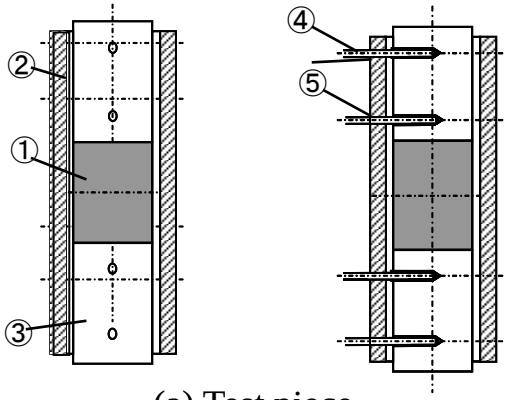
⇒CO2削減を目指した制度　しかし，環境への配慮が足りないのでは

製造から使用，そして廃棄orリサイクルまでの全過程における環境への配慮が必要

植物性オイルの熱輸送特性評価

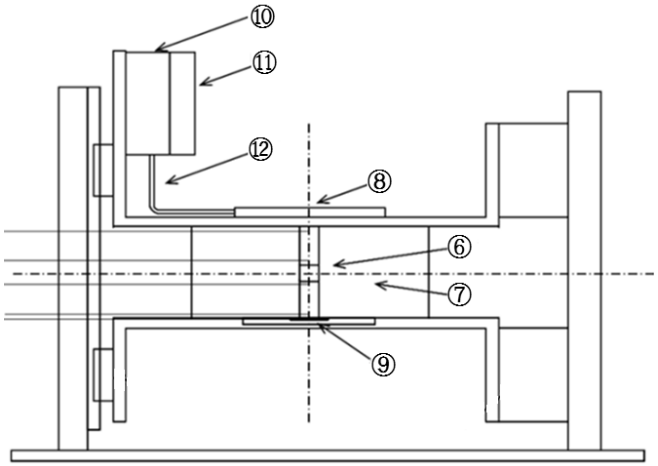
トランス冷却に用いる冷媒の伝熱特性を評価することを目的として，自然対流実験を行う.

自然対流・・・一般的に流体は温度により密度が変化するため，暖められた流体は軽くなり，冷やされた流体は重くなる．そのため，水や油が入った容器に対して下面加熱，上面冷却させると，流体の密度差に誘起され流体が駆動する.



(a) Test piece

① Ethanol solution
② Acryl
③ Conductor
④ Measure point
⑤Glass-wool Insulation



(b) Details of test section

⑥ Test piece
⑦ Insulation
⑧ Peltier device
⑨ Heat sink
⑩ Electrical fan
⑪ Micro stage
⑫ Slide unit

実験結果

①

植物オイル単相

	30℃	80℃
ヌセルト数[-]	1.78	2.70
レイリー数[-]	16432	60351

シリコンオイル単相

	30℃	80℃
ヌセルト数[-]	5.16	7.58
レイリー数[-]	13653	57322

植物:シリ＝70 Vol. % : 30 Vol. %

	30℃	80℃
ヌセルト数[-]	3.53	5.24
レイリー数[-]	11021	56452

植物:シリ＝30 Vol. % : 70 Vol. %

	30℃	80℃
ヌセルト数[-]	2.37	3.11
レイリー数[-]	18268	61447

	シリコンオイル	植物油
動粘度[mm2/s]	0.65	34(40℃) 8 (100℃)
比重[-]	1.02	0.92
熱伝導率[W/(m･K)]	0.1	0.17

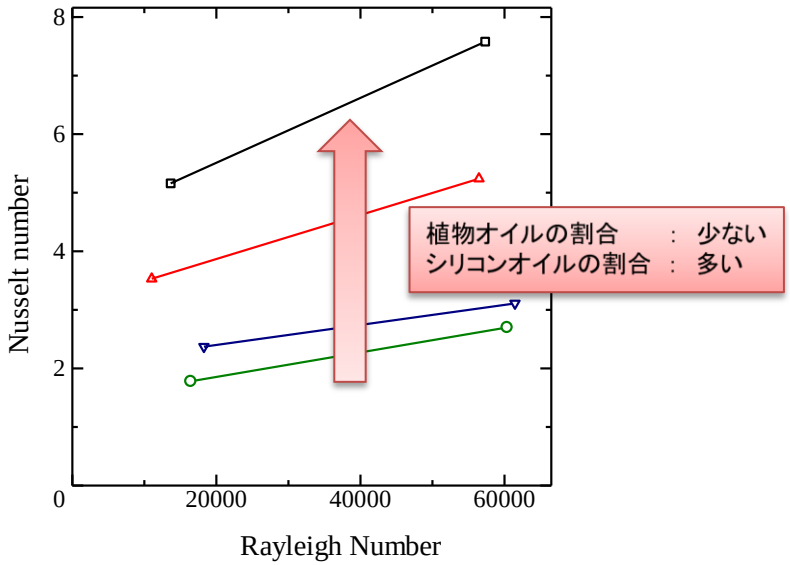
・ヌセルト数 Nu [-]

$$Nu = \frac{hL}{\lambda^*} = \frac{qL}{\lambda^* \Delta T}$$

・レイリー数 Ra [−]

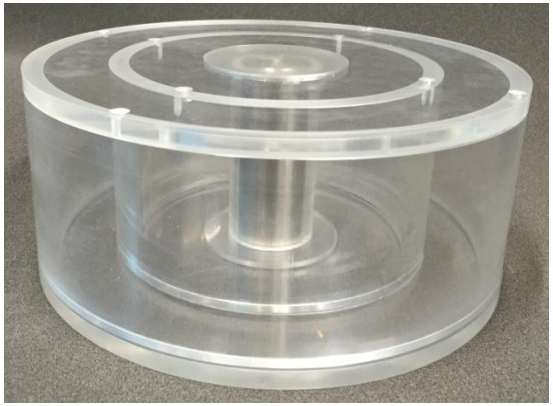
$$Ra = Pr \cdot Gr = \frac{g\beta q L^4}{a\lambda^* \nu}$$

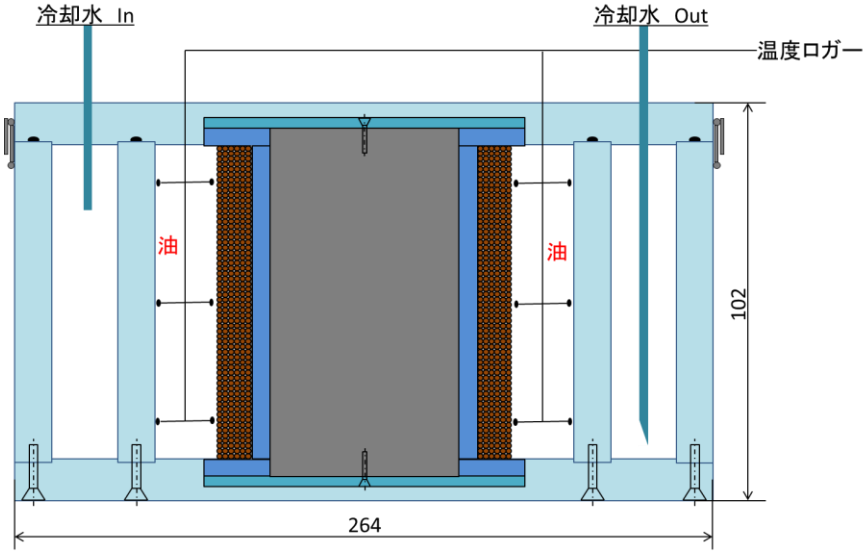
g ：重力加速度 [m/s^2]
β ：体膨張係数 [1/K]
q ：熱流束 [W/m^2]
L ：代表長さ [m]
a ：温度拡散率 [m^2/s]
ν ：動粘性係数 [m^2/s]
h ：熱伝達率 [W/(m^2・K)]
ΔT ：代表温度差 [K]



2st step　トランス(スモールモデル)を用いた冷却実験・評価

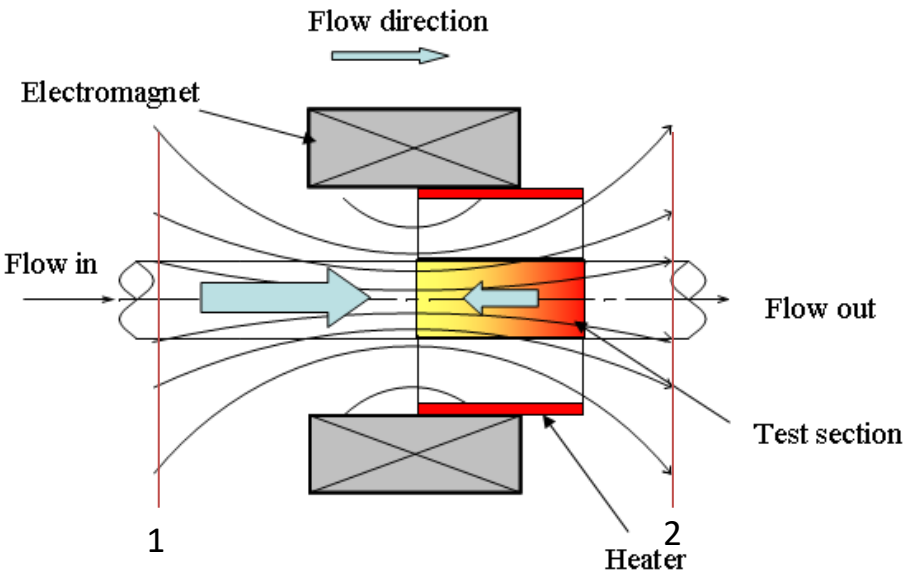
スケールダウン

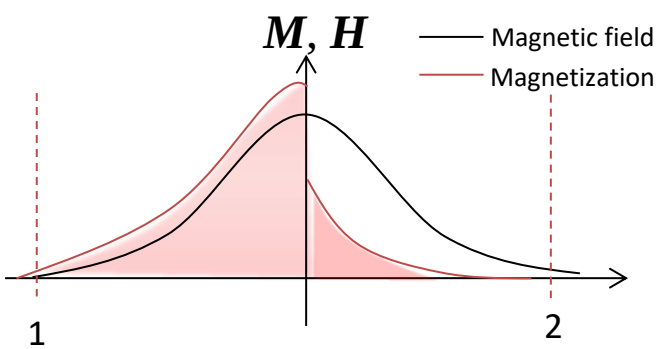




磁気機能性材料を用いた冷却＿原理 ②

Operating system





$$\boldsymbol{M} = \mu_0 \chi (1-\alpha)\left(1-\frac{T-T_0}{T_c-T_0}\right)\boldsymbol{H}$$

α : void fraction [-]

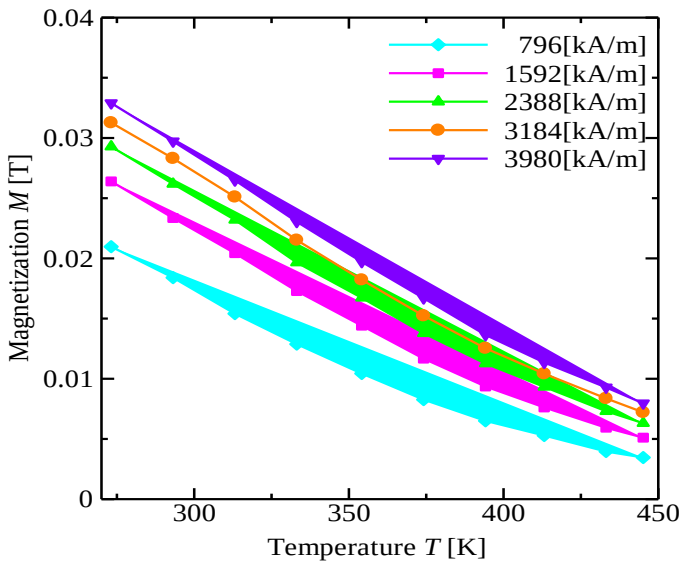
T : fluid temperature [K]

T_0 : reference temperature [K]

T_c : Curie temperature [K]

Magnetic body force working on magnetic fluid per unit volume

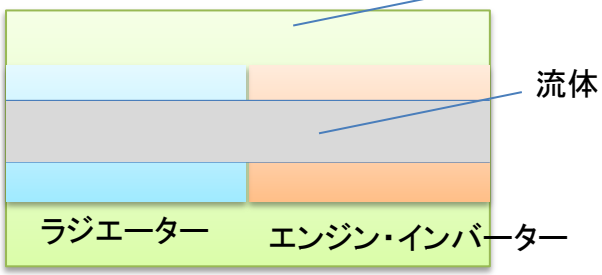
$$(\Delta p \equiv) + \Delta \boldsymbol{f}_{1\to 2} = \int_1^2 \boldsymbol{M} dH$$



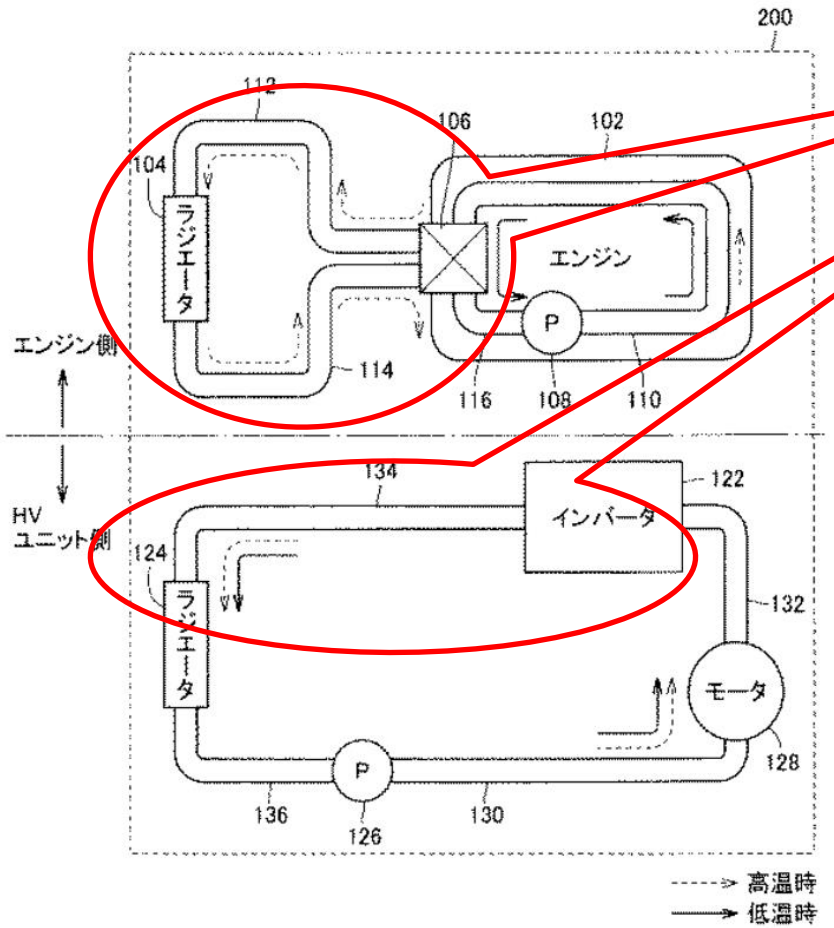
Temperature-dependent magnetization
MnZn ferrite : TS-50K (Ichinen chemicals Co. Ltd.)

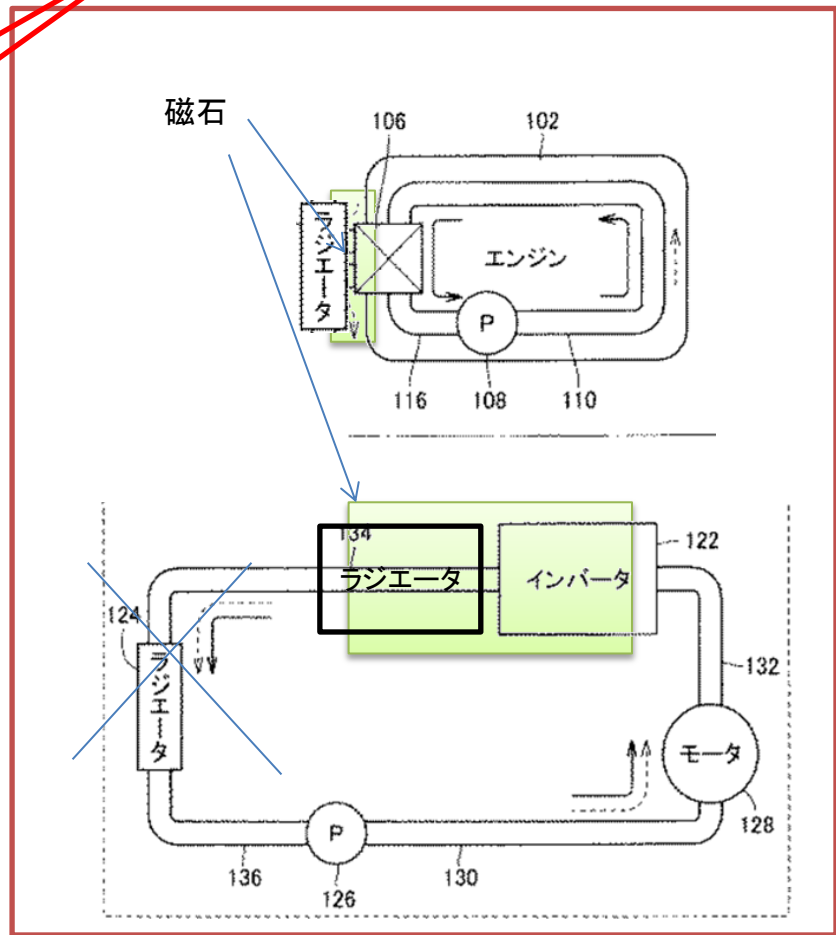
ポリオールエステル・磁気機能性材料を用いた冷却__装置②

ここを一つにまとめて，



【図７】





提案する装置案⇒

磁気機能性流体の自然対流

感応性磁性流体

③

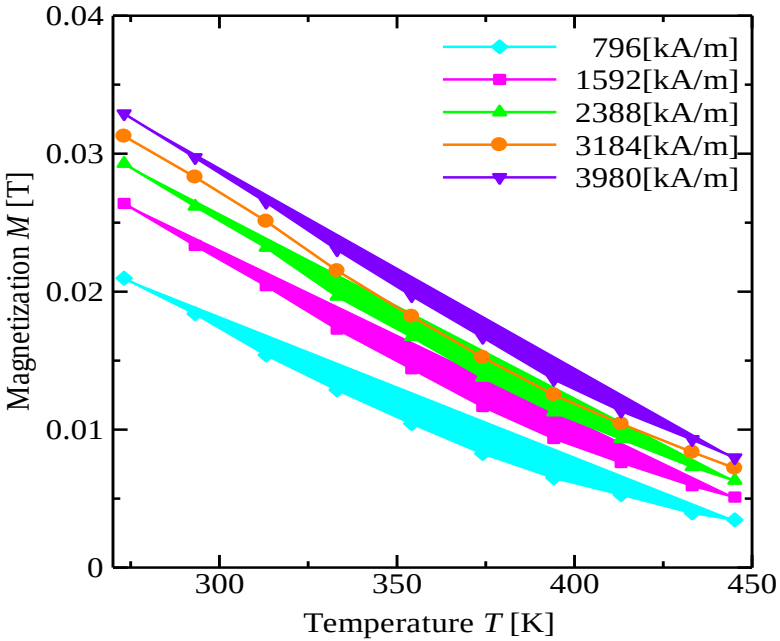
感応性磁性流体(Temperature sensitive Fluid)は磁性流体の中でも、常温域での温度上昇に伴い磁化が著しく減少する性質(感応磁化特性)を持つ

$$\boldsymbol{M} = \boldsymbol{M}(\boldsymbol{H}, T)$$

常温域において磁場と温度勾配による流
性が可能

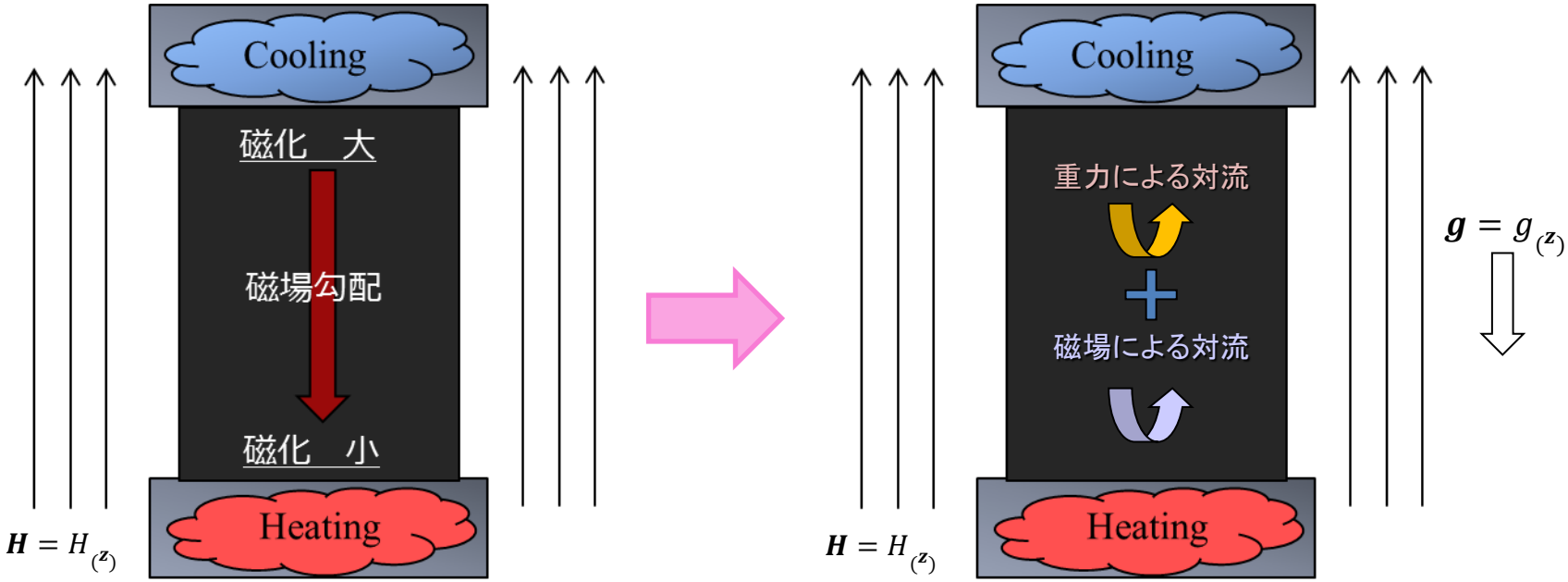
熱輸送分野への応用

Ex. 熱磁気自然対流
強制対流による熱輸送
磁気冷凍



熱磁気対流制御と宇宙技術への応用研究

原理



磁気体積力

$$\boldsymbol{F}_m = \mu_0(\boldsymbol{M}\cdot\nabla)\boldsymbol{H}V$$

磁気体積力

$$\boldsymbol{F}_m = \mu_0(\boldsymbol{M}\cdot\nabla)\boldsymbol{H}V$$

地上における重力

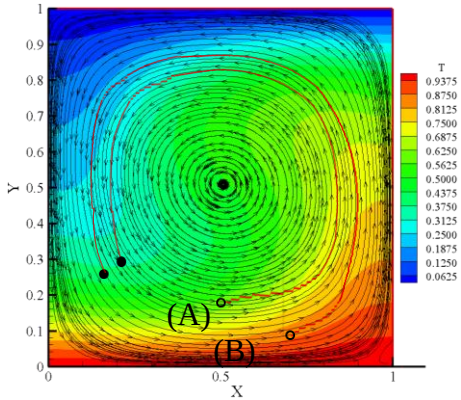
$$\boldsymbol{F}_g = m\boldsymbol{g}$$

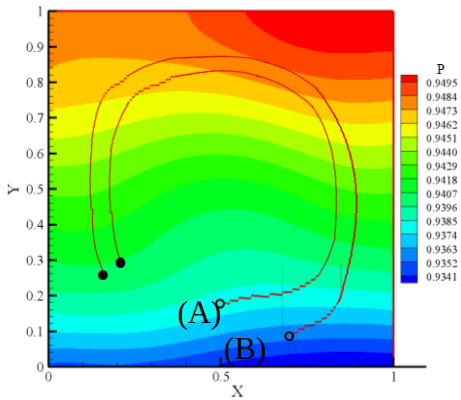
対流・伝熱量を磁場印加により制御できる

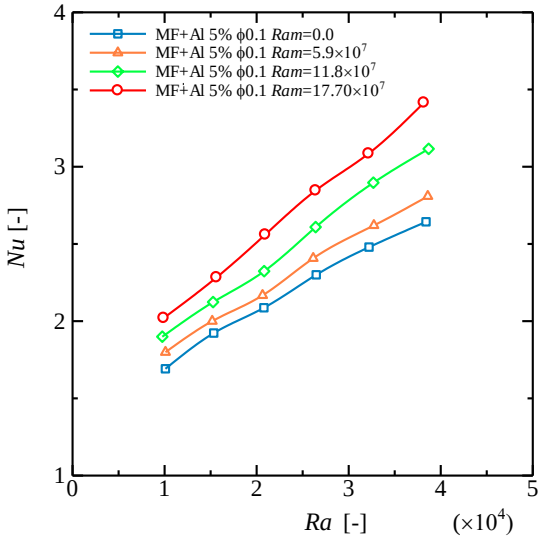
実験結果

・容器内に体積割合5vol.%の非磁性粒子を添加（2012-）
（粒子は容器内を浮遊）

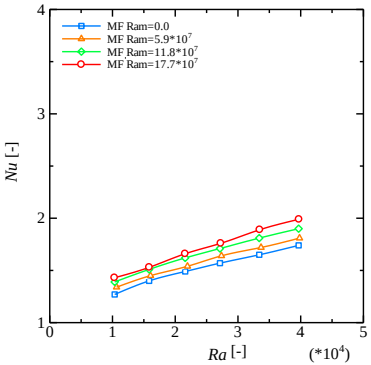
アルミナball（φ=0.1）を混入







アルミナ粒子混入



MF単相

ヌセルト数
最大150%上昇

粒子の流動による撹拌効果が
大きくなったためヌセルト数が上昇

※ヌセルト数　：　熱対流を評価する指標、値が大きいほど対流が促進されていることを示す