

管路系流体解析ソフトウェアの 解析事例 セッション2（混合ガス系）

技術第4部 秋村 友香

管路系流体解析の応用セミナー
2014年8月29日（金）
アドバンスソフト株式会社

解析事例(3)

熱量調整系の制御系と流体の連成解析

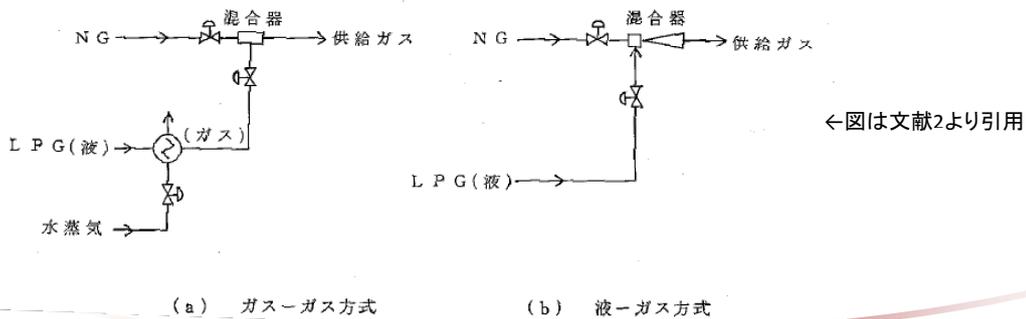
関連キーワード: 制御系、遅れ、熱量調整、DV&M、気化器、
ガス組成変化、過渡解析、制御系と流体の連成解析

参考文献1: 日立評論74(4)、松島英雄、豊嶋弘幸、
「簡単な操作で省エネルギーを測る都市ガス熱量調整設備」
P344、1992-4.

参考文献2: 社団法人 日本ガス協会、
「都市ガス工業概要(製造編)」、平成15年改訂版

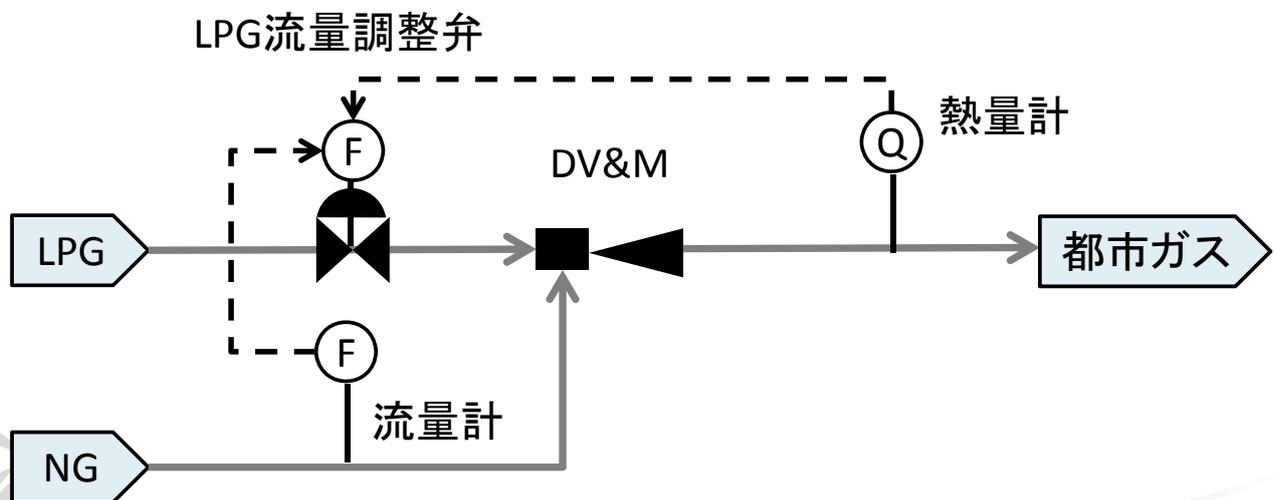
背景

- ・都市ガスは、LNG導入促進に伴い高カロリーガスに統一される方向。気化した天然ガス(NG)に増熱用のLPGを供給し、熱量調整してから製品化される[文献1]。
- ・3パターン(ガスガス,液ガス,液液)の熱量調整方式。文献1ではガスガス方式よりも液ガス方式(DV&M方式)のほうが安定、起動時間を30分から5分に短縮できたという結果を報告している。



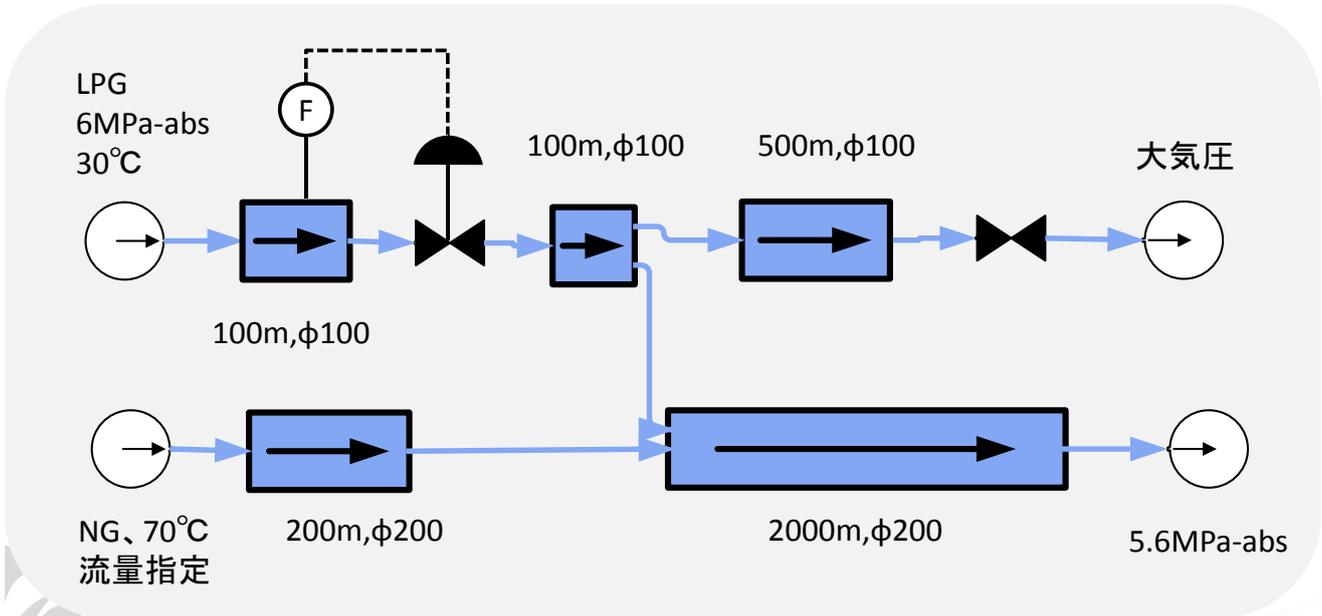
参考にしたモデル

- ・NG流量に対して必要なLPG流量をPID制御する。熱量変動に対し、熱量計からのフィードバック制御を行う。



計算モデル

NG境界は流量指定、LPG側は圧力指定境界。



過渡シナリオ

- 初めは、NGが少量流れており、LPGは全く流れていないような定常状態を想定
- 起動時、NGを増量し、LPGはNG流量に合わせて熱量調整をするために、流量制御系の指示値を増やす。
- 起動時間をなるべく短縮したいという要望を想定、起動時間を現行の30分から5分に短縮した場合、系が安定かどうかをシミュレーションによって調べる。

解析事例(3) 熱量調整系の制御系と流体の連成解析

計算条件(流体物性)

物性はNGを理想気体とし、LPGは実流体物性を使用する。
(理由:LPGが高圧のため超臨界状態であることから)

分類	化学種	モル質量 [g/mol]	粘性 [Pas]	定圧比熱 [J/kgK]	混合割合 [Vol%]
NG	CH4	16	38.3×10^{-6}	2573	100
LPG	C2H6	30.07	9.3×10^{-6}	1764	2
	C3H8	44.10	106×10^{-6}	2616	96
	CH4H10	58.12	7.6×10^{-6}	1700	2

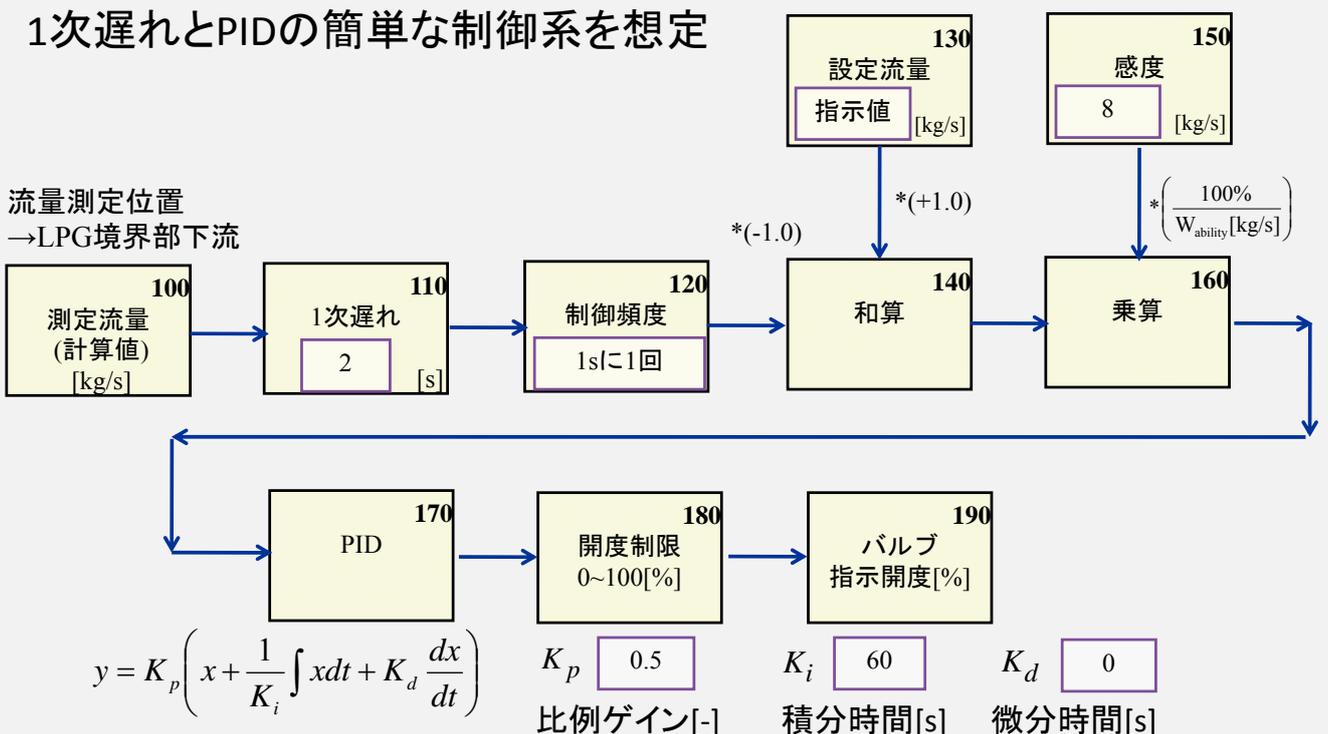
熱量の値は文献2を参照した。ブタンはiとnの平均値を使用。

成分	CH4	C2H6	C3H8	CH4H10
熱量 [MJ/m ³ N]	39.9	69.8	99.2	128.4

解析事例(3) 熱量調整系の制御系と流体の連成解析

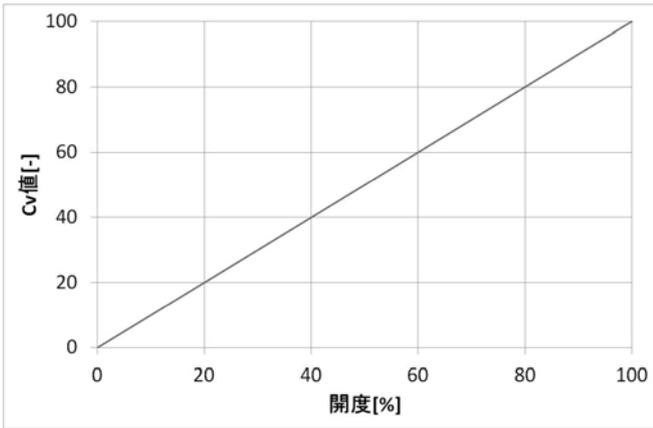
計算条件(制御系)

1次遅れとPIDの簡単な制御系を想定



解析事例(3) 熱量調整系の制御系と流体の連成解析

計算条件(制御バルブ)



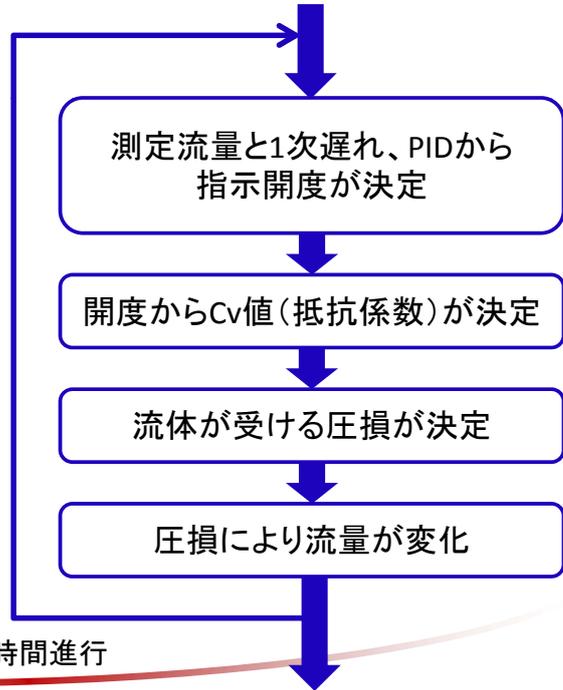
開度とCv値の関係

圧損と抵抗係数の関係 $\Delta P = \frac{K}{2} \rho u^2$

Cv値と抵抗係数の関係 $K = \left(\frac{A_{100}}{C_v f_{cv}} \right)^2 \frac{2}{\rho_{H2O60F}}$

f_{cv} と ρ_{H2O60F} は単位換算係数

制御系と流体の連成解析

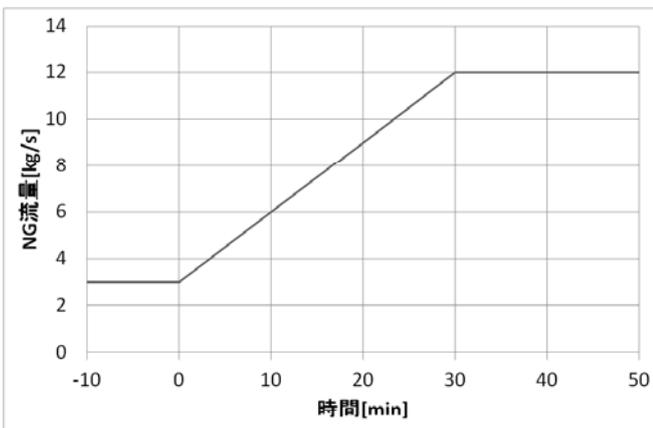


時間進行

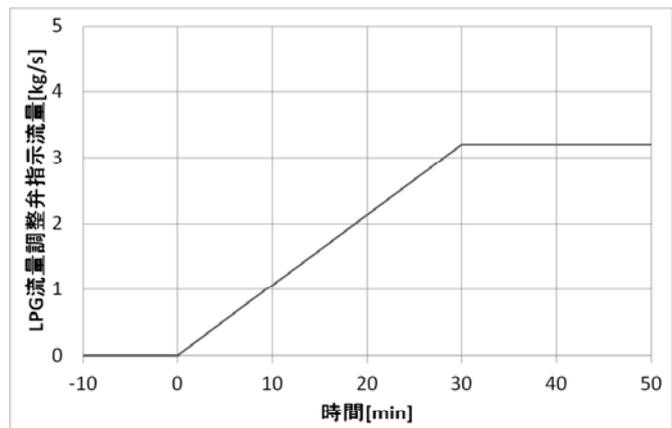
解析事例(3) 熱量調整系の制御系と流体の連成解析

計算条件(30分起動)

ここでは、シミュレーションのために簡易的な流量増加トレンドを想定

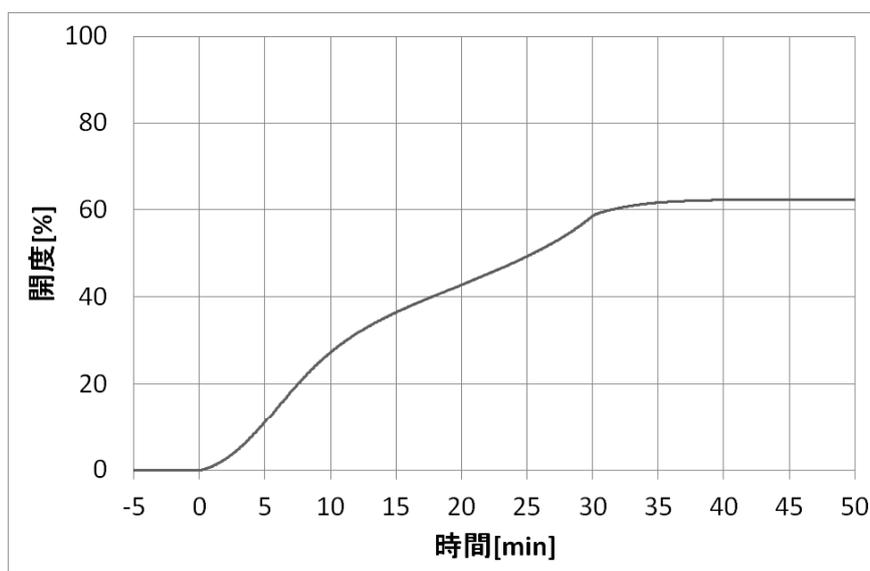


NG流量



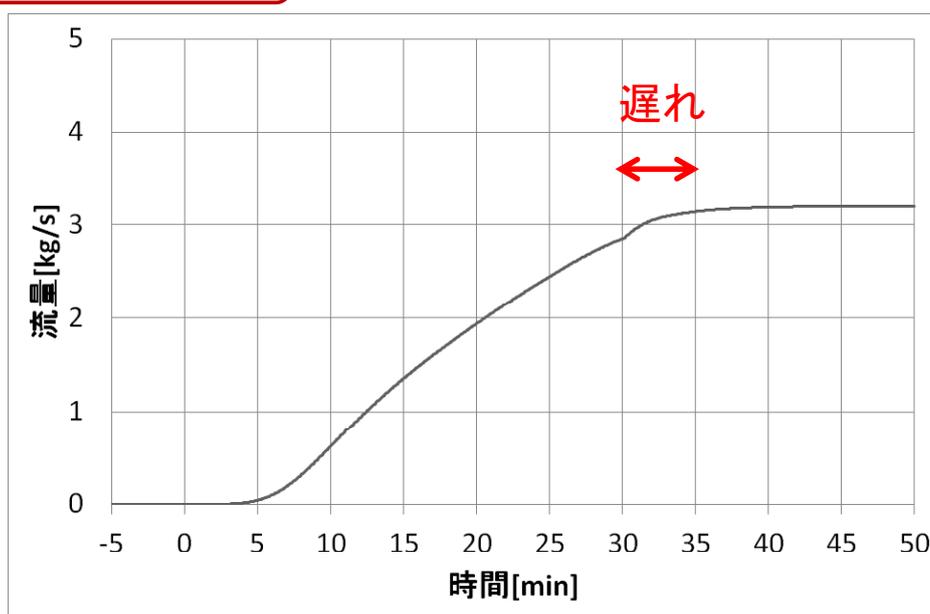
LPG指示流量

計算結果(30分起動)



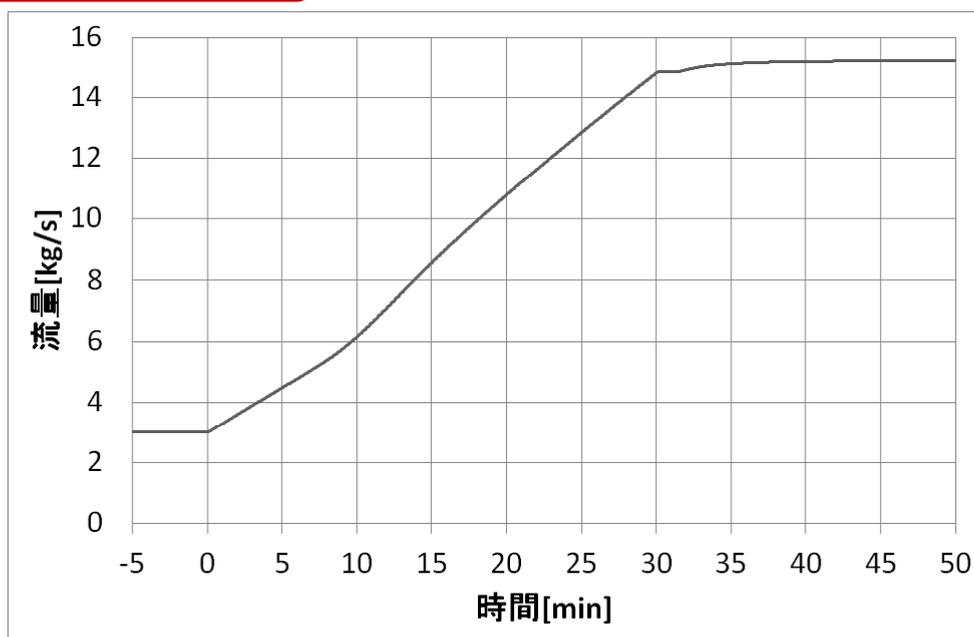
LPG流量調整弁の開度の時間変化

計算結果(30分起動)



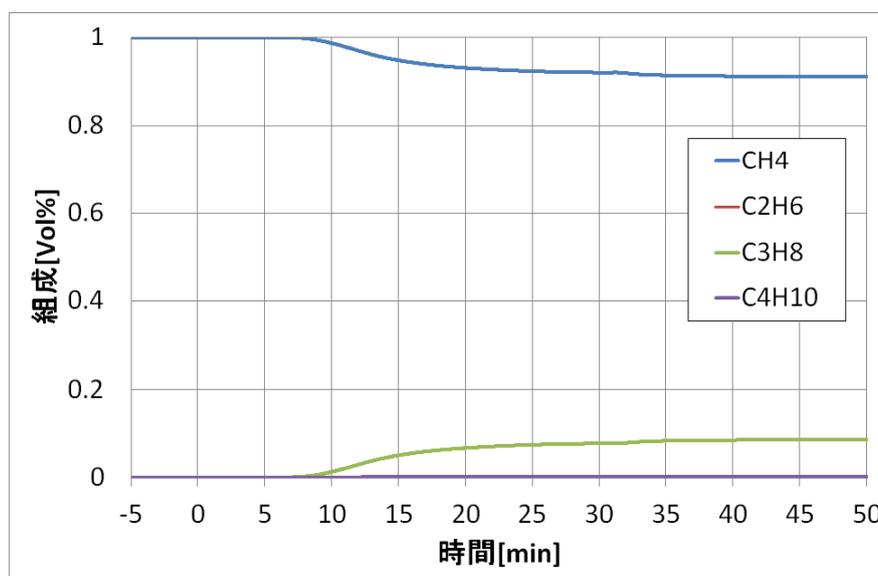
LPG流量の時間変化

計算結果(30分起動)



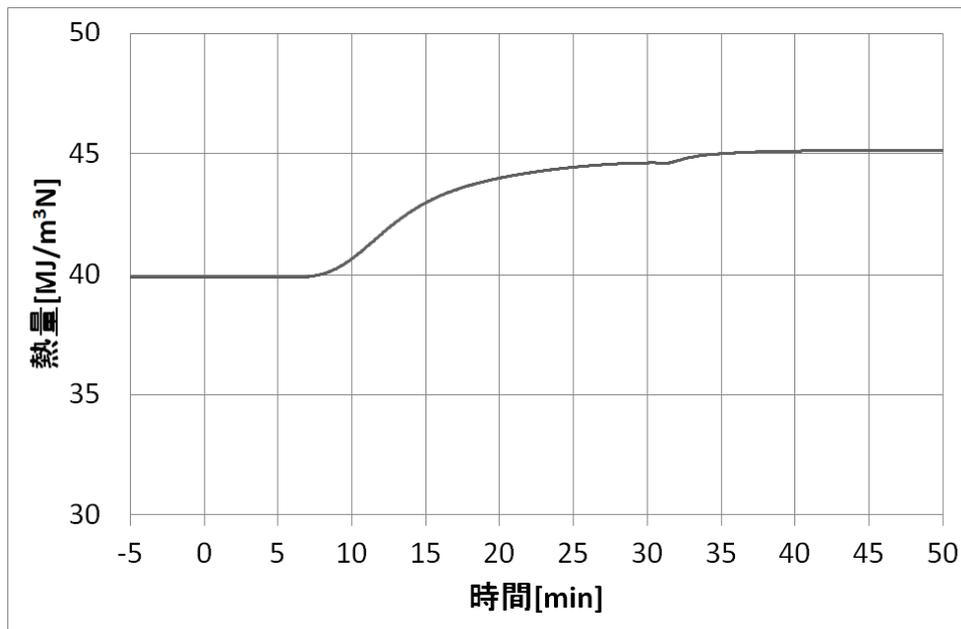
混合ガスの流量の時間変化

計算結果(30分起動)



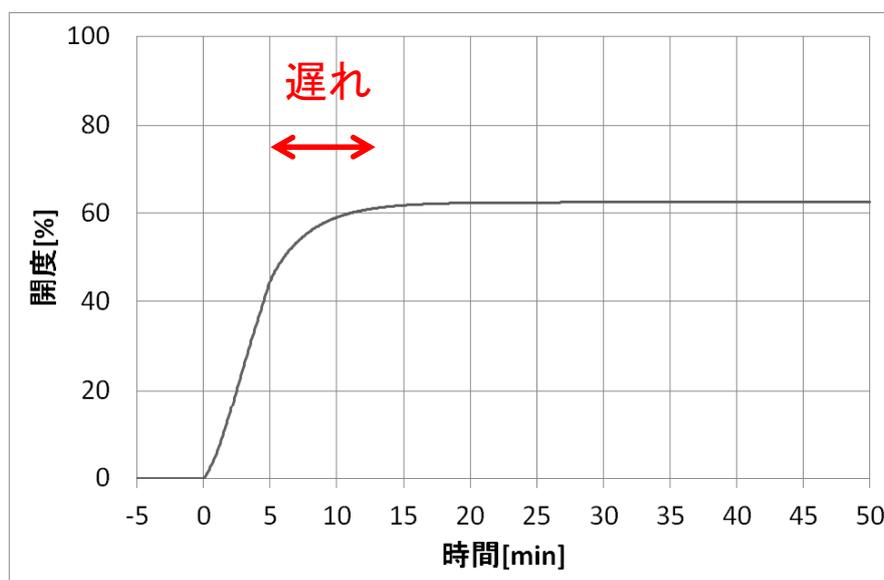
混合ガスの組成の時間変化

計算結果(30分起動)



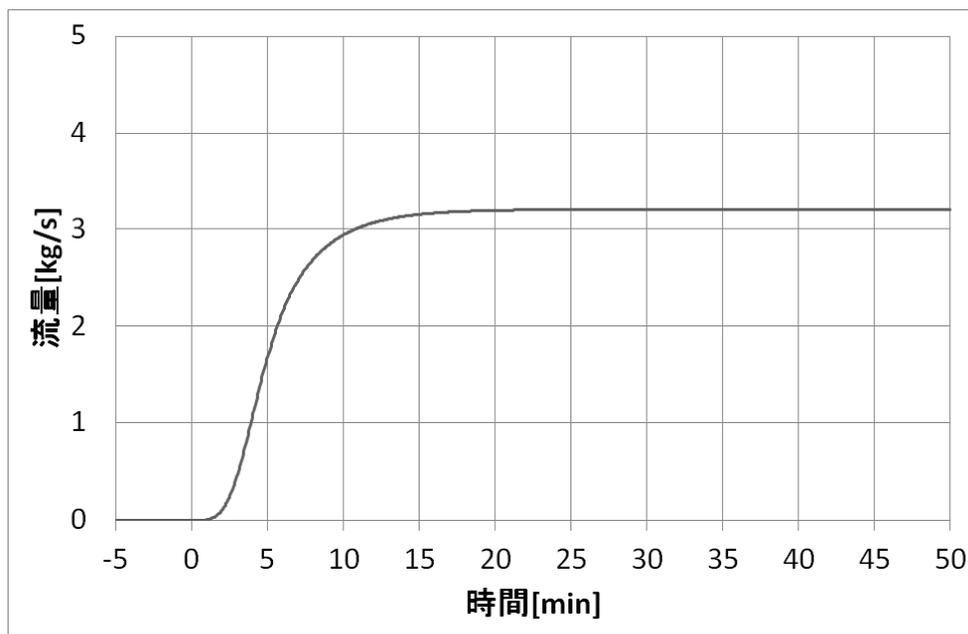
混合ガスの熱量の時間変化

計算結果(5分起動)



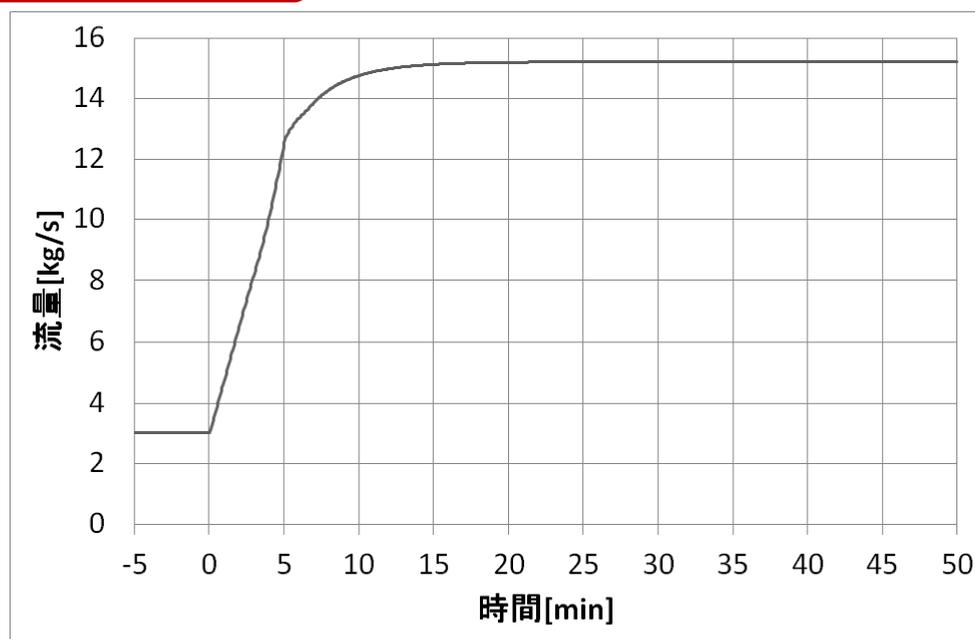
LPG流量調整弁の開度の時間変化

計算結果(5分起動)



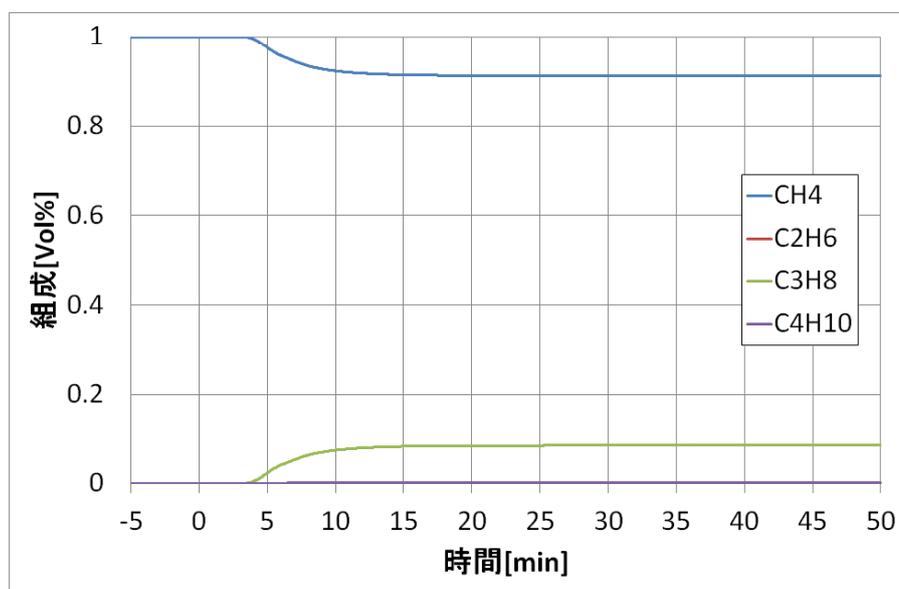
LPG流量の時間変化

計算結果(5分起動)



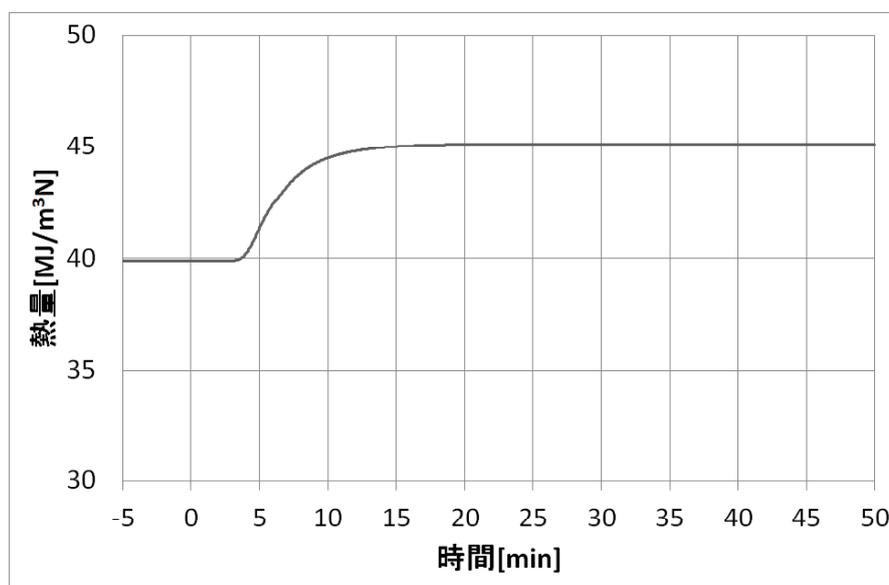
混合ガスの流量の時間変化

計算結果(5分起動)



混合ガスの組成の時間変化

計算結果(5分起動)



混合ガスの熱量の時間変化

まとめと今後の課題

- ・AFNGを使用して都市ガスの熱量調整設備を模擬して計算を行った。LPG流量はPID制御の結果、5分程度の遅れが出ることが分かった。起動時間を5分としても流量の振動、ピークなどは出なく、安定して起動を行えるという結果を得た。
- ・NGは気化器から取り出している。気化器は夜間放置時などにもLNG液面から蒸発が続いており、プラント起動時には溜まっていたメタンリッチのNGが流出するなど、実際には流量も熱量も変動がある。
- ・本計算は、混合ガス側の計算熱量から得たLPG指示流量を使用せず、今回は予めこれを与えた。制御系内で測定熱量から指示流量を算出する機能を導入することが今後の課題である。

解析事例(4)

燃料ガス系の緊急時の送出過渡解析 ～株式会社オメガシミュレーション様とのコラボ事例～

関連キーワード: ガス組成変化、過渡解析、臨界流、
フレアスタック

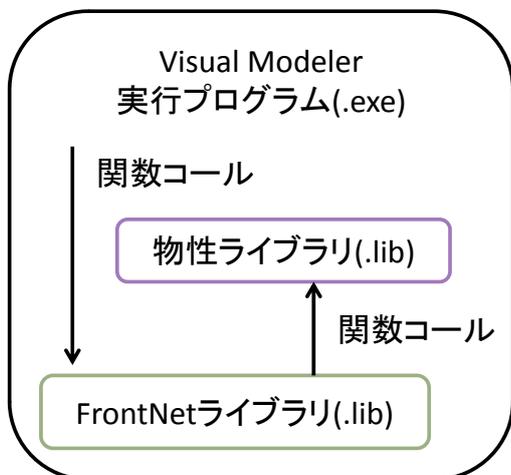
参考: 清水雅嗣、「ダイナミックプロセスシミュレータと管路系流体解析」、
アドバンスシミュレーションVol18.

背景

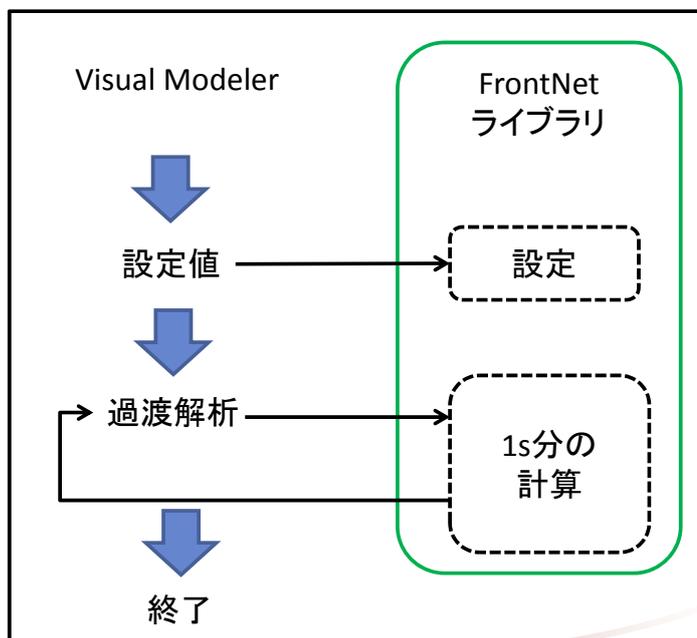
- ・福島原発事故などをきっかけに、火力発電所の稼働が活発となり、火力発電の燃料となるLNGに関する解析が増えている。
- ・株式会社オメガシミュレーション殿においては、日本国内外20か所以上のLNG受入れ基地にダイナミックプラントシミュレータ「Visual Modeler」を核としたソフトウェアパッケージ群「OmegaLand」の運転訓練シミュレータや動的解析の納入実績があり、現場のニーズを押さえている。
- ・今回、アドバンスソフト(株)と株オメガシミュレーションの取組みでOmegaLandに管路系過渡解析ソフトウェアAdvance/FrontNet/Γを組み込み、テスト解析を実施したので紹介する。

組み込み方法と計算の流れ

組み込み方法



計算の流れ

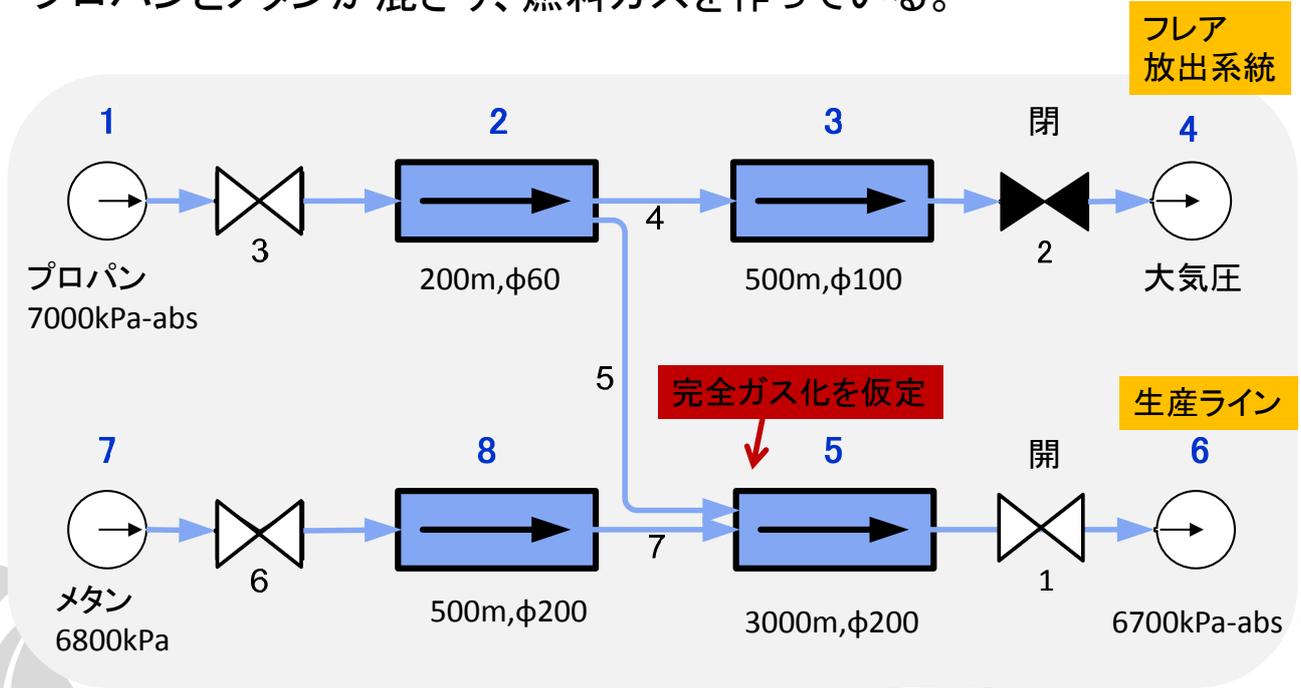


※これらは
現在リリースに向けて整備中

解析事例(4) 燃料ガス系の緊急時の送出過渡解析

計算モデル

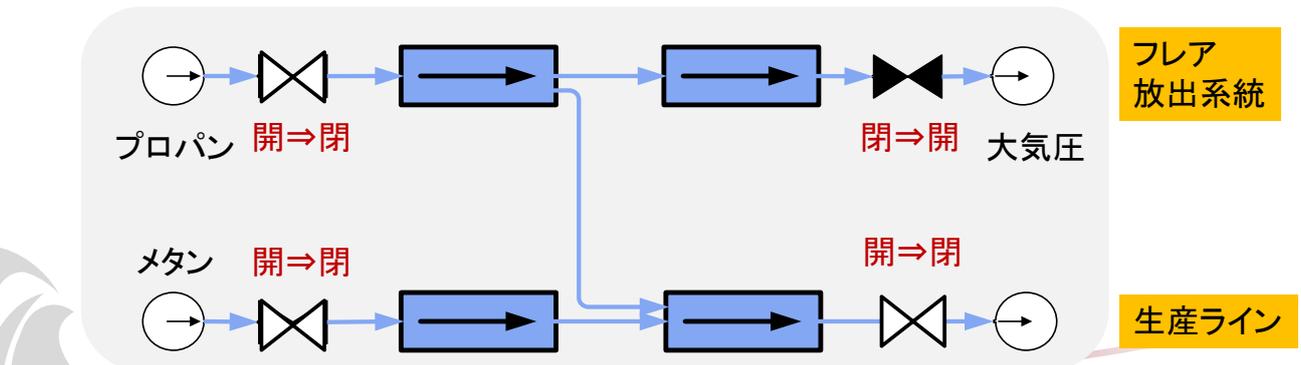
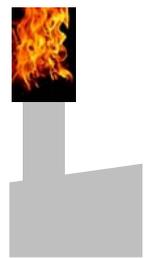
プロパンとメタンが混ざり、燃料ガスを作っている。



解析事例(4) 燃料ガス系の緊急時の送出過渡解析

補足: フレアスタック

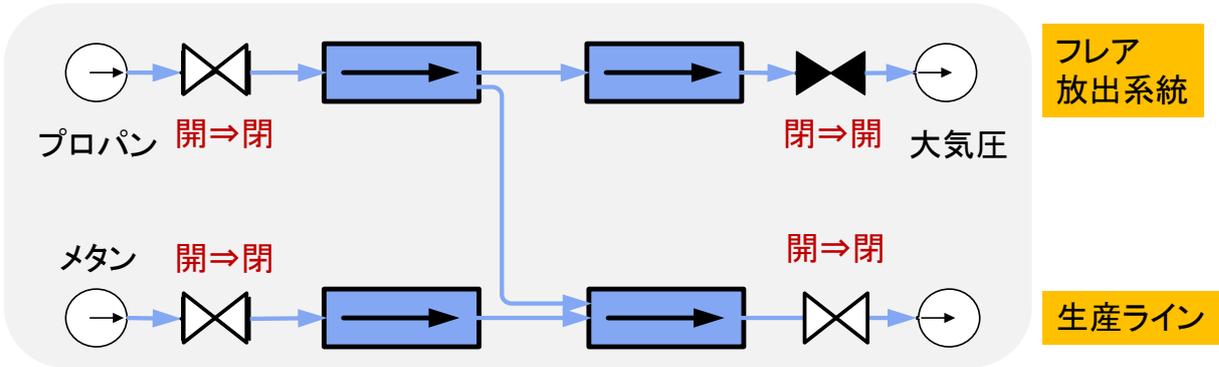
- ・フレアスタック⇒化学プラントなどで出た余剰燃料ガスを無害化するために燃やして排出する方法
- ・配管内にガスが滞留⇒爆発事故
フレア放出系統が用意されている。
- ・燃焼までは考慮せず、大気開放までとする。
流速は十分大きいとし、炎の配管への侵入を考慮しない。



解析事例(4) 燃料ガス系の緊急時の送出過渡解析

過渡シナリオ

- ・通常時、燃料は下側の「生産ライン」に流れている。
 - ・緊急時、生産ラインに燃料が流れ込むのをストップさせ、大気開放するような操作を実施したとする。
- このとき、大気開放部では圧力差が大きいいため、臨界流となる



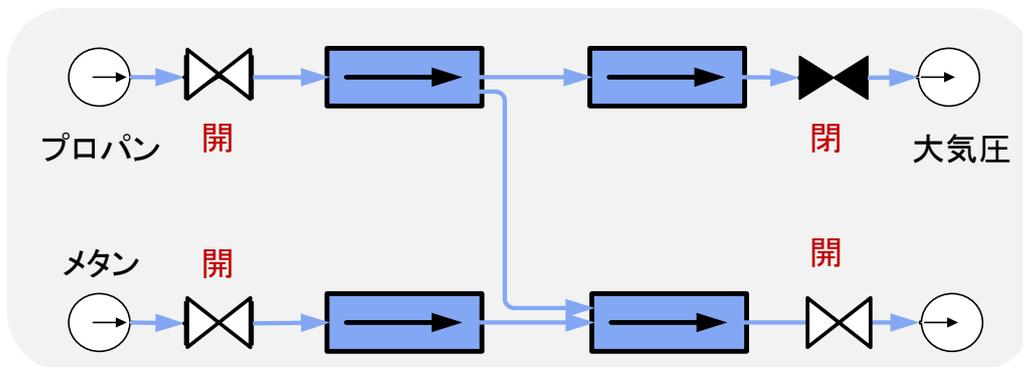
⇒配管中の燃料がすべて排出されるまでの時間を調べる。

解析事例(4) 燃料ガス系の緊急時の送出過渡解析

計算

・定常状態

プロパン100%
メタン0%



プロパン0%
メタン100%

プロパン28%
メタン72%



計算

・過渡時の圧力変化

当日、プロジェクトにて

生産ライン

フレア放出ライン

⇒動画を参照



計算

・過渡時の流量変化

当日、プロジェクトにて

生産ライン

フレア放出ライン

⇒動画を参照

計算

・過渡時の密度変化

当日、プロジェクトにて

生産ライン

フレア放出ライン

計算

・過渡時の組成変化

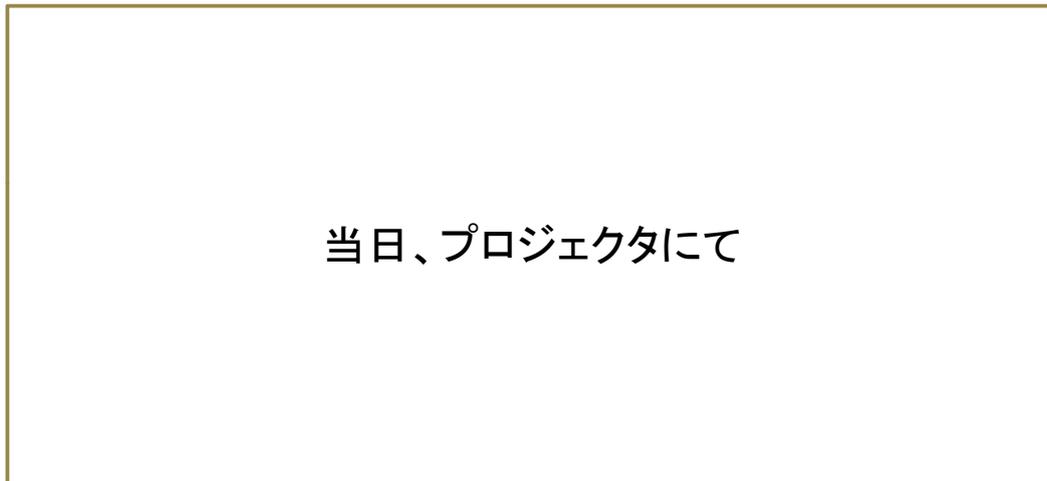
当日、プロジェクトにて

生産ライン

フレア放出ライン

計算

・過渡時の熱量変化



当日、プロジェクトにて

生産ライン

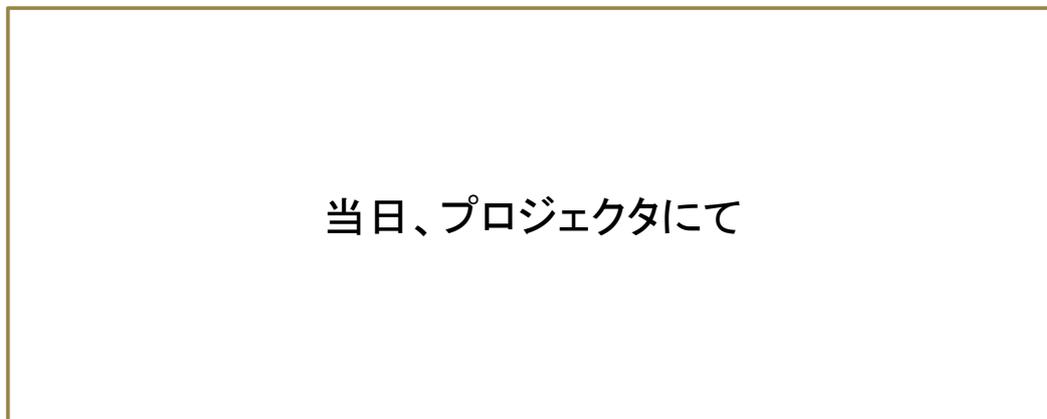
フレア放出ライン

計算

・臨界流の計算について

$$\frac{P_{out}}{P_{in}} = \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$

圧力比が臨界圧力比よりも小さい場合に、
臨界流モデルを適用し、流速を音速とする。



当日、プロジェクトにて

流速

臨界圧力比から
得られる上流圧力

まとめ

- ・AFNGを用いて燃料ガス系を模擬して計算を行った。
緊急時を想定してフレア放出弁を開け、管内の残留ガスを排気する計算を再現することができた。このとき、大気開放したことから臨界流となった。
- ・本体系では、バルブ開放後、約50分間は流速が臨界速度に相当する音速に維持されるという結果を得た。
- ・プラントシミュレータOmegaLandの機能の中でオペレータの訓練シミュレータやリアルタイムシミュレータとして緊急時のオペレーション予測に役立てられるように、さらなる開発・改良を行っていく。