

改良型煙突の設置によるノリ乾燥機の燃油使用量削減効果

白石 日出人¹, 兒玉 昂幸¹, 林 伊久², 周善寺 清隆²

(¹有明海研究所, ²工業技術センター機械電子研究所)

既存のノリ乾燥機に廃熱を利用できる改良型煙突を設置し、燃油削減効果を検討した。改良型煙突を設置することにより、廃熱の約44%を再利用できることが試算され、また、改良型煙突の設置前後におけるノリ100枚当たりのA重油使用量を調査した結果、設置後では0.18～0.25L使用量が削減できることが明らかになった。同時に、改良型煙突の設置は、温度、湿度の気象の影響を受け難くして、使用量を平均化される効果を与えることが示唆され、ノリの品質に及ぼす影響も少ないことから、改良型煙突設置の有効性が実証された。

キーワード：ノリ乾燥機、燃油削減、改良型煙突

板ノリを製造するノリ乾燥機の燃料にはA重油が使用されている。平均的なノリ養殖業者では1漁期あたり150万円前後のA重油代を支出しており、これは漁業支出のうち約2割を占める大きな項目となり経営を圧迫している¹⁾。このような状況の中、2009年3月以降、A重油の一般小売価格が徐々に上昇しており(図1)、板ノリの単価が低迷を続ける中でノリ養殖経営の維持・向上を図るためには、A重油使用量の節減が緊急な課題の1つとなっている。本研究では、既存のノリ乾燥機に廃熱を再利用できる改良型煙突を設置することによって、A重油使用量の削減効果を検討した。

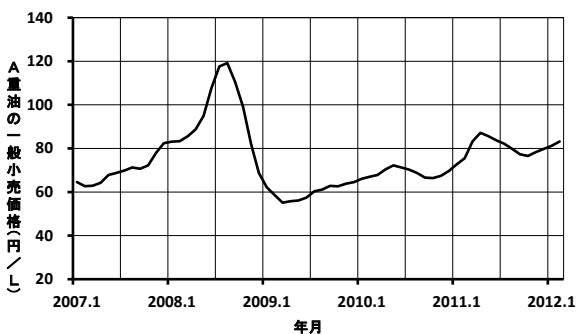


図1 A重油の一般小売価格の推移(九州沖縄局)

方 法

2009年9月に既設のノリ乾燥機(大坪鉄工製、型式:SH7連665)の煙突を、当研究所と福岡県工業技術センター機械電子研究所が共同設計した煙突に取り替え、排気熱の利用状況を試算するとともに、煙突設置前後にお

けるノリ生産期(11～3月)の生産枚数、A重油使用量、気象条件(気温と降雨)及び等級を調査して、A重油使用量の削減効果について検討を行った。

1. 改良型煙突の設置状況及び仕様

図2にノリ乾燥施設及びノリ乾燥機煙突部分の模式図を示した。通常、ノリ乾燥機には2つの煙突が両端から1本ずつ天井に向かって垂直に伸びているが、今回の試験では煙突を途中で90°屈折させ、空気の吸入口であるファンの上部に這わせ、その後ファンの中央部から天井に向かって伸ばし、ノリ養殖施設の外へ排気するように設置した。煙突をファンの上に這わせたのは、煙突からの廃熱をファン上部を通じて再び取り込むためであり、スペースの都合上、今回の試験では煙突をファン上部に直置きした(図3)。

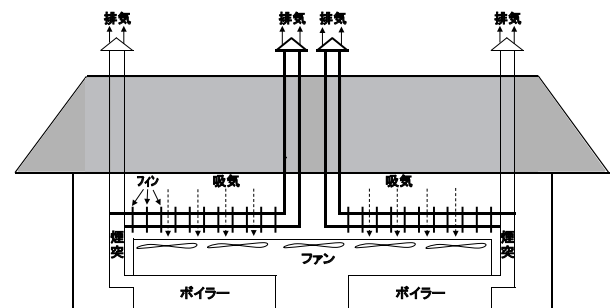


図2 改良型煙突の模式図

(太実線：改良型煙突、実線：既存の煙突)

また、煙突は水気による腐食や排気ガスの圧力に対する耐久性が必要であり、さらに漁業者へ広く普及するた

め極力安価であることも必要なことから、表1に示すように材質としてはステンレスの中で広く一般的に使用されているステンレス306 (SUS306) を用いた。なお、熱交換を向上させるために、40cm×40cmのフィン(熱交換器)を改良型煙突それぞれに20cm間隔で11枚ずつ設置した。



図3 改良型煙突の設置写真

表1 改良型煙突の仕様

種類	項目	内容
煙突	材質	SUS306
	長さ	2m
	厚み	2mm
	内径	300
フィン	材質	SUS306
	サイズ	40cm×40cm
	厚み	2mm
	ピッチ	20cm

2. 排気熱の再利用状況調査

ガス質量流量 (m), 比熱 (c), 煙突出入口の温度差 (ΔT) の積 ($mC \Delta T$) から、排気熱の再利用熱量を算出した²⁾。算出に必要なデータのうち、ガス質量流量及び比熱については、ノリ乾燥機メーカーへの聞き取りによって得たノリ乾燥機のA重油供給量及び空気供給量から算出することによって、また、煙突の出入口の温度差については、図4に示した箇所の壁面温度を測定することによってデータを取得した。

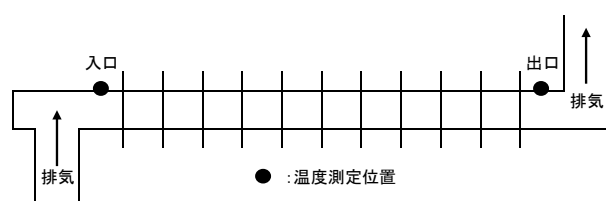


図4 改良型煙突の温度測定位置

3. A重油使用量削減効果の検討

(1) 改良型煙突設置前後におけるA重油使用量の比較

改良型煙突設置前である2007年度と設置後である2009～2011年度の、11～3月における各月の生産枚数及びA重油使用量を調査した。2007年度は所属漁協へ聞き取りにより、2009～2011年度は漁業者への作業日誌の配布により、それらのデータを把握した。その生産枚数及びA重油使用量から、板ノリ100枚を生産するために必要なA重油使用量を月別に算出し、煙突設置前後におけるA重油使用量の比較を行った。A重油使用量を左右すると考えられる気温と降水量の気象条件について、A重油使用量の算出と同様の年度で、気象庁のデータを月別に整理し、A重油使用量との相関関係について検討を行った。なお、類似した養殖スケジュールでの比較を行うため、今回の試験では採苗が設置後3年間とほぼ同じ時期に行われた2007年度を設置前のデータとした。

(2) 改良型煙突設置前後における板ノリ品質の比較

改良型煙突を設置したことによる製品への影響を調査するため、改良型煙突設置前である2007年度と設置後である2009～2011年度における製品の等級別の生産割合について調査を行った。比較に用いた製品の等級は、本等級、○(まる)等級、黒等級、く(くもり)等級及びその他の等級の5種類に区分した。なお、これらのデータについては所属漁協への聞き取りを行った。

結 果

1. 排気熱の再利用状況調査

メーカーへの聞き取りによるとノリ乾燥機のA重油供給量は19.3 kg/h、空気供給量は395.7 kg/hであり、排ガス質量流量は415 kg/h、排ガス平均比熱は1.09 kJ/kg/Kと試算された。また、改良型煙突の入口及び出口の壁面温度を測定した結果、入口の温度は263℃、出口の温度は160℃であった。

これらの数値をもとに、27℃を基準温度とした場合の出入口における熱量は、表2に示すようにそれぞれ106,755kJ/h、60,163kJ/hであり、排気ガスとして廃棄されている熱量の44%を再利用していることが示唆された。

表2 改良型煙突の出入口における排気ガスの熱量

	入口(A)	出口(B)	A-B
熱量(kJ/h)	106,755	60,163	46,592
割合(%)	100	56	44

2. 燃油削減効果の検討

(1) 改良型煙突設置前後におけるA重油使用量の比較

改良型煙突設置前の2007年度及び設置後の2009～2011年度における、11～3月の各月の生産枚数、A重油使用量及び板ノリ100枚を生産するために必要なA重油量を表3に、また各調査年度における月別の平均気温、累積降水量をそれぞれ表4、5に示した。

各調査年における年間の板ノリ生産枚数は1,429,000～2,741,100枚と大きく変動し、これに伴って使用するA重油使用量も12,047～28,700Lと年度による差がみられた。また、生産枚数に応じて各年度の各月ともA重油用量にばらつきがあるものの、各年度とも板ノリ生産の最盛期となる1～2月で使用量が多かった。

次に、板ノリ100枚を生産するために必要なA重油使用量の年平均値をみると、煙突設置前である2007年度が1.05L/100枚、設置後である2009～2011年度がそれぞれ0.87L/100枚、0.80L/100枚、0.84L/100枚であり、設置後のすべての年度でA重油使用量が減少していた。月別に比較すると、11月を除くすべての月でA重油使用量の減少が認められ、煙突設置後における減少量は12月で0.24～0.26L/100枚、1月で0.07～0.12L/100枚、2月で0.08～0.17L/100枚、3月で0.48～0.73L/100枚であった。

表3 生産枚数、A重油使用量及び板ノリ100枚を生産するために必要なA重油量（生産期別）

	月	2007年度	2009年度	2010年度	2011年度
生産枚数 (枚)	11	112,831	199,892	121,919	231,448
	12	671,969	365,687	363,258	171,402
	1	605,086	605,815	462,418	482,075
	2	892,007	372,111	672,322	432,425
	3	459,207	-	283,387	111,650
	合計	2,741,100	1,543,505	1,903,304	1,429,000
A重油使用 量(L)	11	700	1,751	960	1,912
	12	7,000	2,859	2,909	1,352
	1	6,000	5,613	4,074	4,207
	2	8,600	3,274	5,344	3,562
	3	6,400	-	1,865	1,014
	合計	28,700	13,497	15,152	12,047
板ノリ100枚 を生産する ために必要 なA重油量 (L)	11	0.62	0.88	0.79	0.83
	12	1.04	0.78	0.80	0.79
	1	0.99	0.93	0.88	0.87
	2	0.96	0.88	0.79	0.82
	3	1.39	-	0.66	0.91
	平均	1.05	0.87	0.80	0.84

表4 月別平均気温の比較（単位：℃）

	2007年度	2009年度	2010年度	2011年度	平年値
11月	12.0	12.3	11.6	14.8	12.6
12月	8.2	7.5	7.4	6.7	7.5
1月	6.0	5.2	2.4	4.7	6.1
2月	4.6	8.4	7.1	5.0	6.3
3月	9.6	10.4	7.4	9.9	9.7

この時の気温及び降水量を見てみると、設置前の2007年度は気温及び降水量とも概ね平年並みに推移していたのに対し、設置後の3年間は、2009年度は気温及び降水量は概ね平年並みで、2010年度は気温は低くめ、降水量は少なめで、2011年度は気温は平年並み、降水量は多めで推移していた。試験期間中は年度における気温と降水量の推移の差が大きかった。

これらをもとに煙突設置前後におけるA重油使用量と気象条件（気温、降水量）との関係を図5に示した。煙突設置前におけるA重油使用量と気温との関係をみると、特に高い相関は認められなかったが、降水量との間には極めて高い正の相関が認められ、降水量が多いほどA重油使用量が多い傾向であった。これに対し、煙突設置後においては気温や降水量との相関は認められなかった。

表5 月別累積降水量の比較（単位：mm）

	2007年度	2009年度	2010年度	2011年度	平年値
11月	15.0	92.0	26.5	158.0	75.5
12月	71.0	40.0	90.5	28.0	39.0
1月	70.0	45.5	13.0	19.5	50.9
2月	39.0	78.5	32.0	140.0	66.1
3月	109.5	150.5	50.0	141.5	115.3

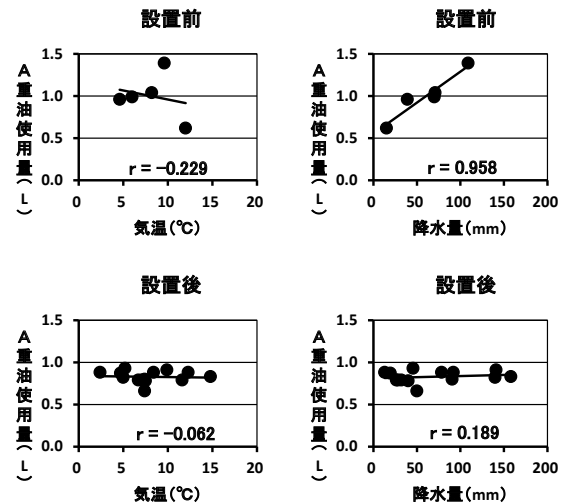


図5 改良型煙突設置前後における

A重油使用量と気温、降水量との関係

(2) 改良型煙突設置前後における板ノリ品質の比較

表6に煙突設置前後における等級の割合を示した。改良型煙突設置後、本等級が8%減少し、○（まる）等級及びその他がそれぞれ4%、8%と増加した。また、く（くもり）等級及び黒等級の割合は殆ど変化がなかった。

表6 改良型煙突設置前後における等級割合（単位：%）

等級	設置前	設置後			設置後 平均(B)	B-A
	2007年度(A)	2009年度	2010年度	2011年度		
本	41	43	24	30	32	-8
○	28	29	42	23	31	4
黒	25	15	21	34	23	-1
く	4	0	0	6	2	-2
その他	3	13	13	7	11	8

考 察

ノリ乾燥機は機内を一定の温度に保ち、この中を御簾の上に杵取られたノリ原藻が一定時間循環することで乾燥した板ノリが製造されるような仕組みになっている。そのため、機内に設置されたセンサーで温度の変化を感知し、温度が低下した場合、バーナーが点火し、設定温度になるように暖かい空気を機内へ送り込むように設計されている。

従って、ノリ乾燥施設内の気温が高いほど、また湿度が少ないほど、温度を上昇させるエネルギーが少なく済むことから、バーナーの点火時間が短く、A重油使用量が少なくなる。このため、改良型煙突では、乾燥機上部にある空気取り込み口に高温になる煙突を這わせることで、機内に取り込む空気を予め暖め、バーナーの点火時間を短くする工夫が施されている。

実際に、設置前後の調査年度において、ノリ乾燥施設の温度や湿度に影響を及ぼす気温や降水量が最も類似している。2007年12月と2010年12月のデータを比較しても、板ノリ100枚を生産するために必要なA重油使用量はそれぞれ1.04L/100枚、0.80L/100枚であり、設置後には0.24L/100枚減少し、また、11月を除いたすべての月における改良型煙突設置前後のA重油使用量を比較しても、設置後の使用量がいずれも減少するなど、設計どおりの燃油削減効果が認められた。

また、煙突設置前後におけるA重油使用量と気温、降

水量との関係についてみると、設置前には燃油使用量は降水量によって大きく変化し、降水量が多いほど明らかにA重油使用量が増加する傾向が認められた。これは、降水量が多いほど乾燥小屋内の湿度が上昇し、機内を暖めるためのバーナー点火時間が長かったものと推察される。これに対し、改良型煙突を設置した後では、総じてA重油使用量が減少したことに加え、使用量が平均化されていることから、当該煙突の設置は気象の影響を受け難くし、A重油消費の安定化にも効果を与えることが示唆された。

これらの結果をもとに、1漁期当たり約175万枚の板ノリを生産する本県の平均的な経営体で削減効果を試算すると、年間3,150～4,375LのA重油が節減でき、重油単価を80円/Lとした場合、支出が252,000～350,000円抑制されると考えられ、海区全体では2億円以上の支出削減効果を見込めることになる。

今回試験に用いた改良型煙突を設置するために必要な経費は総額約70万円であり、減価償却面や板ノリの品質への影響がほとんど無いことを考慮しても、十分に実用可能であると考えられる。

表7 平均的な経営体におけるA重油使用量削減効果試算結果（1経営体）

項目	2009年度	2010年度	2011年度
削減できるA重油量(L)	3,150	4,375	3,675
削減できる金額(円)	252,000	350,000	294,000

文 献

- 1) 西日本水産研究会. 有明海ノリ養殖活性化促進事業経営実態調査報告書. 2001; 24-28.
- 2) 日本機械学会編. 機械工学便覧基礎編 a 5. 2006; 45.