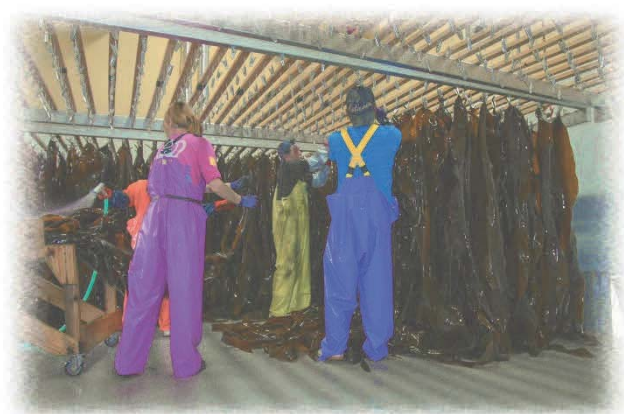


昆布乾燥施設の効率的運用について

～ 省エネルギー化のポイント ～



国立研究開発法人
水産研究・教育機構

水産工学研究所

はじめに

乾燥機を用いるコンブ乾燥施設では多量の燃油が消費されます。岩手県沿岸では震災で多くの乾燥施設が被災したことから、共同利用の乾燥施設が新設されました。これまで漁家所有の乾燥室で使用されてきた直火式乾燥機に替わって間熱式の乾燥機が導入されました。この新たな乾燥施設を効率的に運用するための方策が求められています。そこで、乾燥機、排気ファン、天井扇などから構成されるコンブ乾燥施設の効率的な運用方法について調査しました。

省エネルギー化のためには、水蒸気の排出を促進し、同時に熱を無駄に排出させないことが重要です。乾燥施設の運用上、乾燥室からの排気風量の調整がカギとなることが分かりました。乾燥させるコンブの重量、即ち吊す本数やコンブの実入りを考慮する必要があります。本誌では、これまで取り組んできた調査研究の成果を取りまとめました。

この調査研究は、農林水産技術会議事務局委託「食料生産地域再生のための先端技術展開事業(平成24年～29年)」の一環として実施しました。

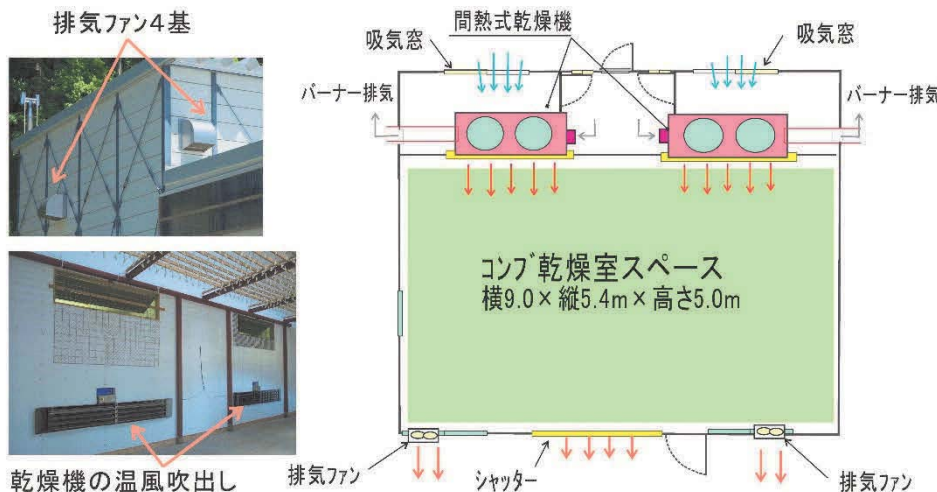
調査に際し現地の漁協を始め下記の皆様からご協力を頂きました。
重茂漁業協同組合、田老町漁業協同組合、岩手大学理工学部、岩手県水産技術センター

新設されたコンブ乾燥共同利用施設（重茂漁協）

H24年度に共同利用の乾燥施設を7棟整備（重茂漁協）



震災で海岸近くの多くが被災したため、共同利用の乾燥施設が新設され、平成25年度から運用が開始されました。間熱式の乾燥機が導入される等、新たな乾燥施設の効率的な運用方法を見出すことが課題となりました。

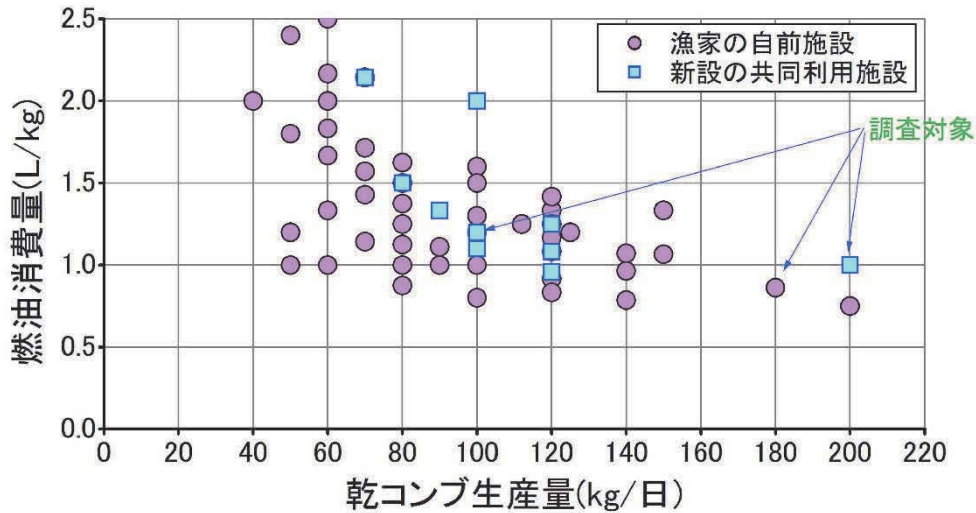


間熱式乾燥機



コンブ乾燥の燃油消費の実態

コンブ乾燥施設の燃油使用量調査(重茂漁協、平成25年度)、燃油使用量は6/1～8/31の集計。乾コンブ1kg当たりの燃油消費量(L)を表示。



乾燥コンブ 100kg当たり100L以上の燃油消費 → 省エネが課題

コンブ吊り下げ時の乾燥室床面の滞留水

省エネのポイント

乾燥開始時に床滞留水を最少に

- ・滞留水の掃き出し
- ・ラック利用は室外で水切り
- ・床に勾配をつけて水を排出



共同利用施設・棒干し1600本



共同利用施設・ラック式棒干し700本



勾配をつけて滞留水を外に流す

個人所有施設・棒干し1300本

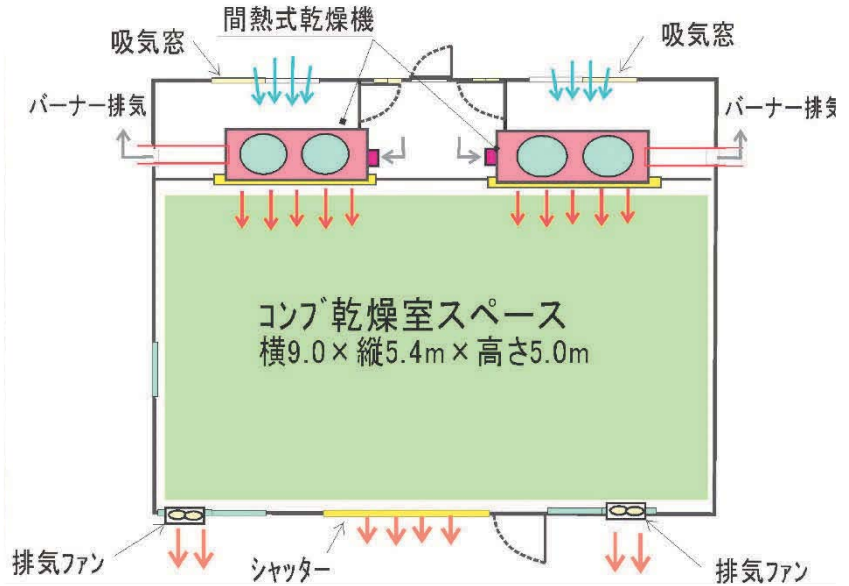
共同利用施設の乾燥調査(棒干し1600本)



洗浄・耳切り作業



吊り下げ作業



コンブ乾燥施設へ見える化装置の導入

乾燥室内の温度・湿度・絶対湿度(露点)と燃油消費等の実態を表示する見える化装置を開発しました。トレンド表示では、温度、湿度等の経時変化の把握も可能です。これらの数値情報を提供することで、コンブ乾燥施設の効率的運用を支援します。

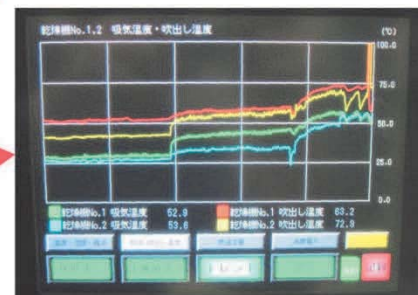


見える化装置を機械室に設置



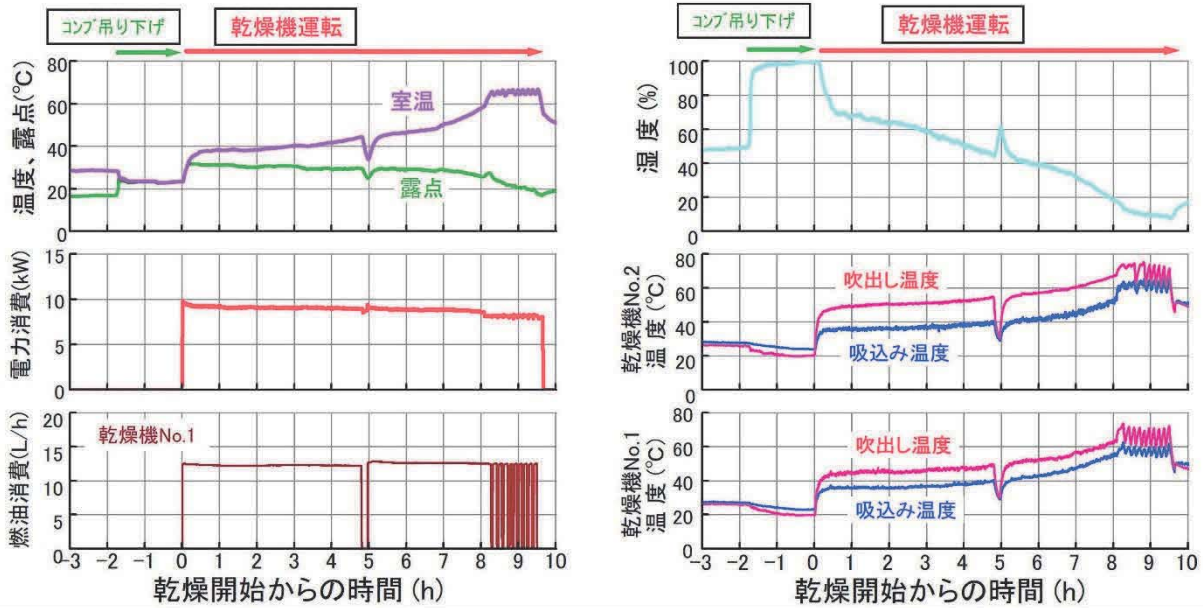
見える化画面(数値表示)

見える化画面
(トレンド表示、横軸は5hr)



見える化データの例(共同利用施設・棒干し1600本)

H28年7月3日のデータ、乾燥機NO.1はボイラー調整中のため燃油消費 = 12.5L/h (通常は15.0L/h)



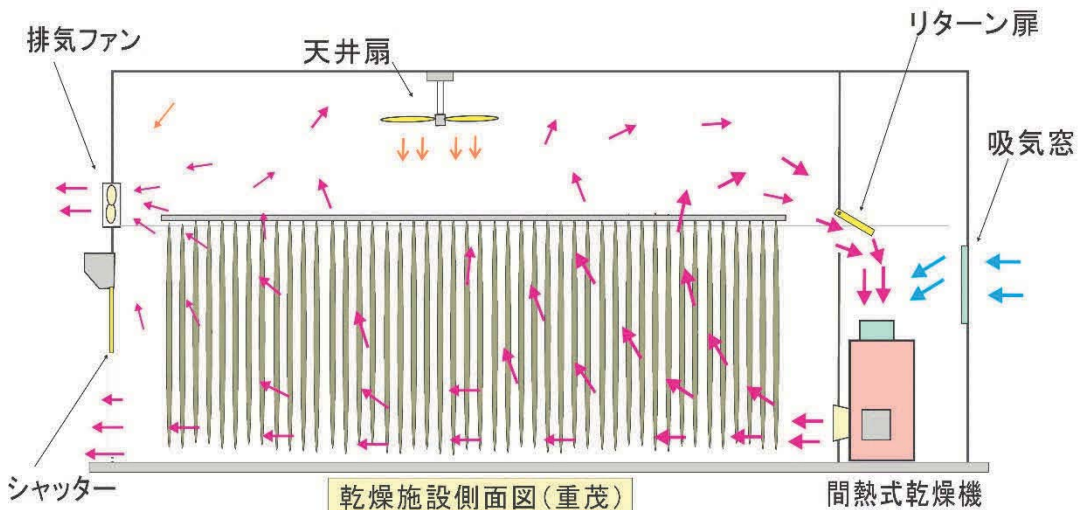
省エネのポイント

原藻吊り下げ時に湿度上昇 → 換気が必要

コンブ乾燥室の機器配置(共同利用施設)

乾燥機2基、排気ファン4基、天井扇4基を装備

乾燥機吹き出し→7.0m³/s・基、排気ファン→1.4m³/s・基



省エネのポイント

乾燥の進展に合わせて排気風量を段階的に減らす

コンブ乾燥の促進：天井扇の役割

空気の流れを促進して室内各所の温度を均一にする。 → 乾燥ムラの防止
 コンブ表面から水分の蒸発を促進する。 → 乾燥の促進

* 室内のコンブが過密になるほど空気流動の促進が課題。



共同利用乾燥施設



個人所有の乾燥施設

省エネのポイント

天井扇による下降流が強いほど乾燥を促進

コンブ乾燥の促進：排気ファンの役割



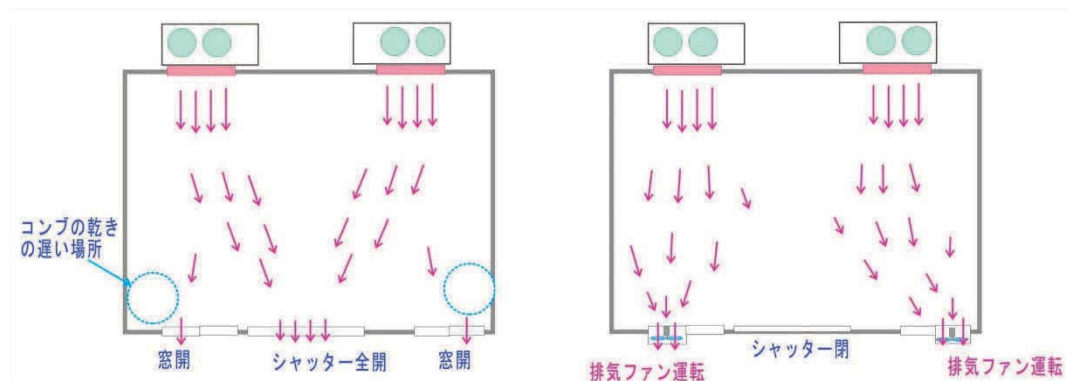
共同利用乾燥施設（重茂）



排気ファンの新設



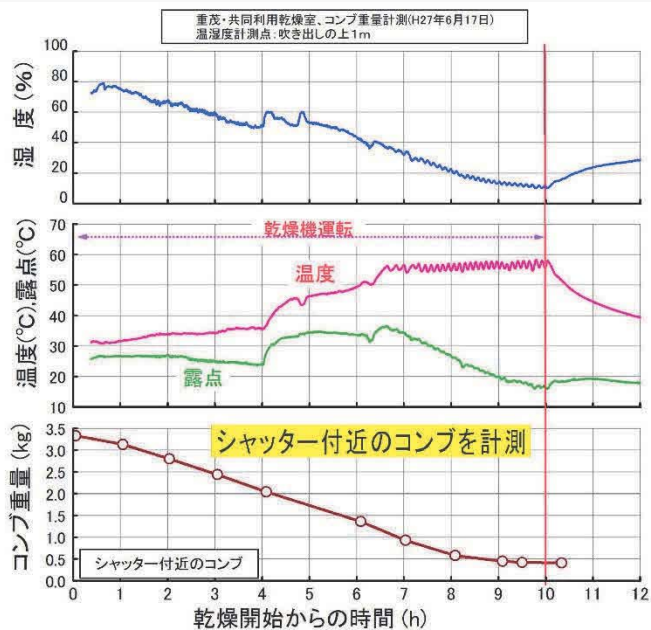
- 共同利用施設では排気ファン4基が高い位置に設置されている。
- 正面の窓枠に排気ファン2基を新たに設置した。
- これにより乾きの遅い場所（乾燥ムラ）が改善された（下図参照）。



省エネのポイント

乾きの遅い場所（低い位置）に排気ファン設置
 → 乾燥ムラの改善

コンブ乾燥過程の重量変化(重茂・共同利用施設)

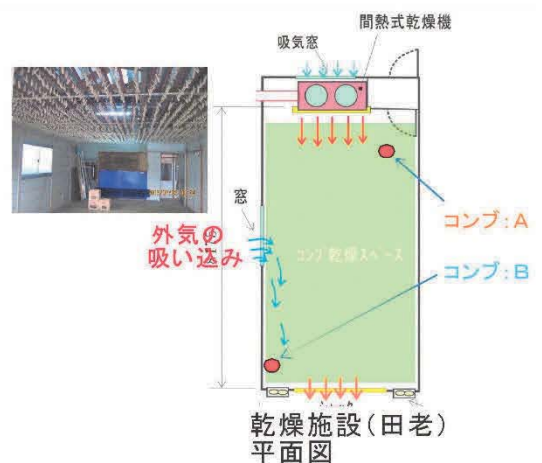
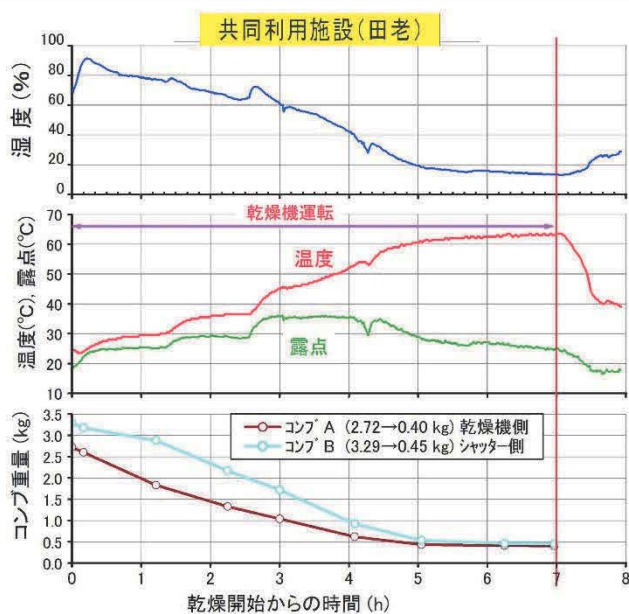


シャッター開口上部から外気の吸い込み
 → 乾燥が遅くなる

省エネのポイント

シャッター開け過ぎによる外気吸い込み → 乾燥ムラ

コンブ乾燥過程の重量変化(田老・共同利用施設)

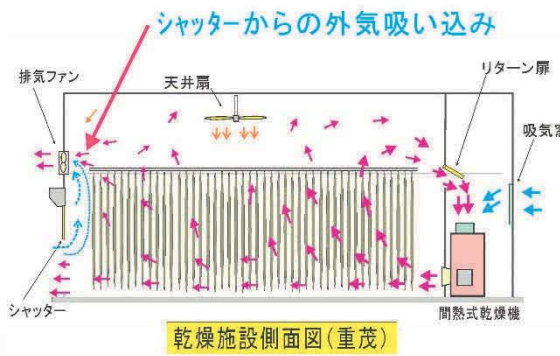


B点は温度が低い → 乾燥が遅い
 ガラスが結露しても窓を開けない。

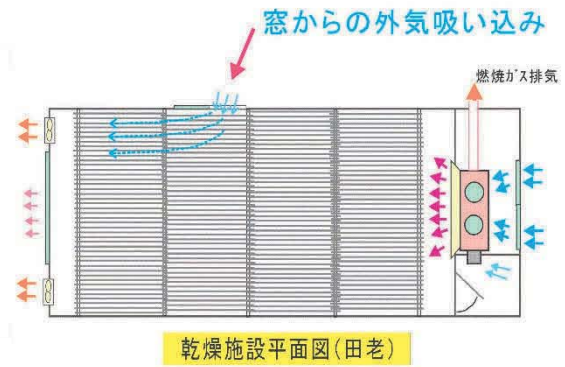
省エネのポイント

窓の開放による外気吸い込み → 乾燥ムラ

コンブ乾燥ムラの防止



共同利用乾燥施設(重茂漁協)



共同利用乾燥施設(田老町漁協)

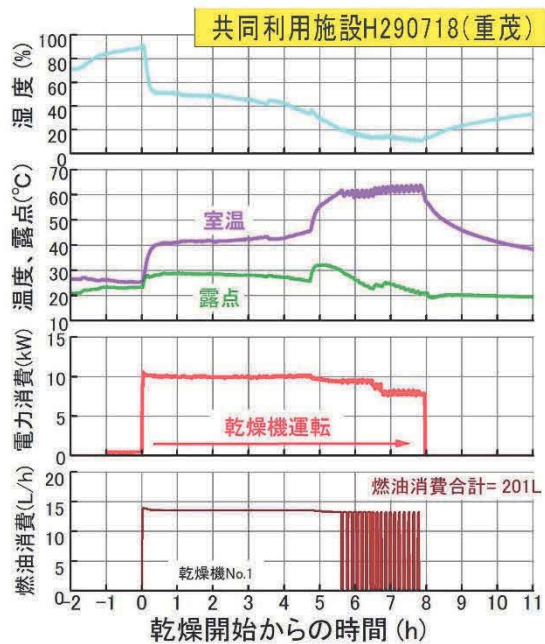
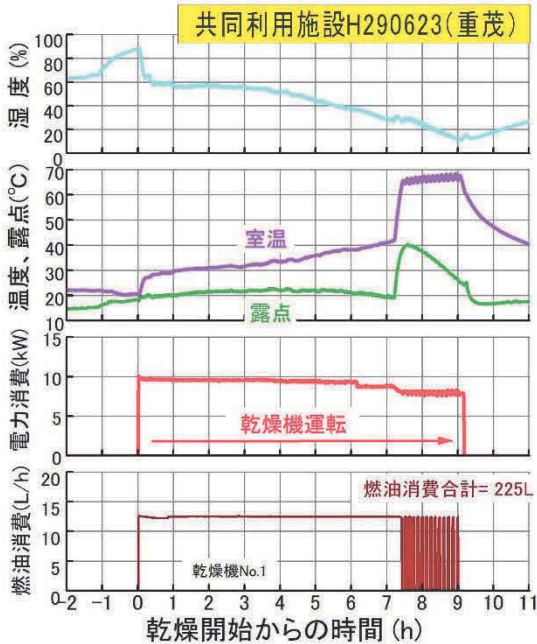
省エネのポイント

シャッターや窓の開放による外気吸い込みは乾燥ムラの原因。風の流れをチェックして開度を調節。

乾燥施設運用実態(共同利用施設、棒干し1600本)

同じ漁家でも、日々、乾燥施設の運用(操作のタイミング等)に違いがある。

* 乾燥機NO.1はボイラー調整中のため燃油消費 = 12.5 L/h (通常は15.0L/h)

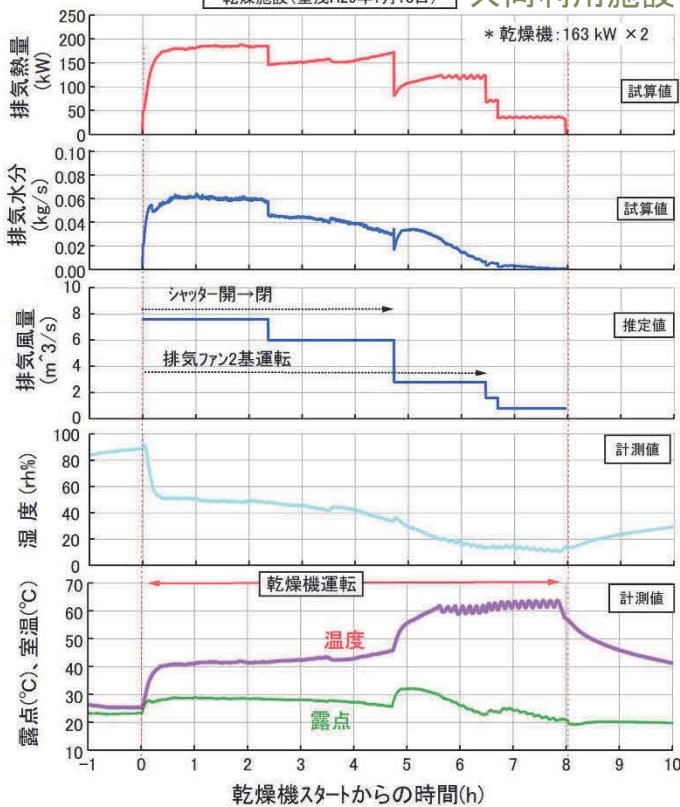


省エネのポイント

乾燥序盤は温度40°C以上、露点30°C以上に高める。設定温度(例えば60°C)に早めに到達させる。
→ 排気風量の調整が重要

乾燥時の排気水分、排気熱量の試算

乾燥施設(重茂H29年7月18日) 共同利用施設: 棒干し1600本



- 乾燥開始後はシャッター全開、排気ファン2台運転。
- 約2時間後にシャッター半開、4時間過ぎ全閉。
- 6時間後に排気ファン2台を順次停止。
- 排気ファンを停止後も隙間から若干の排気あり。

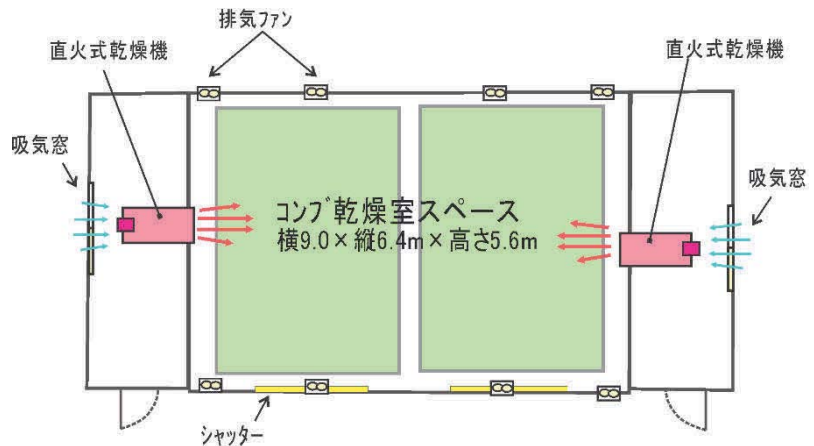
- 上記の操作に連動して室温が上昇。
- 6時間後には設定温度に達し乾燥機はオンオフ運転に移行。
- 排気風量は、概略、左図のように調整。
- 室内の温度と露点(絶対湿度)から排気水分、排気熱量を試算可能。

無駄な排気熱量を削減し、排気水分量を大きくすることで省エネを達成可能。

個人所有施設の調査(棒干し1300本)



直火式乾燥機

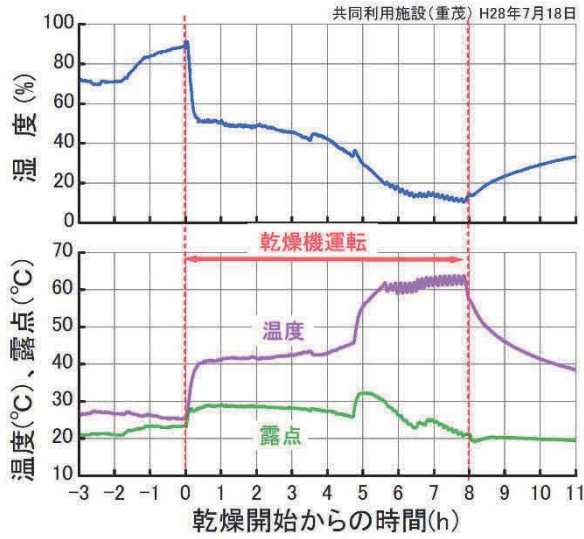


昇降式の吊り下げ架台
吊り下げ作業を省力化

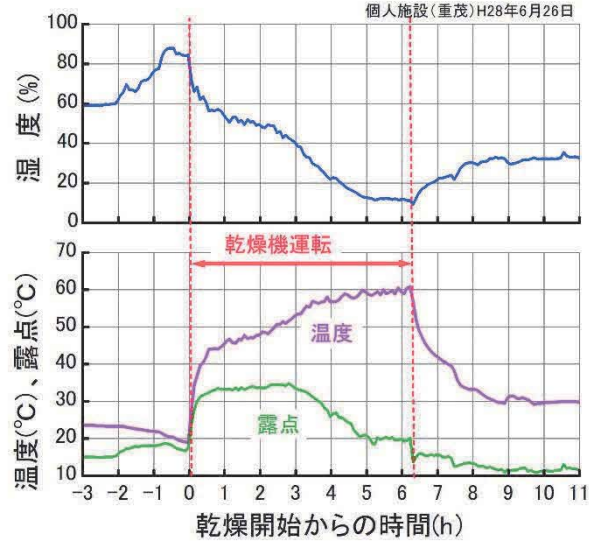


乾燥施設運用実態の比較(共同施設と個人施設)

共同利用施設: 棒干し1600本



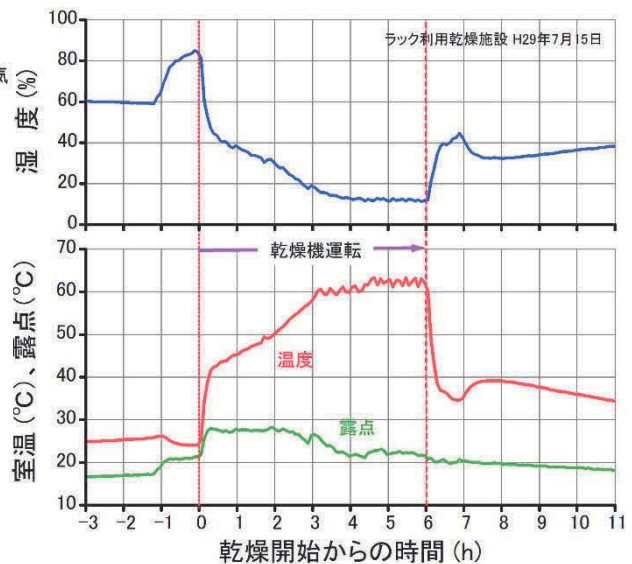
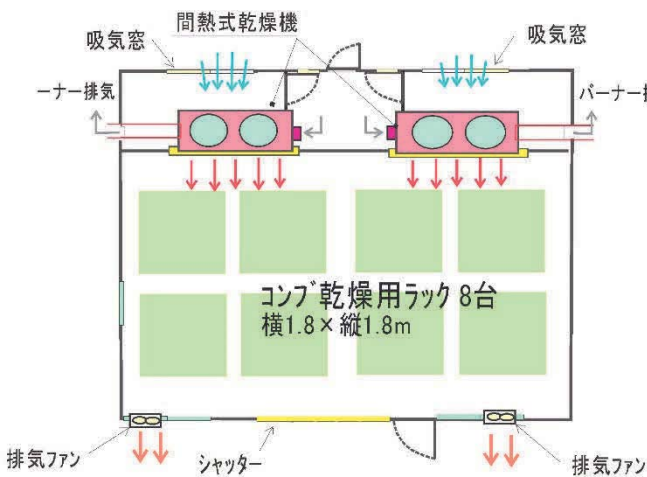
個人所有施設: 棒干し1300本



省エネのポイント

個人施設(右図)は、壁際に空間があり、首振り式天井扇6基により下降流も強い。温度・露点の経過も理想的。序盤から温度と絶対湿度(露点)を高く保つことが効果的

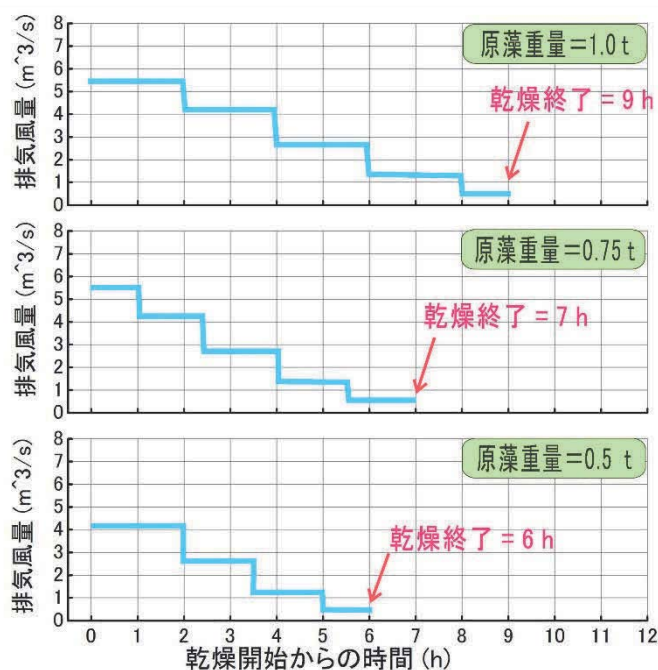
共同利用施設の乾燥調査(ラック利用、棒干し 700本)



乾燥開始時は、シャッター閉、排気ファン3台運転とし、乾燥の経過とともに排気ファン運転台数を減らしている。

効率化の提案 → 排気ファン2台運転でスタート

乾燥施設の排気風量設定イメージ



- ・コンブ原藻の実入りにより重量変化。
- ・排気風量の調整は約2時間ごと4段階程度。
- ・シャッターの開度調整は経験と勘に依存。



効率化の提案

シャッターは常時閉とし排気ファン稼働数を、4台(5.4m³/s)→3台(4.1m³/s)→2台(2.7m³/s)→1台(1.4m³/s)→全て停止、の手順で風量を調整する。

・・・自動化も可能・・・

但し、排気ファン4台を適切な場所に設置することが必要。

省エネのポイント

吊り下げる原藻重量に応じて排気風量を設定する。

A重油焚き燃焼機器の燃料について

油種	発熱量(MJ/L)	熱量比(対A重油)
ガソリン	34.6	0.943
灯油	36.7	0.961
軽油	38.2	0.977
A重油	39.1	1.000

間熱式乾燥機はA重油仕様。
灯油や軽油も利用可能であるが以下に留意。
・発熱量が低下する。
・発煙(白煙、黒煙)が見られる場合は空気量の調整が必要。



間熱式昆布乾燥機: TSH-125

有効発熱量: 125,000kcal/h (=145kW)

燃料消費量: 15 l/h (A重油)

送風量: 320~460 m³/min (=5.3~7.6 m³/s)

送風機電力消費: 1.5kW×2台

省エネのポイント

燃油消費量削減のためにはA重油を使用する。

→ 灯油に比べて4%の削減

* A重油使用では燃料油フィルタ等の保守管理に留意

効率化方策導入による省エネ効果の推定

ここまで述べてきた乾燥施設の効率化方策を適用した場合の省エネ効果を見積もってみました。一つ一つの効果は小さくても足し合わせれば大きな効果となります。

方 策	省エネ見込み (%)	共同利用施設 (棒干し1600本)	共同利用施設 (ラック利用、棒干し 700本)	個人所有施設 (棒干し1300本)
吊り下げ時の換気	0~1	0.5	0	0.5
床滞留水の排出	1~2	0.5	0	0.5
外気吸い込み抑制	1~3	2	0	0
排気風量の適正化	4~8	6	6	2
・温度、露点の経過に留意	(4~6)	(4)	(2)	(2)
・原藻総重量に応じた排気風量	(4~6)		(4)	
・設定温度到達を早めに	(2~4)	(2)		
乾燥機使用油種の選定 (灯油→A重油)	4	4	4	直火式は灯油
室内流動促進 (天井扇の配置と風量の強化)	2~4	(機器増設必要)	(機器増設必要)	対応済み
排気ファン配置見直し	2~4	(改造必要)	(改造必要)	3 (改造必要)
建屋の断熱 (屋根、窓の放熱を低減)	0~5	0	0	0
省エネの可能性		最大 13%	最大 10%	最大 6%
燃油使用実績 (平成25年度)		8.0 kL	3.7 kL	5.6 kL
燃油費削減見込み (価格80円/Lで算定)		8.3 万円	3.0 万円	2.7 万円

おわりに

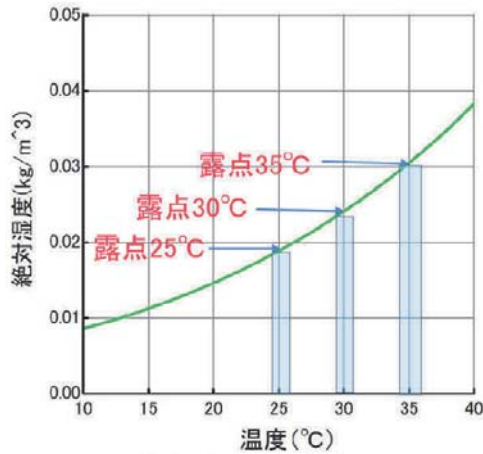
岩手県宮古地区の乾燥コンブ生産は6月下旬から8月初旬にかけて行われています。海上での原藻収穫、岸壁での洗浄・耳切りの後、原藻を乾燥室に搬入し吊り下げ作業を経て乾燥が開始されます。乾燥終了後は、乾コンブの取込み、等級選別や箱詰・梱包作業と一連の作業が日々続きます。このような作業サイクルのなかでコンブ乾燥施設の運用にもご苦労されていることと察します。本誌では、現在の施設でも運用可能な方策、機器の配置の見直しや増設を伴う方策など、省エネルギーにつながる乾燥施設の運用方法についてまとめてみました。コンブ養殖漁家の皆様に少しでもご参考になれば幸いです。

最後に、コンブ乾燥の実態調査等にご協力頂いた養殖漁家の皆様に御礼申し上げます。

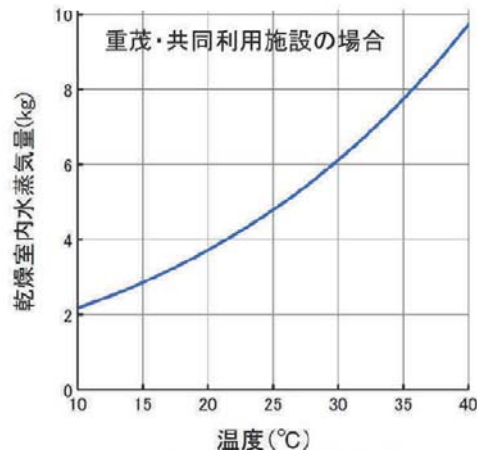
補 足

飽和水蒸気量と温度の関係

室内の水蒸気が結露する温度を露点(°C)という。露点とは絶対湿度を表す指標。
乾燥室内の露点(絶対湿度)×排気風量 = 室外への水分排出量(kg/s)
正確には、(乾燥室絶対湿度-吸入空気絶対湿度)×排気風量 = 水分排出量
同様に、(乾燥室空気温度-吸入空気温度)×排気風量 = 排気熱量(kW)



飽和水蒸気曲線



乾燥室内飽和水蒸気量

「排気熱量(kW)は小さく、水分排出量(kg/s)は大きく」となる施設運用が効果的。

補 足

乾燥施設の効率的運用 PRビデオの制作

乾燥コンブ生産の作業風景と乾燥施設運用上の省エネルギー化のポイントを紹介しました(約18分)。





昆布乾燥施設の効率的運用について
～ 省エネルギー化のポイント ～

発行 平成30年1月

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産工学研究所
〒314-0408 茨城県神栖市波崎7620-7
TEL. 0479-44-5929、E_mail: www-nrife@fra.affrc.go.jp