

風力を利用した水素製造

(独)国立環境研究所 内山政弘

I はじめに 地球温暖化問題の、つまり二酸化炭素削減の観点から自然エネルギー利用に興味がもたれている。また、化石燃料の賦存量は今世紀半ばまでとの指摘もあり、近い将来は持続可能なエネルギーのみで社会を維持する必要があることが指摘されている。基幹エネルギーの候補としては核分裂、核融合、自然エネルギーがある。核分裂燃料も有限であるし、核融合炉は未だ実験段階である。自然エネルギーとしては潮汐発電と太陽エネルギーがあり、太陽エネルギーには宇宙発電、風力発電、太陽光発電、太陽熱発電(ソラータワー)、バイオマス、波浪発電、海洋温度差発電などがある。ここで注意しなければいけないのは、自然エネルギーの内、持続可能なエネルギーは地球表面に「現在」降り注いでいる太陽エネルギーである事である。

この点および環境影響評価が困難である点から海洋温度差発電は基幹エネルギーとは成り得ないと思われる。宇宙発電は構想段階であるので、化石資源に替わる基幹エネルギー候補の自然エネルギーとしては太陽光、そして洋上を含めた風力であると思われる。

風力や太陽光エネルギーは地球全体での利用可能な総量は大きいものの、エネルギー面密度が化石燃料のように大きくなないこと、および変動が大きいことが欠点であると言われて来た。

「低い面密度」に対しては陸地面積の約 12 倍(447 万 km²) の面積を有する排他的経済水域を、「大きな変動」に対しては水素という化学

エネルギーで貯蔵を行う事により、即ち「エネルギーの供給と消費の分離」を行うことにより「欠点」の克服は可能であると考えられる。

これらを具体的に実現するシステムとして演者らが検討を行っている帆走型(非係留型)洋上発電システムを紹介する。構造物として実現可能か否かと共に、経済性も検討を行った。なお、この場合の経済性とはいわゆる市場経済性のことを目指すのではない。つまり、生涯生成エネルギーから生涯稼動エネルギーとシステム構築エネルギーを差し引いた収支を考える。実は現在使用している発電装置の中には、この実質生涯生成エネルギー収支のマイナスのものが少なくない。これは化石燃料が無限にあるような錯覚と、そのために現状の価格が安すぎることによる。その錯覚の中での経済性に惑わされてはならない。

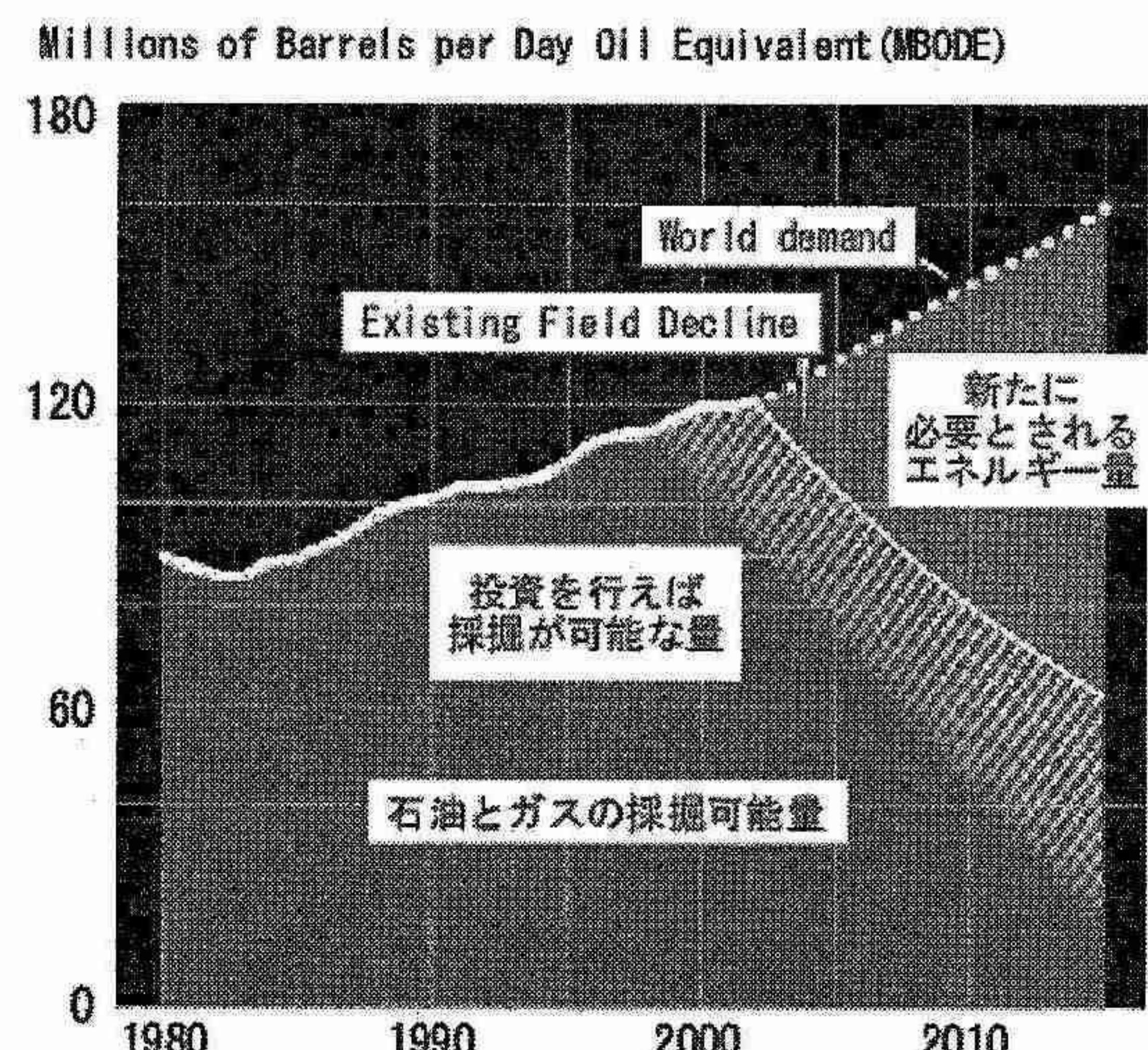


図 1 Supplying Oil and Gas Demand Will Require Major

II 帆走式洋上風力発電(Sailing Wind)

水素社会が始まる頃、すなわち燃料電池が一般化すればもはや電力系統に繋ぐ必要はなく、高価な送電線は不要であり、水素を発生させれば事足りる。水素を船で運ぶとすると、陸地までの距離も関係ない。そうなれば適度の風が吹いている場所を求めて移動出来るようにすれば何時も効率よく発電できるし、台風を避けて移動すれば大波や暴風に遭わずにすむ。移動可能にすることで発電量を増やす上に、設計荷重を下げられる訳である。普通の塩水の電気分解では陽極で塩素が発生し環境に害を与える。淡水の電気分解は技術的には高効率のものが開発されているが、電極に希少金属の白金を用いていたため大規模の基幹エネルギーとしては成り立たない。一方、塩素を発生しない陽極の工夫に関しては東北工大の橋本が希少金属を使わない電極材を開発し、この問題を解決している。

風車を洋上で移動するプラットフォームに載せることにすると、ある程度の数の風車を纏めた

ほうが操船上も容易であるし、水素発生装置やその他の周辺機器も纏められて有利である。またプラットフォーム同士の衝突の危険を減らすためにも必要である。そこで後流影響を 600m とすると双胴浮体 1 列風車が一つの候補となる。

1. 概念図 概念を図 2 に示す。これは以下の条件の下に検討された。
 • 外洋環境下で安定した強度を維持し、風力発電に悪影響を与えない配置を提供する浮体構造とする。
 • 水深が数千 m となる海域でも位置保持可能とする。
 • 巨大低気圧等による荒天海象にも対応する。
 • 100 年を超える長期耐用性、維持補修性を有する。

風と波により押し流されないで位置を保持する力を発生させるためにヨットと同様の揚力を利用する。つまり、一点に留まるのではなく、風に垂直に走りながら流される力に拮抗する力を発生し、適当な位置でユーターンすると言う動作を繰り返して凡そその位置を保持する事となる。風車抗力、波漂流力に十分対抗する揚力をストラットに発生させるためには、それに十分な前

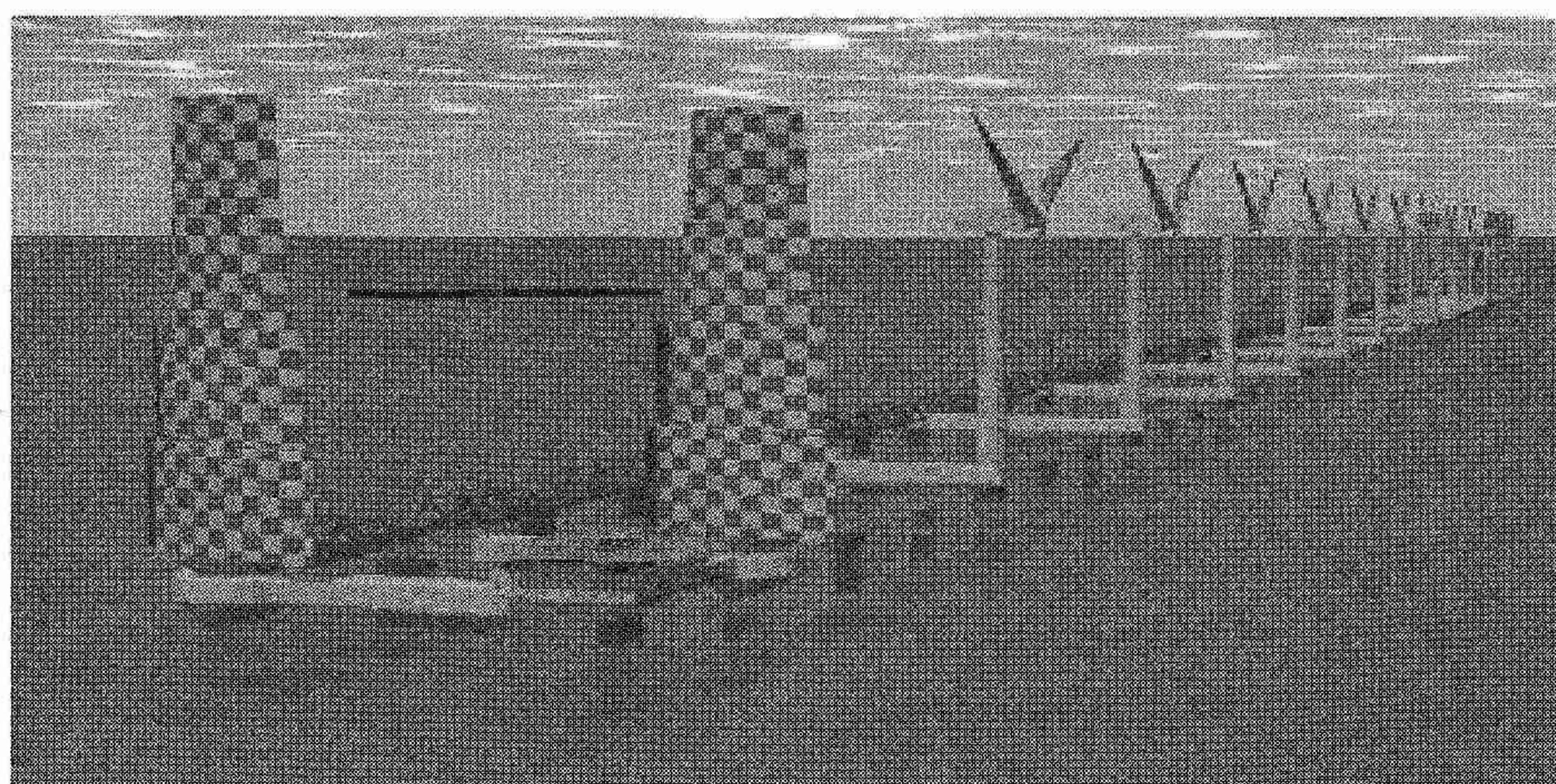


図 2 帆走式洋上発電

進速度が必要である。前進速度を得る方法として帆翼とスラスター(スクリュー)が考えられるが、安全性確保の観点から両方を装備することが望ましい。

帆走式海上風力発電の場合、暴風大波高の状況での安全性は極めて重要であり、大波高の時でも波に流されない波喰い推進浮体は安全性を増す上で大切である。波喰い推進はロワーハルを翼型にすることで実現できる。水槽模型で実験を行い、実験周波数全域で波に向かう推力発生を確認してた。このときは、波浪推進により波漂流力を打ち消すばかりでなく、それ以上に大きな推力の発生が見られている。

2. 帆走シミュレーション 風速 14m/s、有義波高 2m (波周期 5 秒) の時、帆のみで、風上に移動できるかを否かを検討したところ、5MW 風車を 11 基/浮体まで搭載可能な結果となっている。図 3 にシミュレーション計算で求めた帆走ポーラー曲線を示す。風上側に少し上ることが出来、風波に対して真横 (90 度もしくは 270 度の方向) に移動する時の速力は 4.8 ノットである。

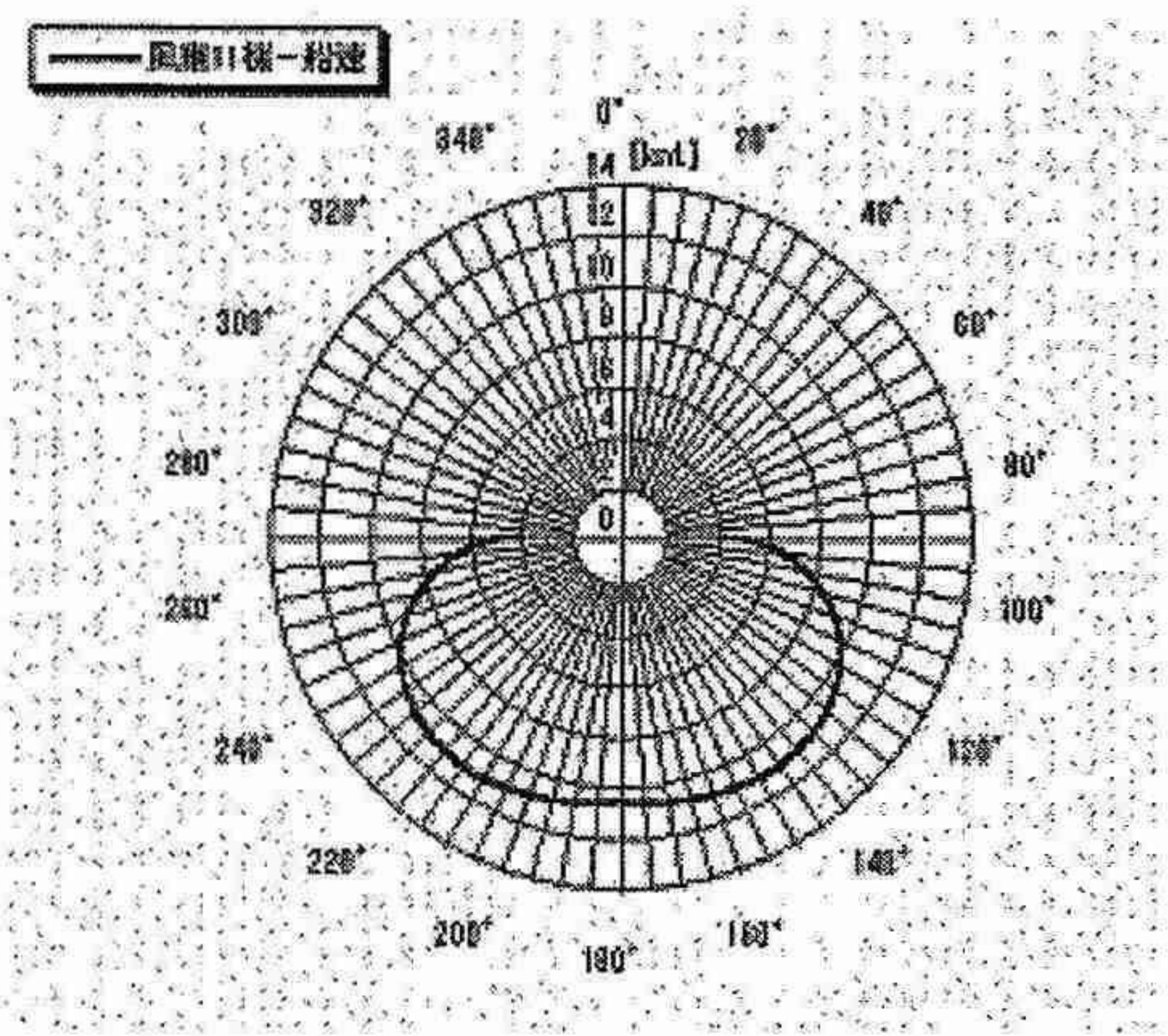


図 3 帆走ポーラ曲線

ットであり、帆のみで位置保持可能であるとの結果となっている。

台風回避シミュレーションを行った。図 4 に台風経路とシミュレーション時の浮体初期位置 (8 月 3 日の浮体位置) との関係を示す。図中の破線は沖ノ鳥島 EEZ 円を表す。8 月 3 日～8 月 9 日までのシミュレーションによる浮体の航跡一例を図に示した。浮体が遭遇した有義波高は 6m 以下であり、スラスター併用によって危険な海象を回避できている。なお 1 週間 (8 月 3 日～8 月 9 日) の風車の積算発電電力量は約 330 万 kWh、台風回避用に消費したスラスターの積算電力量は約 64 万 kWh、すなわちスラスターの消費電力量は風車の発電電力量の 19.2% であった。多数のシミュレーションの結果、スラスターに関しては定格出力 4,200kW × 6 基の装備によって最大 7～8 ノットの退避速力が得られること、本浮体の位置保持性能に関しては、通常の稼動条件下において、帆のみを推進力として風に流されずに一定の海域内において運用可能であることが判った。

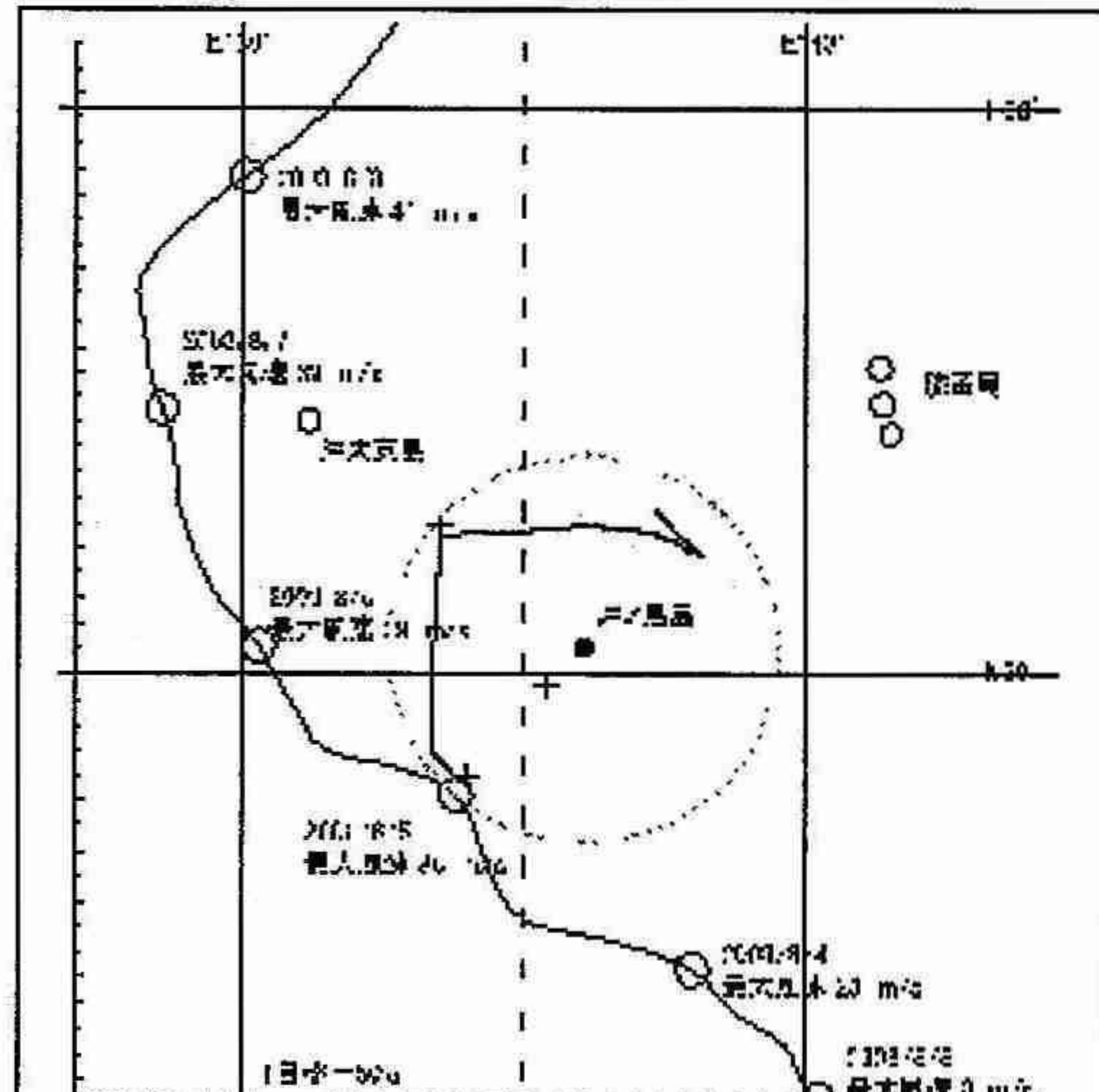


図 4 台風回避シミュレーション

3. 想定発電量 2002 年度の日本の総発電量は、エネルギー収支比=4.04、エネルギー・ペイ・バ
 9.45×10^7 (11) kWh と言われており、この内、18%を占める石炭火力発電に匹敵する発電量を風力発電で賄い、陸上に供給することを考える。現時点で実現が視野に入っている大型風車として 5MW 級の風車を搭載するとすると、条件を考慮して約 15,500 基の 5MW 風車が必要となる。浮体上に 11 基の 5MW 風車を搭載するとすると、約 1,400 ユニットの浮体を洋上に展開することになる。10km 四方に 1 ユニットを配置するとすると、 $100 \text{ km}^2 \times 1400 \text{ ユニット} = 140,000 \text{ km}^2$ の面積が必要となる。約 3.5 % の水域を浮体式風力発電システムの海域として占めるだけ良いこととなる。水素変換効率にもよるが、我が国 2002 年度 CO₂ 排出量(約 13 億トン/年)の約 10% の CO₂ 排出削減の可能性があることとなる。

III エネルギー LCA 図 5 に海水の直接電解の場合のエネルギー収支を計算の結果を示す。エ

ック・タイム(EPBT)=22.7 年となった。浮体の耐用年数は 100 年で設計してあるので、建造後 23 年で建造と維持(100 年間)に掛かるエネルギーが回収出来、残りの耐用年数で発生されるエネルギーが純粋に生産したエネルギーとなる。より成熟した技術として海水を淡水化下後にアルカリ電解するとすると、エネルギー収支比=6.98、エネルギー・ペイ・バック・タイム(EPBT)=12.6 年となる。

参考文献

木下健 他, 2005, 「環境負荷の小さい基幹エネルギーとしての帆走型洋上発電」, 日本船舶海洋工学学会論文集, 1, 43-53

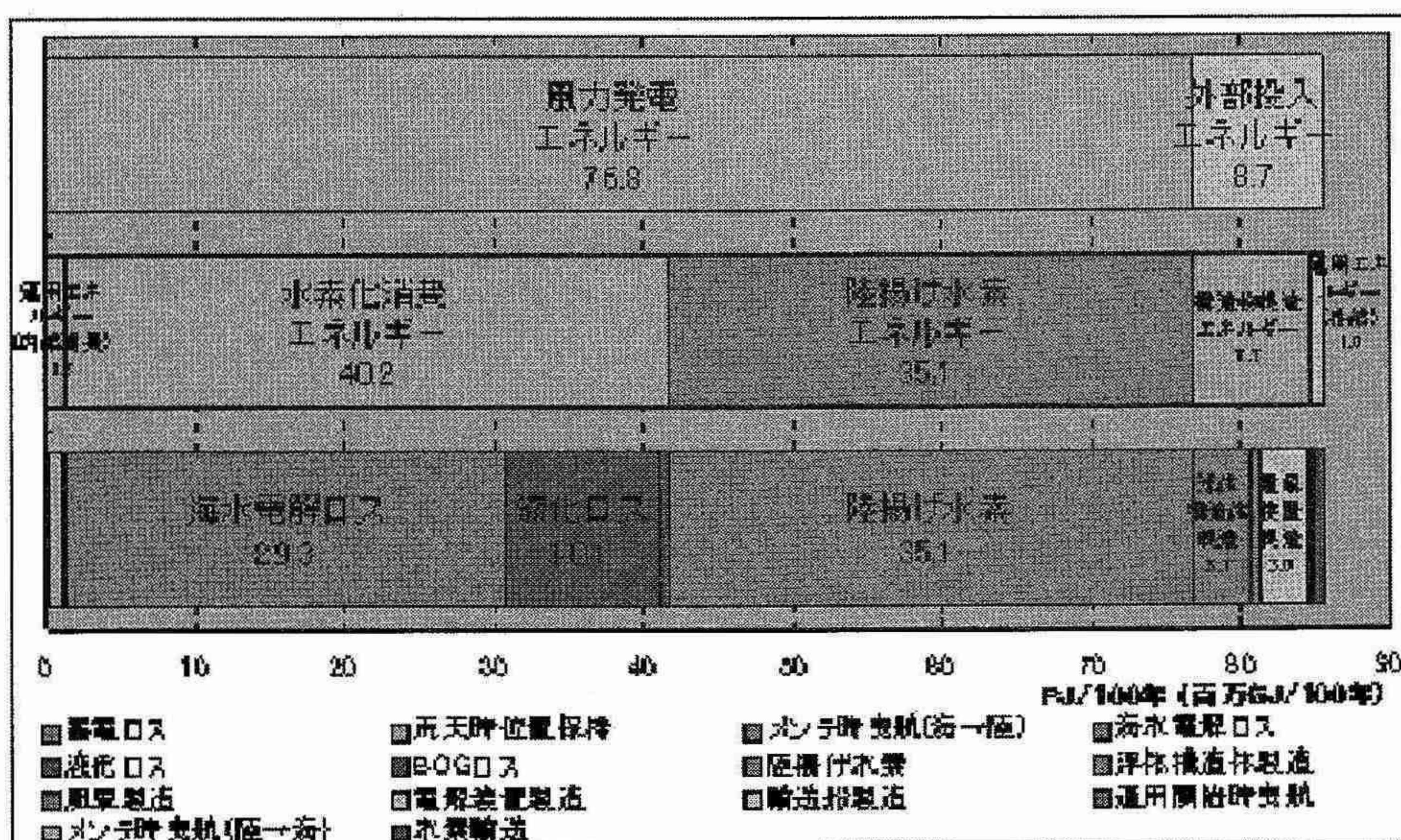


図 4 エネルギーLCA