

# 柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性向上の取り組み状況

平成19年7月16日発生の新潟県中越沖地震を受け、発電所周辺の地質調査結果や地震観測データの分析結果をもとに、発電所の耐震安全性の評価に用いる基準地震動をとりまとめ、平成20年5月22日に原子力安全・保安院に報告いたしました。

今回とりまとめた基準地震動について、お知らせいたします。(基準地震動の詳細についてはP.7を参照)

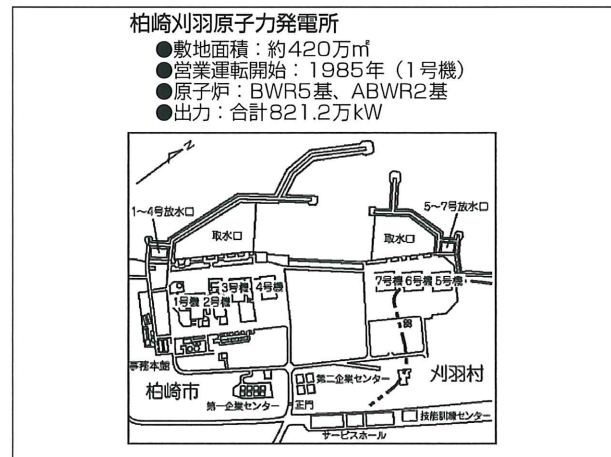
## 1 中越沖地震の分析

中越沖地震は、これまでの地震と比較して、大きな特徴がありました。それは、周辺と比べ発電所が大きく揺れたことと、1～4号機(荒浜)側の方が、5～7号機(大湊)側よりも大きな揺れに見舞われたことです。

### ■ 中越沖地震の概要



### ■ 発電所の概要



### ■ 中越沖地震での発電所の揺れの特徴

1～4号機の揺れが大きい

	原子炉建屋基礎版	1号機	2号機	3号機	4号機	7号機	6号機	5号機	単位:ガル
	S2による揺れ	273	167	193	194	263	263	254	
	中越沖地震(観測値)	680	606	384	492	356	322	442	
	解放基盤表面での揺れ	1号機	2号機	3号機	4号機	7号機	6号機	5号機	
	基準地震動S2(発電所建設時)	450							
	推定された揺れ	1,699	1,011	1,113	1,478	613	539	766	

ガル:地震による地盤や建物などの揺れの大きさを表す加速度の単位

原子炉建屋基礎版:原子炉建屋の最地下階部

(P.7「原子炉建屋基礎版の地震動評価」参照)

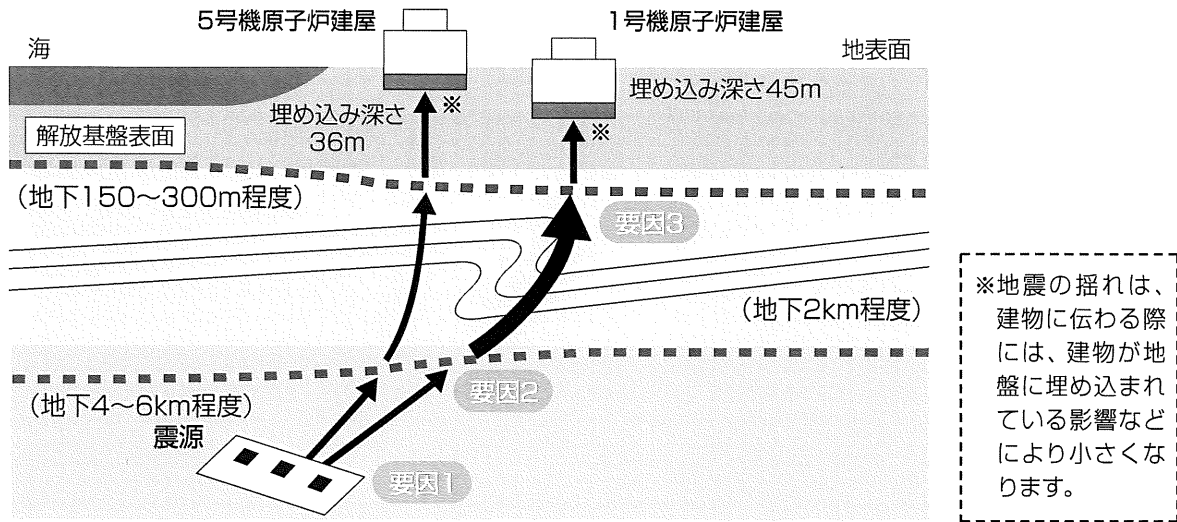
### ● 中越沖地震の揺れを受けても重要な設備は健全でした。

安全上重要な設備は、一般建築物に建築基準法で要求される3倍以上の地震力(静的地震力)に耐えるだけの耐震強度を有しています。中越沖地震の揺れは基準地震動の大きさを上回るものでしたが、揺れによってこれらの設備に加わった力は、静的地震力も考慮した設計値とほぼ同じレベルでした。設計上の余裕を各所で見込んであること等により、設備の健全性は保たれ、安全機能は確実に働きました。

## 2 地震メカニズムの解明

当社は、発電所周辺の地質・地下構造の調査を、海域・陸域とも詳細に実施しました。調査の結果、地震の揺れが、増幅されていくメカニズムが分かりました。

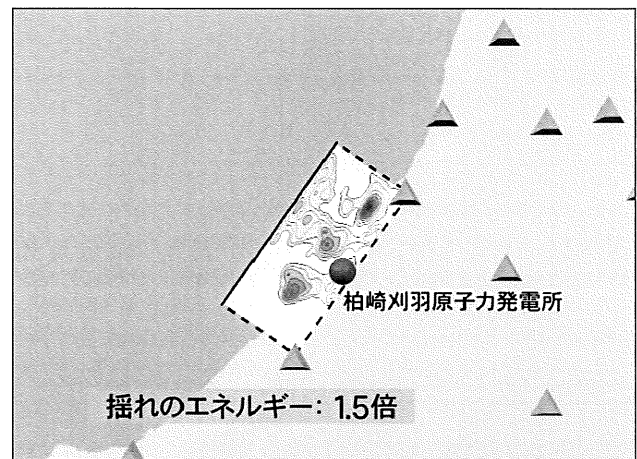
### (1) 発電所での揺れが大きくなった要因



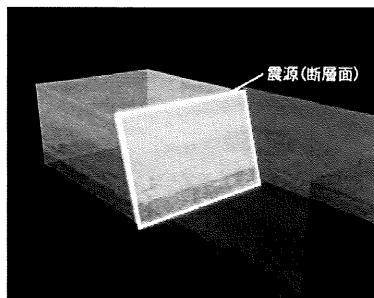
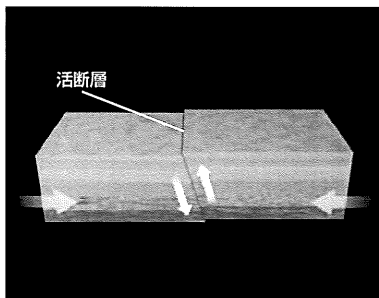
### 要因1 地震規模から推定される揺れが通常より大きかった(約1.5倍)

当社は、柏崎刈羽原子力発電所内の地震計を始め、新潟県各地に設置されている地震観測点で観測された地震の揺れの記録を用いて、震源に関する解析を実施しました。その結果、この震源(断層面)は、同程度の規模の地震の1.5倍程度の地震動を発生させる特徴があることが分かりました。

### ■ 中越沖地震：観測点と震源の解析結果

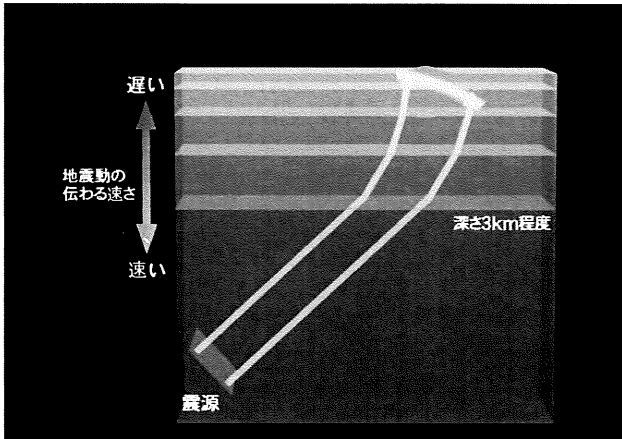


### ■ 地震が発生するメカニズム

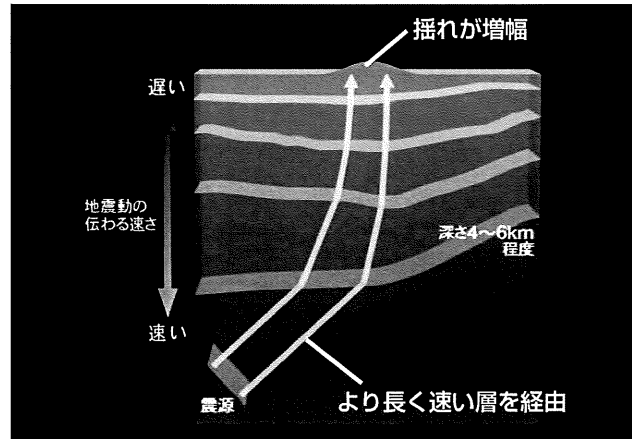


### 要因2 深部地盤の傾きにより波が同時集中した(約2倍)

発電所周辺では、地表から深さ4～6kmまで通常よりも深く堆積層が広がっています。一般的に、震源から伝わった波は、堆積層の中では伝わる速度が遅くなります。今回、この厚い堆積層に先に入った波に、堅い層を高速で進んだ波が追いつく現象が起こったと考えています。このように、時間差をおいて発生した波が、発電所に同時に到達することにより、揺れが大きくなることが分かりました。この現象で2倍程度の増幅が起こると考えています。



【参考】一般的な地盤での地震波の伝わり方



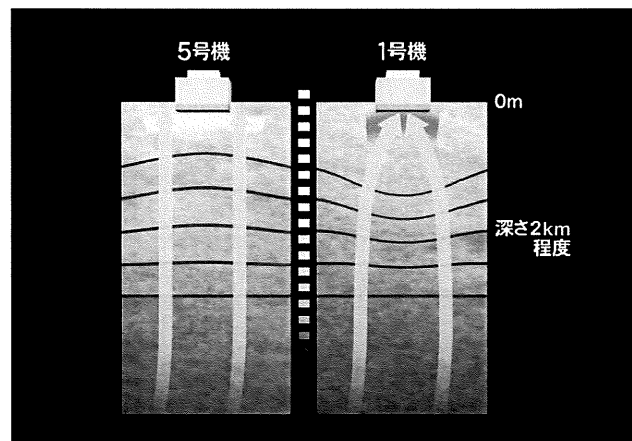
【要因2：図解】柏崎刈羽原子力：堆積層が厚く傾斜しているため、後から来た波が追いつき揺れが増幅

### (2) 1～4号機が5～7号機に比べ、大きな揺れを観測した要因

#### 要因3 敷地地盤の褶曲構造により1～4号機側に波が集中した(約2倍)

発電所の地下2kmくらいのところには、古い褶曲構造があります。この褶曲構造の谷の部分の上に1～4号機が、山の部分の上に5～7号機が位置しています。谷状になっている部分では、レンズのように地震の波が集中することから、1～4号機(荒浜)側の地震動が、さらに2倍程度強まったと考えられます。

褶曲(しゅうきよく)：地殻にはたらく力によって地層が波状に押し曲げられること。また、その状態。



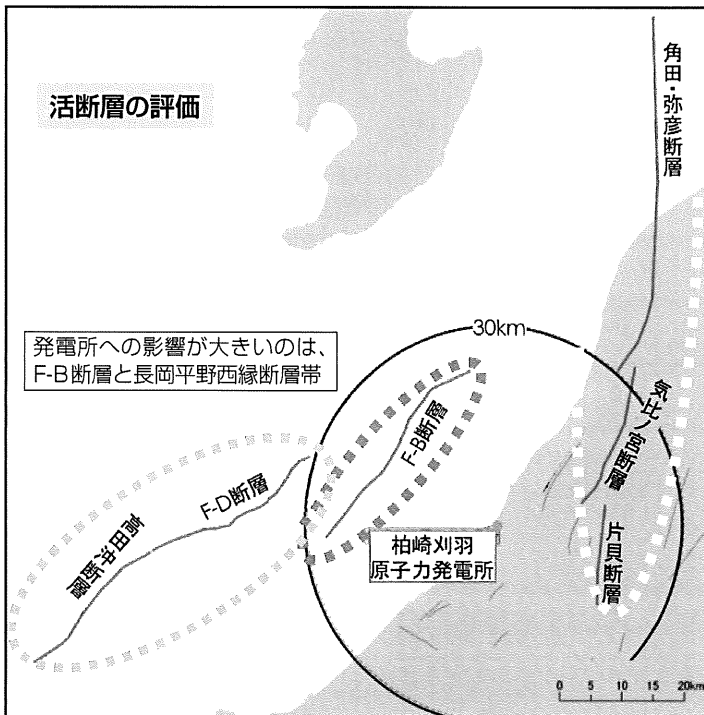
【要因3：図解】海側から来る地震波は1～4号機側で5～7号機に比べ2倍に増幅

### 3 基準地震動のとりまとめ

#### (1) 断層の評価

地震の規模は、活断層の長さに関係することから、活断層の長さを慎重に評価しました。活断層によって生じる地震は、活断層が長いと規模が大きくなる傾向が分かっています。そこで、敷地周辺の活断層のうち、海域では、F-B断層については、調査結果の27kmをさらに7km分長いものとして、全長を34kmと評価しました。また、F-D断層と高田沖断層が同時に活動する場合を考えました。陸域では、角田・弥彦断層、気比ノ宮断層、片貝断層が同時に活動する場合（長岡平野西縁断層帯）を考えました。これらの活断層が発電所に及ぼす影響を評価した結果、発電所への影響が大きいものとして、F-B断層と長岡平野西縁断層帯によって生じる地震を選定しました。

活断層		断層長さ	地震規模		備考
F-B断層		約34km (約27km)	34km	M7.0	安全評価上、全長を約34kmと評価
ナガオカヘイヤ 長岡平野 西縁断層帯	カクダ・ヤヒコ 角田・弥彦断層	約54km	91km	M8.1	安全評価上、同時に活動することを考慮
	キヒ ミヤ 気比ノ宮断層	約22km			
	カタカイ 片貝断層	約16km			
F-D断層		約30km	55km	M7.7	安全評価上、同時に活動することを考慮
高田沖断層		約25km			



#### <海上音波探査>

期間：平成19年8月～11月  
区域：中越沖140km×50km  
(総延長1,450km)

#### <陸域地下構造の探査>

期間：平成19年9月～  
区域：総延長約120km



結果を国の委員会に報告  
(平成20年3月27日)

(2) 基準地震動

発電所への影響が大きいものとして選定したF-B断層(海域)と長岡平野西縁断層帯(陸域)によって生じる地震の揺れを、前述の地震動増幅メカニズムを反映したうえで、2つの手法\*で評価し、この評価結果に基づき、発電所の耐震安全性評価に用いる地震(=基準地震動)を設定しました。この基準地震動による解放基盤表面<sup>(注1)</sup>での揺れは、1~4号機側:2,280ガル、5~7号機側:1,156ガルとなりました。また、この基準地震動による原子炉建屋基礎版<sup>(注2)</sup>での揺れは、543ガルとなりました。

\*応答スペクトル法と断層モデル法。活断層が起こす地震動を推定する手法で、国の定めた「耐震設計審査指針」では、この2つの手法を用いることが示されています。

(注1) 解放基盤表面

地下の固い地盤上に表層や構造物がないものとして設定する仮想的な岩盤面

(注2) 原子炉建屋基礎版

原子炉建屋の最地下階部

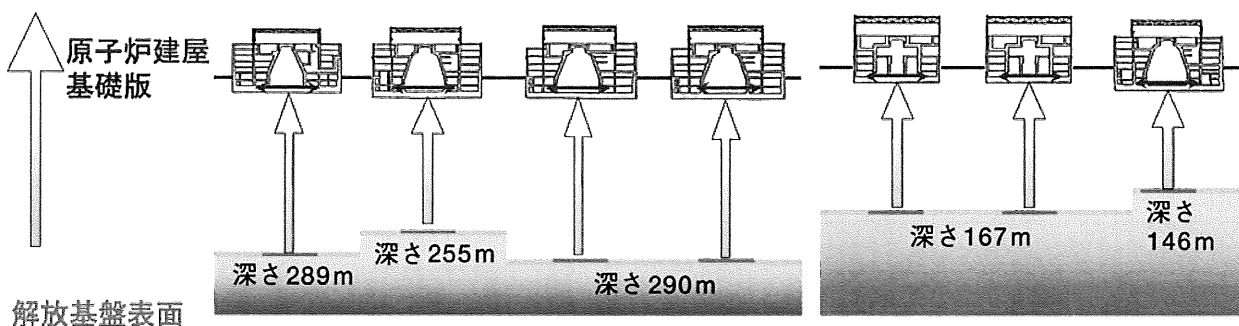
● 原子炉建屋基礎版の地震動評価

- ・基準地震動は地中約150~300メートルの解放基盤表面と呼ばれる地点での地震動です。原子力発電所の設備の耐震強度を考えるには、原子炉建屋基礎版での地震動が重要です。
- ・各号機について基準地震動が地表近くの原子炉建屋にどのように伝わるかを計算し、原子炉建屋基礎版上での地震動を評価しました。

■ 基準地震動・原子炉建屋基礎版での揺れ

単位:ガル

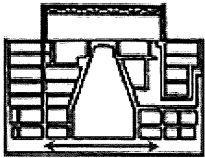
ユニット配置順	1号機	2号機	3号機	4号機	7号機	6号機	5号機
中越沖地震 (観測値)	680	606	384	492	356	322	442
基準地震動による揺れ	829	739	663	699	642	656	543



基準地震動	2,280 (1~4号機)	1,156 (5~7号機)
-------	---------------	---------------

## 4 耐震安全性向上に向けて

同じ地震を想定する場合、1～4号機（荒浜）側と5～7号機（大湊）側さらに個別のユニット（号機）の地震の揺れは異なっていますが、当社は、耐震強化に向けた揺れを原子炉建屋基礎版で一律1,000ガルとしました。今後、設備の耐震安全性の評価を行い、安全性向上のための工事を行っていきたいと考えています。今後、国・県の審議会で、地震メカニズム、活断層の評価や基準地震動のあり方などが審議される予定ですが、当社は、これらの審議の結果を適切に反映します。



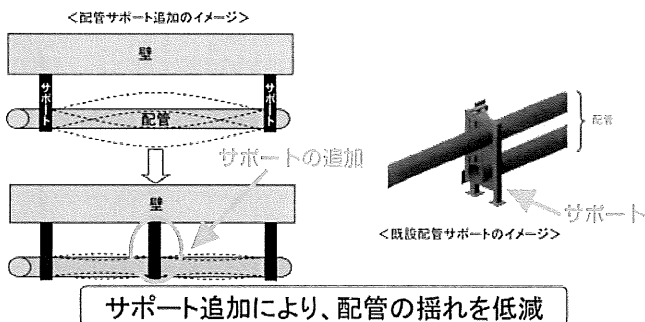
原子炉建屋基礎版

全号機で耐震安全性向上工事のベースとなる地震の揺れを原子炉建屋基礎版上で1,000ガルとしました。

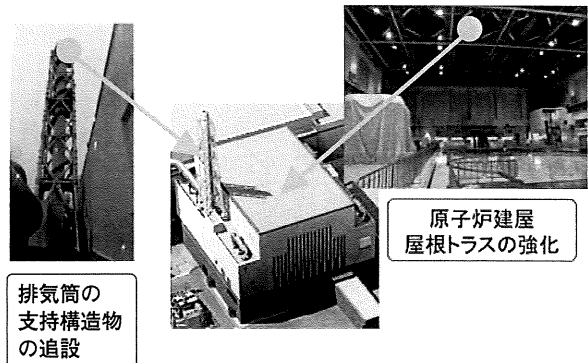
単位:ガル

	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
中越沖地震 (観測値)	680	606	384	492	442	322	356
基準地震動による揺れ	829	739	663	699	543	656	642
耐震安全性向上工事のベースとなる地震の揺れ	1,000						

### ■ 安全性向上のための工事例①



### ■ 安全性向上のための工事例②



本件は、当社ホームページ (<http://www.tepco.co.jp>)  
にも掲載しておりますので、ぜひご覧ください。

# 当社の環境への取り組み

～はじめに～

日本では、地球温暖化の原因とされるCO<sub>2</sub>排出の9割以上がエネルギー利用に由来することから、エネルギー事業者にとって地球温暖化問題は事業の根幹に関わる課題です。当社の事業活動が環境に与える影響を自覚したうえで、企業市民として社会的責任を果たすため、さらなる努力を続けてまいります。6月の「TEPCO環境月間」にあたり今回のレポートでは、その具体的取り組みについて紹介します。

特に、今年は京都議定書の第一約束期間(2008年～2012年)の初年度を迎え、地球温暖化が北海道洞爺湖サミットの主要議題とされるなど、地球温暖化問題は、国際的な重要課題となっています。そのような中、当社の発電出力の約1割、発電電力量では約2割を担う柏崎刈羽原子力発電所の運転停止により、平成19年度(2007年度)の当社のCO<sub>2</sub>排出量は当初見通しから約3割増加する見通しです。大変厳しい状況ですが、「経営ビジョン2010」に掲げる地球環境貢献目標\*の達成に向けて、今後も最大限努力してまいります。

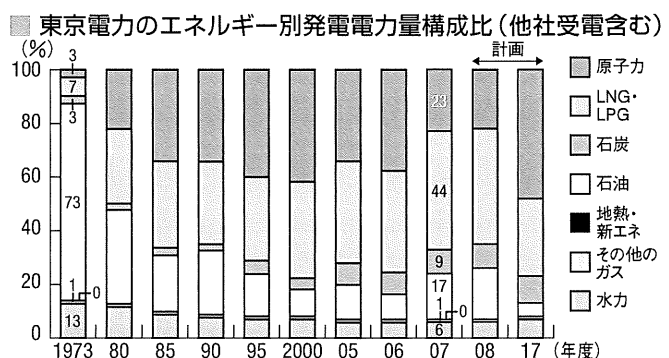
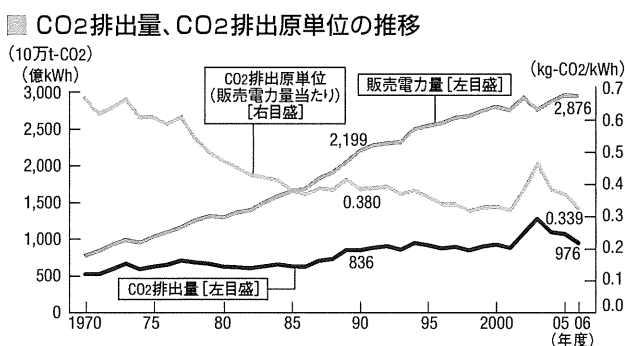
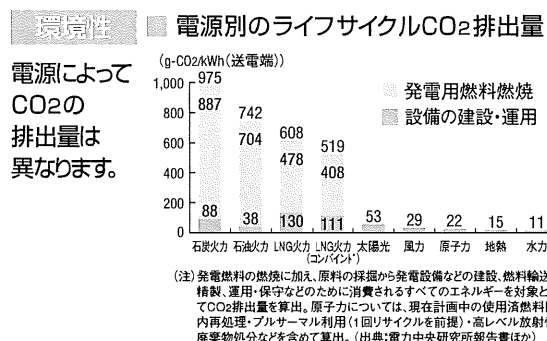
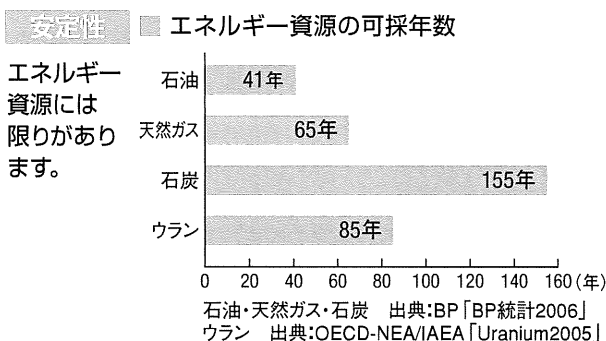
\*2008～2012年度の5年間平均でCO<sub>2</sub>排出原単位を1990年度比20%削減

## 東京電力の地球温暖化対策

### 1. CO<sub>2</sub>の少ない電気をつくるために

#### ① 電源のベストミックス

世界のエネルギー事情に大きく左右されず、安定的にエネルギーを確保していくためには、長期的な視点に立ち、「安定性」「環境性」「経済性」の側面から資源や電源ごとの特長を活かした取り組みが不可欠です。当社は、発電時にCO<sub>2</sub>を排出せず、比較的安価な原子力発電を中心に、LNG、石油、石炭、水力などをバランスよく組み合わせる電源設備の開発を行っています。その結果、近年では、電力需要が増加している一方で、当社のCO<sub>2</sub>排出量の伸びは抑えられています。



## ② 火力発電熱効率の向上

火力発電所では、技術開発と改良を重ねながら、効率の良い発電設備の導入を進めることで、化石燃料の使用量を抑えてCO<sub>2</sub>削減に努めています。

2007年6月には、世界最高水準の熱効率約59%に達する1,500℃級コンバインドサイクル発電（MACC発電）を川崎火力発電所で運転開始しました。

MACC発電の導入によって、CO<sub>2</sub>排出量を約110万t/年・燃料費を約180億円/年削減\*できる見込みです。

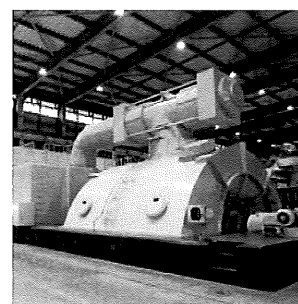
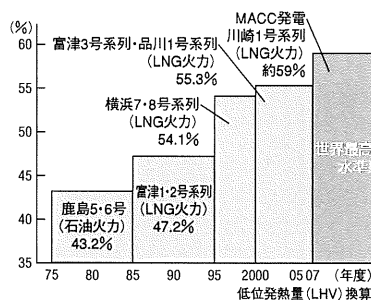
MACC：More Advanced Combined Cycle

\*従来型火力(旧川崎火力)とMACCにて150万kW(下記3軸分に相当)発電した場合(利用率70%)の比較により効果を算出しています。

### 〈参考〉

- ・川崎火力発電所1号系列第3軸(50万kW)
  - 平成19年6月に営業運転開始
- ・同 第2軸(50万kW)
  - 平成20年6月に営業運転開始
- ・富津火力発電所4号系列第1軸(50.7万kW)
  - 平成20年7月に営業運転開始予定

### ■ 最新鋭火力発電の熱効率の推移



▲ MACC発電  
(川崎火力発電所)

## ③ 再生可能エネルギーの利用拡大

太陽光や風力、水力、バイオマスエネルギー等は、発電時にCO<sub>2</sub>を排出せず、化石燃料削減にも貢献する、持続可能性の高いエネルギー源です。このような枯渇することのないエネルギーを「再生可能エネルギー」と総称しており、地球温暖化対策の一つとして大きな期待を集めています。気象条件に左右される太陽光や風力による発電は、出力が安定しないため、お客さまへの供給力としての活用には、安定性の確保が大きな課題です。また、コストについては近年低減傾向ですが、こうした諸課題を踏まえた有効利用を検討しています。利用拡大に向けては、当社のグループ会社とともに、さまざまな取り組みを進めています。

### ● 「東伊豆風力発電所」の新設計画について ～当社初のウィンドファーム建設～

静岡県東伊豆町と河津町境界に位置する三筋山山頂付近の風力資源を有効活用し、風車11基により、総出力18,370kW(予定)の発電を行う当社初のウィンドファーム計画で、平成23年10月の営業運転開始に向け、建設準備に着手する予定です。これにより年間約13,000トン(試算値)のCO<sub>2</sub>削減効果が期待できます。なお、グループ会社の(株)ユーラスエナジーホールディングスも同地点でウィンドファームの建設を計画しています。

### ■ 東伊豆風力発電所の概要

発電所所在地	静岡県賀茂郡東伊豆町・河津町	
発電計画	単機定格出力	1,670kW (予定)
	基数	11基
	総定格出力	18,370kW (予定)
主要機器	風車	水平軸 プロペラ3枚羽 アップウィンド型
	発電機	誘導発電機
工事着工予定年月	平成21年4月	
運転開始予定年月	平成23年10月	