

平成24年度

# 積雪寒冷地における漁港のエコ化の検討 —電動漁船の適応性の検証—

農業水産部 水産課 ○成田 賢仁  
首藤 敦

漁港は水産物の生産・流通・加工の拠点であるが、漁船や水産関連施設は膨大な燃油・電力を消費しており、燃油費等の高騰による経営の圧迫や温室効果ガスの排出による環境への影響が課題となっている。

本報告は、これら課題の解決に有効であり、今後、実用化が考えられる電動漁船について、積雪寒冷な地域条件下での走行性、給電機適応性、環境負荷低減効果等を検証したものである。

キーワード：省エネルギー

## 1. はじめに

漁港は、水産物の生産・流通・加工の拠点であり、大量の燃油を消費する漁船や多くの電力・燃油を使用する水産関連施設によって膨大なエネルギーが消費されるとともに、温室効果ガスが排出されている。また、漁港を利用する漁業関連事業者の経営は、燃油費等の経費の高騰により厳しいものとなっている。このため、漁港では、エネルギー消費、エネルギーコスト、温室効果ガス排出量の縮減が喫緊の課題となっている。

このような課題に対し、近年、漁港においては、従来の石油燃料を使用した漁船から電気エネルギーを原動力とした電動漁船へ転換することにより、CO2排出量の削減や燃油費等の経費削減による漁業経営の改善が期待されている。

一方、平成24年4月に水産庁が示した「漁港のエコ化方策（中間とりまとめ）」によると、漁港のエコ化のための具体的な手法として漁船の電動化が盛り込まれているが、電動漁船の導入にあたっては、広範囲の操業にも対応した蓄電池の改良等、さらなる検討が必要であると課題提起されている。

そのような中、近年、漁業活動における電動漁船の適応性について実証試験が行われており、平成23年に長崎県対馬振興局が行った「豆酩地区水産生産基盤整備工事（実証試験業務委託）」によると、内燃型の従来漁船と比べ、CO2排出量を72%、燃料コストを84%削減できるとの報告があり、漁業活動への電動漁船の導入は効果があるものと考えられる。

しかし、これまで積雪寒冷地において電動漁船の性能・効果は検証されておらず、積雪寒冷地に適用できるか不明である。

本報告は、これらの情勢を踏まえ、今後、実用化が考  
Narita Takahito, Sutou Atsushi

えられる電動漁船について、積雪寒冷な北海道の地域条件下での走行性、給電機適応性、環境負荷低減効果等を検証し、「漁港のエコ化」の推進に係る検討を行ったものである。

## 2. 試験方法

実証試験は、北海道日本海中部に位置する寿都漁港において、東京海洋大学保有の電動漁船「らいちょう S」と「CHAdemo（チャデモ）方式」急速充電器を現地に搬入し、気温の低下する2月に各種試験を行った。

そこで得られた各種試験データについては、長崎県対馬振興局が行った長崎県豆酩漁港での高温期（7月～9月）の実証試験結果と比較し、積雪寒冷地での適応性等を検証した。

### (1) 使用機材等

#### a) 電動漁船「らいちょう S」



図-1 電動漁船「らいちょう S」

表-1 電動漁船「らいちょうS」の仕様

項目	データ
全長	8.04 m
全幅	2.24 m
全深さ	0.85 m
船体質量	
(軽荷)	1.35 t
(中荷)	1.72 t
(重荷)	2.46 t
総トン数	1.3 t
電動機推進機出力	25 kW
計画速力	
(軽荷)	14 Knot
(中荷)	12 Knot
(重荷)	10 Knot
連続航行時間	45分(最大船速時)
蓄電池容量	18 kW(SOC 80%)
定員乗組員	11名

SOC: State of Charge 実際に使うことができる電池容量

東京海洋大学の保有する電動漁船「らいちょうS」の仕様を表-1に示す。

本船は大容量リチウムイオン蓄電池（電池容量18kWh）を搭載し、最大出力で約45分（軽荷で14 Knot程度）、常用運航出力で2時間程度の走行が可能である。また、搭載しているリチウムイオン蓄電池はCHAdeMO方式に対応しているため、普通充電ならば充電に8時間要するところを急速充電により40分程度に短縮できる。

推進方式はウォータージェット推進方式（図-2）であり、主軸に取付けられた羽根車（インペラ）が回転することで吸込口から水をダクト内に取り入れ加圧し、案内羽根で旋回流を整流した後、噴出ノズルから高圧の水として吐出する事で前進推力を得る方式である。



図-2 ウォータージェット推進器

## b) 急速充電器

電動漁船への充電は、電気自動車用急速充電器の日本標準規格であるCHAdeMO方式の急速充電器を用いた。CHAdeMO方式は、東京電力を中心としたCHAdeMO協議会

が開発した方式であり、普通充電と比べ充電時間が大幅に短縮可能である。また、給電側と受電側が通信しリチウムイオン蓄電池の状態を確認しながら充電していくため、安全性の高さが利点として挙げられる。なお、本実証試験では、出力容量25kW、充電時間30~40分の規格を使用した。

図-3に急速充電器等の設置状況を示す。



図-3 急速充電器等の設置状況

## (2) 試験内容

積雪寒冷な条件下では、蓄電池への充電能力や電動漁船の走行能力の低下が懸念されることから、積雪寒冷地への適応性を検証するため、以下の各項目について試験を行った。

### a) 蓄電池への充電に要する時間

電動漁船への充電に要した時間及び気温を計測し、長崎県豆酏漁港で実施した実証試験との比較を行う。

### b) 蓄電池の自然放電量

前日夕方の充電完了後の蓄電池残量と翌朝出漁する前の蓄電池残量及び気温の計測を行い、気温差による自然放電量の比較を行う。

### c) 走行時消費電力等

長崎県豆酏漁港での実証試験の航行データを元に同速度・同距離を走行した場合のモーター回転数及び消費電力量を計測し、蓄電池残量の変化を比較した。

### d) 電動漁船の環境負荷低減効果及びコスト削減効果

以上の試験結果をもとに、従来の内燃機関を使用する漁船と電動漁船を使用した場合のそれぞれのCO2排出量及び走行コストを試算し、環境負荷低減効果及びコスト削減効果を試算する。

### 3. 試験結果と考察

#### (1) 蓄電池への充電に要する時間の比較

寿都漁港における試験日毎の気温、充電量、充電時間を表-2、長崎県豆酏漁港における試験結果を表-3に示す。寿都漁港では、7日間の試験期間において計8回の充電を行った。その平均充電時間は約47分、充電量は14.7kWhであり、1kWhあたりの充電時間は3.2分/kWhであった。長崎県豆酏漁港における試験では、1kWhあたりの充電時間が3.1分/kWhであり、その差は殆ど生じていない。また、寿都漁港のみで比較すると、気温が最も低い2月17日(-7.3℃)と、気温が最も高い2月14日(3.2℃)では、1kWhあたりの充電時間は同じ3.2分/kWhであり、他のデータを見ても大きな変化はないことから、気温差による充電時間への影響はないものと考えられる。

表-2 充電に要した時間 (寿都漁港)

	日付	気温 [°C]	充電量 [kWh]	充電時間 [分]	充電時間/充電量 [分]/[kWh]
寿都 (寒冷地)	2/14	3.2	13.4	43	3.2
	2/15	-5.4	14.7	50	3.4
	2/16	-5.8	14.6	41	2.8
	2/17	-7.3	15.8	51	3.2
	2/20	0.0	13.9	45	3.2
		-0.1	16.2	53	3.2
	2/21	-4.2	14.6	49	3.4
	2/22	-0.6	14.4	46	3.2
	平均	-2.5	14.7	47.3	3.2

気温は充電時の気温

表-3 充電に要した時間 (豆酏漁港)

	日付	気温 [°C]	充電量 [kWh]	充電時間 [分]	充電時間/充電量 [分]/[kWh]
豆酏 (温暖地)	7月平均 (6回計測)	27.3	11.0	35	3.2
	8月平均 (8回計測)	27.5	12.2	37	3.0
	9月平均 (3回計測)	25.3	12.4	41	3.3
	平均	27.0	11.8	37.2	3.1

表-4 蓄電池の自然放電量 (寿都漁港)

	日付	気温 [°C]	充電終了時 電池電圧 [V]	試験開始時 電池電圧 [V]	電圧差 [V]
寿都 (寒冷地)	2/14	3.8	392.5	388.9	3.6
	2/15	-4.1	392.6	385.6	7.0
	2/16	-6.0	394.3	384.4	9.9
	2/17	-6.3	393.1	385.0	8.1
	2/18	-5.9	計測なし		
	2/19	-4.8	計測なし		
	2/20	-3.3	394.0	388.3	5.7
		-0.1	392.4	388.7	3.7
	2/21	-2.4	394.1	389.3	4.8
	2/22	-3.6	394.3	387.9	6.4
	平均	-3.3	393.4	387.0	6.3

充電終了時電池電圧は、前日夕方の充電完了後に計測  
気温は充電終了時から試験開始時までの平均気温

Narita Takahito, Sutou Atsushi

#### (2) 蓄電池の自然放電量の検証

試験日毎の自然放電量(電圧差)を表-4に示す。最も間隔が空いた2月17日~20日の電圧差は5.7Vであり、平均値よりも低い値であった。

また、気温は17日が-6.3℃であり、調査期間中の最低気温となっているものの、電圧差に大きな変化は見られない。このことから、気温差による蓄電池の自然放電量には影響がないものと考えられる。

#### (3) 走行時消費電力等の比較

##### 1) 消費電力量の比較

寿都漁港における試験日毎の走行時間、走行距離、消費電力量等の結果を表-5に、長崎県豆酏漁港における試験結果を表-6に示す。

消費電力量当たりの走行距離を見ると、寿都漁港の平均値は0.83km/kWh、豆酏漁港の平均値は0.80km/kWhであり、その差は殆ど生じていない。また、寿都漁港のみで比較すると、気温が最も低い17日(-6.7℃)が0.87km/kWh、気温が最も高い14日(4.0℃)が0.83km/kWhであり、大きな変化はないことから、気温差による走行距離への影響はないものと考えられる。

表-5 走行時消費電力量 (寿都漁港)

日付	気温 [°C]	操業時間 合計	走行時間 [分]	走行距離 [km]	平均速度 [Knot]	消費電力量 [kWh]	走行距離/ 消費電力量 [km/kWh]
2/14	4.0	2時間27分	57.2	10.2	5.8	12.2	0.83
2/15	-5.3	2時間22分	87.4	8.1	5.2	13.0	0.62
2/16	-5.7	5時間47分	62.9	10.4	5.5	11.5	0.90
2/17	-6.7	5時間53分	67.2	10.4	5.5	12.0	0.87
2/20	-0.7	5時間54分	50.7	9.4	6.0	11.0	0.86
2/21	-5.0	5時間27分	54.9	9.7	5.8	11.8	0.82
2/22	-1.4	5時間2分	57.5	10.5	6.0	11.9	0.88
平均	-3.0	4時間42分	62.5	9.8	5.7	11.9	0.83
合計		32時間52分	437.8	68.7	-	83.4	-

気温は操業時間の平均気温

表-6 走行時消費電力量 (豆酏漁港)

日付	操業時間 合計	走行時間 [分]	走行距離 [km]	平均速度 [Knot]	消費電力量 [kWh]	走行距離/ 消費電力量 [km/kWh]
7/17	6時間30分	72	10.9	5.5	15.2	0.72
7/23	6時間21分	44	9.1	7.0	13.4	0.68
7/24	6時間16分	31	6.5	6.0	9.5	0.69
7/25	6時間14分	52	8.8	6.5	10.6	0.83
7/26	5時間53分	27	4.5	6.5	5.9	0.76
7/31	6時間30分	29	5.1	6.0	6.2	0.82
8/1	6時間25分	55	8.4	5.0	8.7	0.97
8/3	5時間59分	63	8.5	6.0	9.9	0.86
8/4	6時間38分	46	6.6	6.0	7.9	0.84
8/22	5時間52分	76	12.9	5.0	14.7	0.88
8/27	5時間30分	50	9.3	6.0	10.0	0.93
8/28	6時間02分	43	10.0	7.5	14.6	0.68
8/29	4時間10分	57	9.9	6.5	12.4	0.80
8/30	5時間52分	49	10.1	5.5	14.0	0.72
9/16	5時間05分	52	8.9	6.0	11.7	0.76
9/24	6時間30分	66	11.3	5.0	12.6	0.90
9/25	5時間32分	81	10.7	5.0	13.0	0.82
平均	6時間01分	52.5	8.9	5.9	11.2	0.80
合計	84時間15分	893	151.5	-	190.4	-

## 2) 蓄電池残量の変化の比較

2月20日（気温-0.7℃）の寿都漁港と8月30日（気温26.3℃）の長崎県豆敷漁港における経過時間ごとの蓄電池残量（電池電圧）の変化を図-5に示す。

走行時間及び走行速度は、図-4に示すとおりほぼ一致している。なお、豆敷漁港では停泊中に船を多少動かしているため速度変化が見られるが、寿都漁港の場合は完全に停泊しているため速度として表れていない。

蓄電池残量（電池電圧）の変化を比較すると、減少する傾きはほぼ同程度であり、気温差による影響はないものと考えられる。しかし、寿都漁港においては、往路、復路共にモーターを始動させた直後にグラフが垂直に落ち、その後回復するという動きが見られた。これは電力を大きく消費するときに一時的に電圧が下がるものであるが、豆敷漁港と比較すると、寿都漁港は特に電圧の変動が大きいと、気温が低いことが起因している可能性も考えられる。

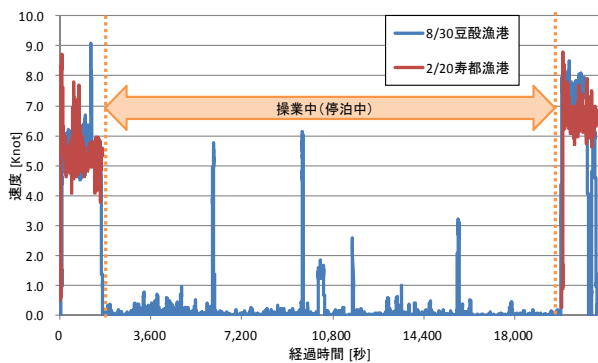


図-4 速度変化の比較

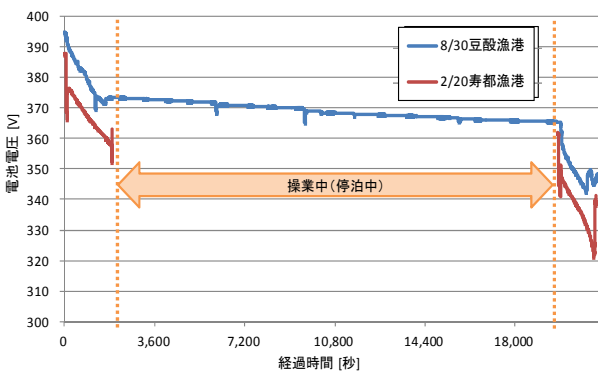


図-5 蓄電池残量（電池電圧）の変化の比較

## 3) モーター回転数ごとの消費電力の差

同様に消費電力、モーター回転数の比較を図-6に示す。寿都漁港と豆敷漁港の試験結果はほぼ一致しており、モーター回転数による消費電力量に大きな違いは見られなかった。したがって、漁船の速度は回転数により決まるとした場合、ある速度を得るのに必要なエネルギー量（電力消費量）に気温の影響はないものと推測される。

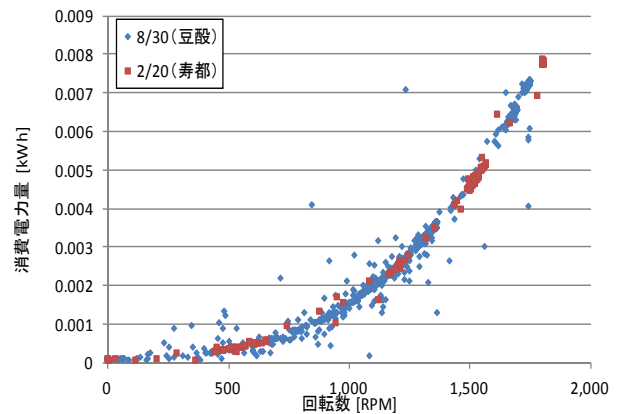


図-6 モーター回転数と消費電力量の比較

## (4) 環境負荷低減効果及びコスト削減効果

今回の試験結果をもとに、電動漁船と従来の内燃機関を使用する漁船を使用した場合のそれぞれのCO2排出量及び走行コストを試算し、環境負荷低減効果及びコスト削減効果を算出した。

### 1) 電動漁船のCO2排出量及び走行コスト

表-7に電動漁船のCO2排出量及び走行コスト（電気料金）の試算を示す。消費電力量は、試験結果の平均値で11.9kWhであり、ここから試算されるCO2排出量は5.2kg、走行コストは217円である。

表-7 電動漁船のCO2排出量及び走行コストの試算

平均走行時間	62.5分
平均速度	5.7Knot
平均消費電力量	11.9kWh
CO2排出量(消費電力量から換算)	5.2kg
走行コスト(電気料金(消費電力量から換算))	217円

・CO2排出量＝消費電力量×CO2排出原単位0.433kg-CO2/kWh；CO2排出原単位（ほくでんグループサステナビリティレポート2010）

・電気料金＝消費電力量×電力単価18円27銭/1kWh；電力単価（北海道電力ホームページ）

### 2) 内燃機関船のCO2排出量及び走行コスト

表-8に内燃機関船のCO2排出量及び走行コスト（燃油代）の試算を示す。実験に用いた電動漁船と同規模の0～0.9tの階級で燃料消費量を試算した。なお、今回の試験結果では、電動漁船の平均走行時間が62.5分、平均速度が5.7Knotであり、電動漁船の本来の速力よりも低速であったことから、電動漁船の計画速力（中荷）である12Knotで走行した場合の走行時間（30分）に置き換えて比較した。走行時間30分を内燃機関船で走行した場合、燃料消費量は10.1Lとなり、ここから試算されるCO2排出量は23.4kg、走行コストは1,353円である。



表-8 内燃機関船のCO2排出量及び走行コストの試算

漁船階級	0~0.9t
定格出力	46PS
燃料消費率	0.438L/PS/h
1時間当たり燃料消費量	20.1L/h
燃料消費量(30分当たり)	10.1L
CO2排出量(燃料消費量から換算)	23.4kg
走行コスト(燃油代(燃料消費量から換算))	1,353円

・ 定格出力=1.4×漁船馬力33PS（漁船法施行規則附則）

- ・ 燃料消費率（漁船用環境高度対応機関型認定基準）
- ・ CO2排出量=燃料消費量×0.00232t-CO2/L（温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(ver3.2)（環境省））
- ・ 走行コスト=燃料消費量×134円/L（月刊積算資料2012.1（財団法人経済調査会））

### 3) 電動漁船の環境負荷低減効果及びコスト削減効果

これらの試算から電動漁船の環境負荷低減効果とコスト削減効果を試算すると以下のとおりであり、その効果は非常に大きいものと評価できる。

#### ■環境負荷低減効果

電動漁船のCO2排出量（5.2 kg）／内燃機関船のCO2排出量（23.4kg）=22.2%（環境負荷低減効果77.8%）

#### ■コスト削減効果

電動漁船の電気料金（217円）／内燃機関船の燃油代（1,353円）=16.0%（コスト削減効果84.0%）

## 4. まとめ及び今後の課題

今回の試験結果から、電動漁船の積雪寒冷な気候への適応性に関しては、当初懸念されていた蓄電池の消耗や走行性能等の低下に顕著な影響は見られず、寒冷地において使用する際に特段考慮する点はないと考えられる。

一方、電動漁船の実用化に向けては以下のような課題も残っており、解決に向けた取り組みが求められている。

- ・ 多様な漁業種類に対応した電動漁船の改良
- ・ 電力供給施設の設置場所の調整、施設の運用や管理等に関する検討
- ・ 電動漁船の導入や電力供給施設の設置に対する国及び自治体等の支援制度の確立
- ・ 太陽光発電、風力発電等自然エネルギーの活用