

2. 2. 5 200kW、2000kW 級発電/蓄電/充電システムの検討結果

1) 太陽光発電システム構成

系統連系タイプのシステム基本動作は次の通りである。

- ・ 昼間：太陽電池で発電した電力は、交流負荷に供給され、余剰電力は、系統を通じて売電することが可能である。
- ・ 夜間：系統より供給される電力を用いて、交流負荷の運転、ならびに充電式農機具への充電を行う。

①200kW 系統連系タイプ

図 2. 2. 5-1 に 200kW 系統連系タイプのシステム構成図を示す。

年間を通じて太陽電池の予想発電量を下回らない負荷電力量モードを検討した。

負荷電力量と太陽電池発電量の月別推移（日平均）を図 2. 2. 5-3 に示す。

AC	ビニールハウス	容量(0.21ha 相当分)	37kW (負荷合計)
		一日あたり利用時間	機器、季節によって変動 (詳細は表 2.2.5-1 に記載)
DC	運搬機	容量	2kW
		台数	5 台
		一日あたり利用時間	6 時間
	草刈機	容量	4.5kW
		台数	1 台
		一日あたり利用時間	4 時間/日(4~9月) 2 時間/日(1~3月、10~12月)

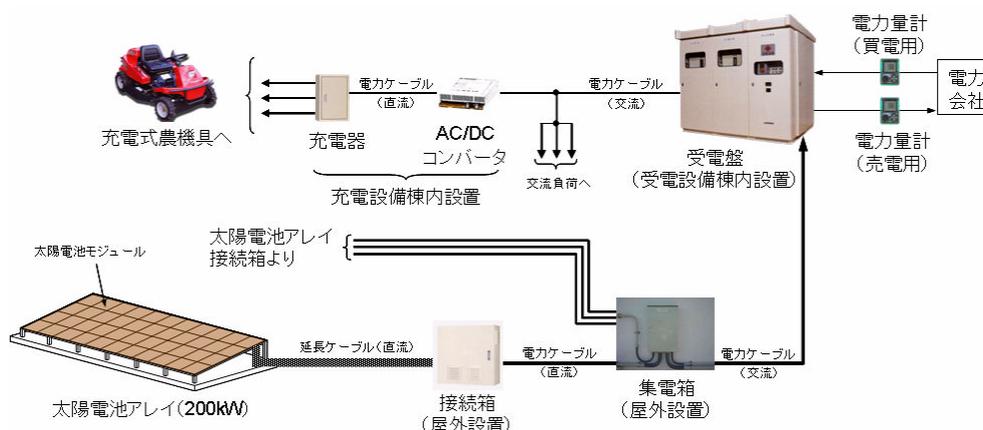


図 2. 2. 5 - 1 太陽光発電システム構成図 (200kW) [系統連系型]

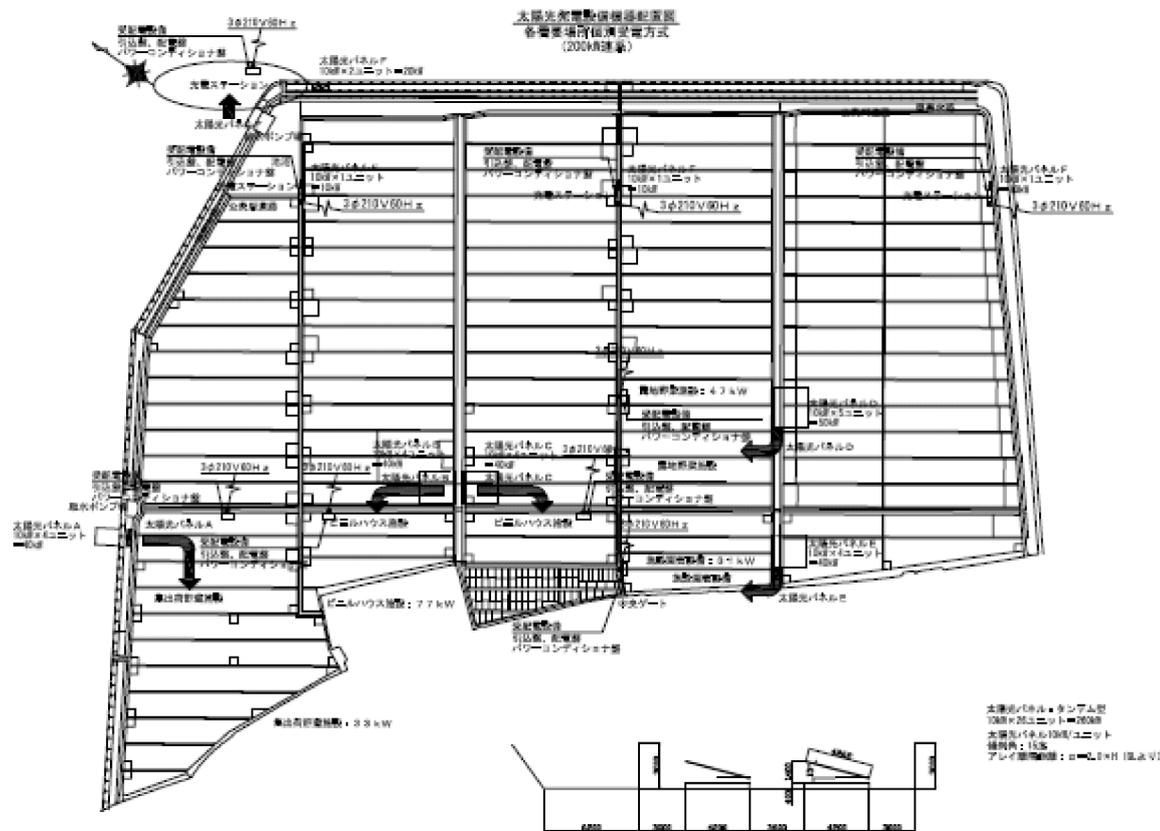


図 2. 2. 5-2 200kW 系統連系システム全体配置図

この負荷モードでの、太陽電池による予想発電量と、消費電力量は次の通りとなった。

- ・ 予想発電量：216,201 kWh
- ・ 消費電力量：95,572 kWh

表 2. 2. 5-1 交流負荷電力量 (200kW 系統連系、日平均)

ビニルハウス負荷	2ha		0.21ha換算		一日当たり 利用時間	月											
	kW	kW	kW	kW		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
灌漑	17	1.7	8	13.9	13.9	13.9	13.9				13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	
細霧	26	2.7	3			8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2					
換気扇	30	3.2	6								18.9	18.9	18.9				
カーテン	8	0.8	1			0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
谷自動	3	0.3	2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
サイト開閉	2	0.3	0.5				0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
循環扇1	10	1.0	4			4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0				
暖房	100	10.5	16	168.0	168.0	168.0	168.0								168.0	168.0	
循環扇2	8	0.9	24	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	
電照装置	144	15.1	4	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	
計	348	37		263.7	263.7	264.5	276.9	95.0	95.0	127.8	127.8	127.8	96.5	264.5	264.5		

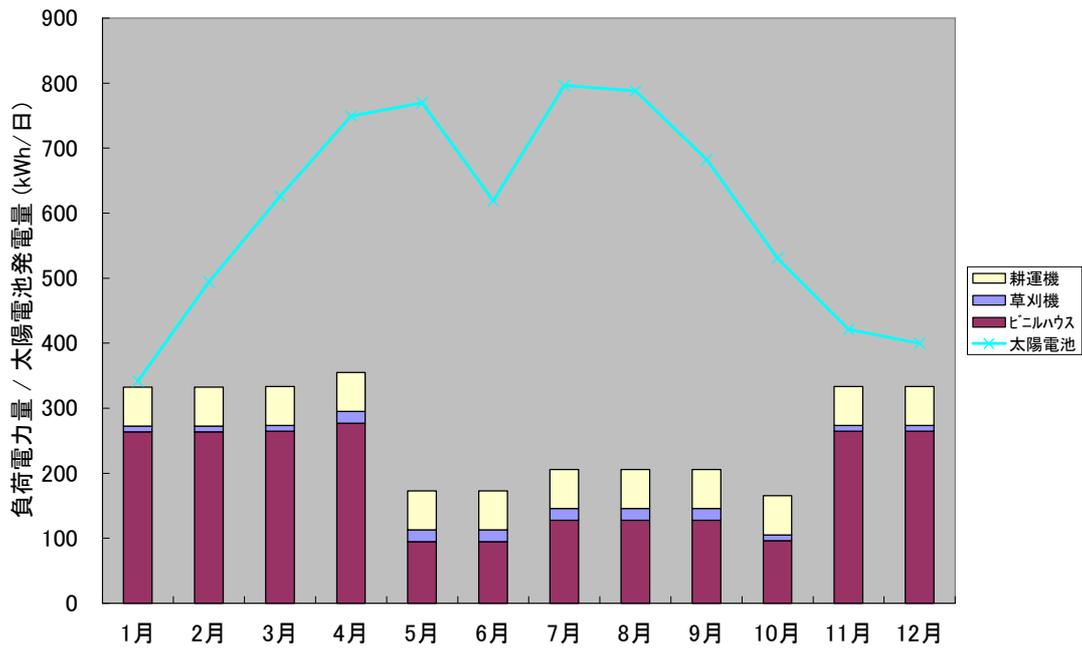
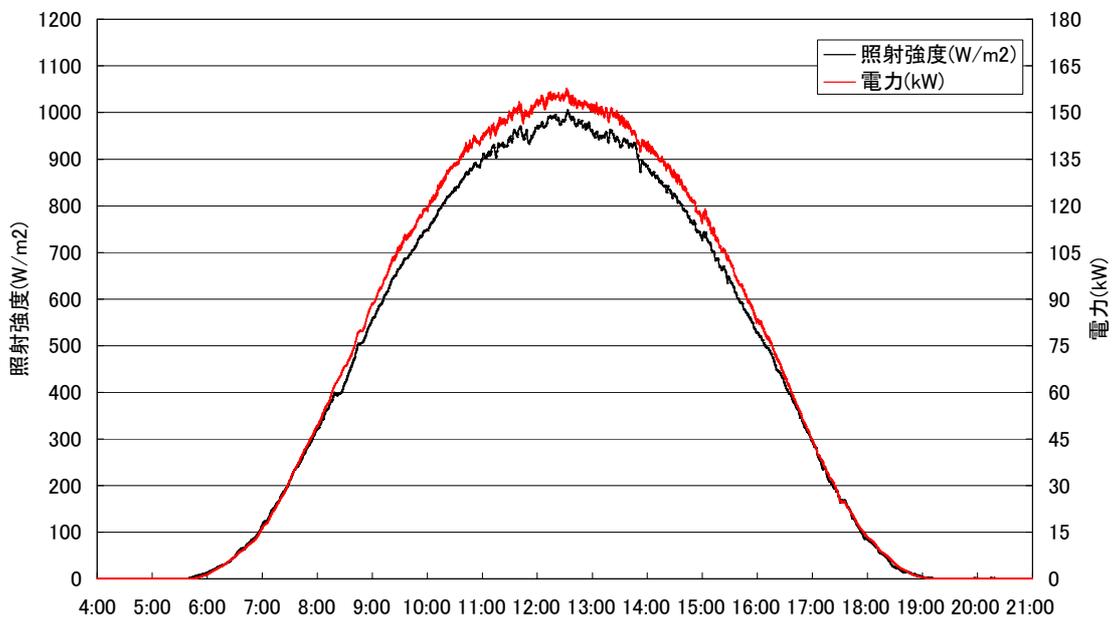


図 2. 2. 5-3 負荷電力量と太陽電池発電量の月別推移 (200kW 系統連系、日平均)



<典型的な1日の発電推移>

②2000kW 系統連系タイプ

図 2. 2. 5-4 に 2000kW 系統連系タイプのシステム構成図を示す。

2000kW 系統連系タイプでは、交流負荷 3ha 分を想定し、負荷電力量モードを検討した。負荷電力量と太陽電池発電量の月別推移（日平均）を図 2. 2. 5-6 に示す。

AC	ビニールハウス	容量(3ha 相当分)	497kW (負荷合計)
		一日あたり利用時間	機器、季節によって変動 (詳細は表 2.2.5-2 に記載)
	低温倉庫	容量	153kW (負荷合計)
		一日あたり利用時間	機器、季節によって変動 (詳細は表 2.2.5-2 に記載)
DC	運搬機	容量	2kW
		台数	20 台
		一日あたり利用時間	6 時間
	草刈機	容量	4.5kW
		台数	10 台(4~9 月) 3 台(1~3 月、10~12 月)
		一日あたり利用時間	4 時間/日(4~9 月) 2 時間/日(1~3 月、10~12 月)

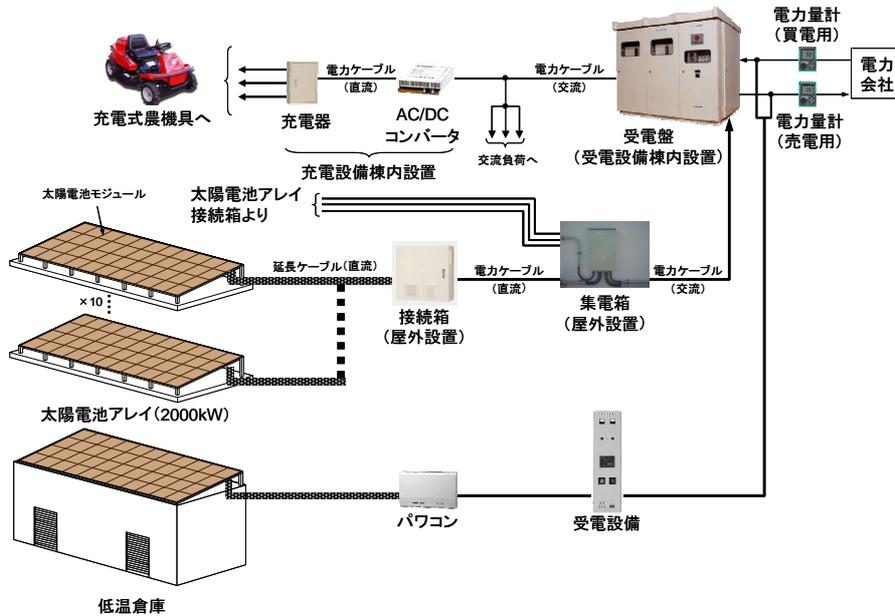


図 2. 2. 5-4 太陽光発電システム構成図 (2000kW) [系統連系型]

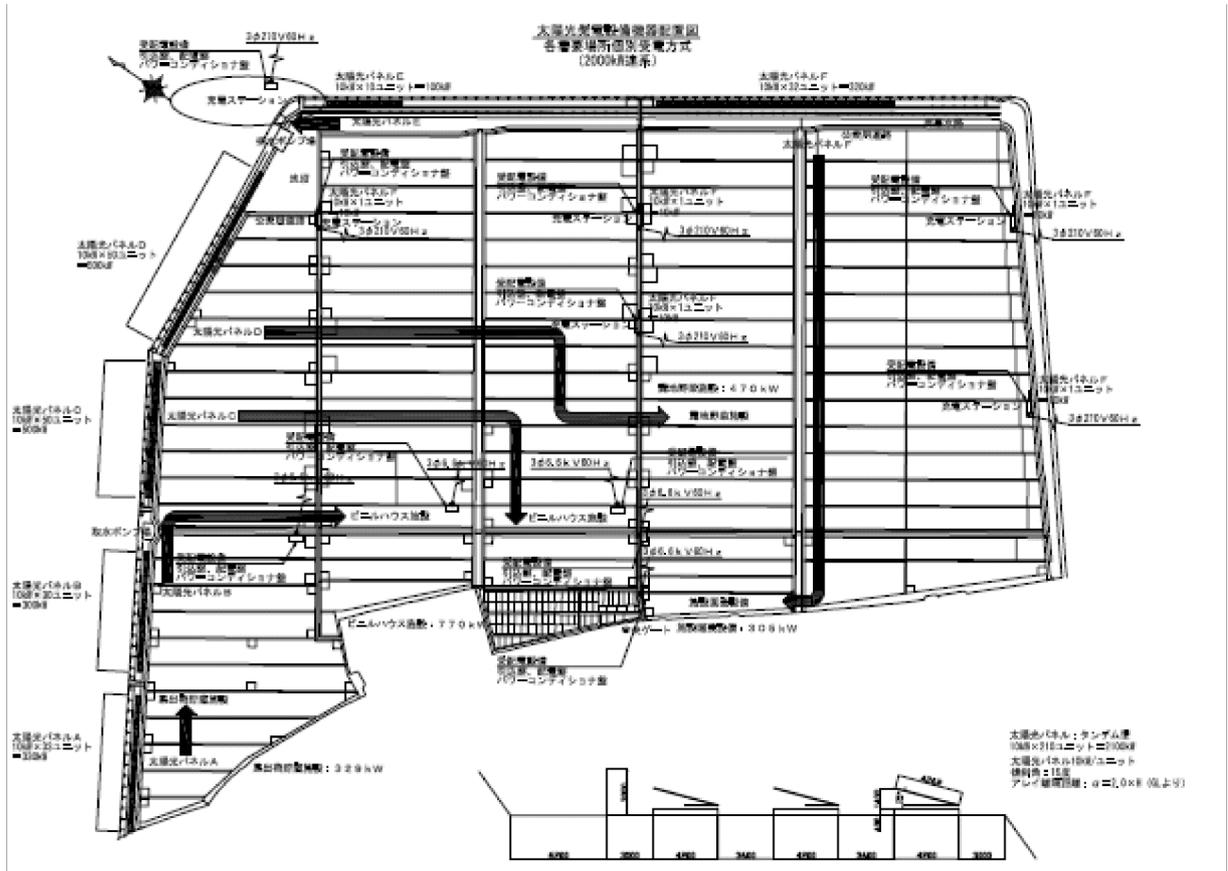


図 2. 2. 5-5 2000 kW 系統連系システム全体配置図

この負荷モードでは、年間を通じてでは太陽電池による予想発電量が消費電力量を上回るが、単月で見ると 1~3 月と 11~12 月には太陽電池による予想発電量は消費電力量を下回る結果となった。

- ・ 予想発電量：2, 198, 313 kWh
- ・ 消費電力量：1, 867, 270 kWh

表 2. 2. 5-2 交流負荷電力量 (2000kW 系統連系、日平均)

ビニルハウス負荷	2ha	3ha換算	一日当たり 利用時間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	kW	kW		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
灌水	17	24.8	8	198.0	198.0	198.0	198.0			198.0	198.0	198.0	198.0	198.0	198.0
細霧	26	39.0	3				117.0	117.0	117.0	117.0	117.0	117.0			
換気扇	30	45.0	6							270.0	270.0	270.0			
カーテン	8	12.0	1			12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
谷自動	3	4.8	2	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6
サイド開閉	2	3.6	0.5				1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8			
循環扇1	10	14.4	4				57.6	57.6	57.6	57.6	57.6	57.6			
冷房		0.0							0.0	0.0	0.0	0.0			
暖房	100	150.0	16	2400.0	2400.0	2400.0	2400.0							2400.0	2400.0
循環扇2	8	12.3	24	295.2	295.2	295.2	295.2	295.2	295.2	295.2	295.2	295.2	295.2	295.2	295.2
電照装置	144	216.0	4	864.0	864.0	864.0	864.0	864.0	864.0	864.0	864.0	864.0	864.0	864.0	864.0
計	331	497		3767	3767	3779	3955	1357	1357	1825	1825	1825	1379	3779	3779

低温倉庫	最大負荷	最小負荷	一日当たり 利用時間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	kW	kW		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
除湿機(冷却)	21	9	20	181	181	310	310	310	413	413	413	310	310	310	181
除湿機(乾燥)	41	41	20			826	826	826				826	826	826	
攪拌ファン	5	5	24	130	130	130	130	130				130	130	130	130
冷凍機	86	38	20	753	753	1,291	1,291	1,291	1,722	1,722	1,722	1,291	1,291	1,291	753
計	153	93		1,063	1,063	2,556	2,556	2,556	2,134	2,134	2,134	2,556	2,556	2,556	1,063

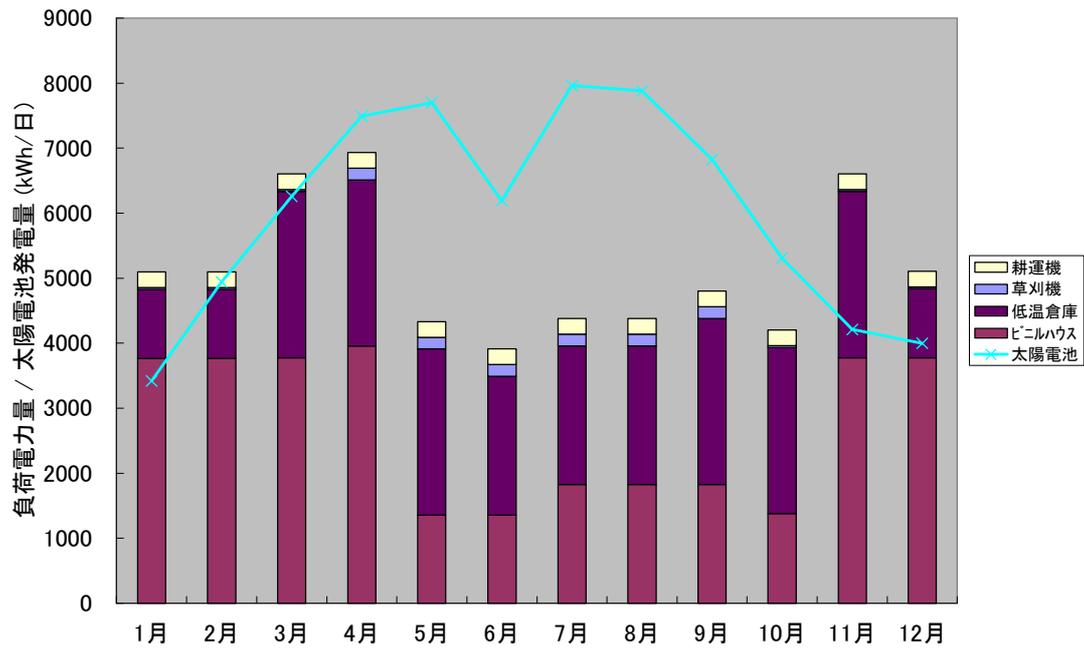
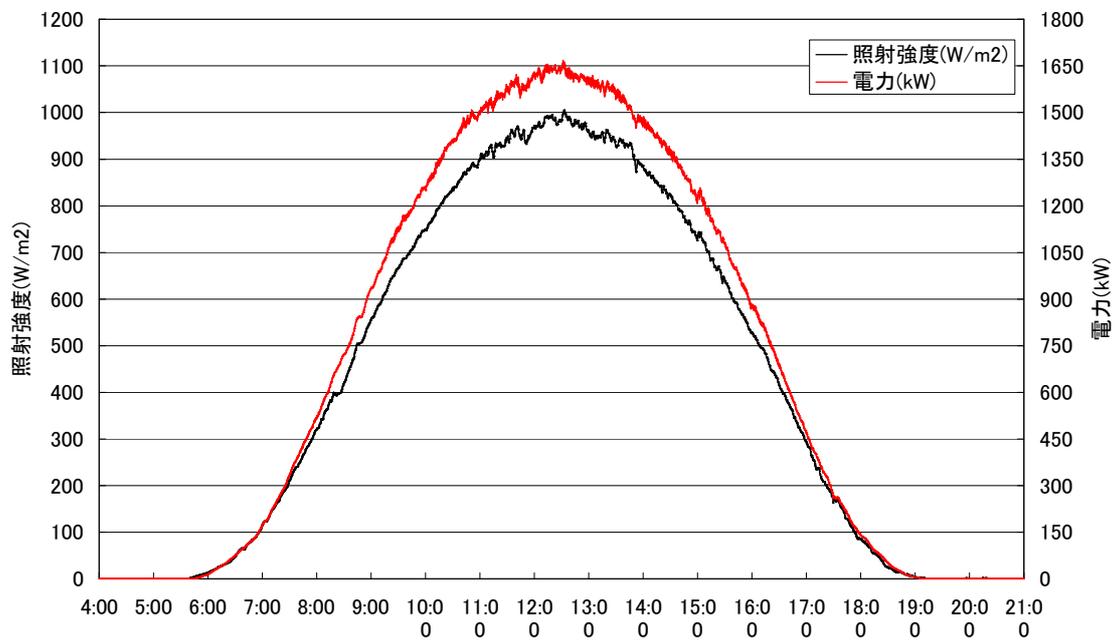


図2. 2. 5-6 負荷電力量と太陽電池発電量の月別推移 (2000kW 系統連系、日平均)



<典型的な1日の発電推移>

3) リチウム電池による蓄電池システム構成

図 2.2.5-7 に 200kW の独立電源タイプのシステム構成図を、図 2.2.5-8 に 2000kW の独立電源タイプのシステム構成図をそれぞれ示す。それぞれのシステムの違いは、基本的に太陽電池アレイおよびリチウム電池の数の違いであり、利用できる負荷の規模が異なる。

独立電源タイプはシステムの有無に依存しないため、電力線が敷設されていない僻地等でも利用可能というメリットがある。一方で、昼間の余剰電力売電と、夜間の不足電力買電はできないため、電力不足時に電力供給が期待できないことに対しては、悪天候により太陽電池からの電力供給ができない場合などを想定し、予め十分な蓄電池容量を確保しておく必要がある。

本システムの基本動作は次の通りである。

- ・ 昼間:太陽電池で発電した電力は、DC/AC 変換器を通じて交流負荷に供給されると共に、リチウム電池に貯蔵される。太陽電池が発電した余剰電力は、システムを通じて売電することができないため、リチウム電池が満充電となると、パワーコンディショナは太陽電池からの発電を抑制してしまうことから、予め十分なリチウム電池容量を確保しておくことが望ましい。
- ・ 夜間:リチウム電池に貯蔵された電力を用いて、充電式農機具への充電を行う。不日照等による太陽電池無発電時にも農機具が使用できるよう、予めバックアップを考慮したリチウム電池容量を確保する必要がある。

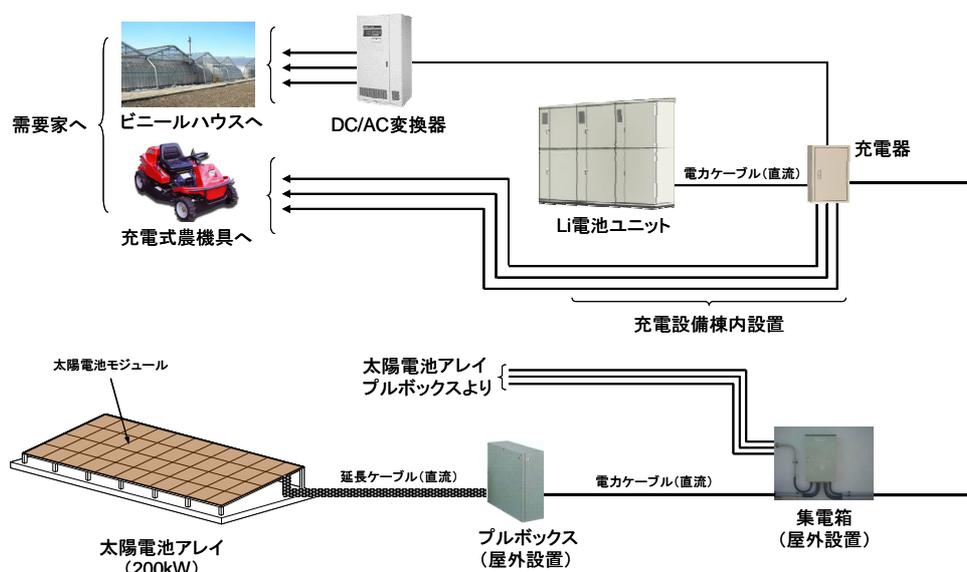


図 2. 2. 5 - 7 太陽光発電システム構成図 (200kW) [独立型]

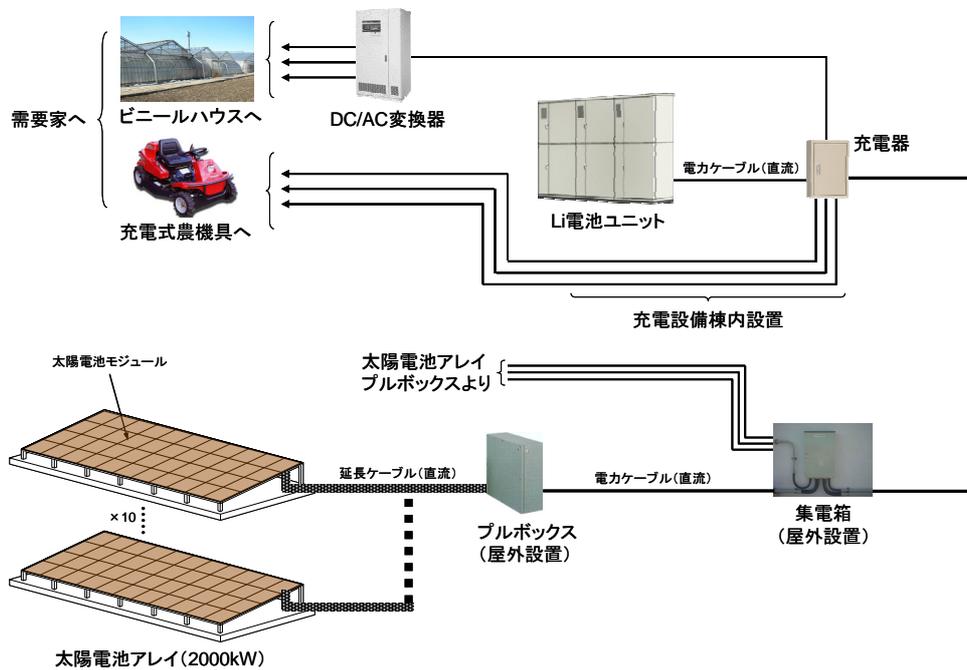


図 2. 2. 5 - 8 太陽光発電システム構成図 (2000kW) [独立型]

①リチウム電池の特徴

リチウム電池は、エネルギー密度が高い、サイクル寿命が長い急速充放電可能、メモリー効果がないといった優れた特徴を有し、主に電力貯蔵用（ピークカット等）として実用化開発が進められている二次電池である。

サイクル寿命については、1日1回の充放電を行ったとき、約10年の使用でも定格容量を確保できることを目標に開発が進められている。

現在最も普及している鉛蓄電池との比較を表 2. 2. 5-3 に示す。

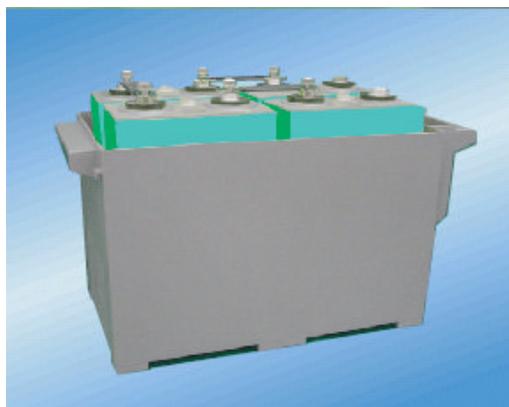


図 2. 2. 5 - 9 1.4kWh 級モジュール電池 (写真は開発中のリチウム電池モジュール)

表 2. 2. 5-3 リチウム電池と鉛蓄電池の比較

製造者		三菱重工	三菱重工	GSユアサ	HAWKER ENERGY
種別		Li電池	Li電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池
形式		P 270(単電池セル)	1.4kWh級モジュール	MSE-100-6	Genesis G70EP
一般特性	寸法(mm)	(W)116 (D)66.5 (H)175	(W)306 (D)156 (H)205	(W)128 (D)345 (H)190	(W)168 (D)331 (H)176
	重量(kg)	2.87	13	22.5	24.3
	公称電圧(V)	3.9	15.6	6	12
	定格容量(Ah)	88 (8時間率)	88 (8時間率)	100 (10時間率)	70 (10時間率)
	定格容量(W)	340	1373	600	840
	体積エネルギー密度(Wh/L)	254	140	72	82
	重量エネルギー密度(Wh/kg)	120	106	27	33
充放電特性	充電終止電圧(V)	4.15	16.6	6.4(浮動充電電圧)	(カタログデータなし)
	放電終止電圧(V)	3.1	12.4	5.4	
	サイクル寿命 (放電深度)	3600サイクル (放電深度100%*1)	3600サイクル (放電深度100%*1)	1000サイクル (放電深度50%)	
	充電方式	定電圧、定電流	定電圧、定電流	定電圧	

*1 リチウム電池の放電深度は開発目標

②充放電レート特性と実質的な容量変化

蓄電池の利用時に特に注意すべきは、充放電レート特性である。

充放電レートが大きくなると、電池セルの内部抵抗による電圧降下により、電池の電圧が低下する。充電終止電圧を超えたり、放電終止電圧を下回ったりすると電池にダメージを与えるため、これら電圧範囲内での充放電を行う必要がある。また、充放電レートが大きい場合、実質的な充放電量は定格に対して減少してしまう。

リチウム電池のレート特性を図 2. 2. 5-10 に示す。1C とは容量アンペアを 1 時間で充放電することを指す。リチウム電池の定格容量は電力貯蔵用電池の測定標準である 8 時間率 (C/8) で算定されており、8 時間での充放電時に容量の 100% が利用可能な設計となっている。

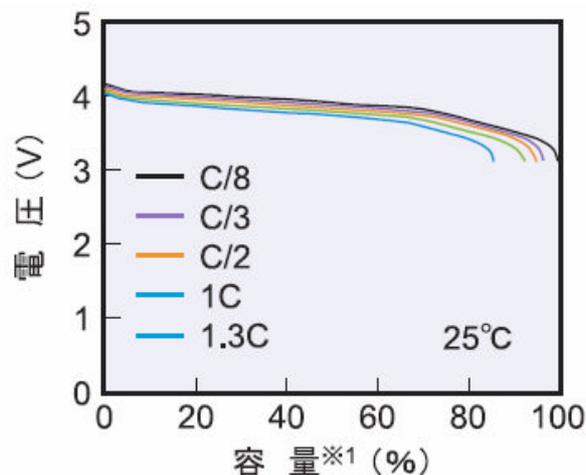
本検討のシステムにおいては、以下に述べるように、充電時と放電時とで利用できる実質的な蓄電池容量が変化することに注意を要する。

i) 充電時 (昼間のみ)

リチウム電池への充電は、太陽電池が発電可能な日中にしか行えない。天候にもよるが、充電可能時間は 2~5 時間、平均的には南中時を含んだ 3 時間程度である。3 時間で充電 (C/3) を行う場合、充電残量ゼロからの充電については定格容量の約 96% までの充電となる。

ii) 放電時（夜間のみ、AC 負荷への電力供給および農機バッテリーへの充電）

リチウム電池からの放電は、太陽電池が発電不可能な日の入から日の出までの間に 8 時間 (C/8)で行うとき、充電量のほぼ 100%の放電が可能である。8 時間以上で放電しても取り出せる電力量はほとんど変わらない。



※1 C/8における放電容量を100%とした場合の比容量

図 2. 2. 5 - 1 0 リチウム電池のレート特性

③蓄電池容量推算

(1) 前提条件

今回推算の前提条件を以下に示す。

<200kW 独立電源システム>

i) 負荷部仕様

200kW システムについては、系統連系システムと同一仕様とし、年間を通じて太陽電池の予想発電量は負荷電力量を下回らないとした。

2000kW システムについては、直流負荷のみ 2000kW 系統連系システムと同一とし、交流負荷については 200kW 独立電源システムの 10 倍規模の 2.1ha を利用可能とした。このモードでは、年間を通じて太陽電池の予想発電量は負荷電力量を下回らない。

AC	ビニールハウス	容量(2.1ha 相当分)	348kW (負荷合計)
		一日あたり利用時間	機器、季節によって変動 (詳細は表 2.2.5-4 に記載)
DC	運搬機	容量	2kW
		台数	20 台
		一日あたり利用時間	6 時間
	草刈機	容量	4.5kW
		台数	10 台(4~9 月) 3 台(1~3 月、10~12 月)
		一日あたり利用時間	4 時間/日(4~9 月) 2 時間/日(1~3 月、10~12 月)

ii) 蓄電池部仕様

リチウム電池	公称電圧	15.6V
	定格容量(8 時間率)	88Ah 1.37kW
	直列接続数	3 直列 (システム電圧 48V)
	放電深度	90% (実運転では 90%の放電深度で利用するとした)
	保守率 (寿命末期における容量率)	100% (寿命まで 100%の定格容量を確保できるとした)
	昼間充電・夜間放電による 実容量減少	4%
充電器	充放電制御効率	98%
DC/AC 変換機	DC/AC 変換効率	85%

表 2. 2. 5-4 交流負荷電力量 (2000kW 独立電源、日平均)

ビニルハウス負荷	2ha	2.1ha換算	一日当たり 利用時間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	kW	kW		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
灌水	17	17.3	8	138.6	138.6	138.6	138.6			138.6	138.6	138.6	138.6	138.6	138.6
細霧	26	27.3	3				81.9	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9			
換気扇	30	31.5	6							189.0	189.0	189.0			
カーテン	8	8.4	1			8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
谷自動	3	3.4	2	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7
サイト開閉	2	2.5	0.5				1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3			
循環扇1	10	10.1	4				40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3			
冷房		0.0							0.0	0.0	0.0	0.0			
暖房	100	105.0	16	1680.0	1680.0	1680.0	1680.0							1680.0	1680.0
循環扇2	8	8.6	24	206.6	206.6	206.6	206.6	206.6	206.6	206.6	206.6	206.6	206.6	206.6	206.6
電照装置	144	151.2	4	604.8	604.8	604.8	604.8	604.8	604.8	604.8	604.8	604.8	604.8	604.8	604.8
計	331	348		2637	2637	2645	2769	950	950	1278	1278	1278	965	2645	2645

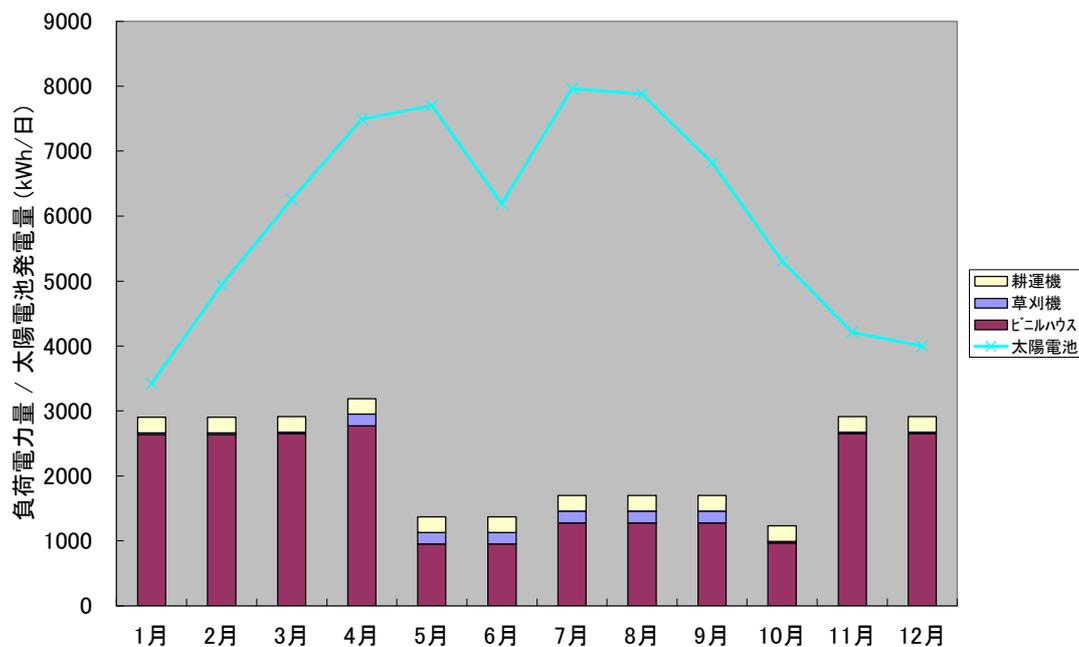


図 2. 2. 5-1 1 負荷電力量と太陽電池発電量の月別推移 (2000kW 独立電源、日平均)

(2) 推算結果

本検討システムにおける負荷電力消費および太陽電池による電力供給は、次のようなモードにて運用される。

・ 夏季 (4~9月)

ビニールハウスの暖房が弱いまたは不要なため、AC 電力の消費量が小さくなる。一方で、太陽電池の発電量は増加するため、発電過剰となる。

→余剰の発電電力はリチウム電池に充電する。

- ・ 冬季（1～3月、10～12月）

ビニールハウスの暖房が必要で、AC 電力の消費量が大きい。一方で、太陽電池の発電量は減少し、特に1月、12月においては電力需要をわずかに上回る程度の発電量しか得られない。

→不日照においては、夏季に充電した電力を利用する。

このモードを元に、太陽電池による日平均発電量を全てリチウム電池に充電することとし、システム不日照日数を4日間と設定したときに必要なリチウム電池の容量は、次の通り算出された。（システム不日照日数とは、太陽電池からの電力供給がゼロになってもシステム運転が可能な日数を表す。）

- ・ 200kW 独立電源システム：3,066kWh（1.37kW モジュール 2238 台）

- ・ 2000kW 独立電源システム：30,660kWh（1.37kW モジュール 22380 台）

本システムでは、リチウム電池の「深い放電深度でも長いサイクル寿命」という特長を生かして放電深度を90%として計算した。しかし一方で、晴天時には25%前後の放電深度での運転となることが予想される。このように浅い放電深度で運用した場合、サイクル寿命は更に延びることが期待される。（但し、リチウム電池は未だ開発段階であり、浅い放電深度におけるサイクル寿命に関するデータは未だ取得されていない。）

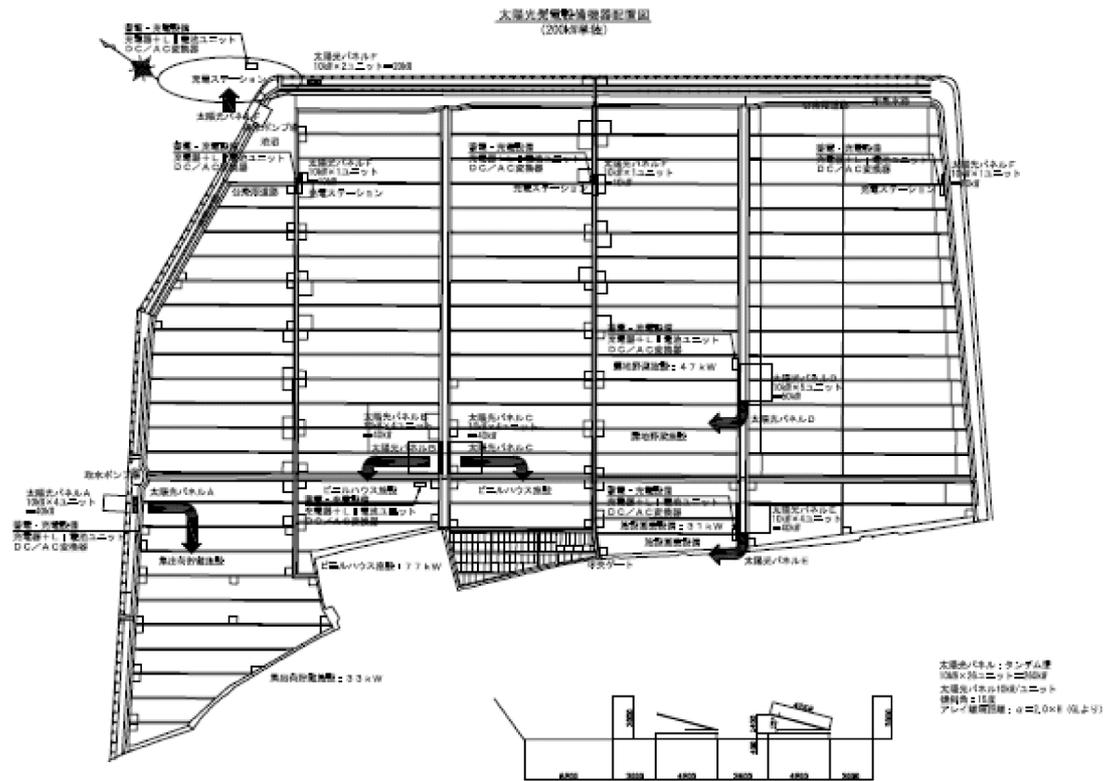


図 2. 2. 5-12 200kW 蓄電池システム全体配置図

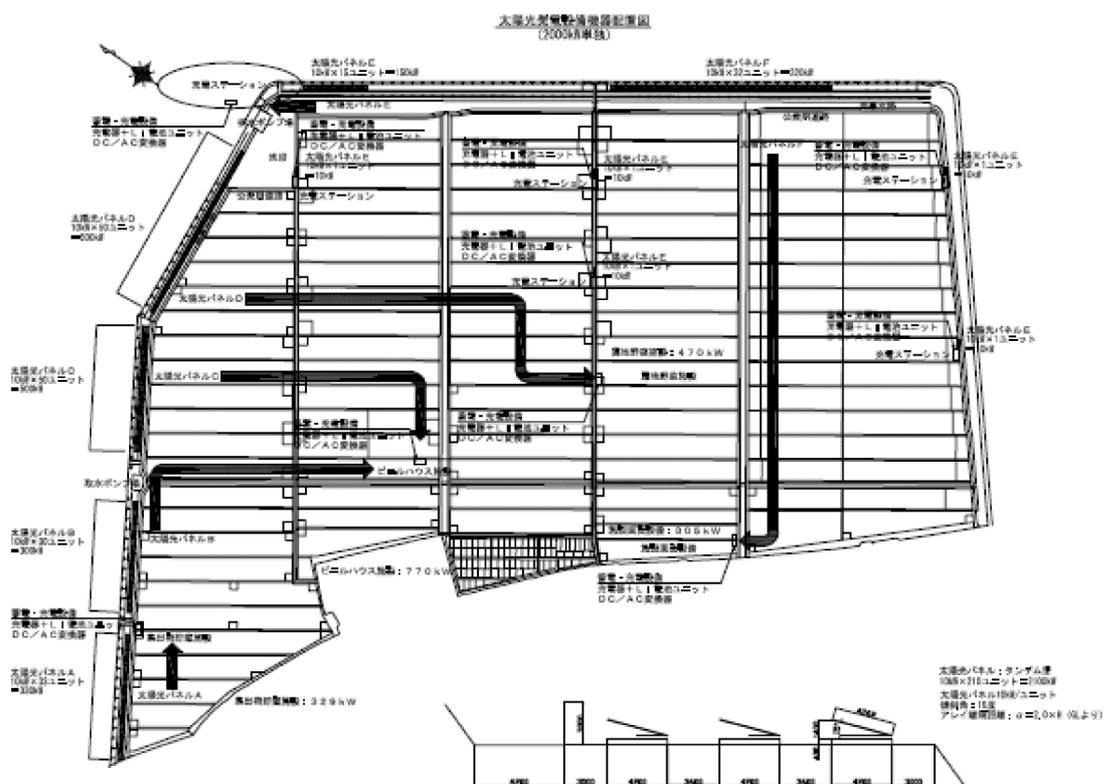


図 2. 2. 5-13 2000kW 蓄電池システム全体配置図