

# プロセス新塾～2021考究 化学工学の基礎

名古屋工業大学 橋本芳宏  
2021年12月10日(金)



スクーリングで集まった機会に  
互いに、制御に関する情報交換をしながら  
交流を深めるきっかけをつくりましょう。

グループで、制御対象の理解について  
ディスカッションしながら、  
知見を共有しましょう。

# テキスト：プロセス制御のための化学工学

## 第1章. 制御対象の把握

制御って、弁の開閉やスイッチの入切で、対応するしかない。  
できる限度は、装置の設計で決まってしまう。  
(限界運転による効率化、制御による装置コストの軽減、  
改修の健全性確保には、対象の理解が不可欠)



### 1.1. プロセスの設計と制御

何を管理すべきか (設計時に考慮されたことが、管理ポイントとして明記されているか)  
JCOのように、設計時の条件を守っていれば安全が確保されるはずだったが、  
操業環境の変化で、設計時からの変更が起こり、  
設計時には考慮していたはずのリスクが顕在してしまう危険性もある。

管理の基本は、シングルループの連動

正しく、連動するかチェックの基本は物質収支

### 1.2. 各装置の制御問題

(装置能力を決める限界とは)

化学工学の知見と制御の接点として、  
実験やシミュレーションをしなくても、対象の原理を理解することで  
こんな制御をすべきと議論できる可能性があることを蒸留塔で示している。

## 第2章. 各装置の動的モデルと動特性の特徴

化学工学の知見による制御対象のモデル化 (非線形モデルの基本であり王道)  
化学工学とは、できるだけ大まかに見る、理解のしやすさをめざすのが特徴

## 第3章. 現象理解の基礎

教科書として、全部読むことは要求しません。  
便覧のように必要な情報をひく資料と位置付けていただければけっこうです。

# 本スクーリングのトピックス

## 制御と自由度(コントローラ間の関係)

化学工学の基本として理解していただきたいのは、以下のことです。

- できるだけマクロにシンプルにものを把握する

原油やポリマーのような本来複雑なものの製造を必要な機能に分解し、単位操作(反応、蒸留、晶析、濾過など)の装置の組み合わせで実現する。

化学工学での解析原理

- 収支(幼稚園児でも知っている原理)  
(蓄積量の変化) = (入) - (出) + (生成) - (消失)
- 速度とドライビングフォース(オームの法則)  
流量は圧力差 拡散は濃度差 伝熱は温度差

プロセス塾開始当初は、プラントの収支計算をグループワークの最初の課題としていましたが、プラントには無関係な受講生が増えてきたので、続々プロセス塾のグループワークでは、制御ループ構成問題から始めます。

**「制御系の調整では解決できない構造的な問題」**

の存在を知っていただき、頭の体操として、問題解決に取り組んでいただきます。



# 本スクーリングのトピックス

## さじ加減の問題と構造の問題

### コントローラの基本的な動作

多ければ減らす、少なければ増やす

$$\frac{dMV}{dt} = K \cdot (SV - PV) \quad \text{積分制御}$$

偏差がゼロにならない限り、操作をつづける→オフセットフリー

### プロセス制御は、プラントをうまく動かす技術

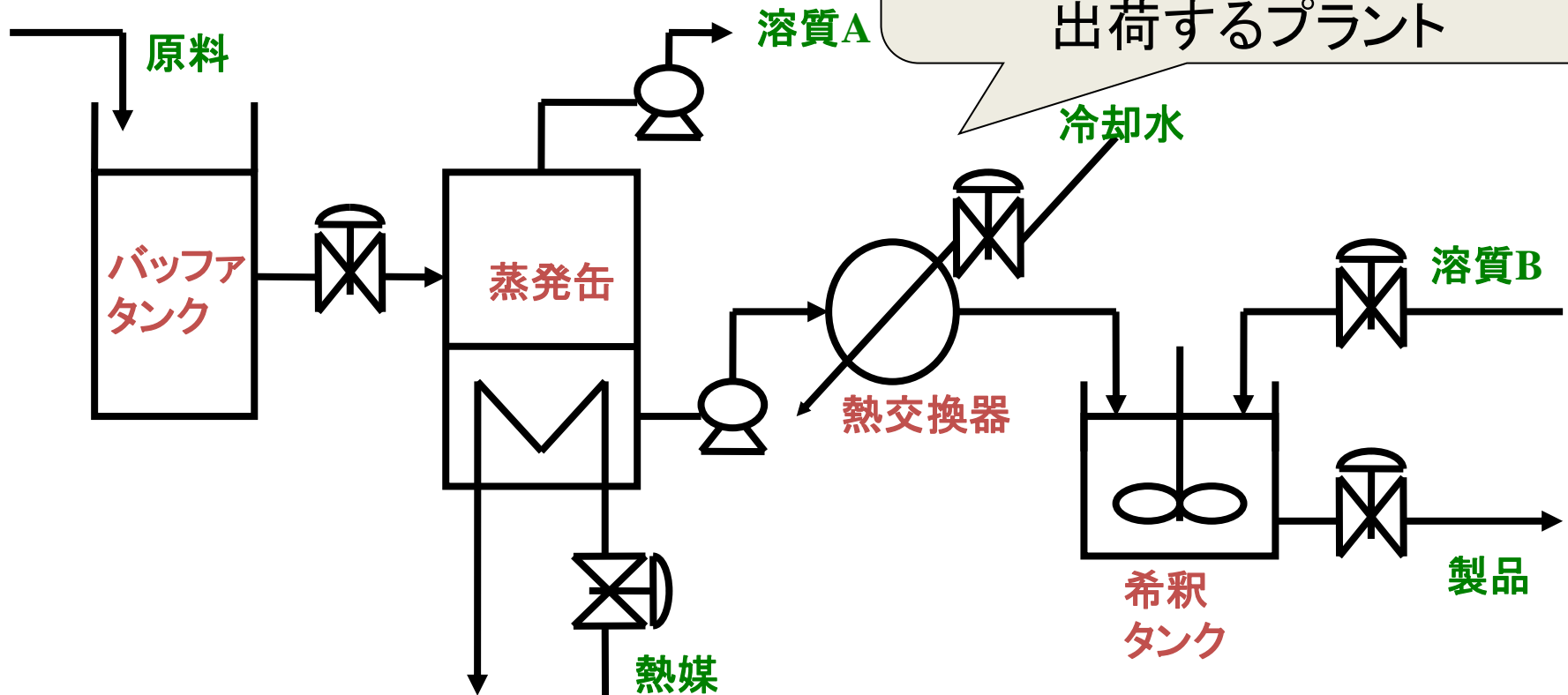
- プラントは、本来、多変数系
- この補正動作の組み合わせで、プラント全体をうまく動かす
- 多くのプラントで、一人のオペレータが数100から1000を超える制御ループを管理  
(プラントオペレーション研究会アンケート2005年)
- モデル予測制御では、数100の制御量を同時に扱うものの存在
- 多くのMV,PVの間の関係を、どのように把握したうえで、制御系の構造を設計するか？



# うまく動かすとは

制御＝うまく動かすこと

原料から溶質Aを除去し、  
溶質Bを加えて、  
出荷するプラント



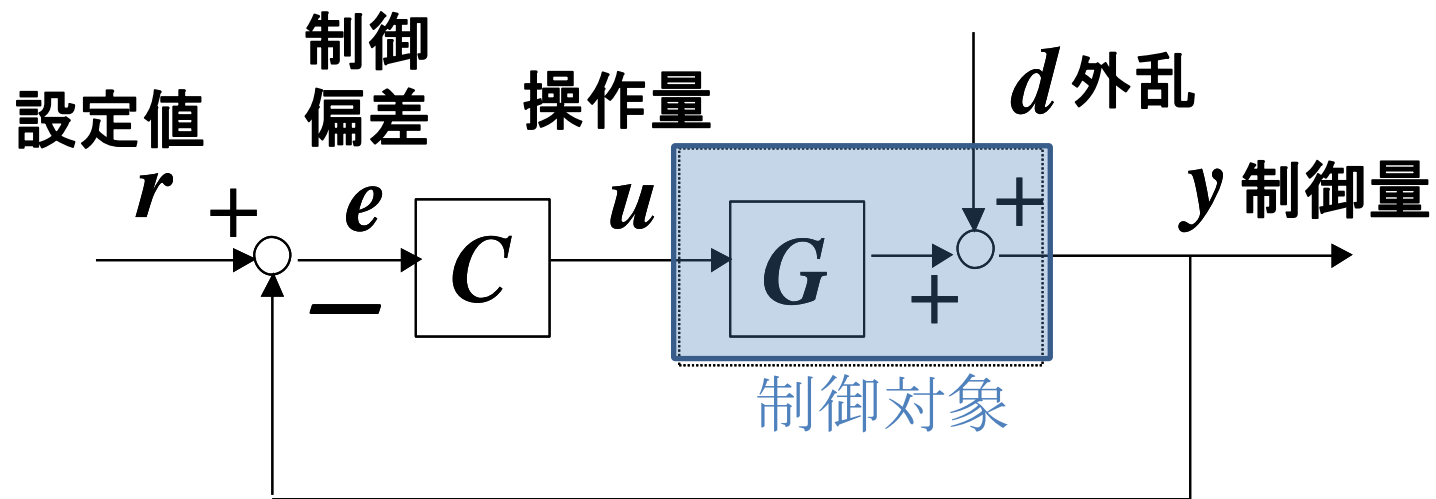
うまくない状態って？

- ・あふれたり、空になったら困る
- ・製品スペックが満たされないと困る



# トピック 0 【課題a,b】

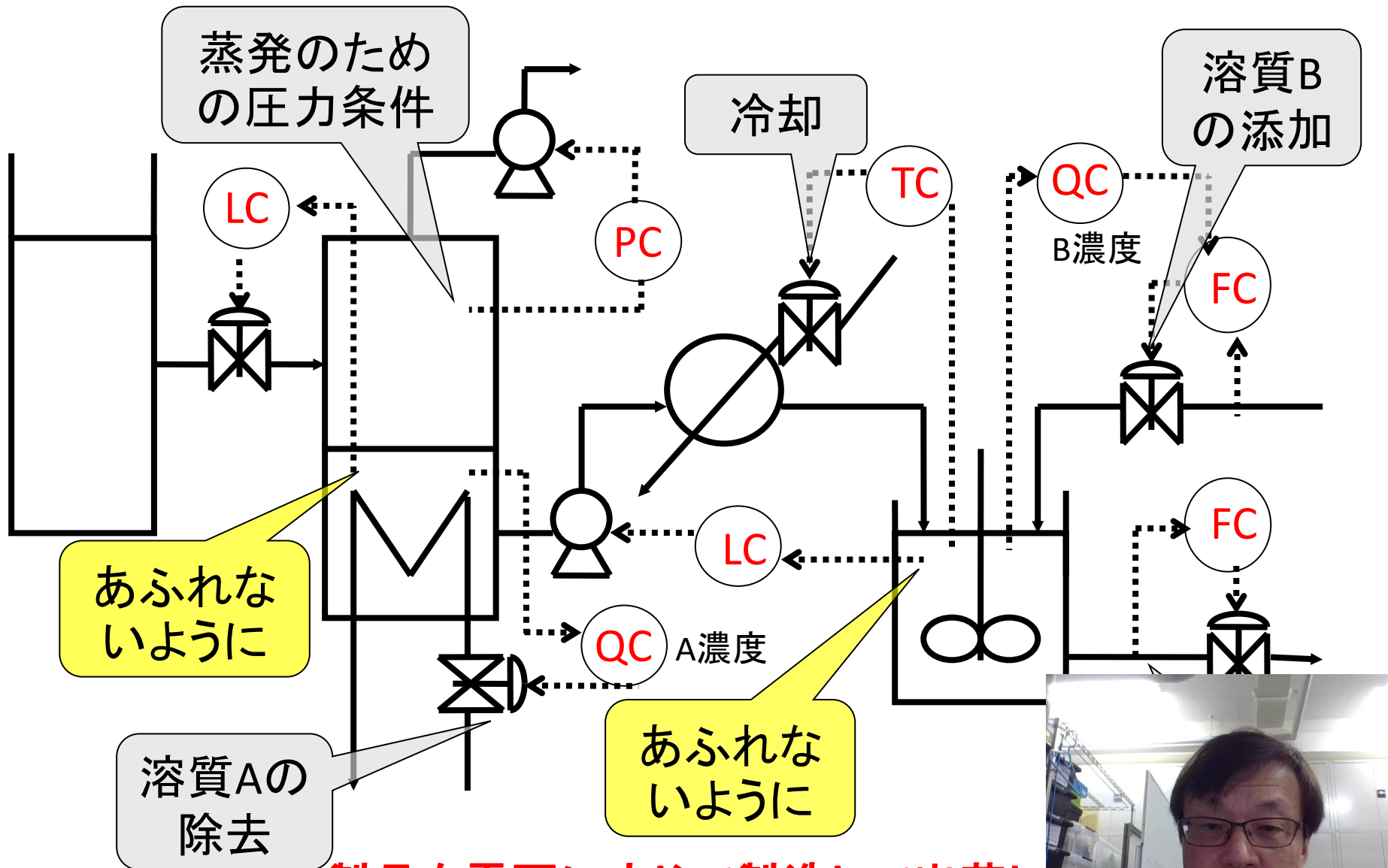
## コントローラの連動での操業



コントローラの操作が、他のコントローラの外乱に



# なにをみて、なにをさわる？

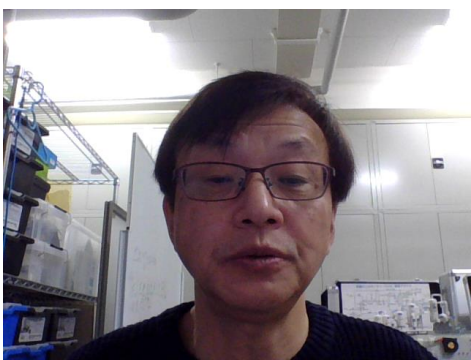
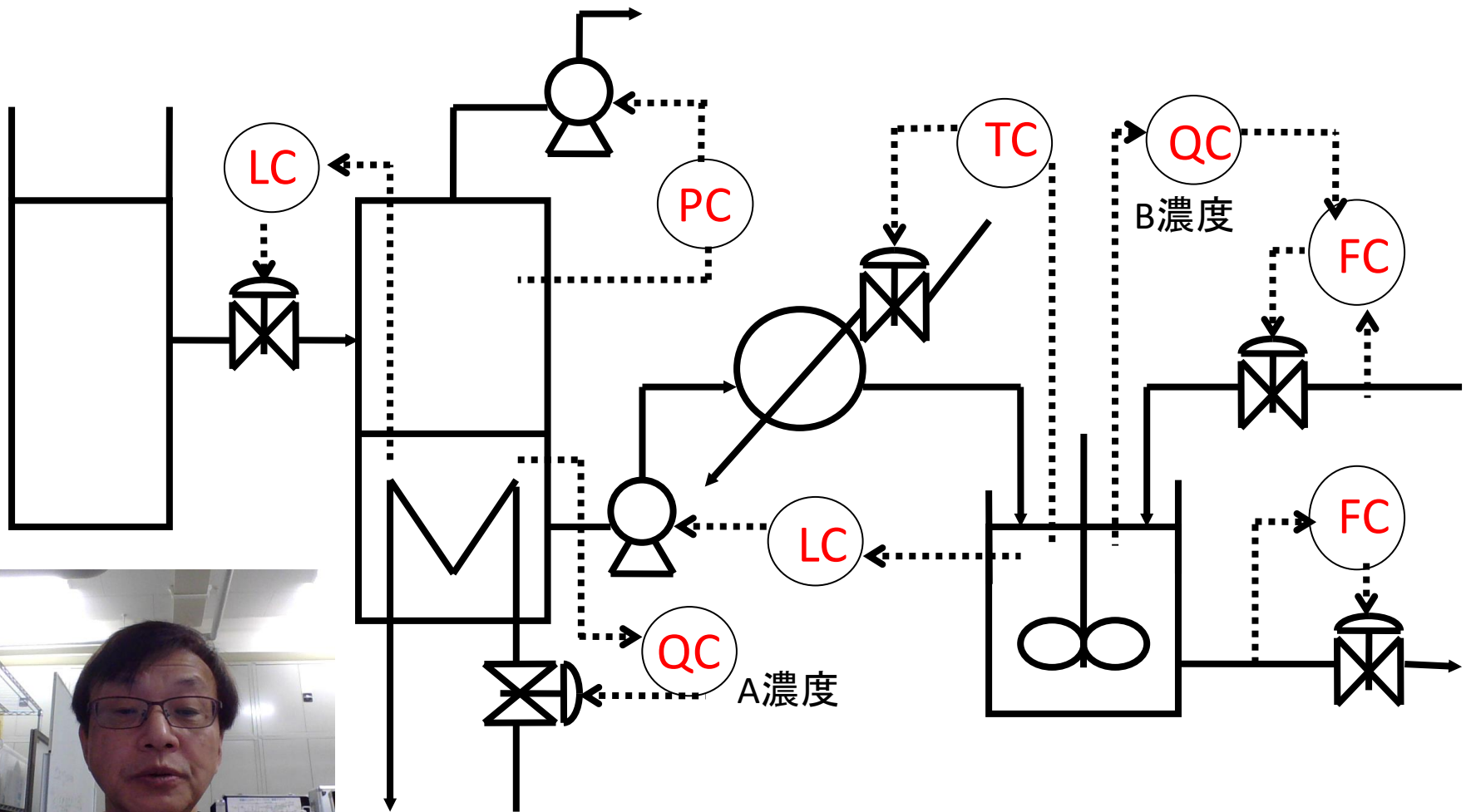


製品を需要に応じて製造して出荷し



# コントローラの連動

製造量を増加するには、すべての流量の変更が必要である。  
製品流量制御の設定値変更後の各コントローラの挙動を説明せよ。

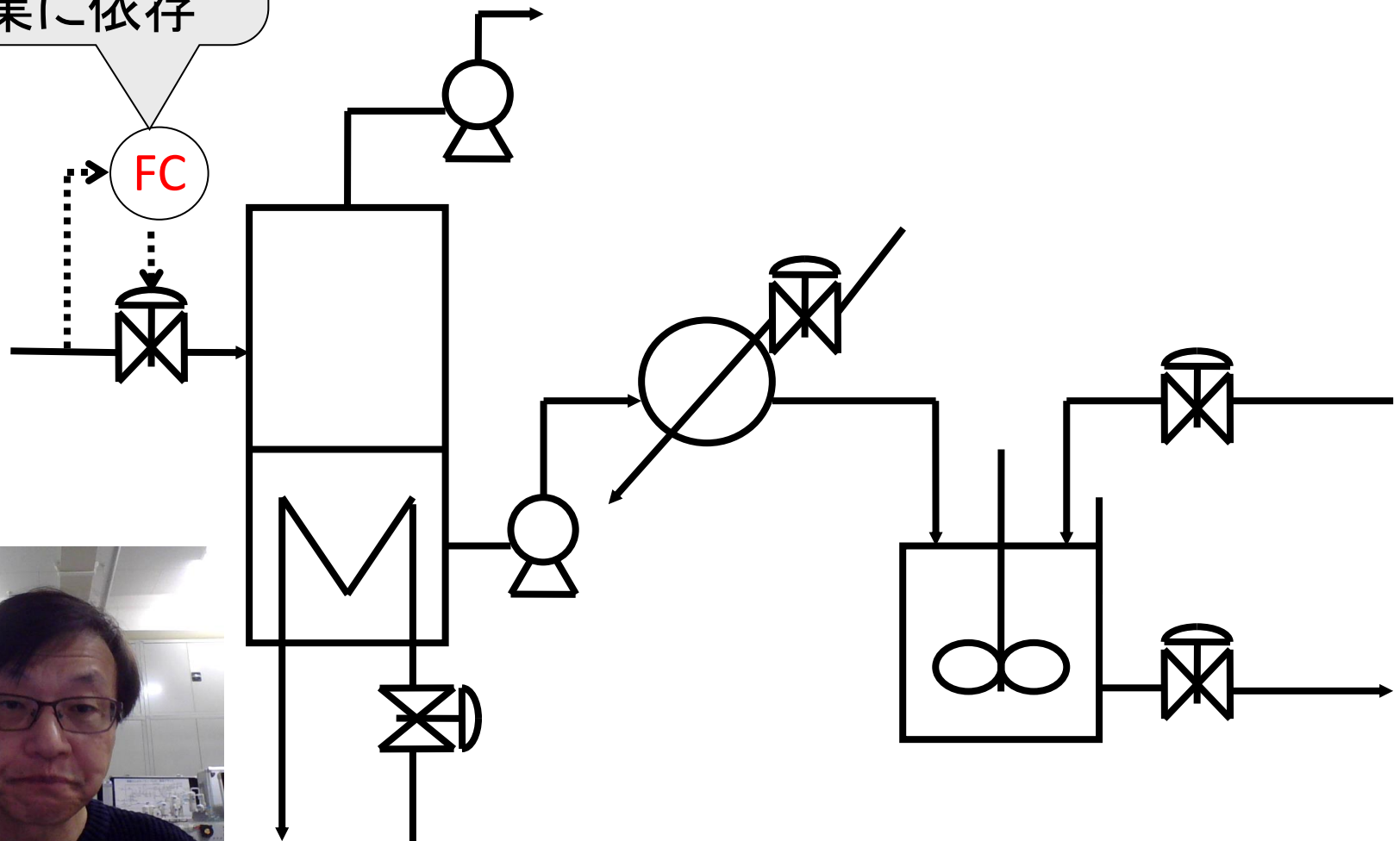




# コントローラの構成

溶質Aを除去して溶質Bを加える廃液プラント  
上流プラントの操作に応じて、廃液処理できる  
コントローラ構成を示せ。

処理量は、  
上流プラントの  
操作に依存



# トピック1【課題c,d】

制御ループの「整合」と「部分不整合」

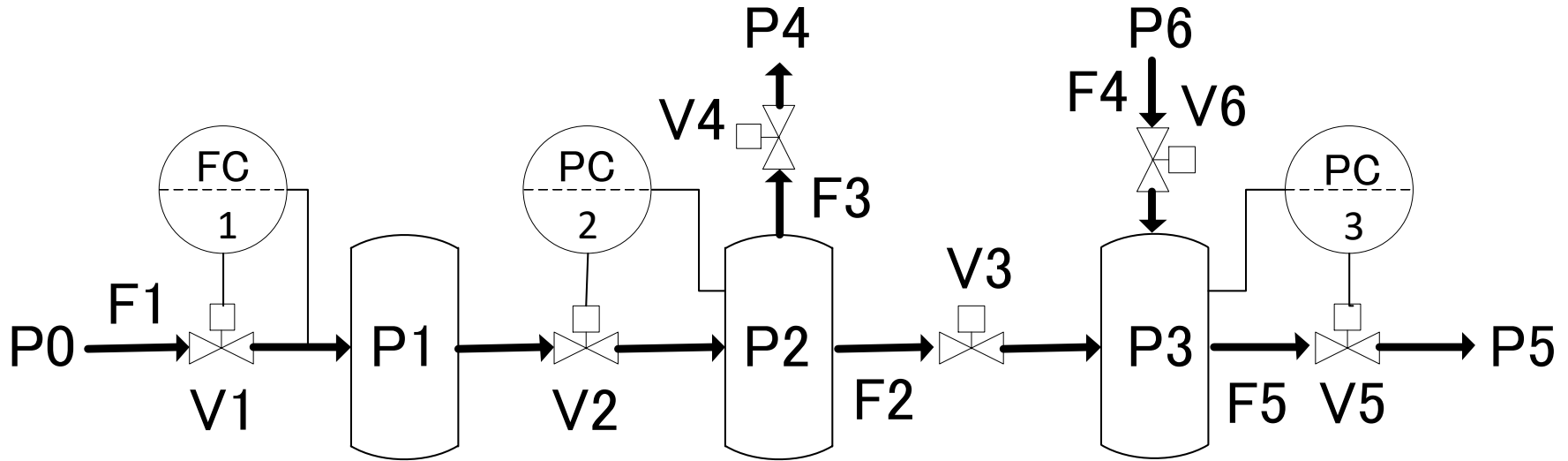


# 現実には発生している構造的問題

- 中東では、スタートアップで落ち着いたたら、コントローラはAutoからManualに切り替えるのがオペレータの常識!?
- コントローラは、混乱の原因?
- ライセンサーによりコントローラ構造を規定されたプラントが接続されると、プラント間の方針の一貫性の欠如で、課題c,dのような問題が発生する。
- コントローラのループ構成を見直すことで、自動制御で稼働できるようになったプラントが存在する。



# 制御ループの整合性(1) 課題c



処理量F1は制御したい。

P1は高くなっても問題ないので、放置し、

分岐するところの圧力P2は、圧力を制御して安定させたい。

合流するところの圧力P3も、安定操業のため、制御したい。

P0,P4,P5,P6は一定として、上記のFC,PCの構成に問題がないか考察せよ。



# 計装用図記号 (Instrumentation Symbols) JIS Z8204

種類	図記号	種類	図記号	種類	図記号
一般計器円記号		オリフィス		バルブ一般	
CRT or マルチループ		ノズル		ニードル弁	
コンピュータ		ベンチュリ管		ボール弁	
表示 個所 を区 別す る場 合	現場or表示なし	容積式流量計		バタフライ弁	
	計器室	タービン式流量計		アングル弁	
	現場盤	渦流量計		三方弁	
基本	電気信号	面積流量計		ダイヤフラム式	
	空気圧	電磁流量計		ダイヤフラム式	
	油圧	管路取付流量計		電動式	
	細管	管外取付流量計		電磁式	
使用 可能 だが 上記 基本 と混 用不 可	電気信号	オリフィス(使用可能だが混用不可)		ピストン式	
	空気圧	液位計		自動操作端	
	油圧	差圧式液位計		自動操作端+手動	
	細管	直付液位計		手動操作端	



# 計装用文字記号 (Instrumentation Symbols) JIS Z8204

文字記号：円記号の中に、変量記号と機能記号を組み合わせて表示

変量記号	変量	変量記号	変量	変量記号	変量
F	流量	L	レベル	T	温度
D	密度、比重	P	圧力、真空	Q	品質[組成、濃度、導電率等] 1)
W	重量、力	V	粘度	E	電気的量1)
M	水分、湿度	R	放射線	N,O,Y	任意選択 2)
K	時間	S	速さ、回転数、周波数	U	多種の変量 3)
G	位置、長さ	H	手動	X	不特定の変量 4)

機能記号	機能	機能記号	機能
I	指示	G	ガラス表示
R	記録	Y	演算、変換、リレー
C	調節	B	状態表示、運転表示
T	伝送	O	制御オリフィス
Q	積算	K	操作ステーション
S	スイッチ	W	保護管
Z	安全、緊急	P	測定点
A	警報	N	任意選択
E	検出	U	多機能計器
V	弁、調節部	X	その他の機能

機能記号を2つ以上配列する場合I,R,C,T,Q,S,Z,Aの順にする

仕様記号：円記号の外側近傍に、補足情報を表記

(1)変量の補足 (2)機能の補足 (3)演算機能の明示

仕様記号	機能	仕様記号	機能
$\text{QR}^{\text{CO}_2}$		$\text{PA}^{\text{H}}_{\text{L}}$	
		$\text{FY}^{\sqrt{\quad}}$	
+	足し算	×	掛け算
-	引き算	÷	割り算
>	高位信号選択	REV	信号反転
<	低位信号		
$\sqrt{\quad}$	開平		
d/dt	微分		
+数値, -数値	バイアス		
1-0	アナログ		
LU	二値に		
I/P	電流/空		



# 事前準備のお願い

- スクーリングがスムーズに進むようにぜひ、事前に、回答用パワーポイントを利用して、各自の回答をご用意ください。
- 事前に提出いただく必要はありませんが、スクーリング終了後に提出をお願いします。
- どうぞ、よろしくお願いします。

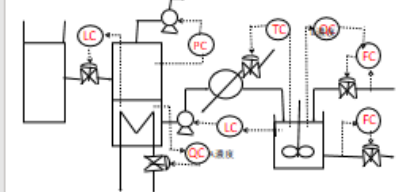


SICEプロセス新塾一考究2020  
2020年12月11日スクーリング  
グループワーク・解答用シート  
講師：橋本芳宏

提出者  
所属：  
氏名：  
受講生番号：

## 課題(a) コントローラの連動

製造量を増加するには、すべての流量の変更が必要である。  
製品流量制御の設定値変更後の各コントローラの挙動を説明せよ。  
プロセス概要：減圧して蒸発させてA成分を除去し、冷却後、  
B成分を加えて、製品として出荷する



## 課題(a) 解答記述用シート

