２．２循環型次世代農業の検討結果

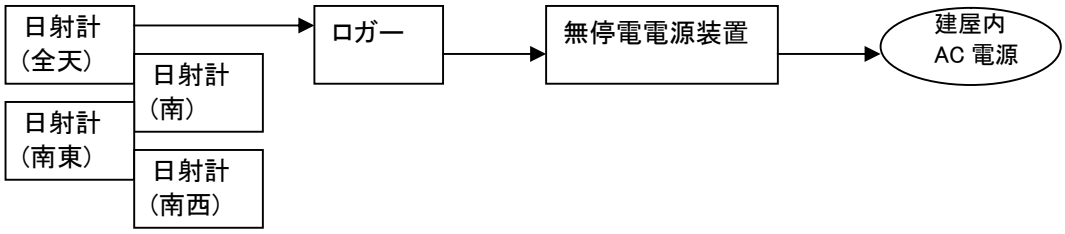
２．２．１日射量と風速の実態調査及び発電量シミュレーション結果

１）日射量の実態調査

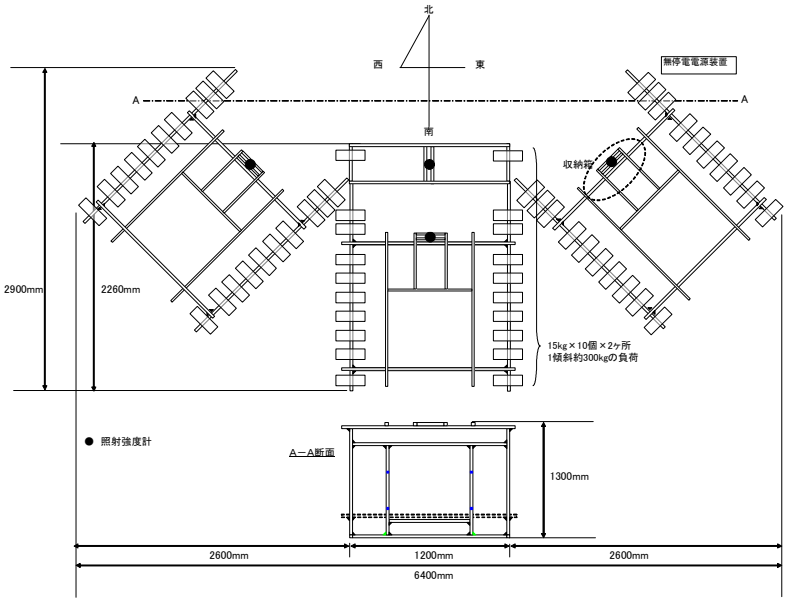
①計測装置

（１）構成機器

- 日射計：英弘精機　全天日射計　MS-601　4 台
- ロガー：キーエンス　NR-1000　1 台
- 無停電電源装置：ユタカ電機　UPS310HS　1 台



（２）装置図



（３）計測内容

方位：全天、南、南東、南西

傾斜：全天は水平、他は 30 度

期間：2008 年 2 月 16 日～2008 年 3 月 16 日の 31 日間

計測：計測期間中 3:00～21:00 を 5 秒ピッチで計測

②計測結果

表２．２．１－１　現地計測における日射量計測結果

	全天日射量	南日射量	南東日射量	南西日射量
	(kWh/m^2・day)			
2008/2/16	5.16	7.23	6.24	6.53
2008/2/17	4.59	6.01	5.16	5.61
2008/2/18	4.96	6.84	6.05	6.03
2008/2/19	4.78	6.43	5.40	6.06
2008/2/20	4.47	5.79	5.13	5.28
2008/2/21	4.93	6.50	5.81	5.85
2008/2/22	1.59	1.55	1.56	1.46
2008/2/23	4.34	5.55	5.05	4.93
2008/2/24	2.63	2.90	2.61	2.86
2008/2/25	4.54	5.81	5.61	4.85
2008/2/26	0.50	0.44	0.42	0.46
2008/2/27	5.21	6.73	5.67	6.39
2008/2/28	5.31	6.89	6.07	6.39
2008/2/29	2.50	2.79	2.69	2.53
2008/3/1	5.56	7.27	6.49	6.59
2008/3/2	4.24	5.10	4.65	4.73
2008/3/3	2.89	3.15	2.81	3.13
2008/3/4	2.31	2.56	2.54	2.31
2008/3/5	2.89	3.37	3.52	2.72
2008/3/6	4.62	5.64	5.28	5.04
2008/3/7	5.11	6.21	5.86	5.53
2008/3/8	5.64	7.04	6.15	6.53
2008/3/9	0.60	0.56	0.52	0.56
2008/3/10	5.85	7.18	6.53	6.65
2008/3/11	5.65	6.95	6.24	6.47
2008/3/12	5.46	6.63	5.83	6.34
2008/3/13	4.61	5.33	5.08	4.83
2008/3/14	2.94	3.16	2.69	3.27
2008/3/15	6.23	7.64	6.95	7.04
2008/3/16	4.51	5.25	5.37	4.40
2008/2/16～2008/3/16 合計	124.6	154.5	140.0	141.4

③年間日射量推算

（１）推算手法

今回採取した、実測で得られたデータ（全天、南 30 度、南東 30 度、南西 30 度、2008 年 2 月 16 日～3 月 16 日）を元に、同場所で年間に得られる日射量（全点、南 15 度、南東 15 度、南西 15 度）を以下の Step で推算する。

Step１　気象庁発表(長崎)と実測データの比率推算

実測データから、実測場所の年間に得られる日射量を推算するにおいて、気象庁発表(長崎)の同時期のデータと比較し、気象庁発表(長崎)に対する、実測値の比率を推算する。

諫早 実測 全天日射量/気象庁 長崎 全天日射量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・①
諫早 実測 南 30 度/諫早 実測 全天日射量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・②
諫早 実測 南東 30 度/諫早 実測 全天日射量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・③
諫早 実測 南西 30 度/諫早 実測 全天日射量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・④

Step２　長崎と諫早湾干拓地の角度の影響度合い

実測データと太陽光発電システム標準設計支援ツールによるデータから、長崎と諫早湾干拓地の角度の影響度合いを評価した結果、データのバラツキが大きく、今回の試算（補正）には不採用とした。

Step３　太陽光発電システム標準設計支援ツールを使用し、長崎の平年値を算出

長崎 平年 南 15 度・・・・・・・・・・・・・・・・⑤
長崎 平年 南東 15 度・・・・・・・・・・・・・・・⑥
長崎 平年 南西 15 度・・・・・・・・・・・・・・・⑦

Step４　平年値への乗算

以上で得られた結果を元に、気象庁発表の平年値を乗算することで、計測場所での各値を推算する。

①×⑤・・・・・・・計測場所での南 15 度の年間日射量を推算
①×⑥・・・・・・・計測場所での南東 15 度の年間日射量を推算
①×⑦・・・・・・・計測場所での南西 15 度の年間日射量を推算

（２）推算

Step１　気象庁発表(長崎)と実測データの比率推算

今回採取した実測データと、気象庁発表(長崎)のデータを下表に示す。

表２．２．１－２　現地計測における日射量計測と気象庁発表(長崎)日射量

	諫早実測値				気象庁発表(長崎)
	全天	南	南東	南西	全天
	(kWh/m^2)				
2008/2/16	5.16	7.23	6.24	6.53	4.00
2008/2/17	4.59	6.01	5.16	5.61	3.08
2008/2/18	4.96	6.84	6.05	6.03	4.86
2008/2/19	4.78	6.43	5.40	6.06	4.44
2008/2/20	4.47	5.79	5.13	5.28	3.89
2008/2/21	4.93	6.50	5.81	5.85	4.92
2008/2/22	1.59	1.55	1.56	1.46	1.44
2008/2/23	4.34	5.55	5.05	4.93	4.33
2008/2/24	2.63	2.90	2.61	2.86	2.83
2008/2/25	4.54	5.81	5.61	4.85	3.67
2008/2/26	0.50	0.44	0.42	0.46	0.56
2008/2/27	5.21	6.73	5.67	6.39	5.14
2008/2/28	5.31	6.89	6.07	6.39	5.56
2008/2/29	2.50	2.79	2.69	2.53	2.58
2008/3/1	5.56	7.27	6.49	6.59	5.11
2008/3/2	4.24	5.10	4.65	4.73	3.86
2008/3/3	2.89	3.15	2.81	3.13	2.94
2008/3/4	2.31	2.56	2.54	2.31	2.25
2008/3/5	2.89	3.37	3.52	2.72	4.00
2008/3/6	4.62	5.64	5.28	5.04	4.97
2008/3/7	5.11	6.21	5.86	5.53	5.47
2008/3/8	5.64	7.04	6.15	6.53	5.50
2008/3/9	0.60	0.56	0.52	0.56	0.94
2008/3/10	5.85	7.18	6.53	6.65	5.67
2008/3/11	5.65	6.95	6.24	6.47	5.53
2008/3/12	5.46	6.63	5.83	6.34	5.39
2008/3/13	4.61	5.33	5.08	4.83	4.47
2008/3/14	2.94	3.16	2.69	3.27	4.39
2008/3/15	6.23	7.64	6.95	7.04	6.22
2008/3/16	4.51	5.25	5.37	4.40	4.36
2008/2/16～3/16 合計	124.6	154.5	140.0	141.4	122.4

諫早　実測　全天日射量　/気象庁　長崎　全天日射量・・・・・・・・・・・・・①

124.6/122.4＝1.018

諫早　実測　南　30 度/諫早　実測　全天日射量・・・・・・・・・・・・・・・・②

154.5/124.6＝1.240

諫早　実測　南東　30 度/諫早　実測　全天日射量・・・・・・・・・・・・・・・・③

140.0/124.6＝1.123

諫早　実測　南西　30 度/諫早　実測　全天日射量・・・・・・・・・・・・・・・・④

141.4/124.6＝1.134

Step２　長崎と諫早湾干拓地の角度の影響度合い

表２．２．１－３　長崎と諫早湾干拓地の角度の影響度合い

30 度/全天	南		南東		南西	
	長崎	諫早	長崎	諫早	長崎	諫早
2～3 月	1.13	1.24	1.06	1.12	1.08	1.13

Step３　太陽光発電システム標準設計支援ツールを使用し、長崎の平年値を算出

表２．２．１－４　長崎　平年　15 度　日射量

kWh/m^2	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
南 15 度	2.31	3.37	4.36	5.12	5.16	4.05	5.51	5.41	4.76	3.51	2.90	2.86
南東 15 度	2.23	3.22	4.22	5.02	5.08	4.01	5.49	5.32	4.65	3.39	2.77	2.69
南西 15 度	2.20	3.28	4.24	5.06	5.19	4.08	5.49	5.39	4.65	3.42	2.76	2.72

Step４　平年値への乗算

表２．２．１－５　諫早湾干拓地の年間日射量推算結果

kWh/m^2	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
南 15 度	2.35	3.43	4.44	5.21	5.26	4.12	5.61	5.51	4.85	3.57	2.95	2.91
南東 15 度	2.27	3.28	4.30	5.11	5.17	4.08	5.59	5.42	4.74	3.45	2.82	2.73
南西 15 度	2.24	3.34	4.32	5.15	5.28	4.15	5.59	5.49	4.74	3.48	2.81	2.77

上記表より諫早湾干拓における南１５度の年平均日射量は４．１８kWh/m^{2}であり、これは全国的（各県）に比較して高いレベルであり、より多くの発電量が期待できることが分かった。

順位	県名	平均日射量（kWh/m^2）
1	高知	４．３２
2	山梨	４．３１
3	宮崎、広島	４．２６
4	岐阜	４．２５
5	香川、**諫早湾干拓**	４．１８

２）風速の実態調査

①計測装置

（１）構成機器

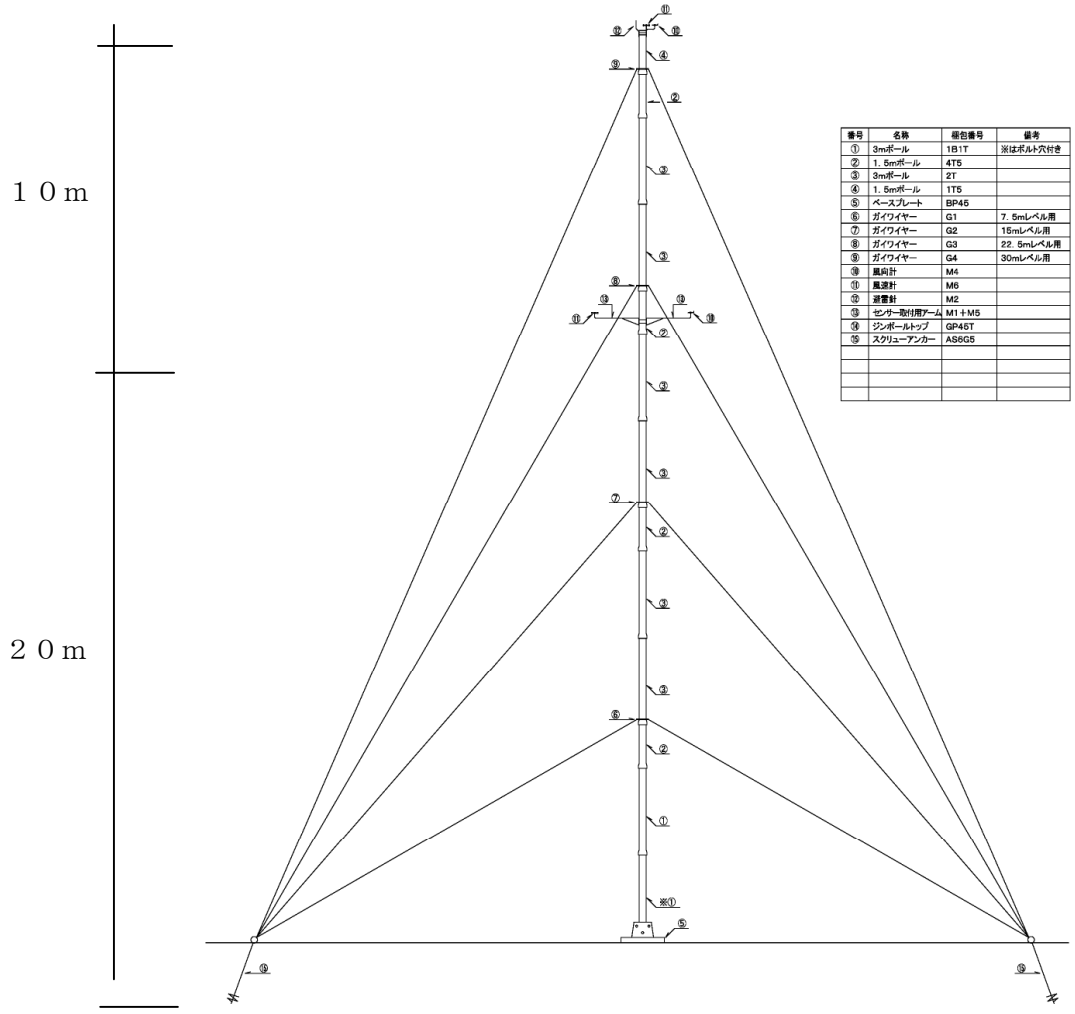
・風速計　　地上高さ２０ｍ：１ヶ

　　地上高さ３０ｍ：１ヶ

・風向計　　地上高さ２０ｍ：１ヶ

　　地上高さ３０ｍ：１ヶ

（２）装置図



番号	名称	梱包番号	備考
①	3mポール	1B1T	※はボルト穴付き
②	1．5mポール	4T5	
③	3mポール	2T	
④	1．5mポール	1T5	
⑤	ベースプレート	BP45	
⑥	ガイワイヤー	G1	7．5mレベル用
⑦	ガイワイヤー	G2	15mレベル用
⑧	ガイワイヤー	G3	22．5mレベル用
⑨	ガイワイヤー	G4	30mレベル用
⑩	風向計	M4	
⑪	風速計	M6	
⑫	避雷針	M2	
⑬	センサー取付用アーム	M1＋M5	
⑭	ジンポールトップ	GP45T	
⑮	スクリューアンカー	AS6G5	

（３）計測方法

３杯回転式風速計と矢羽式風向計を用いて風速・風向を計測した。風速計は 2 秒間隔で平均風速と風速標準偏差をサンプリングし、10 分毎にデータチップに記録した。

②計測結果

（１） 測定位置図

（2）平成元年 1 月～平成 18 年 12 月間での月平均風速データ及び平成 20 年 2 月 15 日～平成 20 年 3 月 14 日までのデータ

なお、各地区とも測定点の高さは 10m。

1）湯江地区　　（平成元年 1 月～平成 18 年 12 月）　　地点：湯江

	平均風速（m/s） H=10m												
年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
元年	2.8	2.9	3.5	3.1	3.0	3.6	3.7	3.6	2.4	2.7	2.6	2.1	3.0
2年	2.6	3.2	3.2	3.2	2.9	3.8	3.8	2.7	3.3	2.9	2.5	2.3	3.0
3年	2.6	2.9	3.0	2.9	2.8	3.7	5.2	4.1	3.2	3.2	2.4	2.1	3.2
4年	2.3	2.6	3.1	3.1	3.4	3.1	3.4	3.4	3.2	3.0	2.5	2.4	3.0
5年	2.3	3.3	3.2	×	×	×	4.6	3.5	3.4	3.2	2.7	2.8	×
6年	2.3	3.7	3.0	3.3	3.6	3.5	3.6	3.6	3.6	3.8	2.7	2.3	3.3
7年	2.4	3.1	3.4	3.2	3.5	3.8	4.9	3.3	×	3.5	2.4	2.2	×
8年	2.5	3.0	4.2	3.2	3.1	5.2	4.2	3.0	3.5	2.8	2.9	2.2	3.3
9年	2.4	3.1	3.5	3.4	4.0	3.3	5.3	×	3.8	2.3	2.7	3.2	×
10年	3.2	3.6	3.5	3.1	3.1	3.5	3.4	3.2	3.0	3.2	×	1.9	×
11年	2.1	2.1	3.8	3.8	(2.9)	3.5	3.3	3.7	3.0	3.0	2.6	2.1	×
12年	2.8	2.8	3.2	3.7	2.8	3.2	3.5	2.9	(3.7)	3.1	3.1	2.3	×
13年	3.0	2.6	3.1	3.6	2.8	3.8	3.0	3.6	(4.2)	3.7	2.4	3.0	×
14年	3.2	2.8	3.6	3.5	2.8	3.1	3.9	4.1	3.1	2.6	2.7	3.6	3.3
15年	2.7	3.0	3.7	3.9	3.3	3.5	4.3	3.2	3.8	2.9	2.7	2.5	3.3
16年	2.6	3.0	3.7	3.3	3.3	3.6	3.3	3.2	3.3	4.6	2.4	2.5	3.2
17年	2.4	3.1	3.0	3.4	3.2	3.7	3.7	2.7	4.0	3.2	2.5	2.6	3.1
18年	×	3.2	3.1	4.1	3.8	3.3	3.8	2.8	×	3.4	3.3	2.6	×

2）西里地区　　（平成元年 1 月～平成 18 年 12 月）　　地点：西里

	平均風速（m/s） H=10m												
年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
元年	×	2.9	3.3	2.7	2.7	3.3	2.9	3.2	2.0	2.4	2.6	2.1	×
2年	2.6	3.4	3.2	3.1	2.4	2.8	2.8	2.1	3.1	3.3	×	×	×
3年	×	×	×	3.0	2.7	2.8	3.5	3.9	2.9	3.3	2.7	2.2	×
4年	2.4	2.4	3.7	2.8	2.9	2.7	2.5	3.0	3.0	2.9	2.7	2.5	2.8
5年	2.6	3.2	3.2	3.2	2.8	3.1	3.1	2.4	2.9	2.8	3.0	2.5	2.9
6年	2.1	3.6	2.9	2.7	2.5	2.6	2.4	2.5	2.7	3.0	2.9	2.3	2.7
7年	2.2	2.7	2.8	2.4	2.6	2.9	2.7	1.9	2.8	2.8	2.1	2.0	2.5
8年	2.2	2.6	3.5	2.6	2.2	2.9	2.7	2.1	2.8	2.5	2.5	2.0	2.6
9年	2.2	3.0	3.1	2.5	2.5	2.5	3.0	2.9	3.2	1.9	2.3	2.5	2.6
10年	3.0	3.3	3.0	2.3	2.7	2.8	2.6	2.4	2.6	2.8	2.2	2.2	2.7
11年	2.3	2.4	3.7	-3.5	2.1	2.6	2.7	2.7	2.3	2.4	2.1	1.6	×
12年	2.7	2.6	2.8	2.9	2.0	2.3	2.5	2.0	3.0	3.0	3.0	2.2	2.6
13年	2.9	3.0	3.0	2.8	2.2	2.7	2.0	2.7	3.2	3.1	1.7	2.4	2.6
14年	3.1	2.7	3.3	3.2	2.6	2.9	3.2	3.6	2.7	2.5	2.7	3.6	3.0
15年	2.7	3.1	3.6	3.2	3.1	2.9	3.4	2.6	3.2	2.8	3.2	2.8	3.1
16年	2.7	2.8	3.5	2.8	2.6	3.2	2.8	3.0	3.1	4.2	2.3	2.5	3.0
17年	2.6	3.4	2.9	2.6	2.9	2.9	2.8	2.1	3.5	3.0	2.4	2.6	2.8
18年	2.9	3.3	3.0	3.4	3.2	2.6	2.8	2.3	×	3.0	3.1	2.7	×

3）小野島地区　（平成元年 1 月～平成 18 年 12 月）　　地点：小野島

	平均風速（m/s） H=10m												
年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
元年	×	2.9	3.3	2.7	2.7	3.3	2.9	3.2	2.0	2.4	2.6	2.1	×
2年	2.6	3.4	3.2	3.1	2.4	2.8	2.8	2.1	3.1	3.3	×	×	×
3年	×	×	×	3.0	2.7	2.8	3.5	3.9	2.9	3.3	2.7	2.2	×
4年	2.4	2.4	3.7	2.8	2.9	2.7	2.5	3.0	3.0	2.9	2.7	2.5	2.8
5年	2.6	3.2	3.2	3.2	2.8	3.1	3.1	2.4	2.9	2.8	3.0	2.5	2.9
6年	2.1	3.6	2.9	2.7	2.5	2.6	2.4	2.5	2.7	3.0	2.9	2.3	2.7
7年	2.2	2.7	2.8	2.4	2.6	2.9	2.7	1.9	2.8	2.8	2.1	2.0	2.5
8年	2.2	2.6	3.5	2.6	2.2	2.9	2.7	2.1	2.8	2.5	2.5	2.0	2.6
9年	2.2	3.0	3.1	2.5	2.5	2.5	3.0	2.9	3.2	1.9	2.3	2.5	2.6
10年	3.0	3.3	3.0	2.3	2.7	2.8	2.6	2.4	2.6	2.8	2.2	2.2	2.7
11年	2.3	2.4	3.7	-3.5	2.1	2.6	2.7	2.7	2.3	2.4	2.1	1.6	×
12年	2.7	2.6	2.8	2.9	2.0	2.3	2.5	2.0	3.0	3.0	3.0	2.2	2.6
13年	2.9	3.0	3.0	2.8	2.2	2.7	2.0	2.7	3.2	3.1	1.7	2.4	2.6
14年	3.1	2.7	3.3	3.2	2.6	2.9	3.2	3.6	2.7	2.5	2.7	3.6	3.0
15年	2.7	3.1	3.6	3.2	3.1	2.9	3.4	2.6	3.2	2.8	3.2	2.8	3.1
16年	2.7	2.8	3.5	2.8	2.6	3.2	2.8	3.0	3.1	4.2	2.3	2.5	3.0
17年	2.6	3.4	2.9	2.6	2.9	2.9	2.8	2.1	3.5	3.0	2.4	2.6	2.8
18年	2.9	3.3	3.0	3.4	3.2	2.6	2.8	2.3	×	3.0	3.1	2.7	×

4）吾妻地区　　（平成元年 1 月～平成 18 年 12 月）　　地点：吾妻

	平均風速（m/s） H=10m												
年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
元年	3.4	3.4	4.0	3.5	3.3	3.7	3.6	3.8	2.8	3.4	3.4	2.6	3.4
2年	3.1	3.7	3.7	3.7	2.9	3.5	3.6	2.8	3.8	3.5	3.0	2.7	3.3
3年	3.3	3.5	3.7	3.4	3.2	3.5	4.6	4.2	3.7	4.2	3.1	2.8	3.6
4年	2.9	3.0	3.9	3.3	3.5	3.2	3.3	3.5	3.7	3.8	3.3	2.9	3.4
5年	3.0	3.7	3.8	3.7	3.3	3.9	3.8	3.1	3.7	3.4	3.2	3.3	3.5
6年	2.6	4.1	3.3	3.2	3.1	3.2	3.1	3.1	3.5	3.7	3.1	2.9	3.2
7年	2.8	×	3.3	3.0	3.2	3.4	3.8	2.6	3.8	3.3	2.8	2.7	×
8年	2.6	2.8	3.6	3.0	2.8	3.9	3.3	2.7	×	2.9	3.1	2.3	×
9年	2.6	3.2	3.4	3.1	3.2	2.8	×	3.4	3.5	2.5	2.7	2.9	×
10年	3.3	3.3	3.2	2.7	2.9	3.3	3.1	3.3	3.1	3.2	2.5	2.3	3.0
11年	2.6	2.8	4.0	3.9	2.8	3.2	3.0	3.2	2.8	3.0	2.7	2.1	3.0
12年	2.9	2.8	3.1	3.3	2.5	3.2	3.3	2.7	3.6	3.2	3.2	2.4	3.0
13年	3.0	3.2	3.4	3.5	2.9	3.8	2.9	3.6	3.8	3.5	2.3	3.0	3.2
14年	3.2	2.9	3.3	3.4	2.8	3.2	3.6	4.1	3.3	2.8	2.9	3.5	3.3
15年	2.7	3.1	3.8	3.7	3.2	3.3	4.2	3.2	3.7	3.0	3.0	2.5	3.3
16年	2.5	2.8	3.5	3.0	2.9	3.1	3.2	3.4	3.2	4.7	2.4	2.5	3.1
17年	2.5	3.1	2.8	3.1	3.0	3.4	3.6	2.4	3.8	3.2	2.6	2.5	3.0
18年	×	3.3	3.0	3.9	3.6	3.1	3.3	×	×	3.3	3.1	2.6	×

5)諫早干拓内　(平成 20 年 2 月 15 日～平成 20 年 3 月 14 日)　　地点：諫早干拓内

月	２月											
日	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
風速 30m	3.94	4.97	3.68	3.13	3.25	2.45	2.20	1.39	6.51	5.44	4.02	5.13
風速 20m	3.77	4.65	3.47	2.94	3.02	2.35	2.06	1.29	6.11	4.90	3.57	4.79
月	２月											
日	27	28	29									月平均
風速 30m	4.55	2.93	3.27									3.79
風速 20m	4.26	2.87	2.88									3.53
月	３月											
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
風速 30m	5.56	3.13	5.73	5.88	2.41	2.46	3.45	2.37	2.38	4.92	1.61	1.76
風速 20m	5.19	2.87	5.35	5.56	2.31	2.32	3.29	2.31	2.21	4.53	1.56	1.62
月	３月											
日	13	14										月平均
風速 30m	2.56	6.60										3.63
風速 20m	2.32	6.01										3.39

③気象庁データ

諫早の測候所では、降雨量のみの計測となっているため、参考とする気象庁データとして、諫早近郊の大村、雲仙、島原、口之津、大瀬戸、長崎、野母崎を検討したが、地形などから口之津が最も諫早に近いと思われるため、参考として示した。

(1) 日毎風速表　　地点：口之津測候所（測定地上高：不明）

月	２月											
日	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
風速	3.7	3.4	2.8	1.8	2.4	2.2	2.2	1.5	3.8	2.6	2.6	4.5
月	２月											
日	27	28	29									月平均
風速	3.4	2.3	3.4									2.8
月	３月											
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
風速	3.5	2.3	4.7	4.5	2.2	2.3	2.9	1.9	1.5	2.7	1.9	2.0
月	３月											
日	13	14										月平均
風速	2.1	2.6										2.7

(2) 出展紹介

上記データは、気象庁のホームページによる。

(http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/)

④年間風況推移

(1) 推算手法説明

湯江、西里、小野島、吾妻の各地区について、欠測のない平成 17 年の各月のデータの平均値を表にする。

平均風速（m/s）　H=10m												
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
2.4	3.1	2.8	2.9	2.9	3.2	3.2	2.3	3.5	2.9	2.4	2.5	2.8

このデータは地上 10mの地点で測定したものであるため、これを*べき指数により、68mの高さに換算する。(通常の風車の中心の高さを地上 68mと仮定し、海岸地方であることを考慮し、べき指数ｎの値としてｎ=7 を採用)

平均風速（m/s） H=68m												
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
3.1	4.0	3.7	3.8	3.8	4.2	4.2	3.0	4.6	3.8	3.1	3.2	3.7

次に、諫早干拓地の 30m地点での実測データを再度表にする。

平均風速（m/s） H=30m												
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
	3.79	3.63										

このデータを地上 68mの高さに換算して表にする。

さらに、このデータを地上 68mの高さに換算した上記４地区のデータをもとに１月～12 月を比例関係により埋めて表にすることにより、諫早干拓地の月毎風況推算結果表を完成する。

平均風速（m/s） H=68m												
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
	4.26	4.08										

※べき指数とは

大気が中立の場合には、風速の鉛直分布について高度 300m位までは指数法則が成り立つことが経験的に知られています。以下、風速の鉛直分布を求める式の１つである、べき指数法則と呼ばれる経験式を示す。

$U/U_1 = (z/z_1)^{1/n}$

Ｕ ：地上高ｚにおける風速

U_1：地上高 z_1における風速

ｎ ：指数法則のべき指数

ｎの値は、地面の粗度状態のほかに、大気安定度によっても変わる。安定度が中立の場合には、おおよそ下表に示す程度である。

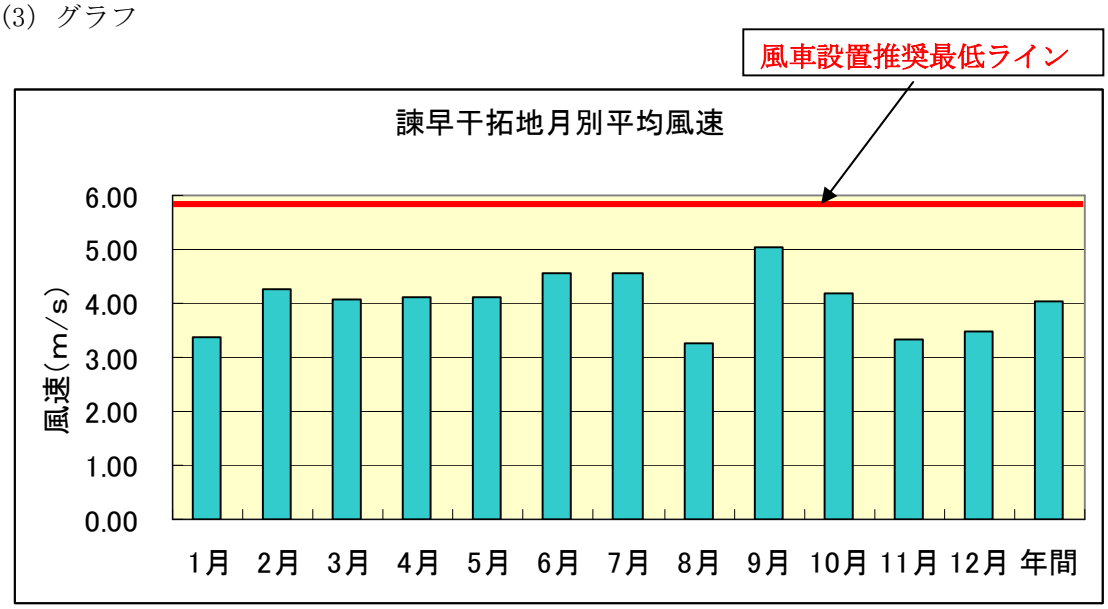
べき法則の指数ｎの値

地面状態	n	1/n
平坦な地形の草原、海岸地方	7～10	0.1～0.14
田園	4～6	0.17～0.25
市街地	2～4	0.25～0.5

(2) 月毎風況推算結果表

平均風速（m/s） H=68m												
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
3.39	4.26	4.08	4.10	4.10	4.56	4.56	3.24	5.02	4.17	3.35	3.49	4.0

(3) グラフ



３）太陽電池の発電シミュレーション

今回、設備容量２００ｋｗ及び２０００ｋｗの発電シミュレーション結果を図 2.2.1-1，2.2.1-2 に示す。

２０００ｋｗ設備は、３箇所への分散配置でシミュレーションを実施した。

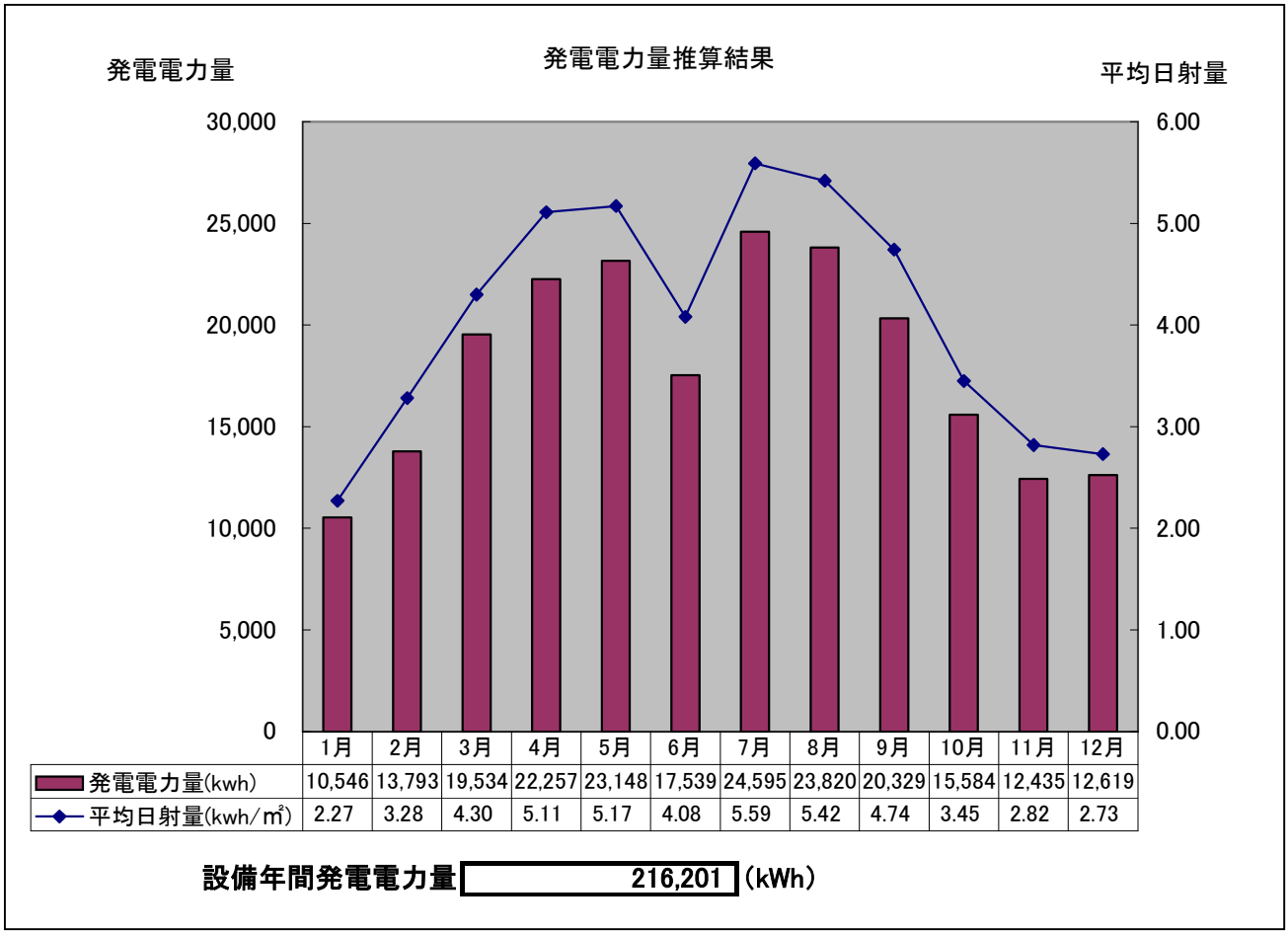
＜シミュレーション条件＞

○設置傾斜角度：　　１５度（全設置場所共通）

○設置方位：　　南東（２００ｋｗ設備の場合）

南、南東、南西（２０００ｋｗ設備の場合）

○日射量：　　前記１）項に記載した実態調査の結果に基づき推算



	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
発電電力量(kwh)	10,546	13,793	19,534	22,257	23,148	17,539	24,595	23,820	20,329	15,584	12,435	12,619
平均日射量(kwh/㎡)	2.27	3.28	4.30	5.11	5.17	4.08	5.59	5.42	4.74	3.45	2.82	2.73

設備年間発電電力量　216,201　(kWh)

図２．２．１－１　２００ｋｗ発電量グラフ

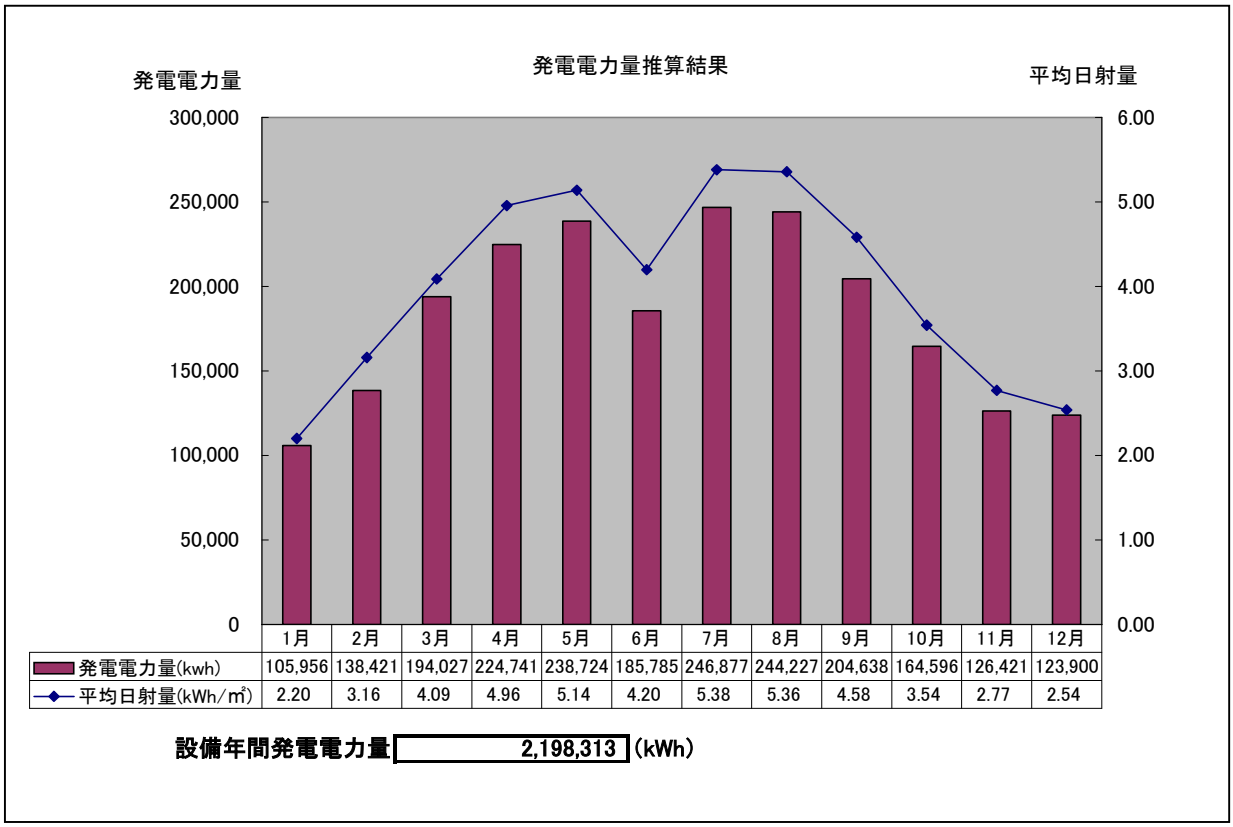


図２．２．１－２　２０００ｋｗ発電量グラフ

4）風車の発電シミュレーション

①推算手法

実測値を換算した値から発電量を試算するために、*レーレ分布（ワイブル分布）及びメーカー（三菱重工）独自のパワーカーブ（風速と発生電力の関係）を用いた。

※ レーレ分布（ワイブル分布）とは

風速の出現率分布はワイブル（Weibull）分布で近似できることが知られている。

$f(V)=(k/c)\cdot(V/c)^{k-1}\cdot\exp\{-(V/c)^{k}\}$ …①

ここで、f（V）：風速Vの出現率、c：尺度定数（scale parameter)、k：形状定数（shape parameter)。このcとkをワイブルパラメータと呼ぶ。

風速がV_x以下の確率$F(V\leqq V_x)$は

$F(V\leqq V_x)=1-\exp\{-(V_x/c)^{k}\}$ …②

ワイブル分布の定数kとcの求め方は、実測に基づく風速毎の累積出現確率を②式に代入し最小二乗法により求める。

また、②式から

$F(V\leqq c)=1-1/e=0.632$ …③

つまり、尺度定数cは*相対累積度数が63.2%になるところの風速Vに等しくなる。

形状定数kは、日本の場合、k＝0.8～2.2程度であり、年平均風速が大きいほど大きくなる傾向がある。年平均風速が5m/s以上の場合、k＝1.5～2.2程度である。

ワイブル分布については、次の関係式が成り立つので、実用上便利である。

平均風速$V_a=c\,\Gamma(1+1/k)$ …④

風速の３乗の平均$V^3{}_a=c^3\,\Gamma(1+3/k)$ …⑤

*立方係数$f_c=\{\Gamma(1+3/k)\}^{1/3}/\Gamma(1+1/k)$ …⑥

ここで、Γ（y）：ガンマ関数（この値は各種の数表に掲載されている)。

④式を用いて推定した年平均風速が、実際の年平均風速に比べて0.03m/s以下の差しかないこと、ならびに、⑤式を用いて推定した年平均風力エネルギーは3%以下の誤差で、実際の風力エネルギーと合うことが知られている。

ワイブル分布において、特にk＝2の場合をレーレ分布と呼び、以下の式で表される。

$f(V)=\pi/2\cdot V/V^2{}_a\cdot\exp\{-\pi/4\cdot(V/V_a)^2\}$ …⑦

レーレ分布は、平均風速から風速出現率分布を推定する場合、簡単のためよく用いられる。

※ 相対累積度数とは

ある期間に、いろいろの大きさの風速が何回ずつ現れるかを示したのが、風速の度数分布である。度数として、時間数を用いたり、%を用いたりする。後者の場合には、相対度数または出現確率という。

また、相対度数を風速の大きい方または小さい方から次々と加算したものを、相対累

積度数といい、風速と相対累積度数の関係を図に表したものを風況曲線という。平均風力エネルギー密度などは風速の度数分布を用いて計算される。

※ 立方係数

ある期間の平均の風力エネルギー密度は、$V^3{}_a$の平均に比例します。同じ期間の平均風速をV_aとしたとき、

$$f_c = V^3{}_a{}^{1/3} / V_a = \{\Gamma(1+3/k)\}^{1/3} / \Gamma(1+1/k) \quad \cdots⑧$$

を立方係数（cube factor）といいます。f_cの値は、Vを測定する時間と風速の出現率分布型によって変化する。出現率分布型は形状定数kによって異なるため、

k＝1.5のとき　f_c＝1.396、$f_c{}^3$＝2.72

k＝2.2のとき　f_c＝1.204、$f_c{}^3$＝1.75

となり、年平均風速が等しくても、上のようなkの値をもつ２地点における年平均風力エネルギーの比は、2.72/1.75＝1.55となる。

②年間発電量推算

年間発電電力量計算（風車1基当たり）

(株)九電工

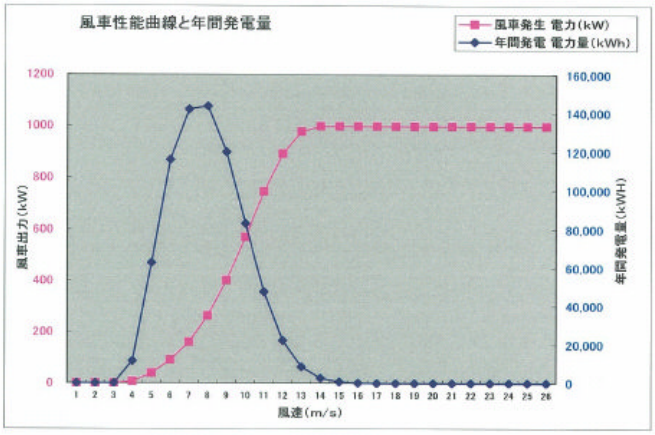
諸元

年間平均風速	4.00 m/s	タワー高さ(H)	68	m
風車メーカー	三菱重工	測定高さ(h)	30	m
形式	MWT－1000A	べき値(n)	7	
風車出力	1000 kW	測定値Vh	3.56	m/s

設備利用率	6.52	%
補正風速	4.00	m/s
補正電力量	571,052	kWh　①×75%

空気密度：1.225kg/m³

風速(m/s)	風速出現率 F(V)	年間出現時間(h)	風車発生電力(kW)	年間発電電力量(kWh)
0	0.00000	0.0	0	0
1	0.09341	818.2	0	0
2	0.16125	1,412.5	0	0
3	0.18927	1,658.0	7	11,606
4	0.17902	1568.2	40	62,728
5	0.14391	1260.6	92	115,978
6	0.10068	881.9	161	141,992
7	0.06208	543.8	264	143,567
8	0.03399	297.8	403	120,007
9	0.01661	145.5	571	83,089
10	0.00727	63.7	747	47,559
11	0.00285	25.0	894	22,350
12	0.00101	8.8	980	8,650
13	0.00032	2.8	1000	2,805
14	0.00009	0.8	1000	803
15	0.00002	0.2	1000	208
16	0.00001	0.0	1000	48
17	0.00000	0.0	1000	10
18	0.00000	0.0	1000	2
19	0.00000	0.0	1000	0
20	0.00000	0.0	1000	0
21	0.00000	0.0	1000	0
22	0.00000	0.0	1000	0
23	0.00000	0.0	1000	0
24	0.00000	0.0	1000	0
25	0.00000	0.0	1000	0
>25	0.00000	0.0	0	0
合計	0.99178	8,688		761,403 ①



風速の出現率 F(v) レイレ分布

F(v)=(π/2)×(V/Va^2)×exp{-(π/4)×(V/Va)^2}

平均風速の高さ補正 VH

VH=Vh×(H/h)^1/n

h:測定高さ　H:風車ハブ高さ
n:べき値
Vh:測定風速
vH:ハブ高さ補正風速

以下の試算条件をもとに専用の解析ソフトにてシミュレーションを行った。

(試算条件)

1)風車　三菱　MWT－1000A　1000ｋW×１基

2)総事業費　300,000,000 円

3)経済産業省補助金　300,000,000×１/２×0.9＝135,000,000 円

（地域・新エネルギー等導入促進事業）

4)自己資本金　10,000,000 円

5)借入金利　短期 0.8%　長期　2.8%（15 年）

6)年間平均風速　4.0m/ｓ（測定高さ H=68mに換算後の値）

7)発電量：　571,052ｋWh

8)設備利用率＝571,052ｋWh /(1000ｋW×365 日×24H)＝6.52%

9)売電単価　10.5 円/ｋWh

10)事業費は諸条件が不明のため、あくまでも想定であり超概算

③結果

(1) 試算結果

(2) 損益（PL）

20 年間の累積　▲403,616,000 円

1)キャッシュフロー（CF）

20 年間の累積　▲410,012,000 円

2)内部利益率（TRR）：マイナス(20 年)

3)投下資本回収年数：28.9 年

4)発電単価：51.75 円/ｋWh

5)設備利用率：6.52%

(3) 評価

以上の結果より、事業性は低いと判断される。

一般的に風力発電の条件としては、風況が少なくとも 6m/ｓ（測定高さ：30m）以上で、設備利用率 20%程度が必要である。

また、同規模（1000kW）の太陽光発電設備と発電量を比較した場合、太陽光発電設備は図２．２．１－２より 2,198,313×1000/2000＝1,099,157kWh、一方、風力発電では 572,052kWh と半分であり、太陽光発電が有利である。