

流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red の解析事例のご紹介

研究員 田中 洋一
主任研究員 富塚 孝之

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red最新動向セミナー
2015年12月15日（火）開催
アドバンスソフト株式会社

紹介事例一覧

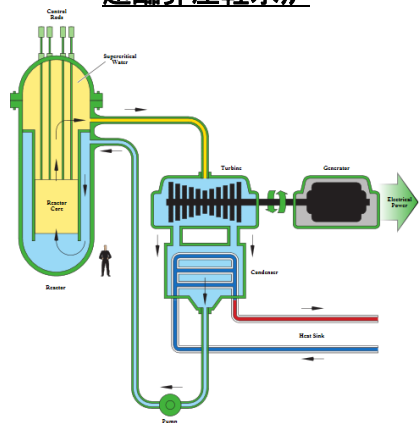
- 超臨界圧流体のクロスフロー量への影響評価
(国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構様)
- IFMIF リチウムターゲット施設の工学設計のための熱流動解析
(国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構様)
- ドラム缶に係る可燃性蒸気対流シミュレーション分析
(消防庁危険物保安室様)

超臨界圧流体のクロスフロー量への影響評価

目的

超臨界圧軽水炉の炉心燃料集合体内サブチャンネルを単純流路形状で簡略模擬した体系で評価解析を行い、サブチャンネルに発生するクロスフロー現象の発生機構、クロスフロー量に及ぼす流量の影響、並びにクロスフロー発生時のサブチャンネル内乱流構造を数値的に明らかにする。

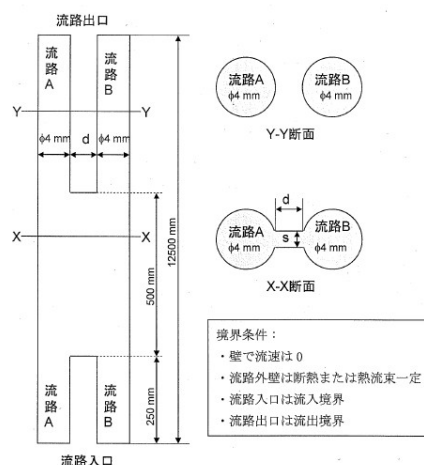
超臨界圧軽水炉



ウィキペディア

<https://ja.wikipedia.org/wiki/超臨界圧軽水冷却炉> より

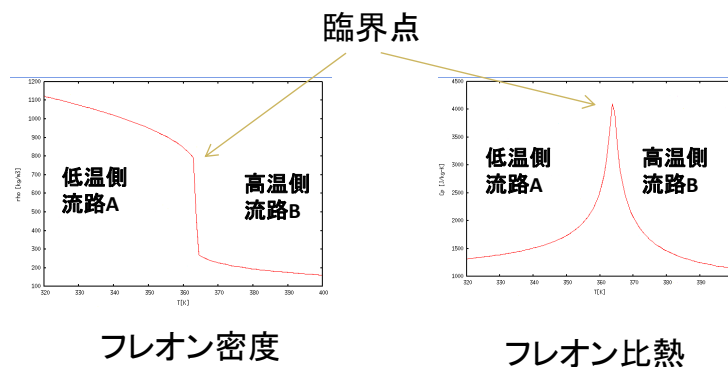
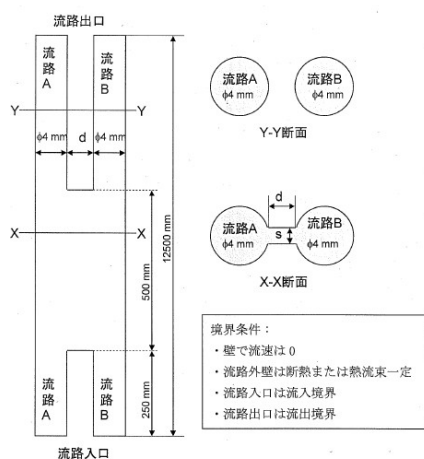
超臨界圧 (230気圧以上) まで加圧した水を冷却材として使用



解析体系の概略

[解析モデル]

ケース番号	s [mm]	d [mm]	入口流量 [kg/m ² s]	流路A 入口温度 [°C]	流路B 入口温度 [°C]	作動流体
1	1	2	1000	85(358.15K)	115(388.15K)	フロン
2	1	4	1000	85(358.15K)	115(388.15K)	フロン
3	0.5	2	1000	85(358.15K)	115(388.15K)	フロン

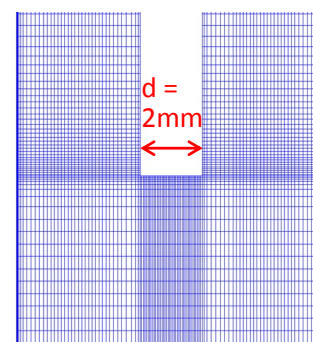
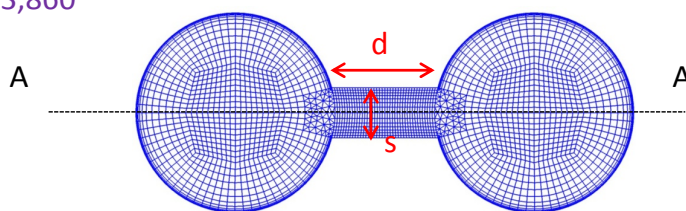


[格子分割仕様]

ケース1:
(s,d) = (1, 2)
格子数: 3,860

分岐部分

A-A断面

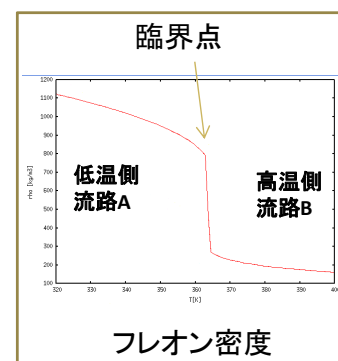
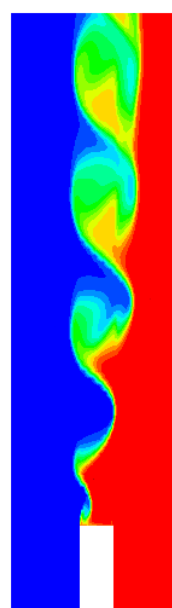
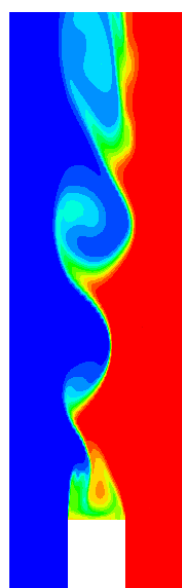
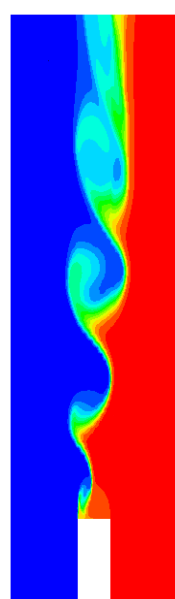
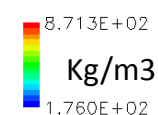


鉛直方向領域	鉛直方向長さ[mm]	鉛直方向分割数	格子数		
			ケース 1	ケース 2	ケース 3
入口側の円筒領域	400	200	660,000	660,000	654,400
矩形領域	500	1259	4,859,740	5,564,780	4,522,328
出口側の円筒領域	100	100	330,000	330,000	327,200
全体	1000	1559	5,849,740	6,554,780	5,503,928

[解析手法]

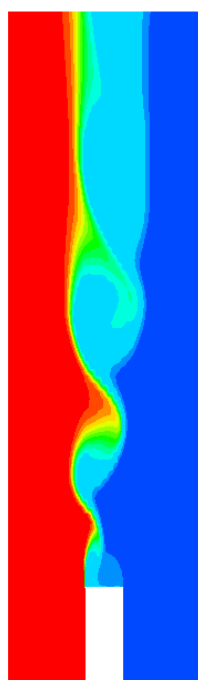
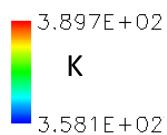
ソルバー	Advance/FrontFlow/Red
支配方程式	非定常圧縮性NS方程式
乱流モデル	SST k- ω
運動方程式、エネルギー方程式及び質量保存方程式の時間積分法	オイラー陰解法
運動方程式、エネルギー方程式及び質量保存方程式の移流項スキーム	2次精度風上差分法
速度-カップリング	SIMPLEC法
時間刻み[sec.]	2e-5
状態方程式	ユーザー定義関数でフレオンの密度、比熱、輸送係数等熱物性を表現した。

計算結果 密度

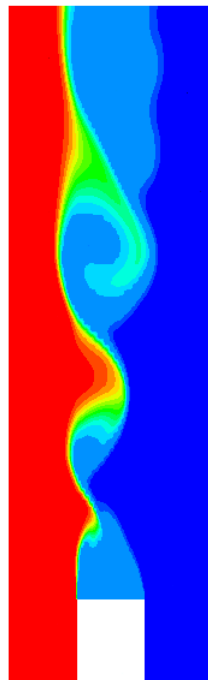


S,dの違いで周期の異なるクロスフロー状態が形成される。

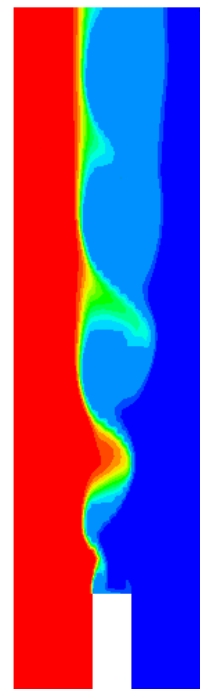
計算結果 温度



Case1

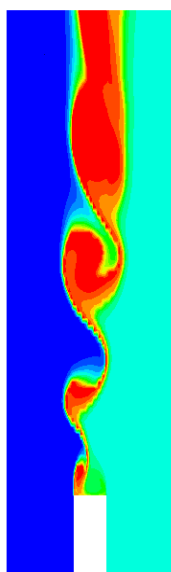
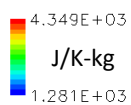


Case2

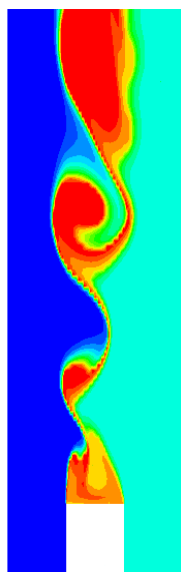


Case3

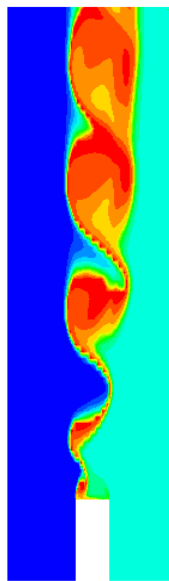
計算結果 比熱



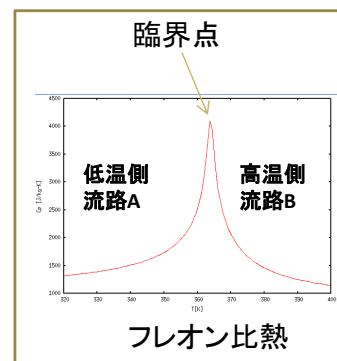
Case1



Case2

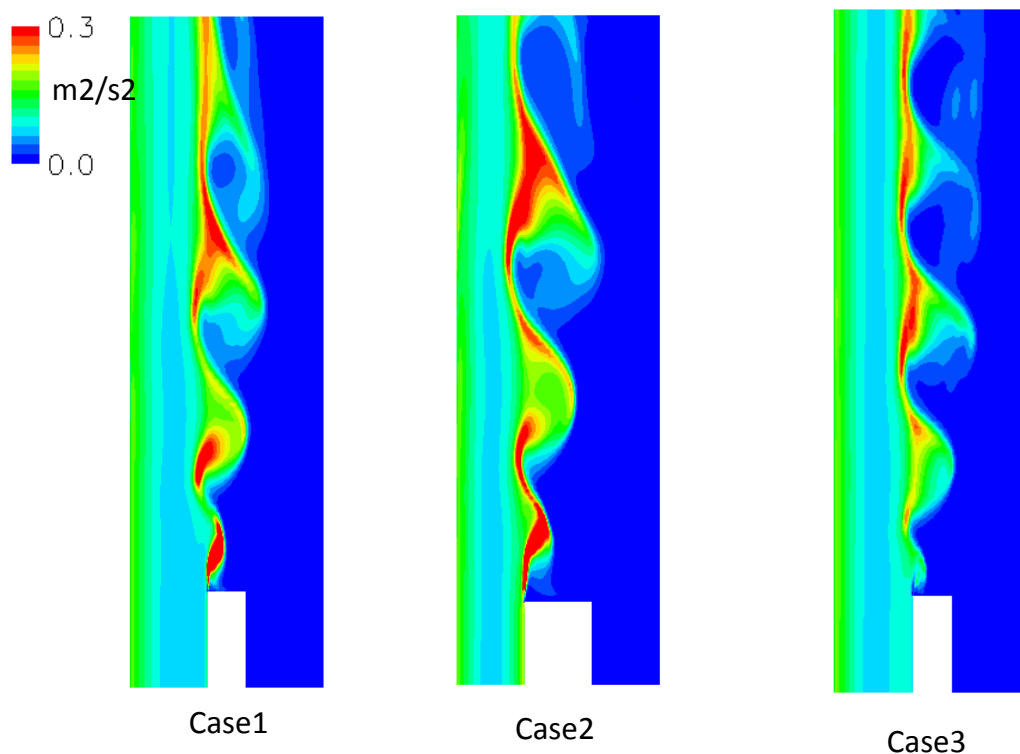


Case3

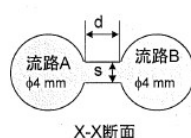
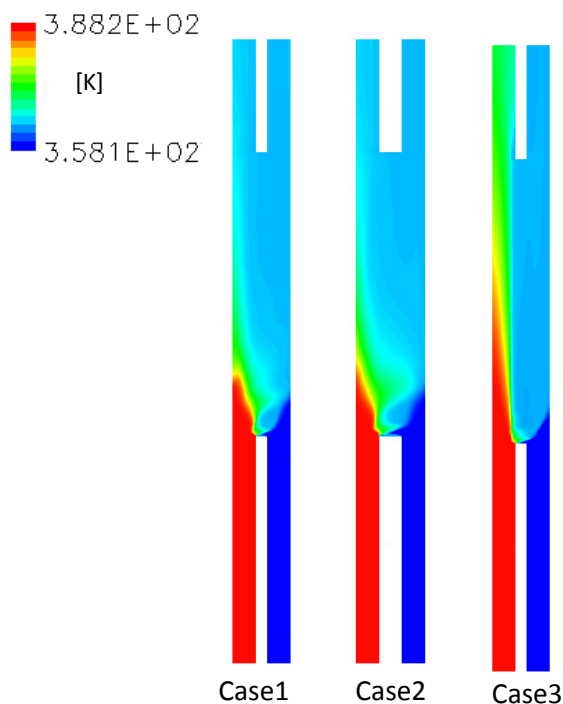


臨界点をまたいだ混合のため
流路中心付近で比熱が極大値をとる。

計算結果 乱流エネルギー



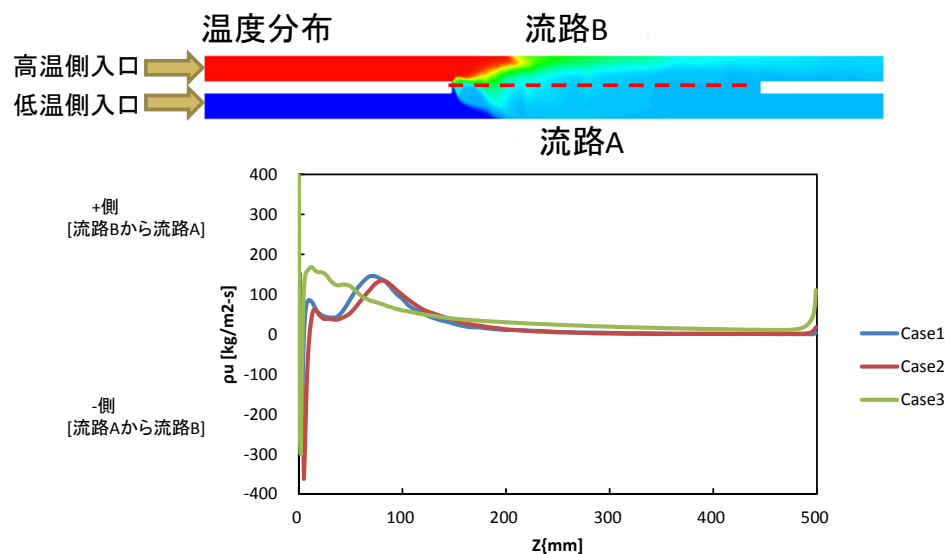
温度 統計平均 水平断面 全体図



ケース番号	s [mm]	d [mm]
1	1	2
2	1	4
3	0.5	2

sの値が小さいケース3は
温度の混合が他のケースに比べて
遅れている。

流量配分 3ケース比較



流路	ケース1	ケース2	ケース3
流路A出口	1065.4kg/m2-s	1046.3kg/m2-s	1145.3kg/m2-s
流路B出口	934.6kg/m2-s	953.7kg/m2-s	854.7kg/m2-s

まとめ

Advance/FrontFlow/redの圧縮性スキームを使用することで臨界点をまたいだ温度混合現象が解析できる。
 流路形状の違いにより異なるクロスフロー現象を捉える事ができ、流路幅sの違いが流量に大きく影響することが分かった。

謝辞

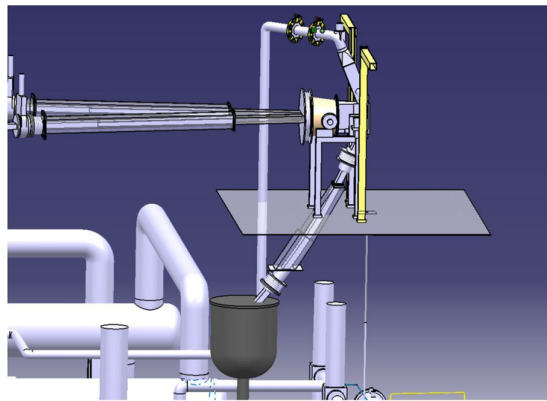
事例紹介に関連して
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構様に
多大なるご協力をいただきました。
この場をお借りして、改めてお礼申し上げます。

IFMIF リチウムターゲット施設の工学設計 のための熱流動解析

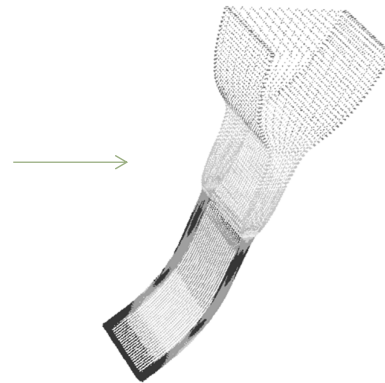
目的

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
ナトリウム機器構造第一試験室
IFMIF照射・試験施設開発グループ 殿ご提供

国際核融合材料照射施設 (IFMIF) の工学実証・工学設計活動 (EVEDA) で実施される IFMIF 実機のリチウム (Li) ターゲット施設の工学設計では熱、流体、真空等、種々の挙動を予測することが必要である。ターゲット施設と他の施設とのインターフェイスとなるために早急に解明しておくべき挙動を Advance/FrontFlow/red の VOF 法を用いて計算評価した。

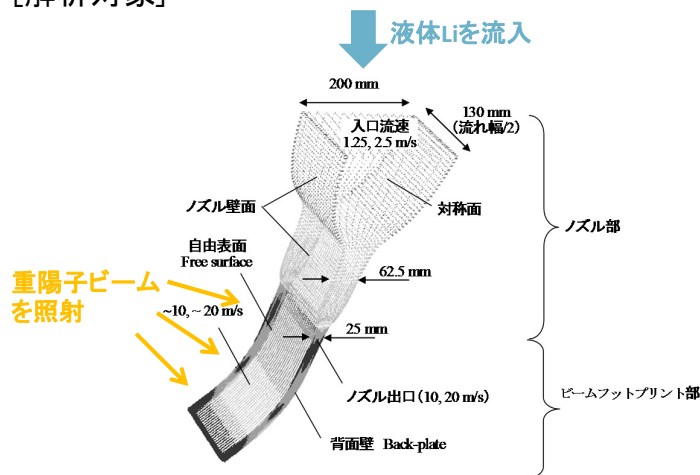


IFMIF概略図



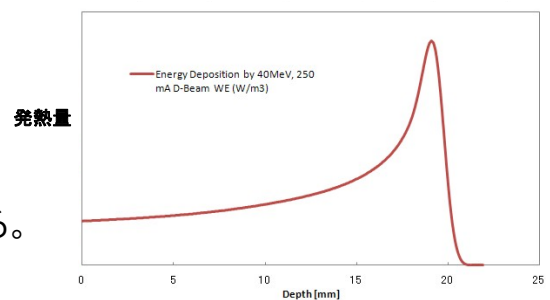
解析モデル

[解析対象]



独立行政法人 日本原子力研究開発機構
ナトリウム機器構造第一試験室
IFMIF照射・試験施設開発グループ 殿ご提供

重陽子ビーム照射によるLi発熱はLi自由表面からの深さに応じて右図のように与えられる。



VOF法で求めた自由表面位置からの距離関数を解くレベルセット法を協調的に使用することで発熱量を与えた。

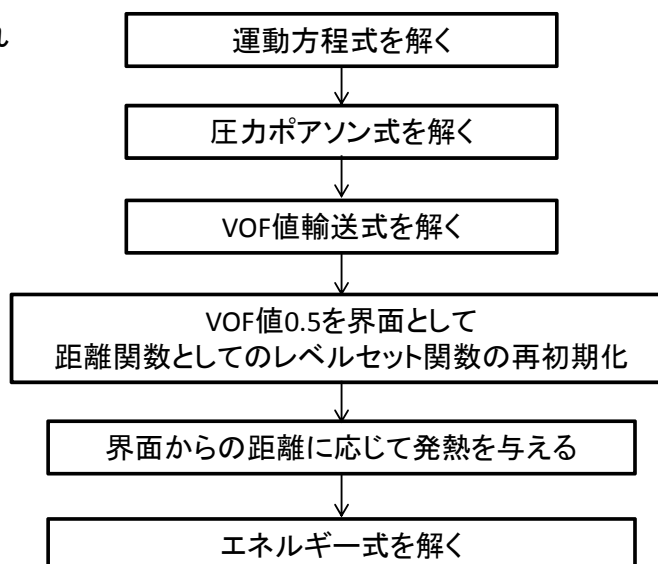
[解析手法 1]

ソルバー	Advance/FrontFlow/Red
支配方程式	非定常非圧縮性NS方程式
乱流モデル	RNG k-ε
運動方程式、エネルギー方程式及び質量保存方程式の時間積分法	オイラー陽解法
運動方程式、エネルギー方程式及び質量保存方程式の移流項スキーム	1次精度風上差分法
速度-カップリング	SIMPLEC法
時間刻み[sec.]	1e-4
状態方程式	ユーザー定義関数でLiの密度、比熱、輸送係数等熱物性を表現した。

[解析手法 2]

VOF値輸送式の移流項スキーム	CICSAM法
VOF値輸送式の時間積分法	オイラー陽解法

計算流れ

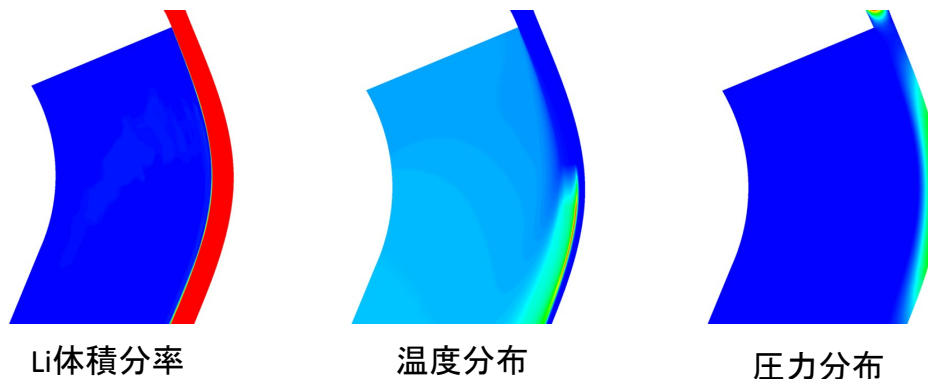


[解析結果]

VOF法とLevel Set法を協調的に利用することで
Li自由表面と温度場のふるまいを把握することに成功

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
ナトリウム機器構造第一試験室
IFMIF照射・試験施設開発グループ殿ご提供

湾曲部(重陽子ビーム照射部)のLi流動結果



成果 変動する自由表面からの深さに応じた発熱分布を有する液体リチウム流内での温度と圧力の分布を計算でき、リチウムが沸騰しないことを明らかにした。

謝辞

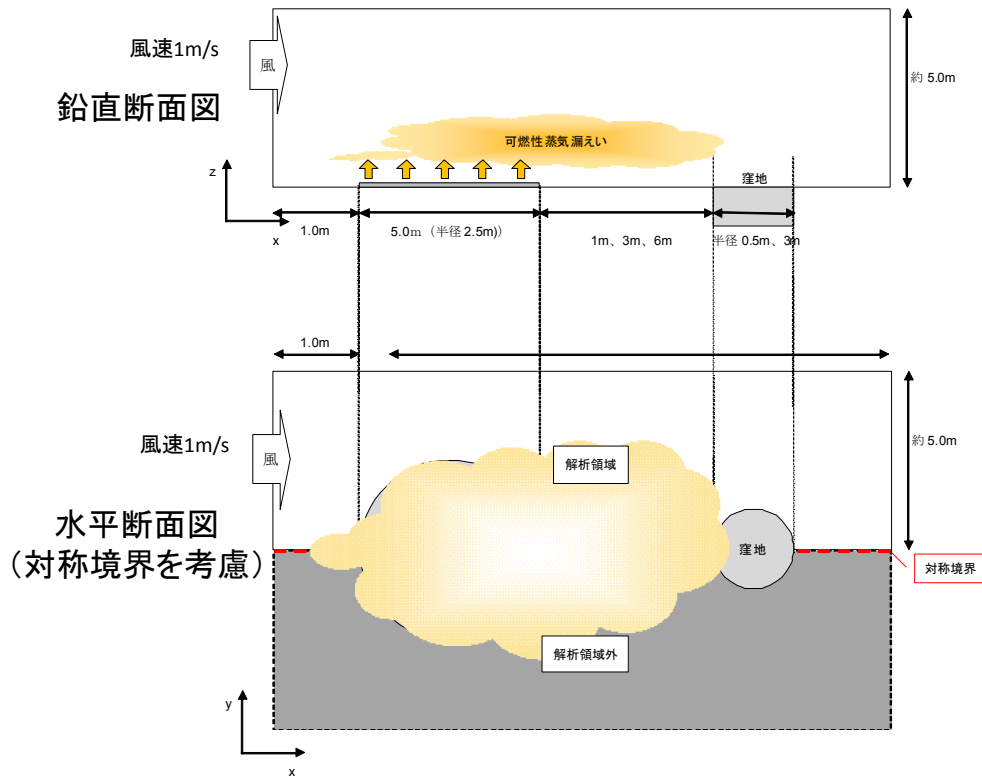
事例紹介に関連して
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構様に
多大なるご協力をいただきました。
この場をお借りして、改めてお礼申し上げます。

ドラム缶に係る 可燃性蒸気対流シミュレーション分析

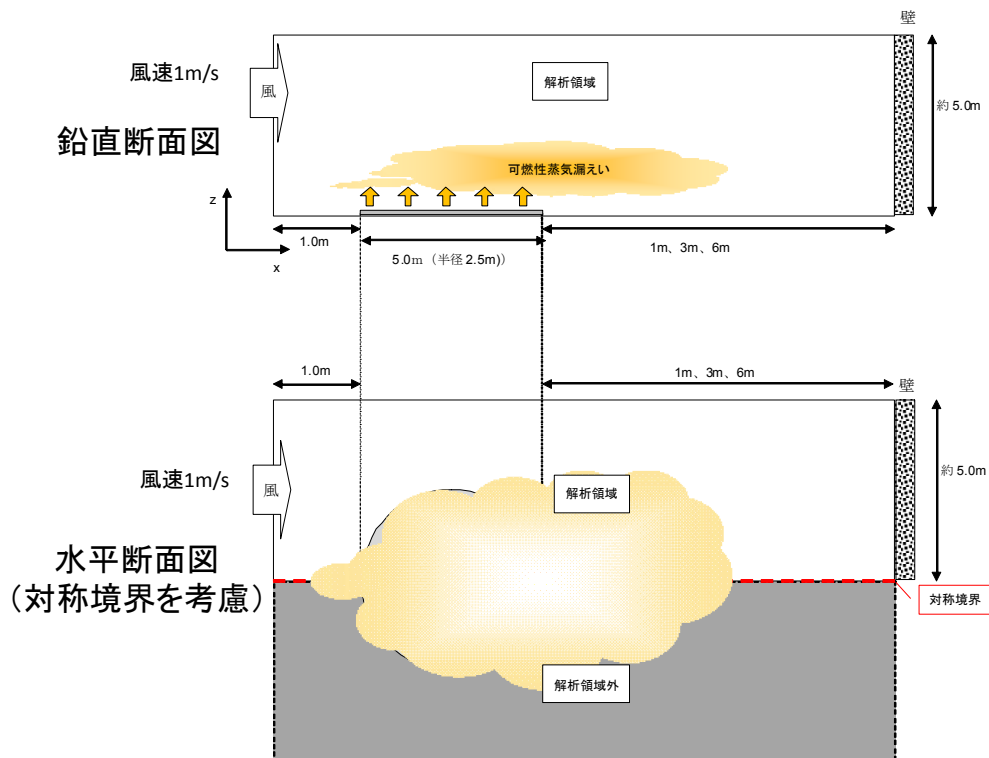
背景

- 東日本大震災の際、被災地における燃料の不足等から、臨時的に車両・重機等へのドラム缶からの供給や貯蔵が多く行われた。これらについての統一的な安全対策として、ドラム缶の集積・貯蔵に係る保有空地、数量、環境等の目安及びドラム缶からの給油に係る保有空地、換気環境、静電気対策等の目安等を検討するため、ドラム缶によるガソリン及び軽油の貯蔵、取扱いに係る可燃性蒸気の滞留範囲について明らかにすることを目的とする。

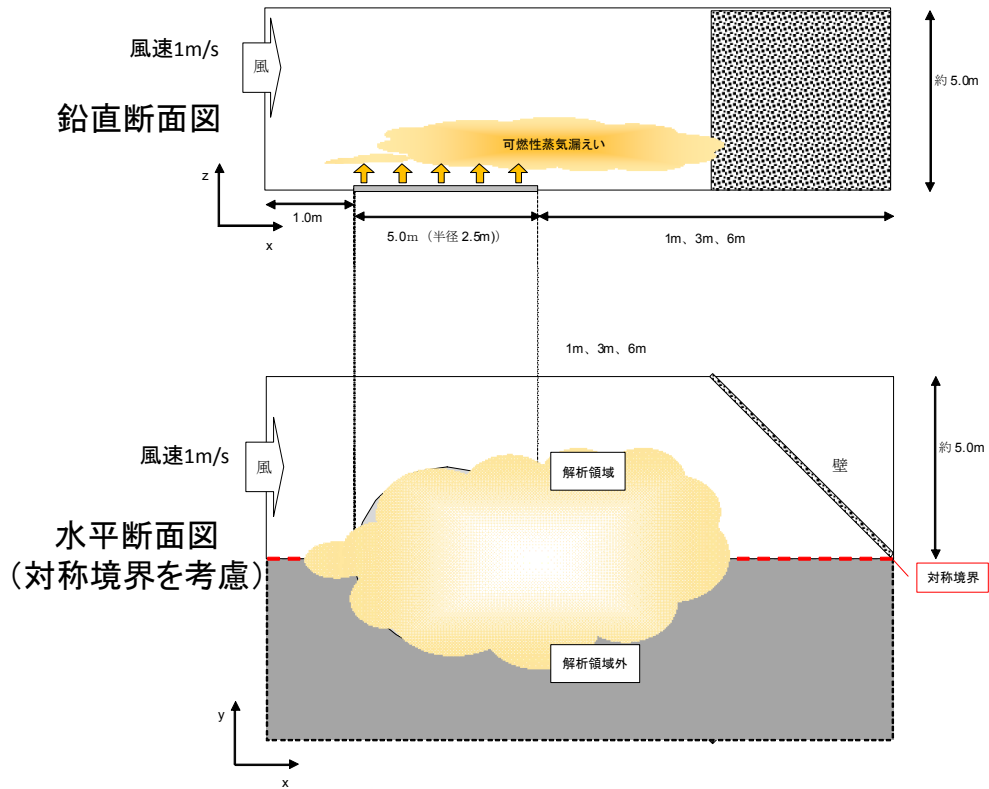
解析モデル(窪地)



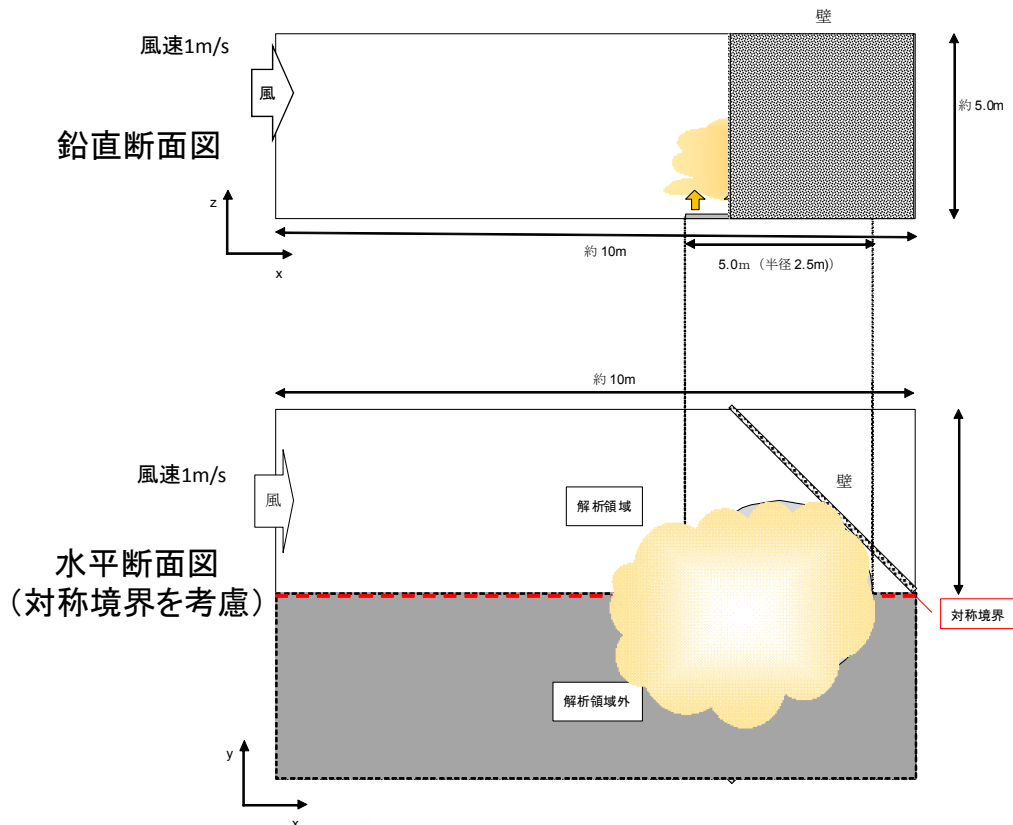
解析モデル1(下流に壁が1枚)



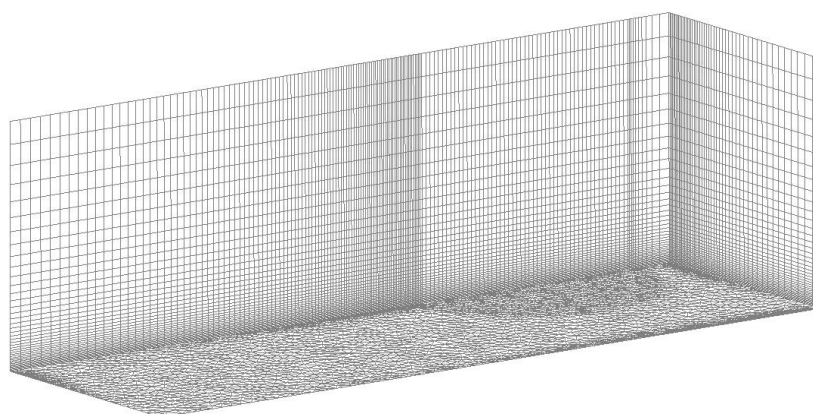
解析モデル(下流に壁が2枚)



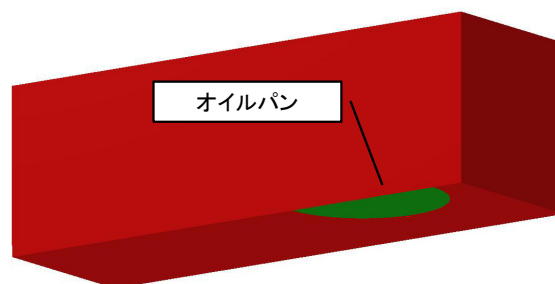
解析モデル(壁2枚に窪地)



基本的な計算格子

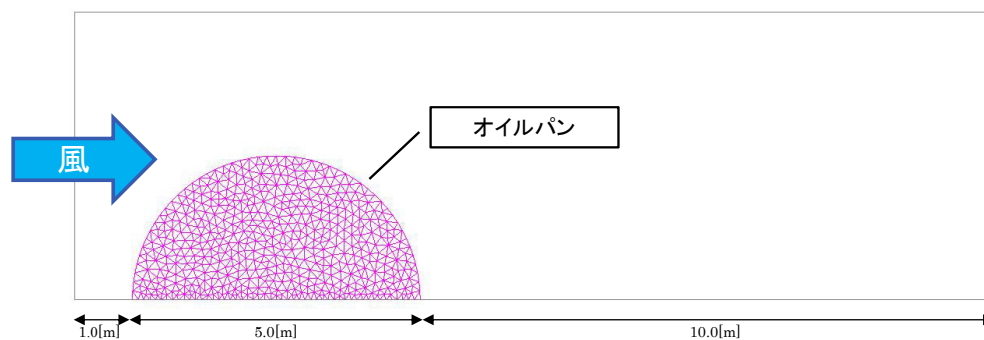


計算格子図(格子点数: 205720)



解析モデル図

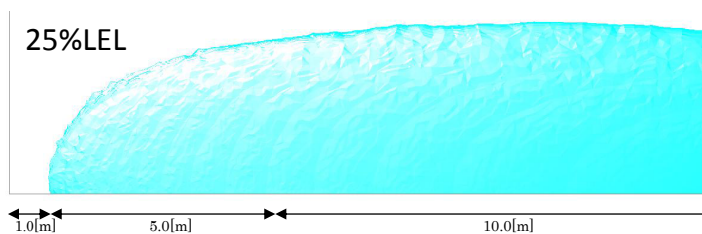
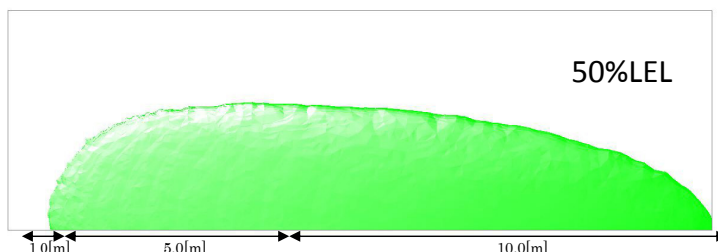
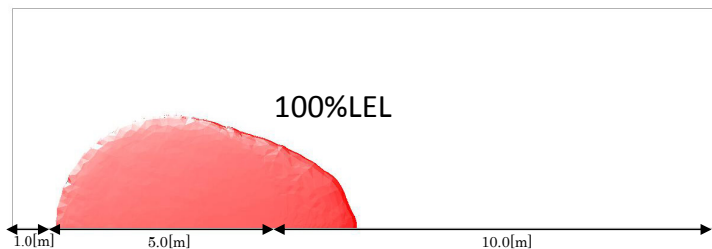
解析結果



解析結果出力断面(水平)

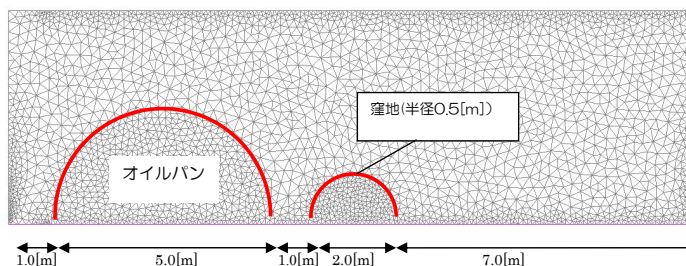
解析結果(平地で壁無し)

風速1.0[m/s]、気温32[°C]



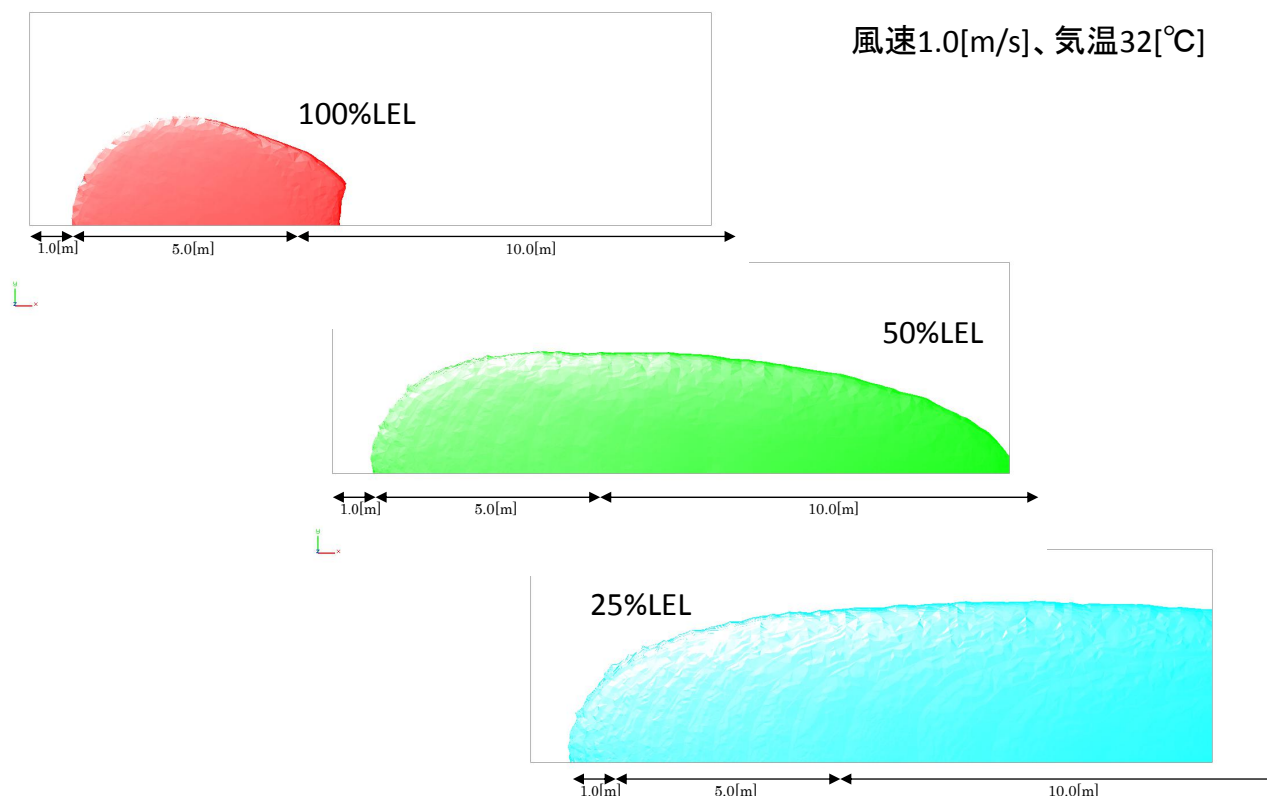
解析結果(窪地)

風速1.0[m/s]、気温32[°C]



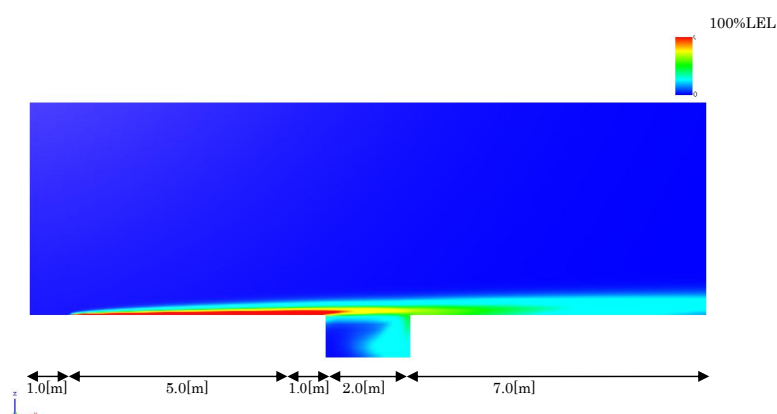
解析結果(窪地)

風速1.0[m/s]、気温32[°C]



解析結果(窪地)

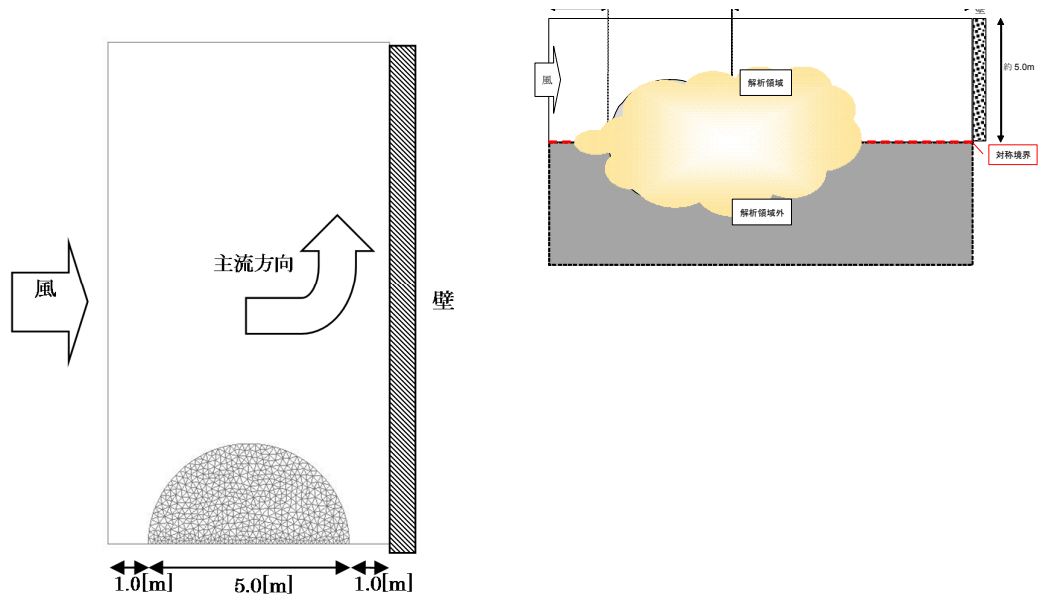
風速1.0[m/s]、気温32[°C]



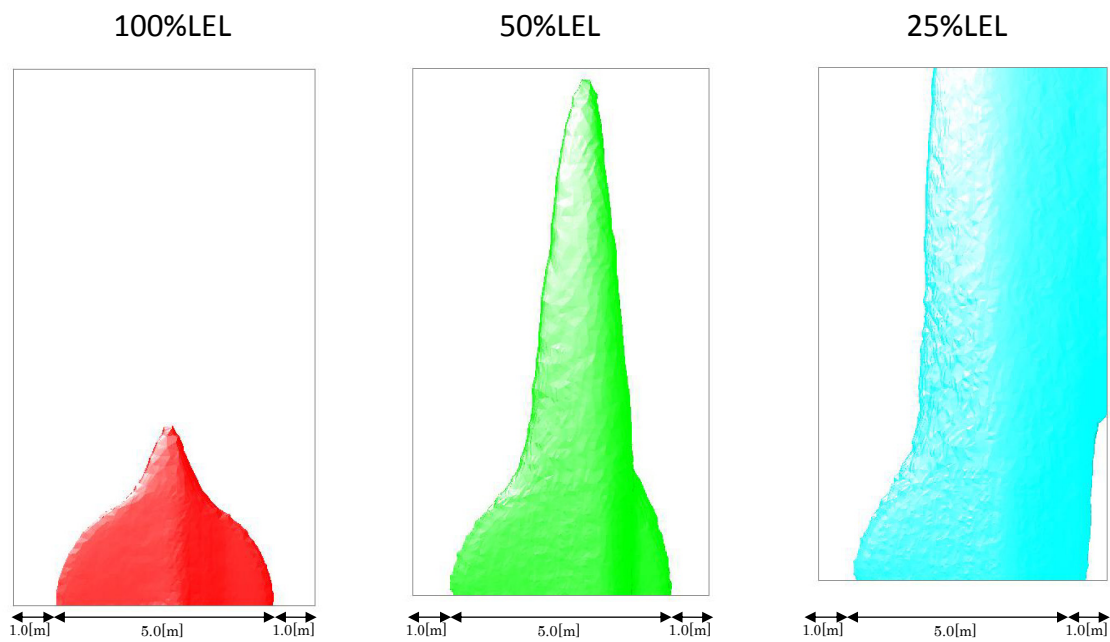
中央鉛直断面濃度分布図

解析結果(下流に壁1枚)

風速1.0[m/s]、気温32[°C]

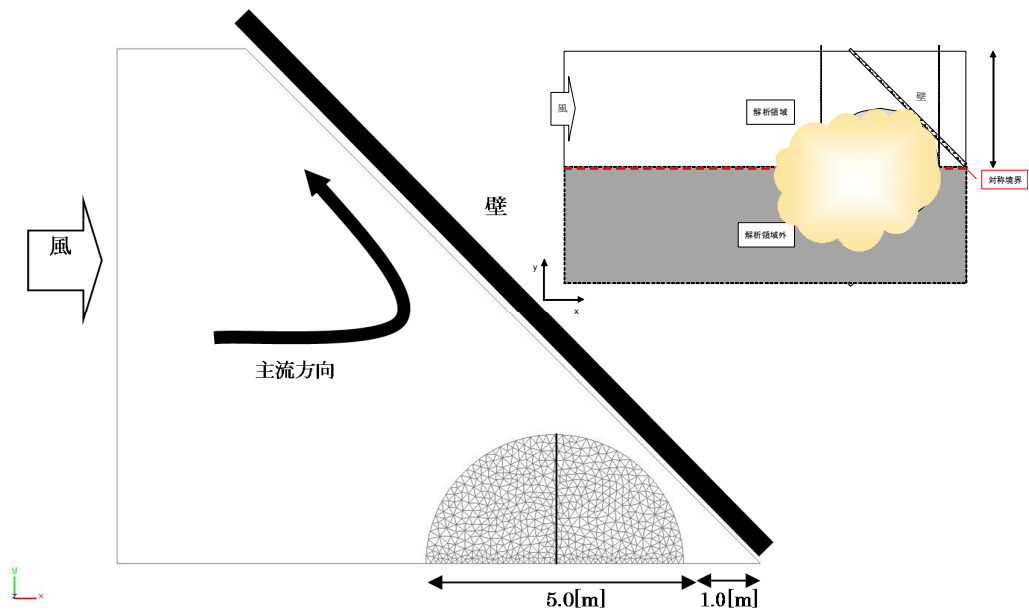


解析結果(下流に壁1枚)

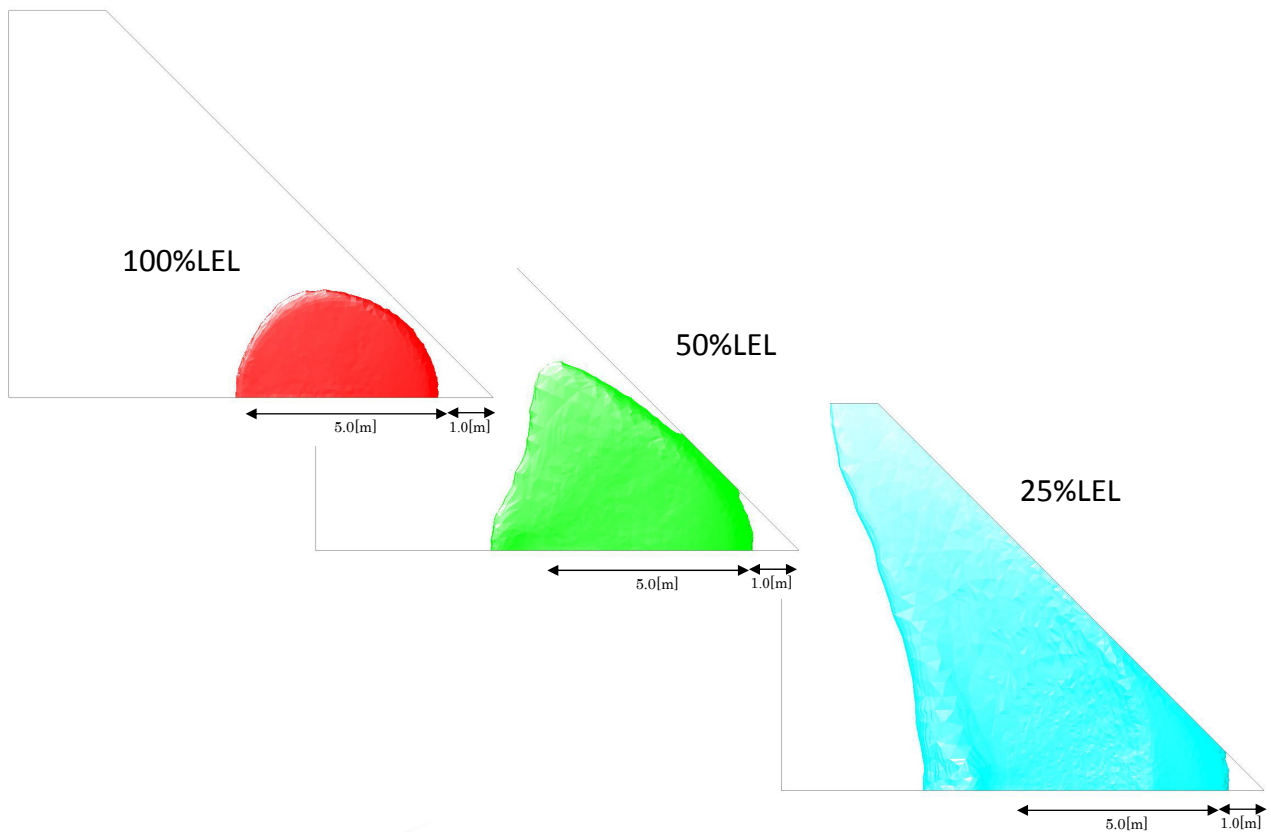


解析結果(下流に壁2枚)

風速1.0[m/s]、気温32[°C]



解析結果(下流に壁2枚)



まとめ

- ドラム缶からガソリン及び軽油が流出したことを想定し、地表面に円形(直径5m)のオイルパンを設置した場合について可燃性蒸気の挙動をシミュレーションし、可燃性範囲について検討・評価した。さらにオイルパンの下流側に窪地や壁がある場合についても検討をおこなった。

謝辞

事例紹介に関連して
消防庁危険物保安室様に
多大なるご協力をいただきました。
この場をお借りして、改めてお礼申し上げます。