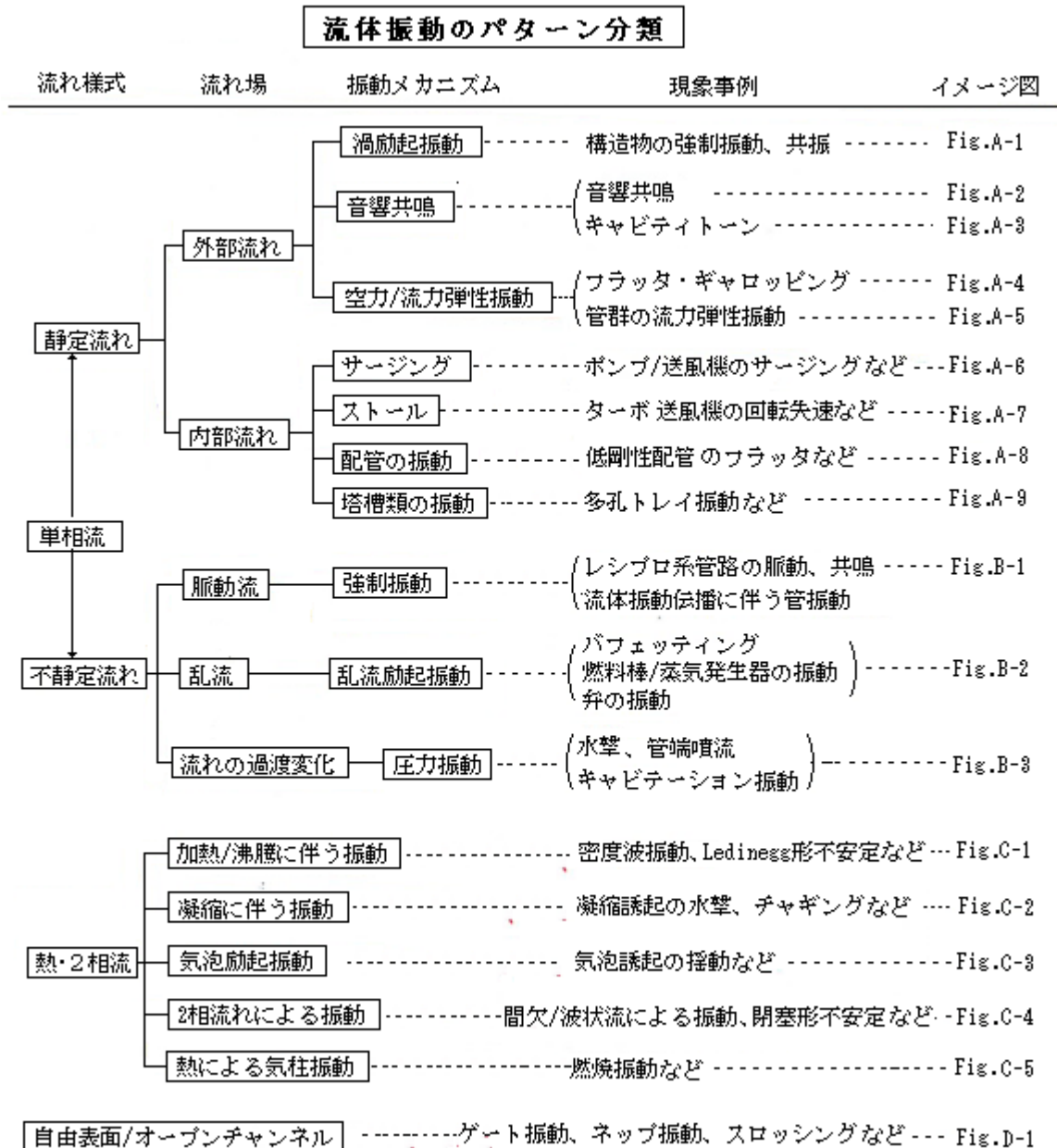


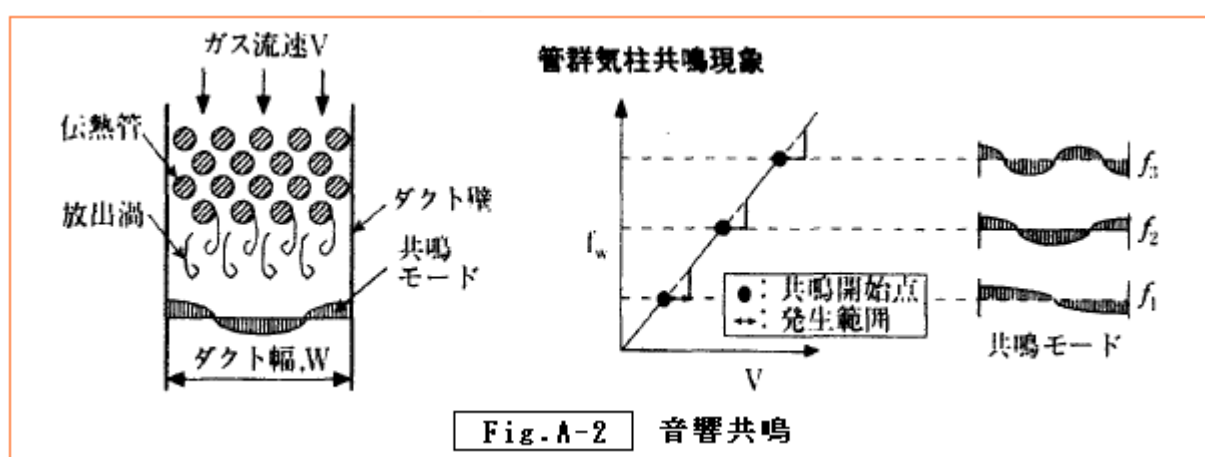
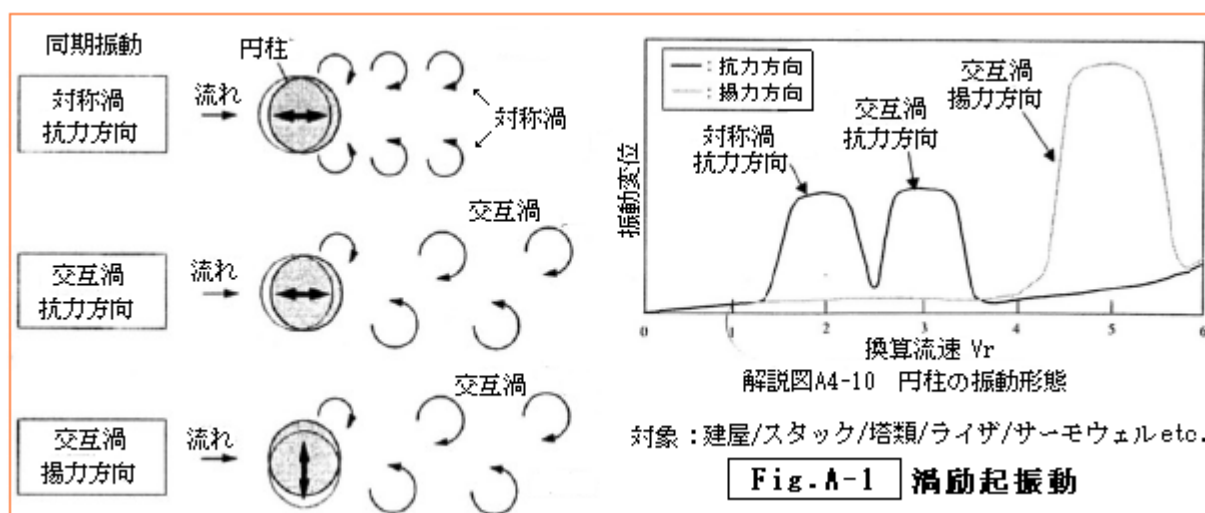
【整番】FE-19-TG-005	【標題】流体振動のパターンとそのイメージ
分類：流れ(流体振動)／種別：技術手引き	作成年月：H20.3／改訂：Ver0.0 (H20.3)
	作成者：N.Miyamoto

全 13 枚

流体振動は多様多種であって、これを合理的に分類することは相当に難しい。ここでは、その発生のパターン(流れ-構造物-振動メカ)によってその分類を行い、パターン毎にその振動の様態をまとめてみた。流体振動問題の総覧(あるいは早見)として利用できると思う。

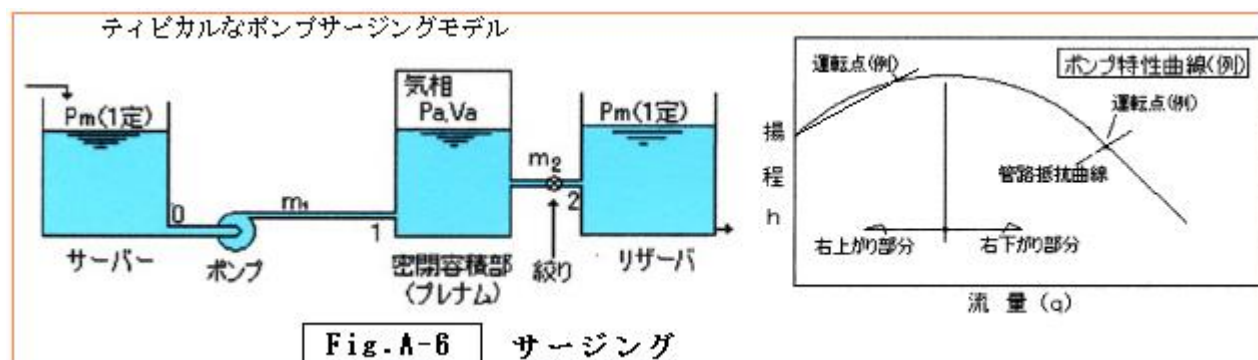
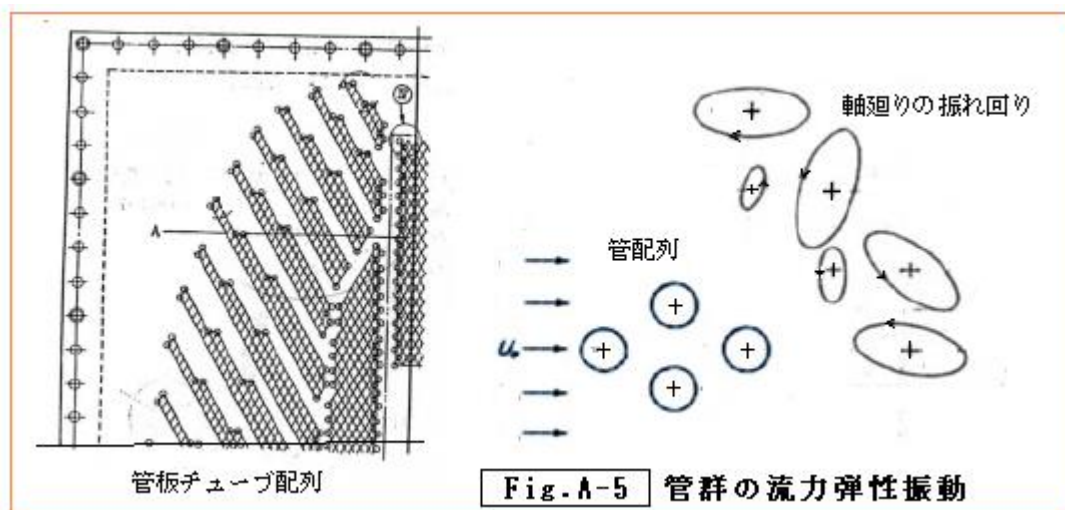
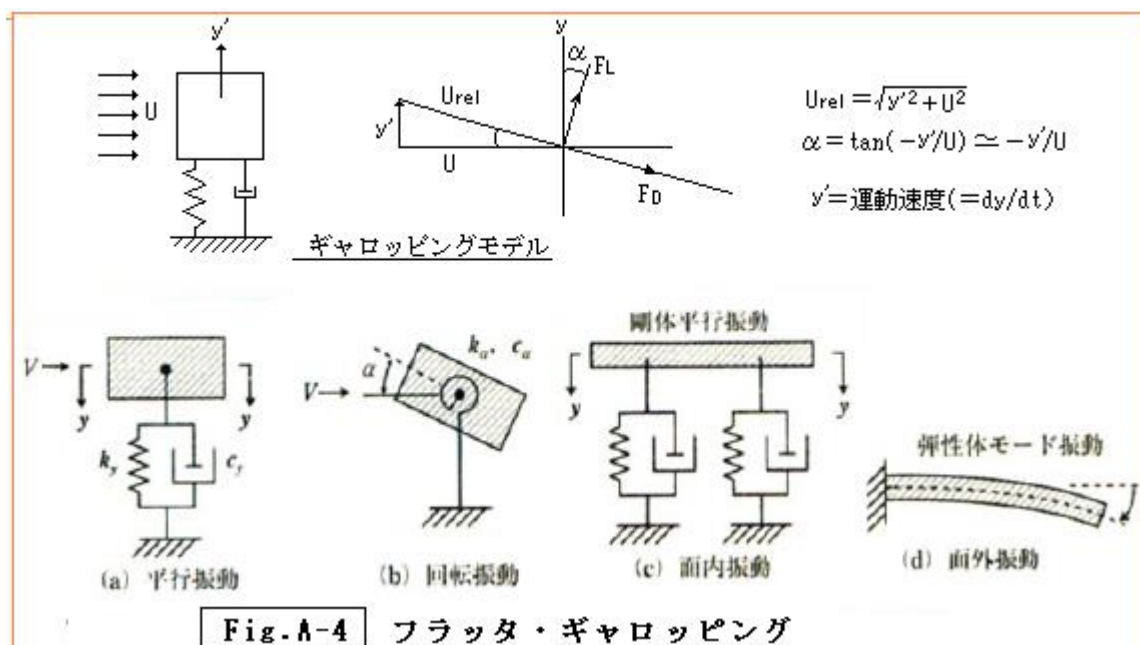


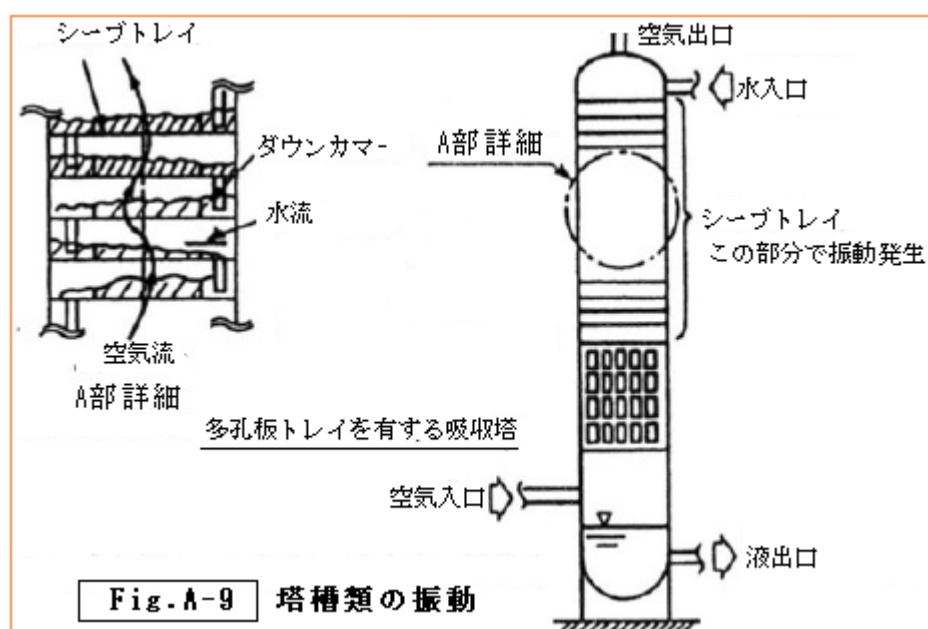
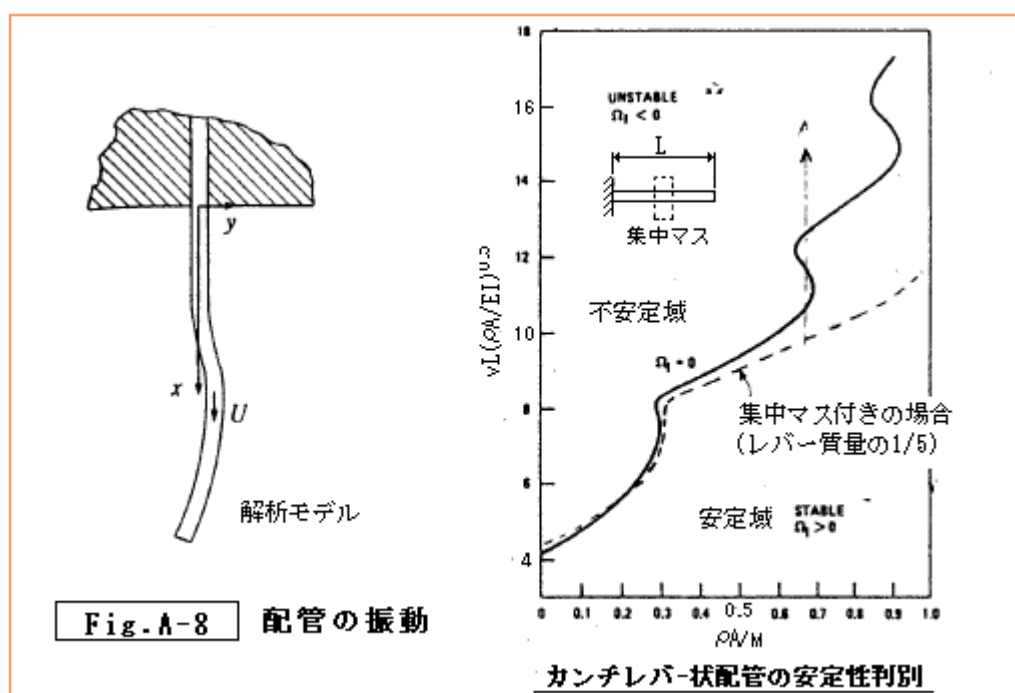
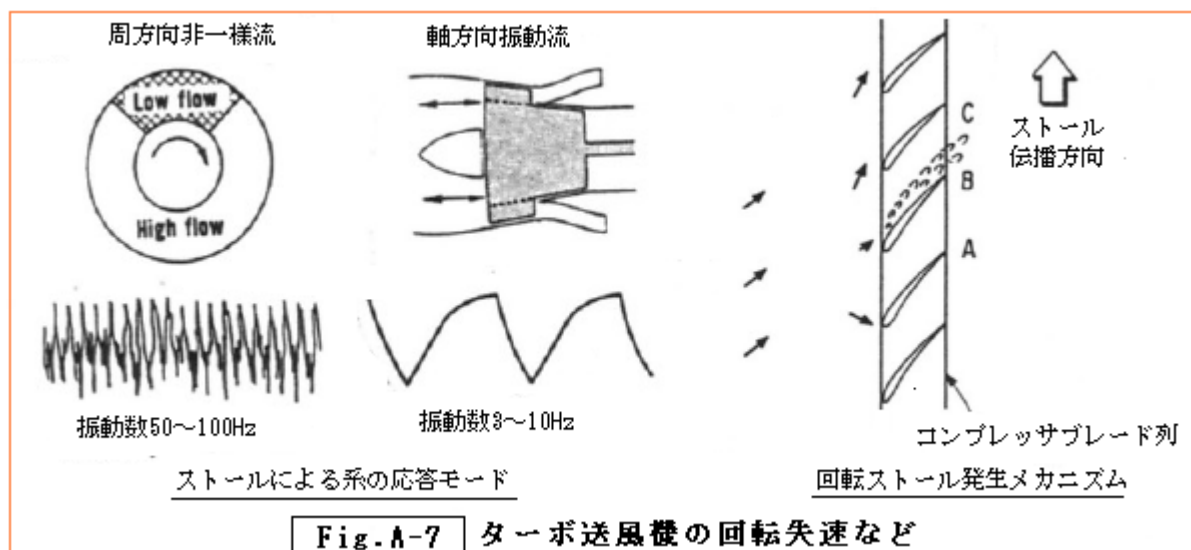
以上の分類は、文献(1)を多少補足したもの。分類に関する他の提案を添付 A,B に示す。添付 B は上記の分類に類似している。2 相流の詳しい分類については添付 C を参照のこと。

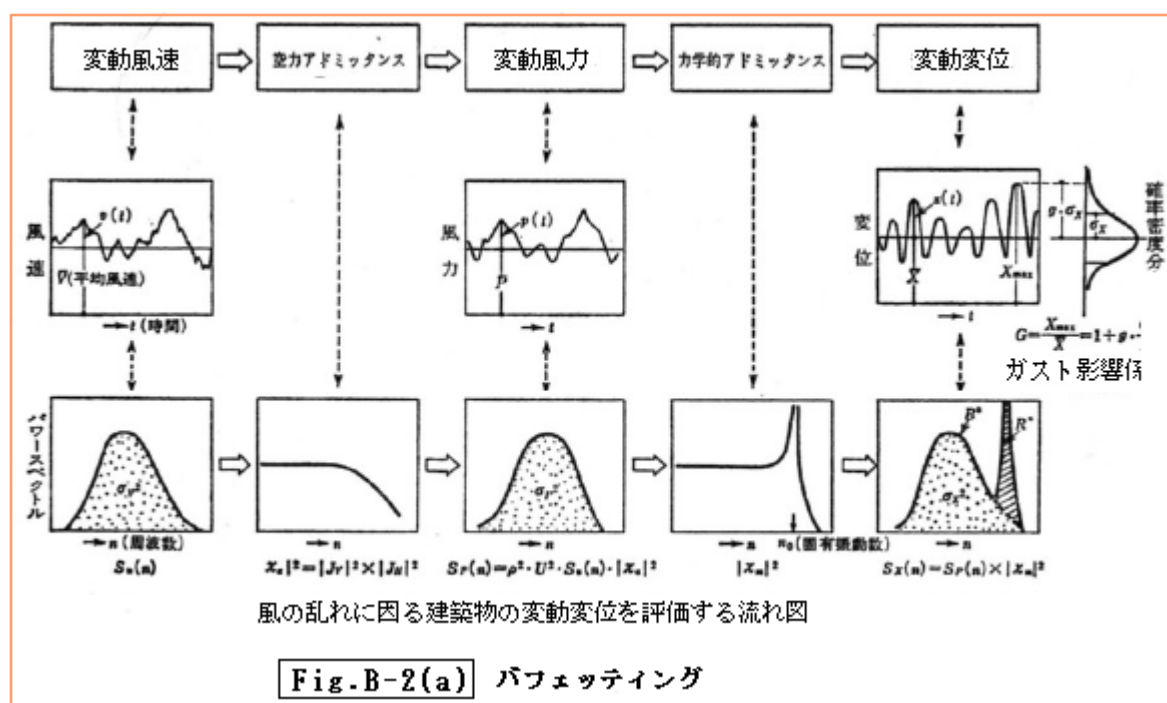
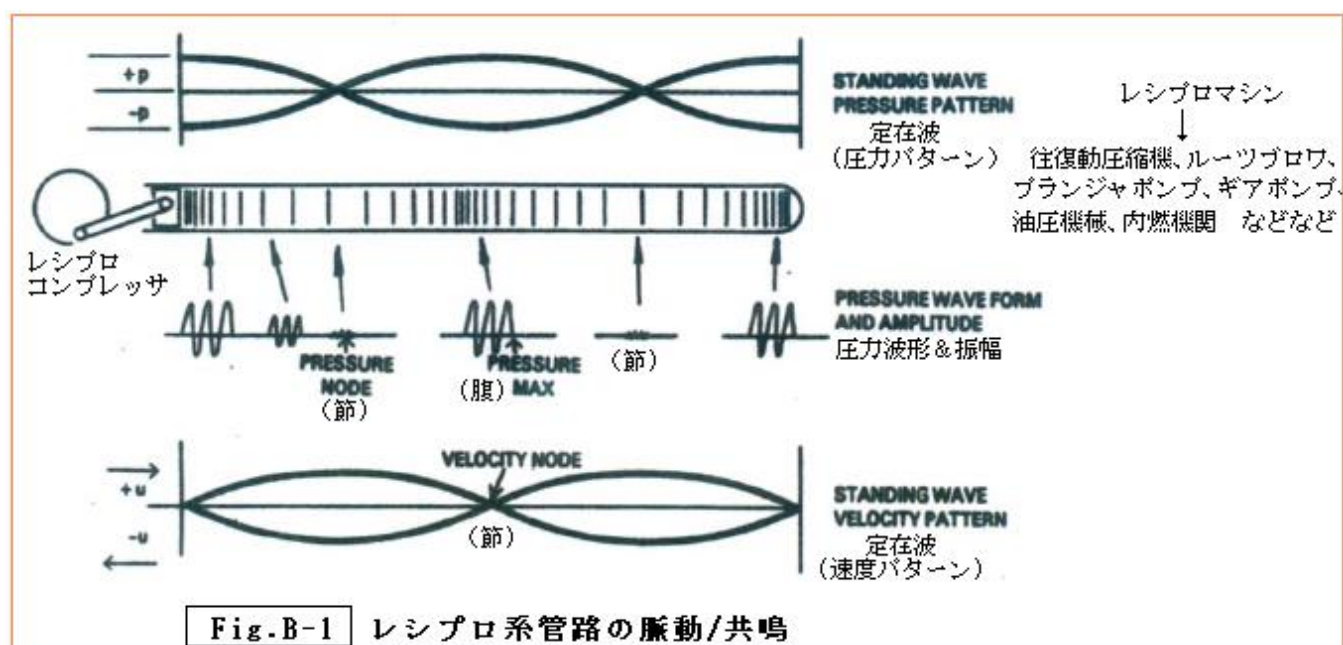


	基本キャビティ	基本キャビティの亜種			
流体振動	単純キャビティ	軸対称外周キャビティ	キャビティ-多孔板	ベローズ	
		軸対称内周キャビティ	リップつきゲート		
流体共鳴	浅いキャビティ	すきまつきキャビティ	拡大部つきキャビティ	ヘルムホルツ共振器	
	深いキャビティ	ポートつき壁面噴流	サイドブランチ	円形キャビティ	
流力弾性	壁面振動キャビティ	振動ゲート	振動ベローズ	振動フラップ	

Fig. A-3 キャビティトーン を誘起する種々の様式







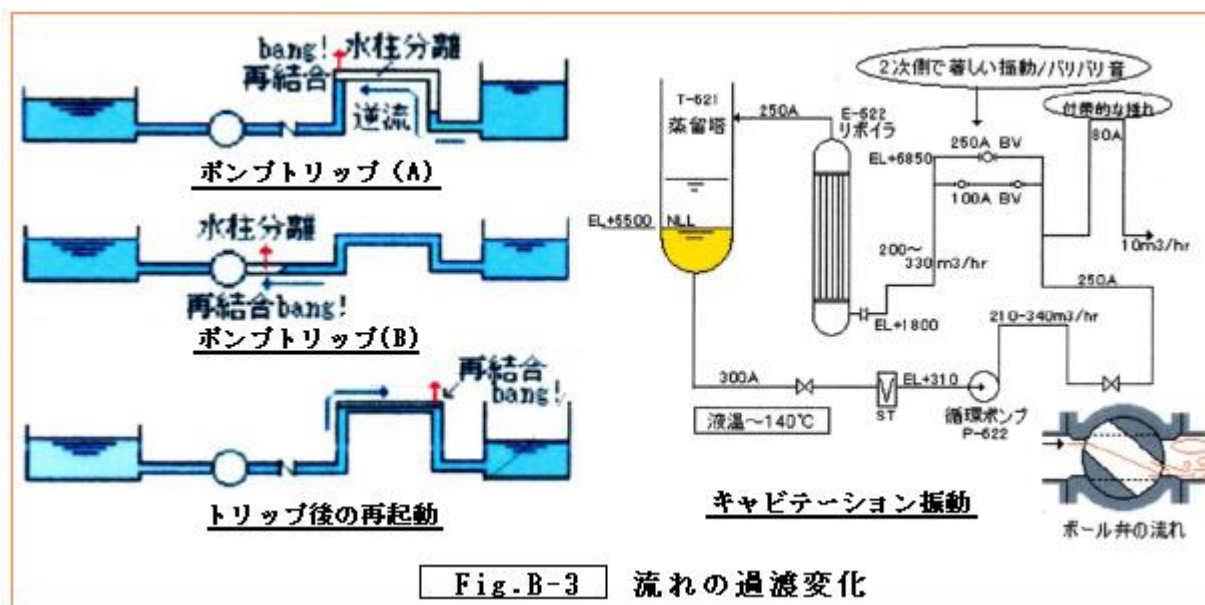
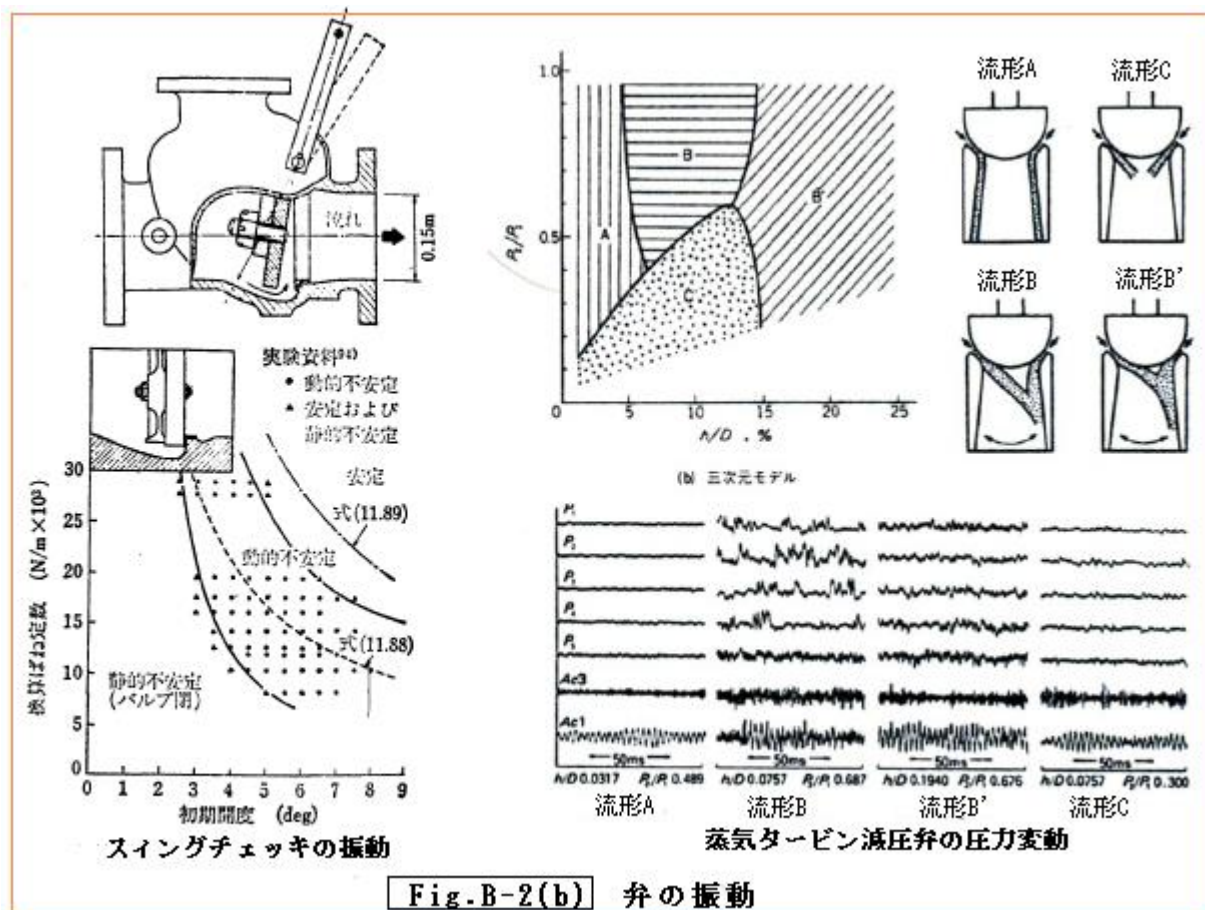
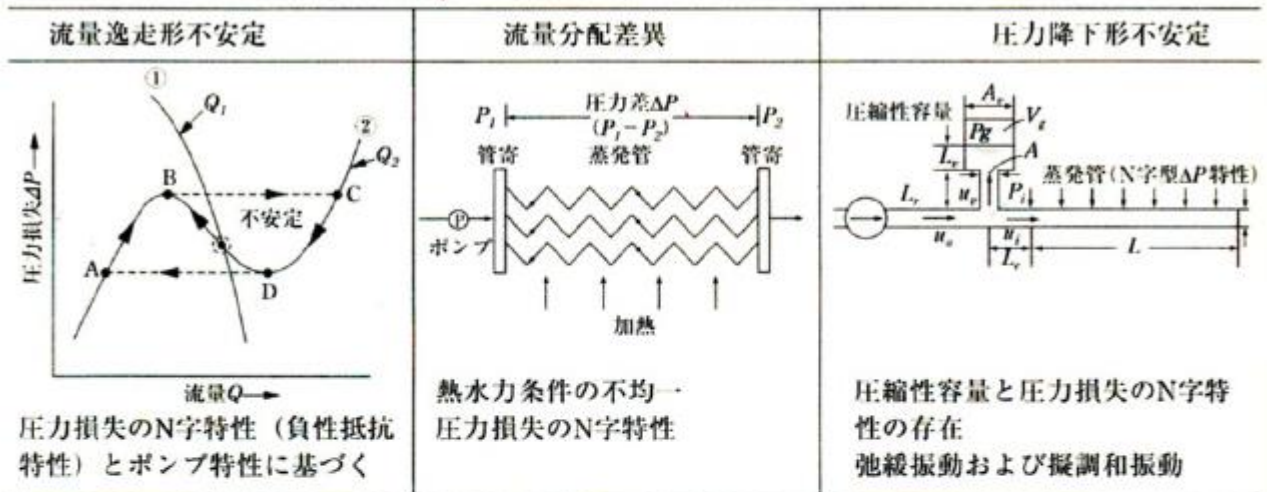
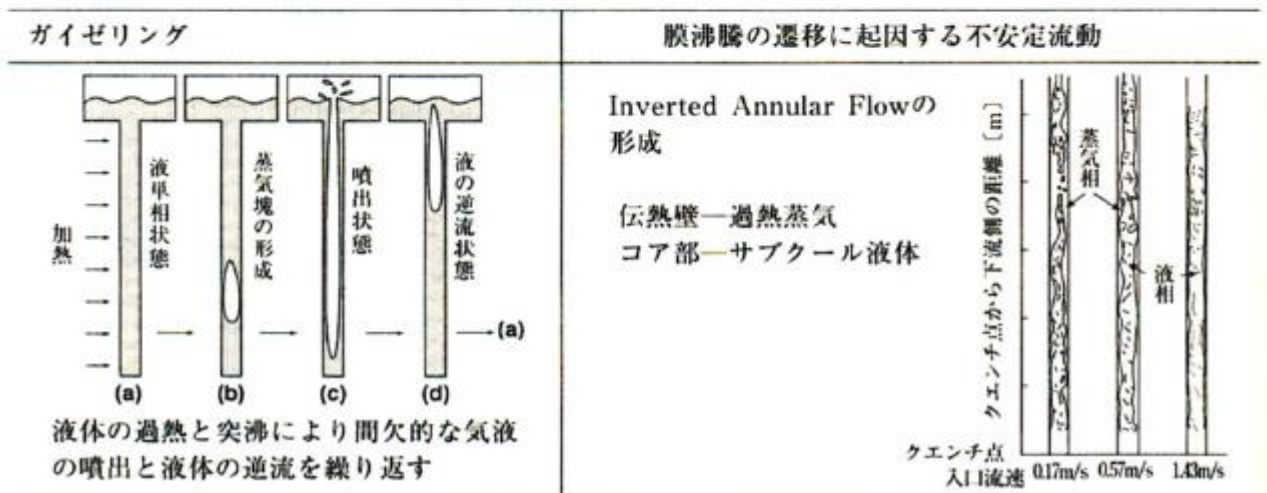


Fig.C-1 加熱/沸騰に伴う振動

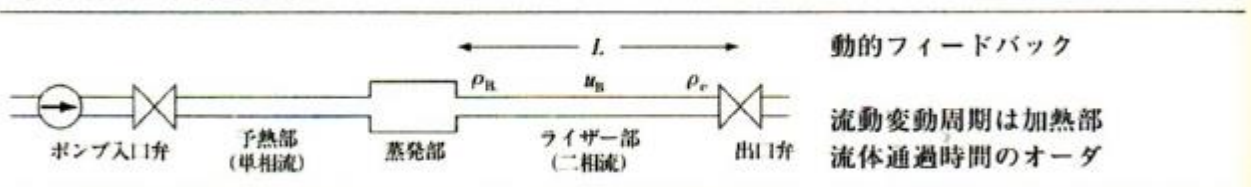
① 圧力損失—流量の静特性に起因する不安定流動

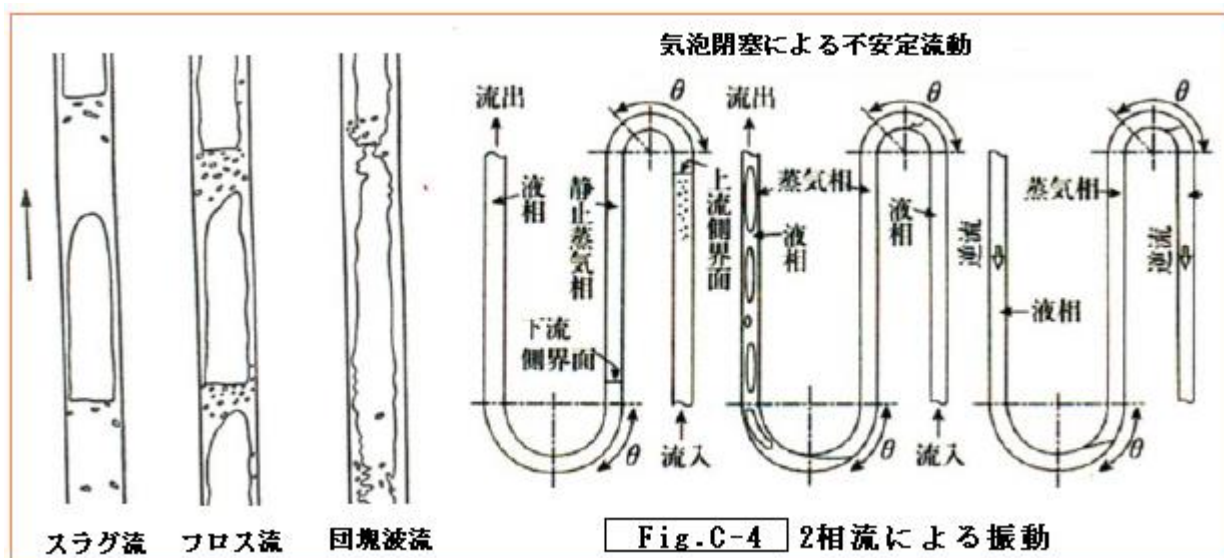
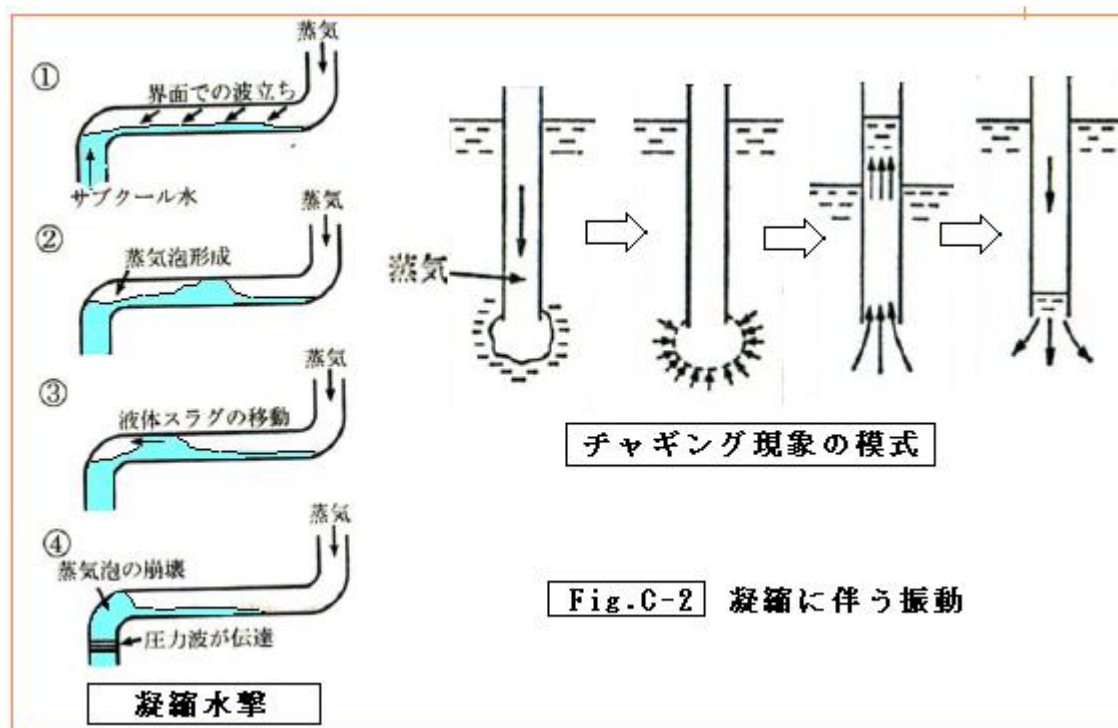


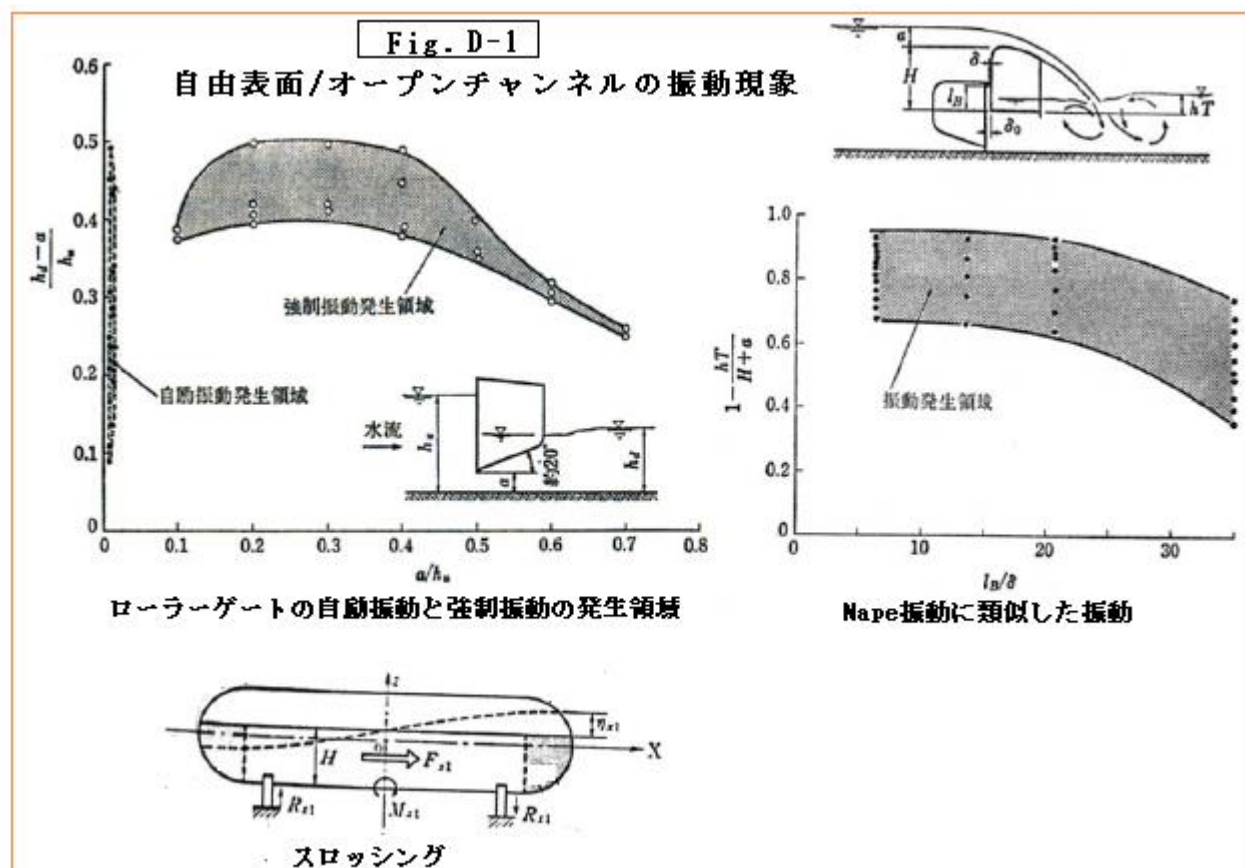
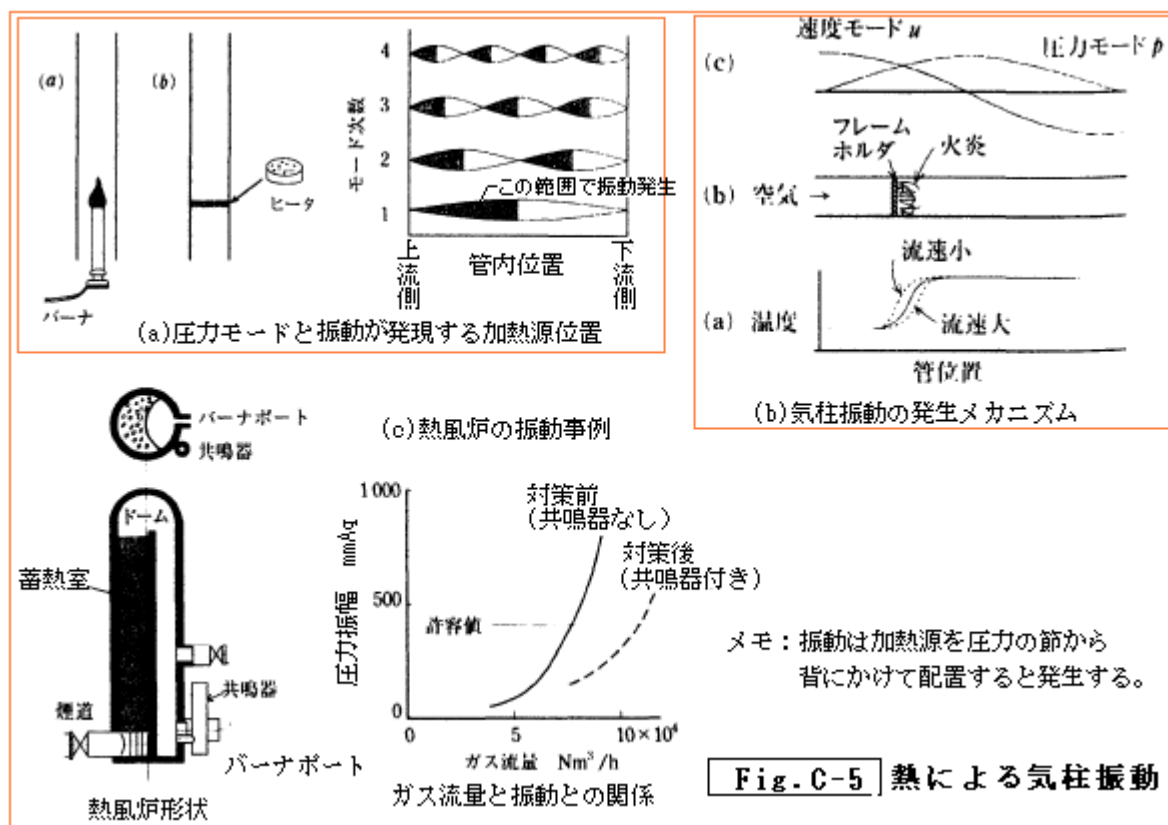
② 伝熱形態の遷移に起因する不安定流動



④ 密度波形不安定流動







添付A “流体関連振動” 田島（「油圧と空気圧」 Vol.12 No.6）抜粋

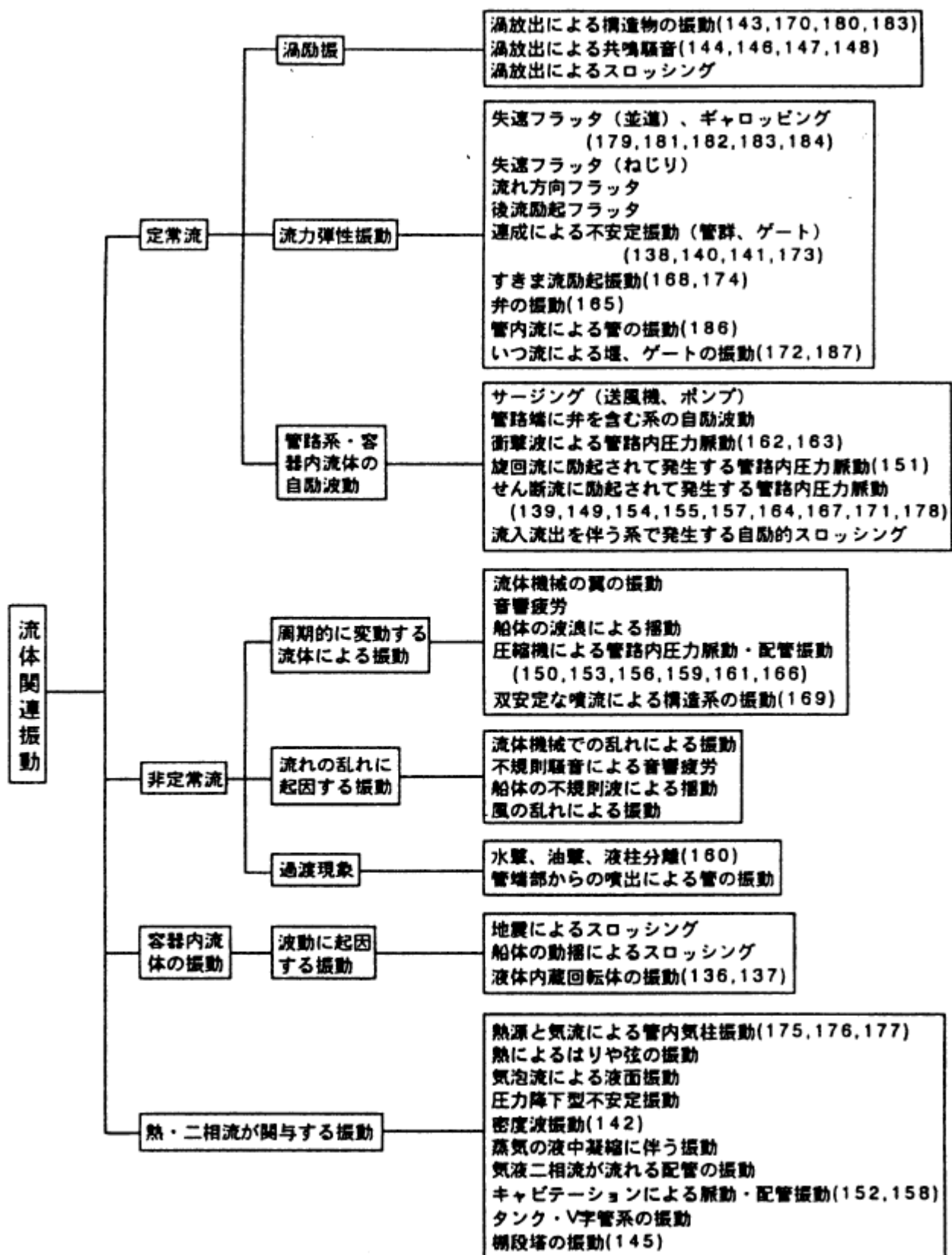
表1 振動源と振動系の例

振動源	振動系	例
流体系	流体系	<p>(1)流れの負抵抗特性による場合 送風機・圧縮機のサージング，右下り井特性による振動，沸騰チャンネルの水力学的不安定</p> <p>(2)うず流出による場合 ボイラのかき鳴り，羽根後流からの流出うずによる音の発生</p> <p>(3)波動・流れ場の不安定による場合 エッジトーン，キャビティノイズ，ホールトーン，厚板などの二重エッジによる自励音，ジェット・スクリーチ，Hartmann-Sprenger チューブ，衝撃波の不安定振動，ディフューザ内の圧力振動</p> <p>(4)複数の安定流動状態をもつ系の場合 流体素子のジェットの切換振動，遷移レイノルズ数範囲の管内圧力脈動</p> <p>(5)熱が関係する場合 急激な熱勾配による気柱振動，サブクール沸騰による boiling song</p> <p>(6)二相流動による場合 蒸気の水中凝結に伴う振動，気泡の浮力（や上昇流の慣性力）による液面振動，気泡の供給によるV字管系の弛張振動，キャビテーションに伴うポンプ系の流体振動，ポンプ吸込水路からの空気吸込による振動</p>

振動源	振動系	例
流体系	構造系	<p>(1)揚・抗力係数の特性から生じる負抵抗による場合 ギャロッピング，失速フラッタ，流れ中の物体の遷移レイノルズ数範囲における流れ方向振動，後流中の物体の振動</p> <p>(2)振動系に流出入する流体慣性力の仕事による場合 内部を流体が流れる弾性管・シェルの振動，軸方向流れ中の棒・シェルの振動（いずれも境界は移動可能），パイプ・ホィップ</p> <p>(3)流体の回転流れによる場合 オイルホィップ，オイルホワール，内部に液体を含む中空回転体の振動</p> <p>(4)ターボ機械内の流体力による場合 羽根車軸のふれまわりに伴う自励振動，水車ランナ入口段差によるスラスト変動による振動，水車ランナシール流量と背圧の変化による振動</p> <p>(5)流体管路内の二次流れ，はく離による場合 ポンプ・送風機入口管路内の流動不安定に伴う振動，leak-off 分岐管をもつ給水ポンプ系の振動</p> <p>(6)流出うずによる場合 橋・塔・煙突・建造物の風による振動，海中パイルなどの流れ方向振動</p> <p>(7)波動・音響・乱れによる場合 超音速航空機・ガス冷却原子炉などにおける音響振動，低周波騒音による振動，流れ中の乱れ成分による管・シェルの不規則振動，衝撃波の不安定による音や翼の振動，波痕・表面波による構造物・容器の振動</p> <p>(8)多自由度系の連成効果による自励振動の場合 管群・管列の連成フラッタ，翼列の非失速フラッタ，単独翼の曲げ・ねじり連成フラッタ，軸方向流れ中の弾性棒の2モード連成フラッタ（両端が固定または支持</p>

振動源	振動系	例
		<p>(9)複数個の安定点間の移動による場合</p> <p>管群・管列のジェット・スイッチによる自励振動、はく離の不安定による蒸気加減弁の振動</p> <p>(10)熱が関係する場合</p> <p>熱応力による弾性体の自励振動、発熱弦の自励振動</p> <p>(11)二相流動による場合</p> <p>内部を二相流体が流れる管の係数励振、水車吸出管内センタホワールによる軸系振動、蒸気導入管の下方水中吹出しに伴う導入管横振動</p>
構造系	流体系 (構造系)	<p>(1)容積形ポンプ・圧縮機管路における流量・圧力脈動と騒音</p> <p>回転数×次数(羽根数、歯数、並列台数などで定まる)の振動</p> <p>(2)容積形流量計・タービンの管路における圧力脈動と騒音</p> <p>ITの場合と同様な振動数の脈動</p> <p>(3)ターボ機械(ポンプ・水車・送風機・圧縮機・タービン)の管路における圧力脈動と騒音</p> <p>羽根数×回転数の振動、旋回失速(通常回転数に比して小さい振動数)による励振、案内羽根と羽根車の羽根との干渉による振動、回転数の異なる機械の並列運転時におけるうなりによる低周波励振</p> <p>(4)地震</p> <p>地震による液体貯槽のスロッシング、地震による液体機械系・流体育路系の応答</p>

添付 B 流体関連機器のトラブル対策(JSME 講習会資料)抜粋



添付C JSME 気液2相流ハンドブック抜粋

表 6.2 ここで提案する凝縮二相流を含めた不安定流動の分類

	発生機構	不安定流動の分類	特 徴
沸騰二相流	圧力損失-流量の静特性	1. Ledinegg 形不安定流動 a. 流量逸走(静的) b. 流量分配差異(静的) c. 圧力降下振動(動的)	圧力損失-流量の負性こう配が原因 $(\partial P/\partial G)_{in} > (\partial P/\partial G)_{ex}$: 静特性と外力の関係 プレナム間差圧は流路間で一定, 多群並列管間の流量の再分配 加熱部上流側に圧縮性空間存在, 二つの正こう配間の弛緩振動
		2. 流量分配差異	多群並列管で流路間に熱水力的差異が存在, プレナム差圧一定
	伝熱(沸騰)形態遷移	1. ガイセリング	長い垂直流路で下端閉じているかあるいは流量が小, 過熱液相の突沸による水頭減少, さらに蒸発量増加, 突沸と液滴流入繰り返す
		2. 膜沸騰の遷移に起因する不安定流動	$T_w > T_{min}$, 低沸点流体, 核沸騰と膜沸騰のゆっくりした交替現象
	フローパターン遷移	1. フローパターン遷移不安定流動	スラグ流の形成と流出, 消滅過程における摩擦損失の変化
		2. 蒸気閉塞形不安定流動	下降管, ベンド管内の蒸気停留が流動抵抗, 静特性を超える下降管内ボイド蓄積で差圧増加, 流量逸走, あるいは蒸気の停留・流出による流量振動
凝縮二相流	伝熱(凝縮)形態遷移	1. 密度波振動	入口流速変動とボイド率, 両相の流速, 各圧力損失項の変動間に時間遅れ存在, 出入口差圧の拘束条件により, 入口流速にフィードバック 流量振動の周期は加熱部通過時間のオーダー
		1. チャギング a. サブクール液中への蒸気流入凝縮 b. 蒸気流中へのサブクール液流入凝縮	サブクール液の混合状態に凝縮量依存 流入蒸気量と凝縮量の時間的アンバランス 完全凝縮面下流部の液塊の慣性と凝縮量, 圧力変動の関係
		2. サブクール液中の蒸気トラップ水撃現象	サブクール液内にトラップされた蒸気が完全凝縮する際に水撃発生
		3. 管内凝縮二相流	冷却水量の急変による凝縮量の急変と完全凝縮面下流部の液塊の慣性との関係による流量振動

- 引用文献 (1) JSME 「事例に学ぶ流体関連振動」
 (2) JSME 「気液2相流技術ハンドブック」