

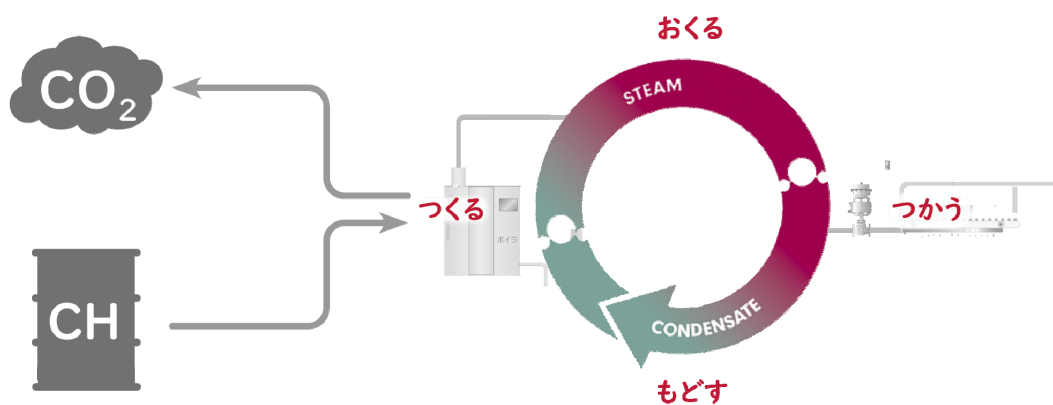
蒸気を効率よく「もどす」

STEAM SYSTEM OPTIMIZATION @ CONDENSATE RETURN



STEAM LOOP

@ CONDENSATE RETURN

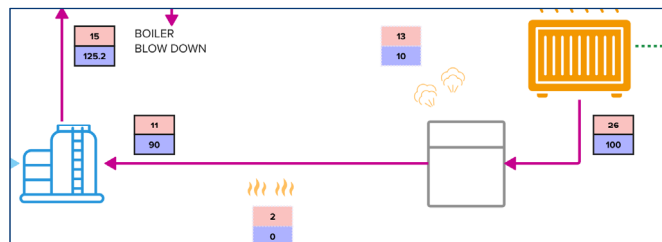


「もどす」 蒸気ロス



① ドレン回収

② フラッシュ回収



「もどす」 蒸気ロス ドレン回収

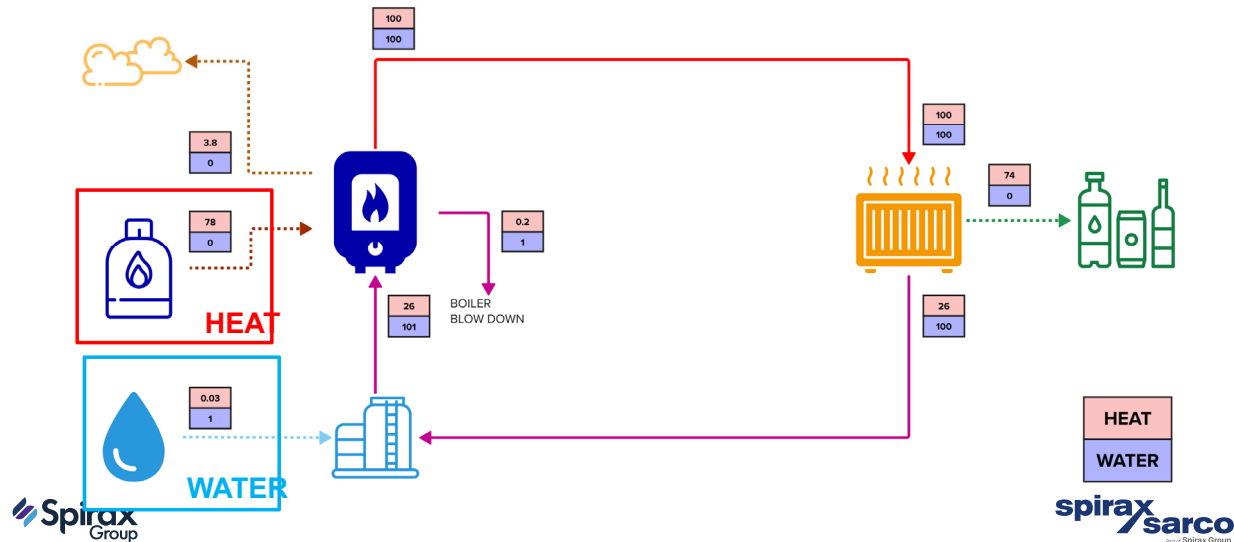
蒸気がプロセスで加熱したあと凝縮した水を**ドレン**と呼びます。ドレンは蒸気ではなくなった後も熱を持っているため、ボイラー給水に戻すことでよりよい蒸気の循環システムとして運用することができます。

ドレンを回収することによって
15-30%程度蒸気システムの効率改善が見込めます。

圧力 MPa gauge	顕熱 (h_f) kJ/kg	潜熱 (h_{fg}) kJ/kg	全熱 (h_g) kJ/kg	顕熱比 %
0	419	2,256	2,675	15.6%
0.1	505	2,201	2,706	18.7%
0.2	562	2,163	2,725	20.6%
0.3	605	2,133	2,738	22.1%
0.4	640	2,108	2,748	23.3%
0.5	670	2,085	2,756	24.3%
0.6	697	2,066	2,762	25.2%
0.7	721	2,047	2,768	26.0%
0.8	742	2,030	2,773	26.8%
0.9	762	2,014	2,777	27.5%
1	781	1,999	2,780	28.1%
1.1	798	1,985	2,783	28.7%
1.2	814	1,972	2,786	29.2%
1.3	830	1,959	2,788	29.8%
1.4	844	1,946	2,790	30.3%
1.5	858	1,934	2,792	30.7%
1.6	871	1,923	2,794	31.2%
1.7	884	1,911	2,795	31.6%
1.8	896	1,900	2,797	32.1%
1.9	908	1,890	2,798	32.5%
2	920	1,879	2,799	32.9%

「もどす」 蒸気ロス

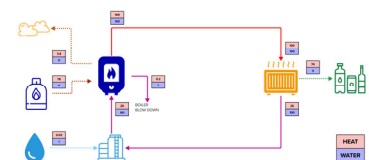
蒸気単価とドレン単価



「もどす」 蒸気ロス

蒸気単価とドレン単価

HEAT



燃料使用量 x 燃料単価

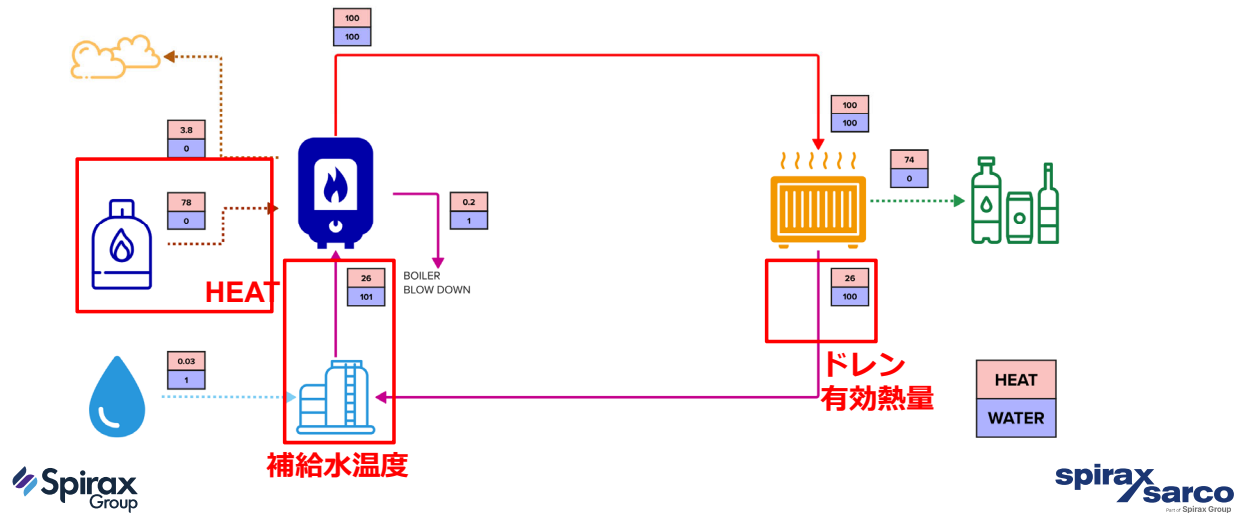
WATER

給排水量 x (給水単価 + 排水単価 + 薬品単価)

「もどす」 蒸気ロス

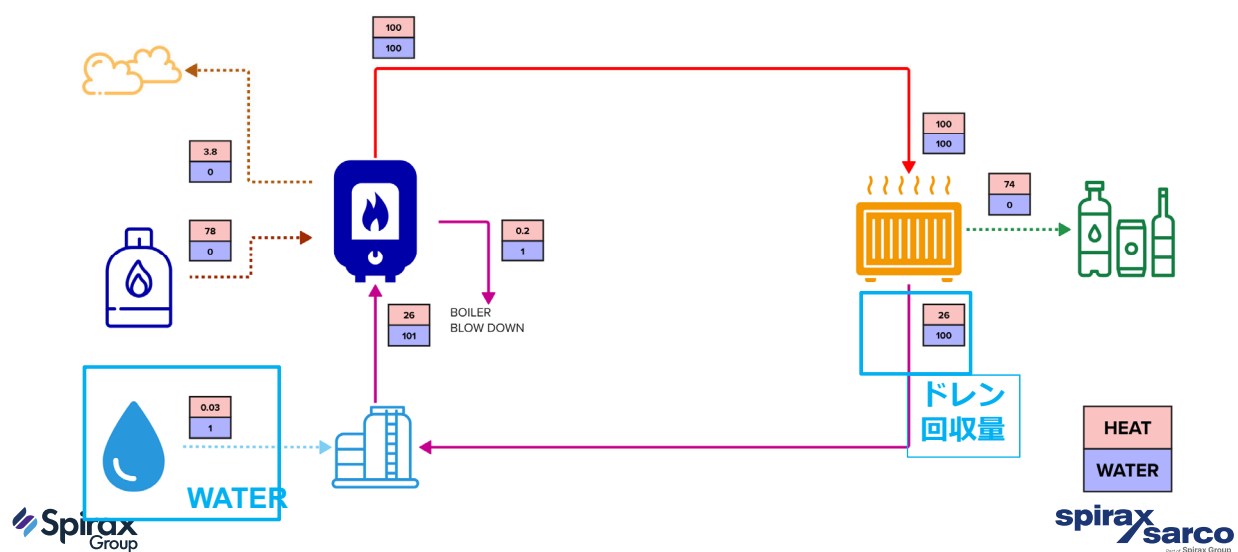
蒸気単価とドレン単価

HEAT



「もどす」 蒸気ロス

蒸気単価とドレン単価



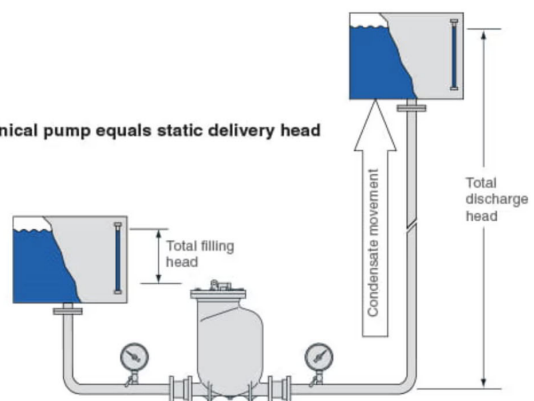
「もどす」 蒸気ロス ドレン回収

	圧力がある	圧力がない	主なアプリケーション
ドレンが製品と触れている	フラッシュ回収 + 熱交換器	プレッシャーポンプ + 熱交換器	ゴム業界等のオートクレーブ
ドレンが製品と触れていない	スチームトラップ	プレッシャーポンプ	通常の間接加熱温水製造や空調
ドレンが製品と触れていないが熱交換器のパンク等一定のリスクがある	ドレン汚染感知	ドレン汚染感知 + プレッシャーポンプ	メッキ工程 乳業のCIP装置等
ドレンがない	-	-	食品の蒸し工程 医療の滅菌工程

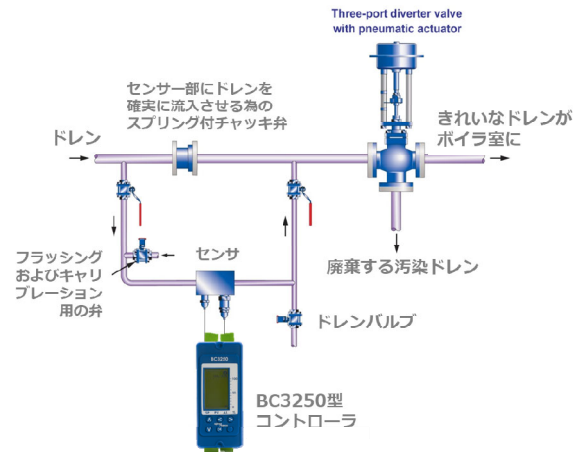
「もどす」 蒸気ロス プレッシャーポンプ



Fig. 14.4.5
Net static head for a mechanical pump equals static delivery head



「もどす」 蒸気ロス ドレン汚染感知システム



「もどす」 蒸気ロス

ドレン回収計算

前提条件

加熱方法：間接加熱
蒸気圧力：0.8MPag
蒸気流量：2,000kg/h
蒸気配管：200m相当
蒸気単価：7円/kg
ドレン単価：1.75円/kg

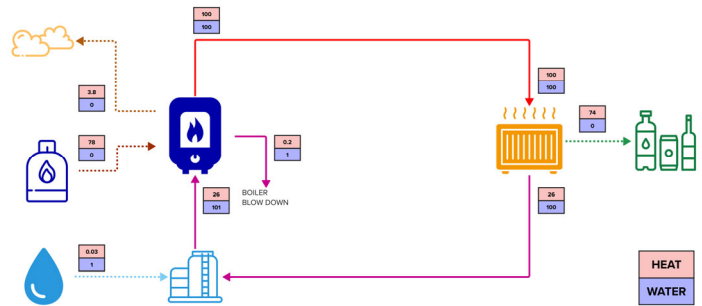
- ① ドレン量
- ② 蒸気使用がこのラインのみの場合、ドレン回収量は全体の何%相当になるか？
- ③ 年間2500時間稼働の場合の省エネ金額

「もどす」 蒸気ロス

ドレン回収計算

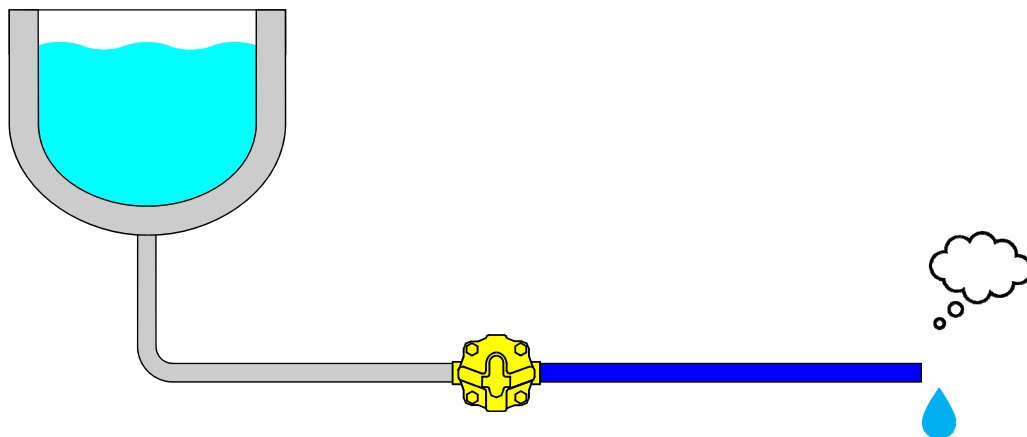
	ドレン回収量(kg)	ロス金額(円)
①時間ドレン回収量	2,000	3,500
②年間ドレン回収量	5,000,000	8,750,000

圧力 MPa gauge	顕熱 (h _g) kJ/kg	潜熱 (h _{fg}) kJ/kg	全熱 (h _g) kJ/kg	顕熱比 %
0	419	2,256	2,675	15.6%
0.1	505	2,201	2,706	18.7%
0.2	562	2,163	2,725	20.6%
0.3	605	2,133	2,738	22.1%
0.4	640	2,108	2,748	23.3%
0.5	670	2,085	2,756	24.3%
0.6	697	2,066	2,762	25.2%
0.7	721	2,047	2,768	26.0%
0.8	742	2,030	2,773	26.8%
0.9	762	2,014	2,777	27.5%
1	781	1,999	2,780	28.1%

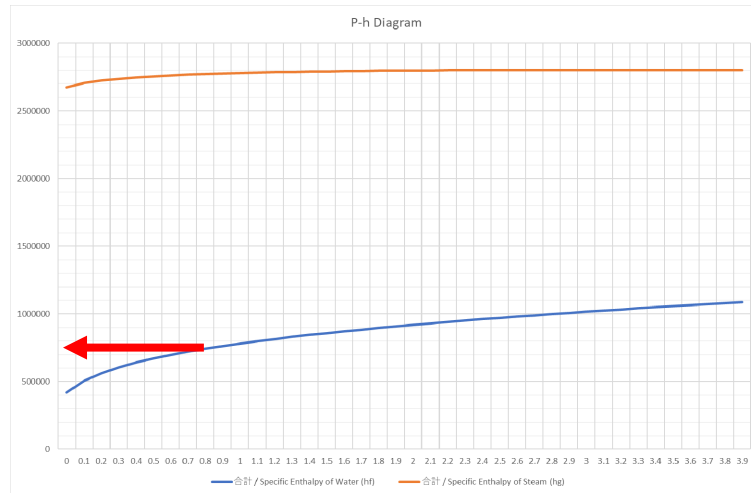


「もどす」 蒸気ロス

フラッシュ蒸気



「もどす」 蒸気ロス フラッシュ蒸気



圧力 MPa gauge	顕熱 (h _f) kJ/kg	潜熱 (h _{fg}) kJ/kg	全熱 (h _g) kJ/kg	顕熱比 %
0	419	2,256	2,675	15.6%
0.1	505	2,201	2,706	18.7%
0.2	562	2,163	2,725	20.6%
0.3	605	2,133	2,738	22.1%
0.4	640	2,108	2,748	23.3%
0.5	670	2,085	2,756	24.3%
0.6	697	2,066	2,762	25.2%
0.7	721	2,047	2,768	26.0%
0.8	742	2,030	2,773	26.8%
0.9	762	2,014	2,777	27.5%
1	781	1,999	2,780	28.1%
1.1	798	1,985	2,783	28.7%
1.2	814	1,972	2,786	29.2%
1.3	830	1,959	2,788	29.8%
1.4	844	1,946	2,790	30.3%
1.5	858	1,934	2,792	30.7%
1.6	871	1,923	2,794	31.2%
1.7	884	1,911	2,795	31.6%
1.8	896	1,900	2,797	32.1%
1.9	908	1,890	2,798	32.5%
2	920	1,879	2,799	32.9%

「もどす」 蒸気ロス フラッシュ蒸気

$$flash\% = \frac{h_{1f} - h_{2f}}{h_{2fg}}$$

$$flash\% = \frac{742 - 419}{2256}$$

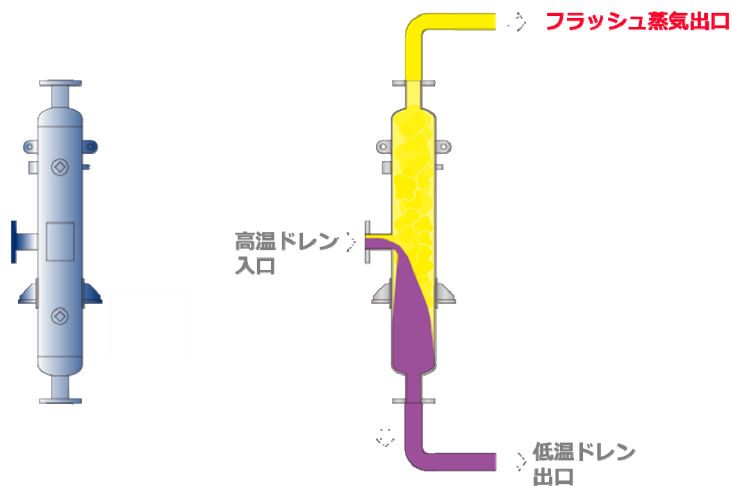
$$flash\% = 14.3\%$$

圧力 MPa gauge	顕熱 (h _f) kJ/kg	潜熱 (h _{fg}) kJ/kg	全熱 (h _g) kJ/kg	顕熱比 %
0	419	2,256	2,675	15.6%
0.1	505	2,201	2,706	18.7%
0.2	562	2,163	2,725	20.6%
0.3	605	2,133	2,738	22.1%
0.4	640	2,108	2,748	23.3%
0.5	670	2,085	2,756	24.3%
0.6	697	2,066	2,762	25.2%
0.7	721	2,047	2,768	26.0%
0.8	742	2,030	2,773	26.8%
0.9	762	2,014	2,777	27.5%
1	781	1,999	2,780	28.1%
1.1	798	1,985	2,783	28.7%
1.2	814	1,972	2,786	29.2%
1.3	830	1,959	2,788	29.8%
1.4	844	1,946	2,790	30.3%
1.5	858	1,934	2,792	30.7%
1.6	871	1,923	2,794	31.2%
1.7	884	1,911	2,795	31.6%
1.8	896	1,900	2,797	32.1%
1.9	908	1,890	2,798	32.5%
2	920	1,879	2,799	32.9%

「もどす」 蒸気ロス フラッシュ蒸気

	温水利用	蒸気利用
排圧が発生する	-	フラッシュ回収
排圧が発生しない	ベントコンデンサー	サーモコンプレッサー

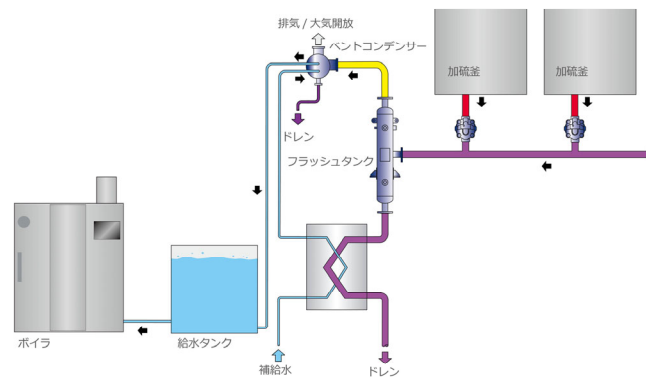
「もどす」 蒸気ロス フラッシュ回収



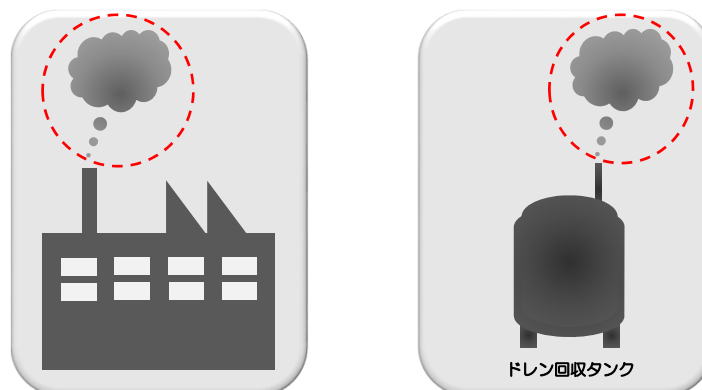
圧力 MPa gauge	顕熱 (h_g) kJ/kg	潜熱 (h_{fg}) kJ/kg	全熱 (h_g) kJ/kg	顕熱比 %
0	419	2,256	2,675	15.6%
0.1	505	2,201	2,706	18.7%
0.2	562	2,163	2,725	20.6%
0.3	605	2,133	2,738	22.1%
0.4	640	2,108	2,748	23.3%
0.5	670	2,085	2,756	24.3%
0.6	697	2,066	2,762	25.2%
0.7	721	2,047	2,768	26.0%
0.8	742	2,030	2,773	26.8%
0.9	762	2,014	2,777	27.5%
1	781	1,999	2,780	28.1%
1.1	798	1,985	2,783	28.7%
1.2	814	1,972	2,786	29.2%
1.3	830	1,959	2,788	29.8%
1.4	844	1,946	2,790	30.3%
1.5	858	1,934	2,792	30.7%
1.6	871	1,923	2,794	31.2%
1.7	884	1,911	2,795	31.6%
1.8	896	1,900	2,797	32.1%
1.9	908	1,890	2,798	32.5%
2	920	1,879	2,799	32.9%

「もどす」 蒸気ロス ベントコンデンサー

湯気などの大気開放状態の
フラッシュ蒸気を水と熱交
換することができるシステ
ム



Vent Condenserとは



“圧力のない廃蒸気”の熱エネルギー
を回収する熱交換器です

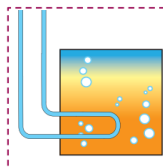
回収したエネルギーの利用先

ベントコンデンサーで

廃蒸気量の8～20倍の温水が製造可能

給水温度15℃

⇒40℃温水	: 廃蒸気量の21倍の温水が製造可能
⇒60℃温水	: 廃蒸気量の12倍の温水が製造可能
⇒80℃温水	: 廃蒸気量の 8倍の温水が製造可能



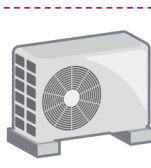
ボイラ給水加温に



洗浄用温水に



給湯用温水に



空調用温水に

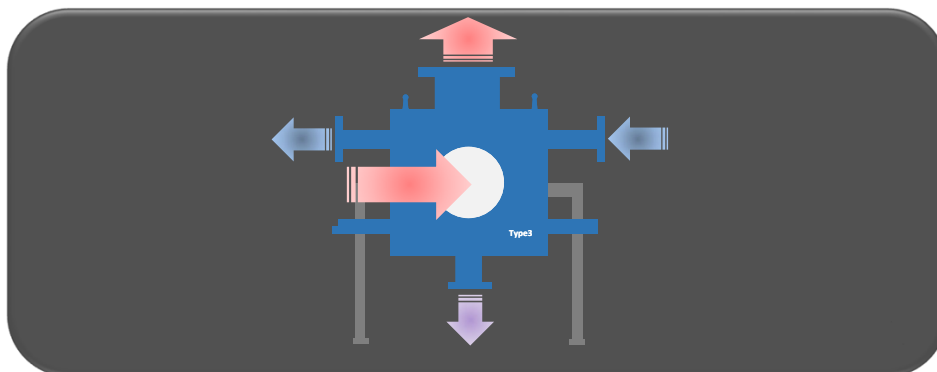


産業用プロセス水に

何故 ベントコンデンサー？

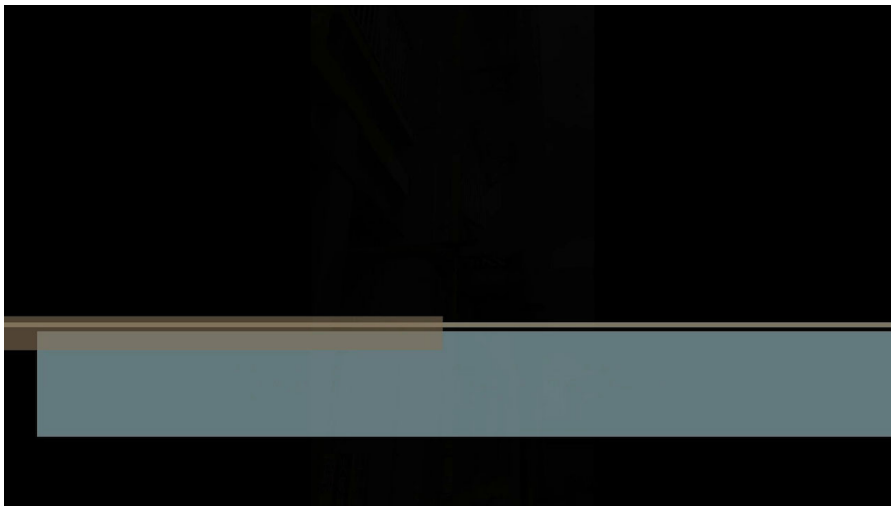
一般的な4口接続(高温入口・出口/低温入口・出口)
の熱交換器とは異なり、

→ **“汚染された蒸気でも安心”**



ベントコンデンサーの導入事例

無圧フラッシュ蒸気の回収①



ベントコンデンサーの導入事例

無圧廃蒸気の回収①

導入前



導入後



「もどす」蒸気ロス サーモコンプレッサー

ベルヌーイの定理

$$\frac{V^2 \rho}{2} + P + \rho g z = \text{constant}$$

V = 流体の速度

g = 重力加速度

z = 高さ

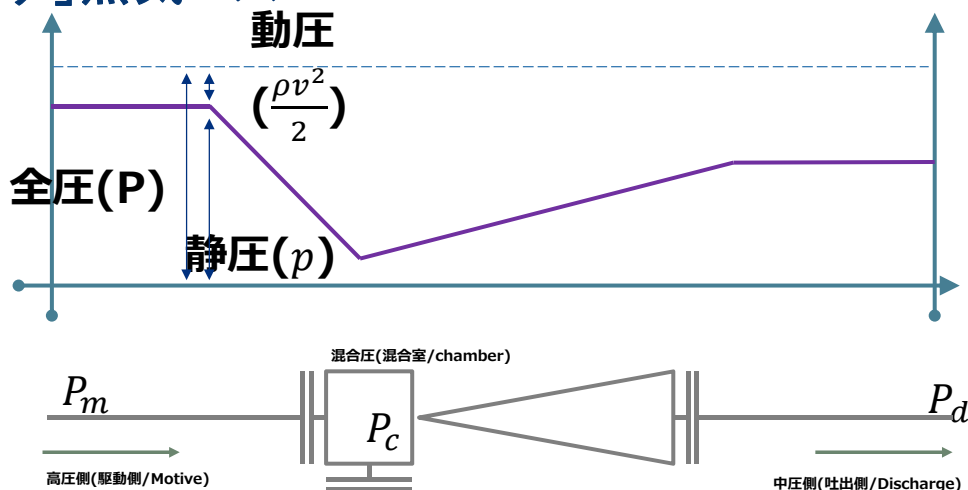
P = 圧力

ρ = 比重

動圧と静圧の和は一定である。

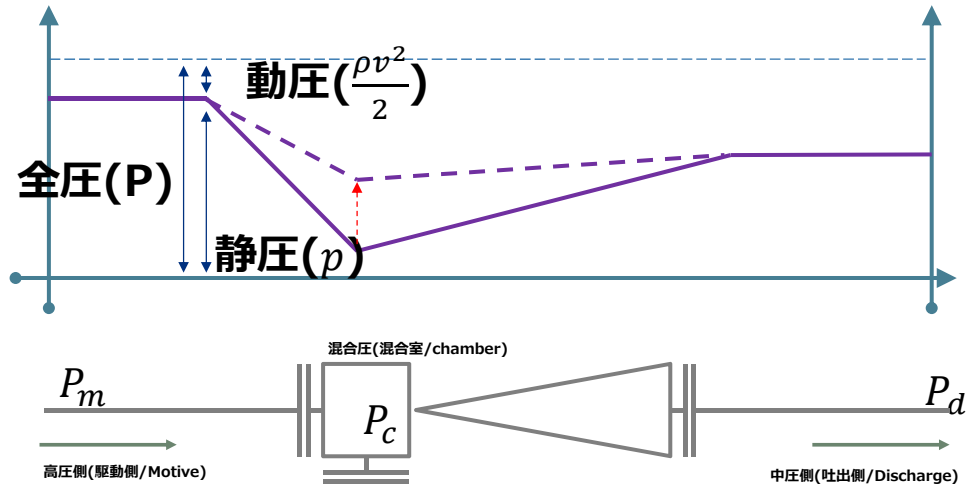
⇒流速が速くなると、圧力が下がる

「もどす」蒸気ロス サーモコンプレッサー



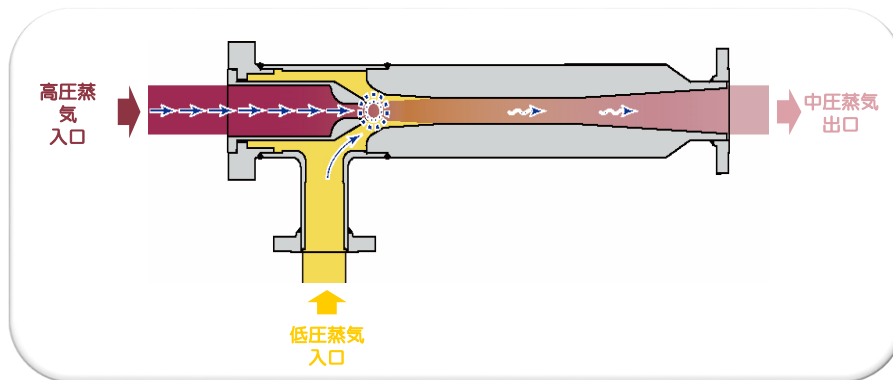
サーモコンプレッサー内で流速を速くすることによって、**低圧蒸気より低い圧力**を作っている

「もどす」蒸気ロス サーモコンプレッサー



サーモコンプレッサー内で**流量が少なくなると、**
流速が下がり、低圧蒸気を吸い込めなくなる

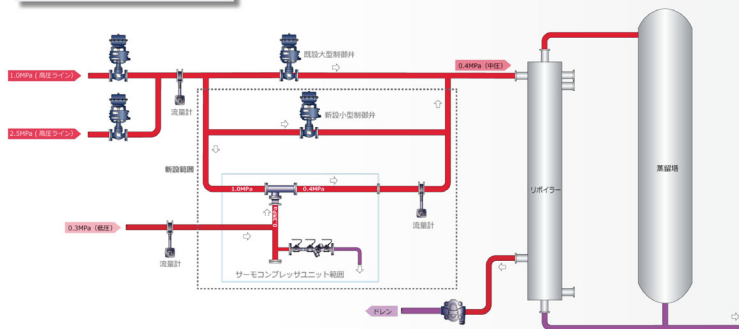
Steam Jet Thermocompressor



動力不要で“**使えない低圧蒸気**”を“**使える中圧蒸気**”にする装置
 ただし、**流量に注意**

「もどす」 蒸気ロス

アプリケーションフロー



改善テーマ

発電を行っている為単価の安い低圧蒸気が余剰になっていた

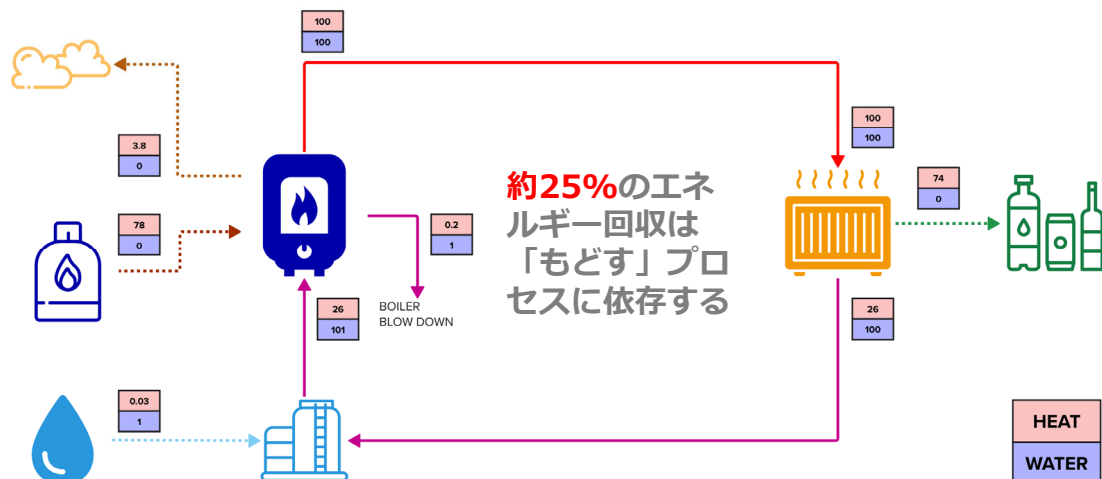
ソリューション

サーモコンプレッサーユニットによって
1.0MPaと余っていた0.3MPaの余剰蒸気を
0.4MPaに昇圧して供給。
より安い蒸気を使うことによって単価差が
1.2円あり大幅なコスト削減が可能

成果

約**690万円の省エネ**を実現
 $1,000\text{kg/h} \times 24\text{時間/日} \times 240\text{日/年} \times 1.2\text{円/kg} = 6,912,000\text{円/年}$

「もどす」 蒸気ロス



約**25%**のエネルギー回収は
「もどす」プロセスに依存する