

資料編

「メーカー検討書／蓄電システムシミュレーション結果報告書」

・目次

1. 実施概要	0 1
1. 1. 変動抑制方針	0 1
1. 2. サイトデータによる蓄電池容量検討	0 3
2. データ分析結果	0 4
2. 1. サイト出力指令の導出	0 4
2. 2. PCS容量、変動許容値（バンド幅）の評価	0 8
2. 3. 逸脱量の月別評価	1 1
2. 4. 電池残量制御を考慮した蓄電池容量の評価	2 0
2. 5. 鉛電池蓄電システム構成の検討	2 1
2. 6. リチウムイオン電池蓄電システムの検討	3 3
2. 7. 蓄電システム構成の一般化	3 7
3. システム構成	4 1
4. 運転炉数に応じた一定指令値 P_s での運用	4 5

1. 実施概要

福島市様のごみ焼却施設「あらかわクリーンセンター」の発電電力を計画値に一致させるために、サイト出力の変動抑制に必要な蓄電池出力 (kW) 及び蓄電池容量 (kWh) を検討した。

検討にあたり、サイト内の発電電力及び負荷電力の 12 か月分の 1 分データを用いて、蓄電設備導入によるサイト出力の変動抑制効果を検討した。

1. 1. 変動抑制方針

図 1. 1. 1 にあらかわクリーンセンターの構成を示す。サイト内には蒸気タービン発電機、保安用発電機の発電設備と負荷設備が設置されており、送配電事業者の送電線を介して発電電力を供給している。送電線を介して供給する電力は、発電機の電力と負荷使用電力の差となるが、負荷設備により使用される負荷電力 (P_{LD}) は予測値を用いて送電計画に反映し、蒸気タービンの発電電力 (P_{TG}) と保安用発電機の発電電力 (P_{DG}) の出力変動分を蓄電設備の充放電電力 (P_{BT}) により吸収して発電所からのサイト出力 (P_{PP}) を発電計画値に合わせることを目標として、蓄電設備を運用する方針とした。

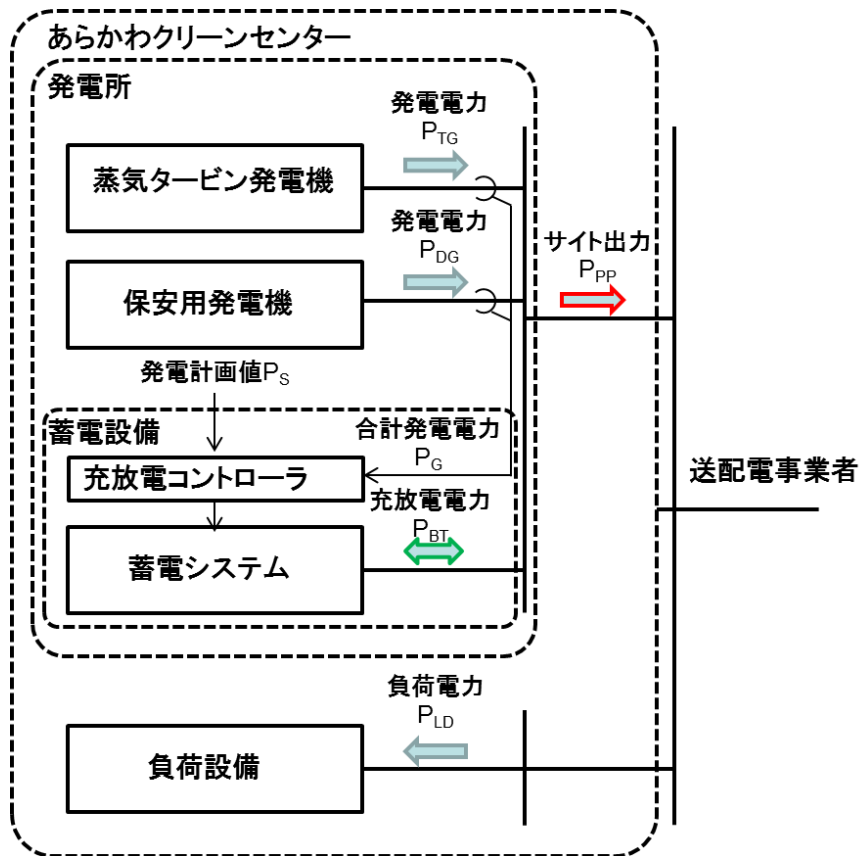


図 1. 1. 1. あらかわクリーンセンターの構成

変動抑制の方針を図1. 1. 2に示す。発電計画値 (P_S) 及び蒸気タービンの発電電力 (P_{TG})、保安用発電機の発電電力 (P_{DG}) の合計発電電力 (P_G) の瞬時値を充放電コントローラへ入力し、サイト出力 (P_{PP}) が発電計画値に対して、あらかじめ設定した変動許容値 (バンド幅: ΔP) の範囲を逸脱しないように充放電電力 (P_{BT}) を決定する。変動許容値を大きくすると、蓄電システムの充放電電力 (P_{BT}) 及び充放電電力量 (蓄電システム充放電電力の面積) が小さくなるが、サイト出力の変動が大きくなる。

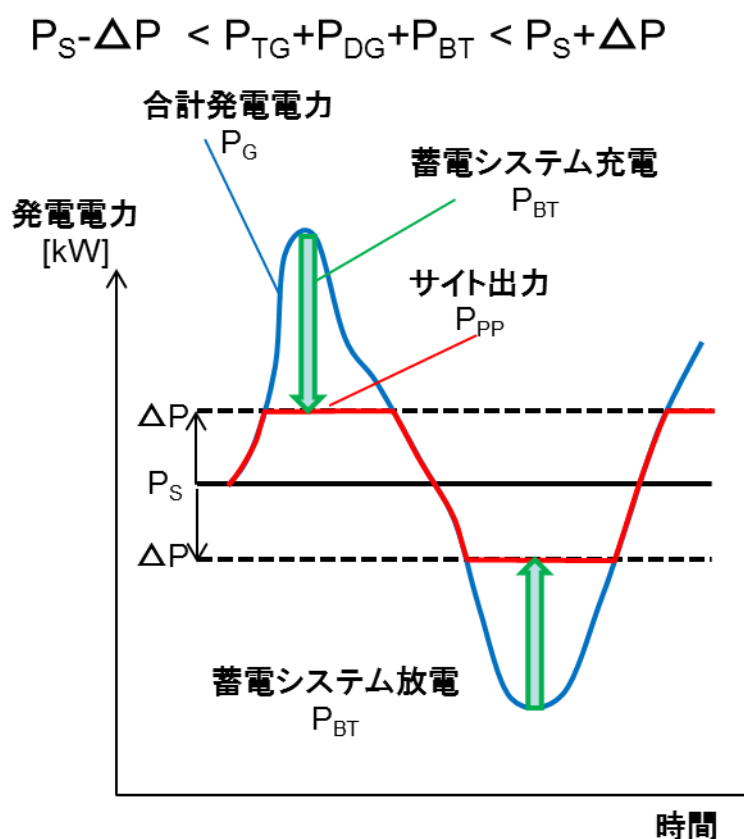


図1. 1. 2. 変動抑制の方針

1. 2. サイトデータによる蓄電池容量検討

前節に示した変動抑制によりサイト出力の変動を抑制するために必要な蓄電池容量を評価するため、以下ステップ1～7にてデータ分析を※1行った。

ステップ1：サイト出力指令の導出（発電電力の計画値として30分デマンドと1時間デマンドを算出）。

ステップ2：PCS容量、変動許容値（バンド幅）の評価（ステップ1で算出したデマンドデータを発電計画値とし、その計画値に一致するPCS容量（kW）とバンド幅（ ΔP ）の評価）。

ステップ3：逸脱量の月別評価（ステップ2の評価結果に対して月別の詳細評価）。

ステップ4：電池残量制御を考慮した蓄電池容量の評価（ステップ2で検討した構成で電池残量制御を考慮し、蓄電システムの蓄電池容量の検討）。

ステップ5：鉛電池蓄電システム構成の検討（鉛電池の特性を考慮した最適蓄電池容量の算出）。

ステップ6：リチウムイオン電池蓄電システムの検討（リチウムイオン電池の特性を考慮した最適蓄電池容量の算出）。

ステップ7：蓄電システム構成の一般化（バイオマス燃料が安定した一般的発電サイトにおける最適蓄電池容量の検討）。

※1：データ分析にあたり数分～数十分のデータが抜けている月があり、以下の対応を行った。データが抜けている月は、2014年11月、2015年2月、3月、9月の4ヶ月、また2014年10月、2015年11月は、1ヶ月分のデータがそろっていない。

データが抜けている部分については、これを零とすると平均値から大きな乖離を生じて充放電量や電力量に過大な値が出るため、前回取得データが継続していると仮定した。

これらの月については、一部仮定によるデータ補完が含まれているため、充放電電力や蓄電池充放電電力量の最大値の評価からは除外した。

2. データ分析結果

2. 1. サイト出力指令の導出 (ステップ1)

蓄電システムの出力及び蓄電池容量は発電計画値と実際の発電電力量の誤差が大きな影響を与える。発電計画値として実出力が30分デマンドで指令値に一致する場合と1時間デマンドで指令値に一致する場合を仮定して評価を行う。

このために、電力の計測値からサイト出力指令として30分デマンド及び1時間デマンドを計算し、サイト出力指令値とした。

ここでは、サイト発電電力と負荷使用電力の差である送電線への供給電力について計算結果例を示す(2015年7月19日のデータを例として示した)。

図2. 1. 1に発電電力(発電合計)及び負荷使用電力(負荷合計)の1分データと30分デマンドを示す。

図2. 1. 2に発電電力(発電合計)及び負荷使用電力(負荷合計)の1分データと1時間デマンドを示す。

図2. 1. 3に送電線への供給電力の1分データと30分および1時間デマンドを示す。

図2. 1. 1は30分デマンドで、30分毎にサイト出力指令値が変化する。30分デマンドをサイト出力指令値として用いる場合は、30分毎の発電デマンドがサイト出力指令値に一致する場合に相当する。図2. 1. 2は1時間デマンドで、1時間毎にサイト出力指令値が変化する。1時間デマンドをサイト出力指令値として用いる場合は、1時間毎の発電デマンドがサイト出力指令値に一致する場合に相当する。図2. 1. 3は30分デマンドによる出力指令値と、1時間デマンドによる出力指令値を送電線への供給電力1分値と共にプロットしたものである。

図2. 1. 4に2015年7月の1ヶ月分の日毎の発電電力量(発電合計)、負荷使用電力量(負荷合計)及び発電電力量から負荷使用電力量を引いた送電線への供給電力量を示す。正方向が送電側、負方向が受電側である。

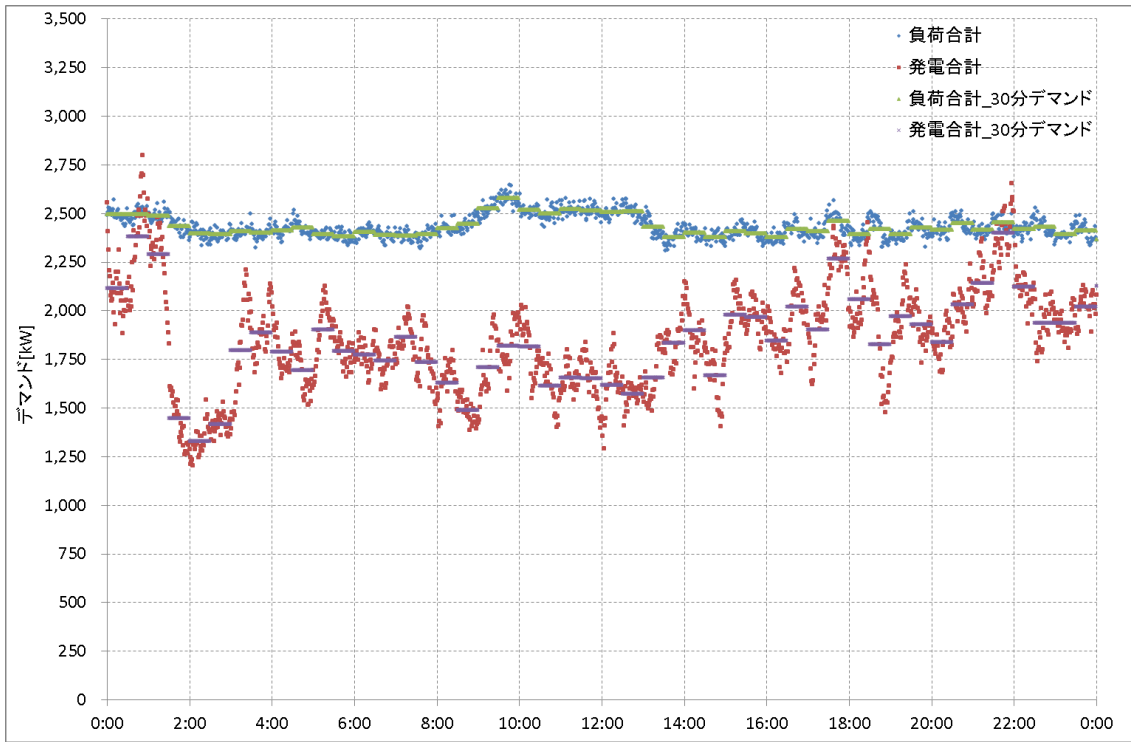


図 2. 1. 1. 負荷合計、発電合計の 1 分データ及び 30 分デマンド
(2015 年 7 月 19 日)

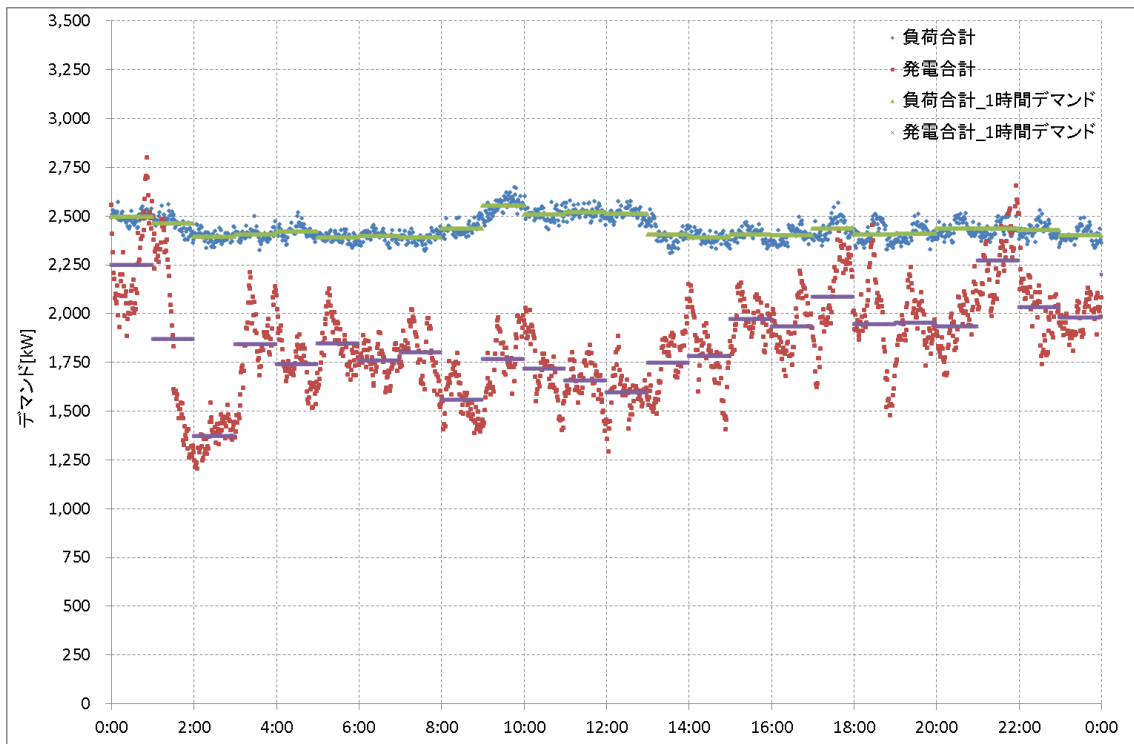


図 2. 1. 2. 負荷合計、発電合計の 1 分データ及び 1 時間デマンド
(2015 年 7 月 19 日)

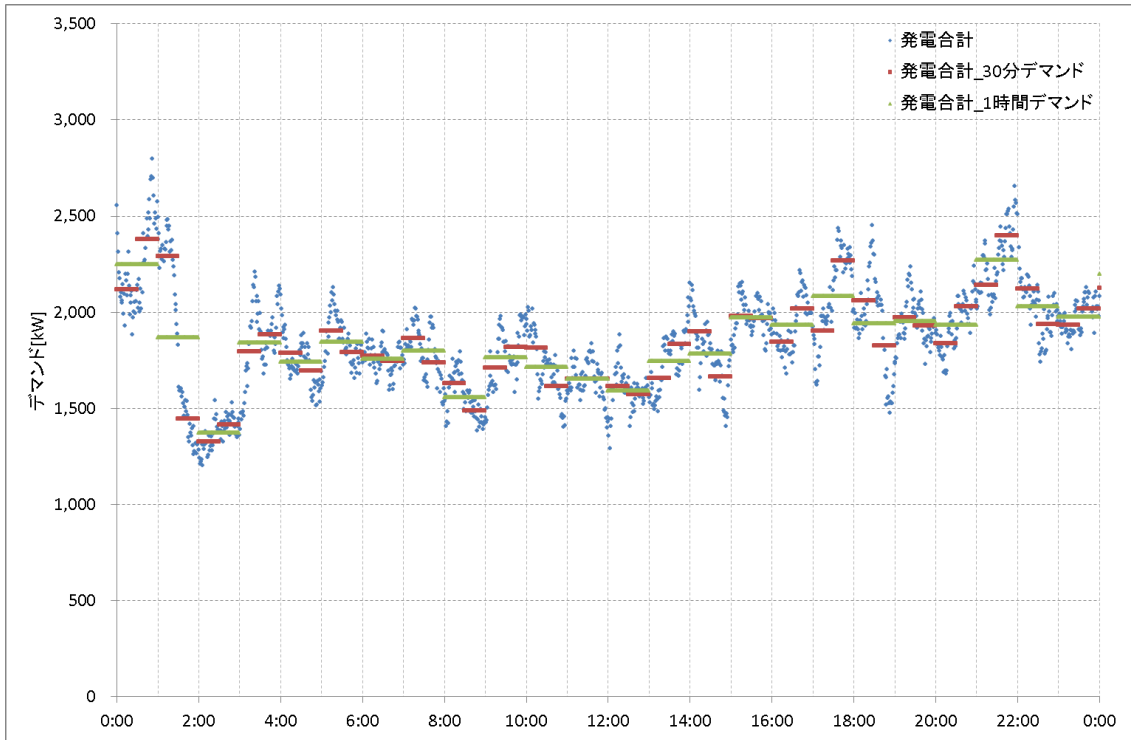


図 2. 1. 3. 送電線への供給電力の 1 分データ、30 分および 1 時間デマンド
(2015 年 7 月 19 日)

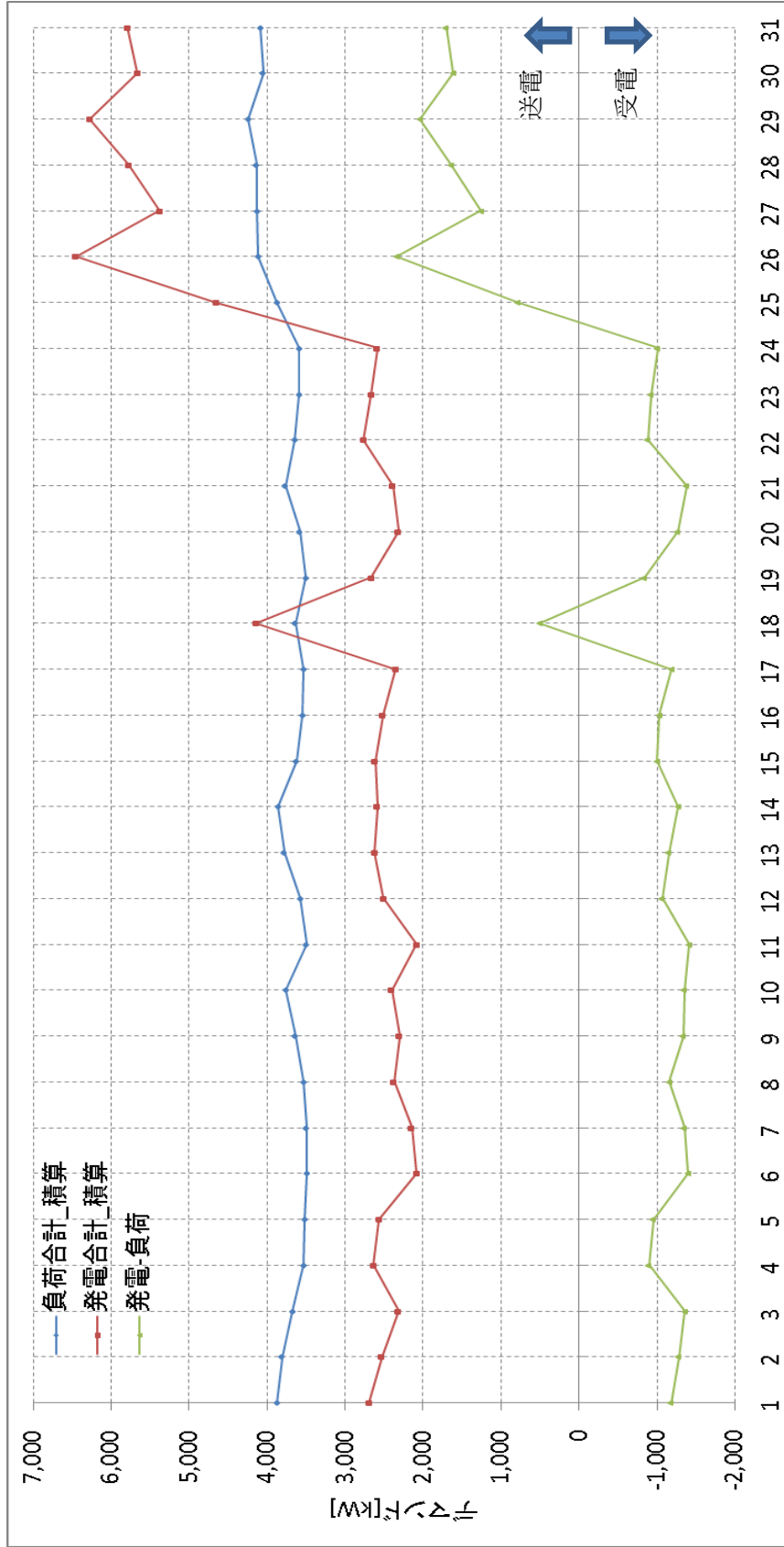


図2.1.4. 発電合計積算、負荷合計積算、送電線への供給電力量
(2015年7月)

2. 2. PCS容量、変動許容値（バンド幅）の評価（ステップ2）

本節では、ステップ1で算出したサイト出力指令値を計画値とし、サイト出力が、計画値に対し所定の変動許容値（以下では変動許容値を“バンド幅”と記載する。）内に入るように制御するために必要なPCS容量（蓄電池出力）とバンド幅について概略評価する。

ステップ1で算出した30分デマンドデータを発電計画値^{※2}とし、PCS容量を100[kW]の4並列（400kW）、5並列（500kW）、6並列（600kW）、8並列（800kW）と10並列（1,000kW）の5パターンとバンド幅（ ΔP ）を50[kW]、100[kW]、150[kW]、200[kW]の4パターン合わせて計20パターンの条件にて1年間のデータ分析を行った。

表2. 2. 1にPCS容量別のバンド幅を変更した時の蓄電池容量^{※3}と計画値に対する逸脱電力量（下限：バンド幅より大きな発電側出力電力量、上限：バンド幅より大きな負荷側出力電力量）、逸脱回数（変動許容幅を超える出力が出た回数で連続した逸脱は1回とカウントした）および逸脱時間（変動許容幅を超える出力が出ている時間の積算値）についてまとめて示す。

表より、PCS容量が大きいほど出力が大きいので逸脱量、逸脱回数と時間のすべてが減少傾向になる。また、バンド幅が大きいと変動許容量が大きいいため、逸脱量、逸脱回数と逸脱時間のすべてが減少傾向になることがわかる。

また、PCS10並列（1,000kW）でも計画値に完全一致することはできず、少なからず逸脱をする。

※2：パラメータの影響評価として、30分デマンドのみでデータ分析を行う。

※3：ここでの蓄電池容量は、1日の充放電容量の年間最大値を表す。

表2. 2. 1. PCS容量別まとめ表

PCS容量 [kW]	バンド幅 [kW]	蓄電池容量 [kWh]	上限逸脱電力量 (年間)[kWh]	下限逸脱電力量 (年間)[kWh]	年間逸脱回数 [回]	年間逸脱時間 [h]
400	50	259.776	15,683.323	15,829.260	7,504	290.06
	100	255.648	9,898.107	10,145.860	4,925	185.05
	150	258.775	6,206.366	6,819.046	3,278	117.88
	200	256.897	3,860.514	4,416.324	2,117	74.87
500	50	320.142	6,206.366	6,530.334	3,278	117.88
	100	307.922	3,860.514	4,238.354	2,117	74.87
	150	302.109	2,374.348	2,890.120	1,401	47.03
	200	290.753	1,454.818	1,906.764	908	30.03
600	50	363.401	2,374.348	2,890.120	1,401	47.03
	100	341.738	1,454.818	1,906.764	908	30.03
	150	325.571	889.075	1,249.978	602	19.45
	200	307.258	545.352	810.803	388	12.38
800	50	398.373	333.373	531.539	263	7.68
	100	363.993	201.579	354.858	163	4.83
	150	338.192	122.199	239.417	109	3.12
	200	310.898	76.019	165.710	59	1.77
1,000	50	395.891	54.833	115.596	35	1.13
	100	359.247	42.278	80.174	26	0.83
	150	333.099	34.795	53.143	17	0.58
	200	306.610	28.128	35.222	10	0.38

図2. 2. 1にバンド幅が3%となる発電電力の関係を示す。これは蓄電池の充放電によりサイト出力が変動許容値内に制御できた場合に、変動幅が発電容量の3%となる発電電力を示すもので、定格5,000kWの発電機では、バンド幅が150kWで許容変動幅が発電機定格出力の3%となり、適切なバンド幅は150kW以下であることを示す。

図2. 2. 2にバンド幅と逸脱時間比及び必要電池容量の関係について示す。逸脱時間比は、総運転時間に対する逸脱時間の比（逸脱時間／総運転時間×100[%]）で逸脱電力量は、ほぼこれに比例しているため、逸脱量の評価指標としてこの値を用いた。年間の逸脱時間は1年間の総時間8,760hを逸脱時間比に乗じたものとなる。逸脱時間比の目安として、1%(80h)未満となる範囲を適正な範囲と考え、PCS容量は500kW以上必要となる。一方でPCS容量を600kW以上に大きくした場合、PCSが大きくなったのに対して逸脱時間比の改善効果が少なくなる。

これらから、PCS容量500kW及び600kW、バンド幅100kW及び150kWが候補となる。

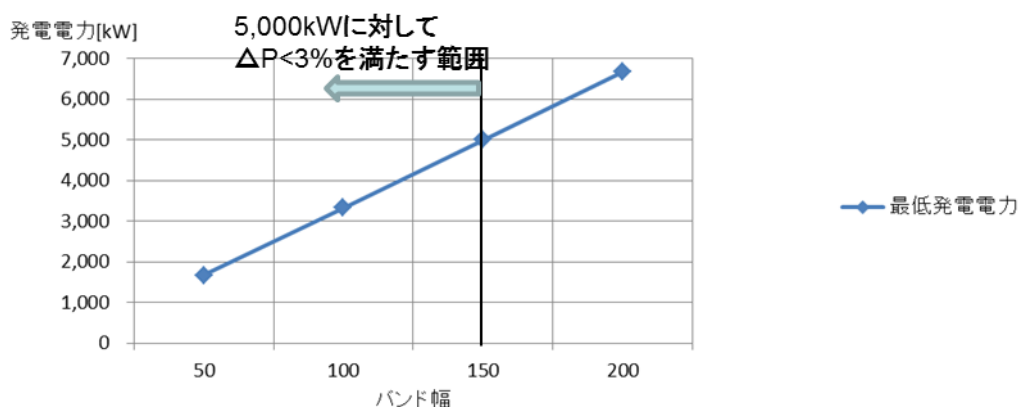


図2. 2. 1. バンド幅が3%となる発電電力

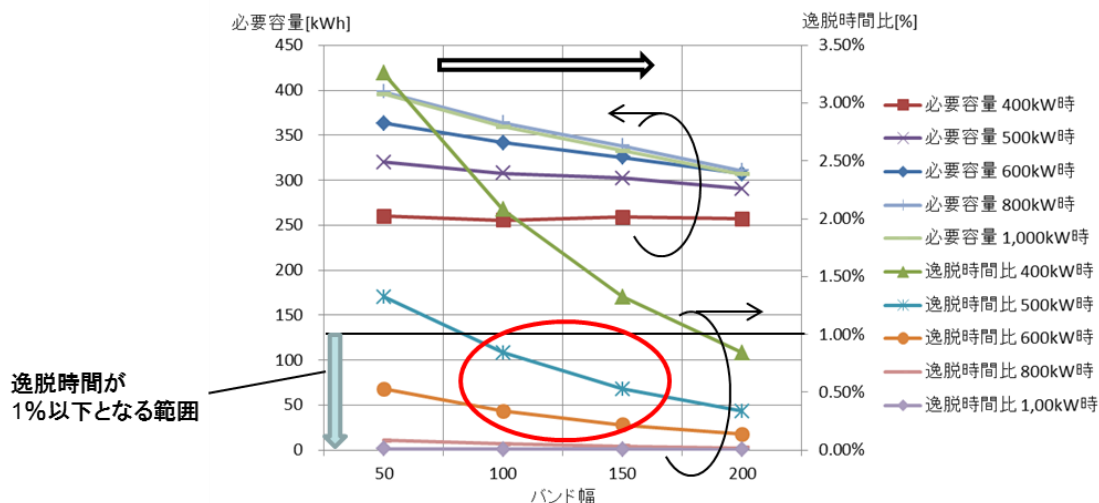


図2. 2. 2. バンド幅と逸脱時間比及び必要蓄電池容量

2. 3. 逸脱量の月別評価 (ステップ3)

本節ではステップ2で評価した変動抑制効果について月毎に評価する。

前節の評価条件と同一条件で、30分デマンドデータを発電計画値とした時のPCS容量、バンド幅をパラメータとした月別の詳細評価を行った。

バンド幅50kWについて表2.3.1-1にPCS容量別/月別の上限逸脱電力量(変動許容値より大きな負荷側出力電力量)、表2.3.1-2に下限逸脱電力量(変動許容値より大きな発電側出力電力量)を示す。バンド幅100kWについて同様に、表2.3.2-1に上限逸脱電力量、表2.3.2-2に下限逸脱電力量を示す。バンド幅150kWについて表2.3.3-1及び表2.3.3-2、バンド幅200kWについて表2.3.4-1及び表2.3.4-2に示す。

また、PCS容量別の逸脱総時間について、表2.3.5-1にバンド幅50kW、表2.3.5-2にバンド幅100kW、表2.3.5-3にバンド幅150kW、表2.3.5-4にバンド幅200kWについて示す。

それぞれの表中に灰色で塗りつぶした月は、データ抜けのある月で、これらを除くデータの最大の値について、枠付きで示した。

PCS容量が小さい場合、2014年12月に最大値が出ているが、PCS容量が大きい場合、下限逸脱電力量(変動許容値より大きな発電側出力電力量)は2015年4月、上限逸脱電力量(変動許容値より大きな負荷側出力電力量)では2015年10月に最大値が出ている。逸脱時間についてはPCSが大きい場合に2015年4月に最大値が出ている。2015年10月は発電機が停止している期間が長いため、下限逸脱電力量(変動許容値より大きな発電側出力電力量)が出にくいためと考えられる。発電機が停止している期間が長い2015年10月を除くとPCS容量の候補である500kW及び600kWにおいては2014年12月が最大値である。

逸脱総時間は12月の1ヶ月間は744hなので、前節で評価した1%は7.4hとなり、表2.3.5-2のバンド幅100[kW]において、PCSが500kWの場合の2014年12月のみ、この値を超えている。

図2.3.1に2014年12月の1ヶ月分について、図2.3.2に平均的な逸脱量となる2015年5月の1か月分について、PCS500kW、バンド幅100kWで制御を行った場合の、発電電力、負荷使用電力蓄電池AC出力、受電電力の1分データを示す。逸脱量が平均的な月においては発電出力が定格の5,000kW近くで発電しているが、2014年12月においては、出力が定格の5,000kWに到達することが少なく、4,000kW程度で推移して大きな変動が出ており、例外的な運用であると考えられ、この時でも逸脱時間比は1.23%であり、年間の逸脱量で評価したPCS500kW/600kW、バンド幅100kW/150kWを候補としてよいと考える。

表 2. 3. 1-1. PCS容量別上限逸脱電力量 (バンド幅: 50kW) 単位: kWh

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	2130.619	857.561	312.599	22.211	0.962
2014年12月	1583.520	641.332	255.740	40.203	0.863
2015年01月	792.130	300.758	113.938	20.828	4.283
2015年02月	730.182	273.826	97.170	9.397	0.000
2015年03月	2159.676	877.171	358.595	67.337	12.773
2015年04月	1296.613	538.512	205.383	17.105	0.000
2015年05月	1383.040	483.005	162.620	12.625	0.007
2015年06月	1702.413	639.345	215.890	18.833	0.000
2015年07月	825.270	313.053	113.937	9.348	0.000
2015年08月	923.645	342.063	126.680	24.072	1.207
2015年09月	1099.035	460.780	179.334	15.809	0.000
2015年10月	1057.180	478.960	232.462	75.603	34.738

※黄色塗潰し: 最大値、灰色塗潰し: データ分析対象外

表 2. 3. 1-2. PCS容量別下限逸脱電力量 (バンド幅: 50kW) 単位: kWh

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	2603.868	1182.238	534.867	85.500	7.196
2014年12月	2243.418	1037.152	480.563	96.472	17.192
2015年01月	822.232	293.157	107.298	9.080	0.248
2015年02月	847.728	376.973	187.291	33.592	5.127
2015年03月	1819.152	704.656	249.132	26.891	2.955
2015年04月	564.472	275.760	275.760	109.085	51.983
2015年05月	1393.675	519.930	193.513	22.308	1.345
2015年06月	1421.185	477.413	154.363	12.555	0.000
2015年07月	937.603	418.383	201.223	53.237	15.180
2015年08月	1072.040	396.410	138.182	13.302	0.000
2015年09月	1073.831	395.108	153.438	15.863	0.000
2015年10月	1030.057	453.155	214.488	53.655	14.370

※黄色塗潰し: 最大値、灰色塗潰し: データ分析対象外

表 2. 3. 2-1. PCS容量別上限逸脱電力量 (バンド幅: 100kW) 単位: kWh

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	1362.352	532.11	176.644	10.441	0.128
2014年12月	1011.027	403.45	163.033	24.105	0.000
2015年01月	489.072	183.78	68.485	12.978	2.617
2015年02月	451.129	165.45	59.178	3.195	0.000
2015年03月	1378.637	560.92	229.408	44.647	10.273
2015年04月	845.113	336.98	124.865	6.595	0.000
2015年05月	816.750	280.51	93.622	5.393	0.000
2015年06月	1045.135	377.54	115.947	8.793	0.000
2015年07月	515.587	188.76	68.468	4.940	0.000
2015年08月	560.178	207.32	81.130	13.255	0.015
2015年09月	713.399	292.76	107.201	7.022	0.000
2015年10月	709.728	330.94	166.837	60.215	29.245

※黄色塗潰し: 最大値、灰色塗潰し: データ分析対象外

表 2. 3. 2-2. PCS容量別下限逸脱電力量 (バンド幅: 100kW) 単位: kWh

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	1751.006	792.304	356.943	52.551	2.937
2014年12月	1522.790	704.565	325.703	61.170	10.445
2015年01月	493.560	178.728	63.688	5.095	0.000
2015年02月	561.718	263.074	133.229	21.047	3.570
2015年03月	1140.820	417.675	147.105	13.644	1.421
2015年04月	389.080	211.110	211.110	92.083	41.785
2015年05月	853.245	319.098	115.195	12.212	0.363
2015年06月	828.838	269.943	87.253	4.555	0.000
2015年07月	616.683	291.518	138.090	39.738	9.448
2015年08月	647.530	234.518	83.205	6.337	0.000
2015年09月	653.462	245.161	96.973	7.959	0.000
2015年10月	687.128	310.658	148.268	38.468	10.203

※黄色塗潰し: 最大値、灰色塗潰し: データ分析対象外

表2. 3. 3-1. PCS容量別上限逸脱電力量 (バンド幅: 150kW) 単位: kWh

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	857.561	312.599	92.857	5.176	0.000
2014年12月	641.332	255.740	104.920	11.593	0.000
2015年01月	300.758	113.938	43.273	8.185	1.578
2015年02月	273.826	97.170	33.816	0.090	0.000
2015年03月	877.171	358.595	147.439	29.013	8.343
2015年04月	538.512	205.383	71.143	1.887	0.000
2015年05月	483.005	162.620	52.327	2.693	0.000
2015年06月	639.345	215.890	64.457	3.627	0.000
2015年07月	313.053	113.937	38.278	1.735	0.000
2015年08月	342.063	126.680	54.310	6.748	0.000
2015年09月	460.780	179.334	61.458	3.021	0.000
2015年10月	478.960	232.462	124.797	48.430	24.873

※黄色塗潰し: 最大値、灰色塗潰し: データ分析対象外

表2. 3. 3-2. PCS容量別下限逸脱電力量 (バンド幅: 150kW) 単位: kWh

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	1182.238	534.867	233.079	29.604	0.733
2014年12月	1037.152	480.563	219.582	40.640	3.943
2015年01月	293.157	107.298	33.977	2.590	0.000
2015年02月	376.973	187.291	90.056	11.768	2.737
2015年03月	704.656	249.132	83.401	7.587	0.588
2015年04月	564.472	275.760	166.307	77.767	33.207
2015年05月	519.930	193.513	68.488	5.682	0.000
2015年06月	477.413	154.363	48.113	1.088	0.000
2015年07月	418.383	201.223	99.333	29.183	5.295
2015年08月	396.410	138.182	46.918	3.292	0.000
2015年09月	395.108	153.438	58.175	3.402	0.000
2015年10月	453.155	214.488	102.548	26.813	6.640

※黄色塗潰し: 最大値、灰色塗潰し: データ分析対象外

表2. 3. 4-1. PCS容量別上限逸脱電力量（バンド幅：200kW）単位：kWh

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	532.107	176.644	47.884	2.071	0.000
2014年12月	403.447	163.033	64.755	3.722	0.000
2015年01月	183.782	68.485	30.147	5.950	0.745
2015年02月	165.449	59.178	18.356	0.000	0.000
2015年03月	560.925	229.408	99.254	17.618	6.676
2015年04月	336.977	124.865	37.100	0.435	0.000
2015年05月	280.512	93.622	26.495	0.998	0.000
2015年06月	377.538	115.947	34.762	1.078	0.000
2015年07月	188.760	68.468	20.540	0.000	0.000
2015年08月	207.320	81.130	37.743	2.877	0.000
2015年09月	292.756	107.201	32.528	0.647	0.000
2015年10月	330.942	166.837	95.788	40.623	20.707

※黄色塗潰し：最大値、灰色塗潰し：データ分析対象外

表2. 3. 4-2. PCS容量別下限逸脱電力量（バンド幅：200kW）単位：kWh

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	792.304	356.943	144.579	15.421	0.000
2014年12月	704.565	325.703	146.812	27.038	0.490
2015年01月	178.728	63.688	16.125	1.082	0.000
2015年02月	263.074	133.229	56.417	7.627	1.904
2015年03月	417.675	147.105	48.536	4.817	0.000
2015年04月	389.080	211.110	132.765	64.433	25.192
2015年05月	319.098	115.195	40.022	3.012	0.000
2015年06月	269.943	87.253	25.290	0.000	0.000
2015年07月	291.518	138.090	72.030	21.393	2.913
2015年08月	234.518	83.205	23.447	1.128	0.000
2015年09月	245.161	96.973	31.574	0.342	0.000
2015年10月	310.658	148.268	73.208	19.417	4.723

※黄色塗潰し：最大値、灰色塗潰し：データ分析対象外

表2. 3. 5-1. PCS容量別逸脱総時間（バンド幅：50kW）単位：h

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	39.70	17.42	7.68	1.22	0.13
2014年12月	31.42	13.97	5.97	1.22	0.18
2015年01月	16.00	5.98	2.20	0.28	0.05
2015年02月	14.35	5.70	2.25	0.47	0.05
2015年03月	36.47	14.90	5.77	0.93	0.08
2015年04月	20.52	9.17	3.80	0.65	0.23
2015年05月	27.65	10.23	3.73	0.45	0.05
2015年06月	31.22	11.85	4.10	0.40	0.00
2015年07月	15.58	6.15	2.65	0.48	0.12
2015年08月	19.83	7.35	2.57	0.42	0.03
2015年09月	20.53	7.87	3.13	0.47	0.00
2015年10月	16.78	7.30	3.18	0.70	0.20

※黄色塗潰し：最大値、灰色塗潰し：データ分析対象外

表2. 3. 5-2. PCS容量別逸脱総時間（バンド幅：100kW）単位：h

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	26.30	11.63	5.07	0.68	0.08
2014年12月	20.87	9.15	3.92	0.78	0.13
2015年01月	9.95	3.53	1.43	0.20	0.03
2015年02月	8.72	3.43	1.53	0.33	0.02
2015年03月	23.30	9.30	3.63	0.57	0.07
2015年04月	13.62	5.95	2.32	0.47	0.18
2015年05月	17.15	6.23	2.28	0.23	0.02
2015年06月	19.20	7.22	2.37	0.27	0.00
2015年07月	10.02	4.07	1.73	0.30	0.10
2015年08月	12.08	4.60	1.57	0.25	0.02
2015年09月	12.65	5.05	2.00	0.22	0.00
2015年10月	11.20	4.70	2.18	0.53	0.18

※黄色塗潰し：最大値、灰色塗潰し：データ分析対象外

表2. 3. 5-3. PCS容量別逸脱総時間（バンド幅：150kW）単位：h

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	17.42	7.68	3.28	0.43	0.03
2014年12月	13.97	5.97	2.78	0.55	0.10
2015年01月	5.98	2.20	0.78	0.12	0.02
2015年02月	5.70	2.25	1.18	0.18	0.02
2015年03月	14.90	5.77	2.15	0.35	0.05
2015年04月	9.17	3.80	1.62	0.30	0.17
2015年05月	10.23	3.73	1.32	0.15	0.00
2015年06月	11.85	4.10	1.40	0.12	0.00
2015年07月	6.15	2.65	1.10	0.23	0.07
2015年08月	7.35	2.57	1.00	0.17	0.00
2015年09月	7.87	3.13	1.33	0.15	0.00
2015年10月	7.30	3.18	1.50	0.37	0.13

※黄色塗潰し：最大値、灰色塗潰し：データ分析対象外

表2. 3. 5-4. PCS容量別逸脱総時間（バンド幅：200kW）単位：h

年月	PCS容量				
	400kW	500kW	600kW	800kW	1000kW
2014年11月	11.63	5.07	2.12	0.23	0.00
2014年12月	9.15	3.92	1.90	0.33	0.03
2015年01月	3.53	1.43	0.42	0.05	0.02
2015年02月	3.43	1.53	0.82	0.05	0.02
2015年03月	9.30	3.63	1.33	0.20	0.03
2015年04月	5.95	2.32	1.07	0.28	0.15
2015年05月	6.23	2.28	0.87	0.07	0.00
2015年06月	7.22	2.37	0.78	0.03	0.00
2015年07月	4.07	1.73	0.72	0.13	0.03
2015年08月	4.60	1.57	0.57	0.08	0.00
2015年09月	5.05	2.00	0.85	0.05	0.00
2015年10月	4.70	2.18	0.95	0.25	0.10

※黄色塗潰し：最大値、灰色塗潰し：データ分析対象外

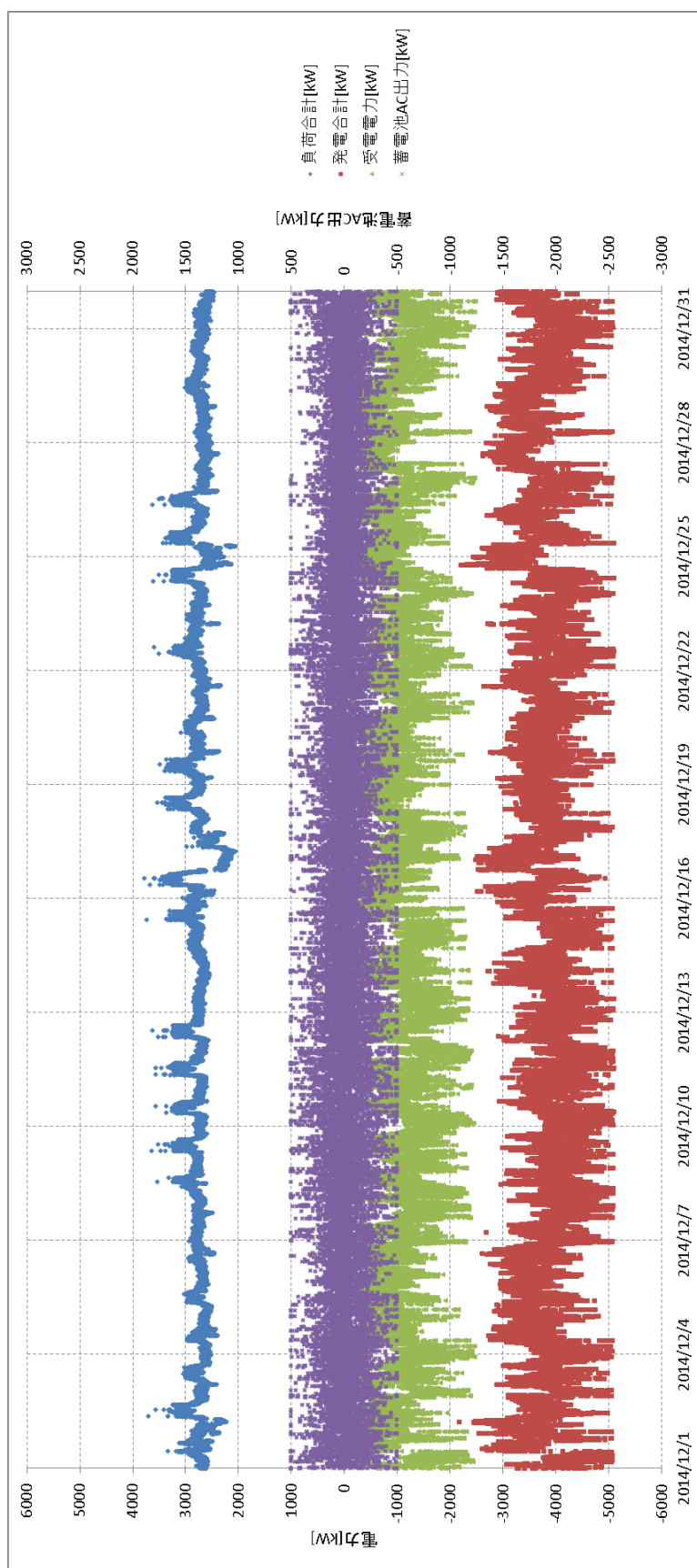


図2. 3. 1. 2014年12月データ (500kW、バンド幅 100kW)

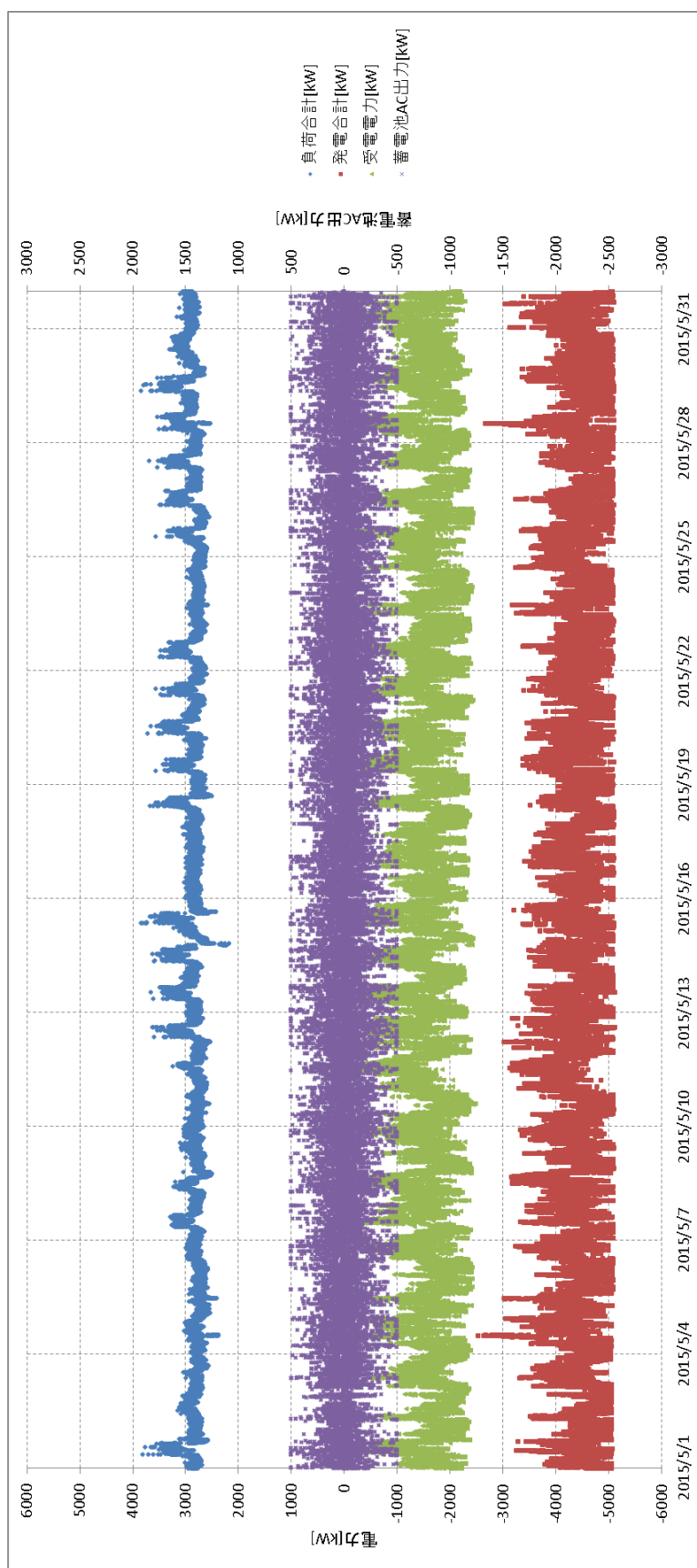


図 2. 3. 2. 2015 年 5 月データ (500kW、バンド幅 100kW)

2. 4. 電池残量制御を考慮した蓄電池容量の評価（ステップ4）

ここまでの検討では、蓄電池の充放電電力のみを考慮してPCS容量及びバンド幅の評価を行った。実際に蓄電システムに必要な蓄電池容量（kW）を決定するには、運用中に蓄電池の充電量（SOC）が上限/下限に到達して充放電ができなくならないように電池残量制御を考慮する必要がある。ここでは、前節で候補として決定したPCS 5並列（500kW）/6並列（600kW）、バンド幅 100kW/150kW の計4パターンで蓄電池の残量制御を考慮して蓄電池容量を決定する。

実運用時のサイト出力指令の収支が30分の場合と1時間の場合についても本節で影響を考慮する。

蓄電池の残量制御では蓄電池の充電量（SOC）を40%～60%に収まるように、変動許容範囲内で充放電電力を調整する。

表2. 4. 1にPCS容量、バンド幅に対する蓄電池容量と逸脱電力量、逸脱回数、逸脱時間についてまとめたものを示す。

表2. 4. 1 PCS容量、バンド幅に対する評価結果

PCS容量 [kW]	バンド幅 [kW]	デマンド	蓄電池容量 [kWh]	上限逸脱電力量 [kWh]	下限逸脱電力量 [kWh]	年間逸脱回数 [回]	年間逸脱時間 [h]
500	100	30分	339.600	4,023.199	4,522.194	2,207	77.58
		1時間	305.887	12,928.618	13,166.861	4,523	209.58
	150	30分	451.199	2,487.153	2,970.497	1,452	48.63
		1時間	438.140	8,705.573	8,777.987	3,154	139.71
600	100	30分	371.017	1,530.266	1,924.416	937	31.00
		1時間	515.105	5,853.251	5,944.247	2,165	93.18
	150	30分	357.801	946.280	1,256.341	1,497	62.77
		1時間	473.799	3,936.742	3,964.241	620	19.99

表2. 4. 1から電池残量制御によりすべてのケースにおいて蓄電池により充放電される最大電力量を示す蓄電池容量がPCS 500kWの場合、最大は452kWh（100kWあたり91kWh）以下、PCSが600kWの場合、最大は516kWh（100kWあたり86kWh）以下である。

このことから、蓄電池の常時充放電容量としては、PCS 100kWに対して91kWh以上あればよいことになる。

2. 5. 鉛電池蓄電システム構成の検討（ステップ5）

鉛電池を用いた蓄電システムを構成する場合、PCS100kW に対して1000Ahのサイクル電池LL1000を192直列する構成が最小構成となる。この時、蓄電池に充電できる電力量はPCS100kW 当たり384kWhである。鉛電池の場合、寿命を考慮すると放電深度（DOD）が70%の範囲で充放電する必要がある。また、鉛電池の1セル当たりの電圧が1.8Vまで下がると放電停止、2.4Vまで上がると充電停止となる。これを考慮すると充電の上限は充電量（SOC）90%となり、常時の充放電可能電力量は電池に充電できる電力量の60%程度の230kWh程度である。前節の検討からPCS100kW 当たりの充放電容量91kWhを満たす構成である。

充電電流の最大値は200A、放電電流の最大値は300Aとなる。これを考慮すると蓄電池の充電電力の最大値は交流入力で約70kW、放電電力の最大値は交流出力で100kWとなる。ここで、1時間デマンドをサイト出力指令として用いる場合、上記充電電力の最大値である70kWの制限により、逸脱量が増大することがわかった。このため、1時間デマンドをサイト出力指令として用いる場合は充電電力最大値が交流入力で100kWとなる1500Ahのサイクル電池LL1500を用いる必要がある。この時、蓄電池に充電できる電力量はPCS100kW 当たり576kWhであり、常時の充放電可能電力量は346kWhである。

以上から、30分デマンドをサイト出力指令として用いる場合は、PCS100kW 当たりLL1000を192直列、1時間デマンドをサイト出力指令として用いる場合はLL1500を192直列として評価を行った。

表2. 5. 1にPCS容量、バンド幅に対する蓄電池容量と逸脱電力量、逸脱回数、逸脱時間についてまとめて示す。

表2. 5. 1 PCS容量、バンド幅に対する評価結果

PCS容量 [kW]	バンド幅 [kW]	デマンド	蓄電池容量 [kWh]	上限逸脱電力量 [kWh]	下限逸脱電力量 [kWh]	年間逸脱回数 [回]	年間逸脱時間 [h]
500	100	30分	368.478	3,509.748	7,395.223	2,798	114.58
		1時間	529.494	12,273.877	14,919.695	3,966	217.10
	150	30分	308.040	2,113.519	4,734.102	1,767	70.37
		1時間	514.653	8,106.200	10,083.001	2,706	147.01
600	100	30分	370.385	1,259.951	3,480.118	1,284	49.03
		1時間	614.026	5,340.750	6,825.281	1,867	97.13
	150	30分	352.753	749.144	2,232.795	822	30.56
		1時間	542.460	3,507.448	4,650.614	1,303	65.17

図2.5.1、図2.5.2にPCS500kWと600kWについてバンド幅100kWの場合の月毎のシステムSOC（常時充放電電力を100%として規格化した蓄電池充電量）の最大と最小を示す。1時間デマンドをサイト出力指令として用いた場合、システムSOCの下限が若干大きくなるが、運用上問題のない範囲で推移している。

図2.5.3、図2.5.4に30分デマンドをサイト出力指令として用いた場合と、1時間デマンドをサイト出力指令として用いた場合について、PCS容量を変えた場合の月毎のシステムSOC（常時充放電電力を100%として規格化した蓄電池充電量）の最大と最小を示す。PCS容量を変えても、充放電範囲に差はないことがわかる。

図2.5.5、図2.5.6にPCS500kWと600kWについてバンド幅100kWの場合の1ヶ月毎の充電電力量と放電電力量を示す。1時間デマンドをサイト出力指令として用いた場合、月当たりの充電電力量が最大57,000kWh程度、30分デマンドをサイト出力指令として用いた場合、月当たりの充電電力量が最大49,000kWh程度である。鉛電池の充放電サイクル数に換算すると1時間デマンドをサイト出力指令として用いた場合、約28サイクル/月、30分デマンドをサイト出力指令として用いた場合、約36サイクル/月が最大である。

図2.5.7、図2.5.8に30分デマンドをサイト出力指令として用いた場合と、1時間デマンドをサイト出力指令として用いた場合について、PCS容量を変えた場合の1ヶ月毎の充電電力量と放電電力量を示す。PCS容量を変えても、充放電範囲に差はないことがわかる。

バンド幅を150kWとした場合について同様に、図2.5.9、図2.5.10にPCS500kWと600kWについてバンド幅150kWの場合の月毎のシステムSOC（常時充放電電力を100%として規格化した蓄電池充電量）の最大と最小、図2.5.11、図2.5.12に30分デマンドをサイト出力指令として用いた場合と、1時間デマンドをサイト出力指令として用いた場合について、PCS容量を変えた場合の月毎のシステムSOC（常時充放電電力を100%として規格化した蓄電池充電量）の最大と最小、図2.5.13、図2.5.14にPCS500kWと600kWについてバンド幅150kWの場合の1ヶ月毎の充電電力量と放電電力量、図2.5.15、図2.5.16に30分デマンドをサイト出力指令として用いた場合と、1時間デマンドをサイト出力指令として用いた場合について、PCS容量を変えた場合の1ヶ月毎の充電電力量と放電電力量を示す。バンド幅を150kWとした場合についても、バンド幅100kWとほぼ同様の傾向である。

これらの検討より、あらかじめクリーンセンター殿向けの鉛電池システムの最適蓄電池容量は、30分デマンドを計画値としてバンド幅100[kW]、PCS100kW/LL1000×192直列×1並列（192セル）、384[kWh]を5並列で運用する500kWシステムとすることで、年間逸脱時間115h（逸脱時間比1.3%）とできる。

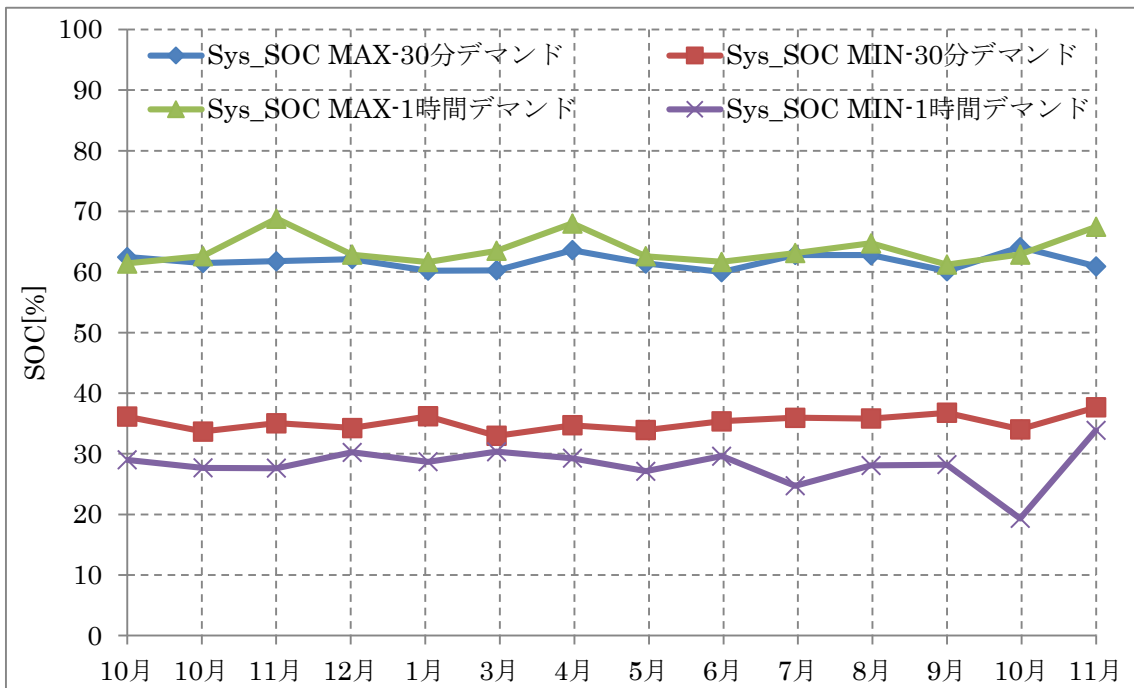


図 2. 5. 1. PCS 500kW バンド幅 100kW 時の
システム SOC 最大値/最小値

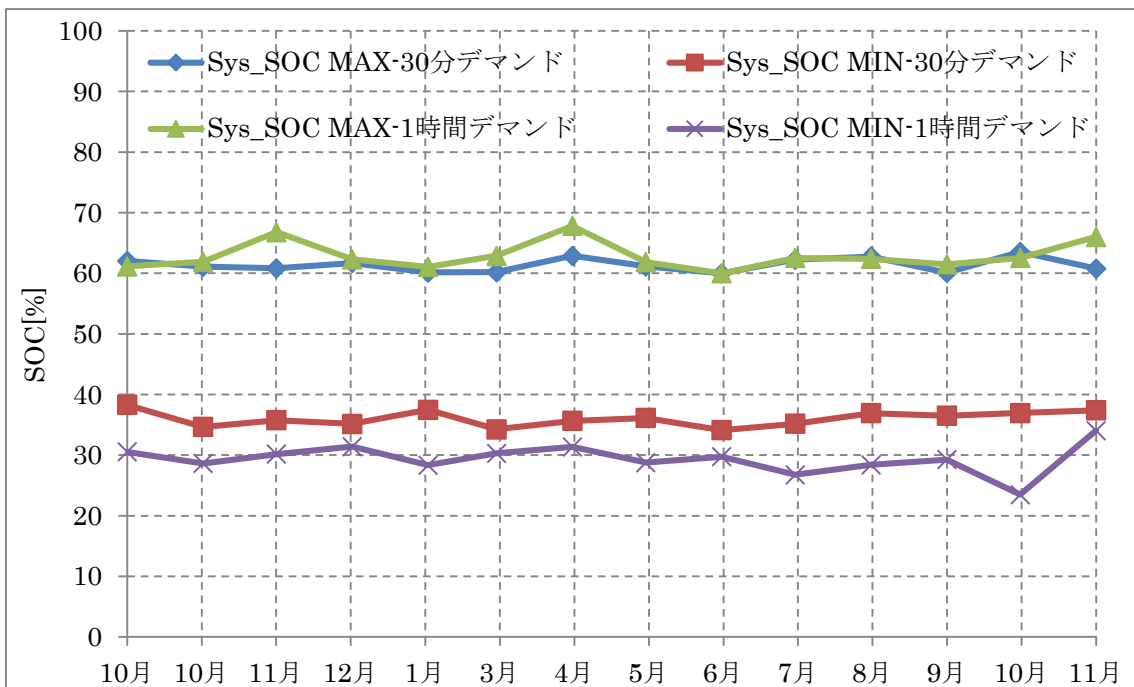


図 2. 5. 2. PCS 600kW バンド幅 100kW 時の
システム SOC 最大値/最小値

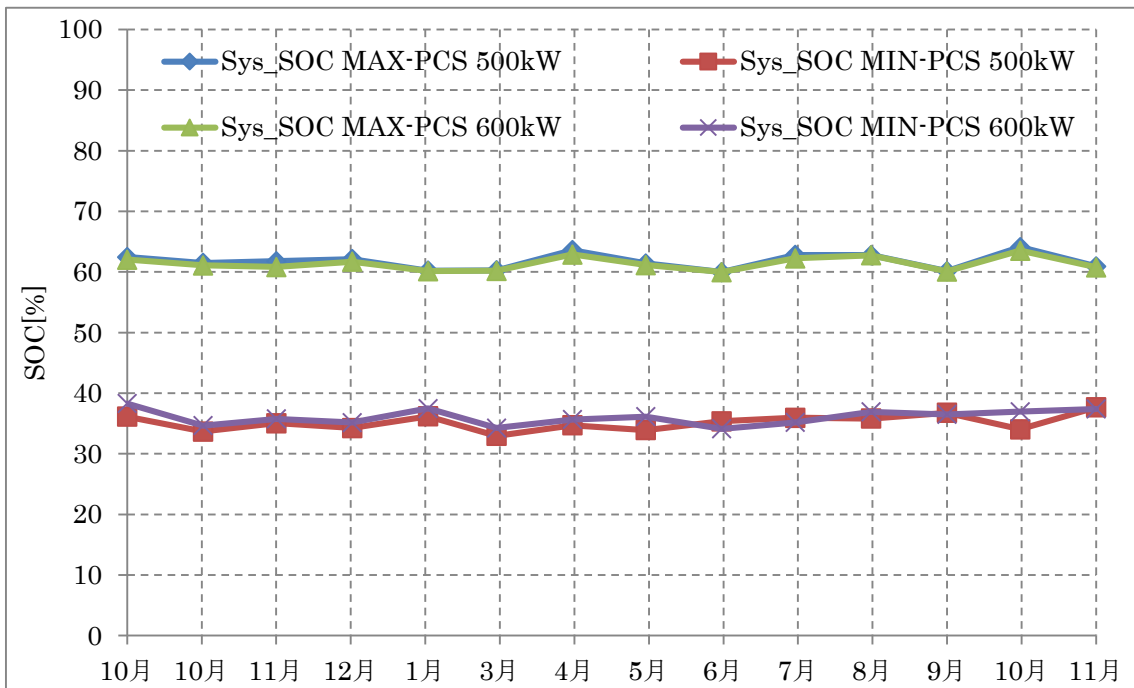


図2. 5. 3. バンド幅 100kW 時の
システム SOC 最大値/最小値 30分デマンド

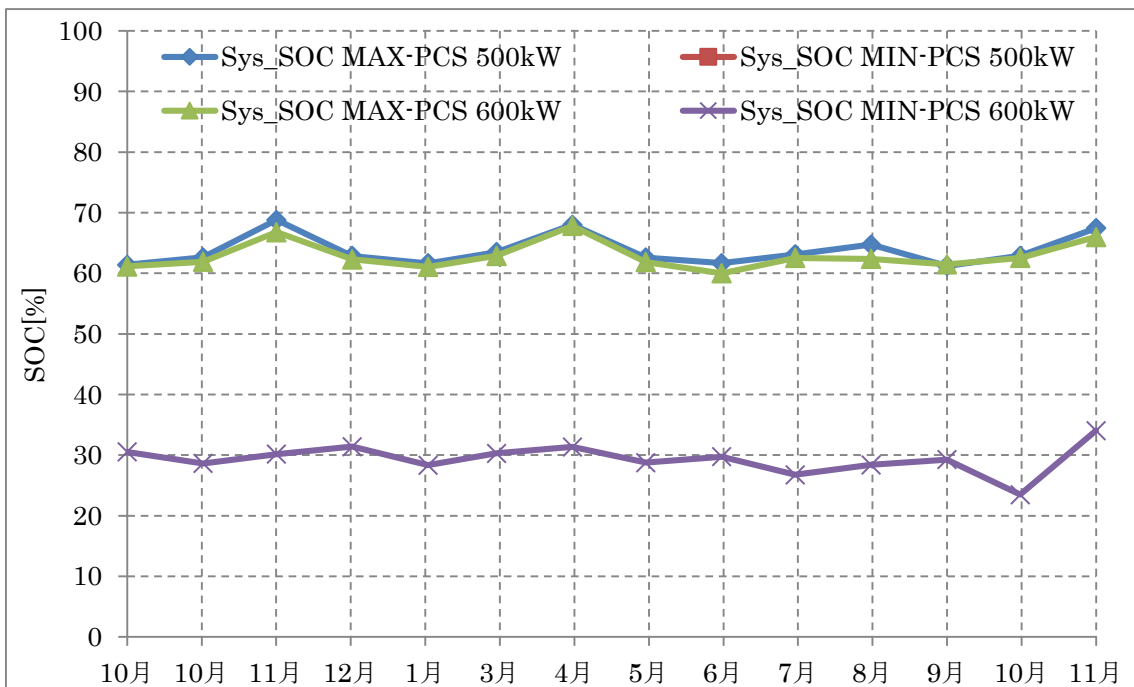


図2. 5. 4. バンド幅 100kW 時の
システム SOC 最大値/最小値 1時間デマンド

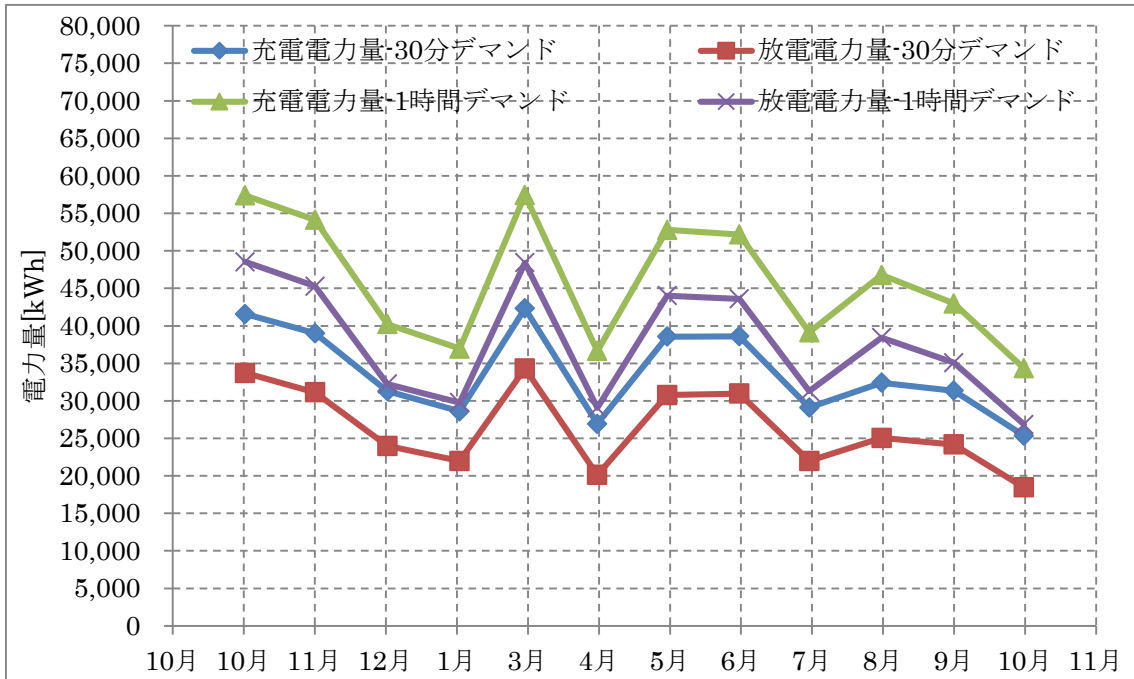


図 2. 5. 5. PCS 500kW バンド幅 100kW 時の
充電電力量/放電電力量

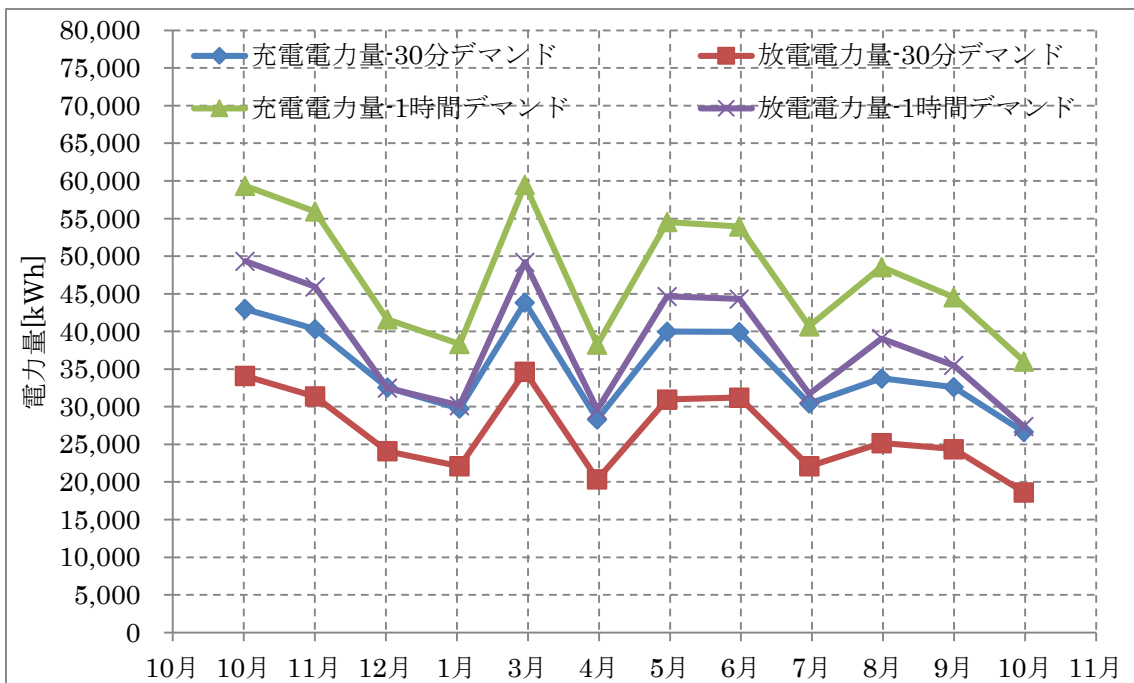


図 2. 5. 6. PCS 600kW バンド幅 100kW 時の
充電電力量/放電電力量

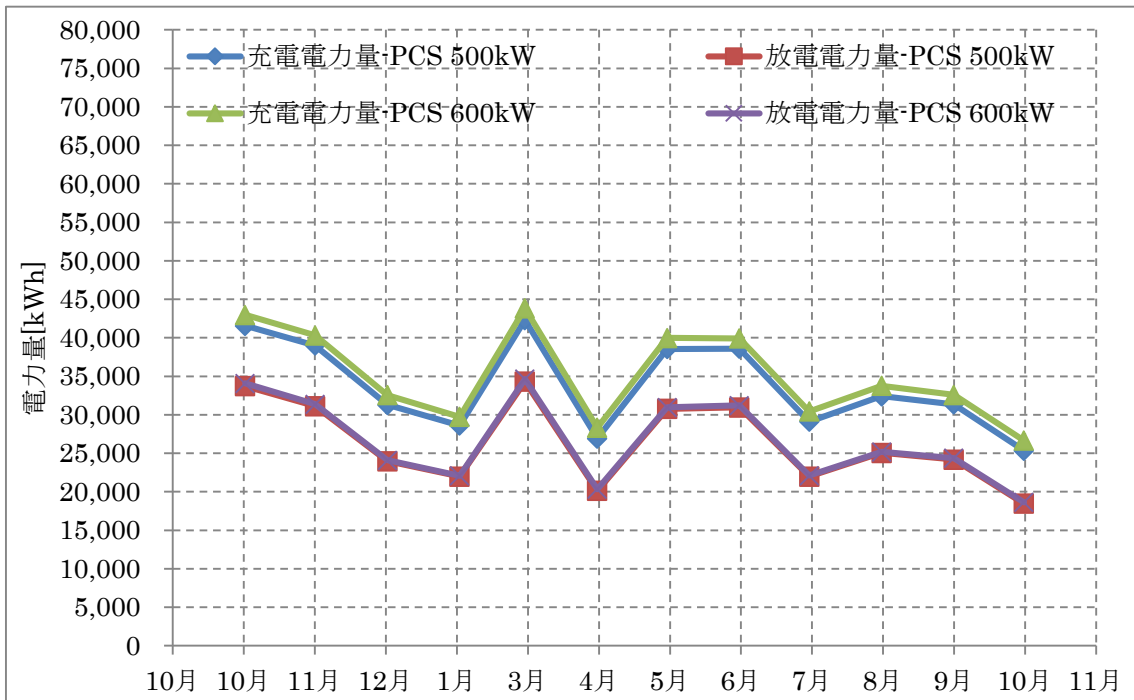


図2. 5. 7. バンド幅 100kW 時の
充電電力量／放電電力量 30分デマンド

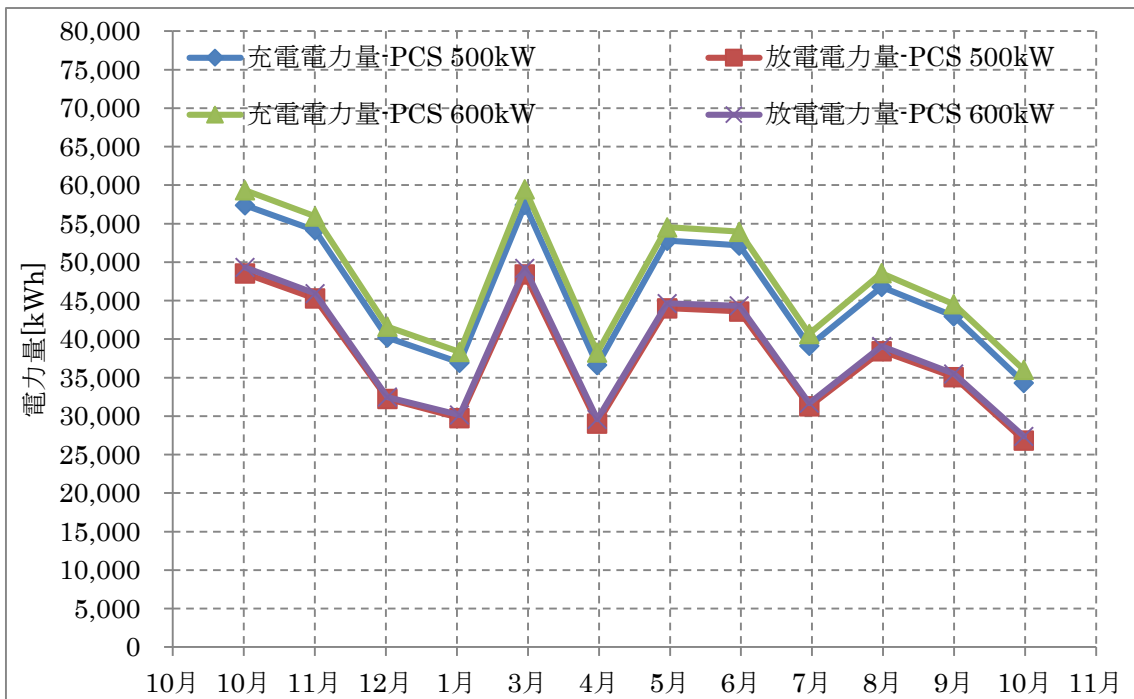


図2. 5. 8. バンド幅 100kW 時の
充電電力量／放電電力量 1時間デマンド

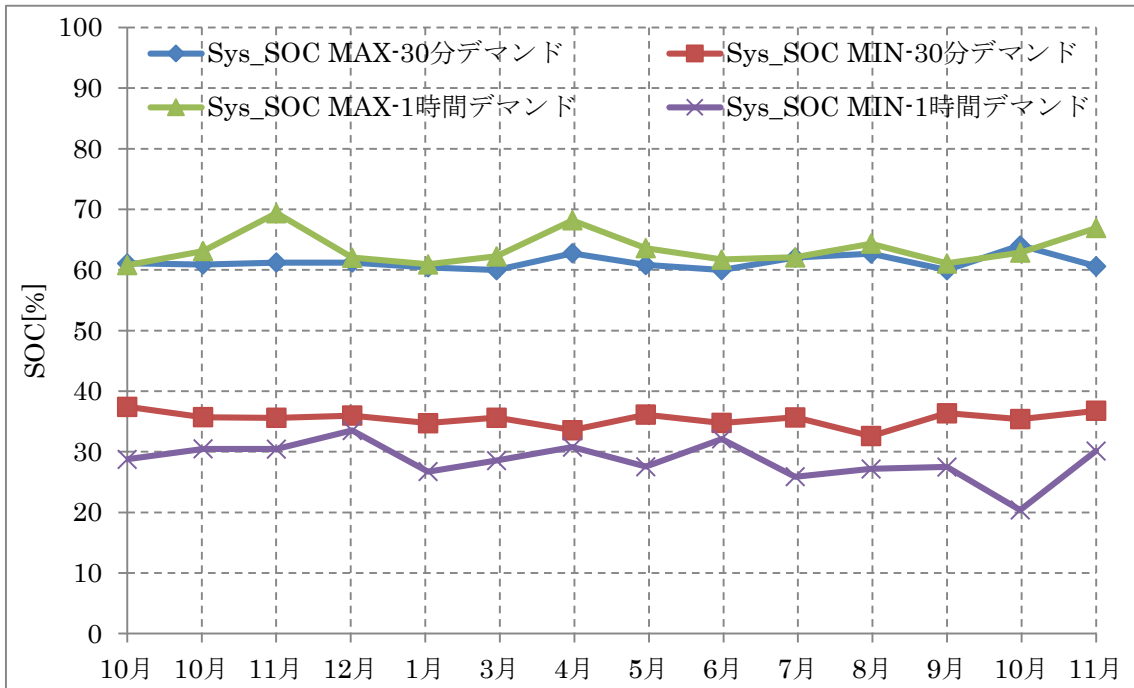


図 2. 5. 9. PCS 500kW バンド幅 150kW 時の
システム SOC 最大値/最小値

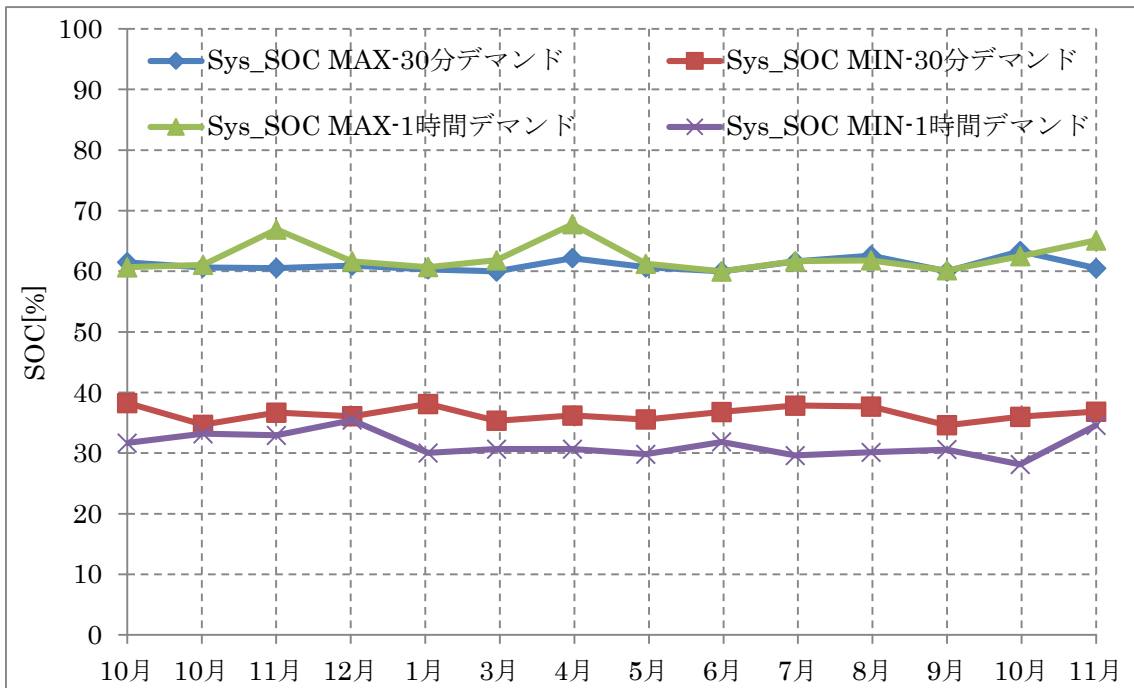


図 2. 5. 10. PCS 600kW バンド幅 150kW 時の
システム SOC 最大値/最小値

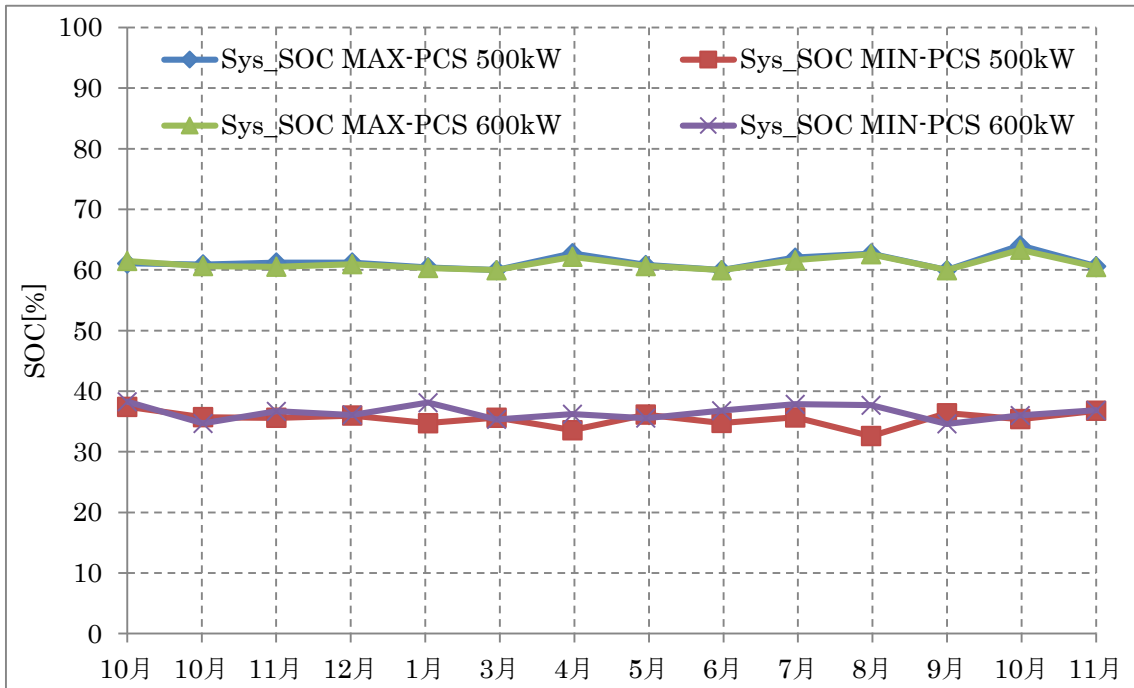


図2. 5. 1 1. バンド幅 150kW 時の
システム SOC 最大値/最小値 30 分デマンド

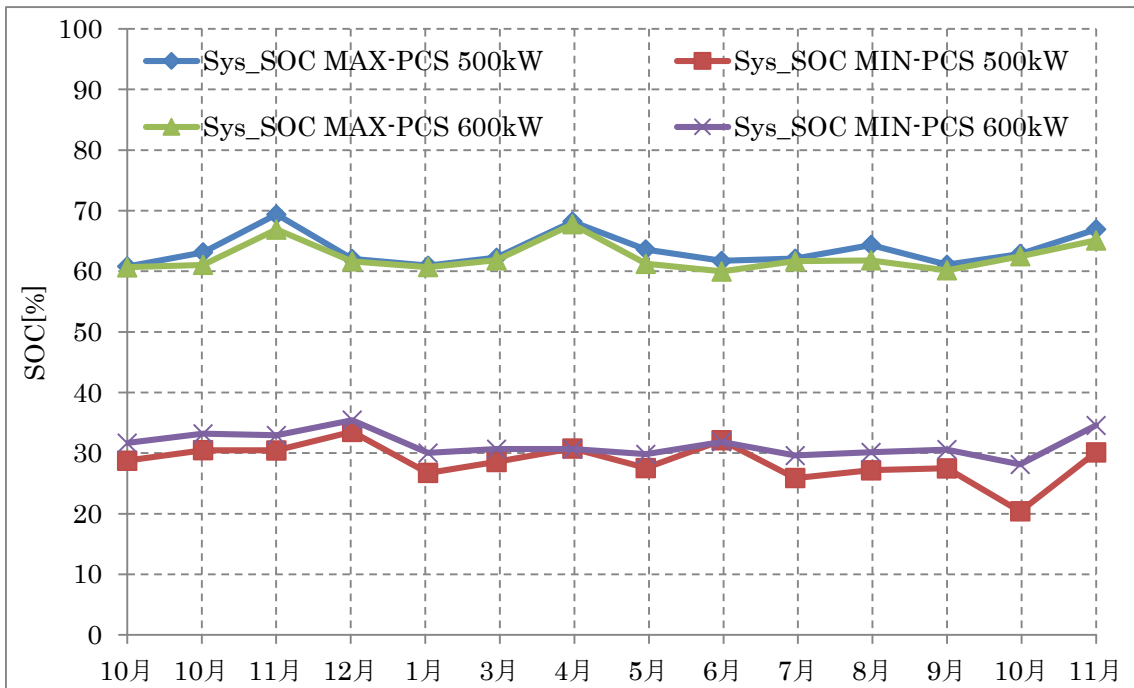


図2. 5. 1 2. バンド幅 150kW 時の
システム SOC 最大値/最小値 1 時間デマンド

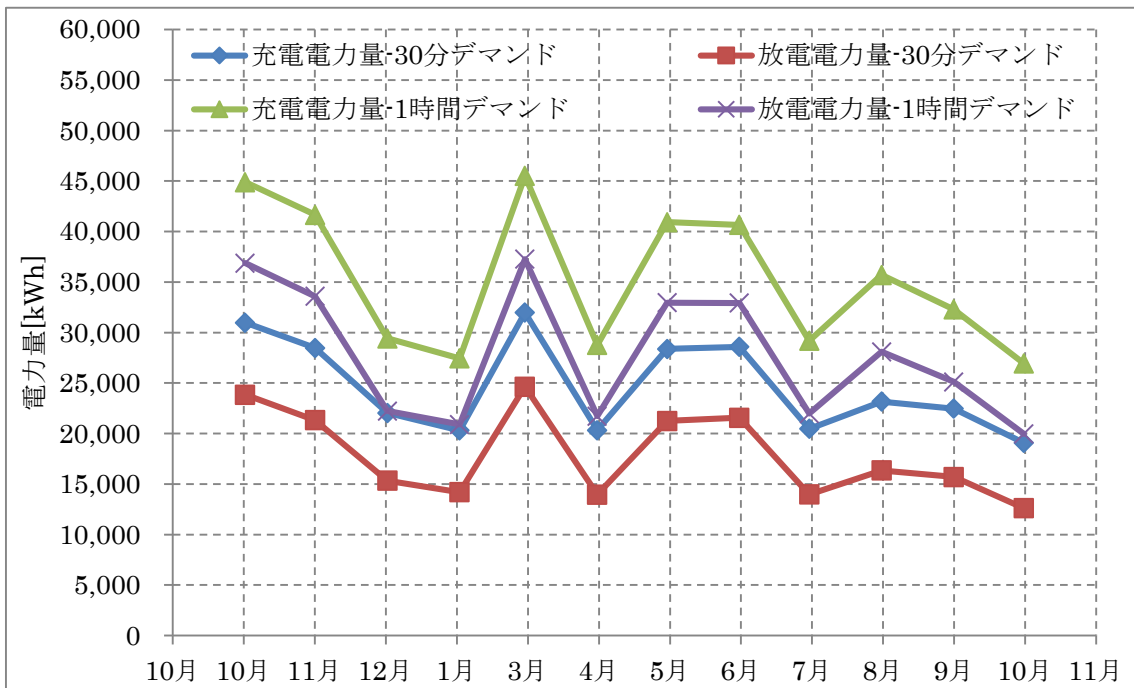


図 2. 5. 1 3. PCS 500kW バンド幅 150kW 時の
充電電力量/放電電力量

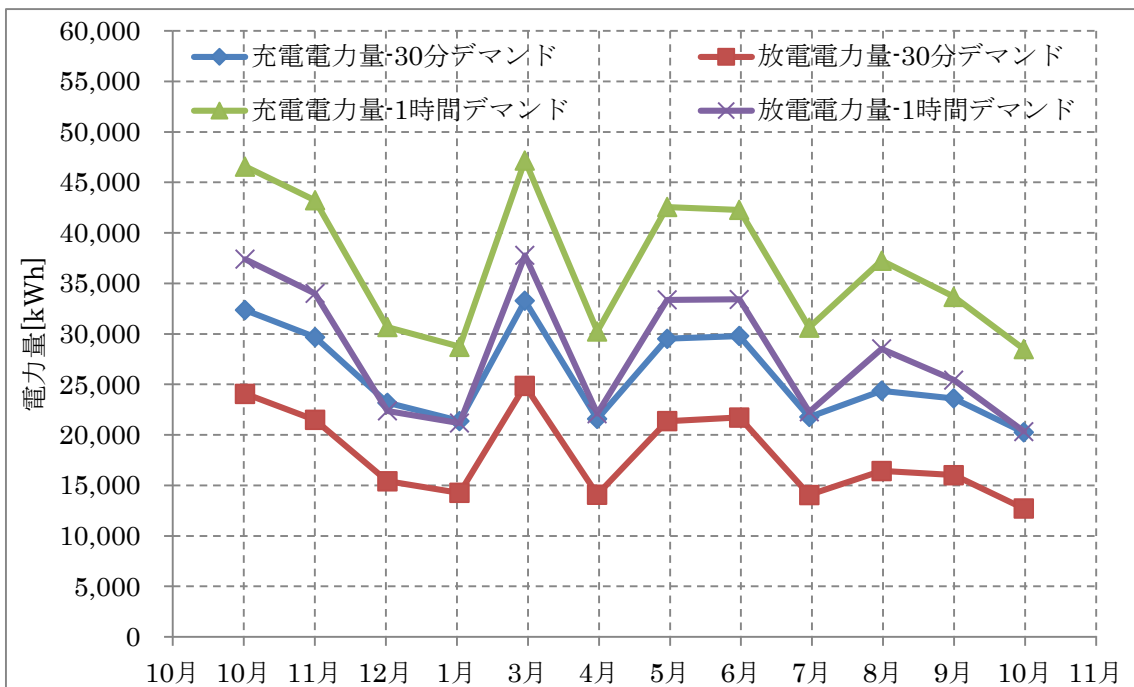


図 2. 5. 1 4. PCS 600kW バンド幅 150kW 時の
充電電力量/放電電力量

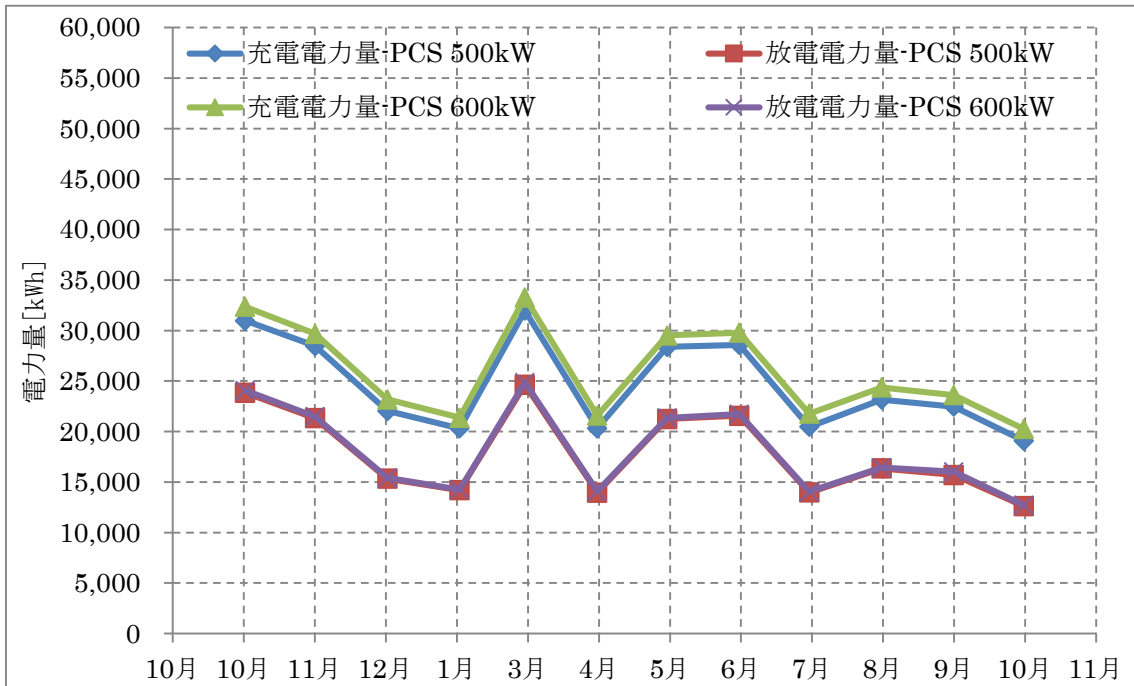


図2. 5. 15. バンド幅 150kW 時の
充電電力量／放電電力量 30分デマンド

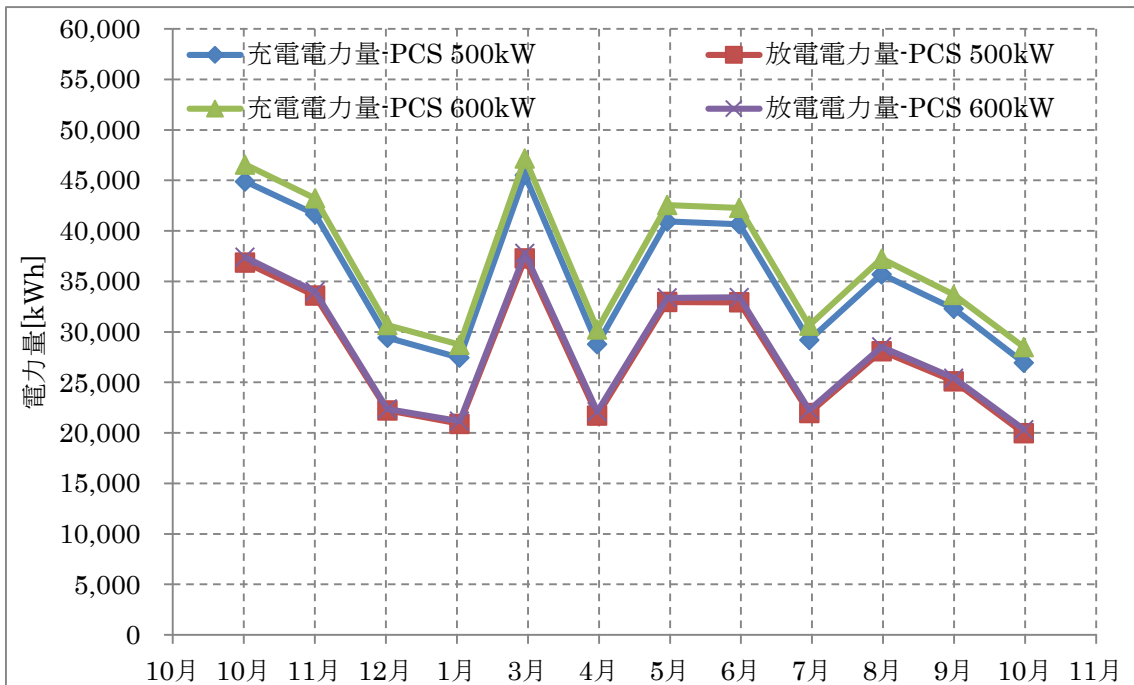


図2. 5. 16. バンド幅 150kW 時の
充電電力量／放電電力量 1時間デマンド

図2.5.17に運用シミュレーション1日分について受電電力および蓄電池AC出力の波形例を示す。また、図2.5.18に運用シミュレーション1日分について電池電圧およびシステムSOCの波形例を示す(2015年6月26日)。

図2.5.18に20時から24時の受電電力および蓄電池AC出力について拡大波形を示す。

図2.5.17、2.5.19では、受電電力は送電側を正(左軸)、蓄電池AC出力は放電側が正で示している。受電上限指令は送電電力の下限、受電下限指令は送電電力の上限を示しており、補償後受電電力がこの間に入るように蓄電池は充放電している。

図2.5.18では電池電圧(左軸)とシステムSOC(右軸)を示しており、どちらも運用範囲内(電圧は運用電圧上限と下限、システムSOCは25~60[%])で運用できている。

図2.5.19中に図示したように、A点ではPCS容量500[kW]で最大放電しているが、出力容量の不足により送電電力の下限を逸脱している。また、B点では電池の最大充電電流により制限され、460[kW]の充電電力が最大となり、送電電力の上限を逸脱している。

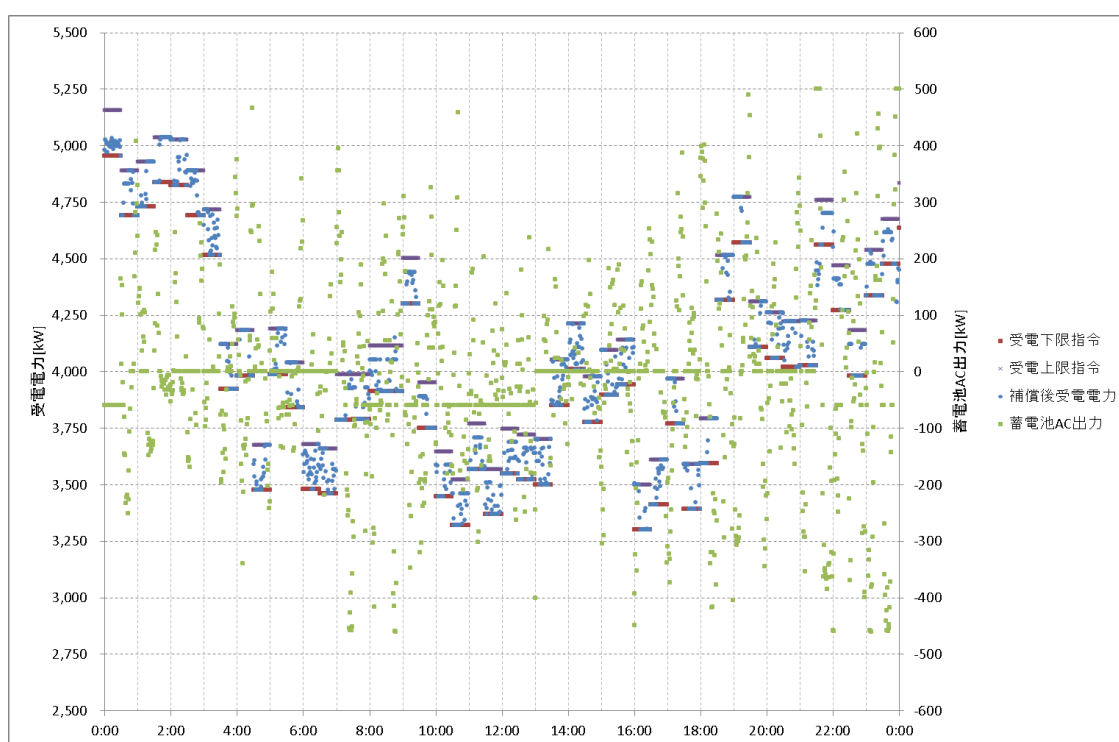


図2.5.17. 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池AC出力(鉛電池)
(2015年6月26日)

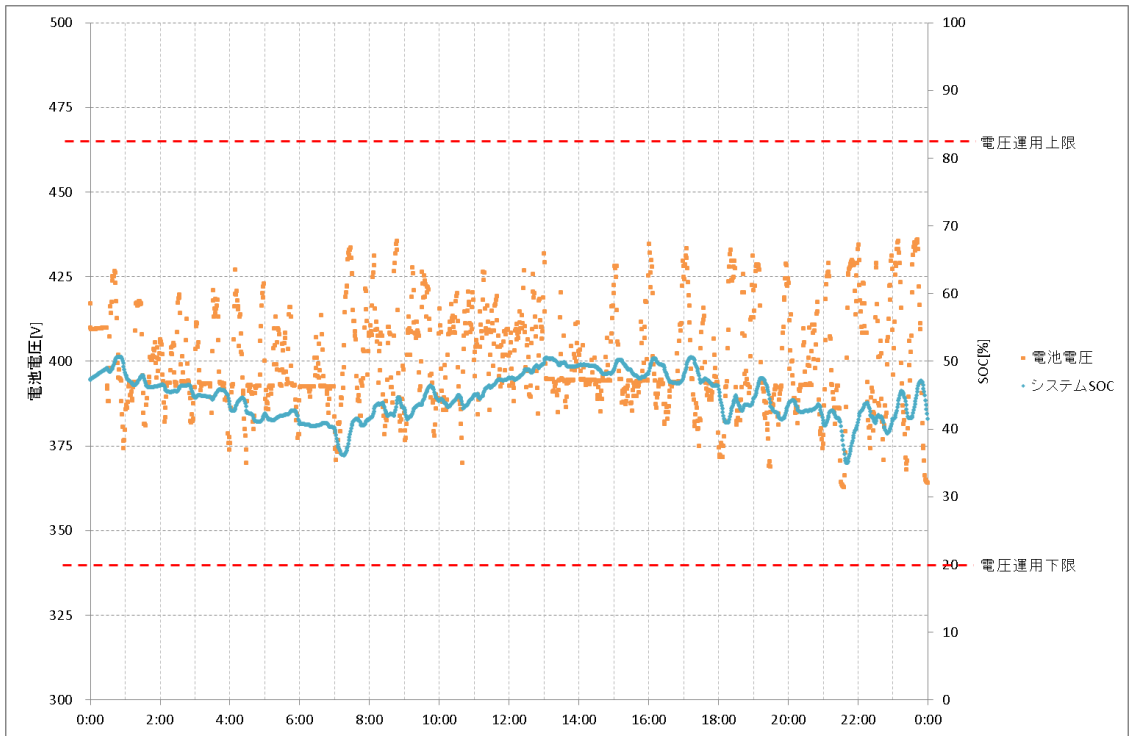


図 2. 5. 18. 運用シミュレーション例 電池電圧、システム SOC (鉛電池)
(2015 年 6 月 26 日)

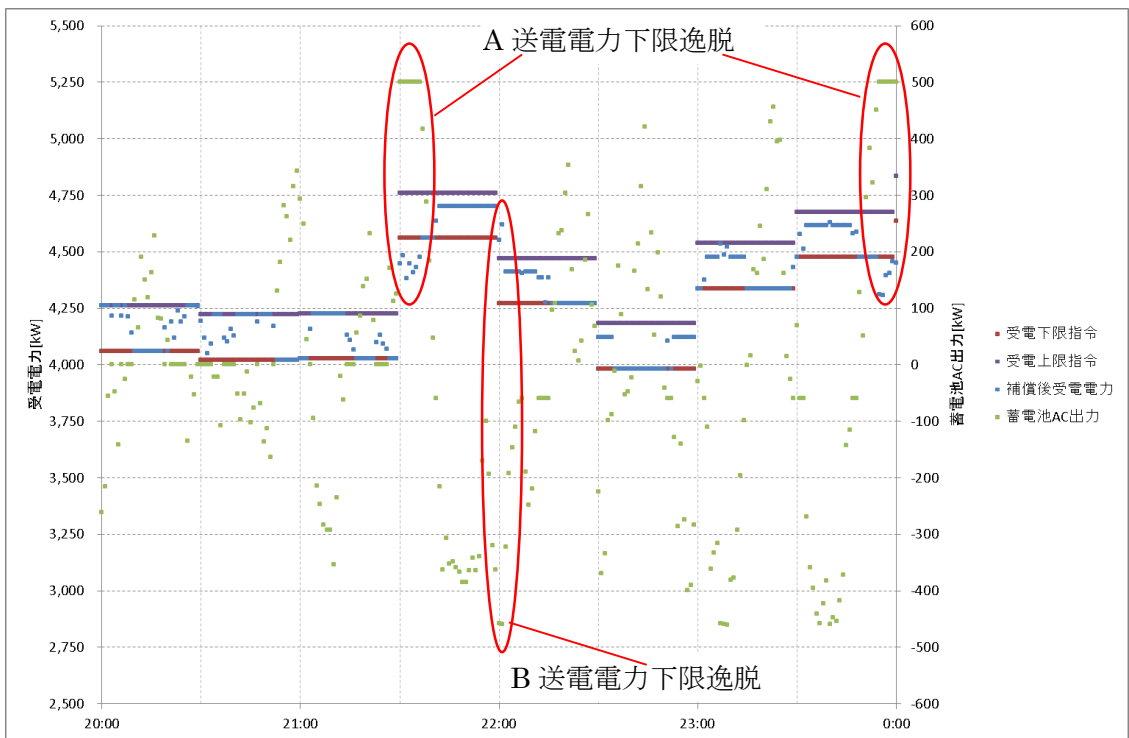


図 2. 5. 19. 運用シミュレーション例 受電電力、AC 出力拡大波形 (鉛電池)
(2015 年 6 月 26 日 20 時~24 時)

2. 6. リチウムイオン電池蓄電システムの検討（ステップ6）

前節の検討から鉛電池を用いる場合、充放電する蓄電池容量[kWh]より、最大充電電力や最大放電電力の制限により蓄電値の容量が決定づけられており、リチウムイオン電池を用いることで、より少ない電池容量で変動抑制が実現できる可能性がある。

このことから、リチウムイオン電池の特性を考慮してシステム構成を検討した。

リチウムイオン電池においても前節の結果から、PCS容量 500kW でバンド幅を100[kW]の場合についてリチウムイオン電池での最適蓄電池容量を算出した。

リチウムイオン電池ではPCS 100kW に対して、リチウムイオン電池の基本構成である75Ah リチウムイオン電池×132 直列構成の電池構成が最小構成であり、この時の充電可能電力量 36kWh、常時充放電容量 25kWh であり、必要な蓄電池容量に対して、この電池を並列接続して蓄電システムを構成することができる。

表 2. 6. 1 にデマンド毎の蓄電池容量、システム SOC (Sys_SOC) と逸脱電力量、逸脱回数、逸脱時間についてまとめたものを示す。

表 2. 6. 1 30分デマンドと1時間デマンドに対する評価結果

PCS容量 [kW]	電池種別	デマンド	PCS1台あたりの並列数	蓄電池容量 [kWh]	Sys SOC MAX [%]	Sys SOC MIN [%]	上限逸脱電力量 [kWh]	下限逸脱電力量 [kWh]	年間逸脱回数 [回]	年間逸脱時間 [h]
500	CH75	30分	3	260.971	74.98	2.82	3,509.748	4,722.315	1,893	75.00
		1時間	6	429.673	77.24	4.59	12,274.877	14,919.695	3,966	217.10
		30分	4	302.672	71.33	10.18	3,509.748	4,722.315	1,893	75.00
		1時間	8	434.653	69.43	11.13	12,273.877	14,919.695	3,966	217.10

表より、鉛電池と異なり、30分デマンドに対し1時間デマンドでは必要容量が倍になることがわかる。表から充放電可能な蓄電池容量から30分デマンドをサイト出力とした場合の蓄電池容量はPCS 100kW 当たり3並列となる。

しかしながら、2. 4節の結果からPCS 100kW に対して充放電容量が最大 91kWh となることから、PCS 100kW に対して、リチウムイオン電池を4並列とし、充電可能電力量 146kWh、常時充放電容量 102kWh の電池システム構成が最適構成となる。

次に年間データの中で必要な蓄電池容量が最も多くなる月について鉛電池の場合とリチウムイオン電池の場合について比較する。図 2. 6. 1 に必要な蓄電池容量が大きくなる7月と10月について、鉛電池とリチウムイオン電池での月別の逸脱時間比を示す。

図より鉛電池よりもリチウムイオン電池の方が逸脱時間比は小さくなることがわかる。これは、鉛電池の場合充電電流の最大値の制約を受ける場合があるのに対して、リチウムイオン電池ではPCS容量まで充電可能なことから、逸脱する回数が減ることによる。

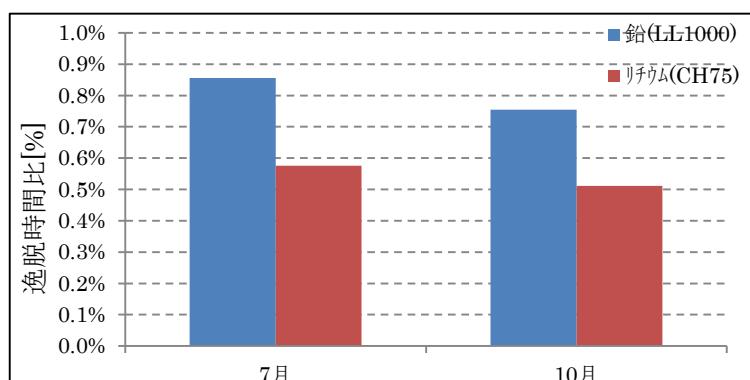


図 2. 6. 1. 月単位の逸脱時間比

これらのことから、あらかじめクリーンセンター殿向けのリチウムイオン電池システムの最適蓄電池容量は、30分デマンドを計画値としてバンド幅 100[kW]の条件で、PCS 100kW/CH75 × 132 直列×4 並列 (528 セル) 146[kWh]を 5 並列で運用する 500kW システムとすることで、年間逸脱時間 75h (逸脱時間比 0.9%) とできる。

図 2. 6. 2 に運用シミュレーション 1 日分について受電電力および蓄電池 AC 出力の波形例を示す。また、図 2. 6. 3 に運用シミュレーション 1 日分について電池電圧およびシステム SOC の波形例を示す (2015 年 6 月 26 日)。

図 2. 6. 4 に 20 時から 24 時の受電電力および蓄電池 AC 出力について拡大波形を示す。

図 2. 6. 2、2. 6. 4 では受電電力は送電側を正 (左軸)、蓄電池 AC 出力は放電側が正で示している。受電上限指令は送電電力の下限、受電下限指令は送電電力の上限を示しており、補償後受電電力がこの間に入るように蓄電池は充放電している。

図 2. 6. 3 では電池電圧 (左軸) とシステム SOC (右軸) を示しており、どちらも運用範囲内 (電圧は運用電圧上限と下限、システム SOC は 40~50[%]) で運用できている。

図 2. 6. 4 中に図示したように、A 点では PCS 容量 500[kW]で最大放電しているが、出力容量の不足により送電電力の下限を逸脱している。また、B 点では同様に PCS 容量 500[kW]で最大充電しているが、送電電力の上限を逸脱している。LL1000 の鉛電池に比べると最大充電電流の制限を受けないため、送電電力の上限を逸脱は低減している。

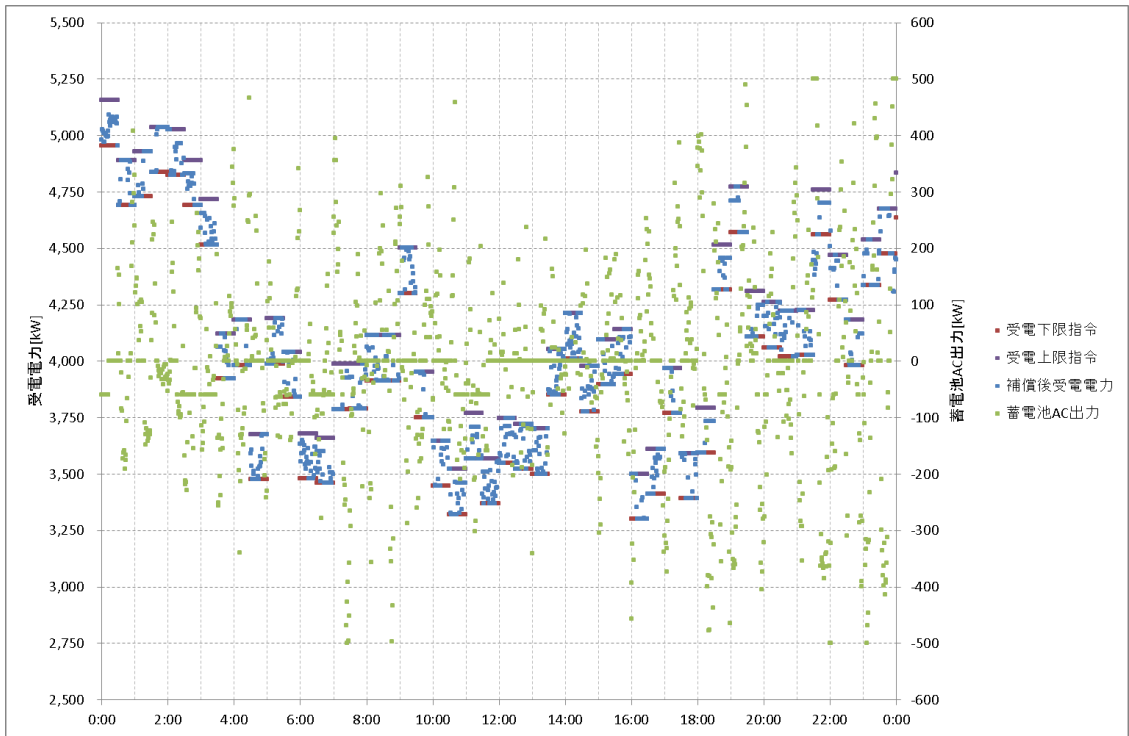


図 2. 6. 2. 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池 AC 出力 (リチウムイオン電池)
(2015 年 6 月 26 日)

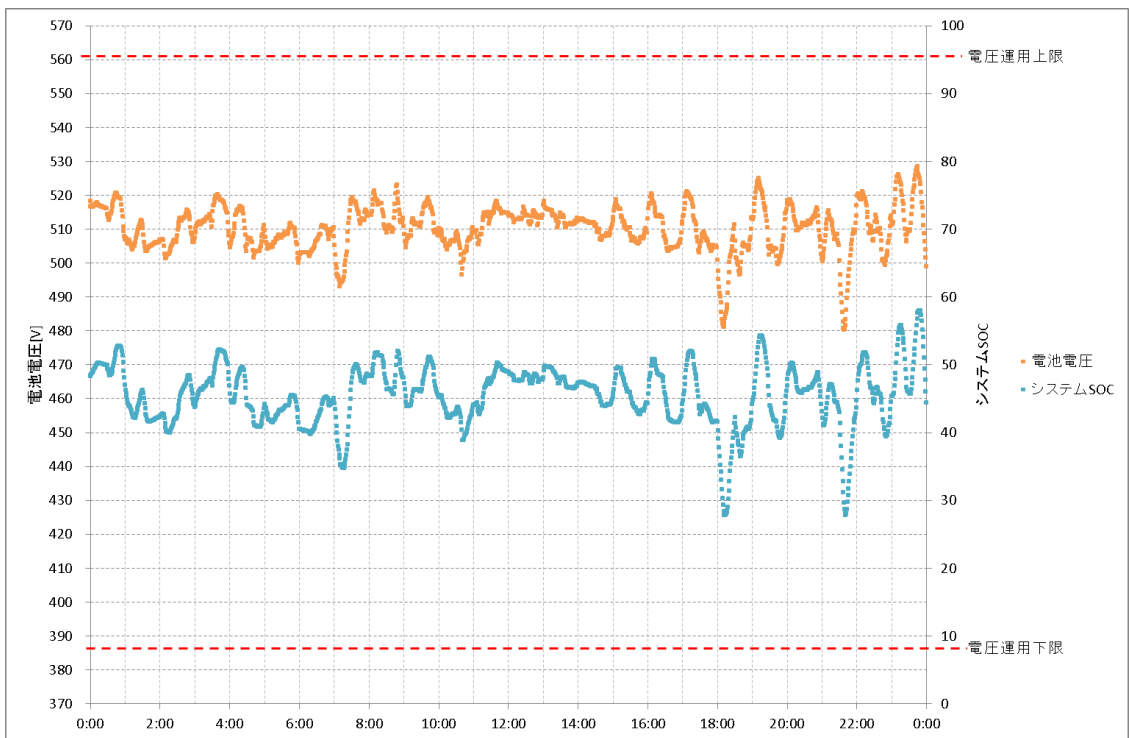


図 2. 6. 3. 運用シミュレーション例 電池電圧、システム SOC (リチウムイオン電池)
(2015 年 6 月 26 日)

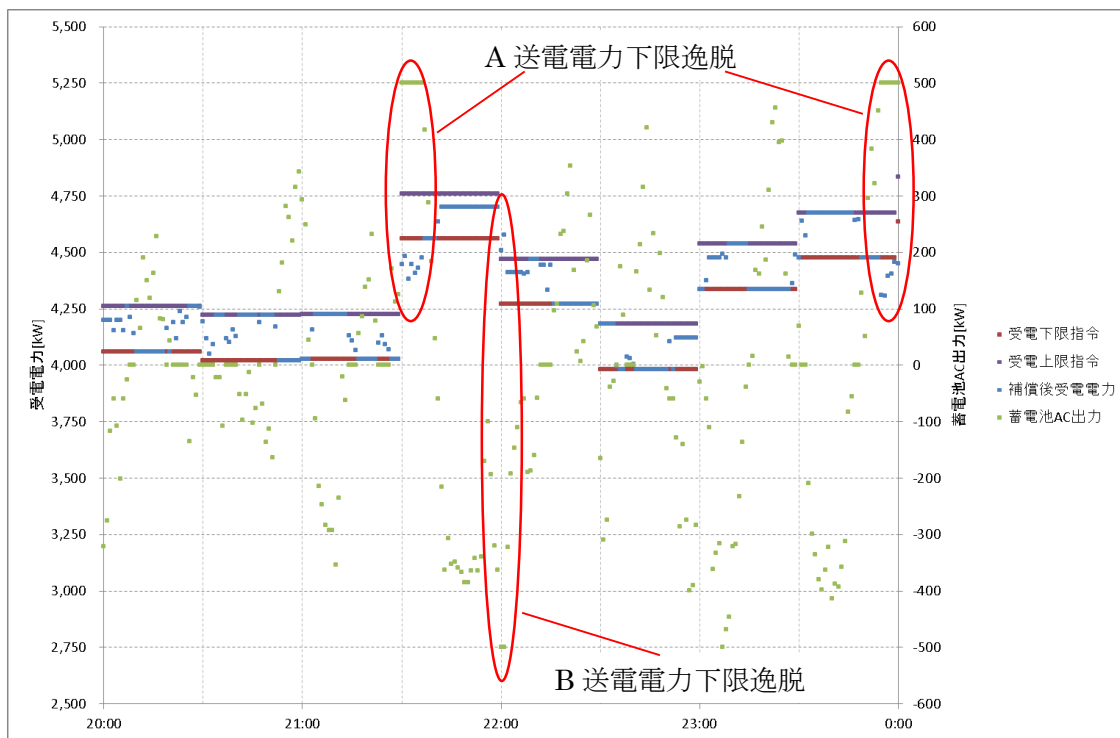


図 2. 6. 4. 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池 AC 出力 (リチウムイオン電池)
 (2015 年 6 月 26 日 20 時～24 時)

2. 7. 蓄電システム構成の一般化（ステップ7）

あらかわクリーンセンター殿では、蒸気タービン発電の出力変動が1,200[kW]程度あるのに対して他の同規模のサイトの出力変動は500[kW]程度である。これは、データ取得期間において燃料となるごみの品質の影響で蒸気タービンの出力変動が大きくなっていることによる。ここまでの検討で得られた蓄電システム構成は本データを用いて検討したため、一般的なサイトに適用する場合設備が過剰となると考えられる。

このことから、取得データの変動分を一般的なサイトの発電電力変動量に換算（変動成分を500kW/1200kW倍）したデータを用いて、一般的な同規模のサイトに必要な蓄電システム構成を評価した。

図2. 7. 1に2015年12月10日のあらかわクリーンセンター殿の1分データの発電合計と発電合計30分デマンドについてグラフにしたものを示す。図2. 7. 2に2015年12月10日の一般的なサイトの発電電力変動量に換算した発電合計と発電合計30分デマンドについてグラフにしたものを示す。

1時間デマンドを中心として変動分を換算したので、30分デマンドには大きな差はないが、発電出力の変動量が小さくなっているのがわかる。

以下に変動分を一般的なサイトの発電電力変動量に換算したデータを用いた場合について鉛電池及びリチウムイオン電池の評価結果を示す。

表2. 7. 1に鉛電池システム容量別の電池容量、充放電電力量および逸脱電力量、逸脱回数、逸脱時間についてまとめたものを示す。

表2. 7. 2にリチウムイオン電池システム容量別の電池容量、充放電電力量および逸脱電力量、逸脱回数、逸脱時間についてまとめたものを示す。

図2. 7. 3に鉛電池時のシステム容量に対する必要容量と逸脱時間比についてグラフにしたものを示す。

図2. 7. 4にリチウムイオン電池時のシステム容量に対する必要容量と逸脱時間比についてグラフにしたものを示す。

表およびグラフより、鉛電池システムもリチウムイオン電池システムともに、システム容量が小さくなると逸脱時比は増加傾向になり、システム容量が大きくなると逸脱時間はなくなることがわかる。

また、システム容量が小さくなると、必要容量は小さくなり、システム容量が大きくなると必要容量も大きくなることわかる。

鉛電池、リチウムイオン電池とも、PCS容量を300kW以上にしても逸脱時間比の低減効果が少なく、必要な電池容量が増加することから、鉛電池とリチウムイオン電池ともにPCS容量としては300[kW]が妥当であると考えられる。PCS100kW当たりの蓄電池容量は前節までの検討結果と同様である。

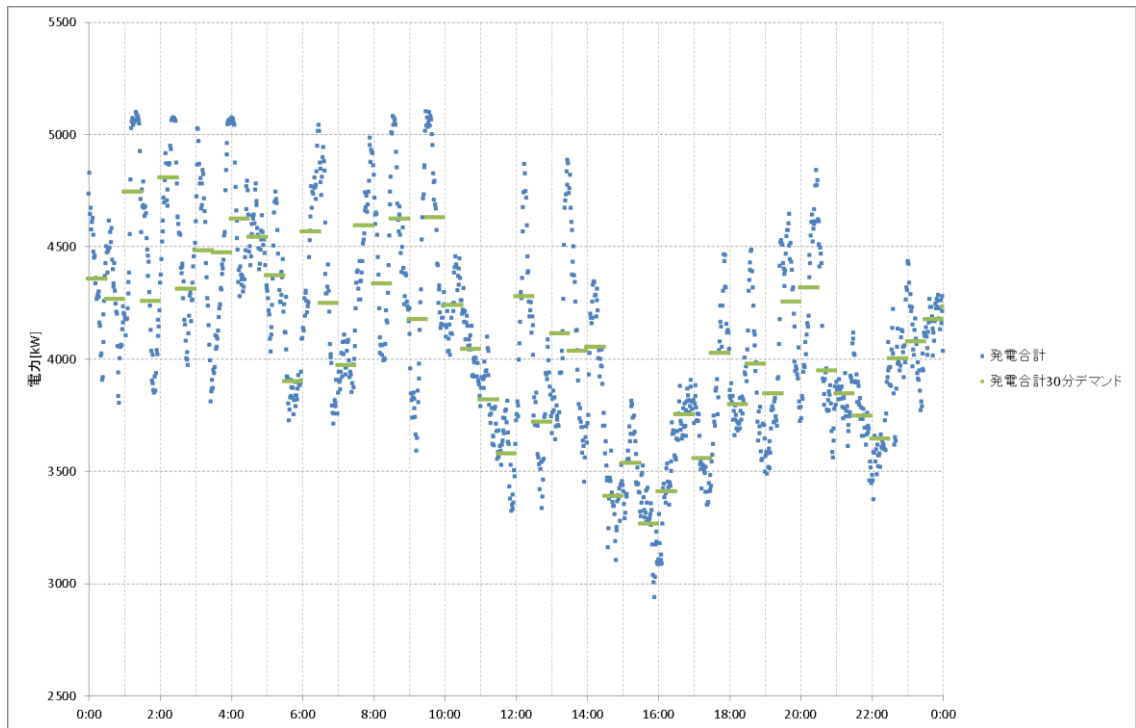


図2. 7. 1. あらかわクリーンセンター殿
1分データ (2015年12月10日)

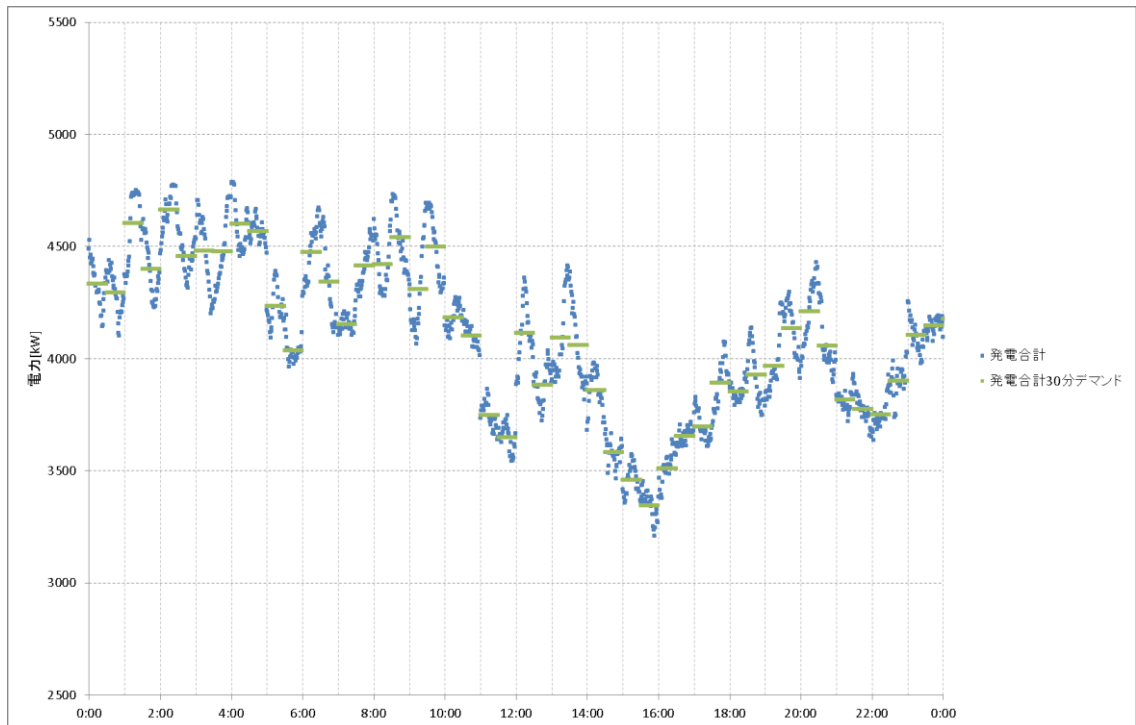


図2. 7. 2. あらかわクリーンセンター殿
一般的なサイトの発電電力変動量に換算したデータ (2015年12月10日)

表 2. 7. 1. 鉛電池システム容量別の電池容量、充放電電力量および逸脱電力量、逸脱回数、逸脱時間

年月	PCS 容量 [kW]	PCS1台 あたりの 電池並列数	蓄電池容量 [kWh]	充電電力量 [kWh]	放電電力量 [kWh]	上限逸脱 電力量 [kWh]	下限逸脱 電力量 [kWh]	逸脱回数 [回]	逸脱時間 [h]	蓄電池 充電量 [kWh]
2014年12月	200	1	109.829	7,471.424	4,306.738	58.741	179.973	120	5.50	1,246.65
	300	1	145.567	8,537.080	4,362.085	3.394	30.359	28	1.20	1,772.52
	400	1	189.494	9,621.061	4,365.479	0.000	1.513	3	0.08	2,430.77
	500	1	224.344	10,762.386	4,365.479	0.000	0.000	0	0.00	3,185.45

表 2. 7. 2. リチウムイオン電池システム容量別の電池容量、充放電電力量および逸脱電力量、逸脱回数、逸脱時間

年月	PCS 容量 [kW]	PCS1台 あたりの 電池並列数	蓄電池容量 [kWh]	充電電力量 [kWh]	放電電力量 [kWh]	上限逸脱 電力量 [kWh]	下限逸脱 電力量 [kWh]	逸脱回数 [回]	逸脱時間 [h]	蓄電池 充電量 [kWh]
2014年12月	200	4	70.246	6,981.979	4,306.738	58.741	120.121	80	3.60	298.99
	300	4	90.551	8,165.843	4,362.085	3.394	9.672	15	0.48	438.73
	400	4	98.344	9,275.139	4,365.479	0.000	0.000	0	0.00	535.42
	500	4	114.195	10,405.916	4,365.479	0.000	0.000	0	0.00	671.33

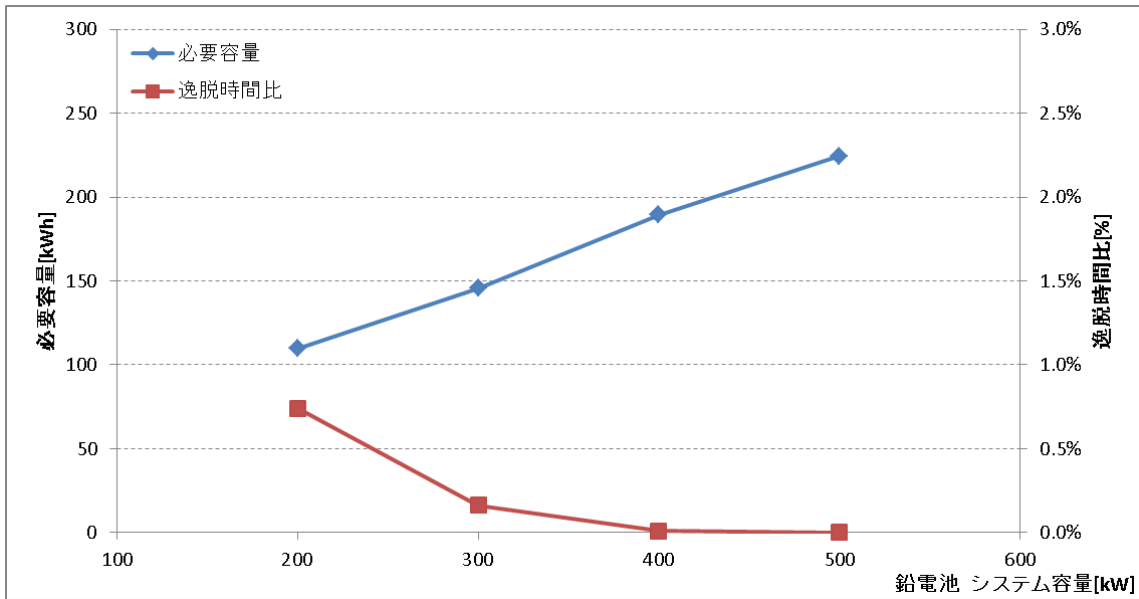


図 2. 7. 1. システム容量に対する必要容量と逸脱時間比 (鉛電池)

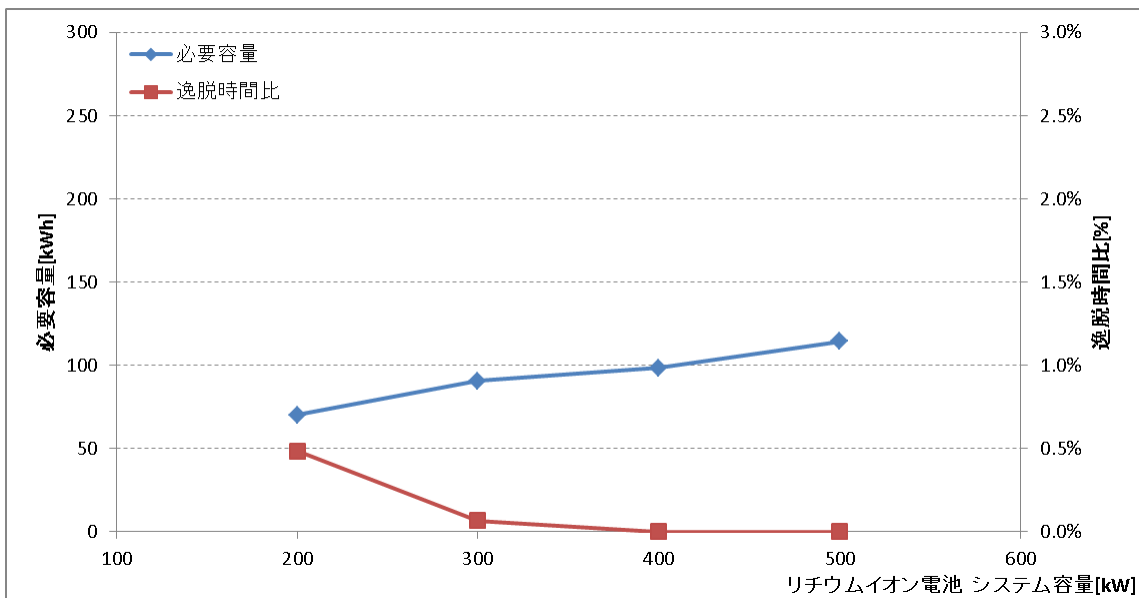


図 2. 7. 2. システム容量に対する必要容量と逸脱時間比 (リチウムイオン電池)

3. システム構成

あらかわクリーンセンター殿向け蓄電システムの蓄電容量は、30分デマンドデータを発電計画値に使用する条件で以下となる。

①鉛電池の場合：500kW システム

PCS100[kW]/LL1000×192直列×1並列（192セル） 384[kWh]×5セット

システム構成： PCS100[kW]×5台（屋外仕様）
制御盤×1面（屋外仕様）
連系盤×4面（屋外仕様）
40フィートコンテナ×3台
LL1000×192直列×1並列×5セット

※配置例は、次頁の図3.1を参照願います。

②リチウムイオン電池の場合：500kW システム

PCS100[kW]/CH75×132直列×4並列（528セル） 146[kWh] ×5セット

システム構成： PCS100[kW]×5台（屋外仕様）
制御盤×1台（屋外仕様）
連系盤×4面（屋外仕様）
増設盤×5面（屋外仕様）
リチウムイオン電池屋外盤×20面
CH75×132直列×4並列×5セット

※配置例は、次頁の図3.2を参照願います。

あらかわクリーンセンター殿向け蓄電システム配置例

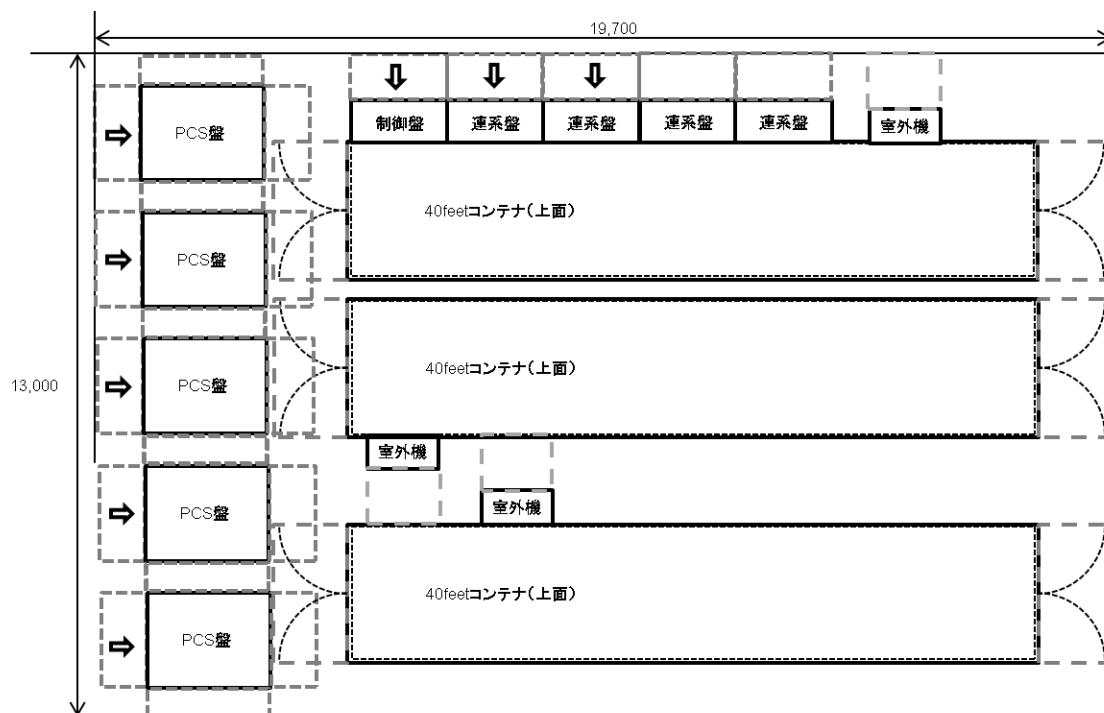


図 3. 1. 500kW 鉛電池システム 配置例

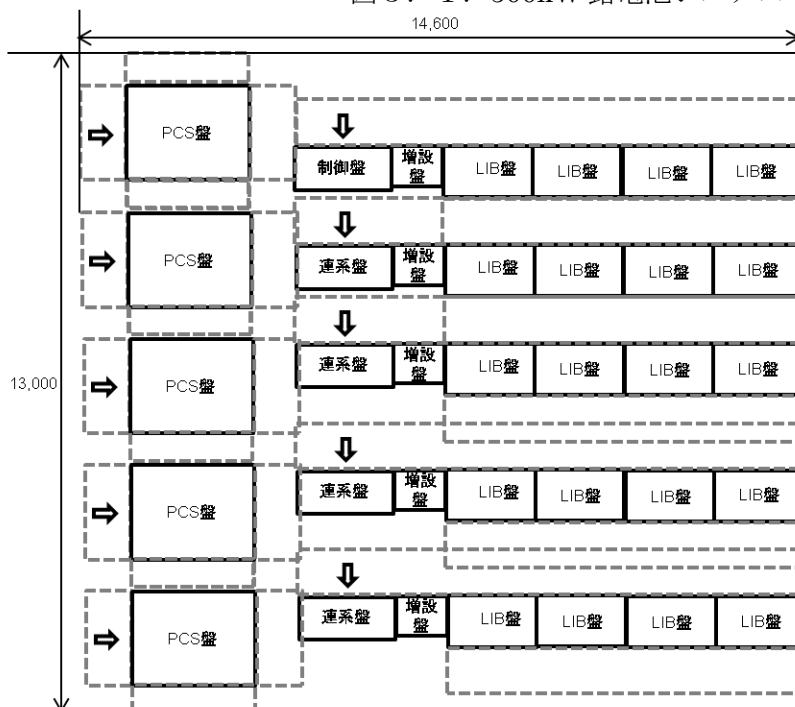


図 3. 2. 500kW リチウムイオン電池システム 配置例

一般的なあらかわクリーンセンター殿と同規模の蒸気タービンの出力変動抑制の場合、蓄電システムの蓄電池容量は、30分デマンドデータを発電計画値に使用する条件で、以下となる。

③鉛電池の場合：300kW システム

PCS100[kW]/LL1000×192 直列×1 並列 (192 セル) 384[kWh] ×3 セット

システム構成： PCS100[kW]×3 台 (屋外仕様)
制御盤×1 面 (屋外仕様)
連系盤×2 面 (屋外仕様)
40フィートコンテナ×2 台
LL1000×192 直列×1 並列×3 セット
※配置例は、次頁の図3.3を参照願います。

④リチウムイオン電池の場合：300kW システム

PCS100[kW]/CH75×132 直列×4 並列 (528 セル) 146[kWh] ×3 セット

システム構成： PCS100[kW]×3 台 (屋外仕様)
制御盤×1 台 (屋外仕様)
連系盤×2 面 (屋外仕様)
増設盤×3 面 (屋外仕様)
リチウムイオン電池屋外盤×12 面
CH75×132 直列×4 並列×3 セット
※配置例は、次頁の図3.4を参照願います。

出力変動 500[kW]クラス向け蓄電システム配置例

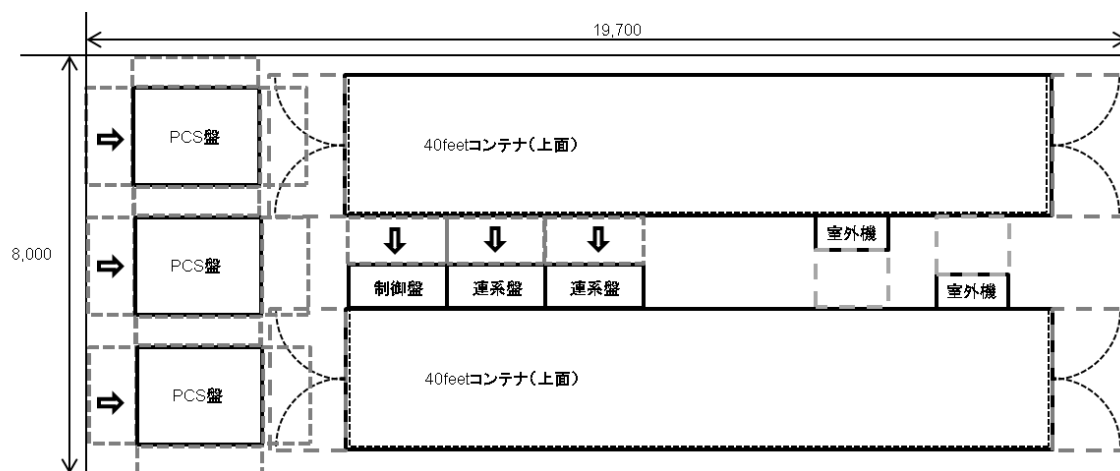


図 3. 3. 300kW 鉛電池システム 配置例

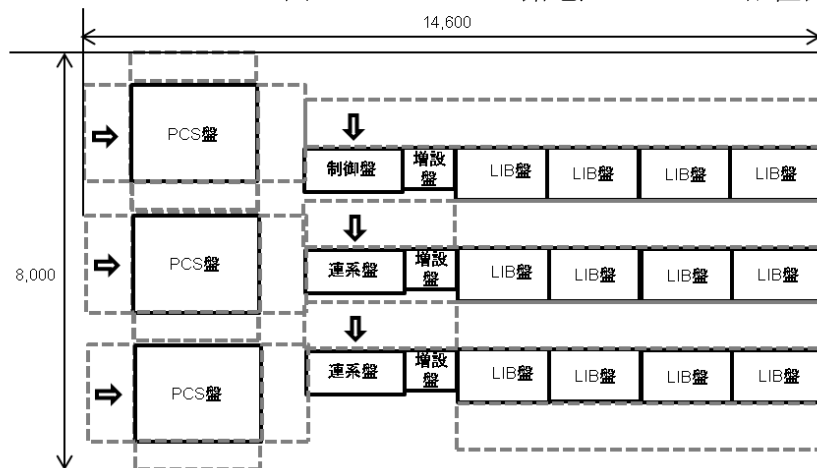


図 3. 4. 300kW リチウムイオン電池システム 配置例

4. 運転炉数に応じた一定指令値 Ps での運用

前章の①と②のシステム構成で、発電指令値 Ps を運転炉数に応じて一定として運用した場合の影響をあらかじめクリーンセンターの1分データを用いて評価した。

評価では、運転炉数に応じて指令値 Ps を、表4. 1に示す一定値とした場合について、運用シミュレーションを実施した。

表4. 1に発電機運転状態における指令値 Ps と代表日を示す。また、表4. 2に発電機運転状態における2015年度の日数および年間の日数比を示す。

表4. 3に①の鉛電池システムを適用した場合について、30分デマンドに基づく指令値で運転した場合と、表4. 1に示す指令値 Ps で運転した場合について、逸脱時間と逸脱時間比を比較して示す。表4. 4に②のリチウムイオン電池システムを適用した場合について、30分デマンドに基づく指令値で運転した場合と、表4. 1に示す指令値 Ps で運転した場合について、逸脱時間と逸脱時間比を比較して示す。

表4. 1. 発電機運転状態時の指令値 Ps および代表日

発電機運転状態		指令値 Ps [kW]	代表日
2 炉運転		4,600	2015 年 4 月 23 日
1 炉運転		1,600	2015 年 2 月 2 日
立ち上げ	1 炉目立上期	2,000	2015 年 10 月 18 日~20 日
	2 炉目立上期	3,000	
	2 炉安定移行期	3,600	
	2 炉安定期	4,600	
立ち下げ	1 炉目立下期	3,000	2015 年 4 月 1 日
	2 炉目立下期	2,000	

表4. 2. 発電機各稼動時の2015年度の日数および年間日数比

発電機運転状態	2015 年度の日数 ^{※1} [日]	年間日数比 [%]	備考
2 炉運転	231	72.64	
1 炉運転	55	17.30	
全炉停止	20	6.29	
立ち上げ	9	2.83	3[日]×3[回]
立ち下げ	3	0.94	1[日]×3[回]
合計	318	100.0	

※1：2016年1月31日まで

表 4. 3. 30分デマンド指令、一定指令値 Ps 運転の逸脱時間と逸脱時間比の比較
(500kW 鉛電池システム)

代表日	逸脱時間[h]		逸脱時間比[%]	
	30分デマンド [※]	指令値 Ps	30分デマンド [※]	指令値 Ps
2015年4月23日 (2炉運転)	0.38	2.47	1.58	10.28
2015年2月2日 (1炉運転)	0.05	0.38	0.21	1.60
2015年10月 18日~20日 (立ち上げ)	0.52	10.15	0.72	14.10
2015年4月1日 (立ち下げ)	1.07	10.97	4.46	45.69

表 4. 4. 30分デマンド指令、一定指令値 Ps 運転の逸脱時間と逸脱時間比の比較
(500kW リチウムイオン電池システム)

代表日	逸脱時間[h]		逸脱時間比[%]	
	30分デマンド [※]	指令値 Ps	30分デマンド [※]	指令値 Ps
2015年4月23日 (2炉運転)	0.35	3.38	1.46	14.10
2015年2月2日 (1炉運転)	0.02	1.00	0.08	4.17
2015年10月 18日~20日 (立ち上げ)	0.48	13.73	0.67	19.07
2015年4月1日 (立ち下げ)	0.90	12.87	3.75	53.61

表 4. 3より、鉛電池システムを適用した場合は、30分デマンドに基づく指令値で運転した場合に対し、表 4. 1に示す指令値 Ps で運転した場合の逸脱時間は増加する。2炉運転は約7倍、1炉運転は約8倍、立ち上げ時は約20倍、立ち下げ時は約10倍となる。

逸脱時間比が増加する要因は、発電出力の変動に起因して、発電デマンドの変動があり、このデマンド変動を吸収するためには、蓄電システム出力及び蓄電システム容量が不足することに起因している。2炉運転に対して1炉運転時の逸脱時間や逸脱時間比が少ないのは、発電電力のベース分が少ないため、変動分も少なくなっており、より小さな蓄電システム

で変動抑制ができることに起因している。炉の立ち上げ時や立ち下げ時には過渡変動が大きいため、逸脱時間比の増加が大きくなっている。

表 2. 5. 1 の鉛電池 500kW (PCS 1 台あたり鉛電池 LL 1 0 0 0 × 1 並列)、バンド幅 100kW の場合の年間逸脱時間 (114.5 h) に、表 4. 2 の年間の各運転モードでの運転日数比と表 4. 3 の各運転モードでの逸脱時間比の増加分を適用して、表 4. 1 に示す指令値 Ps で運転した場合の年間の逸脱時間を概算すると、年間逸脱時間 766.6h (逸脱時間比 8.8[%]) となり、30 分デマンドに基づいて運転する場合の年間逸脱時間 114.5 h (逸脱時間比 1.3[%]) と比較すると、約 6.7 倍となる。

表 4. 4 より、リチウムイオン電池システムを適用した場合は、30 分デマンドに基づく指令値で運転した場合に対し、表 4. 1 に示す指令値 Ps で運転した場合の逸脱時間は、増加する。2 炉運転は約 10 倍、1 炉運転は約 50 倍、立ち上げ時は約 29 倍、立ち下げ時の増加は、約 14 倍となる。

リチウムイオン電池システムを適用した場合には、鉛電池システムを適用した場合よりも増加量が多い。リチウムイオン電池では鉛電池に比べ、少ない蓄電池容量で大きな出力が可能であるため、前章までの検討では、より少ない蓄電池容量 (kWh) の構成としているため、蓄積エネルギーの不足による逸脱が増加したためと考えることができる。各運転モードにおける増加の要因は、鉛電池システムを適用した場合と同様である。

表 2. 6. 1 のリチウムイオン電池の 500kW (PCS 1 台あたりリチウムイオン電池 CH 7 5 × 4 並列)、バンド幅 100kW の場合の年間逸脱時間 (75.0 h) に、表 4. 2 の年間の各運転モードでの運転日数比と表 4. 4 の各運転モードでの逸脱時間比の増加分を適用して、表 4. 1 に示す指令値 Ps で運転した場合の年間の逸脱時間を概算すると、年間逸脱時間 1,272.9h (逸脱時間比 14.5[%]) となり、30 分デマンドに基づいて運転する場合の年間逸脱時間 75.0 h (逸脱時間比 0.9[%]) と比較すると、約 17.0 倍となる。

30 分デマンドに基づく指令値で運用した場合では、リチウムイオン電池システムを適用した場合、鉛電池システムを適用した場合に比べて逸脱時間比が小さかったが、表 4. 1 に示す指令値 Ps で運用した場合には、蓄電池の容量 (kWh) が少ないリチウムイオン電池の場合、容量不足の影響を大きく受けるため、鉛電池システムを適用した方が、逸脱時間比が小さくなる。

図4. 1～図4. 4に鉛電池システムを適用した場合の、各運転モードにおける運用シミュレーション波形を示す。

図4. 1 (a)に鉛電池システムの2015年4月23日(2炉運転)の運用シミュレーションについて受電電力および蓄電池AC出力の波形例を示す。また、図4. 1 (b)に電池電圧およびシステムSOCの波形例を示す。

図4. 2 (a)に鉛電池システムの2015年2月2日(1炉運転)の運用シミュレーションについて受電電力および蓄電池AC出力の波形例を示す。また、図4. 2 (b)に電池電圧およびシステムSOCの波形例を示す。

図4. 3 (a)に鉛電池システムの2015年10月18日から20日(立ち上げ)の運用シミュレーションについて受電電力および蓄電池AC出力の波形例を示す。また、図4. 3 (b)に電池電圧およびシステムSOCの波形例を示す。

図4. 4 (a)に鉛電池システムの2015年4月1日(立ち下げ)の運用シミュレーションについて受電電力および蓄電池AC出力の波形例を示す。また、図4. 4 (b)に電池電圧およびシステムSOCの波形例を示す。

図4. 1 (a)、図4. 2 (a)、図4. 3 (a)、図4. 4 (a)では、受電電力は送電側を正(左軸)、蓄電池AC出力は放電側を正で示している。受電上限指令は送電電力の下限、受電下限指令は送電電力の上限を示しており、補償後受電電力がこの間に入るように蓄電池は充放電している。

図4. 1 (b)、図4. 2 (b)、図4. 3 (b)、図4. 4 (b)では、電池電圧(左軸)とシステムSOC(右軸)を示している。

図4. 1～図4. 4中に、システム出力の不足に起因する逸脱を黄色、電池容量不足に起因する逸脱を赤で示した。電池容量不足の場合、充電中に電圧が電圧運用上限に到達した場合や、放電中に電圧が電池運用電圧下限に到達した場合に、電圧が所定の範囲に戻るまで、充電禁止や放電禁止となることにより、逸脱が生じている。図2. 5. 18及び図2. 5. 19に示す30分デマンドに基づく指令で運用した場合には、短時間で充電と放電が切り替わるために運転されるSOC範囲が小さいが、表4. 1に示す指令値Psで運転した場合、蓄電池システムの出力が放電または充電に長時間維持されるため、運転されるSOC範囲が大きくなり、このような電圧運用上下限に到達する。出力が小さい1炉運転では、運用電圧上下限に到達していないが、2炉運転では電圧運用下限に到達している。また、立ち上げ、立ち下げ時には発電機出力が変化する時に、大きな偏差が出るため、電圧運用上下限への到達、システム出力不足が生じて、逸脱が増加している。

これらに起因して30分デマンドに基づく指令の場合に比べ、逸脱時間及び逸脱時間比が増加している。

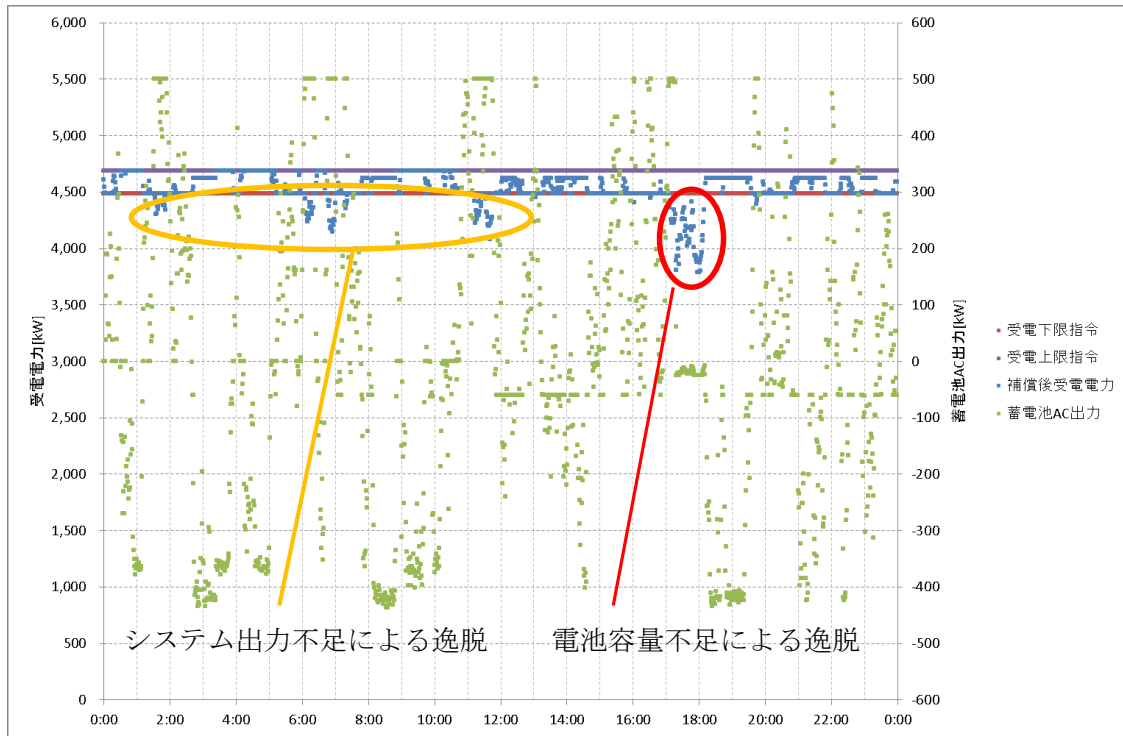


図4. 1 (a). 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池 AC 出力 (鉛電池)
2015年4月23 (2炉運転)

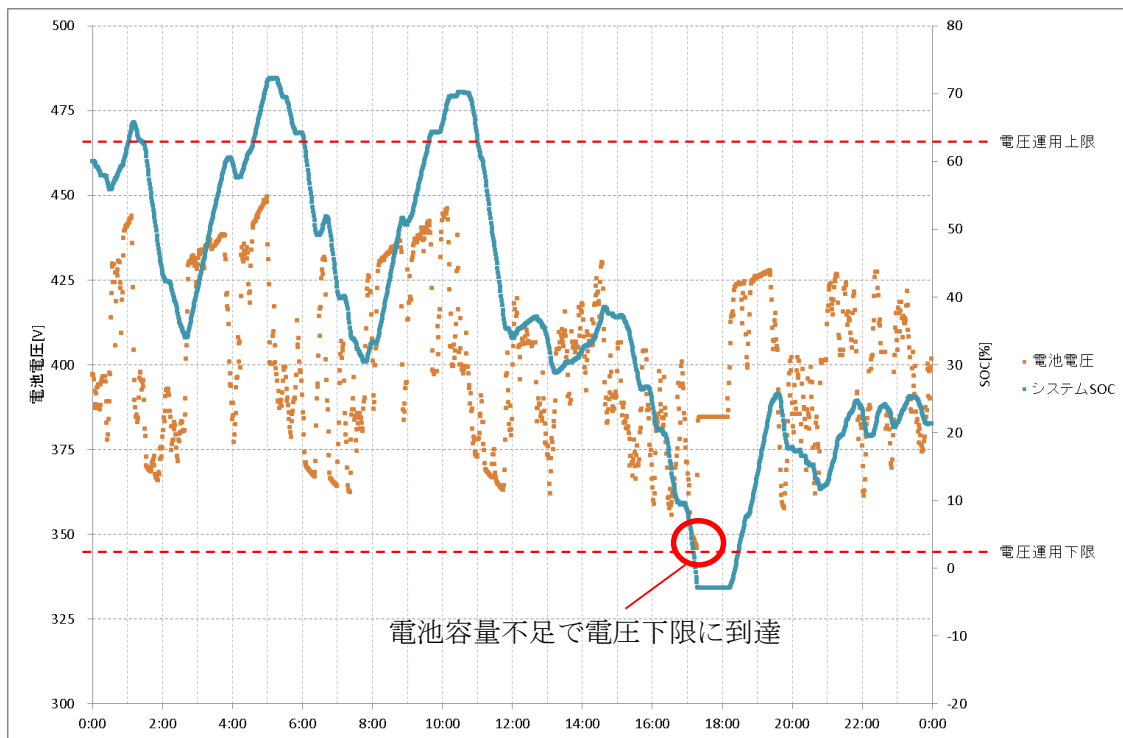


図4. 1 (b). 運用シミュレーション例 電池電圧、システム SOC (鉛電池)
2015年4月23日 (2炉運転)

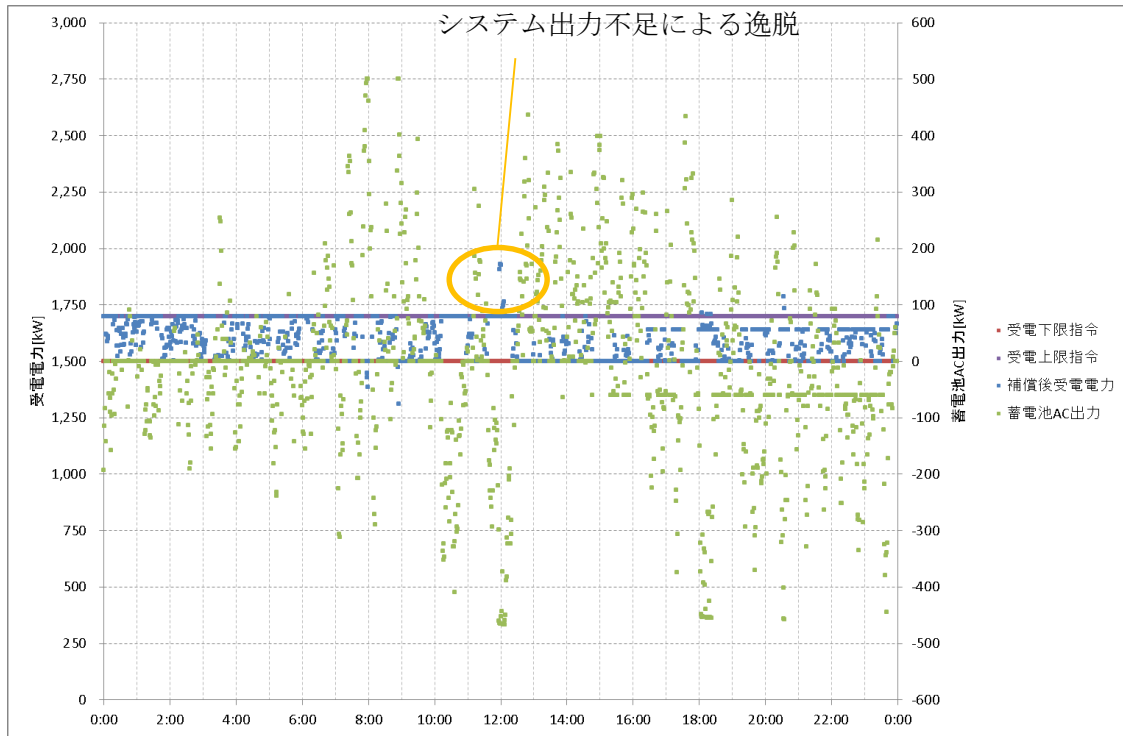


図4. 2 (a). 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池 AC 出力 (鉛電池)
2015年2月2日 (1炉運転)

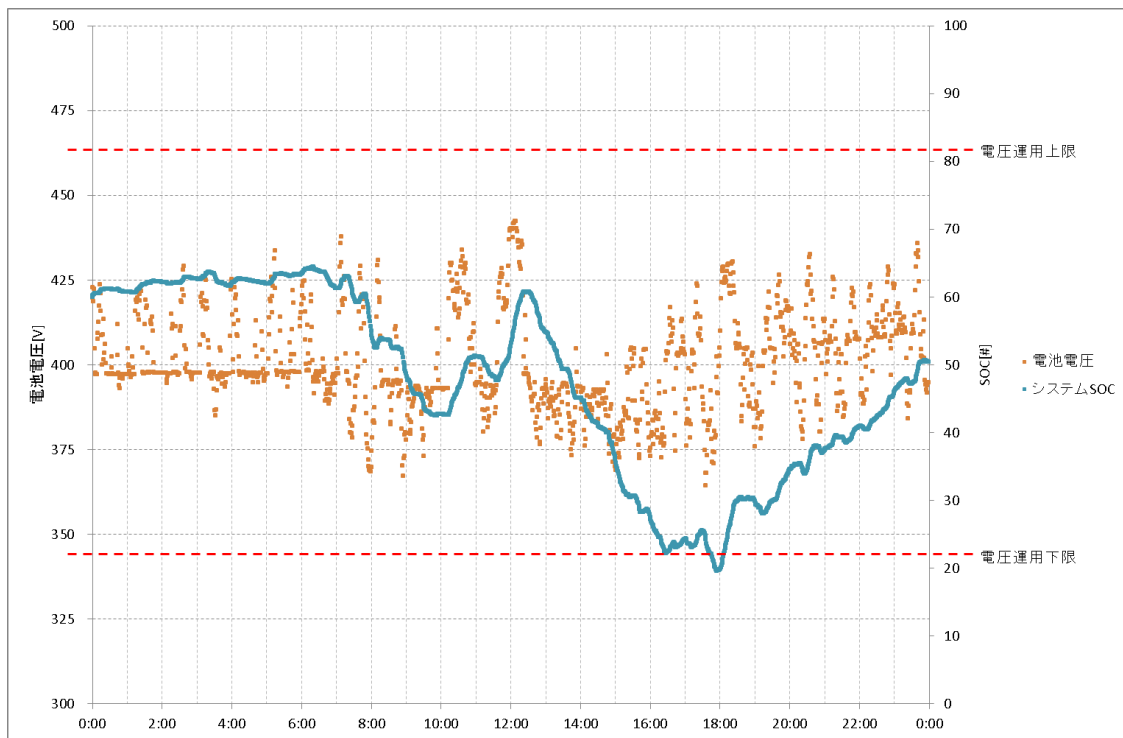


図4. 2 (b). 運用シミュレーション例 電池電圧、システム SOC (鉛電池)
2015年2月2日 (1炉運転)

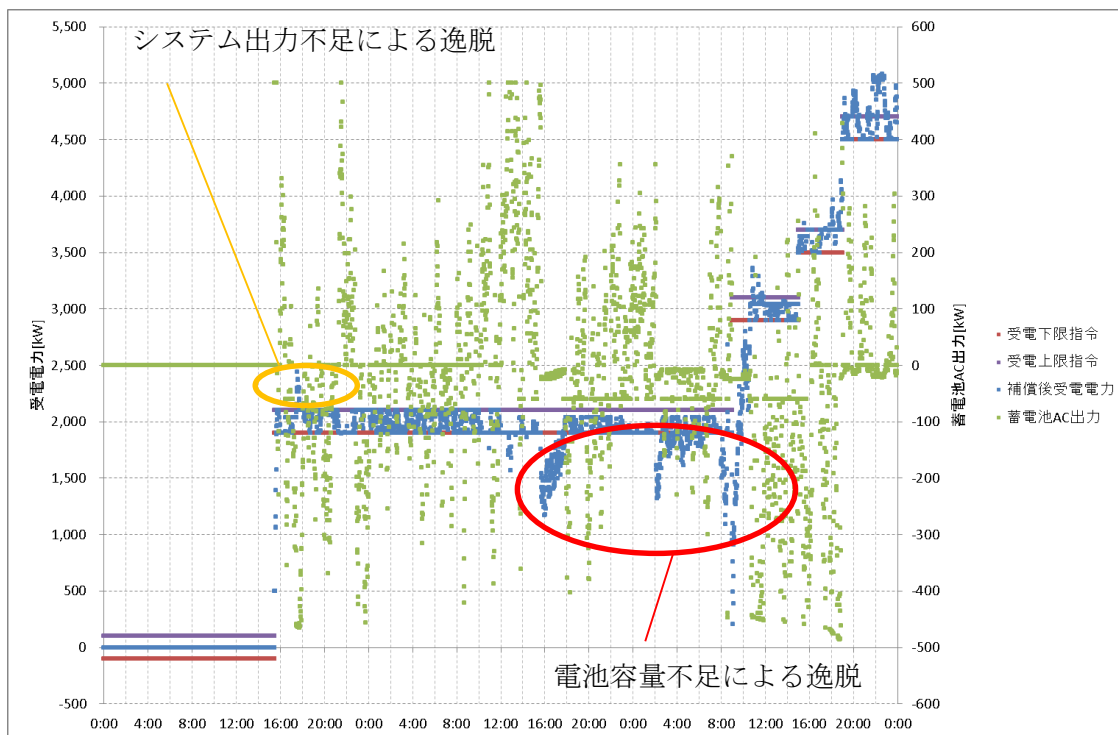


図4. 3 (a). 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池 AC 出力 (鉛電池)
2015年10月18日~20日 (立ち上げ)

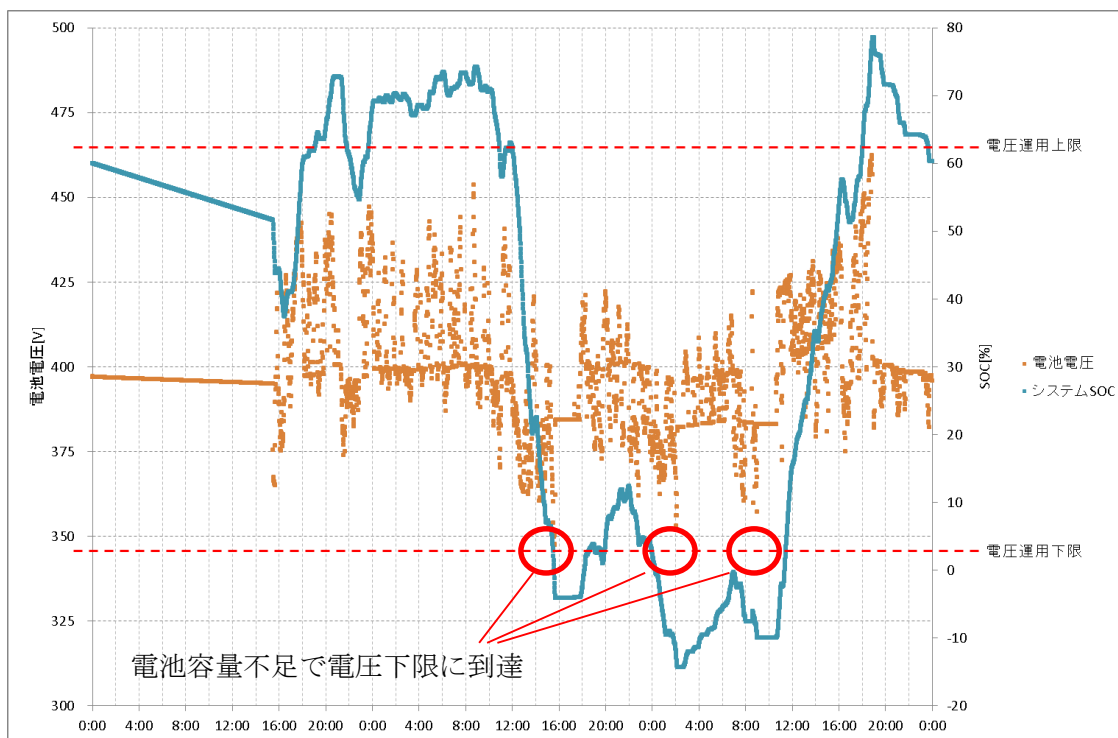


図4. 3 (b). 運用シミュレーション例 電池電圧、システム SOC (鉛電池)
2015年10月18日~20日 (立ち上げ)

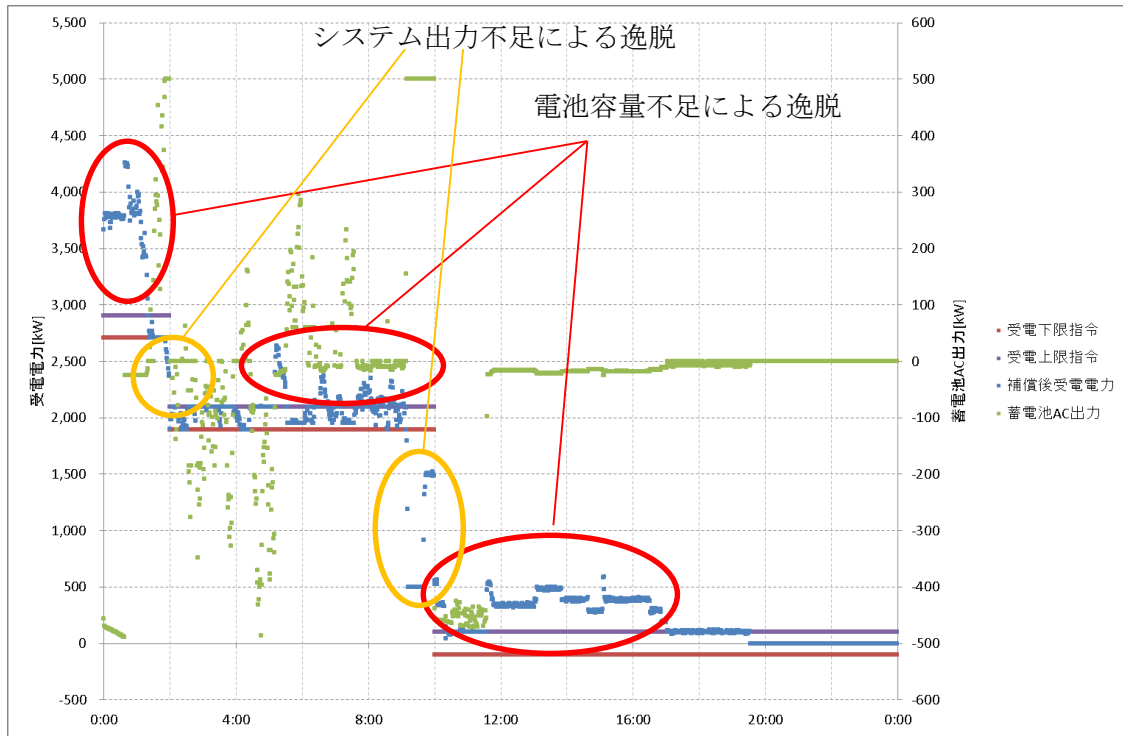


図4. 4 (a). 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池 AC 出力 (鉛電池)
2015年4月1日 (立ち下げ)

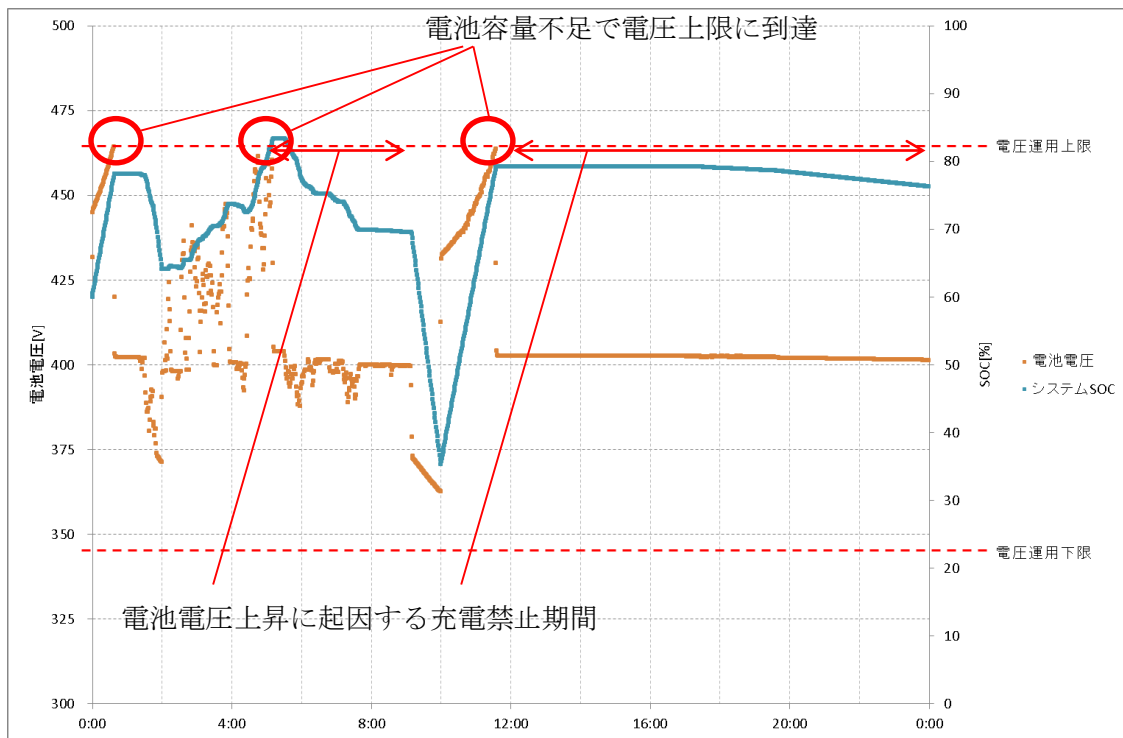


図4. 4 (b). 運用シミュレーション例 電池電圧、システム SOC (鉛電池)
2015年4月1日 (立ち下げ)

図4.5～図4.8にリチウムイオン電池システムを適用した場合の、各運転モードにおける運用シミュレーション波形を示す。

図4.5(a)にリチウムイオン電池システムの2015年4月23日(2炉運転)の運用シミュレーションについて受電電力および蓄電池AC出力の波形例を示す。また、図4.5(b)に電池電圧およびシステムSOCの波形例を示す。

図4.6(a)にリチウムイオン電池システムの2015年2月2日(1炉運転)の運用シミュレーションについて受電電力および蓄電池AC出力の波形例を示す。また、図4.6(b)に電池電圧およびシステムSOCの波形例を示す。

図4.7(a)にリチウムイオン電池システムの2015年10月18日から20日(立ち上げ)の運用シミュレーションについて受電電力および蓄電池AC出力の波形例を示す。また、図4.7(b)に電池電圧およびシステムSOCの波形例を示す。

図4.8(a)にリチウムイオン電池システムの2015年4月1日(立ち下げ)の運用シミュレーションについて受電電力および蓄電池AC出力の波形例を示す。また、図4.8(b)に電池電圧およびシステムSOCの波形例を示す。

図4.5(a)、図4.6(a)、図4.7(a)、図4.8(a)では、受電電力は送電側を正(左軸)、蓄電池AC出力は放電側を正で示している。受電上限指令は送電電力の下限、受電下限指令は送電電力の上限を示しており、補償後受電電力がこの間に入るように蓄電池は充放電している。

図4.5(b)、図4.6(b)、図4.7(b)、図4.8(b)では、電池電圧(左軸)とシステムSOC(右軸)を示している。

図4.5～図4.8中に、システム出力が不足に起因する逸脱を黄色、電池容量不足に起因する逸脱を赤で示した。電池容量不足の場合、鉛電池を適用した場合と同様に、充電中に電圧が電圧運用上限に到達した場合や、放電中に電圧が電池運用電圧下限に到達した場合に、電圧が所定の範囲に戻るまで、充電禁止や放電禁止となることにより、逸脱が生じている。図2.6.2及び図2.6.3に示す30分デマンドに基づく指令で運用した場合には、短時間で充電と放電が切り替わるために運転されるSOC範囲が小さいが、表4.1に示す指令値Psで運転した場合、蓄電池システムの出力が放電または充電に長時間維持されるため、運転されるSOC範囲が大きくなり、このような電圧運用上下限に到達する。出力が小さい1炉運転、2炉運転では電圧運用下限に到達して放電禁止となる期間がある。また、立ち上げ、立ち下げ時には発電機出力が変化する時に、大きな偏差が出るため、電圧運用上下限への到達、システム出力不足が生じて、逸脱が増加している。

これらに起因して30分デマンドに基づく指令の場合に比べ、逸脱時間及び逸脱時間比が増加している。

また、鉛電池を適用した場合の図4.1および図4.2とリチウムイオン電池を適用した図4.5および図4.6を比較すると、蓄電池容量が少ないリチウムイオン電池ではSOC

の変化が大きく、変動の少ない1炉運転においても電圧運用下限に到達しており、これに起因する逸脱が増大している。

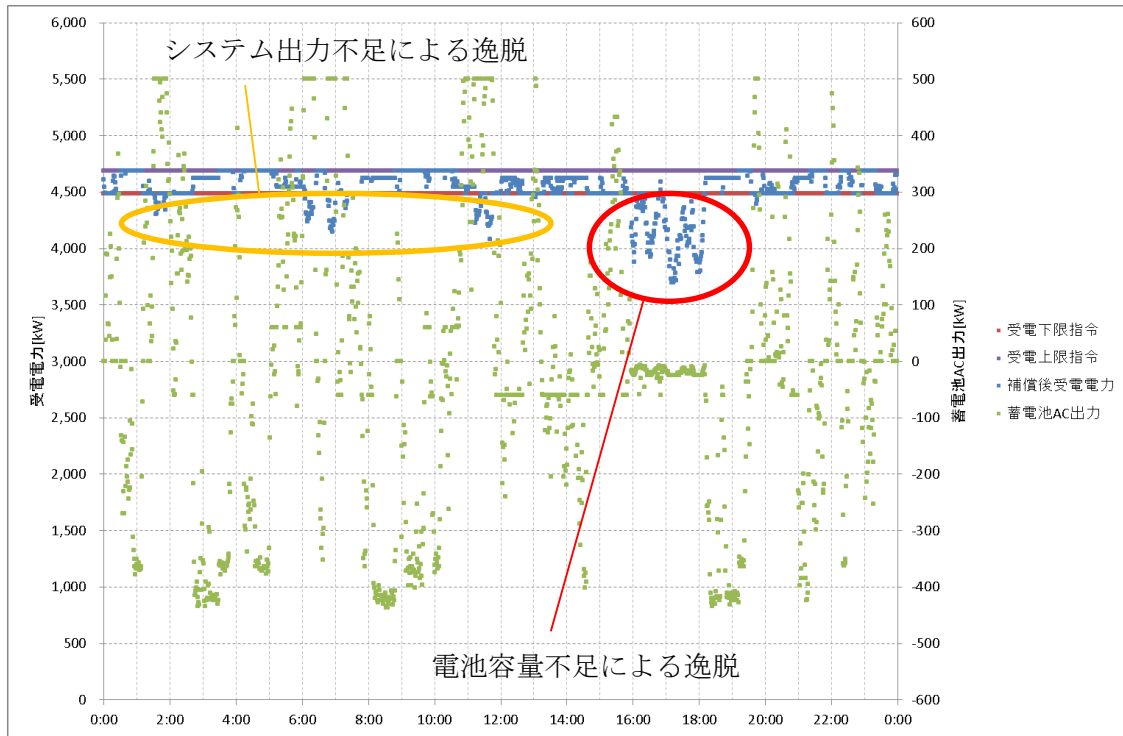


図 4. 5 (a). 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池 AC 出力(リチウムイオン電池)
2015 年 4 月 23 日 (2 炉運転)

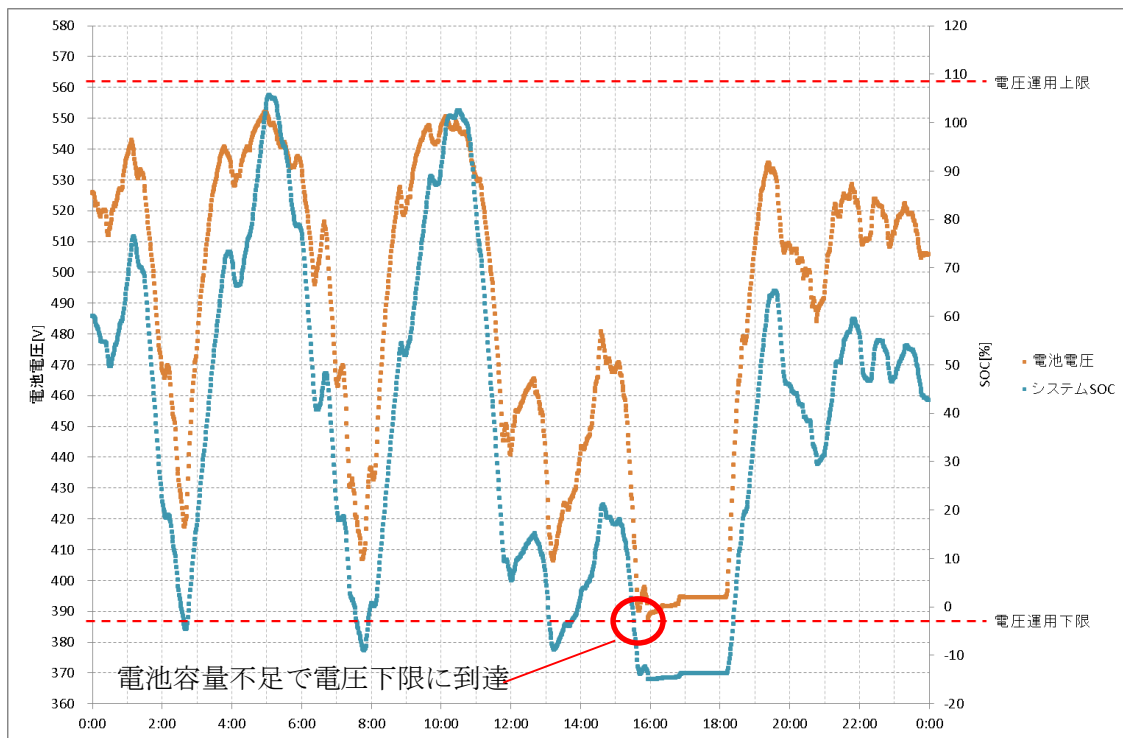


図 4. 5 (b). 運用シミュレーション例 電池電圧、システム SOC (リチウムイオン電池)
2015 年 4 月 23 日 (2 炉運転)

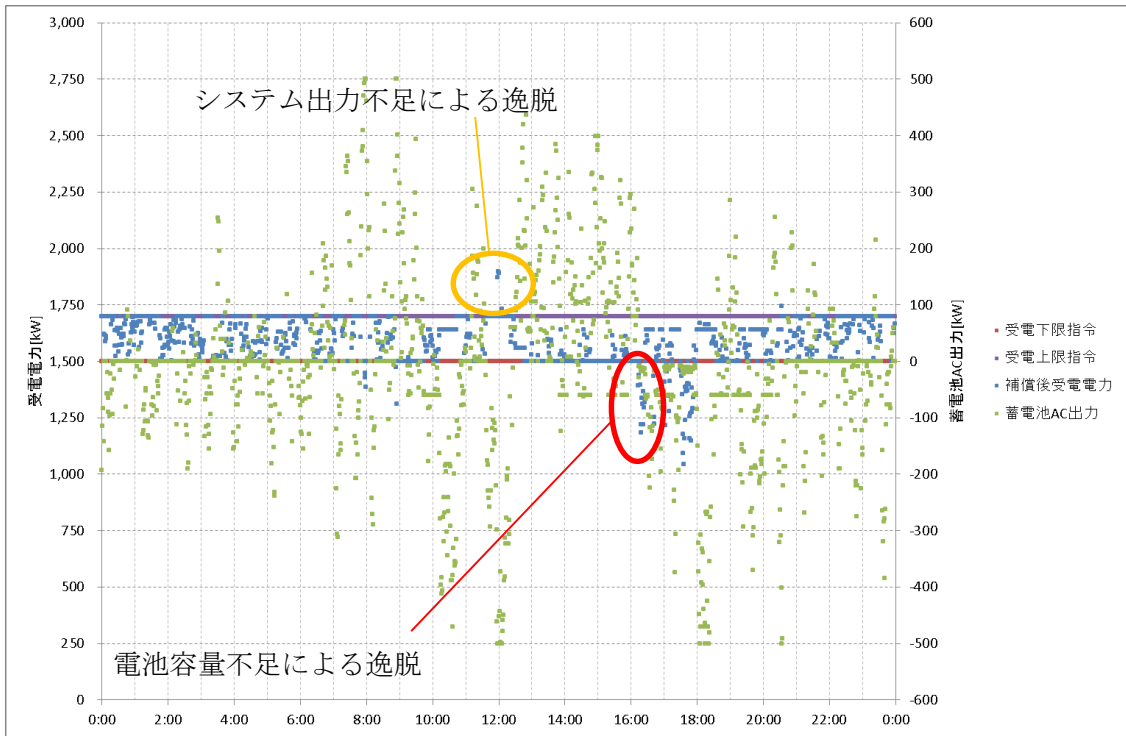


図 4. 6 (a). 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池 AC 出力(リチウムイオン電池)
2015 年 2 月 2 日 (1 炉運転)

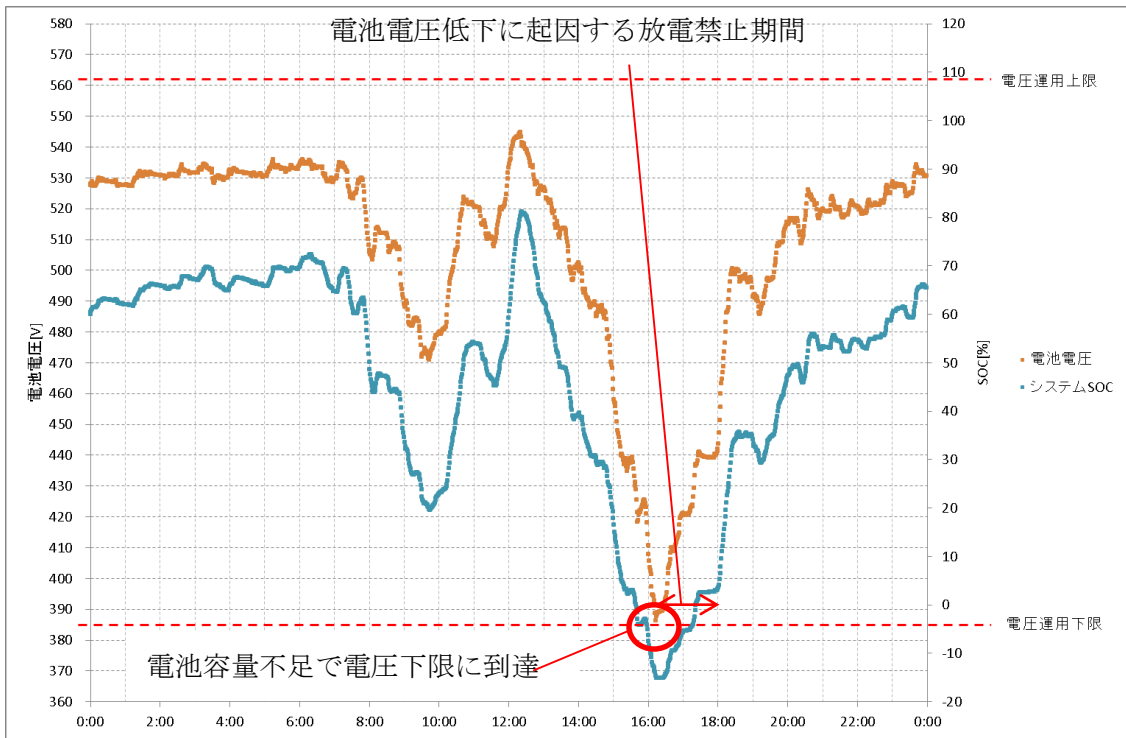


図 4. 6 (b). 運用シミュレーション例 電池電圧、システム SOC (リチウムイオン電池)
2015 年 2 月 2 日 (1 炉運転)

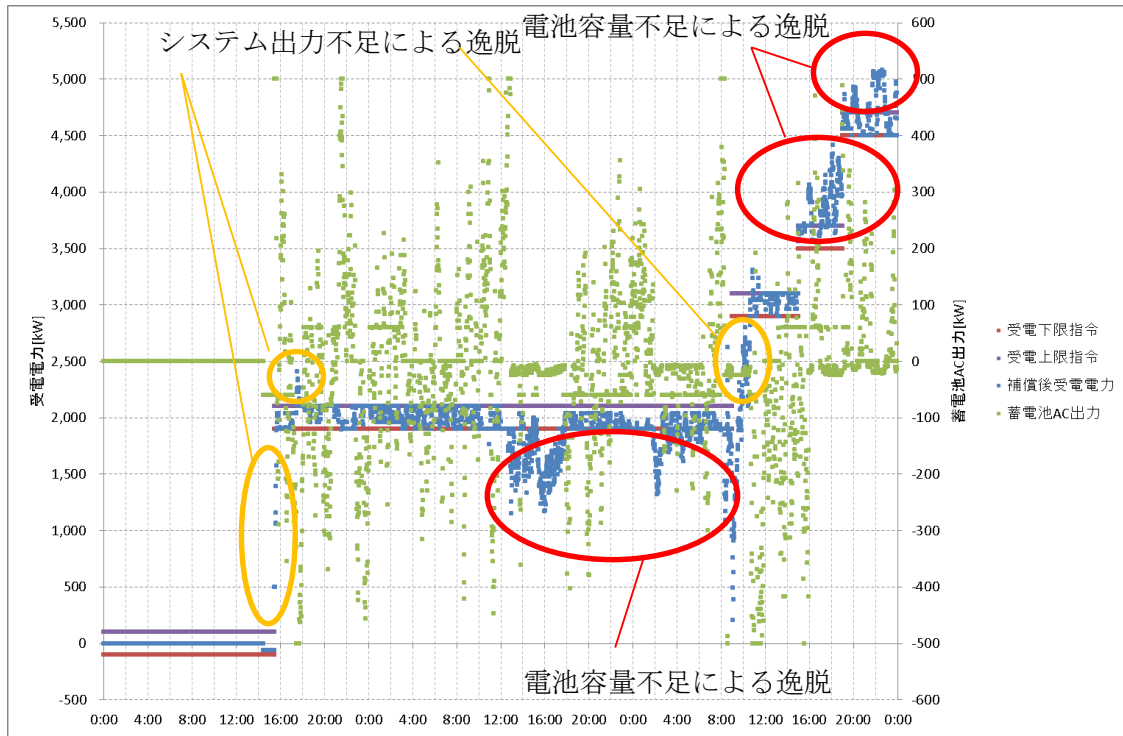


図4.7(a). 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池 AC 出力(リチウムイオン電池)
2015年10月18日~20日(立ち上げ)

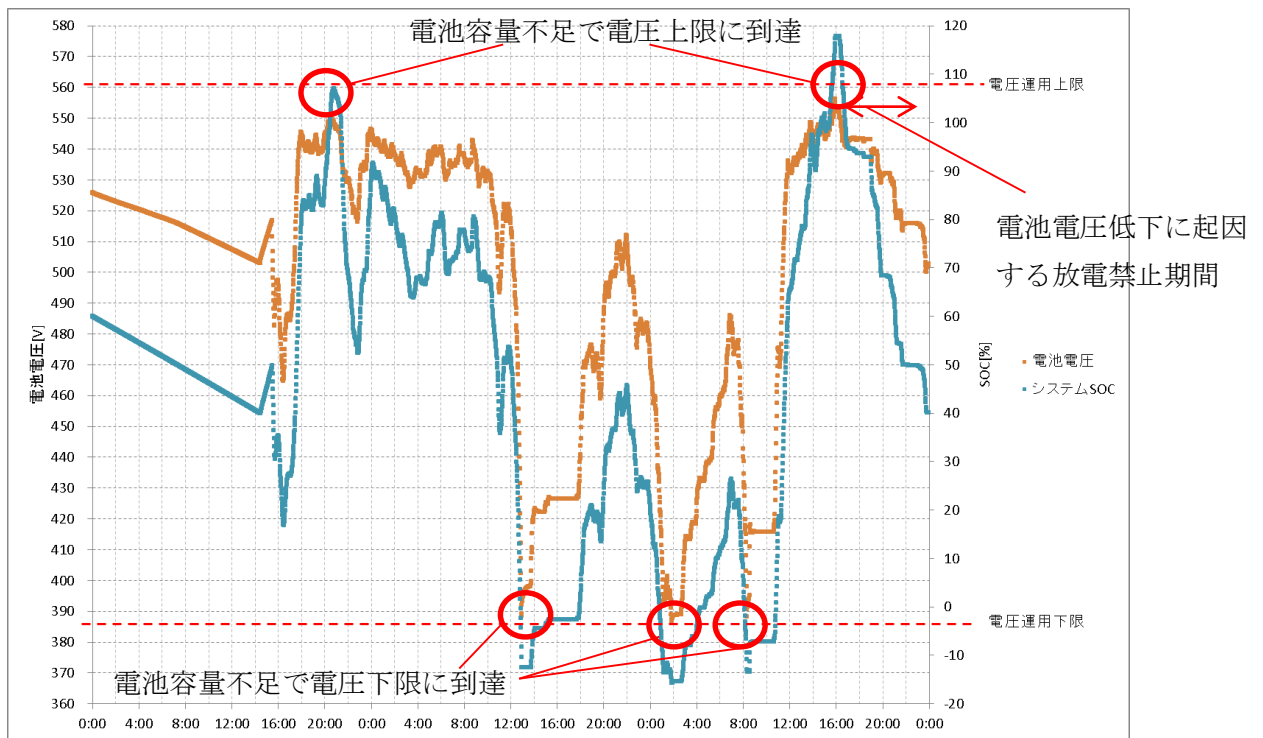


図4.7(b). 運用シミュレーション例 電池電圧、システム SOC (リチウムイオン電池)
2015年10月18日~20日(立ち上げ)

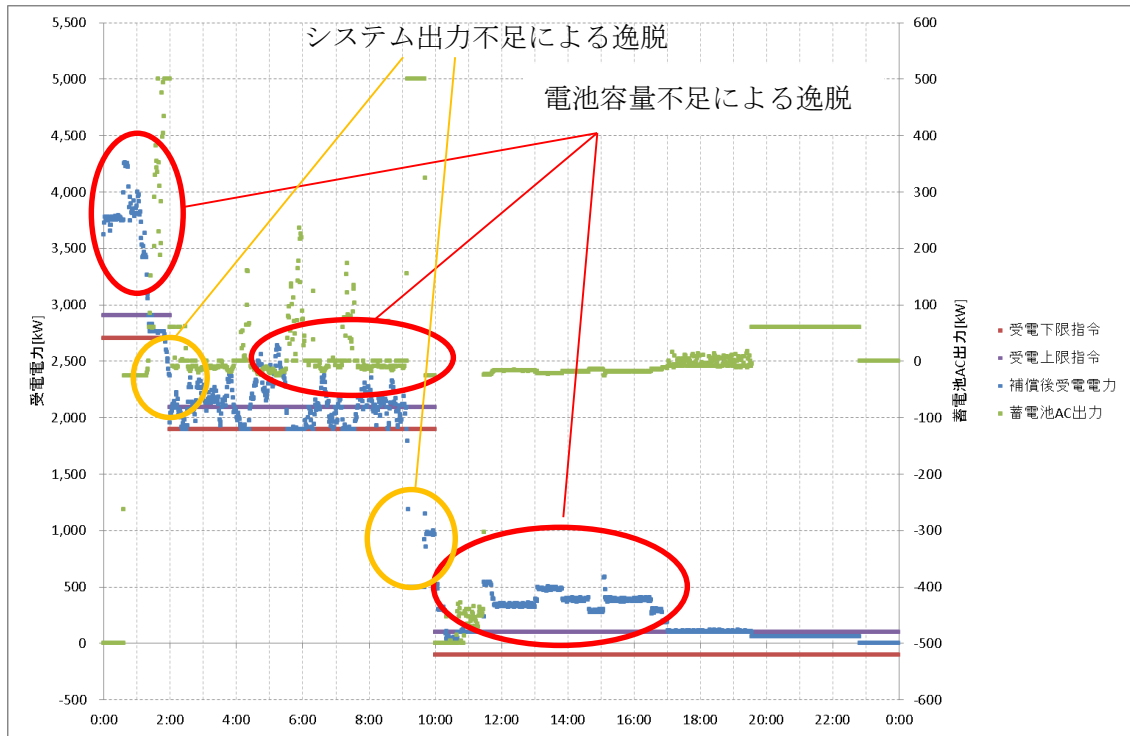


図 4. 8 (a). 運用シミュレーション例 受電電力、蓄電池 AC 出力(リチウムイオン電池)
2015 年 4 月 1 日 (立ち下げ)

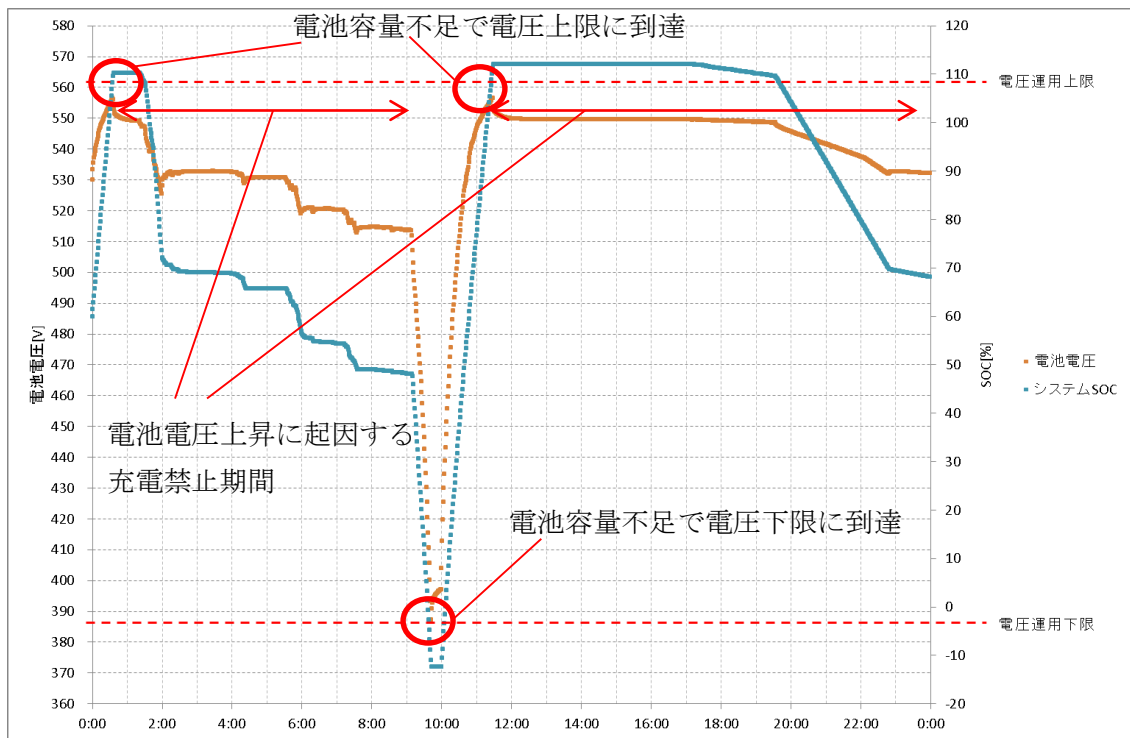


図 4. 8 (b). 運用シミュレーション例 電池電圧、システム SOC (リチウムイオン電池)
2015 年 4 月 1 日 (立ち下げ)

ここまでに示した運用シミュレーションでは、電圧運用上限に到達した場合の充電停止と電圧運用下限に到達した場合の放電停止を考慮しているが、実際の蓄電システム運用において、通常の充放電では、蓄電池の寿命を考慮した場合、SOC=0%に到達した場合も放電を禁止したほうが望ましく、逸脱はさらに増加することになる。

ここまでの検討より表4. 1に示す指令値 P_s で運用した場合に、鉛電池を適用した時は年間の逸脱時間比が 8.8%となり、2. 5節で示した運用に比べて約 6.7 倍。リチウムイオン電池を適用した時は年間の逸脱時間比が 14.5%となり、2. 6節で示した運用に比べて約 17.0 倍になると試算される。