

平成26年度食品ロス削減等総合対策事業 食品産業の地球温暖化・省エネルギー対策促進事業 研修会
(2014/10/28, 13:30-16:30 富山県中小企業研修センター6F601研修室富山)

油水分離技術の可能性と環境・経済性評価 —小規模店舗から農産物・食品加工場まで—

野口良造

筑波大学生命環境系

noguchi.ryozo.gm@u.tsukuba.ac.jp

食品加工場での 油水分離技術のCO₂・経済評価

食品加工場(直江津油脂)：鶏ガラの茹で汁



食品加工場(直江津油脂)：油脂分離回收裝置



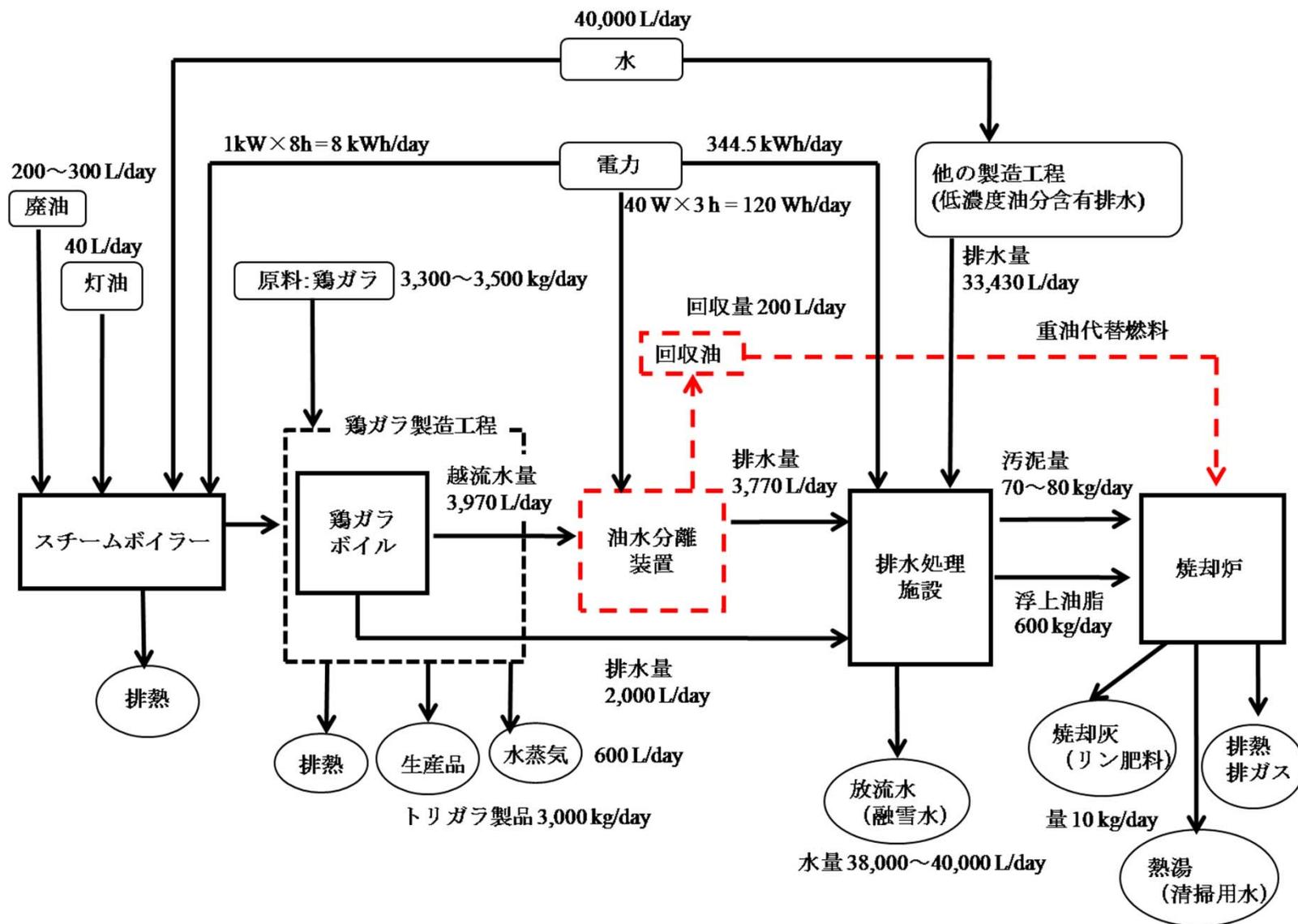
焼却炉（バイオマスボイラー）



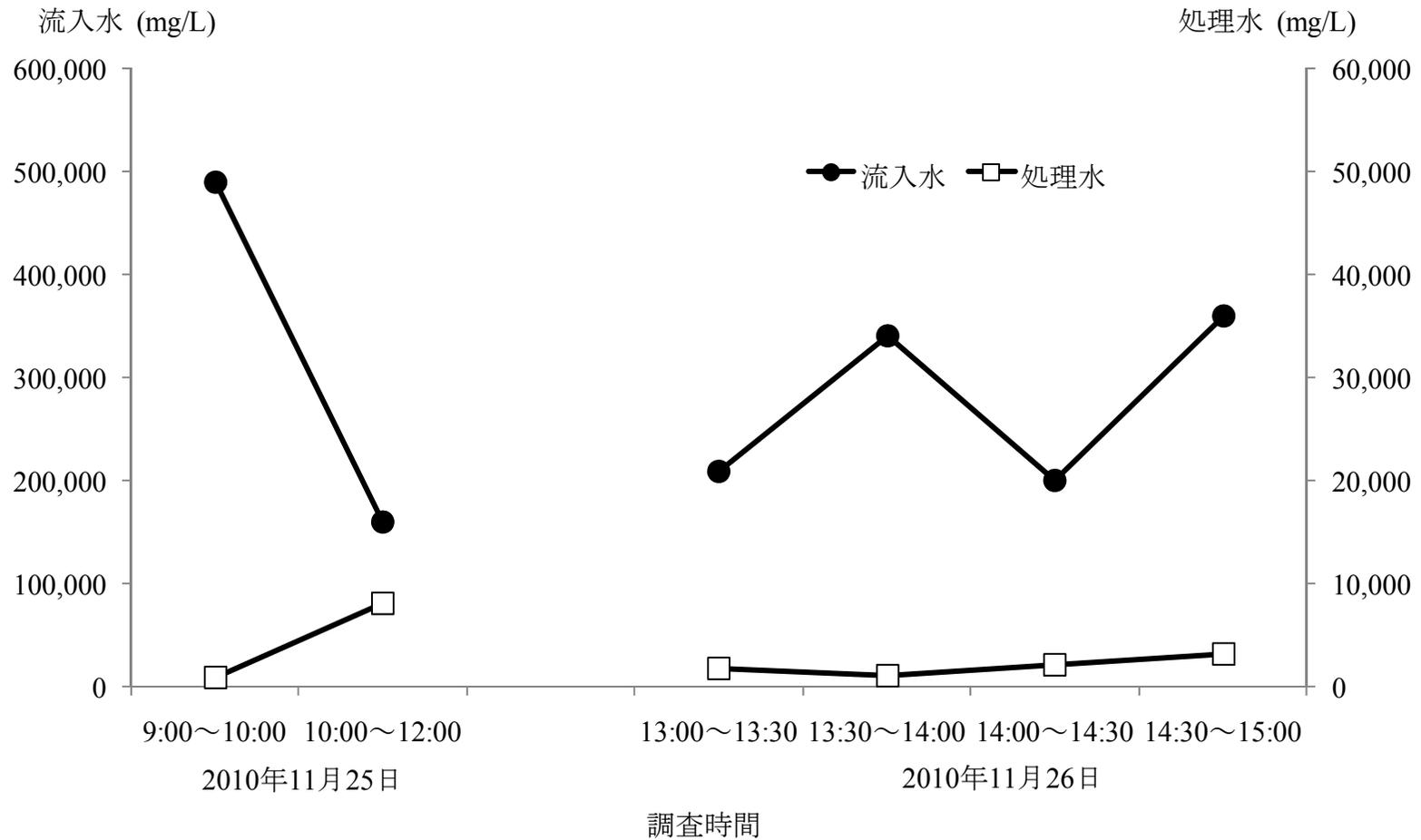
食品加工場の排水処理施設



分離工学にもとづく環境・経済性評価： 物質エネルギーフロー(直江津油脂)



分離工学にもとづく環境・経済性評価： 油水分離装置の水質調査結果 (n-Hex抽出物質)



インベントリ分析

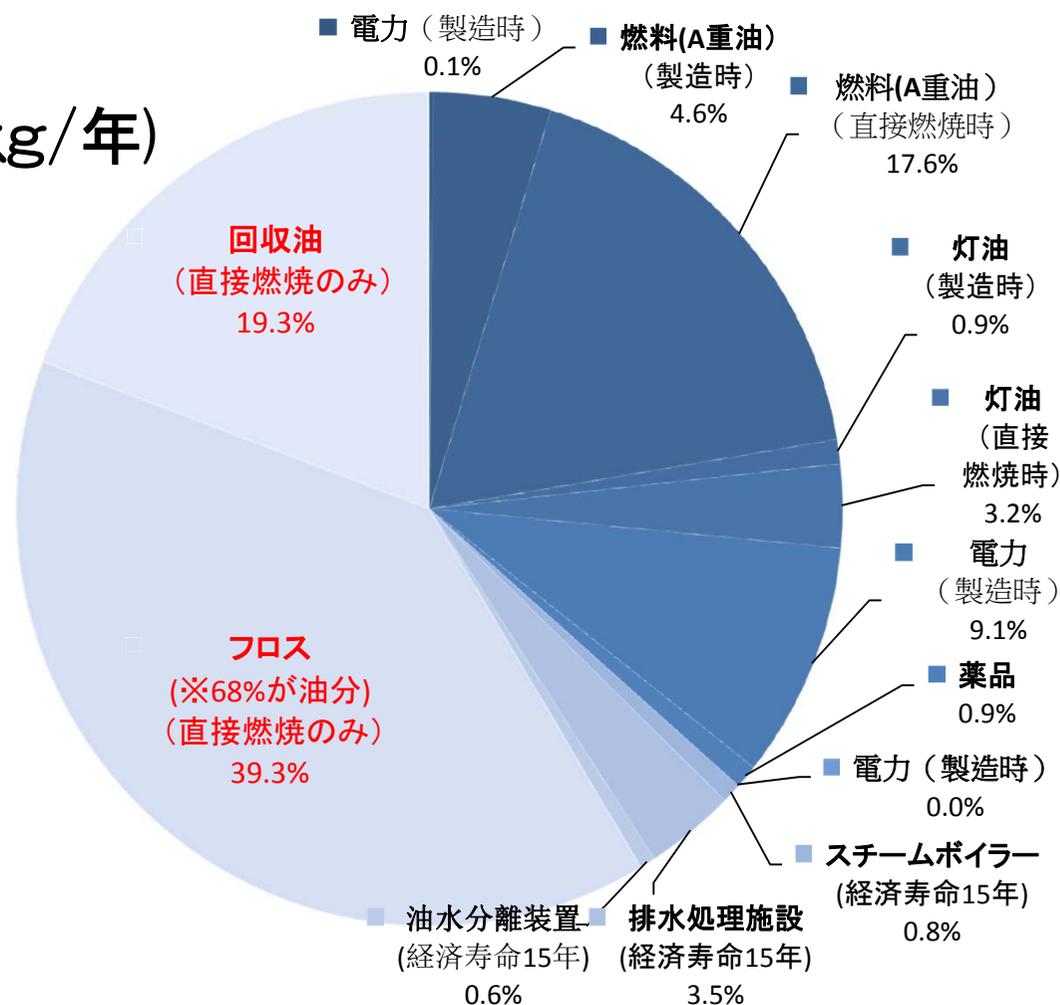
資源エネルギー			
	名称	量	単位
直接利用行程			
スチームボイラー	電力（製造時）	8	kWh/日
	燃料(A重油)（製造時）	200	L/日
	燃料(A重油)（直接燃焼時）	200	L/日
	灯油（製造時）	40	L/日
	灯油（直接燃焼時）	40	L/日
排水処理施設	電力（製造時）	344.5	kWh/日
	薬品(凝集剤, ポリ硫酸第二鉄)	111,056	円/月
	保守点検	20,000	円/月
	膜交換(膜供給システム)	56,250	円/月
油水分離装置	電力（製造時）	90	Wh/日
間接利用行程			
	スチームボイラー(経済寿命15年)	2500	万円
	排水処理施設(経済寿命15年)	6000	万円
	油水分離装置(経済寿命15年)	1700	万円
資源回収行程			
	フロス(※68%が油分)（直接燃焼のみ）	600	kg/日
	回収油（直接燃焼のみとして計算）	200	kg/日

インベントリ分析による 1年あたりのCO₂排出量・回収量

	資源エネルギー	CO ₂ 排出原単位		出展・引用先	一年当たりのCO ₂ 排出量(kg/年)
	名称	量	単位		
直接利用行程					
スチームボイラー	電力（製造時）	0.56	kg-CO ₂ /kWh	東北電力 2012	1120.0
	燃料(A重油)（製造時）	709	kg-CO ₂ /kL	重油/A重油DB	35450.0
	燃料(A重油)（直接燃焼時）	2.71	kg-CO ₂ /L	環境省	135500.0
	灯油（製造時）	729	kg-CO ₂ /kL	灯油DB	7290.0
	灯油（直接燃焼時）	2.489	kg-CO ₂ /L	環境省	24890.0
排水処理施設	電力（製造時）	0.56	kg-CO ₂ /kWh	東北電力 2012	70415.8
	薬品(凝集剤, ポリ硫酸第二鉄)	53	kg-CO ₂ /万円	医薬品その他DB	7037.7
	保守点検	-	-	-	
	膜交換(膜供給システム)	-	-	-	
油水分離装置	電力（製造時）	0.56	kg-CO ₂ /kWh	東北電力 2012	12.6
間接利用行程					
	スチームボイラー(経済寿命15年)	52	kg-CO ₂ /万円	ボイラー・タービン一般DB	5833.6
	排水処理施設(経済寿命15年)	69	kg-CO ₂ /万円	土木建設一般(その他)DB	27123.7
	油水分離装置(経済寿命15年)	62	kg-CO ₂ /万円	流し台	4729.7
資源回収行程					
	フロス(※68%が油分) (直接燃焼のみ)	2.71	kg-CO ₂ /L	重油相当で計算(環境省)	302760.1
	回収油 (直接燃焼のみとして計算)	2.71	kg-CO ₂ /L	重油相当で計算(環境省)	148411.8

インベントリ分析による 1年あたりのCO₂排出量・回収量

排出量－回収量＝
-131,768 (kg/年)

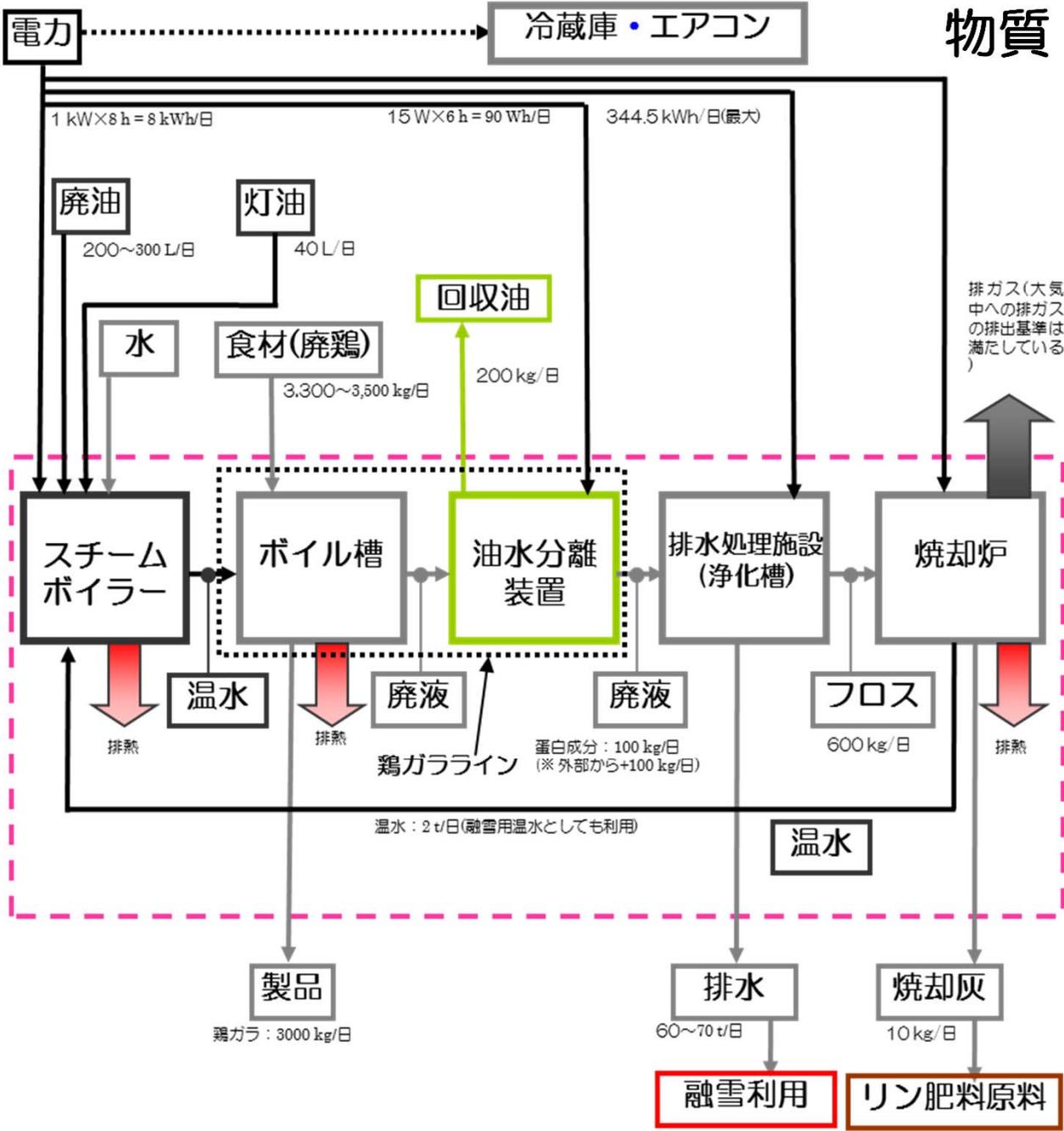


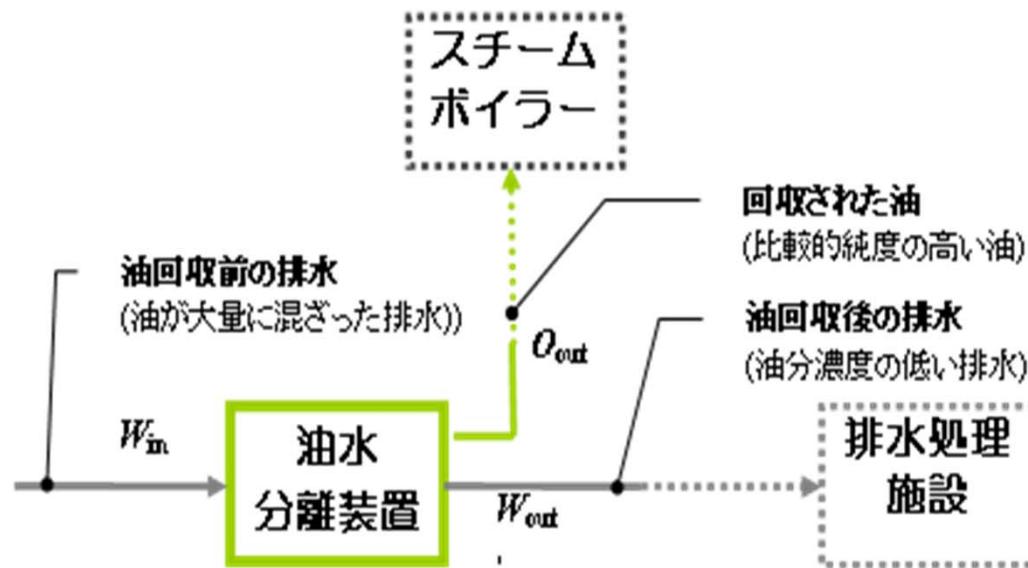
インベントリ分析によるCO₂排出量： 油水分離装置導入の比較のまとめ

- フロスや回収油の量によって、結果のCO₂排出量が大きく変化
- 高含油排水からの油の回収は、CO₂排出量削減に大きな効果
- 油水分離装置の導入管理費用と分離性能が重要
- 多量の油による浄化槽のトラブルが発生すれば、保守点検や膜交換（膜供給システム）の費用増加にともない、CO₂排出量が増加

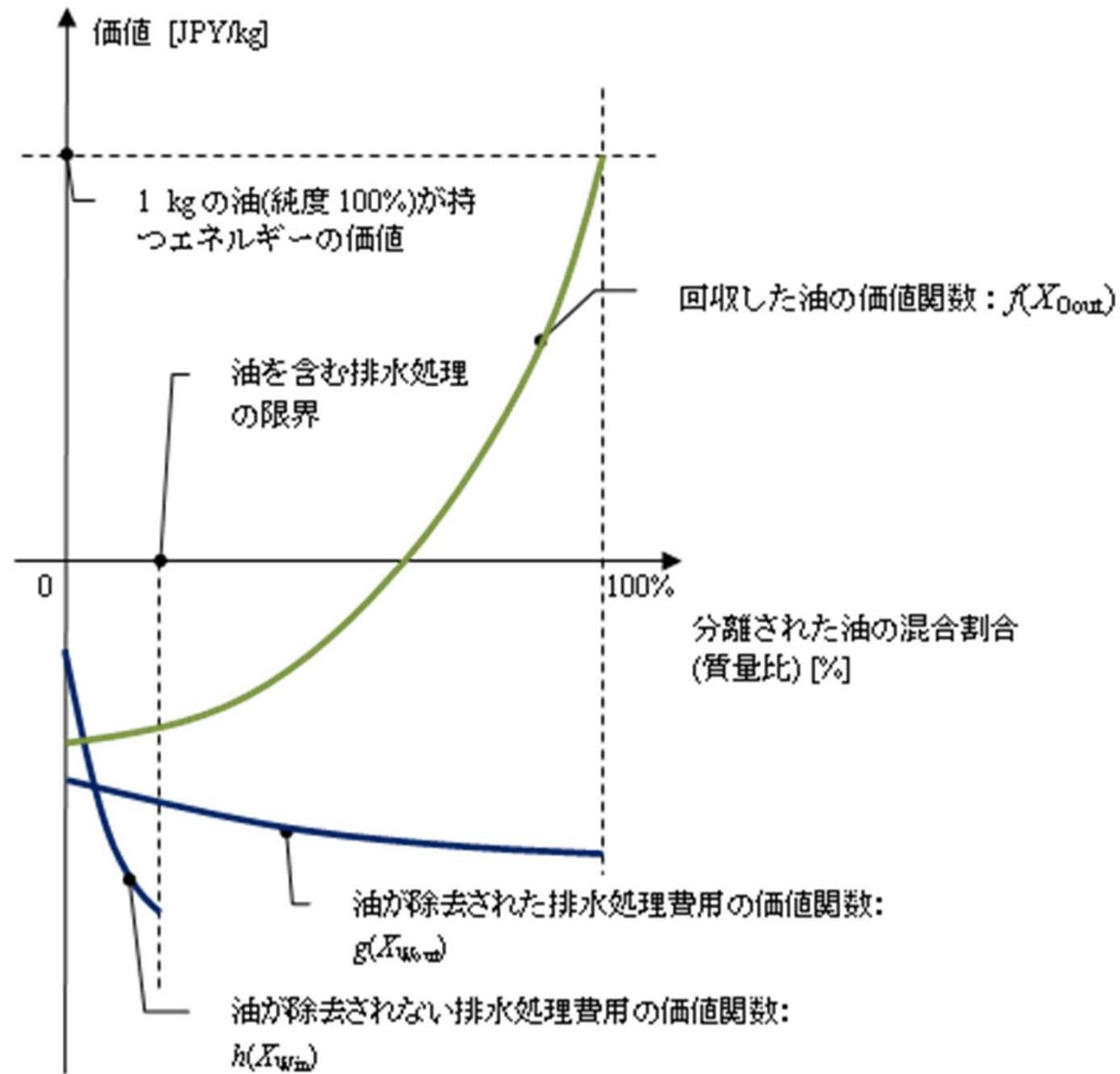
2. 分離工学にもとづく 環境・経済性評価

物質・エネルギーフロー





油水分離の分離作業量モデル



油水分離システムの価値関数

油水分離の分離作業量モデル

回収された油の混合割合： X_{Oout} [-]

油回収後の排水の混合割合： X_{Wout} [-]

油回収前の排水の混合割合： X_{Win} [-]

回収された油の価値関数： $f(X_{Oout})$ [JPY/kg]

油回収後の排水の価値関数： $g(X_{Wout})$ [JPY/kg]

油回収前の排水の価値関数： $h(X_{Win})$ [JPY/kg]

単位時間あたりに回収された油量： O_{out} [kg]

油回収後の排水量： W_{out} [kg]

油回収前の排水量： W_{in} [kg]

油水分離の分離作業量： δU_S

$$\delta U_S = O_{out} \cdot f(X_{Oout}) + W_{out} \cdot g(X_{Wout}) - W_{in} \cdot h(X_{Win})$$

分離作業量 δU_S が正のときは、油水分離の導入によって、価値が向上
→油水分離の判断基準へ

1. 回収された油の価値関数

油の発熱量： H_{oil} [J/kg]

排水を蒸発させる熱量： H_{wat} [J/kg]

回収された油の混合割合(質量比)： X_{Oout} [-]

発熱量と価値の関係を表す係数： V_{heat} [JPY/J]

回収された油の価値関数： $f(X_{Oout})$ [JPY/kg]

$$f(X_{Oout}) = V_{heat} \cdot \{ X_{Oout} \cdot H_{oil} + (1 - X_{Oout}) H_{wat} \}$$

2. 油回収前後の排水の価値関数決定のための仮定

排水処理施設の水質浄化の負担を前提とした排水に関する**価値関数**

油水分離を含む

排水処理施設の建設費用と維持管理費用から決定

排水処理施設の建設費用は、1日あたりの許容排水量の大きさで決定される
(フジクリーン 2014)

→排水中の油の増加によって、許容n-hex [mg/L]を超えた場合、その比によって、施設規模が拡大し、建設費用が増加すると仮定

2. 油回収前後の排水の価値関数決定のための仮定

1日あたりの排水中に含まれる油の量： a [mg]

1日あたりの排水量： A [L]

排水処理施設の処理限界n-hex： N [mg/L]

経済寿命から1日当たりの単位排水量当たりの建設コスト： p_i [JPY/L]

建設費用 P_i [JPY]は

$$P_i = p_i \cdot \frac{a}{A \cdot N} \cdot A = p_i \cdot \frac{a}{N}$$

維持管理費用も同様と仮定

日当たりの単位排水量当たりの排水処理施設の維持管理費用： p_r [JPY/L]

1日あたりの油が含まれる排水の排水処理施設の維持管理費用 P_r [JPY]は、

$$P_r = p_r \cdot \frac{a}{A \cdot N} \cdot A = p_r \cdot \frac{a}{N}$$

2. 油回収前後の排水の価値関数

油回収前の排水の価値関数 : $h(X_{Win})$ [JPY/kg]

油回収前の排水の比重 : ρ_w [-]

$$h(X_{Win}) = \frac{P_i + P_r}{A\rho_w} = \frac{\left(p_i \cdot \frac{a}{N} + p_r \cdot \frac{a}{N}\right)}{A\rho_w} = \frac{(p_i + p_r)}{\rho_w \cdot N} \cdot X_{Win}$$

油回収後の排水の価値関数 : $g(X_{Wout})$ [JPY/kg]

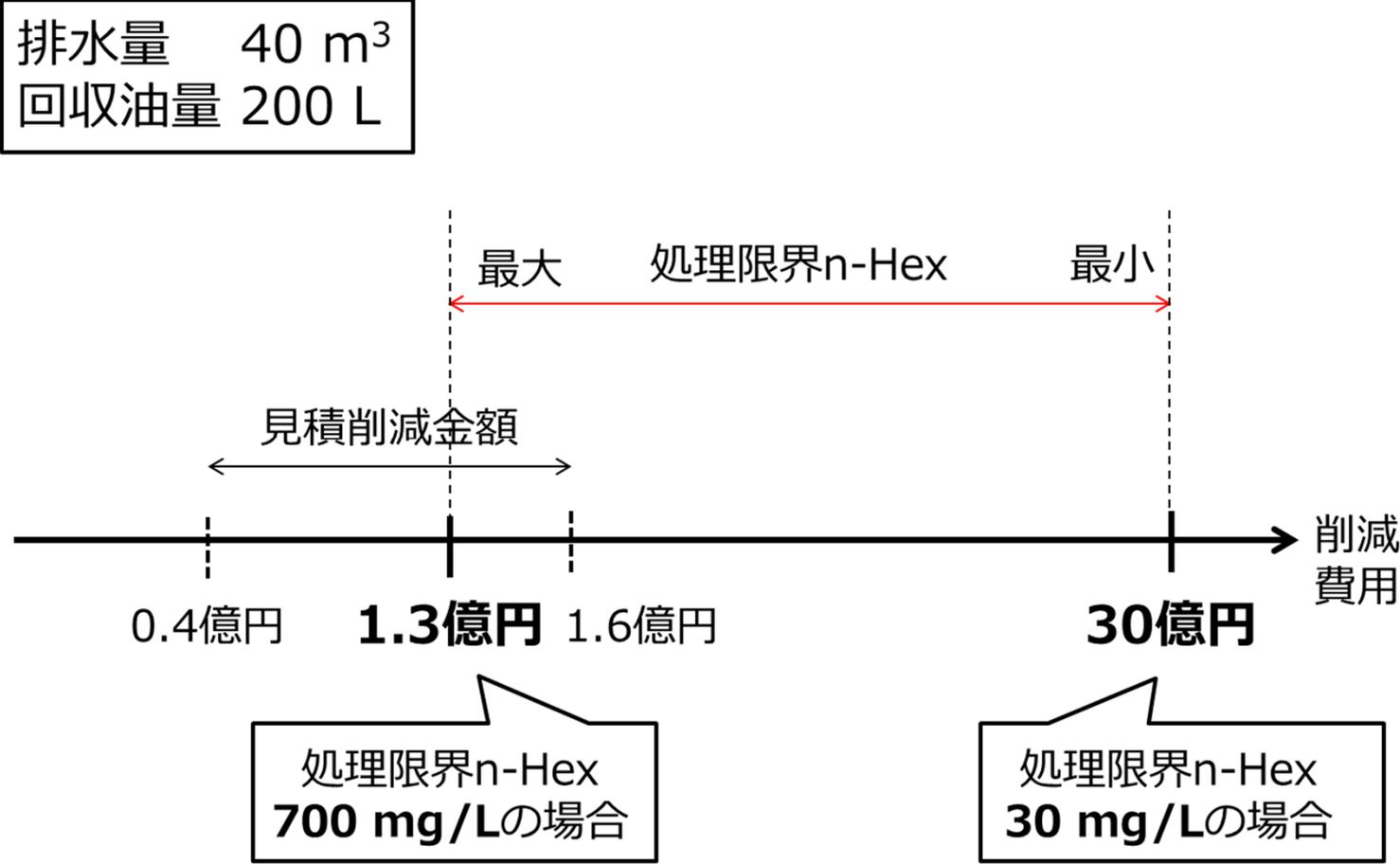
経済寿命から1日・単位排水量当たりの油水分離装置の導入費用 : P_{sep} [JPY/kg]

1日・単位排水量当たりの投入エネルギー(電力) : E_{sep} [kWh/kg]

エネルギー(電力)の費用変換係数 : η [JPY/kWh]

$$g(X_{Wout}) = \frac{(p_i + p_r)}{\rho_w \cdot N} \cdot X_{Wout} + P_{sep} + E_{sep} \cdot \eta$$

分離工学にもとづく環境・経済性評価：
排水処理施設の見積もり費用の仮説(直江津油脂)



油水分離導入の判断基準

1日あたりの実測データとしての O_{out} [kg], W_{out} [kg], W_{in} [kg]

回収された油の価値関数： f [JPY/kg]

油回収前の排水の価値関数： $h(X_{\text{Win}})$ [JPY/kg]

油回収後の排水の価値関数： $g(X_{\text{Wout}})$ [JPY/kg]

油水分離導入の判断基準を表す分離作業量を求めることができる。

$$\delta U_S = O_{\text{out}} \cdot f(X_{\text{Oout}}) + W_{\text{out}} \cdot g(X_{\text{Wout}}) - W_{\text{in}} \cdot h(X_{\text{Win}})$$

3. まとめ

食品加工場での 油水分離技術のCO₂・経済評価

- 高含油排水の量が多く、回収油が再利用可能であれば、CO₂排出量削減に大きな効果がある（他の回収資源も同様）。
- 排水処理システム全体に対する、油水分離装置の費用と性能によって、導入の判断を行う必要がある。
- 排水処理施設の建設コストと維持管理費用は、多くの油が流入することによって上昇するとされているが、浄化能力の安全率は明らかでない。
- 油水分離装置の導入による排水処理施設の建設コストと維持管理費用の削減の判断基準は分離工学によって解析できる可能性がある。