

第 15 章 風力発電プランニング実習

演習テーマ

地域自ら市民風車を立ち上げ、風力発電導入プランを設計する
風力発電電力は全量商用電力会社に売電する

演習の狙い： 中型の風力発電システムでも条件とシステム設計次第で大型風車に事業性の面で対抗可能なケースを、演習で検証する。

演習の方法： 数人一組で設計プランニングにあたる。
ワークシートの空欄を埋める形で進める。
講師によるオリエンテーション 1 時間
(風力発電の基礎など)
講師はナビゲータ役も務める。

I . 与件の提示 (前日配布)

1. 地域の概要

自然豊かな高原を背後に持つ A 市には以前から地球環境問題を自分たちの問題でもあるとして活発な活動を続けている NPO 法人がある。この NPO 法人は特に自然エネルギーの有効活用を S 市の行政当局や市民、S 市に立地している企業などに働きかけてきたが、その成果が現れ A 市は市営の「あけぼの公園」(仮名)に住民参加型の市営風力発電所を建設する構想を策定することになった。

「あけぼの公園」は市街地から直線距離で数百メートル、市の町並みを見下ろす展望のよい高台にあり、風が強いところとしても知られ、市のイベント会場にもなっていた。市民の集会場や公園管理事務所があり電力を消費していたが電力消費量が少なく、風力発電の導入を自家用と位置づけるには無理があったので、風力発電の電力は直接自家消費に回さずにいったん電力会社に売電することを考えている。

2. NPO 法人からの要望

- ・再生可能エネルギー全量買上制度をうまく活用して、経済性のあるプランにすることが大前提である。
- ・このプランは電力販売が唯一の目的ではなく、地域のエネルギー関係企業が参画し、プロジェクト実現のノウハウを地域に集積していくことも大きな目的である。
- ・出力 1 kW 前後のマイクロ風車は地域の企業の手による導入ができるが、現時点では経済性はまったくない。しかし経済性があると言われている 2000kW 級風車は、先端

技術の塊であり、周辺事業を除き地域の企業の手には負えそうもない。

- ・また風車建設予定地へのアクセスは、公園内の幅6mの道路のみであり、風車の輸送条件は必ずしも良くはないので、それを考慮したプランニングが望ましい。
- ・プランニングから実現まで、NPOとしては丸投げはしない。できるだけプロジェクトに参画していきたい。

II. 演習用参照資料の配布（前日配布）

1. 再生可能エネルギー用語解説資料
2. 一般的プロジェクトエンジニアリングの全工程図
3. 代表的風力発電システムの仕様書
4. あけぼの公園で調査した風況調査結果
5. あけぼの公園の風車建設可能敷地
6. 再生可能エネルギー全量買上制度
7. 電力会社との電力供給契約（サンプル）
8. 風力発電システム導入に係わる関連法規
7. 市民風車導入事例（報道記事）

III. 事業プランニングの手順の解説と工程表作成

立案から事業性評価までの『前工程』

1. 導入から保守までの全フロー（参考）
2. 立案から企画設計～事業性評価
 - (1) 導入の理由、目的の確認
 - (2) 構想の立案（WBS展開の順序）
 - ①事業主体構築の構想
 - ②風況調査結果の解説
 - ③風力発電導入規模の構想
 - ④設置場所と導入規模の関係の確認
 - ⑤系統連系線の確認
 - ⑥周辺環境との調和
 - (3) 現地調査と確認
 - 【今回省略、コメントのみ】
 - (4) 企画設計（WBS展開の順序）
 - ①風力発電機の選定候補と構成案
 - ②風況調査データを用いた風力発電量の推計（候補機種）
 - ③機種の選定、構成の決定
 - ④事業費の想定

- ⑤事業資金調達先の選定と計画
- ⑥概略レイアウトの作成
- ⑦概略単線結線図の作成
- (5) 事業性検証
 - ①概算事業費の目標額設定
 - ②売電単価と発電コストの計算
 - ③事業性向上とリスク回避のためのエンジニアリングの検討
 - ④長期事業収支の計算、長期キャッシュフローの計算
 - ⑤経済性評価
 - ⑥環境効果の検証

演 習

以上の作業項目を、配布する時間軸工程表に記載する

WBSの展開

IV. プロジェクトエンジニアリングの手順の解説と工程表作成

基本設計から竣工検査までの『後工程』

1. 基本設計、実施設計の段階

(企画設計段階で基本設計まで済ませる場合もあれば、基本設計と実施設計を同時に行う場合もある)

- (1) 入札～発注先選定まで
 - ・入札先の選定
 - ・入札仕様書の作成、入札
 - ・プロポーザル協議（金額と仕様書の最終調整）
 - ・発注先の決定
- (2) 発注先による基本設計、実施設計
 - 別に配布する流れ図により解説する
 - ・風力発電システム構成
 - ・風力発電機器構成
 - ・風力発電制御機器システム構成
 - ・系統連系システム
 - ・基礎の設計と施工法
 - ・主要機器の搬入計画
 - ・風車組立据付法

- ・系統連系協議、関連法規の確認作業
- ・試運転，使用前検査

(3) 基本設計書、実施計画書の点検、確認

2. 施工管理～竣工検査の段階

- (1) 工事計画書
- (2) 検査実施計画書
- (3) 所管官庁への届け出
- (4) 電力会社との協議、契約締結（施主をサポート）

3. 維持管理の段階

- (1) 日常点検実施計画書
- (2) 定期点検実施計画書

演 習

以上の作業項目を、配布する時間軸工程表に記載する

WBSの展開

V. 事業プランの作成実習

この作成例は、ワークシート方式で、随所が空欄になっており、実習の中で空欄を埋めていく。

1. 導入から保守までの全フロー

配布する「プロジェクトプランニングから建設までの全工程図」から、本テーマに係わる領域をマーキングで示すことにより、フロー図作成に代える。

演習参加者がどのような業種に所属しているかにより、関心の置き方が変わるが、ここでは全工程の前半に絞ることで条件を統一する。

2. 立案から企画設計～事業性評価

- (1) 導入理由、目的の確認
与件をそのまま採用する。
- (2) 構想の立案（WBS展開の順序）

①事業主体構築の構想

究極の狙いは市民参加、地域企業参加の風力発電電力販売事業の構築である。そこには、このプロジェクトに参画する各セクターの思惑や期待がある。参画とは具体的には事業資金の供与や事業推進のためのマンパワー提供、さらには企業が所有する事業運営や建設技術の提供であり、主導する地方公共団体等は雇用の創出を介した地域活性化という狙いがある。

このことから、事業主体の構築には次の3つのパターンが考えられる。

第一は、事業主体が市町村等地方公共団体等（民法上の一部事務組合を含む）であって、いわゆる自治体が直接事業主体になるというケース。

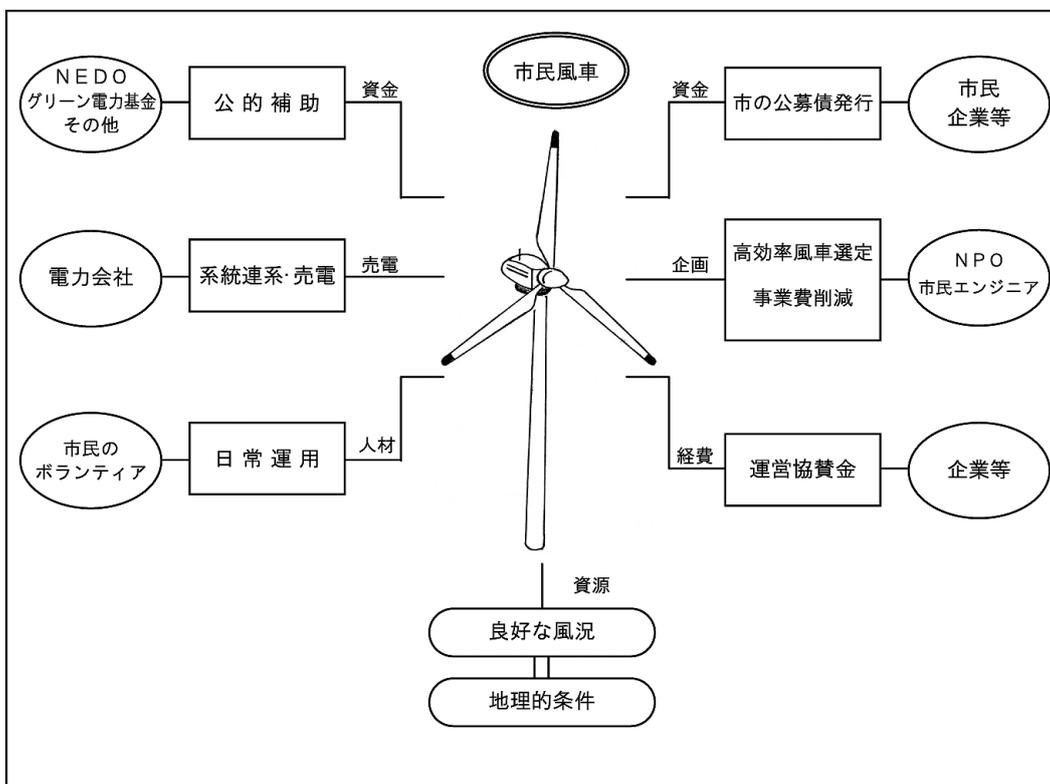
第二は、地域のNPO法人などの民間団体が独自に事業会社を立ち上げ、広く出資を募って事業主体になるケース。

第三は地域のエネルギー関係企業を中心となり市町村などからの出資を仰いで第三セクターを立ち上げ、これが事業主体になるケース。

さて、これらの事業主体パターンには一長一短があり、風力発電事業に限定しても様々な事情が絡み合う。

それらを図解してみよう。

市民風車の企画～運営に関わり合うステークホルダー（利害関係者）



対外折衝の力量、事業企画能力、基礎技術力、エンジニアリング能力、事業管理能力、社会的信頼度、マンパワー組織力、経営意欲、資金調達力などの観点から◎、○、△、▲で評価する。コメントも書き加える。

事業主体3パターンの一長一短

事業主体	資金調達	事業企画推進	エンジニアリング	事業運営、利益管理	事業の継続性
自治体、団体					
NPO等民間					
第三セクター					

②風況調査結果の解説

風況についてはNPO法人のメンバーで風力エネルギーに関心のあるメンバーが、自然エネルギーの地産地消プロジェクトを実現すべく風況の観測を研究課題として実施してきており、簡易実測データを活用した調査研究の結果、高さ40mで年間平均7.2m前後が「推測」されていたので、プラン策定は7m/sとして進める提案がなされた。

しかし、この観測は実測ではなく、「推計」が入っていたので、詳細を解説することになった。

簡易実測データからの推計とは次のようなものであった。

1. NPOは観測タワー10mで6カ月間風速を観測した。
2. 同時に近隣でのアメダスの同時期観測データを取り、かつ追加6カ月のアメダスデータで1年分を統計的手法で確保した。その結果10m地点での年間平均風速は、5.4～5.5m/sと推測された。
6ヶ月間の観測データとアメダスの同時期観測データを統計的に解析（相関分析）して、6カ月の観測データを1年間のデータに変換したのである。
3. 続いて風速の高さ補正を行い、10mの観測データを風車のナセルの高さである40mにまで補正した。
4. 補正の方法は以下の通り。

【推計基礎】

風速の鉛直分布が『べき法則』に従うものと仮定して、べき法則のn値（べき指数）n=5として以下の式に従って高さ60mにおける平均風速を推計した。

U；地上40mにおける平均風速

U₁；地上10mにおける平均風速

Z；40m（地上高）

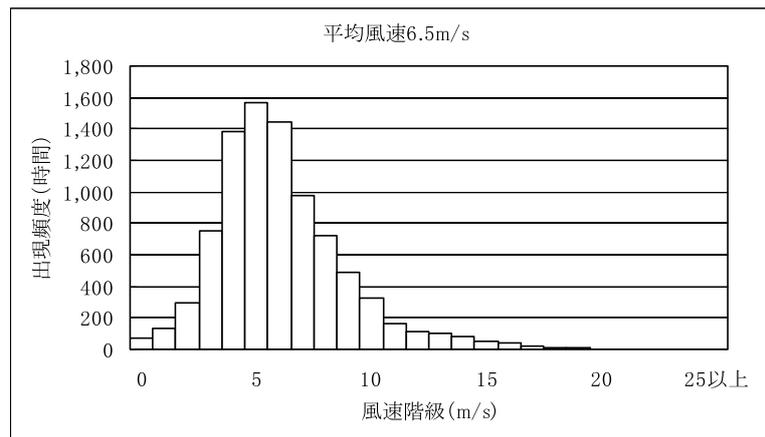
Z₁；10m（地上高）

$$\frac{U}{U_1} = \left(\frac{Z}{Z_1} \right)^{\frac{1}{n}} \quad \text{から } U = 7.2 \text{ m/s}$$

このような方法で、NPOが観測した風況データを40m、年間データに変換し、そのデータから風力発電量の推計に最も重要な「風速の階級別出現頻度分布」を、推計値であるが導き出すことに成功した。

結果的には、年間平均推測ベースの7.2m/sは過大推計となり、詳細な推計値は年間平均6.5m/sに落ち着いた。

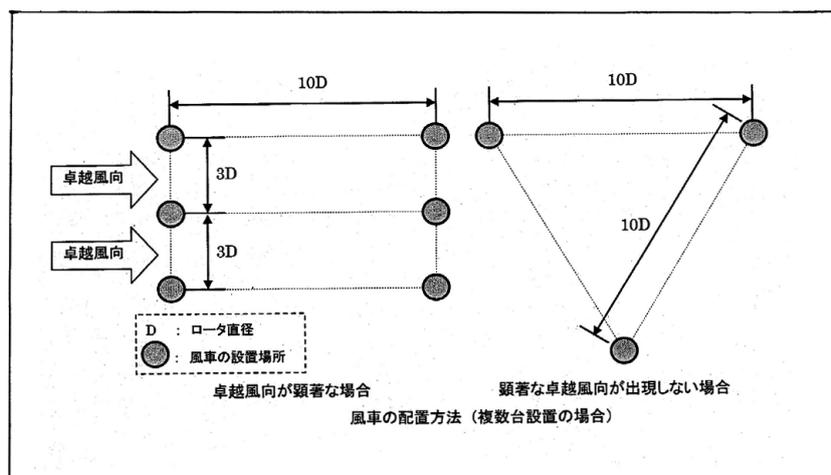
詳細な推計結果の風速の階級別出現頻度は次のようなものであった。この結果は風車の選定の際に具体的なデータで示される。



③風力発電導入規模の構想

公園の導入予定地の下見やこれまでの議論の中で、風力発電の導入規模は、全体で1,000kW程度ではないか、というひとつのメドが立てられた。

風車を1基にするか、複数基にするかはⅢの2の(4)で検討するが、一般的には卓越風向に対して直角方向に風車を配置する場合は、風車間の距離をローターの直径の3倍に、風向きに沿って配置する場合はローターの直径の10倍にするという経験則がある。



④設置場所と導入規模の関係の確認

風力発電装置はスケールメリットがはっきり出るプラントである。しかしその理屈は建設条件の良し悪しとプラント規模の大小とが無関係の場合に限られる。プラント規模が大きくなると単純なスケールメリットを越えて建設条件が悪化する場合などは通常のスケールメリット効果は論じえない。建設技法が未発達な洋上風車にはそうした傾向がみられる。現在はそのデメリットを、洋上での設備利用率向上でカバーできるのではないかと期待されている。

こうしたことから、あけぼの公園の風車導入規模は、単なるスケールメリットだけではない別の視点が必要になってくる。

導入規模構想の視点

夫々にコメントを記載する。

	経済性、事業性	建設環境	環境との調和	事業運営
小型風車 1kW 前後				
中型風車 300kW 程度				
大型風車 1000kW 以上				

⑤系統連系線の確認

風力発電電力の系統連系上の課題は、突風が吹いた際、風力発電の電力は瞬間的に定格出力の 1.3 ~ 1.4 倍の出力が発生し、この突出した出力（業界用語では髭という）によって配電線の電力が規制値を超え、電力の質の低下を招くのではないかという点にある。

ただこうした不安が生まれるのは、風力発電の最大出力と系統（商用電力の配

電線)の最小負荷(おもに真冬の深夜の電力需要)との関係からであり、そのような不安の有無は系統を管理している電力会社の配電担当しかわからない。

また不安の定量的な分析は潮流解析の手法を用いることから、一般には電力会社と風力発電側の制御系エンジニアとの共同作業になるので、ここに言う事業プランナーの作業領域ではない。

NPOによる商用電力会社との事前協議では、あけぼの公園は市のほぼ中央に位置していることや、周辺は事業所や住宅街にもなっていて、系統の容量は少なくとも最大5万kW、低負荷時でも2万kWに達していると思われるので、1,000kW前後の風車の突出出力は十分吸収可能だろうとの判断がなされた。

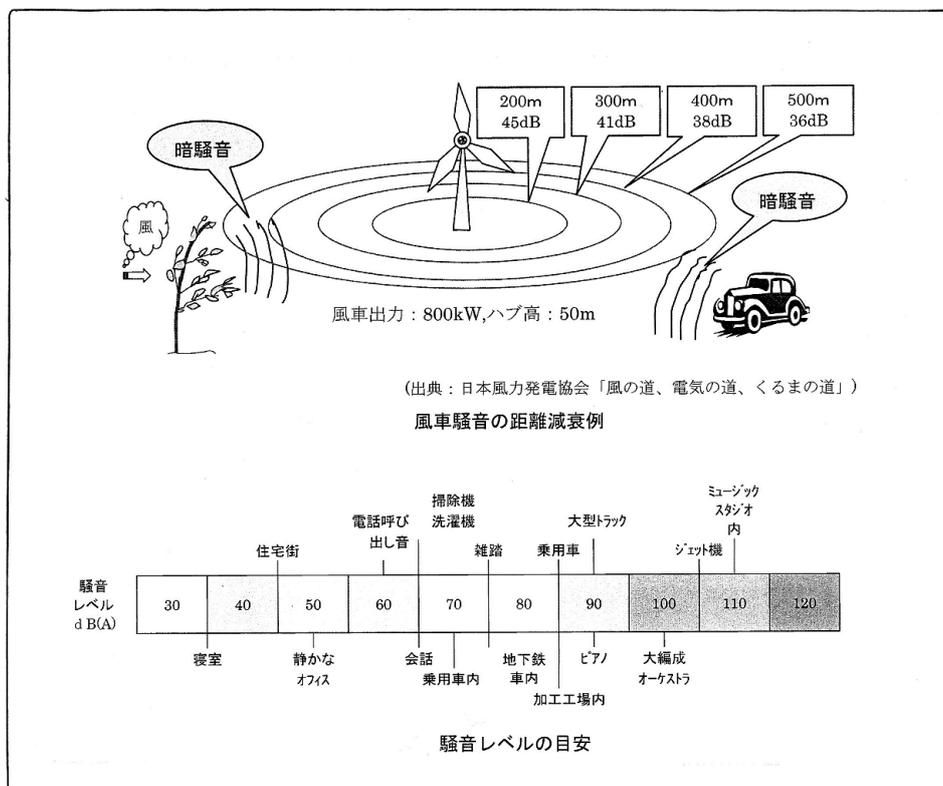
⑥周辺環境との調和

風車が発信源となる環境問題は、騒音と電波障害である。そのほかにも景観という定量化し難い問題があるが、ここでは騒音と電波障害について述べる。

風車の騒音の発信源はブレードが回転する際に発生する風切り音と増速機から発生する機械音とがある。

また電波障害には、電気通信業務用、放送業務用、気象業務用、警察無線用、漁業無線用などがあり、それぞれを所管する機関に問い合わせして確かめる必要がある。

ここでは1000kW未滿の風車の騒音の例をNEDOの資料から転載する。



自由討議：騒音問題をどう考えるか

容認できる問題	容認できない問題

(3) 現地調査と確認

(今回省略 コメントのみ)

(4) 企画設計

①風力発電機の選定候補と構成案

②風況調査データを用いた風力発電量の推計

市の担当は環境保全部、またNPO法人が積極的な役割をもって事業の推進に当たることになったが、解決すべき課題は山積していた。

第一の問題は発電規模 1,000 kW 前後を大型風車 1 基で実現するのか、中型風車 2～3 基で実現するのかの問題。

第二の問題はS市の財政が厳しいことから、市の支出は極力抑えつつ所要資金をどう調達するかという問題。

第三の問題は、市民参加型とはいえ、どのような形で市民に参加してもらうか、その背後にある事業の採算性の問題。

ここでは第一の問題、すなわち風車の規模と台数の選択の問題に取り組んでみよう。

風車の選定は風力発電に関する学識経験者を招いて、メーカーから提示された資料を中心に市の担当者とNPO法人とで調査研究を進めた。電力会社の営業所の配電技術者にも参加してもらい系統連系運用上の諸問題についても調査を行った。

調査の結果を要約すると以下ようになった。

風車のパンフレットには平均風速と年間発電量との相関図が載っているが、同じ平均風速でも「風速の階級別出現頻度分布」により、また「風車の風速階級別発電出力」により年間発電可能量はかなり異なってくる。

この点を理解してもらうために次のような例を挙げた。

- ・風速 5 ～ 6m の場合の発電出力は定格出力の 10%程度（メーカー資料）
- ・風速 10 ～ 12m の場合の発電出力は定格出力の 65%程度（メーカー資料）
- ・年間平均風速 5 ～ 6m の時の風速出現頻度
 - 極端な例だが A ケース：いつも 5 ～ 6m で 100%出現
 - B ケース：0m が 50%、10 ～ 12m が 50%出現
- ・ A ケースの年間発電量： $8,760 \text{ 時間} \times 100\% \times 1,000\text{kW} \times 10\% = 876,000 \text{ kWh}$
- ・ B ケースの年間発電量： $8,760 \text{ 時間} \times 50\% \times 1,000 \text{ kW} \times 0\% + 8,760 \text{ 時間} \times 50\% \times 1,000 \text{ kW} \times 65\% = 2,847,600 \text{ kWh}$

となり、現実にはありえないがこのような極端な場合その差は3倍以上になる。そこであけぼの高原で推測される「風速の階級別出現頻度分布」をもとに、各社の風車について各社から取り寄せた「風車の風速階級別発電出力」（出力曲線）から年間発電量を推計し、設備利用率を比較した結果、1,000 kW 級ではA風車、300 kW 級ではB風車が残った。

まず風速の階級別出現頻度の推計であるが、前掲図のようになり、風速 5m 前後の出現がもっとも高くなるものであった。

A風車は風速 12 ～ 13m で定格出力に達し、風速 8 ～ 9m あたりでもっとも発電量を多く稼ぐ風車であり、1,000 kW クラスの他の風車に比べて比較的低風速で効率のよい風車になっている。

一方のB風車は 300 kW という中型の風車であるが低風速地域に適合する設計がなされており、風速 7 ～ 8m での発電量が年間を通じて最も多くなるという。

この結果高い設備利用率が期待できることになる。

以下に候補として残ったA風車とB風車のデータを掲載する。

A風車1基あたりの発電量

風力発電機	巻線誘導機 1,000 kW (WA)
年間平均風速	6.5 m/s

風速の階級 m/s	階級別出現時間 時間/年	階級別発電出力 kW	年間発電量 kWh/年
0～1	75	0	
1～2	130	0	
2～3	290	0	
3～4	750	10	
4～5	1,380	40	
5～6	1,562	120	
6～7	1,449	190	
7～8	981	310	
8～9	720	470	
9～10	488	640	
10～11	322	830	
11～12	158	960	
12～13	113	1,000	
13～14	97	1,000	
14～15	77	1,000	
15～16	46	1,000	
16～17	37	1,000	
17～18	16	1,000	
18～19	11	1,000	
19～20	6	1,000	
20～21	5	1,000	
21～22	3	1,000	
22～23	3	1,000	
23～24	3	1,000	
24～25	2	1,000	
25～	1	0	
上記以外	35	0	
合計	8,760		
所内率		3%	
所内消費			
有効発電量			

設備利用率	%
-------	---

B風車 1 基あたりの発電量

風力発電機	通常の誘導機 300 kW (WB)
年間平均風速	6.5 m/s

風速の階級	階級別出現時間	階級別発電出力	年間発電量
m/s	時間/年	kW	kWh/年
0～1	75	0	0
1～2	130	0	0
2～3	290	0	0
3～4	750	6	4,500
4～5	1,380	36	49,680
5～6	1,562	48	74,976
6～7	1,449	69	99,981
7～8	981	120	117,720
8～9	720	159	114,480
9～10	488	201	98,088
10～11	322	258	83,076
11～12	158	294	46,452
12～13	113	300	33,900
13～14	97	300	29,100
14～15	77	300	23,100
15～16	46	300	13,800
16～17	37	300	11,100
17～18	16	300	4,800
18～19	11	300	3,300
19～20	6	300	1,800
20～21	5	300	1,500
21～22	3	300	900
22～23	3	300	900
23～24	3	300	900
24～25	2	300	600
25～	1	0	0
上記以外	35	0	0
合計	8,760		814,653
所内率		3%	
所内消費			24,440
有効発電量			790,213

設備利用率	30.1%
-------	-------

③機種を選定、構成の決定

次の検討課題は、1,000kW 程度を 1,000kW 1 基で構成するか、300kW3 基で構成するかの問題であった。前提は年間平均風速 6.5m である。

両風車には経済性を判断する上で次のような大きな違いが見られた。

事業費の検討は③の項で検討するので、ここでは標準的なケースでの仮のデータを用い、あけぼの公園のサイトの建設条件問題は考慮の対象外としてある。

1,000 kW の A 風車：設備利用率 = 25.7%、総事業費 = 250,000 円 /kW
 300 kW の B 風車：設備利用率 = 30.1%、総事業費 = 350,000 円 /kW

経済性の面での優位性を年間発電量 1 kWh あたりの事業費でみると、

1,000 kW の A 風車：250,000 円 ÷ () = 円 /kWh
 300 kW の B 風車：350,000 円 ÷ () = 円 /kWh

となり、発電コストの大半が固定費であることを考えると、1,000 kW の風車のコスト面で若干の優位性がみられるが、メンテナンス時における機会損失（発電の機会を失う）は、1,000kW 1 基の場合よりも 300kW 3 基のほうが「リスク分散のメリット」で小さいことも検討された。しかし、そのメリットを計算に入れても、前提となった事業費のもとでは、1,000kW 風車の発電コスト面の優位性は明らかだったが、ここで大きな問題が浮上した。

それは風車のパーツ、特にブレードの輸送上の問題であった。風車のメーカーパンフレットを参照しながら諸問題を検討した。

輸送上の諸問題

問題 1	
問題 2	
問題 3	
問題 4	
問題 5	

総合的な検討の結果、B 風車、300kW クラス 3 基の構成で 900kW の風力発電所建設構想がまとまった。

④総事業費の想定

「市民風車」というふれこみでスタートした事業の最重要課題は、発電コストを左右する事業費をどう見積もり、調達するかであった。

取り扱い企業へ「すべてお任せ」の一括発注システムでは事業費が透明性を欠

くきらいがあるので、NPO法人のメンバーでエンジニアリング業務の経験者を中心に「効果的な発注方法」の検討会を発足させ、一般に報道されている事業費以下のレベルでの見積もりに成功した。

また事業費の調達方法については、公的資金からの拠出に多くを期待し、不足分は「市民風車」ということもあって、市には公募債を発行を許可してもらうことになった。

再生可能エネルギー全量買上制度で、風力発電からの電力が高めに設定されたことや、良好な風況と事業費の低さから発電コストが安くなり経済性も見込めることから公募債の利率は高くても大丈夫という見通しが背景にあった。

総事業費概算（想定）

（単位：千円）

積算基礎	金額
風力発電機本体 70,000千円×3基	210,000
系統連系装置、周辺機器費	30,000
基礎工事、据付工事、工事管理費、試運転費	60,000
システム設計費など	ボランテア
総事業費計	300,000
kW当たり	333
公的資金	100,000
差引資金調達額	200,000
資金調達	
公募債(10万円債 2000枚)	200,000
金融機関からの借入	当面なし
資金調達額計	200,000

⑤事業資金調達先の選定と計画

事業資金の調達計画については、最終的には、風車立地点がかなり風況の良いところである上、市のPR、NPO法人の積極的な呼びかけが功を奏して次のように決定した。

- ① 総事業費3億円のうち、地域の公的資金による助成金100,000千円を除く200,000千円は公募債で賄う。
- ② S市は利率3%で7年満期のミニ公募債「あけぼの風車債」を市民や市に立地する民間企業に発行する。
- ③ 事業からのキャッシュフロー（年次回収資金）は1.0%で運用し、事業収益として剰余金に繰り入れる。
- ④ 7年後にそれまでに積み立てた剰余金で満期返戻金が不足する場合は、不足額を新たな借入金で賄うか、それとも不足額で事業を売却することをあらかじめ考慮する。

また風力発電事業の運営に関する必要経費についても、NPO法人の働きかけで市内に立地する企業 20 社から 7 年間、毎年 100 万円が協賛金として提供され、運転要員についても、当面は『新規分野の「オン・ザ・ジョブ・トレーニング」の舞台になる』を名目としたボランティア・エンジニアの無償での確保が決まり、資金計画の骨子が固まった。

この資金計画案について問題点やその重要度、対策をグループで討議する。

	重要度	対 策
問題点 1 :		
問題点 2 :		
問題点 3 :		

⑥概略レイアウトの作成

⑦概略単線結線図の作成

素案を提示し、議論してもらう。

概略単線結線図を示す（会場で配布）

(5) 事業性検証

①概算事業費の目標額設定

配布する再生可能エネルギーに関する公的資料を参照しながら、グループ単位で目標額を検討する。

そのほか、この機種メーカーの意見書（口頭説明）を参照する。

②売電単価と発電コストの計算

この事業の経済性を左右する大きなファクターは売電単価であった。2012年4月に公表された再生可能エネルギー調達価格等算定委員会の資料によれば、20kW以上の風力発電の買取価格は、期間20年でkWhあたり22円（税抜き）と設定された。

この価格算定に際して使われた事業費は30万円/kWであるから、このテキストでの採用値33.3万円に比べて大きな差はなく、ファイナンスや施工条件次第では内部投資利益率8%を確保できる期待もある。

ただ、運転開始以降の心配は、万一の事故（落雷など）の場合の機会損失であるが、保険制度の研究と十分な付保（保険を掛けること）により機会損失

(Opportunity Cost) を極力回避する研究と対策を続けていくことも確認した。

以上を前提とした事業の経済計算を「発電コスト」と「長期事業収支」の形で展開する。ただし計算には付保の条件の関係もあり「万一の事故の場合の機会損失」は見込んでいない。

発電コスト（基準年度ベース）は次のように算定された。

なお、発電コストの計算上、事業費への公的資金投入による減価償却費の計算については、圧縮記帳を行わず、実態の事業費ベースで計算した。

ただし金融コストについては、前掲のファイナンス計画を前提にして計算しており、やや整合性の面で異なるが黙認しておこう。

また固定資産税については、市が事業の公共性に配慮して減免の可能性もあるが、規定通り評価額（総事業費の1/2）の1.4%の年度間平均値0.7%を税率として採用した。

損害保険料については、付保対象額を総事業費の1/2とし、保険料率、年0.5%を採用した。

年間有効発電量の計算

(単位：kWh)

年間発電端発電計画量 814,653kW×3基	2,443,959
操業ロス：機会損失は当面見込まない	—
年間実質発電端発電量	2,443,959
制御ロス：所内率3%を見込む	73,320
年間有効発電量（送電端）	2,370,639

発電コストの計算

年間発電原価は単位：千円 発電コストは単位：円/kWh

原価項目	年間発電原価	発電コスト	計算根拠
人件費	3,000	1.27	1人、ボランティア
減価償却費	17,647	7.44	300,000千円÷17年
メンテナンス費	3,666	1.55	発電端発電量×1.5円
損害保険料	750	0.32	300,000千円×1/2×0.5%
固定資産税	1,050	0.44	300,000千円×1/2×0.7%
公募債利子	4,000	1.69	公募債×2%/年
一般管理費	2,400	1.01	200千円×12か月
協賛金	－) 1,000	－) 0.42	7年間のみ
発電原価計	31,513	13.30	

運転要員費：1名の人件費、@は年間600万円だが市民のボランティアで半額

減価償却費：耐用年数17年、減価償却対象額は公的資金圧縮記帳をせず計算

メンテナンス費用：基準額：発電端発電量×1.5円/kWh

メンテナンス費用にはサイトの諸経費を含む

損害保険料：総事業費×付保率1/2×0.5%

固定資産税：総事業費×評価率50%×1.4%の1/2

公募債利子：(総事業費－公的資金)×2%

余剰資金運用利子：1%

一般管理費：月額200千円

③事業性向上、リスク回避のためのエンジニアリングの検討

テーマ	課題と対策
1. 風況精査	風速が 0.5m/s 変化しただけで発電コストは 16%も変化する。風況は最低でも地上 20m で少なくとも 1 年間の観測と分析が必要である。
2. 機種選定	連系する系統の容量には強弱があり、それに適合する発電機のタイプを条件として機種選定を行う必要がある。場合によっては調達範囲を海外にまで広げることも考えてよい。
3. 風車の配置	風車の配置如何ではウィンドファーム全体の発電量が変化する。最近では立地シミュレーション手法も開発されている。
4. 工事の手順	周到な工事計画の策定、工事施工監理のよしあしで工事費は大きく振れる。事前協議の徹底で機会損失の最小化を狙う。
5. メンテナンス対策	部品の欠品などは稼働率や設備利用率に大きな影響を与える。部品管理の徹底が発電コストにも影響する。
6. 社会システム	地域活性化事業として、幅広く関係者を結集することで、ファイナンスを有利に進める工夫も必要。

④長期事業収支の計算と長期キャッシュフローの計算

次のような条件の下で、風車の耐用年数 17 年間の長期事業収支を計算した。

条件 1. 私募債は 7 年間 2% で預かり、8 年目で元本を償還する。

条件 2. 売電単価は 22 円 /kWh

条件 3. メンテナンス費用は初年度＝基準額の 1.5 倍、次年度～5 年度までは基準の 70%、6 年度以降基準額になり、10 年度～基準の 1.25 倍と想定。

条件 4. 事業による回収資金は年率 1% で運用し、剰余金とする。

長期事業収支とキャッシュフローの計算

摘 要	計算基礎	初年度	2年度	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度
		金額						
事業資金								
総事業費								
風力発電設備	本体70,000千円/基×3基	210,000						
系統連系設備		30,000						
工事費その他	基礎工事を含む	60,000						
総事業費計		300,000						
事業費調達								
公的資金投入		100,000						
公募債発行額		200,000						
調達額計		300,000						
販売電力収入								
年間発電量	2,443,959 kWh							
風車制御用消費	発電量の3%として73,320 kWh							
販売電力収入	2,370,639 kWh × @22円/kWh	52,154	52,154	52,154	52,154	52,154	52,154	52,154
発電コスト								
人件費	オンザジョブトレーニング・ボランティア	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
減価償却費	300,000千円÷17年	17,647	17,647	17,647	17,647	17,647	17,647	17,647
修繕費	発電量×1.5円/kWhを基準(3,666)	5,499	2,589	2,589	2,588	2,589	3,666	3,666
損害保険料	付保率50% 保険料率0.5%	750	750	750	750	750	750	750
固定資産税	平均値を計上	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
公募債利子	出資金×2%、7年間	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
一般管理費	月額200,000円	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
(-)協賛金	7年間	(-)1,000	(-)1,000	(-)1,000	(-)1,000	(-)1,000	(-)1,000	(-)1,000
発電コスト計		33,346	30,436	30,436	30,436	30,436	31,513	31,513
事業収益		18,808	21,718	21,718	21,718	21,718	20,641	20,641
キャッシュフロー								
当期回収資金		36,455	39,365	39,365	39,365	39,365	38,288	38,288
累積回収資金	余剰金	36,455	75,820	115,550	155,677	196,205	236,061	276,327
余剰金運用利子	年利1%	—	365	762	1,163	1,568	1,978	2,380
累積回収資金合計		36,455	76,185	116,312	156,840	197,773	238,039	278,707
公募債返還		—	—	—	—	—	—	—
累積回収資金残	市募債返還後	—	—	—	—	—	—	—

摘 要	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度	14年度	15年度	16年度	17年度
	金額									
事業資金										
総事業費										
風力発電設備										
系統連系設備										
工事費その他										
総事業費計										
事業費調達										
補助金など										
市募債発行額										
調達額計										
販売電力収入										
年間発電量										
風車制御用消費										
販売電力収入	52,154	52,154	52,154	52,154	52,154	52,154	52,154	52,154	52,154	52,154
発電コスト										
人件費	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
減価償却費	17,647	17,647	17,647	17,647	17,647	17,647	17,647	17,647	17,647	17,647
修繕費	3,666	3,666	3,666	4,583	4,583	4,583	4,583	4,583	4,583	4,583
損害保険料	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
固定資産税	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
公募債利子	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
一般管理費	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
(-)協賛金	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
発電コスト計	28,513	28,513	28,513	29,436	29,436	29,436	29,436	29,436	29,436	29,436
事業収益	23,641	23,641	23,641	22,724	22,724	22,724	22,724	22,724	22,724	22,724
キャッシュフロー										
当期回収資金	46,160	46,160	46,160	40,371	40,371	40,371	40,371	40,371	40,371	40,371
累積回収資金	324,867	173,814	221,250	263,372	305,973	349,000	392,457	436,349	480,680	525,454
余剰金運用利子	2,787	1,276	1,751	2,230	2,656	3,086	3,521	3,960	4,403	4,851
累積回収資金合計	327,654	175,090	223,001	265,602	308,629	352,086	395,978	440,309	485,083	530,305
公募債返還	200,000									
累積回収資金残	127,654									

⑤経済性評価

様々な好条件が重なったことにより事業の経済性はきわめて良好になる見通しになった。公募債 200,000 千円は 8 年目で全額償還でき、公的資金 100,000 千円の返却も可能となる。

17 年目の累積資金回収額は公募債 200,000 千円返還前で 730,305 千円となり、初期投資額 300,000 千円は、17 年目で 730,305 千円に増加した計算になる。

$$300,000 (1 + r) 17 = 730,305$$

から、 $r = 5.37\%$ になり、

また公募債への利子支払い額累計 28,000 千円までも加えると、

$$300,000 (1 + r) 17 = 758,305$$

から、 $r = 5.93\%$ になる。

調達価格等算定委員会が想定した内部投資利益率 (IRR) 8%には及ばないが、かなりの高収益事業になることが伺える。

(注) この%は一般債権の利回りとは異なる点に注意が必要である。

⑥環境効果の検証

省エネプランから期待される環境効果を CO₂ 排出量削減量と原油換算削減量によって試算した。電力の CO₂ 排出係数は平成 18 年 3 月発表の環境省「改正地球温暖化対策推進に関する法律施行令」に基づく 0.555 kg/kWh を採用した。また、CO₂1t (年ベース) 削減に要する初期投資額をも試算した。

環境効果

エネルギー消費量		CO ₂ 削減効果		原油換算削減効果	
		排出原単位	CO ₂ 排出量	消費原単位	原油消費量
電力					
商用発電量	2,370,639kWh	0.555kg/kWh	1,316 t	0.254L/kWh	602 kL
風力発電量	2,370,639kWh	—	—	—	—
削減量			1,316 t		602 kL
削減率			100 %		100 %

CO ₂ 削減量	初期投資額	CO ₂ 1t 削減に要する投資額
1,316 t/年	300,000 千円	228 千円/t

[参考までに検証]

平均風速の違いにより発電量がどのように変化するかを試算例でみてみましょう。

4.5 m ~ 7.5 m /s までの 7 段階の平均風速に対して、300kW の風車の発電量を、風速の階級別出力分布によって試算したものを示す。

(コピー 7 枚を配布する)

[演習の最後に再確認]

次の工程表により、演習のプロセスをフォローし確認する

(工程表はコピーを配布)