



# 環境と人間 「エネルギーと環境問題」(後半)

宮島 啓一

茨城大学 工学部 電気電子システム工学科

[keiichi.miyajima.fmath@vc.ibaraki.ac.jp](mailto:keiichi.miyajima.fmath@vc.ibaraki.ac.jp)



# 講義内容

1. 「加速するエネルギー大転換」
  - ◆ テーマ1の説明と発表会の班分け
2. テーマ1のディスカッション
  - ◆ 各班内でのディスカッション
  - ◆ 各班ごとの発表と全体でのディスカッション
3. 「古いエネルギー経済の衰退」
  - ◆ テーマ2の説明
4. テーマ2のディスカッション
  - ◆ 各班内でのディスカッション
  - ◆ 各班ごとの発表と全体でのディスカッション



# 世界のエネルギー事情が急速に変化している

温暖化



異常気象



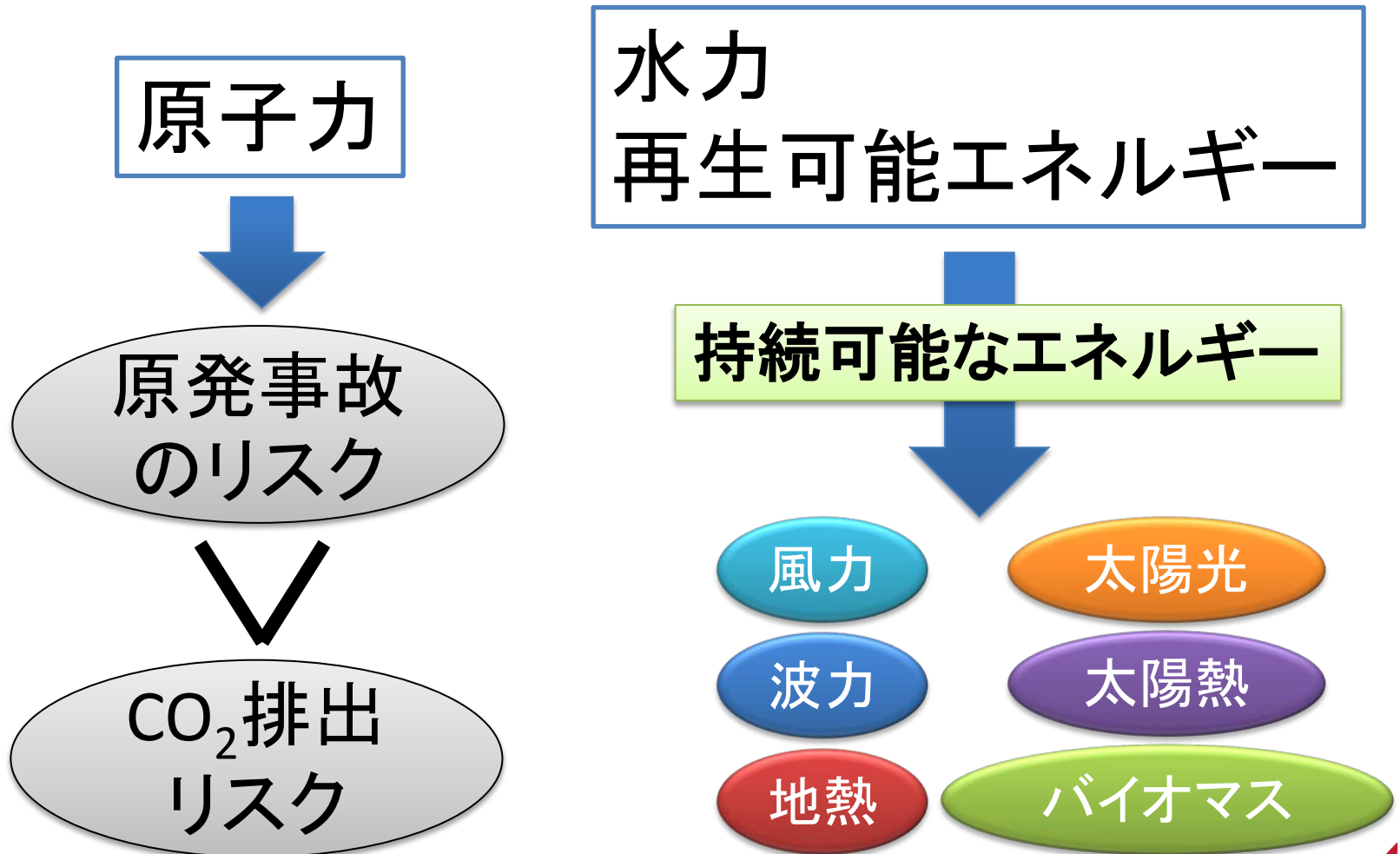
大気汚染



CO<sub>2</sub>の排出が無い(少ない)エネルギー



# CO<sub>2</sub>の排出が無い(少ない)エネルギーを求めて



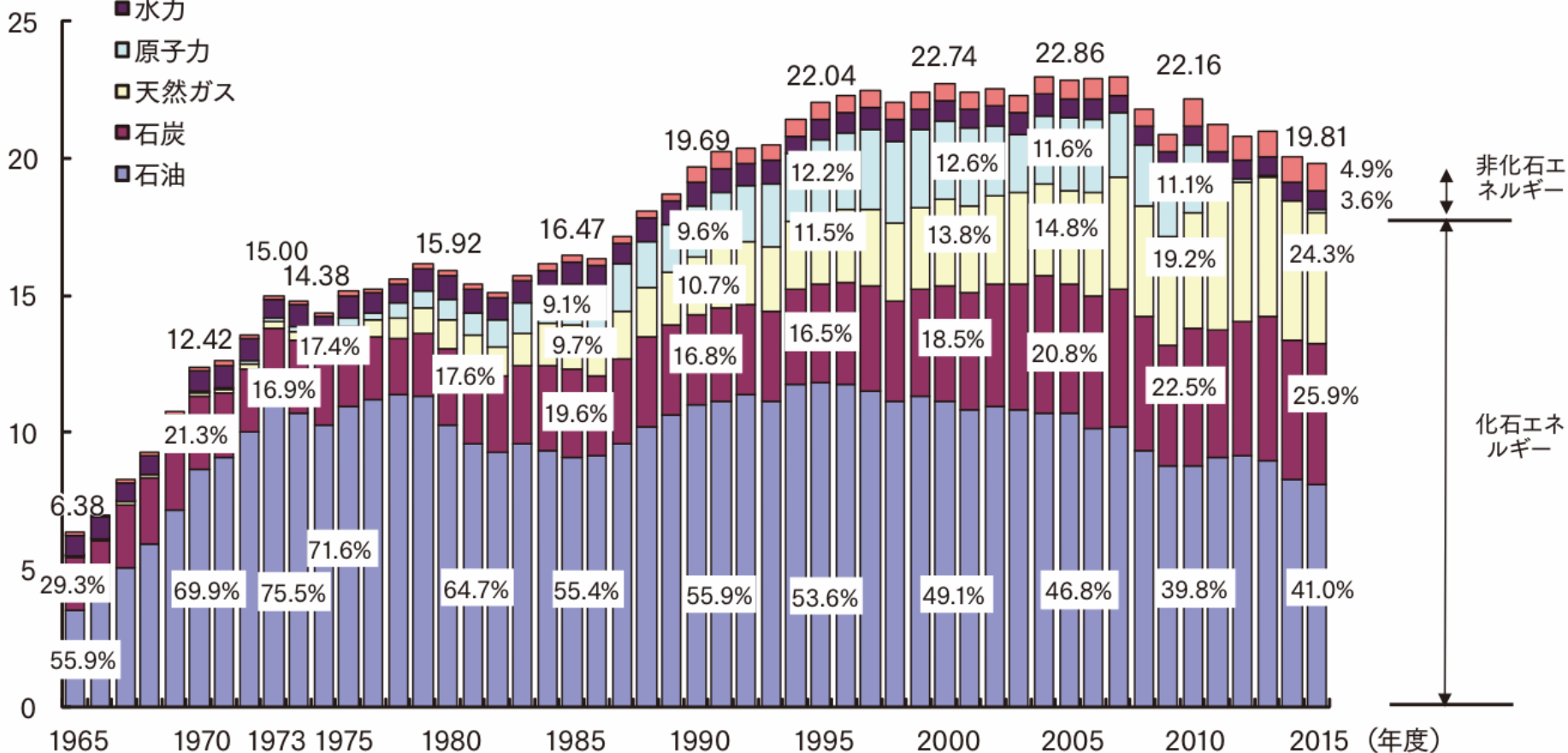
# 加速するエネルギー大転換 1次エネルギー

【第211-3-1】一次エネルギー国内供給の推移

(10<sup>18</sup>J)

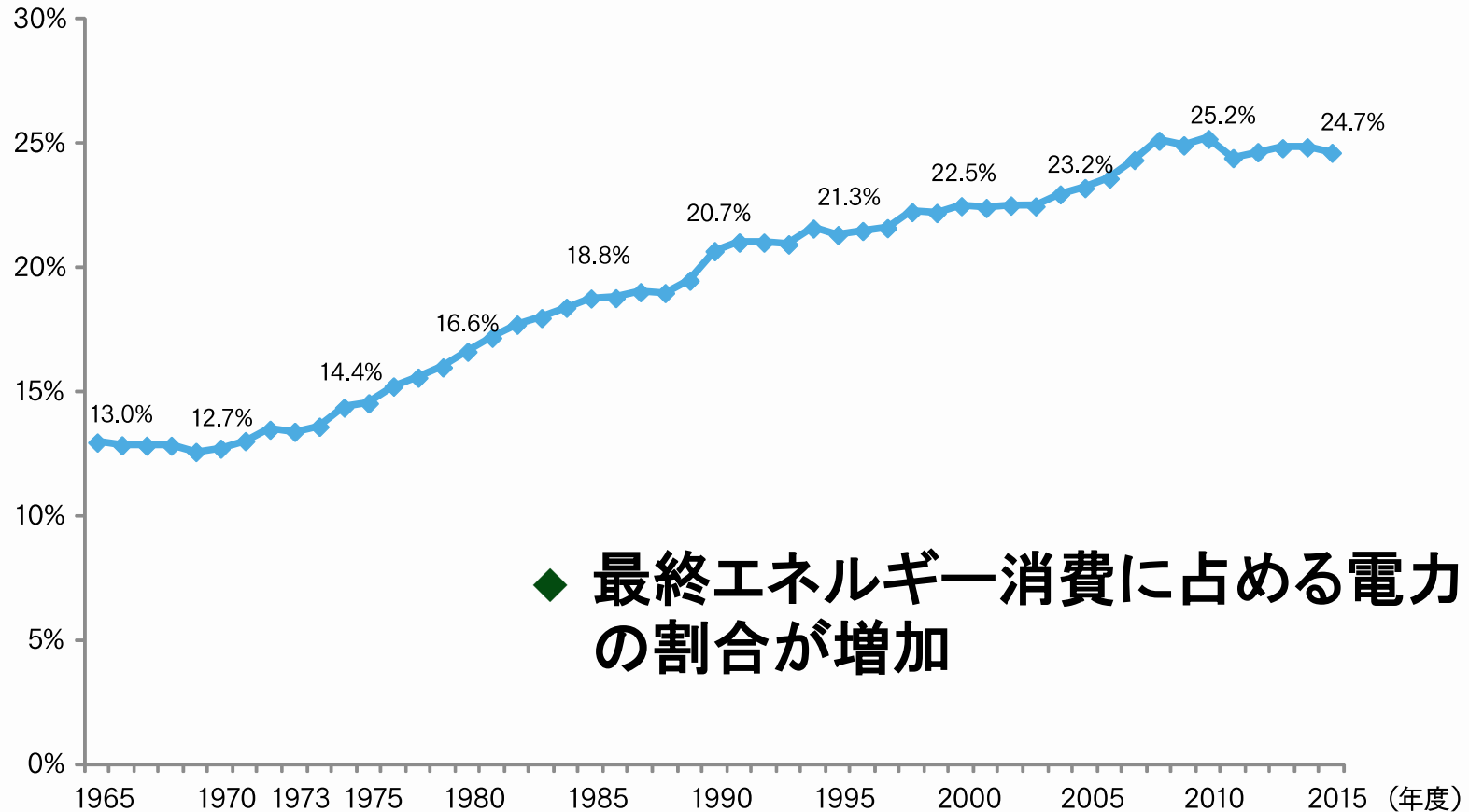
## ◆ 石油、石炭、原子力

- 新エネルギー・地熱等
- 水力
- 原子力
- 天然ガス
- 石炭
- 石油



# 電力化率の推移

【第211-3-3】電力化率の推移



(注1) 電力化率(%) = 電力消費 / 最終エネルギー消費 × 100。

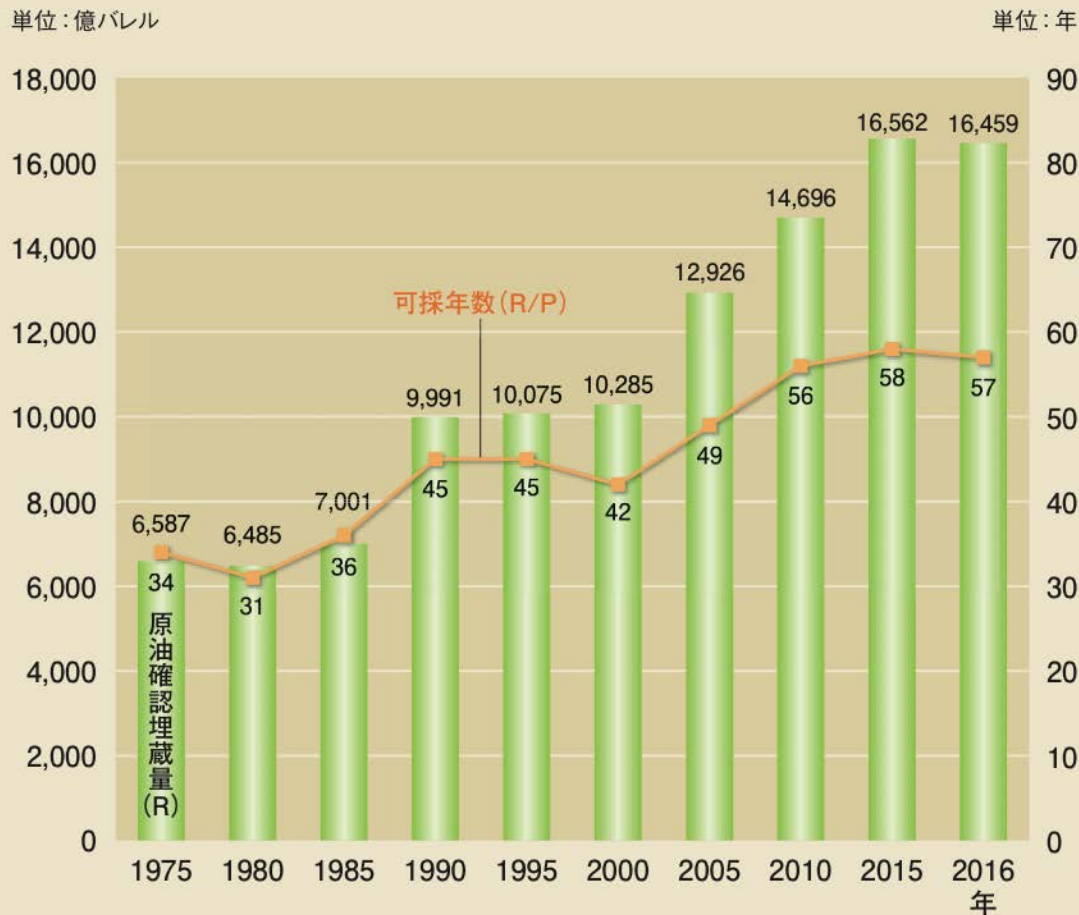
(注2) 「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値について算出方法が変更されている。

出典：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成

# 石油を取り巻く状況

- ◆ 可採年数は変わっていないが、在来型石油の生産は頭打ち
- ◆ 非在来型石油によって可採年数が保たれている。

■原油確認埋蔵量と可採年数の推移



出典：今日の石油産業 2017

	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
年間原油生産量(P)	195	208	195	220	226	246	262	263	285	287

出所：OGJ誌

# 石油を取り巻く状況

## ◆ 在来型石油



アクセスし易い陸地や浅い海底油田

エネルギー収支比 1:16~

## ◆ 非在来型石油



シェールオイル、オイルサンド  
深い海底や極地などの油田

エネルギー収支比 1:3~5



# 世界の石油の消費動向

## ■世界の石油需要の見通し

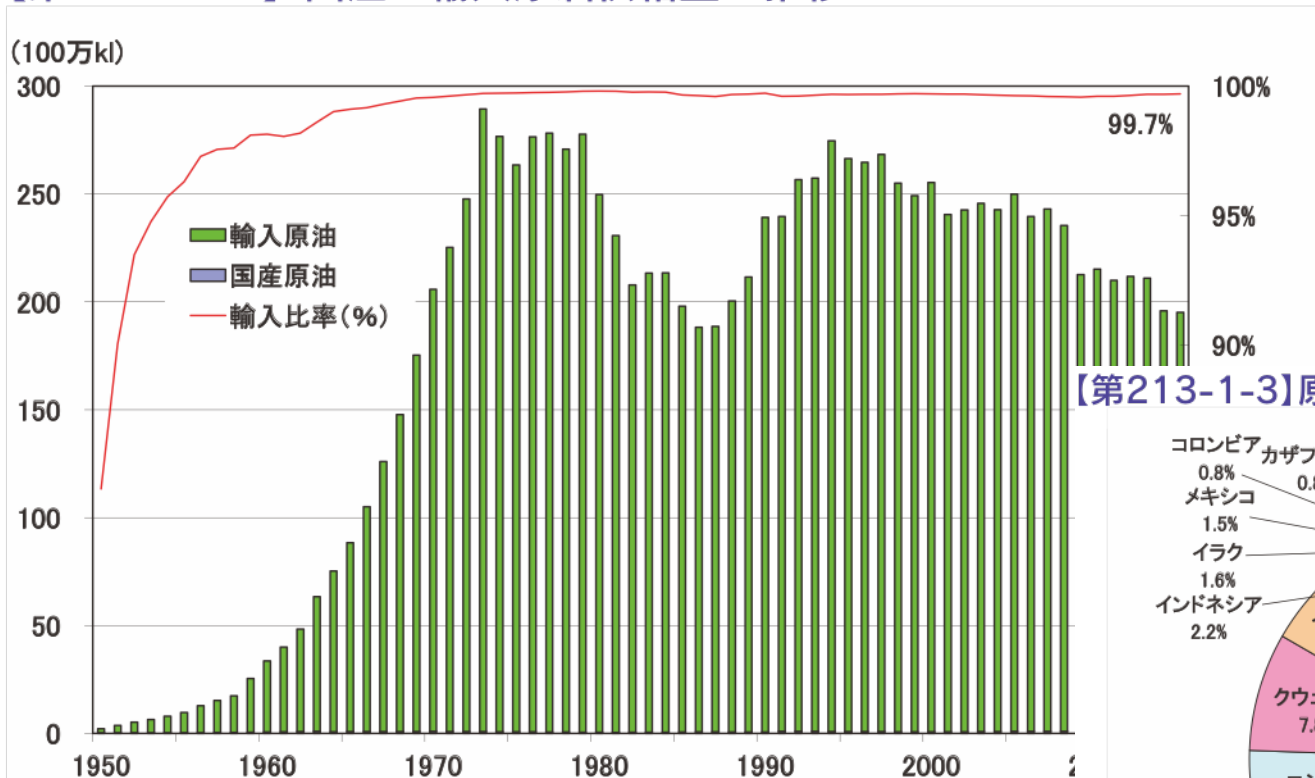
百万バレル/日

国・地域	年	2000	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2015-2040 (注1)
OECD諸国		45.0	41.5	39.8	37.3	34.4	31.9	29.8	-1.3%
米州		23.1	22.6	22.4	21.4	19.9	18.6	17.5	-1.0%
アメリカ		18.9	18.0	17.9	16.9	15.5	14.2	13.1	-1.3%
欧州		13.9	11.7	10.8	9.8	9.0	8.2	7.6	-1.7%
アジア大洋州		8.0	7.2	6.6	6.0	5.5	5.1	4.8	-1.6%
日本		5.1	3.9	3.3	2.9	2.6	2.3	2.1	-2.4%
非OECD諸国		26.3	43.6	48.0	52.2	55.7	59.4	62.5	1.5%
東欧州/ユーラシア		4.1	4.7	4.9	5.0	5.1	5.0	5.0	0.2%
ロシア		2.6	3.0	3.0	3.1	3.1	3.0	2.9	-0.1%
アジア		11.4	21.6	24.7	27.4	29.7	32.1	34.1	1.8%
中国		4.7	11.0	12.6	13.8	14.3	14.9	15.1	1.3%
インド		2.3						9.9	3.8%
東南アジア		3.1						6.4	1.2%
中東		4.3						0.9	1.3%
アフリカ		2.2						6.2	2.2%
南アフリカ		0.4						0.9	1.6%
中南米		4.2						6.4	0.4%
ブラジル		1.9						3.0	0.5%
国際船舶向け需要(注2)		5.4	7.4	8.1	8.8	9.6	10.4	11.2	1.7%
世界合計		76.7	92.5	95.9	98.2	99.8	101.7	103.5	0.5%
EU		13.1	10.8	9.9	9.0	8.1	7.3	6.6	-1.9%
バイオ燃料需要(注3)		0.2	1.6	2.0	2.5	3.0	3.6	4.2	4.0%

- ◆ 需要全体は年々増加
- ◆ OECD諸国は減少
- ◆ 非OECD諸国は増加

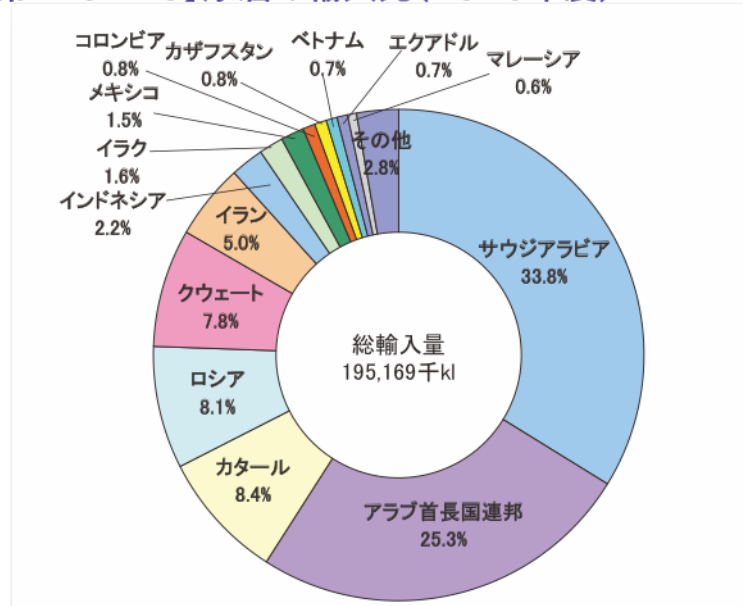
# 日本の石油の消費動向

【第 213-1-2】 国産と輸入原油供給量の推移



輸入依存度  
**99.7%**

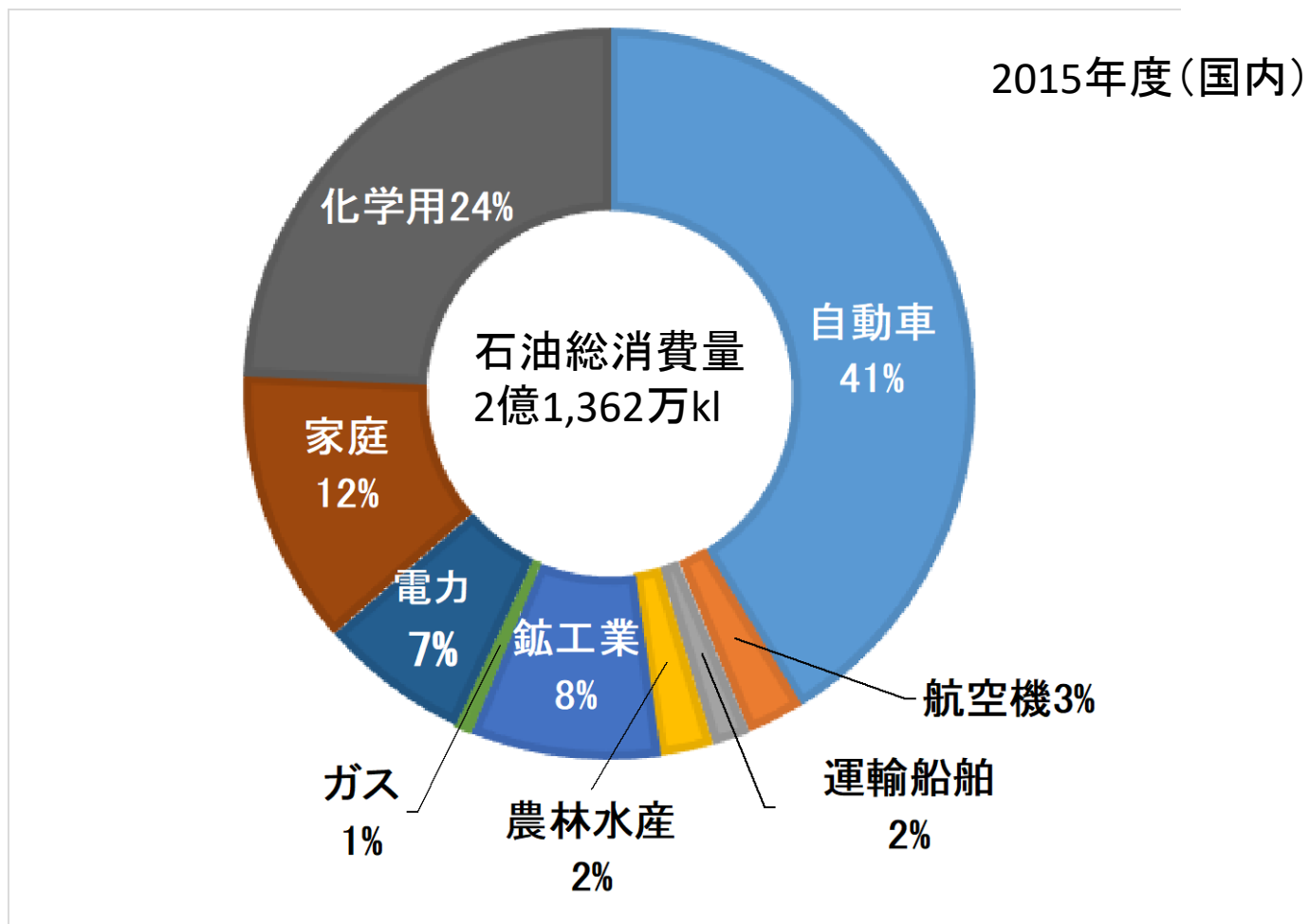
【第213-1-3】原油の輸入先 (2015年度)



- ◆ 近年の輸入量は年々減少
- ◆ 1996→2015年 約31%減

出典：経済産業省「資源・エネルギー統計年報」を基に作成

## ◆ 石油は何に使われているのか？



# 古いエネルギー—経済の衰退

# 石油

## ◆ 石油は何に使われているのか？

■石油製品の用途別国内需要(2015年度)

単位:千kl

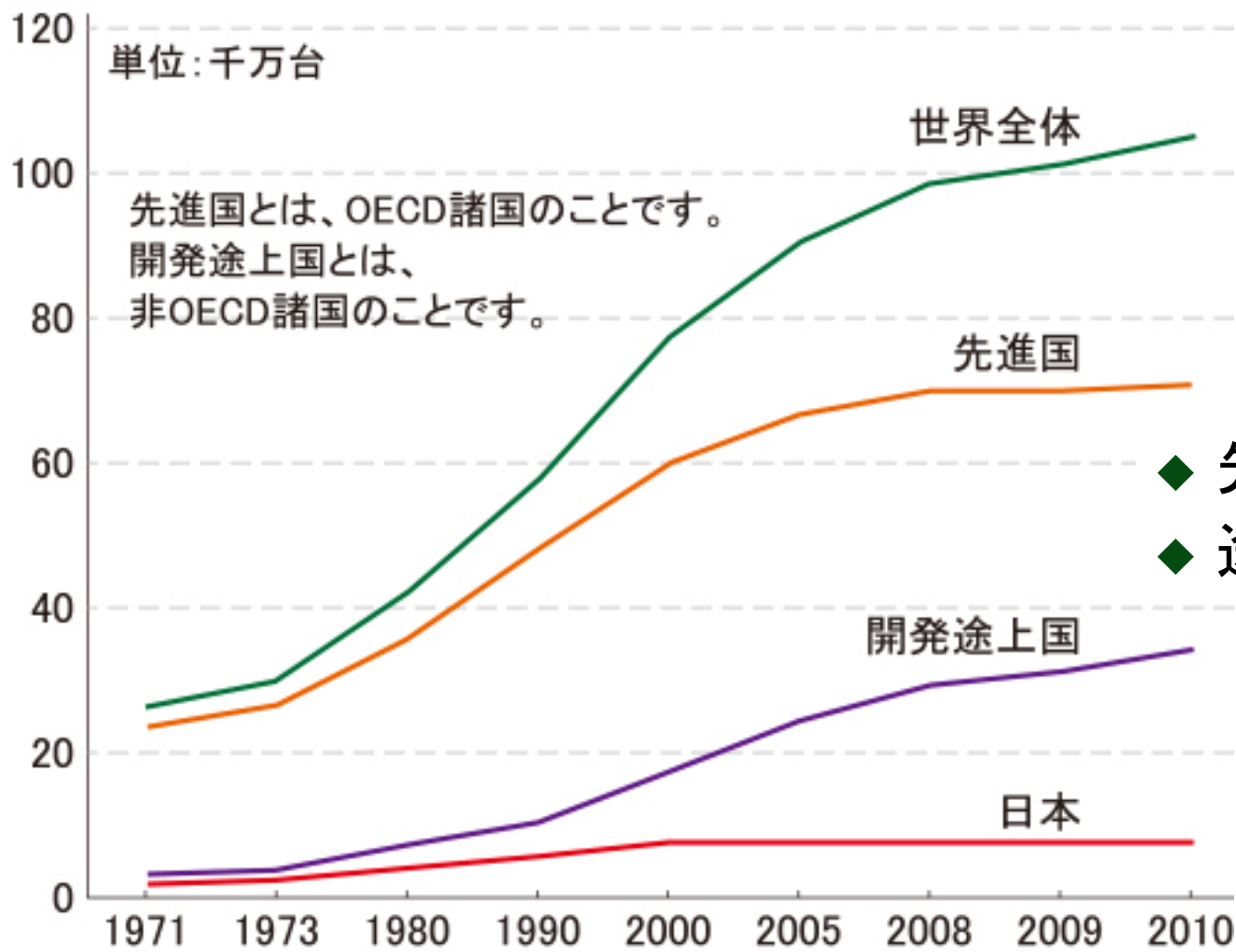
用途	製品	ガソリン	ナフサ	ジェット	灯油	軽油	重油	燃料油計	原油	LPガス	潤滑油	合計
自動車		53,052				32,575		85,627		1,900	566	88,093
航空機		3		5,464				5,467				5,467
運輸・船舶							3,437	3,437			85	3,522
農林・水産					1,791	594	2,608	4,993				4,993
鉱工業		72			2,927	20	8,471	11,490		5,558	809	17,857
都市ガス								0		1,753		1,753
電力						143	8,301	8,444	5,413	305		14,162
家庭・業務					11,228		3,294	14,522		11,449		25,971
化学用原料			46,234			262		46,496	383	4,905		51,784
合計		53,127	46,234	5,464	15,946	33,594	26,111	180,476	5,796	25,870	1,460	213,602

(注) : 1. 記入用途例は、産業活動および国民生活のうち「身近なもの」の一例  
2. 四捨五入の関係により合計が一致しない場合がある

出所:石油連盟



# 世界の自動車保有台数の推移



2015年時点  
126千万台  
12億6千万台

- ◆ 先進国は横ばい
- ◆ 途上国は増加

※『EDMC/エネルギー・経済統計要覧2013年版』より

# 先進国におけるライフスタイルの変化

- ◆ ネットの普及による外出機会の減少
  - ◆ SNSなどでの繋がり
  - ◆ ネット通販の普及
- ◆ ネットによるシェアリングエコノミーの普及
  - ◆ Uberなど 低コスト化や利便性の向上
- ◆ 価値観の変化
  - ◆ 物欲意識：所有からシェアリングへ
  - ◆ 環境意識：自転車、公共交通の利用



# 自動車の変化(HV, PHV, EV,の普及)

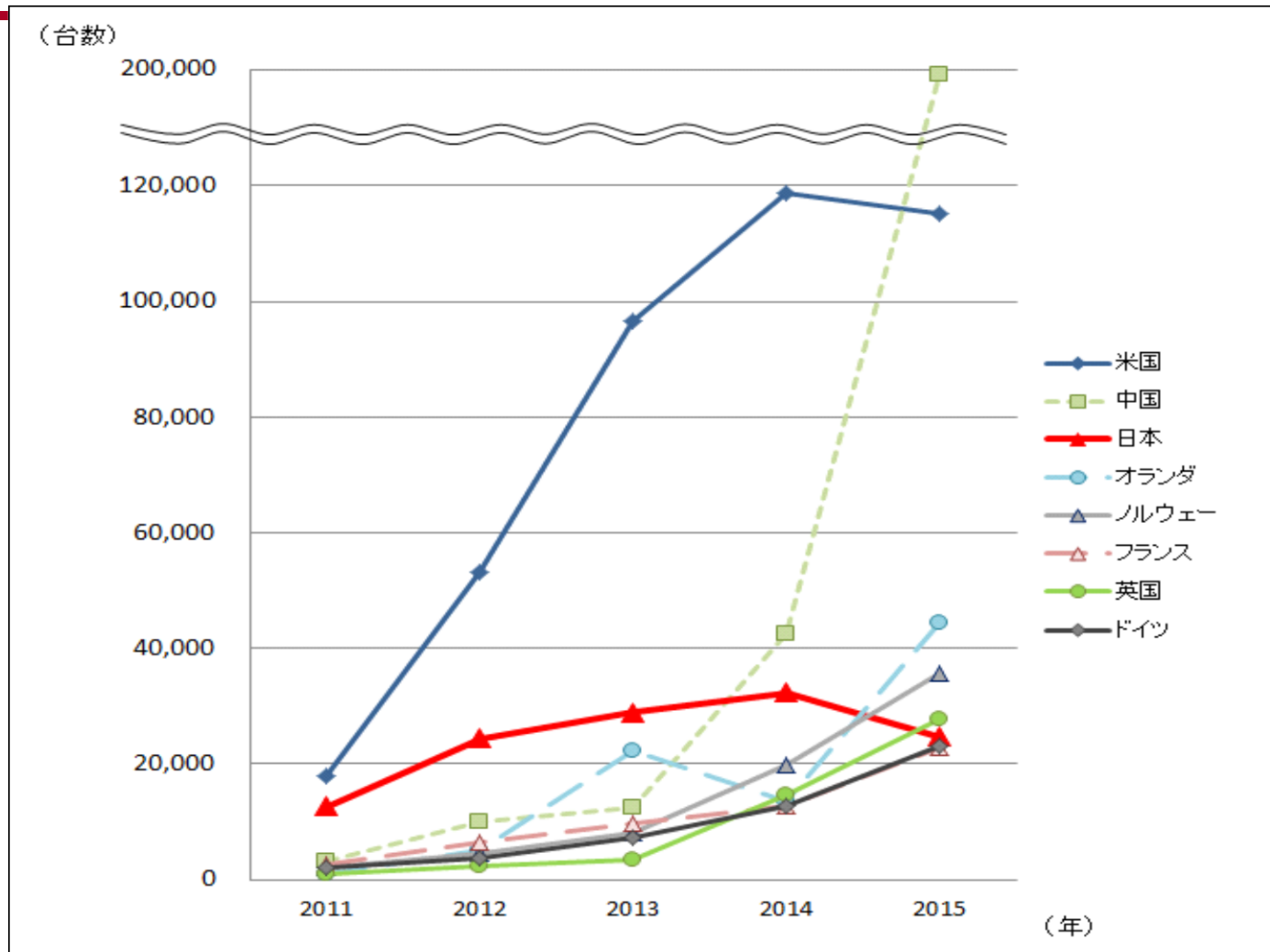
## ◆ 国内の次世代自動車販売割合

	2015年(実績)	2030年目標
従来車	73.5%	30~50%
次世代自動車	<b>26.5%</b>	<b>50~70%</b>
ハイブリッド自動車(HV)	22.2%	30~40%
電気自動車(EV) プラグインハイブリッド自動車(PHV)	<b>0.27%</b> <b>0.34%</b>	<b>20~30%</b>
燃料電池自動車(FCV)	0.01%	~3%
クリーンディーゼル自動車(CDV)	3.6%	5~10%

出典:自動車産業戦略 2014(経済産業省)<sup>11</sup>等



# 自動車の変化(PHV, EVの販売台数の推移)



出典:オランダ・ノルウェー・フランス・イギリス・ドイツ:European Alternative Fuel Observatory(EAFO)  
中国・アメリカ:マークラインズ、日本:日本自動車工業会(JAMA)



# ノルウェーにおけるEVの普及

## 「新車の4割」 EV大国ノルウェーの裏事情

2017年9月14日 9時15分 プレジデントオンライン

本当にクルマはガソリンから電気に置き換わるのか。北欧ノルウェーでは、すでに新車販売の4割が電気自動車（EV）になっている。「先進

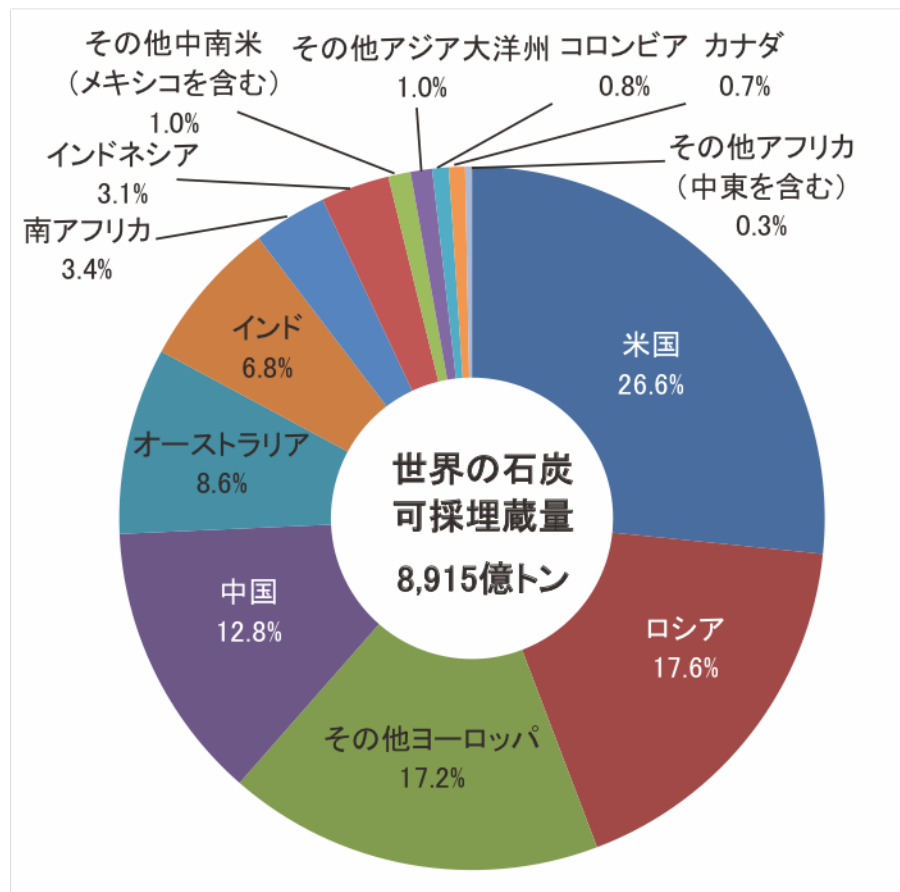
- クルマをコンセントに挿すのは当たり前
- 電力の96%を水力でまかなっている
- 夏に余った電力で水素を作って貯める
- 水素からまた電気をつくって、EVに充電



# 石炭を取り巻く状況

- ◆ 豊富な可採埋蔵量(114年)
- ◆ 資源の偏在が少ない
- ◆ 世界の発電電力の4割りは石炭から
- ◆ 燃焼時のCO2排出量  
石油の1.3倍、天然ガスの1.8倍
- ◆ 大気汚染物質の主要因

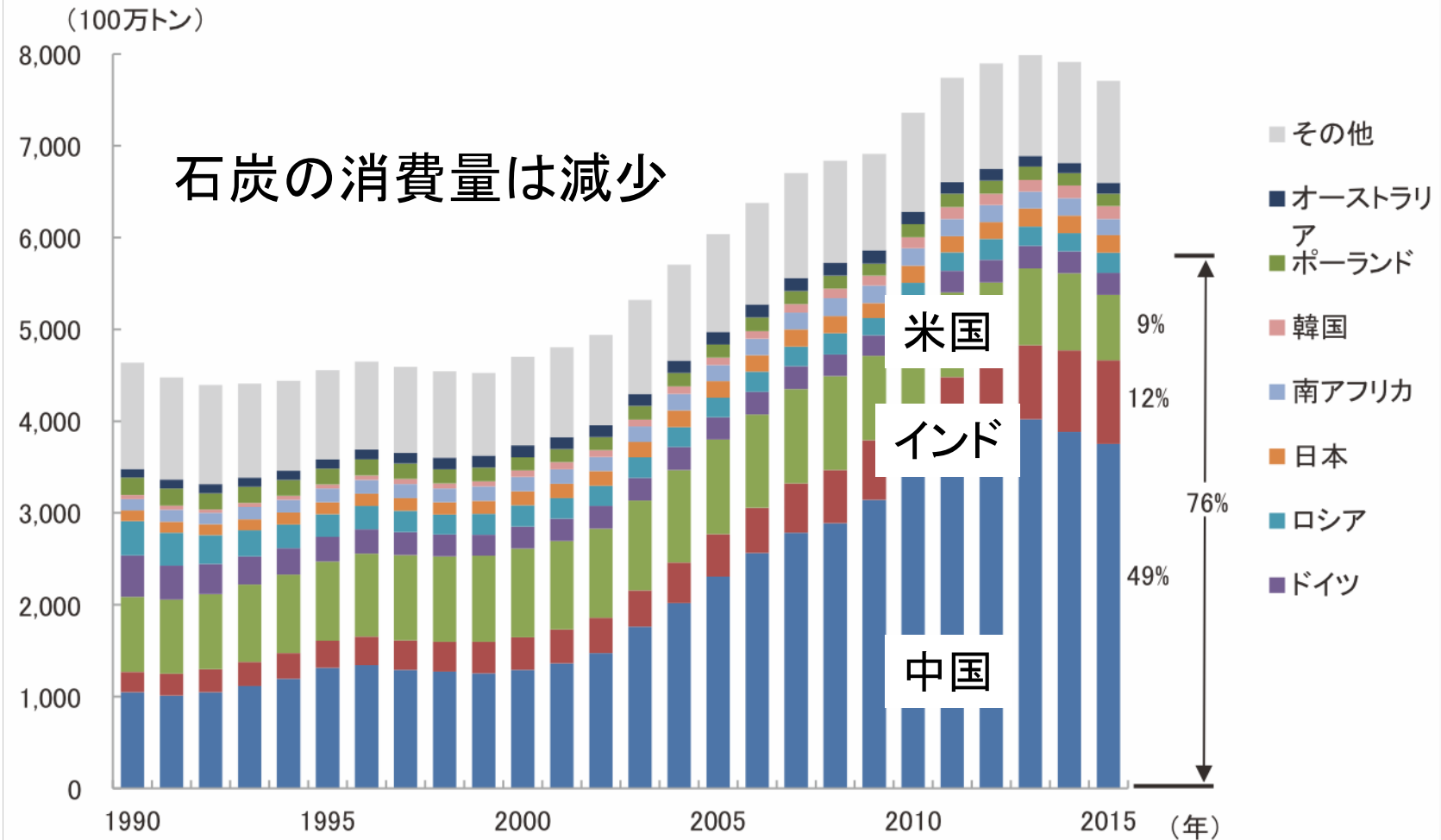
【第222-1-30】世界の石炭可採埋蔵量(2015年末時点)



出典:BP[Statistical Review of World Energy 2016]を基に作成

# 世界の石炭の消費量

【第222-1-33】世界の石炭消費量の推移(国別)

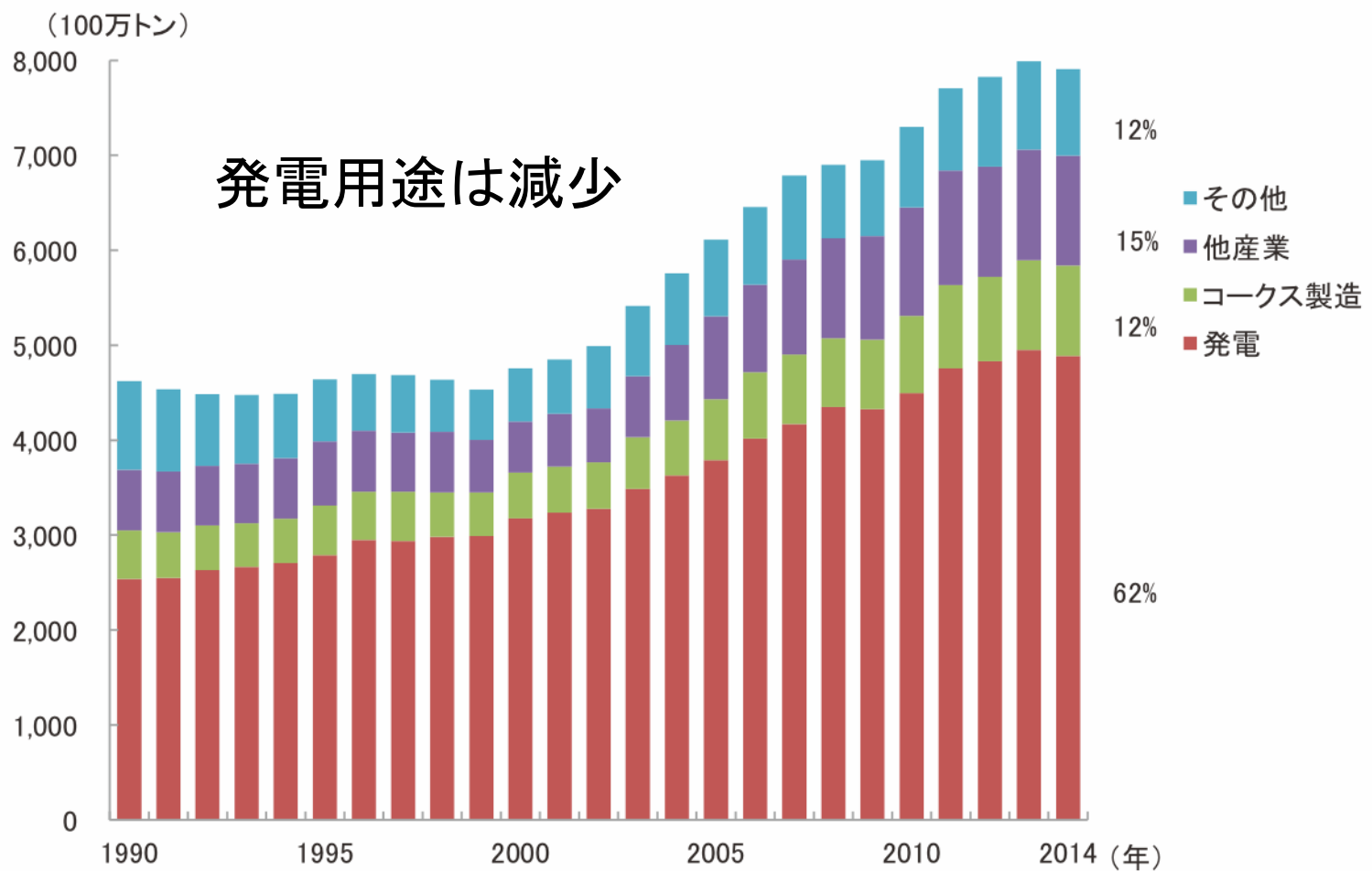


(注) 2015年データは見込み値。

出典: IEA「Coal Information 2016」を基に作成

# 世界の石炭の消費量(用途別)

【第222-1-34】世界の石炭消費量の推移(用途別)



(注1) その他には誤差値が含まれる。(注2) 用途別の内訳は2014年が最新の値。

出典:IEA「Coal Information 2016」を基に作成

# 脱石炭化の動き

- ◆ 石炭火力発電 → 風力、太陽光発電
- ◆ 化石燃料からの投資引き揚げの動き
- ◆ 途上国の脱石炭化への支援
- ◆ 石炭の使用規制
  - ◆ 北京では2020年～石炭の使用と販売禁止



# 温暖化防止に向けた脱化石燃料へ

- ◆ 気温上昇 $2^{\circ}\text{C}$ 以内→総 $\text{CO}_2$ 排出1400Gt以下
- ◆ 2013年までに400Gt排出
  - 2050年までに $\text{CO}_2$ 排出1000Gt以下
- ◆ 化石燃料の確認埋蔵量中の $\text{CO}_2$ は、2860Gt
  - ◆ 石炭65%, 石油22%, 天然ガス13%
- ◆ 1860Gt分は、地殻中に残す必要がある



# 原子力を取り巻く状況

- ◆ CO<sub>2</sub>排出の無い発電
- ◆ 3.11以降、安全コストへの意識が高まり、建設費が増加
  - 経済性の悪化
- ◆ 核廃棄物の問題

国名 (発電能力順)	基数	発電能力 [万kW]	発電量 [TWh]	設備利用率 [%]
米国	99	10,272	798	91
フランス	58	6,588	419	76
日本	43	4,205	4	1
中国	36	2,818	184	69
ロシア	30	2,218	184	82
韓国	24	1,918	156	82
カナダ	19	1,468	117	81
ウクライナ	17	1,318	107	72
ドイツ	8	1,136	87	82
英国	15	1,036	64	78
スウェーデン	10	968	54	64
スペイン	7	740	55	83
ベルギー	7	619	21	40
インド	21	578	35	74
台湾	6	523	35	79

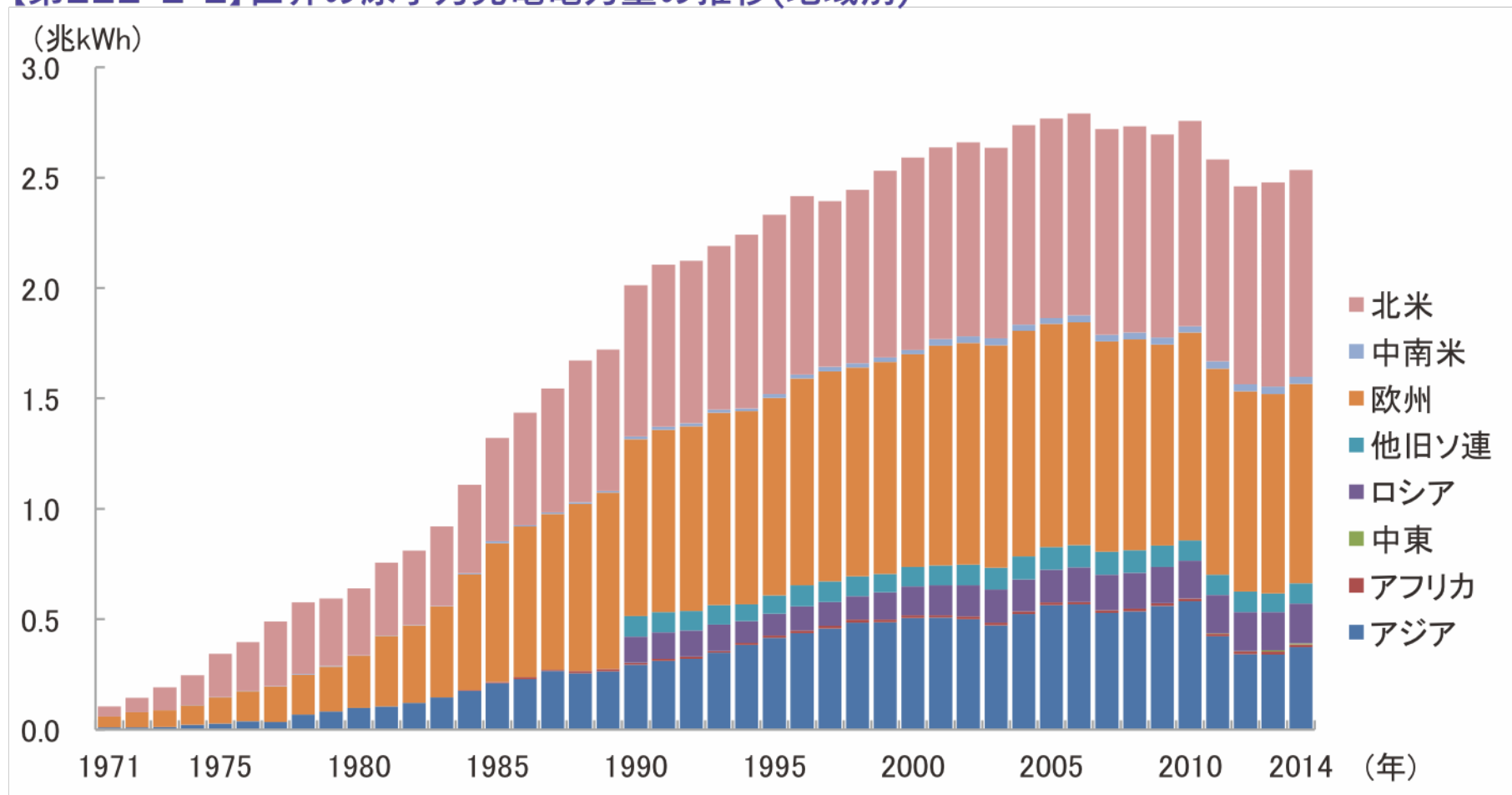
日本 42GW  
→ 1GW/基

(注)基数・発電能力は2016年1月1日時点。発電量・設備利用率は2015年時点(年ベース)。

出典：基数・発電能力は日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向2016年版」を基に作成、発電量・設備利用率はIAEA「Power Reactor Information System(PRIS)」を基に作成

# 原子力による発電電力量の推移

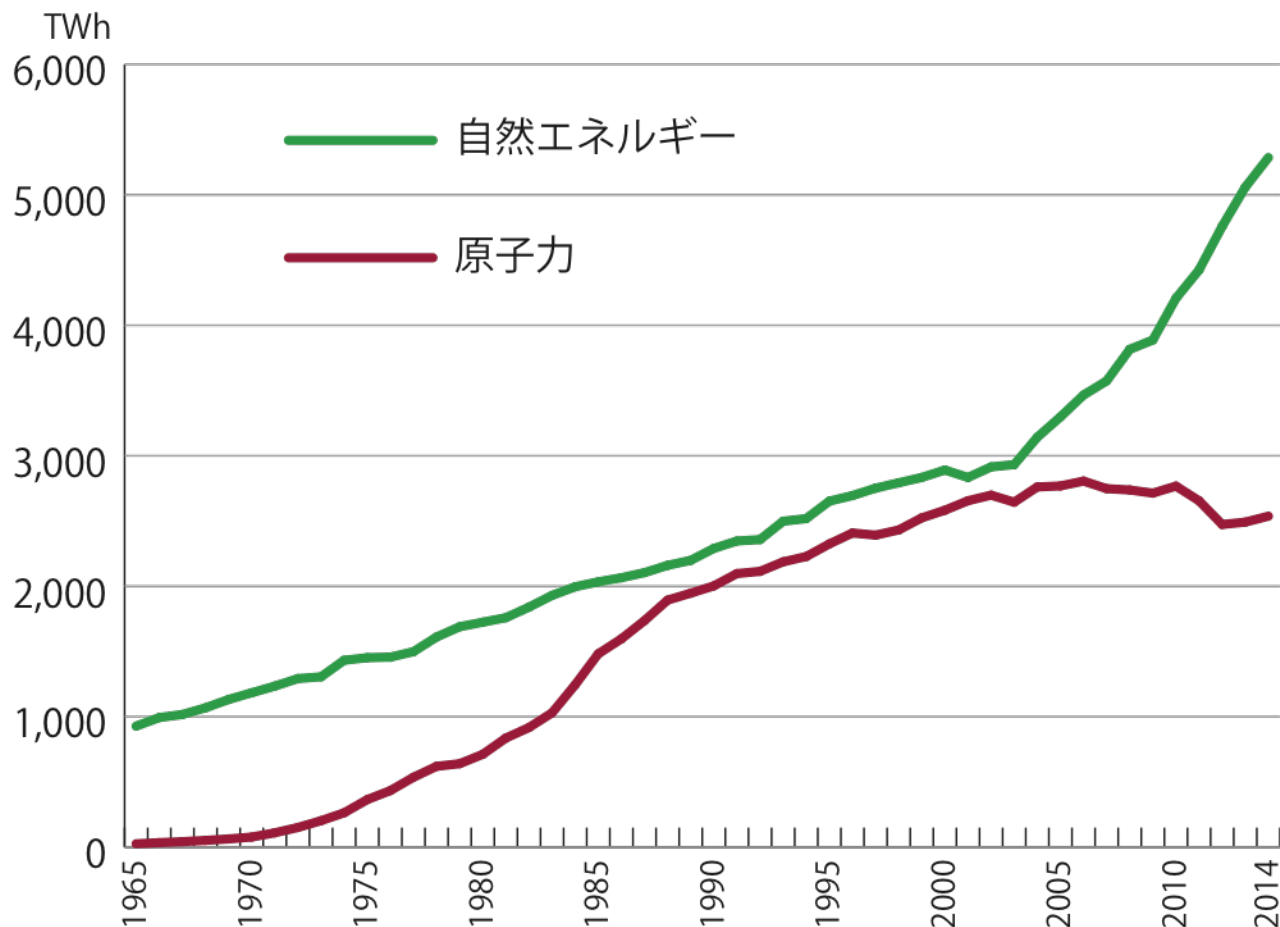
【第222-2-2】世界の原子力発電電力量の推移(地域別)



出典：IEA [World Energy Balances 2016 Edition]を基に作成










# 自然エネルギーの発電量 > 原発の発電量



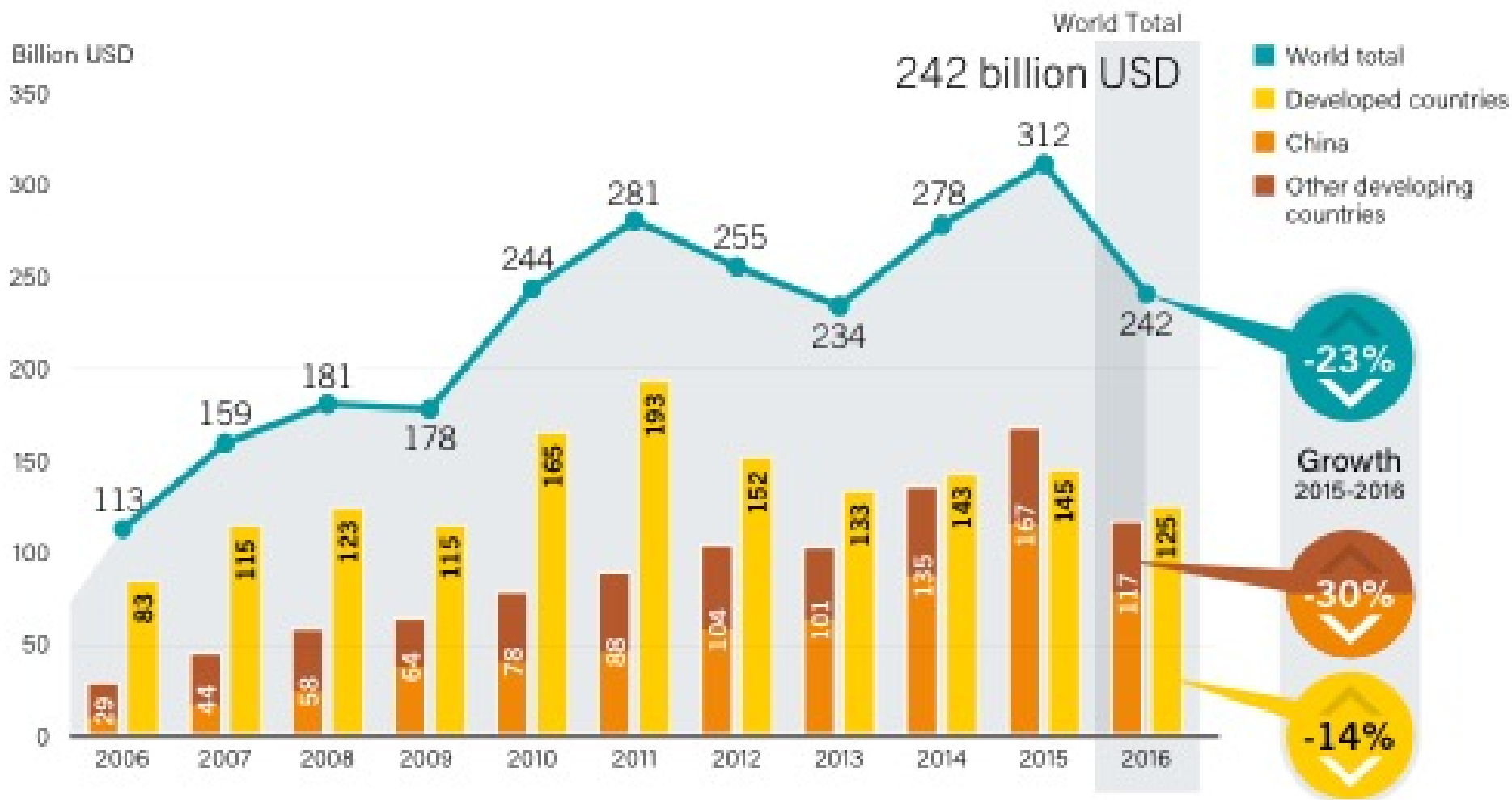
## ◆ 自然エネルギーの発電量が急速に伸びている

# 自然(再生可能)エネルギーへの投資

		2015	2016
<b>INVESTMENT</b>			
New investment (annual) in renewable power and fuels <sup>1</sup>	billion USD	312.2	<b>241.6</b>
<b>POWER</b>			
Renewable power capacity (total, not including hydro)	GW	785	<b>921</b>
Renewable power capacity (total, including hydro)	GW	1,856	<b>2,017</b>
 Hydropower capacity <sup>2</sup>	GW	1,071	<b>1,096</b>
 Bio-power capacity	GW	106	<b>112</b>
 Bio-power generation (annual)	TWh	464	<b>504</b>
 Geothermal power capacity	GW	13	<b>13.5</b>
 Solar PV capacity	GW	228	<b>303</b>
 Concentrating solar thermal power capacity	GW	4.7	<b>4.8</b>
 Wind power capacity	GW	433	<b>487</b>



# 自然(再生可能)エネルギーへの投資



# 自然(再生可能)エネルギー TOP5(国)

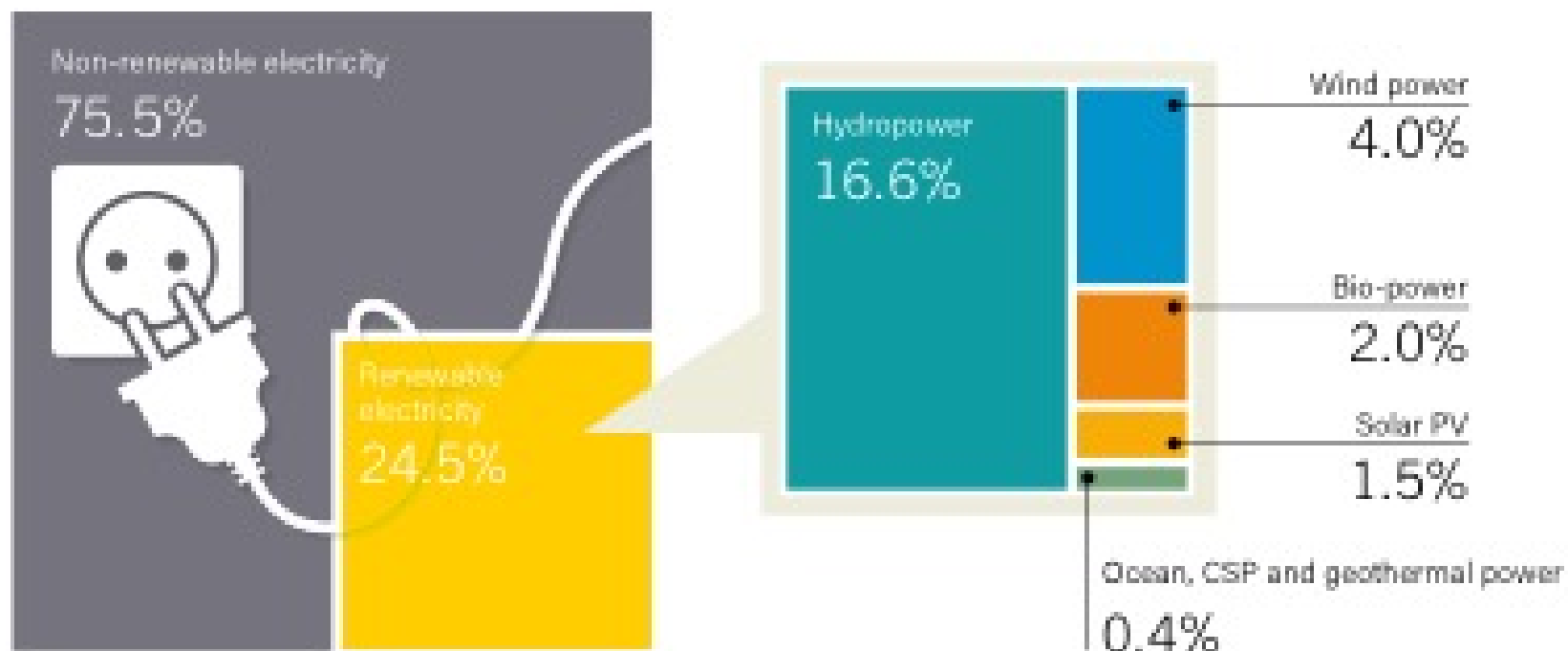
Annual Investment / Net Capacity Additions / Production in 2016

	1	2	3	4	5
Investment in renewable power and fuels (not including hydro > 50 MW)	<b>China</b>	United States	United Kingdom	Japan	Germany
Investment in renewable power and fuels per unit GDP <sup>1</sup>	<b>Bolivia</b>	Senegal	Jordan	Honduras	Iceland
 Geothermal power capacity	<b>Indonesia</b>	Turkey	Kenya	Mexico	Japan
 Hydropower capacity	<b>China</b>	Brazil	Ecuador	Ethopia	Vietnam
 Solar PV capacity	<b>China</b>	United States	Japan	India	United Kingdom
 Concentrating solar thermal power (CSP) capacity <sup>2</sup>	<b>South Africa</b>	China	-	-	-
 Wind power capacity	<b>China</b>	United States	Germany	India	Brazil
 Solar water heating capacity	<b>China</b>	Turkey	Brazil	India	United States
 Biodiesel production	<b>United States</b>	Brazil	Argentina/Germany/Indonesia		
 Fuel ethanol production	<b>United States</b>	Brazil	China	Canada	Thailand

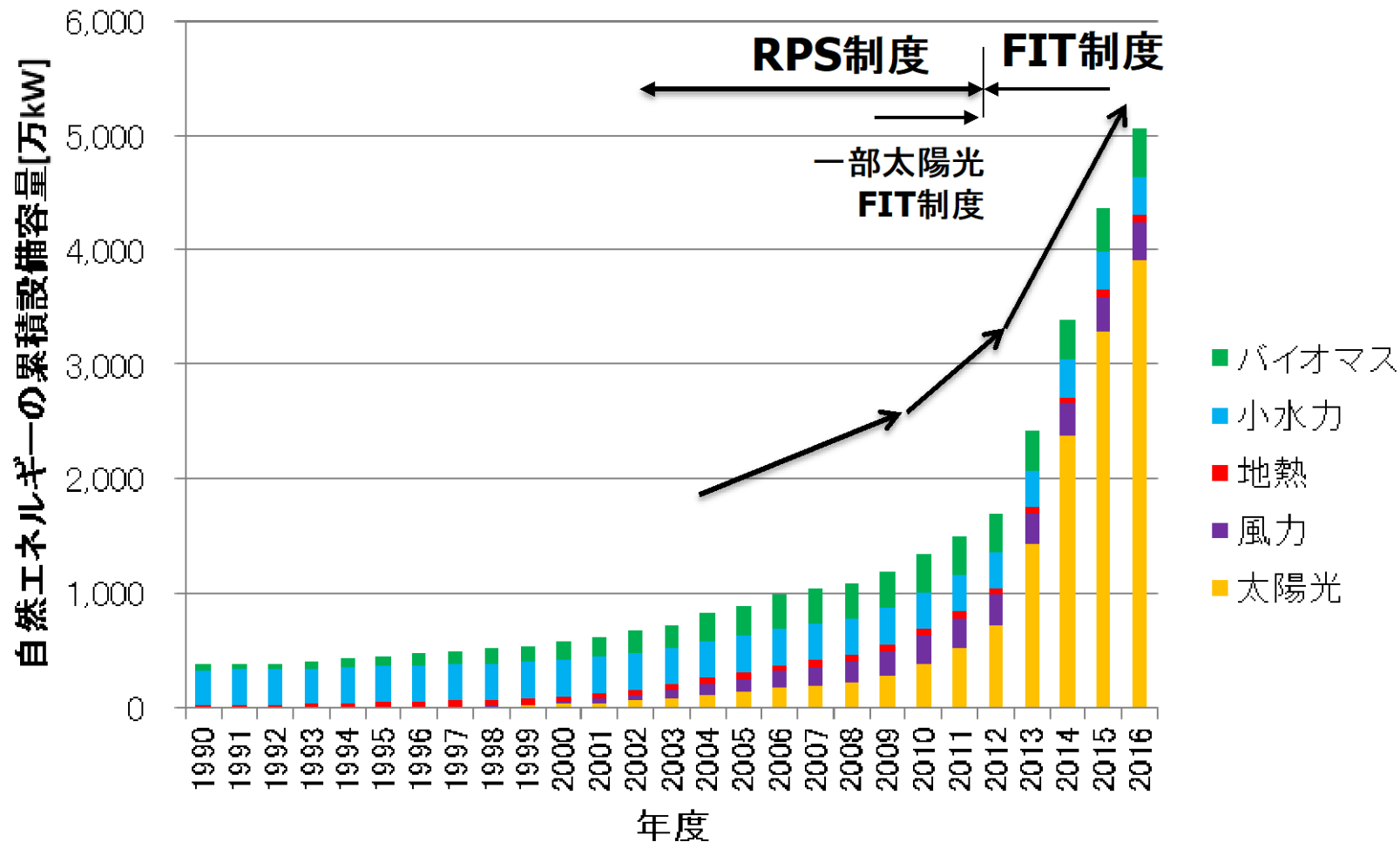


# 電力に占める自然(再生可能)エネルギー

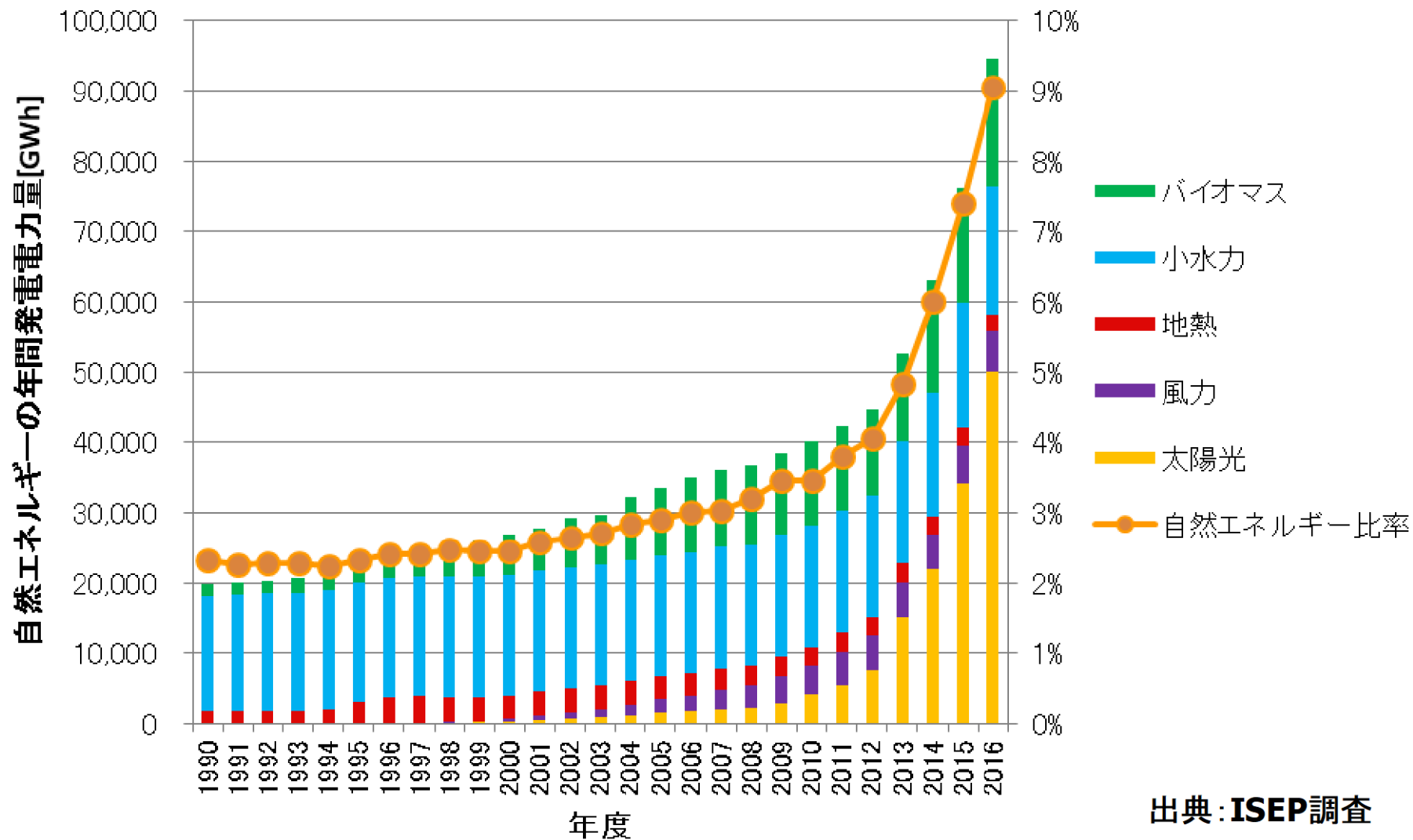
Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2016



# 日本国内の自然エネルギーの電源設備容量



# 日本国内の自然エネルギーの発電量



出典: ISEP調査



# 日本において原子力発電所を 再稼働すべきか？

## ◆ 背景：

地球温暖化の懸念からCO<sub>2</sub>の削減に向けて原子力発電を推進する動きがあった。しかし、福島第一原子力発電所事故の後、原子力発電は安全性の確保の点や核廃棄物の問題から単純なCO<sub>2</sub>削減の為だけに動かし続ける事には懸念がある。

近年活用が進む自然エネルギーの中で太陽光や風力発電が普及しているが安定性に問題がある。

そこで、日本において現時点で原子力発電をどうするべきか？を考えてみる。





# 具体的な問題設定

- ◆ 議論の対象とする国は日本とする。(他国まで広げると議論が発散することがあるため)
- ◆ 日本で、どの程度の再生可能エネルギーによる発電(太陽光、風力、地熱、水力等)が導入目標とされているか調べよ。また目標が達成された時に、得られる電力(W)および年間の発電量(Wh)を推定せよ。
- ◆ 日本で、2011年以前に原子力発電で発電していた年間電力量を調べよ。
- ◆ 上記2, 3から、日本で原子力発電をどう扱っていくべきか考えよ。



# 「否」側から考えると...

- ◆ 福島第一の事故を見れば明らかなおとおり、事故が起こった場合周辺地域の人々の生活を根本から脅かすものであり、それは倫理的に認められるのか？
- ◆ 現時点で、日本では電力不足は起こっていない。ムリに再稼働しなくても良いのでは？
- ◆ その他いろいろ...



# 「是」側から考えると...

- ◆ 今般の台風による千葉県の大規模停電を見れば解るとおり、電気の有無は(ライフラインという)文字通り人間の生死に直結する。現時点ではまだ不安定な再生可能エネルギーだけでは安定した電力をまかなえないのでは？
- ◆ 安定した電力を得るため、現時点の日本では火力(主として石炭と天然ガス)を増強している。特に石炭はCO<sub>2</sub>排出量が多く、気候変動対策を考える上で問題があるのでは？
- ◆ その他いろいろ...

