

「原子力発電の将来展望に関する調査」について

平成9年6月27日

(財)日本エネルギー経済研究所

1. 調査目的

本調査は、再生可能エネルギーについて電力供給の可能性を多角的視点から検討し、21世紀の原子力発電の位置づけを行うことを目的としている。

2. 委託期間 平成8年9月～平成9年3月

3. 調査内容及び成果

(1) 日本における再生可能エネルギー導入の可能性と原子力の役割

・再生可能エネルギーの発電利用のコストは現状では廃棄物発電を除きまだ高価であり（図表2）、またエネルギー密度が低く広大な土地を要する等、今後技術開発が順調に進展したと仮定したとしても、その導入には多くの困難が伴うと考えられる。

・しかしここでは2030年に、種々の問題点があるにもかかわらず再生可能エネルギーの飛躍的な導入が行われると仮定し、他の電源をコストミニマムという条件で最適電源構成を検討した（図表3～8）。

・具体的には、実現性はさておき2030年時点に、水力、地熱、風力、廃棄物発電が最大限に導入され、ポテンシャルの大きい太陽光発電についてはその導入量の影響を見るためこれをパラメータとして変化させた場合の最適電源構成を検討した。

種々の前提に基づく検討の結果、以下の結論が得られた。

ー再生可能エネルギーが飛躍的に導入されると仮定しても、ある値を超えた再生可能エネルギーの導入はコストの増大をもたらすのみではなく、不安定な再生可能エネルギーの導入を補うためのバックアップ用の化石燃料を使用する電源が必要になるために、かえってCO2排出量も増大していくことになりCO2排出量、電源の総コストの観点から原子力発電の設備容量は2030年時点において1億kW以上が望ましい規模になる（図表9）。

ー原子力開発が遅延する場合、コスト、CO2排出量とも大幅に増加し、特にCO2については1990年のレベルよりも3割以上増加する（図表10）。

(2) 世界における再生可能エネルギー導入の可能性と原子力の役割

・世界における21世紀半ばまでの再生可能エネルギーの導入を検討した3つの代表的シナリオ（IPCC/RIGES、WEC、IIASA）を検討した（図表11）。この3シナリオに共通する再生可能エネルギーに対する考え方は以下の通り。

- ・太陽光／熱、風力の導入は発電量の一定割合にとどまる（蓄電を考慮せず）
- ・太陽光／熱、風力からの燃料製造はほとんど導入されず（コスト）
- ・水力、地熱の導入は進展するが導入量に限界（資源量、環境影響考慮）
- ・海洋エネルギーは供給の主体にはならない（資源量、コスト）
- ・上記の制約により再生可能エネルギー供給はバイオマスが主流
- ・バイオマスは耕地に不適な土地で生産

・この3シナリオにおいては省エネルギー及び再生可能エネルギー導入が大きく進展し世界のCO₂排出はほぼ現状程度に抑えられるとしているが、以下の疑問点があり、実現可能性は甚だ低い。

- ・省エネルギーを大きく見過ぎている（図表13, 14）
- ・バイオマス生産の増加を過大評価（図表15）
- ・アジアにおいてはCO₂排出量が増加（図表12）
- ・アジア地域は必ずしも再生可能エネルギーにとって好条件とは言えず、世界的に見ても再生可能エネルギーの導入が困難な地域になっており、上記シナリオのエネルギー需給バランスの実現は困難（図表16）。

・以上から以下の結論が得られる

世界を見ればわが国よりも再生可能エネルギーの導入に適した地域も多く見られるが、21世紀を通した長期的な世界のエネルギー需給バランスを考慮すれば、再生可能エネルギーのみにエネルギー源を依存することは難しい状況にある。特にアジア地域を見てみるとエネルギー需要の伸びが大きい反面、再生可能エネルギー資源に乏しく、再生可能エネルギーを最大限に導入してもアジア地域のCO₂排出量を減少させることはすこぶる困難であり、持続可能な発展のためには原子力の重要性がかなり高い。

図表 1 前提とするわが国における再生可能エネルギーの供給ポテンシャル

	資源ポテンシャル		出所・注
水力	3,170 万 kW 程度	1,220 億 kWh 程度	包蔵水力調査
地熱	527 万 kW 程度	300 億 kWh 程度	NEDO 調査
風力	1,350 万 kW 程度	180 億 kWh 程度	NEDO 調査
廃棄物発電	400 万 kW 程度	280 億 kWh 程度	廃棄物排出量の上限
太陽光	20,000 万 kW 程度	2,100 億 kWh 程度	NEDO 調査
バイオマス	—	—	国内資源では困難
海洋エネルギー	—	—	波力の一部が利用可能

図表 2 各電源の建設費と発電単価の現状

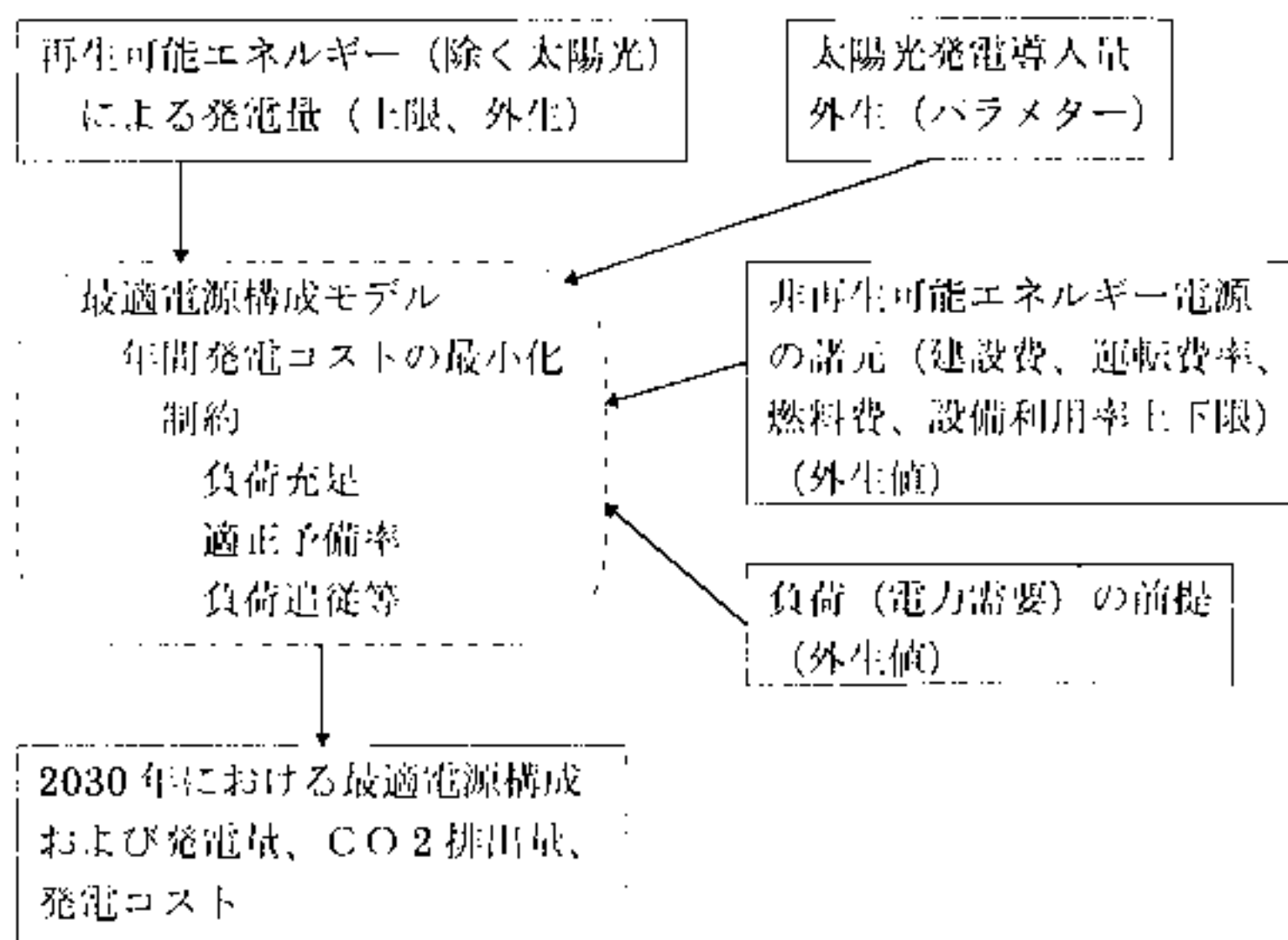
	建設費 kW 当たり	発電単価 kWh 当たり	出所
原子力	31 万円程度	9 円程度	A
石炭火力	30 万円程度	10 円程度	A
石油火力	19 万円程度	10 円程度	A
LNG 火力	20 万円程度	9 円程度	A
一般水力	60 万円程度	13 円程度	A
住宅用太陽光発電	—	70～90 円	B
風力発電	—	16～25 円	B
廃棄物発電	—	9～10 円	B
地熱発電	—	16.2 円	C

出所)A;資源エネルギー庁監修、電力産業のリエンジニアリング、1994 年

B;総合エネルギー調査会総合部会第 14 回基本政策小委員会、1996 年 7 月

C;21 世紀に向けた発電技術懇談会地熱部会中間報告、1996 年 11 月

図表 3 最適電源構成モデルによる電源構成・発電量の計算フロー



図表 4 最適電源構成シミュレーションの前提

		備考
電力需要	12,269 億 kWh	1995 年の 1.58 倍
負荷パターン	1995 年のモデル負荷と 同一と仮定	負荷の悪化と DSM の導入 が相殺すると仮定
資本報酬率	5.2%	
送電ロス率	3.0%	
燃料費		
石油	\$30/バレル(CIF) 27,335 円/toe(炉前)	1995 年実質価格
石炭	\$55/t (CIF) 12,500 円/toe(炉前)	"
LNG	\$315/t (CIF) 29,360 円/toe(炉前)	"
原子力	1.5 円/kWh	"

図表 5 各電源についての前提

	原子力	石炭火力	石油火力	LNG火力	LNGコンバインド	ガスタービン	揚水
建設費 万円/kW	30.0	26.0	20.9	21.9	19.0	10.0	20.2
実耐用年数 年	40	40	40	40	40	15	45
運転費率 %	4.0	3.8	3.9	3.6	3.6	3.0	1.2
熱効率 %	33.0	38.0	39.0	40.0	50.0	30.0	(70.0)
所内率 %	4.0	7.0	3.5	2.1	2.1	3.0	0.5
設備利用率上限 %	90.0	90.0	40.0	40.0	90.0	40.0	15.0

注) 揚水の熱効率欄は揚水効率を示す

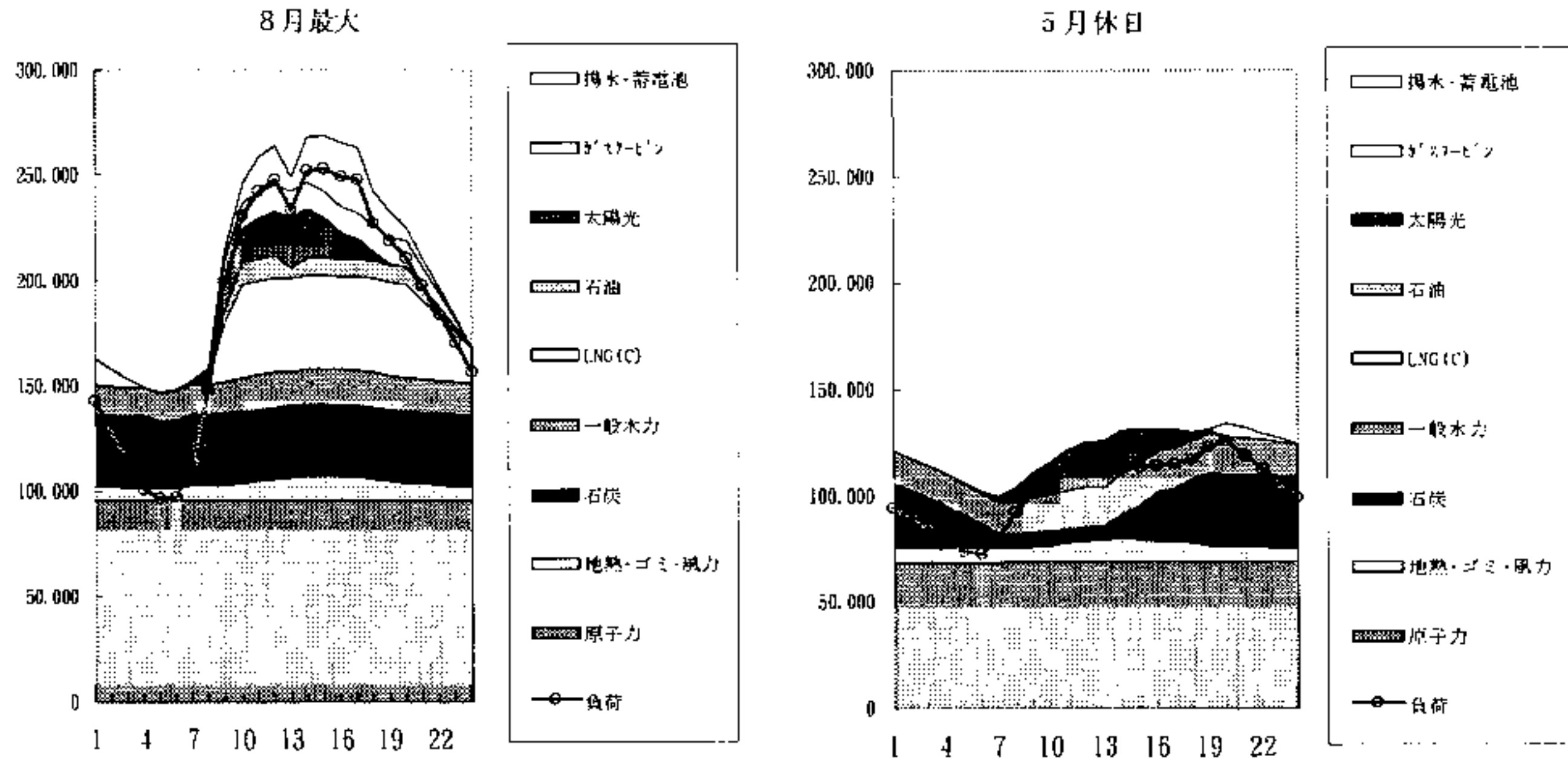
図表 6 シミュレーションケース

シミュレーションケース	シミュレーションの狙い
リファレンス	太陽光発電 40GW 導入、その他再生可能エネルギーは上限を想定
太陽光導入	太陽光発電の導入規模を 0GW から 100GW まで 10GW 刻みで変化させその影響を検討
原子力開発の遅延	原子力開発が 70GW にとどまった場合の影響
CO ₂ の外部費用	CO ₂ の外部費用が 5 千円/t-C と仮定した場合の影響

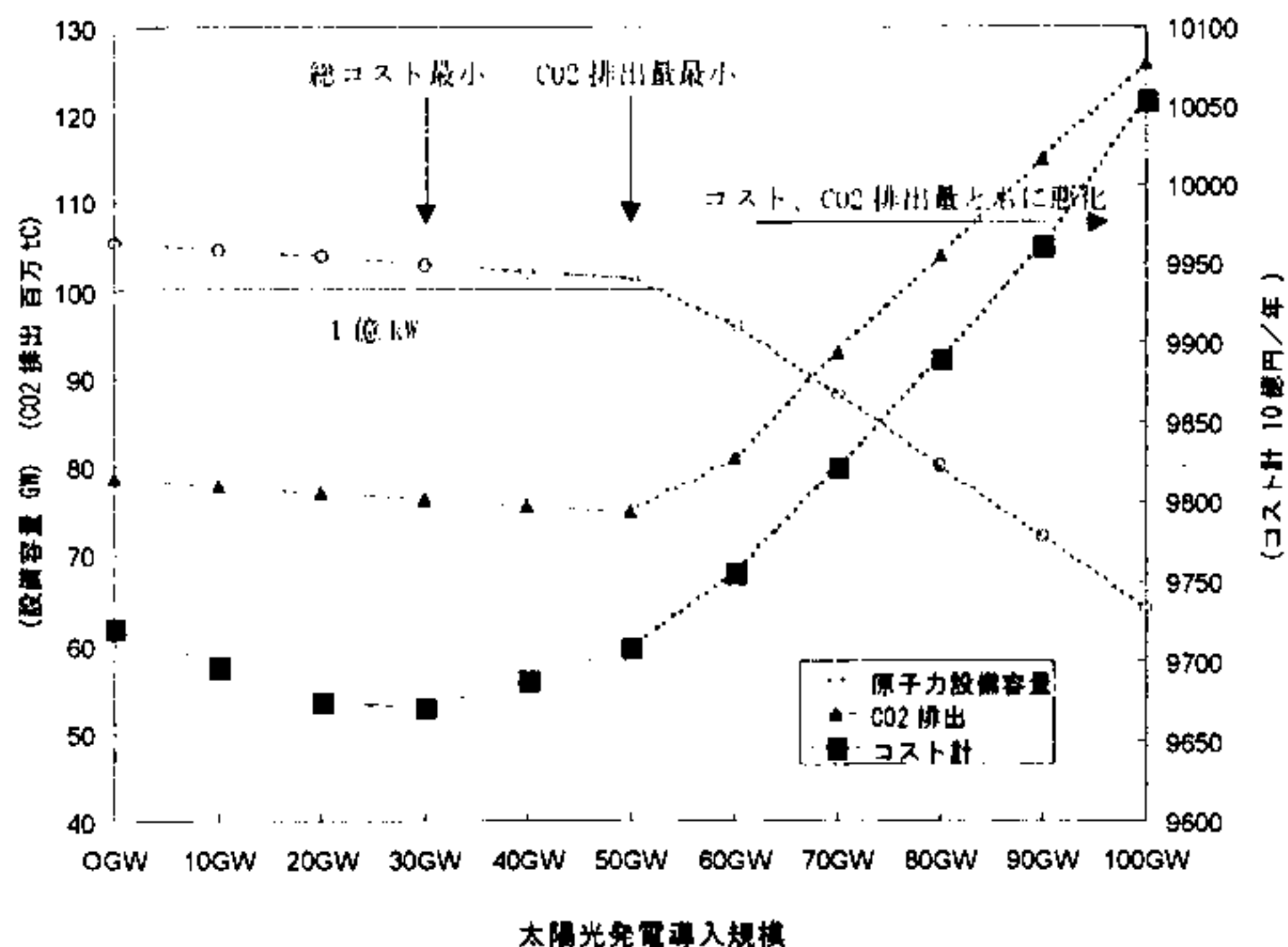
図表 7 リファレンスケースの設備容量と発電電力量 (2030 年)

	設備容量 (GW)	同左構成比 (%)	発電電力量 (TWh)	同左構成比 (%)	設備利用率 (%)
一般水力	31.7	9.1	122.4	8.4	44.1
揚水	45.0	12.9	54.7	3.8	13.9
水力計	76.7	22.0	177.1	12.2	26.4
LNG	23.0	6.6	30.2	2.1	15.0
LNGC	23.6	6.8	42.9	3.0	20.8
ガスタービン	13.2	3.8	5.8	0.4	5.0
石油	11.0	3.2	14.5	1.0	15.0
石炭	36.1	10.4	283.8	19.5	89.8
原子力	102.2	29.3	781.9	53.8	87.3
風力	13.5	3.9	18.4	1.3	15.5
廃棄物・地熱	9.3	2.7	56.2	3.9	69.2
太陽光	40.0	11.5	42.0	2.9	12.0
計	348.5	100.0	1,452.7	100.0	47.6

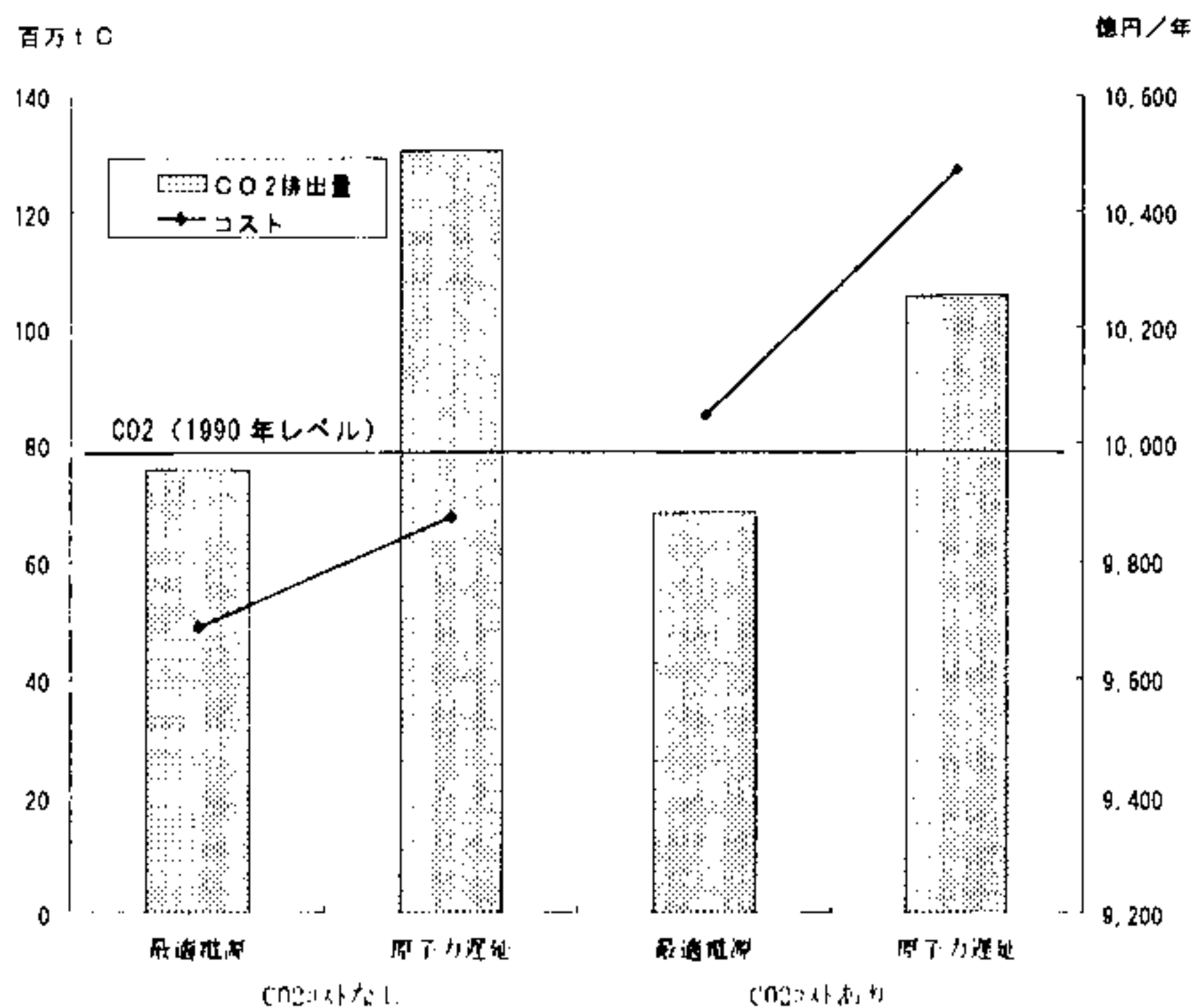
図表8 リファレンスケースの発電パターン



図表 9 C O 2 排出コストがない場合の太陽光発電導入規模と最適原子力設備容量、コスト、C O 2 排出量



図表 10 原子力遅延のC O 2 排出量、発電コストへの影響

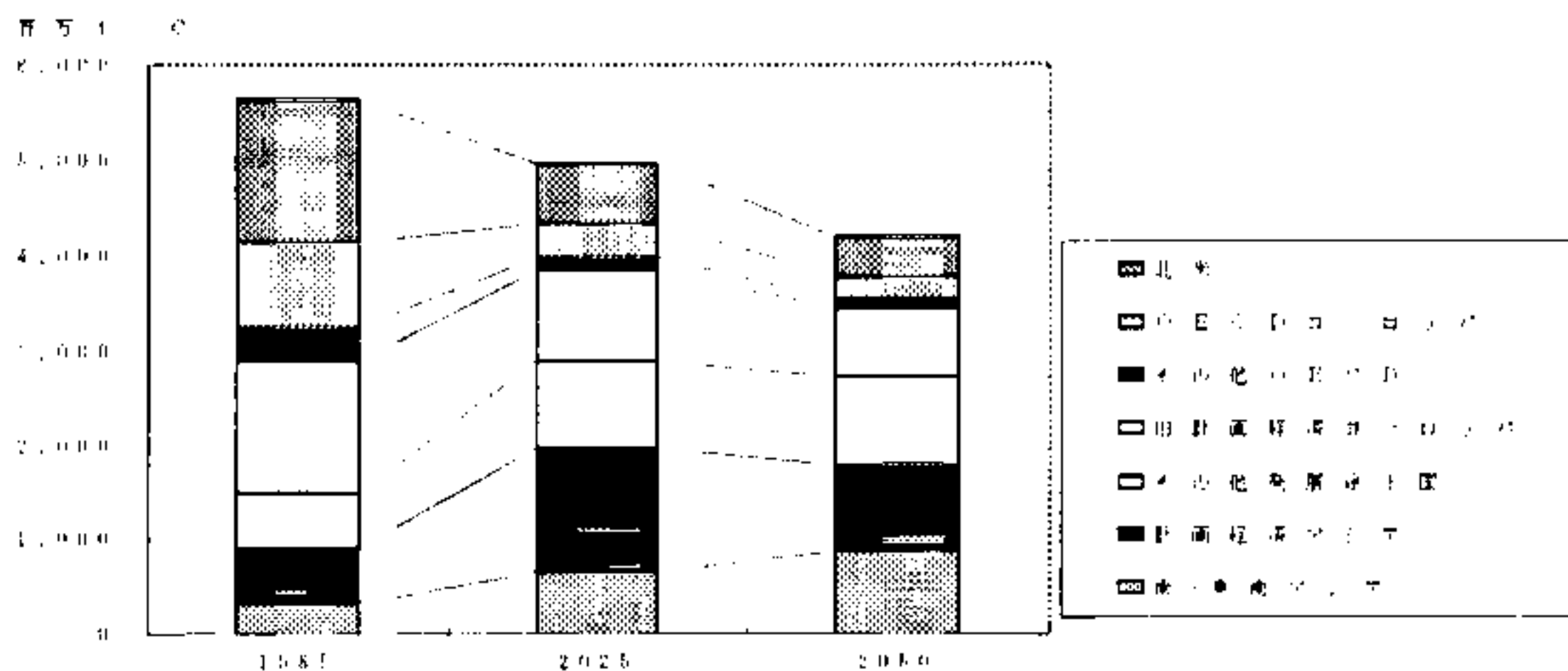


注) 太陽光発電のコストは 100 円/W、規模は 40GW を前提

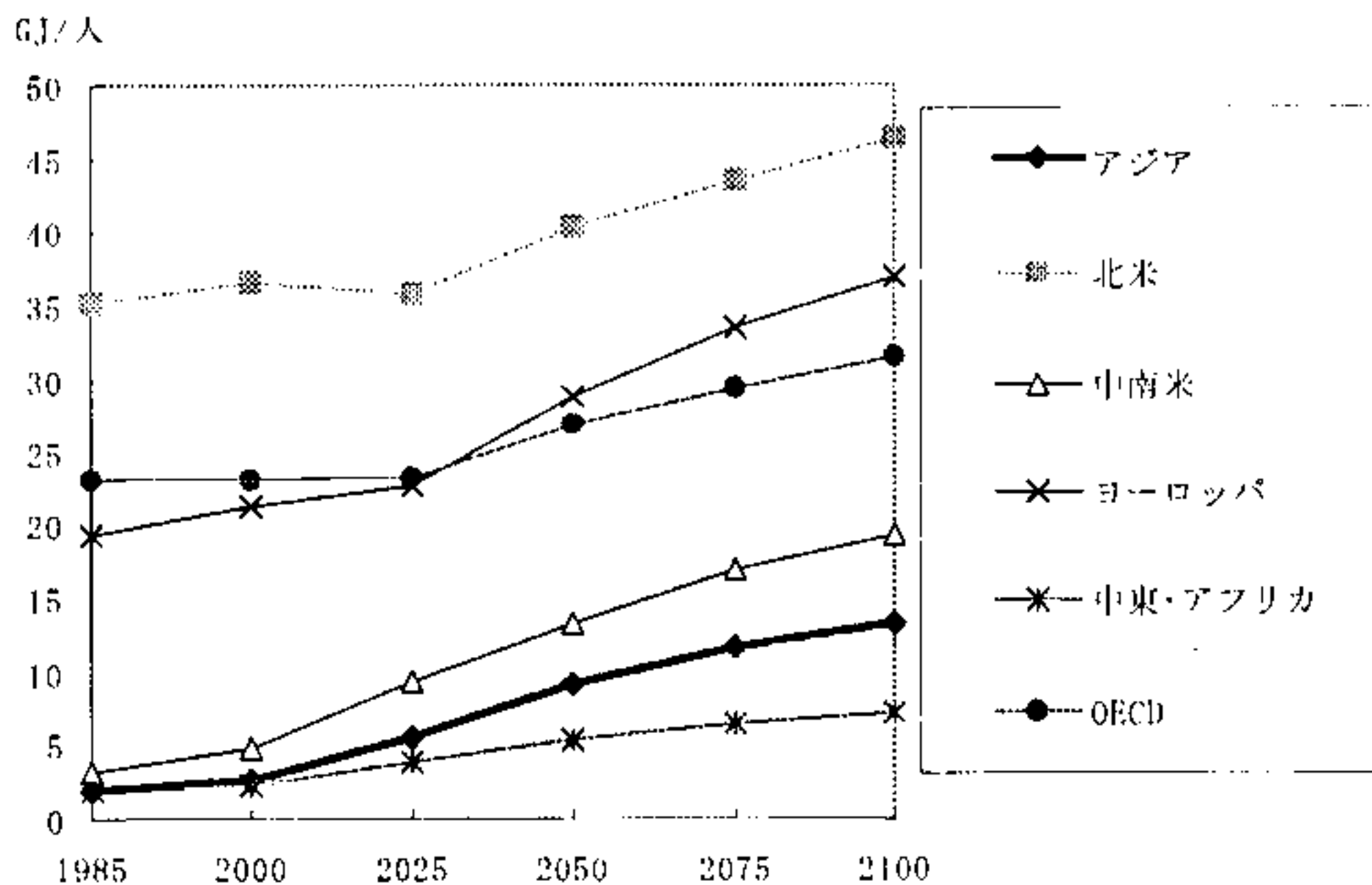
図表 11 3つの再生可能エネルギーのシナリオの比較

	WEC 政策促進	IPCC-RIGES	IIASA C1
経済成長率	～2020年 3.3%	～2025年 3.5% 2025～2050年 2.9%	～2020年 2.5% 2020～2050年 1.9%
一人当たり GDP 先進地域 発展途上地域	2020年 \$6,884 \$20,000～\$30,000 \$2,000～\$9,000	2050年 \$13,636 \$55,267 \$6,198	2050年 \$9,495 \$36,700 \$6,364
一次エネルギー需 要	2020年 11,273MTOE	2025年 11,736MTOE 2050年 13,172MTOE	2020年 11,400MTOE 2050年 14,200MTOE
省エネルギー率	～2020年 2.4%	～2050年 2.4%	～2020年 1.7% 2020～2050年 1.2%
再生可能エネルギー 供給	2020年 3,068MTOE	2025年 5,201MTOE 2050年 7,346MTOE	2020年 2,400MTOE 2050年 5,600MTOE
再生可能エネルギーの一次エネルギー 計に占める比率	2020年 27%	2025年 44% 2050年 56%	2020年 21% 2050年 39%
CO ₂ 排出量(対 1990年)	2020年 1.07 倍	2050年 0.7 倍	2050年 0.9 倍
備考			GDP は PPP ベー ス

図表 12 RIGES シナリオにおける地域別 CO₂ 排出量

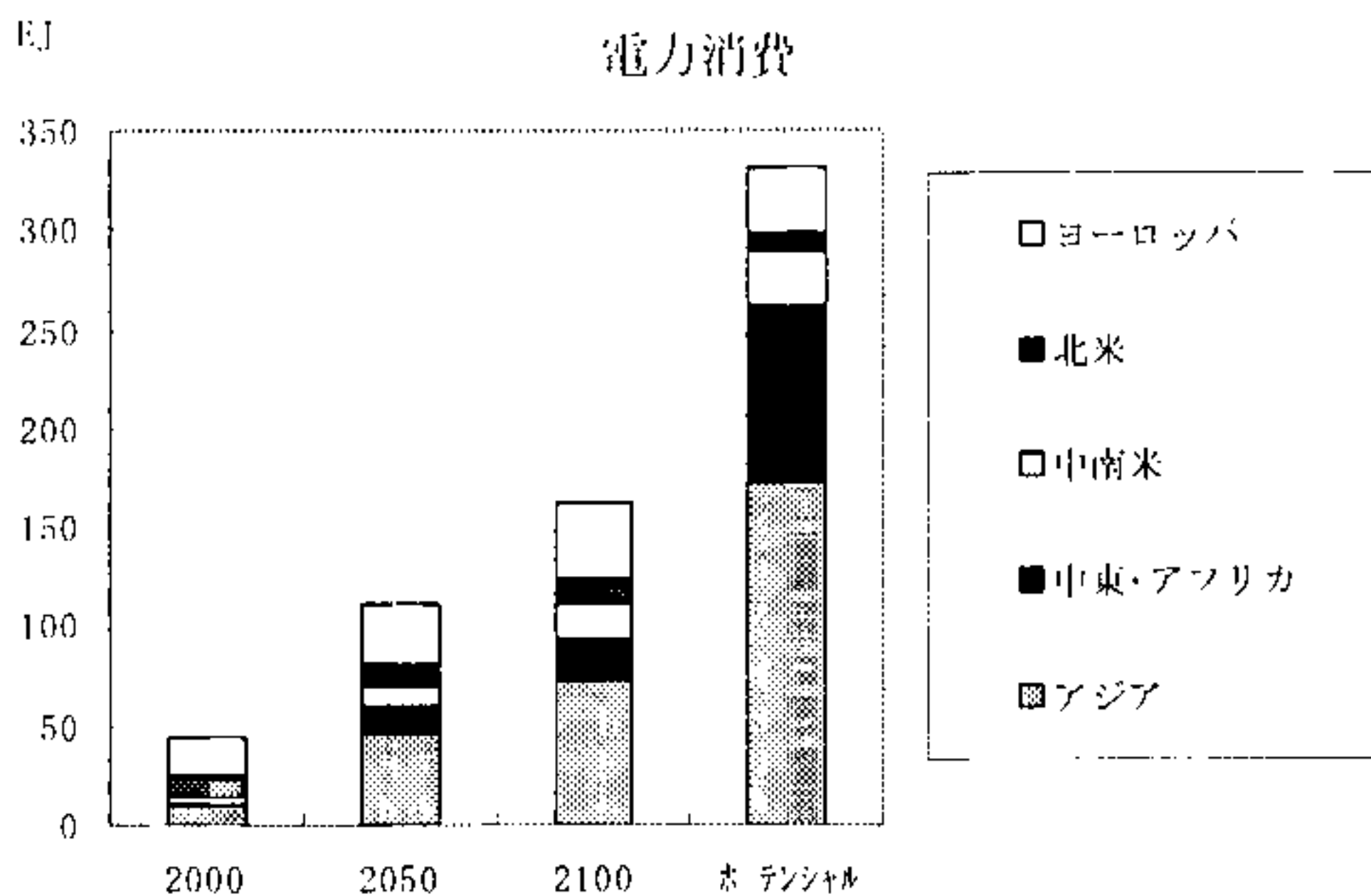


図表 13 RSWG/IPCC シナリオに見る 1 人当たり電力消費



注) RSWG シナリオのうち高成長政策強化シナリオを示すこれは RIGES シナリオとエネルギー需要は同じ

図表 14 RSWG/IPCC シナリオの電力消費とポテンシャル



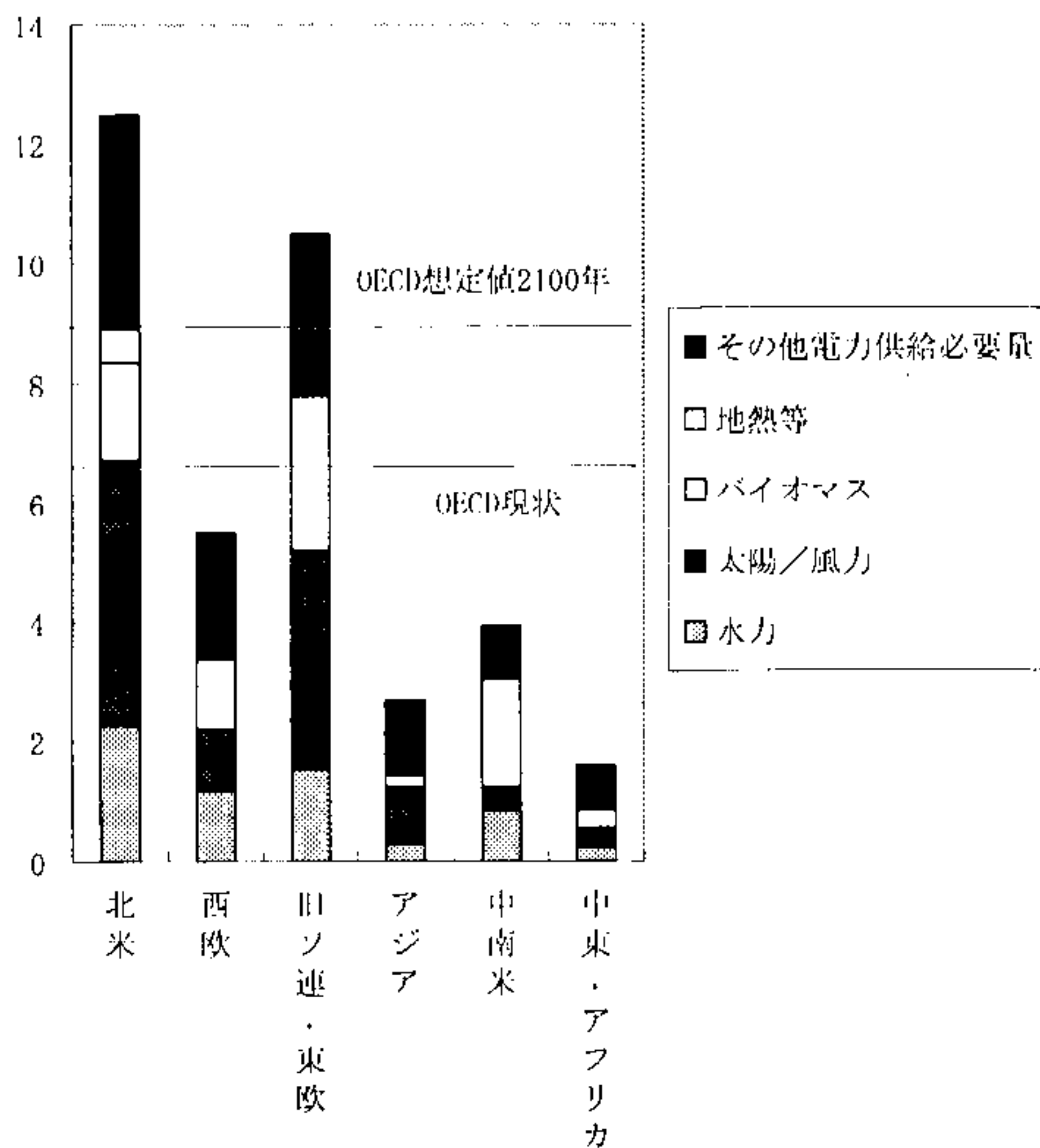
注) ポテンシャルはアジア等の 1 人当たり電力消費が 2100 年の RSWG シナリオの OECD 並になると仮定して算出

図表 15 バイオマス資源量に関する論点

	論点
食糧生産との競合	・食糧需給において食生活の向上による飼料作物の需要増が十分考慮に入られていない ・肥料の大量投入によりこれまでのような耕地面積当たりの収量増加は期待できない ・水産資源の増産の可能性は少ない
荒れ地にプランテーションを作る場合の生産性	・バイオマスプランテーションが成立するかどうかはその生産性に依存する。 ・バイオマスに必要な土地は生産性が低下するとともに急速に増大する
地味・水資源・気候の変化	・ユーカリなど大量の水を必要とし、化石水を枯渇させる ・単一作物は地味を痩せさせる
バイオマス発電のコスト	・バイオマス発電のコストはバイオマスの土地生産性に強く依存し、生産性の低い土地では採算がとれない
バイオダイバーシティの減少	・単一作物を植えることによりバイオダイバーシティが減少し遺伝資源の利用に問題が生じる
資源評価上の問題	・多くの資源評価が緻密には行われていず、緻密に評価していくと資源量は小さく評価されていく

図表 16 各地域の再生可能エネルギーからの1人当たり電力供給と電力需要のポテンシャル

MWh/人



注) 再生可能エネルギー供給等は RIGES の 2050 年値を採用。