

石巻市水産物地方卸売市場のエネルギー統合管理

Integrated management of the energy in the Marine Products Local Wholesale Market in Ishinomaki City

横田 元成 伊藤 仁司
Motonari Yokota Hitoshi Ito

要 旨

東日本大震災で被害を受けた石巻市水産物地方卸売市場は、高度衛生管理システムを導入し、近代的な魚市場として再建された。再建された魚市場は閉鎖型であるために照明設備・空調設備の消費電力の増大が見込まれたため、再生可能エネルギーと併せて当社製のエネルギー情報統合管理を導入し、系統電力使用量の大幅な低減を図った。この結果、運用開始後の半年間における系統電力使用量の26%減（半年間の平均値）を実現した。

Abstract

The Marine Products Local Wholesale Market in Ishinomaki City which suffered damage from the Great East Japan Earthquake introduced the advanced hygiene management system, and was rebuilt as a modernistic fish market. Since the rebuilt fish market was a closed type, increase of the power consumption of a lighting facility and the air conditioner was anticipated. Therefore, the energy information integrated management made in JRC has been introduced in conjunction with renewable energy, and have planned large reduction of the system power consumption. As a result, the system power consumption in half a year after the start of operation realized 26% reduction (average value of half a year).

1. まえがき

石巻市水産物地方卸売市場は、2011年3月11日の東日本大震災で壊滅的な被害を受けた後、同年7月から仮運用と再建を平行して進めたが、この再建にあたっては、以下の理由から震災前よりも消費電力が増大すると予測された。

- ・高度衛生管理に関する諸設備（人・車の入退場管理設備、カメラ設備、ICT設備等）の導入。
- ・閉鎖型の構造による照明設備・空調設備の消費電力の増大。
- ・建物内への排気ガスの放出を避けるための電動型のフォークリフトの使用。

そこで当社では、エネルギー情報統合管理設備を整備して系統電力（電力会社から購入する電力）利用の低減可能な設備を提案し、その運用を行った。本稿では、同設備の運用開始から半年間の結果を報告する。

2. 消費電力の事前予測

2.1 主要な負荷設備

石巻市水産物地方卸売市場の主要な建造物は、西棟、中央棟、東棟、管理棟、冷海水・製氷棟-1及び2がある。

空調、照明、給排水等一般的な設備に加え、製氷・冷海水・スラリー冷海水、ベルトコンベア、選別機等魚市場ならではの設備がある。更に高度衛生管理に関わる諸設備やフォークリフト充電盤が加わる。

2.2 消費電力の推定

消費電力の推定は、各設備の諸元のほか、次の点に留意

した。

- ・季節による差異を反映させるため、月別とした。
- ・各設備の稼働時間帯は、震災前の運用に基づいた。
- ・稼働時間帯は30分単位に分割した。

このようにして推定した結果、消費電力量が震災前実績の4~5倍の見込みとなったため、エネルギー情報統合管理設備（Energy Management System 以降EMSと称す）を整備し、系統電力の利用の低減を図った。

3. システム概要

3.1 エネルギー情報統合管理設備と関連設備

(1) エネルギー情報統合管理設備（EMS）

EMSは処理部（サーバ）と管理者用端末装置（PC）、見学者向けの構内公開用表示端末によって構成した。

(2) 太陽光発電設備

石巻市水産物地方卸売市場は、ほぼ真南が石巻湾に面して陽当たりが良いため、有効と考え、導入した。

PCSは500kW、パネルは549.5kWが整備された。

PCSは太陽光発電電力を直流から交流に変換し、負荷設備や蓄電池設備へ給電する。

(3) 蓄電池設備

電力会社からの受電電力のうち、年間の最大値によって契約電力が決定される。契約電力が大きいほど、基本料金を多く支払わねばならない。消費電力が少ない時間帯に蓄電しておき、多い時間帯に放電すれば契約電力を引き下げることができる。これをピークカットという。

そのため、PCSは500kW、蓄電池盤は484kWhが整備された。

PCSは蓄電池盤の放電電力を直流から交流に変換し、負荷設備へ給電する。反対に、蓄電池盤に充電するときは、交流から直流に変換する。

(4) 自動制御設備

いわゆる中央監視設備であり、場内の電力利用状況を把握している。EMSは自動制御設備から電力値を収集し、表示・判定に使用している。

3.2 電力の利用

3.2.1 消費電力と太陽光発電電力の時間推移

一般的に魚市場は朝の消費電力が多い。また翌朝の作業の準備のため、夕方に電力を消費する場合がある。

一方で太陽光発電電力は日中しか得られないため、需要と供給が合わない時間帯が発生する。そこで契約プランも考慮し、蓄電池設備の充放電制御を立案した。

3.2.2 契約プラン「業務用季節別時間帯別電力」の採用

電力料金単価は契約プランによって異なる。「業務用季節別時間帯別電力」では、夏季の日中が高価な反面、夜間～朝は安価なため、多くの魚市場に有利なプランである。

EMSは、消費電力が少ない夜間に蓄電池設備を充電しておき、日中に強制放電を行う。日中の系統電力の利用の低減に加え、電力料金単価の差分に基づくコストダウンを図っている。

3.3 EMSの主要機能

3.3.1 エネルギー利用状況表示

電力利用状況の「見える化」である。電力値や方向(充電/放電)や、CO₂削減量等一般的な内容に加え、エコエネルギーの利用割合が高いときにカツオが跳ねるアニメーションを入れ、見学者に印象付ける工夫をした。ここでエコエネルギーとは太陽光発電電力を指す。

「ただ今のエコエネルギー利用率」及び「先月のエコエネルギー利用量(率)」は、系統電力の利用の低減度合いを短期的/中期的な2つの視点で表現した。

EMSや太陽光発電設備、蓄電池設備について、先生と生徒のQ&A方式の説明画面により見学者の理解を助けた。



図2 Q&A形式の説明

Fig.2 Explanation by Q&A style

3.3.2 充放電制御

(1) 系統電力に対して

利用が少ない時間帯に充電し、多い時間帯に放電する。料金単価が安い時間帯に充電し、高い時間帯に放電する。

(2) 太陽光発電電力に対して

余剰電力がある場合、蓄電池に充電しておき、後で利用すれば無駄にならない。余剰電力は次式で示され、業務終了後や休業日に発生しやすい。

$$\text{余剰電力} = \text{太陽光発電電力} - \text{負荷電力} (>0\text{kW})$$

(3) 1日の中での制御ポリシー

安全のため、 $5 \leq \text{SOC} \leq 95\%$ の範囲で運用した。

図4において1日目、2日目ともに営業日の場合のSOC(State Of Charge: 蓄電率)の推移を青実線で示す。

①営業日の0時までに、SOC=95%まで充電しておく。

②ピークカット放電した場合は、SOCが減少する。

③日中に余剰電力が発生した場合は充電するため、SOCが増加する。

④14時~22時まで強制放電するため、SOCが減少する。

(概ね業務が終了し、かつ電力料金単価が高い時間帯)

22時~翌0時に充電するため、SOCが増加する。2日目は同じ動作を繰り返す。

1日目が営業日、2日目は休業日の場合を茶点線で示す。

⑤1日目の22時以降に充電しない。

⑥2日目の日中に余剰電力を充電するため、SOCが増加する。

⑦2日目18時~22時まで強制放電するため、SOCが減少する。

(余剰電力が発生せず、かつ電力単価が高い時間帯)

⑧22時~翌0時に充電するため、SOCが増加する(翌日が営業日の場合)。



図1 見学者向けの画面

Fig.1 Display image for visitor

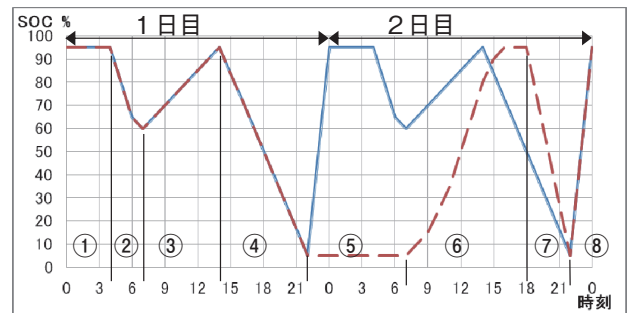


図3 SOCの変動

Fig.3 Fluctuation of the SOC

3.3.3 縮退制御

蓄電池の放電電力では不十分な場合や、SOCが残り少ない場合に、縮退制御を行う。縮退制御は、予め規定した設備に対して、機能の一部または全部を停止させ、消費電力の抑制を図るものである。縮退の実施とレベルはEMSの判断に拠る。

各レベル間を頻繁に遷移しないよう、レベルの低減（解除）にも条件を付けた。

縮退制御は、石巻市水産物地方卸売市場の繁忙期に使用する想定である。繁忙期は例年6～7月である。

表1 縮退制御の対象設備

Table 1 Target equipment of degeneration control

レベル	対象設備	内容
なし	(縮退なし)	—
1	ルーフファン	停止
2	照明設備	指定した割合で減光
	空調設備	停止
3	製氷設備 冷海水設備 スラリー冷海水設備	ポンプ等の一部停止 (販売は可能)

3.3.4 停電中支援

一般的に停電対策として非常用発電機を整備するが、燃料を使い切った後は給電できない。石巻市水産物地方卸売市場では蓄電池設備の自律運転により、一部の負荷に給電できるようにした。

EMSはSOCを常時監視し、残量が僅少になったら警告表示し、給電停止を予告する。停止後は、晴天時に太陽光発電電力によって給電再開と充電を期待できる。

災害などに拠る停電の場合、燃料の補給が困難な場合が想定されるが、本システムでは晴天になれば電力を得られる可能性がある。

3.4 節電予測

EMSの目的は系統電力の利用の低減である。節電の度合は、太陽光発電電力量と、その有効活用による。事前予測値は「4.2 節電結果」において、実績値と併記する。

3.4.1 太陽光発電設備

太陽光発電によって系統電力を節電できるので、発電電力量を予測した。

3.4.2 EMSと蓄電池設備

- 以下の2点を考慮した。
- ・各月のピークカット電力
 - ・余剰電力の充電量

4. 運用結果

4.1 運用結果

4.1.1 エネルギー利用状況

各月のエコエネルギー利用状況を表2に示す。発電量と利用量の差分は逆潮流である。利用率は次式から求めた。

$$\text{利用率 (\%)} = \text{利用量} / \text{当月の負荷電力量}$$

表2 エコエネルギー利用状況

Table 2 Utilization situation of eco-energy

年月	エコエネルギー			
	発電量 kWh	利用量 kWh	逆潮流電力 kW	利用率 (%)
2015.10	58,151	56,127	2,024	34
2015.11	34,022	32,215	1,807	22
2015.12	34,598	33,578	1,020	20
2016.01	32,258	31,885	373	19
2016.02	47,647	44,853	2,794	28
2016.03	64,362	50,409	13,953	31
期間中平均	45,173	41,511	3,662	26

4.1.2 充放電制御

(1) SOC推移

図7に2015年12月4日の実績を示す。前夜にSOC=約80%まで充電した。系統電力の利用が少なかったため放電せず、9:25頃から余剰電力を充電し、満充電となった。

14:00から強制放電を行い、20:00頃に放電を終えた。

翌日は土曜日ながら営業日であったため、22:00から充電した。

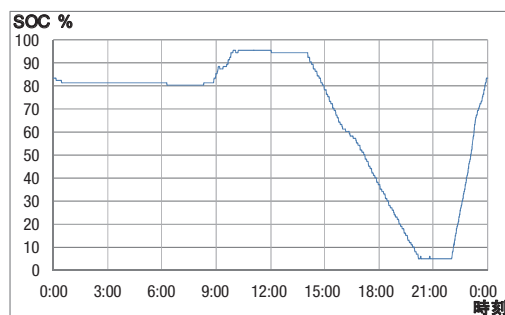


図4 2015年12月4日のSOCの変動

Fig.4 Fluctuation of the SOC on 2015/12/4

(2) ピークカット動作

ピークカット放電電力は次の関係から算出する。

$$\text{ピークカット放電電力} = \text{負荷電力} - \text{契約電力}$$

運用開始時の契約電力は800kWだが、EMSの制御目標は500kWとした。半年間のピークカット結果を表3に示す。表3の記載は30分ごとの平均値である。

半年間の最大需要電力は2015年10月に記録しており、477 - 464 = 13kWのピークカット効果があった。

最大需要電力とは、系統電力の最大値である。

ピークカットは蓄電池設備からの放電電力に限らず、太陽光発電電力による場合もある。表3においては2015年11月と2016年3月は、太陽光発電電力によった。

表3 ピークカット結果
Table 3 Peak cut result

年月	最大需要電力 kW	最大需要電力発生時の負荷電力 kW	ピークカット電力 kW
2015.10	464	477	13
2015.11	381	399	18
2015.12	436	439	3
2016.01	395	395	0
2016.02	394	394	0
2016.03	432	440	8

4.1.3 縮退制御

2016年3月までに実施した履歴はない(試験を除く)。

4.1.4 停電中支援

2016年3月までに実施した履歴はない(試験を除く)。

4.2 節電結果

4.2.1 太陽光発電

表2に示した各月の実績を、予測値と比較した。月毎のバラつきはあるものの、概ね計画通りであった。

表4 発電予測と結果
Table 4 Power generation forecast and results

年月	発電量 kWh		達成率 (%)
	予測	結果	
2015.10	42,718	56,127	131
2015.11	34,858	32,215	92
2015.12	32,660	33,578	103
2016.01	39,534	31,885	81
2016.02	43,872	44,853	102
2016.03	57,247	50,408	88
期間中平均	41,815	41,511	99

発注仕様書に記載されていた年間推定発電電力量を基に、以下の2点を考慮して補正した。

- ・太陽光パネルの設置傾斜角の変更
- ・逆潮流の発生

余剰電力を蓄電池設備に充電しきれず、電力会社の配電網へ廃棄されることを逆潮流といい、系統電力の利用の低減に寄与できない。

4.2.2 EMSと蓄電池の効果

実績は予測の半分以下である。休業日の負荷電力を終日に渡って5kW程度と予測したが、実際は100kW程度あった。

予測時はOA機器の消費電力くらいしか見込まなかったが、実際にはルーファンの稼働や、営業前日の準備作業などがあったために、大幅な見込み違いであった。

表5 余剰電力による充電量(休業日)
Table 5 Charging power amount by surplus power (holyday)

年月	充電電力量 kWh		達成率 (%)
	予測	結果	
2015.10	1,393	629	45
2015.11	2,438	1,180	48
2015.12	2,786	1,248	45
2016.01	3,483	1,295	37
2016.02	2,786	1,329	48
2016.03	2,786	1,601	57
期間中平均	2,612	1,214	46

4.3 考察

余剰電力による営業日の充電量は事前に予測できなかったが、実際には充電できたため、表5の結果に加算し表6にまとめた。達成率が46⇒85%に引き上げられた。

表6 余剰電力による充電量(休業日+営業日)
Table 6 Charging power amount by surplus power (holyday and business day)

年月	充電電力量 kWh		達成率 (%)
	予測	結果	
2015.10	1,393	2,394	172
2015.11	2,438	1,929	79
2015.12	2,786	1,893	68
2016.01	3,483	1,789	51
2016.02	2,786	2,081	75
2016.03	2,786	3,188	114
期間中平均	2,612	2,212	85

5. 今後の課題

太陽光発電電力の一部が逆潮流になっているので、活用したい。但し余剰電力の発生は間欠的なので、つられてシステム動作が間欠にならないように注意を要する。

6. あとがき

石巻市水産物地方卸売市場の系統電力の利用の低減を目標とし、EMSを導入して太陽光発電設備、蓄電池設備と連携させた。運用開始後の低減効果は、半年間の平均で26%であった。

電力自由化等により電力料金の低減が謳われているものの、環境問題や災害対策の観点では、日頃から再生可能エネルギーを活用し、化石燃料や原子力の利用を低減することが望ましい。魚市場は海に面し、陽当たりが良いところが多いため、太陽光発電を行うには条件がよい。

用語一覧

PCS : Power Conditioning System
(パワーコンディショニングシステム)
SOC : State Of Charge (蓄電率)