

# 中長期ロードマップに基づく二酸化炭素排出量削減の経済分析

ロードマップ全体検討会

大阪大学 伴 金美

2010年3月26日

# タスクフォースモデルとの違い

	日経CGEモデル	Forward Looking型 CGEモデル
基礎データ	●2005年産業連関表	●2005年産業連関表 ●国立環境研環境負荷原単位データブック
財分類	43財 <ul style="list-style-type: none"> <li>道路輸送と自家輸送: 貨物と旅客に分類</li> <li>水運と航空輸送: 国内と国際に分類</li> <li>石油製品: 未分類</li> </ul>	40財 <ul style="list-style-type: none"> <li>道路輸送と自家輸送: 貨物と旅客に未分類</li> <li>水運と航空輸送: 国内と国際に未分類</li> <li>石油製品: 揮発油など4分類</li> </ul>
産業分類	42産業+新エネ発電 <ul style="list-style-type: none"> <li>道路輸送と自家輸送: 貨物と旅客に分類</li> <li>水運と航空輸送: 国内と国際に分類</li> </ul>	37産業+新エネ発電 <ul style="list-style-type: none"> <li>道路輸送と自家輸送: 貨物と旅客に未分類</li> <li>水運と航空輸送: 国内と国際に未分類</li> </ul>
動学体系	逐次動学型 <ul style="list-style-type: none"> <li>貯蓄率が一定</li> <li>政策変更は、変更後の行動のみに影響</li> </ul>	Forward Looking型 <ul style="list-style-type: none"> <li>将来にわたる消費の割引価値が最大となるように各時点の消費と貯蓄が決定される。</li> <li>将来の政策変更が、現在の行動に影響</li> </ul>
生産要素	資本、労働、土地、天然資源、新エネ発電資源	資本、労働、新エネ発電資源
資本	Vintage型 <ul style="list-style-type: none"> <li>新設資本についてはCES型生産関数によるが、既設資本は固定係数型。</li> <li>資本は産業間で移動しない。</li> </ul>	非Vintage型 <ul style="list-style-type: none"> <li>資本は新設と既設の区別しない。</li> <li>資本は産業間で移動可能。</li> </ul>
労働需要	●産業間で移動可能。 ●労働供給の増加は、同時点の実質賃金の変化による。	●産業間で移動可能。 ●労働供給の増加は、同時点・異時点間の実質賃金の変化による。
予算制約	●投資は貯蓄によって決まる。したがって、投資が増加するには、消費が減って貯蓄が増加することが必要。 ●ある部門への投資または消費の増加は、他の部門で同額の減少がともなう。例えば、政府支出の増加は税収の増加、あるいは国債発行による民間貯蓄の吸収で可能となる。	●投資は貯蓄によって決まる。したがって、投資が増加するには、消費が減って貯蓄が増加することが必要。 ●ある部門への投資または消費の増加は、他の部門で同額の減少がともなう。例えば、政府支出の増加は税収の増加、あるいは国債発行による民間貯蓄の吸収で可能となる。

# 大きく違うところは何か

1. データは日経センターCGEモデルと同じ
2. 日経センターCGEモデルは、貯蓄率を外生とする逐次動学型モデル
  - 貯蓄率一定のため、所得が増えない限り投資は増えない。
  - 政策発動後に、経済が動く。
3. 本CGEモデルは、2020年の中期目標実現を前提とし、消費から得られる効用を最大にするように貯蓄(すなわち、投資)を決定する最適動学型モデル。
  - 目的関数は無限先までの消費の割引現在価値。ただし、2020年以降の消費、所得、資本は一定率で増加するものとしている。
  - 貯蓄は内生であり、投資を増やすために消費が減ることもある。
  - 投資が行われれば、資本が増加し、その結果、経済が拡大し、雇用が増加し、また資本所得として還元される。
  - 政策の方向が決まれば、政策発動の前に経済は動き始める。

# Forward Looking型動学モデル

## Ramsey型最適成長モデル

$$\max_{C_t} \sum_{t=0}^{\infty} \left( \frac{1}{1+\rho} \right)^t u(C_t)$$

$$Y_{i,t} = f_i(K_{i,t}, L_{i,t})$$

$$I_t = \sum_{i=1}^N Y_{i,t} - C_t$$

$$\sum_{i=1}^N K_{i,t+1} = I_t + (1+\delta) \sum_{i=1}^N K_{i,t}$$

$$\sum_{i=1}^N L_{i,t} = (1+n)^t L_0$$

$Y_t$  所得       $C_t$  消費       $I_t$  投資

$K_t$  資本       $L_t$  労働

$\rho$  割引率       $\delta$  減耗率

$n$  労働増加率       $i$  産業分類

## 最適条件

$$P_t = \left( \frac{1}{1+\rho} \right)^t \frac{\partial u(C_t)}{\partial C_t}$$

$$PK_t = (1-\delta)PK_{t+1} + \sum_{i=1}^N P_{i,t} \frac{\partial f_i(K_{i,t}, L_{i,t})}{\partial K_{i,t}} = (1-\delta)PK_{t+1} + RK_t$$

$$P_t = PK_{t+1}$$

$P_t$  生産物価格

$PK_t$  資本価格

$RK_t$  資本収益率

# 相補問題(Complementarity Problem)

## ゼロ利潤条件

$$c_i(RK_t, W_t) \geq P_{i,t} \perp Y_{i,t} \geq 0$$

$$P_t \geq PK_{t+1} \perp I_t \geq 0$$

$$PK_t \geq (1-\delta)PK_{t+1} + RK_t \perp K_t \geq 0$$

$$c_i(RK_t, W_t) = P_{i,t} \Rightarrow Y_{i,t} > 0$$

$$c_i(RK_t, W_t) > P_{i,t} \Rightarrow Y_{i,t} = 0$$

$c_i(RK_t, W_t)$  単位生産費用  
 $W_t$  賃金

## 需給均衡条件

$$\sum_{i=1}^N Y_{i,t} \geq C_t + I_t \perp P_t \geq 0$$

$$K_t \geq \sum_{i=1}^N \frac{\partial c_i(RK_t, W_t)}{\partial RK_t} \perp RK_t \geq 0$$

$$L_t \geq \sum_{i=1}^N \frac{\partial c_i(RK_t, W_t)}{\partial W_t} \perp W_t \geq 0$$


 動学部分

## 所得定義式(動学的予算制約)

$$M_t = PK_0 K_0 + \sum_{t=0}^{\infty} W_t L_t$$

$M_t$  生涯所得

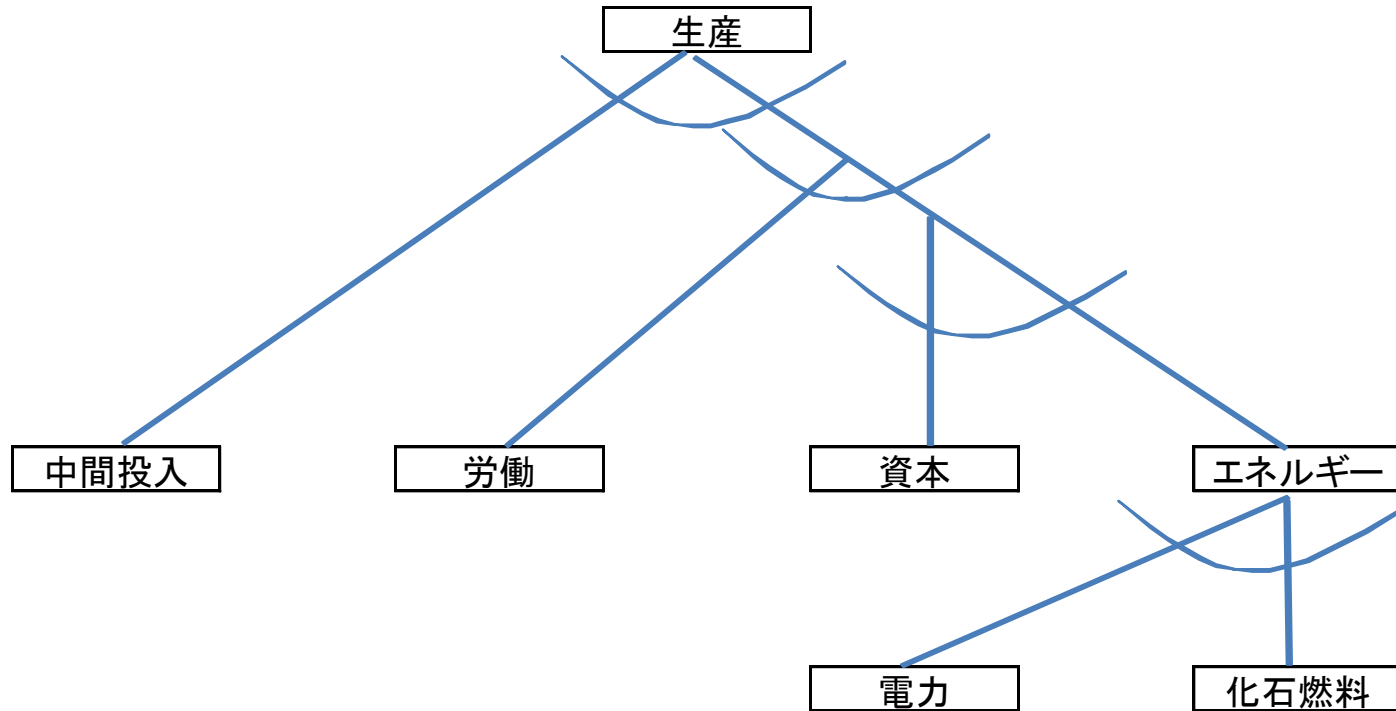
# 財・産業分類

財・サービス分類		
1	agr	農林水産業
2	coal	石炭
3	oil	原油
4	gas	天然ガス
5	fdp	食料品・飲料
6	tex	繊維製品
7	wpp	パルプ・紙・木製品
8	chm	化学製品
9	o_gas	ガソリン・軽油
10	o_ker	灯油
11	o_lpg	LPG
12	o_hev	その他石油製品
13	c_p	石炭製品
14	plr	プラスチック・ゴム
15	gsc	窯業・土石
16	i_s	鉄鋼
17	mtl	非鉄金属・金属製品
18	ome	一般機械
19	ele	電気機械
20	trn	輸送機械
21	omf	その他製造業
22	cns	建設
23	ely	電力
24	g_h	ガス・熱供給
25	wts	水道
26	wst	廃棄物処理
27	trd	卸売・小売
28	fin	金融・保健
29	ttp	鉄道輸送
30	rtp	道路輸送
31	otp	自家輸送
32	wtp	水運
33	atp	航空輸送
34	ots	その他輸送サービス
35	cmn	通信・放送・情報サービス
36	e_r	教育・研究
37	mhs	医療・保健・福祉
38	bsrv	対事業所サービス
39	psrv	対個人サービス
40	gsrv	政府サービス

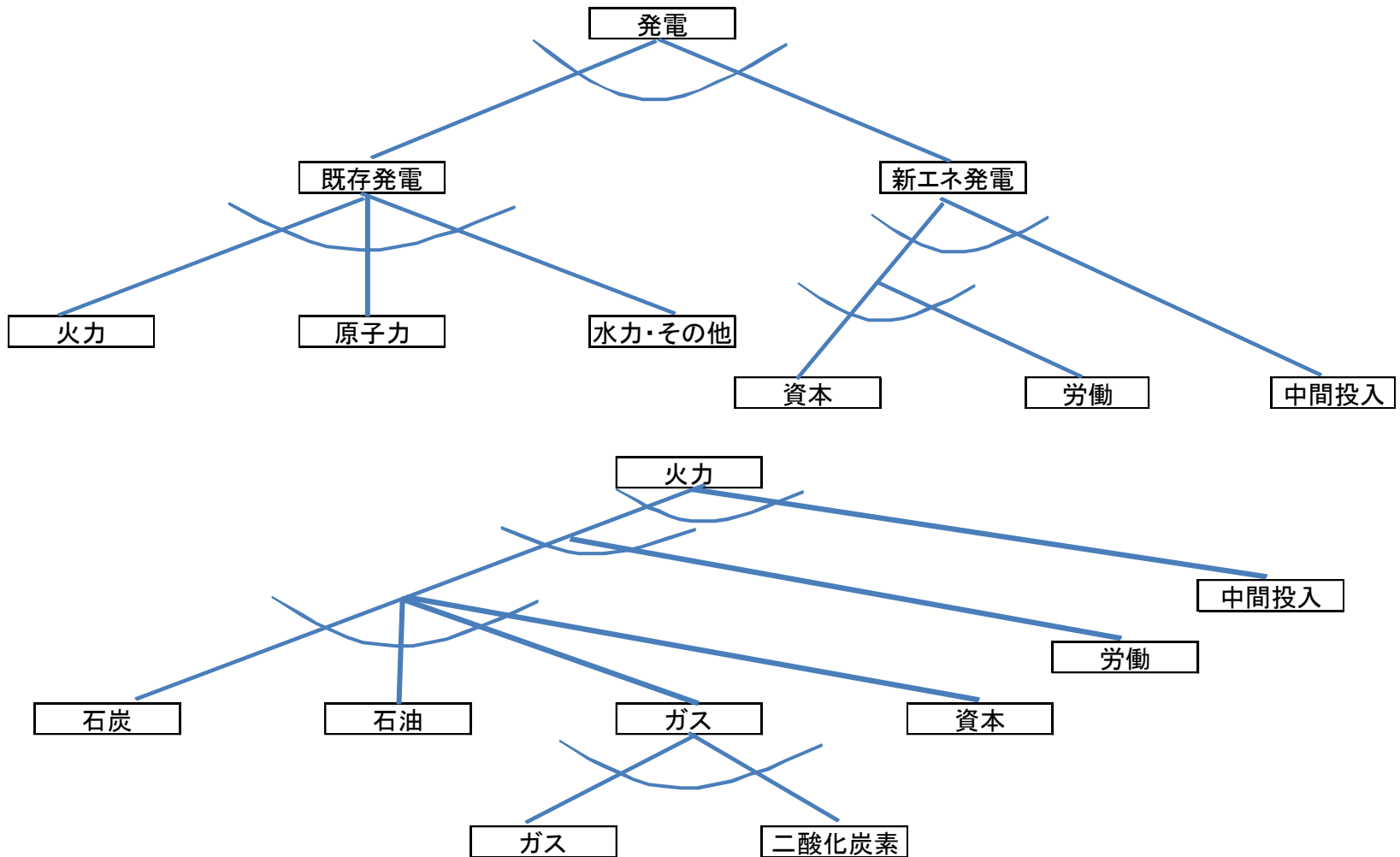
産業分類		
1	agr	農林水産業
2	f_f	石炭・原油・天然ガス
3	fdp	食料品・飲料
4	tex	繊維製品
5	wpp	パルプ・紙・木製品
6	chm	化学製品
7	p_p	石油製品
8	c_p	石炭製品
9	plr	プラスチック・ゴム
10	gsc	窯業・土石
11	i_s	鉄鋼
12	mtl	非鉄金属・金属製品
13	ome	一般機械
14	ele	電気機械
15	trn	輸送機械
16	omf	その他製造業
17	cns	建設
18	e_f	火力発電
19	e_n	原子力発電
20	e_h	水力・その他発電
21	g_h	ガス・熱供給
22	wts	水道
23	wst	廃棄物処理
24	trd	卸売・小売
25	fin	金融・保健
26	ttp	鉄道輸送
27	rtp	道路輸送
28	otp	自家輸送
29	wtp	水運
30	atp	航空輸送
31	ots	その他輸送サービス
32	cmn	通信・放送・情報サービス
33	e_r	教育・研究
34	mhs	医療・保健・福祉
35	bsrv	対事業所サービス
36	psrv	対個人サービス
37	gsrv	政府サービス
38	nely	新エネ発電

二酸化炭素を発生させる財・サービス

# 生産構造(非電力)



# 生産構造(電力)





# シナリオ

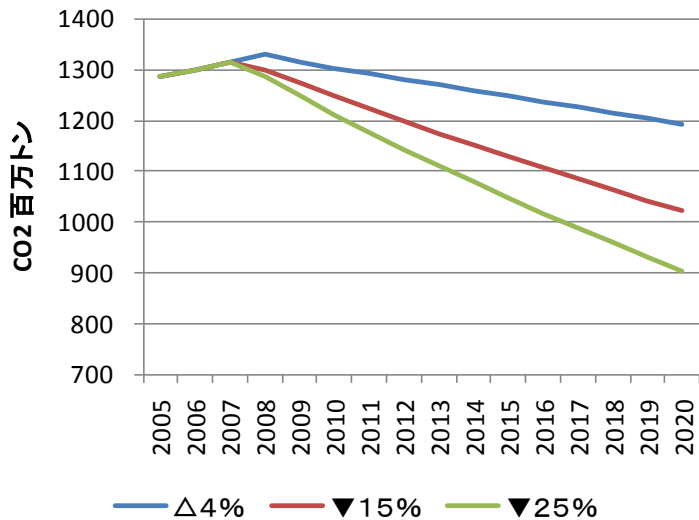
項目	想定
<b>基準解</b>	
労働力人口伸び率	年率 $\Delta$ 0.3%
労働技術進歩率	年率1.2%
AEEI(Autonomous Energy Efficiency Improvement)	年率2.5%
二酸化炭素排出効率改善	年率2~4%
実質利子率	年率5%
資本減耗率	年率8%
排出量は家計に初期配分 「長期需給見通し」努力ケース	2020排出量1990年比 $\Delta$ 4%
設置費用の低減	年率4%
設置領域拡大	年率15%
<b>なりゆきケース(2011年から実施)</b>	
設置費用の低減	年率5%
設置領域拡大	年率20%
<b>イノベーション促進ケース(2011年から実施)</b>	
設置費用の低減	年率8%
全量固定買取制度実施	
設置場所拡大(公共・大規模施設屋上開放)	年率32.5%
金属・一般・電気・輸送への中間投入の追加増	年率0.5%
電気・輸送・建設への家計支出の追加増	年率1%

# ベースラインケース

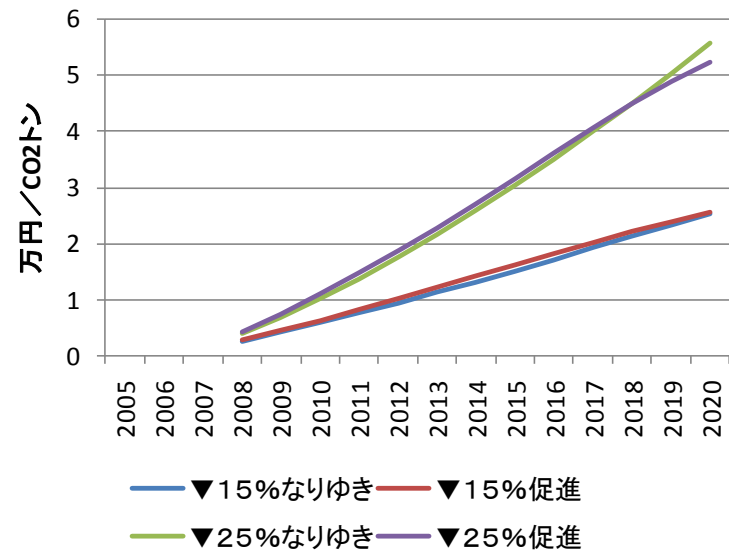
	基準シナリオ		新成長戦略	二酸化炭素排出量
	2005年価格兆円	2000年価格兆円	2000年価格兆円	百万トン
2005	506	537	537	1286
2006	511	543	548	1300
2007	517	549	561	1315
2008	523	554	554	1330
2009	529	561	525	1315
2010	535	568	536	1303
2011	541	574	546	1291
2012	548	581	557	1282
2013	555	589	568	1272
2014	562	596	580	1262
2015	569	603	591	1252
2016	576	611	603	1243
2017	583	618	615	1233
2018	590	626	628	1224
2019	597	634	640	1214
2020	605	642	653	1205

# 削減シナリオと限界削減費用

排出量



限界削減費用



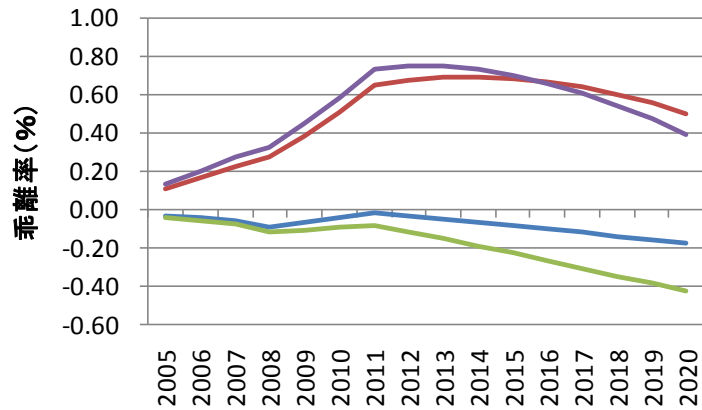
	Δ4%	▼15%	▼25%
2005	1286	1286	1286
2010	1304	1248	1213
2015	1248	1129	1047
2020	1193	1022	904

百万トン

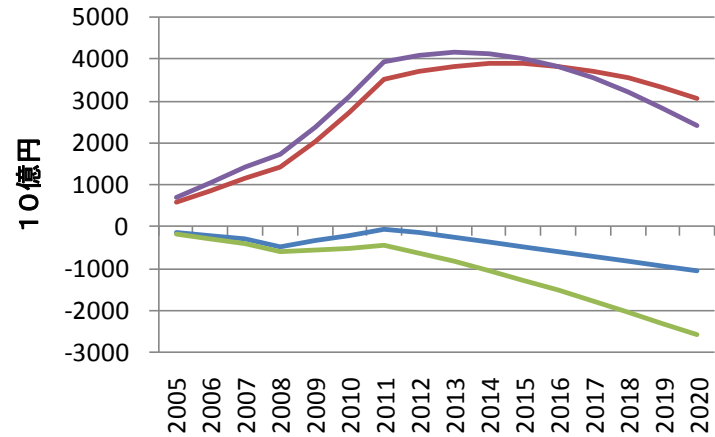
	▼15%		▼25%	
	なりゆき	促進	なりゆき	促進
2005				
2010	0.5879	0.6408	1.0255	1.0985
2015	1.5208	1.6176	3.0411	3.1581
2020	2.5298	2.5730	5.5635	5.2459

万円

# GDPに対する影響



▼15%なりゆき ▼15%促進  
▼25%なりゆき ▼25%促進



▼15%なりゆき ▼15%促進  
▼25%なりゆき ▼25%促進

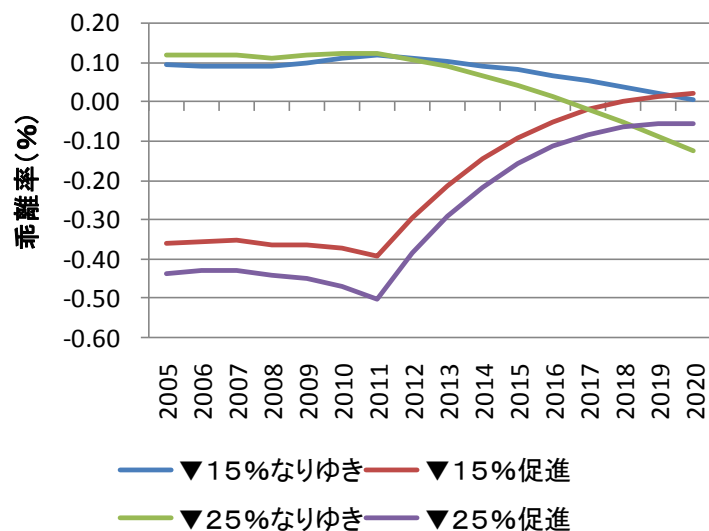
	▼15%		▼25%			▼15%		▼25%		10億円
	なりゆき	促進	なりゆき	促進		なりゆき	促進	なりゆき	促進	
2005	-0.03	0.11	-0.04	0.14	2005	-149	572	-192	694	
2010	-0.04	0.51	-0.09	0.58	2010	-212	2729	-502	3111	
2015	-0.08	0.68	-0.22	0.70	2015	-468	3892	-1279	4003	
2020	-0.18	0.50	-0.43	0.40	% 2020	-1061	3044	-2579	2396	

# 2005年から効果が出る理由

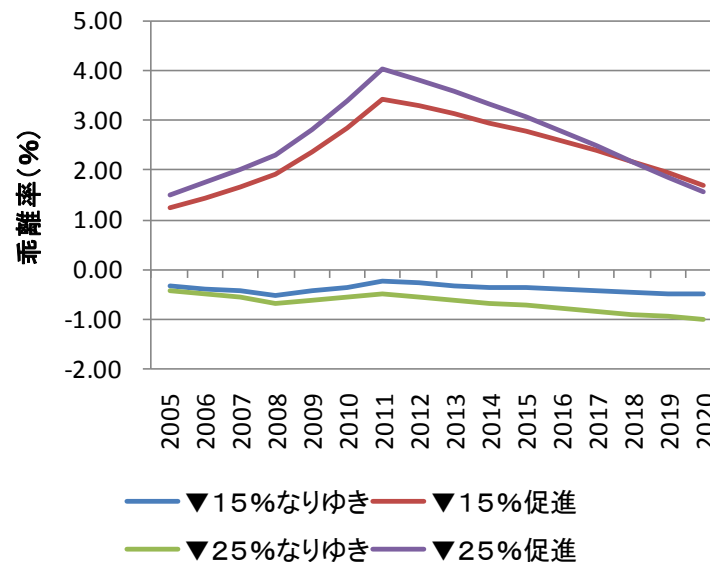
1. モデルは、2005年産業連関表に基づいて構築され、2005年から2020年までの15年間について解いている。
2. モデルでは、二酸化炭素排出削減目標は京都議定書第一約束期間初年度の2008年から課せられる。
3. なりゆきケースとイノベーション促進ケースにおける諸政策は、2011年から実施されるとしている。
4. にも関わらず、2005年から政策実施の効果ができるのは、2005年から2020年を一括して解く動学的最適化モデルの特性による。
  - ① 第二約束期間に向かって二酸化炭素排出規制が強化されることを、経済は2005年の時点で知っていると前提。(政府の京都議定書目標達成計画は2005年4月に策定されており、その後も改訂が続けられ、十分予想された規制強化と思われる。)
  - ② 経済には何も知らされず、二酸化炭素排出規制が2008年から予想外に強化され、さらに2011年に政策が採られ始めたという前提でのシミュレーションは行っていない。

# 消費と投資に対する影響

## 消費

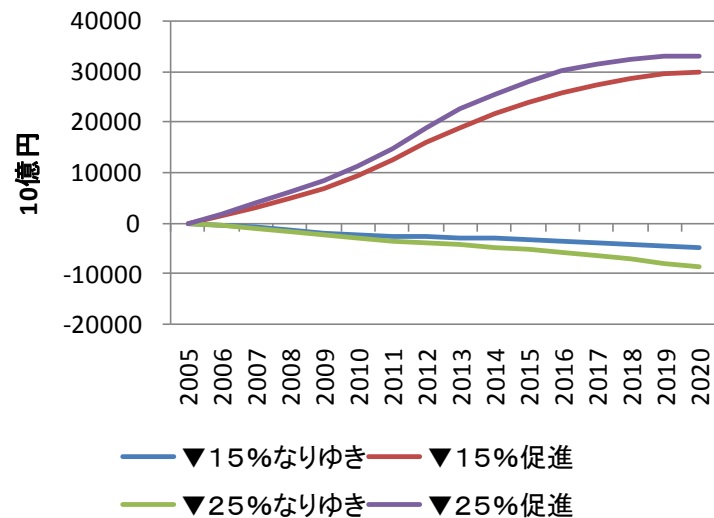
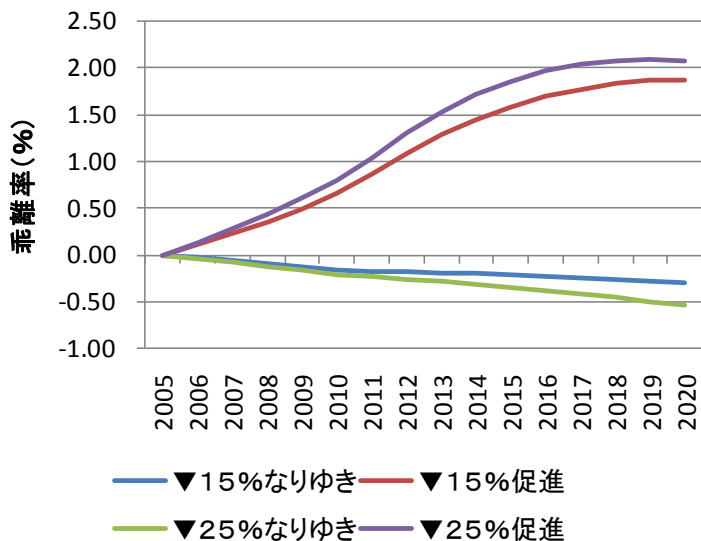


## 投資



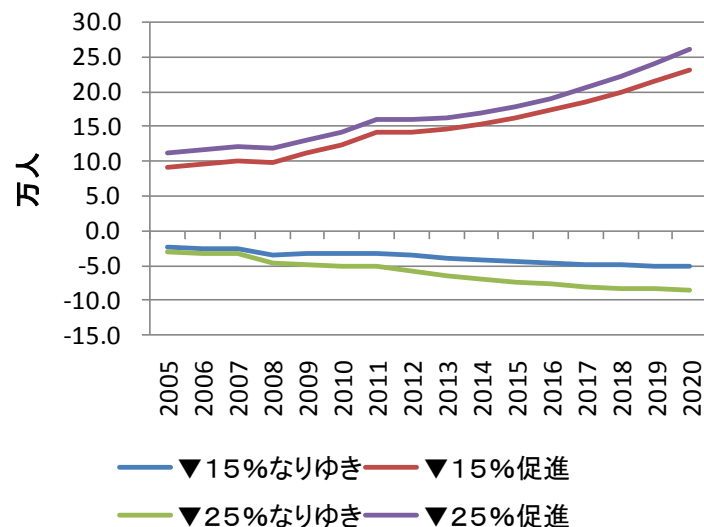
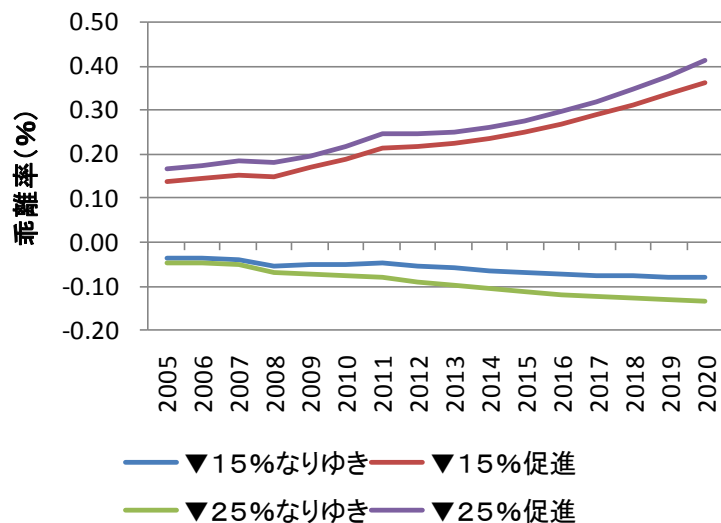
	▼15%		▼25%			▼15%		▼25%		%
	なりゆき	促進	なりゆき	促進		なりゆき	促進	なりゆき	促進	
2005	0.09	-0.36	0.12	-0.44	2005	-0.33	1.25	-0.42	1.52	
2010	0.11	-0.37	0.12	-0.47	2010	-0.34	2.86	-0.55	3.39	
2015	0.08	-0.09	0.04	-0.16	2015	-0.37	2.78	-0.73	3.06	
2020	0.01	0.02	-0.13	-0.05	% 2020	-0.50	1.70	-0.99	1.56	%

# 資本ストックに対する影響



	▼15%		▼25%			▼15%		▼25%		10億円
	なりゆき	促進	なりゆき	促進		なりゆき	促進	なりゆき	促進	
2005	0.00	0.00	0.00	0.00	2005	0	0	0	0	
2010	-0.16	0.66	-0.21	0.80	2010	-2262	9461	-2978	11434	
2015	-0.21	1.59	-0.35	1.86	2015	-3226	24004	-5225	28088	
2020	-0.30	1.87	-0.54	2.07	% 2020	-4753	29998	-8609	33196	

# 雇用に対する影響

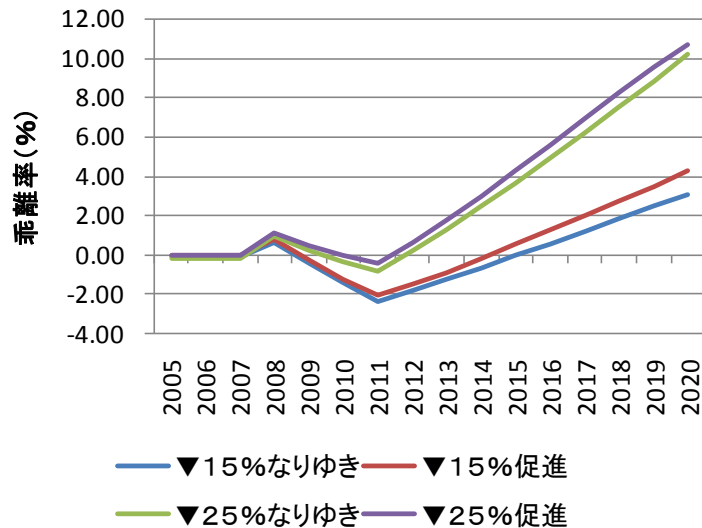


	▼15%		▼25%			▼15%		▼25%		万人
	なりゆき	促進	なりゆき	促進		なりゆき	促進	なりゆき	促進	
2005	-0.04	0.14	-0.05	0.17	2005	-2	9	-3	11	
2010	-0.05	0.19	-0.08	0.22	2010	-3	12	-5	14	
2015	-0.07	0.25	-0.11	0.28	2015	-4	16	-7	18	
2020	-0.08	0.36	-0.13	0.41	% 2020	-5	23	-8	26	

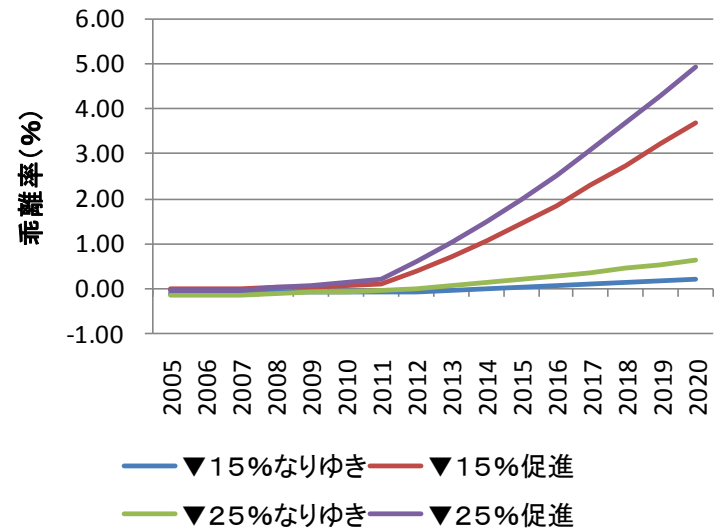


# 物価に対する影響

## 電力料金

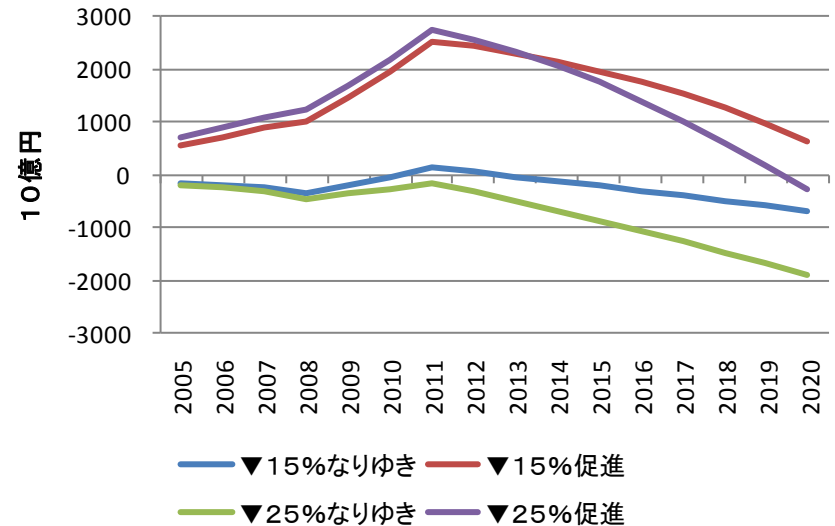
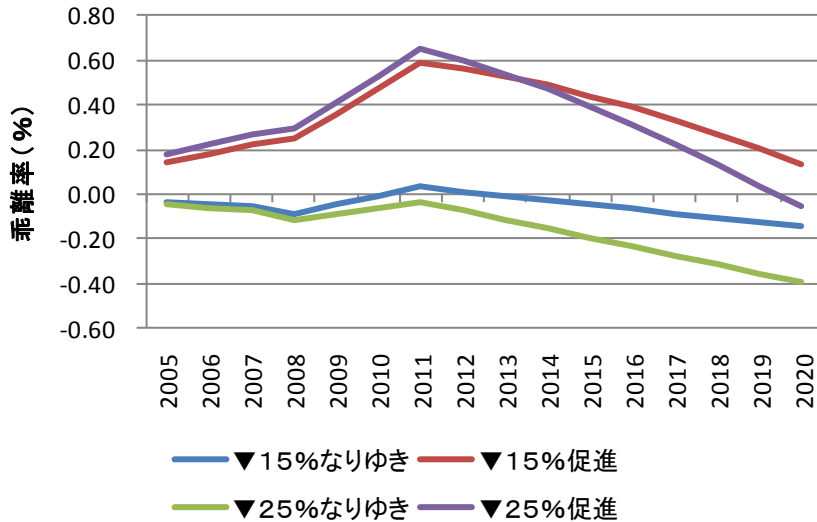


## 消費者物価



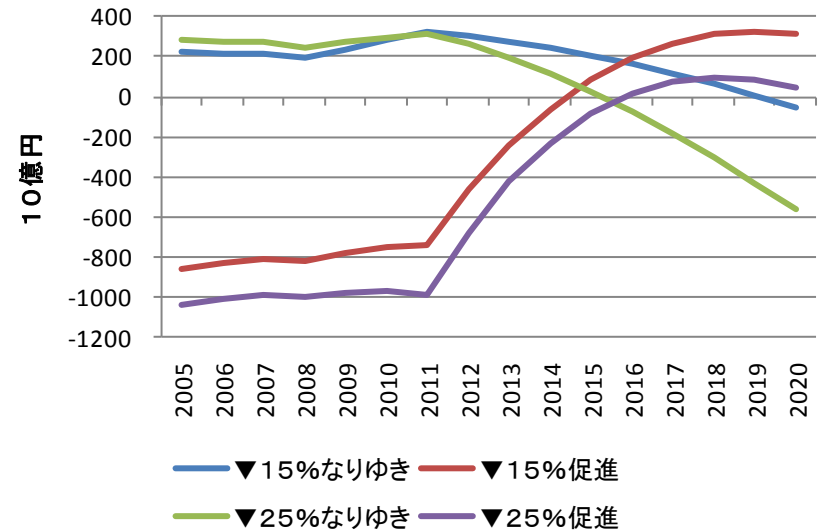
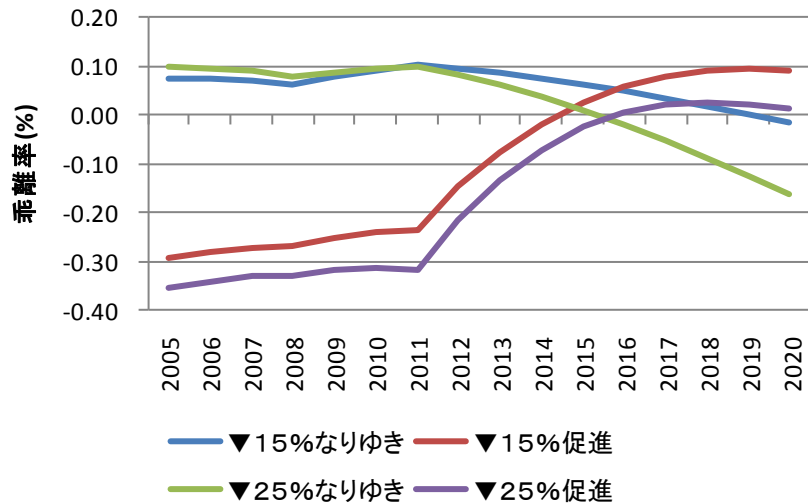
	▼15%		▼25%			▼15%		▼25%		
	なりゆき	促進	なりゆき	促進		なりゆき	促進	なりゆき	促進	
2005	-0.10	0.02	-0.15	0.01	2005	-0.09	0.00	-0.14	-0.03	
2010	-1.42	-1.19	-0.32	-0.02	2010	-0.08	0.07	-0.07	0.13	
2015	-0.02	0.52	3.67	4.29	2015	0.03	1.45	0.21	1.98	
2020	3.08	4.25	10.21	10.74	% 2020	0.22	3.70	0.63	4.95	%

# 国民可処分所得(2005年価格)



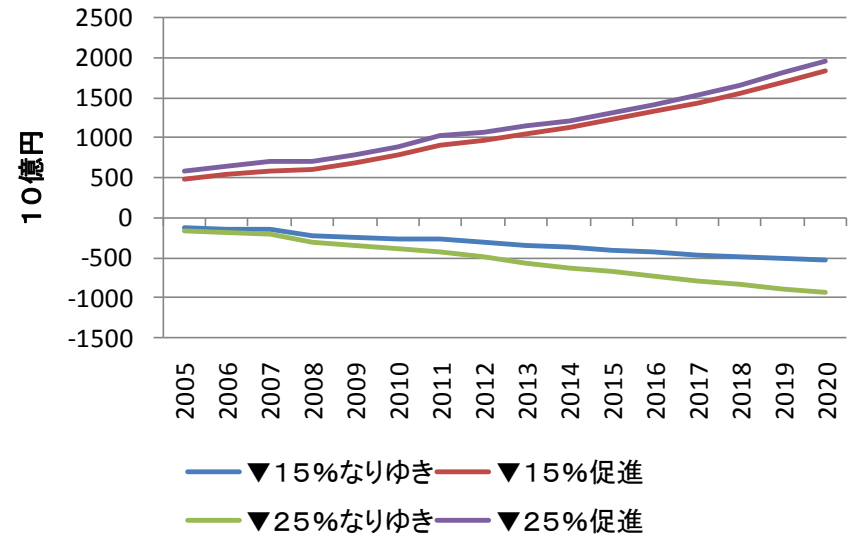
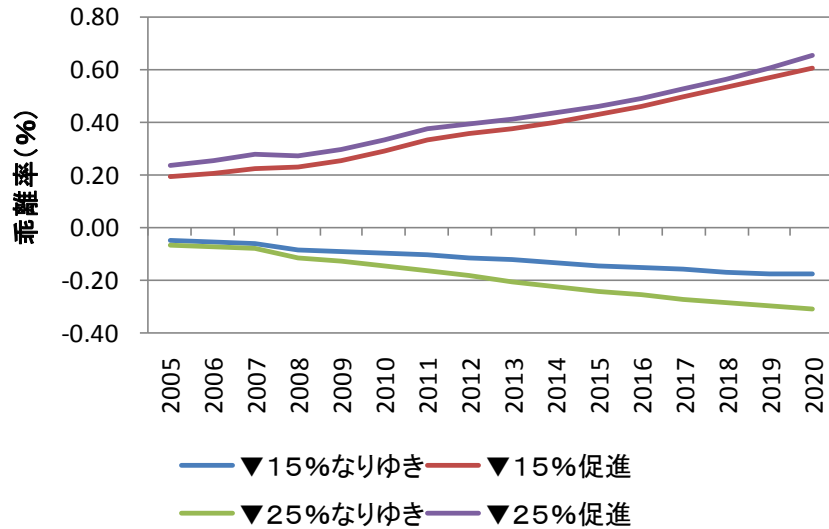
	▼15%		▼25%			▼15%		▼25%		10億円
	なりゆき	促進	なりゆき	促進		なりゆき	促進	なりゆき	促進	
2005	-0.04	0.14	-0.05	0.18	2005	-149	572	-192	694	
2010	-0.01	0.47	-0.06	0.52	2010	-31	1973	-263	2196	
2015	-0.05	0.44	-0.19	0.39	2015	-210	1972	-861	1756	
2020	-0.14	0.14	-0.40	-0.05	% 2020	-681	644	-1890	-260	

# 家計可処分所得(2005年価格)



	▼15%		▼25%			▼15%		▼25%		
	なりゆき	促進	なりゆき	促進		なりゆき	促進	なりゆき	促進	
2005	0.08	-0.29	0.10	-0.36	2005	223	-856	287	-1040	
2010	0.09	-0.24	0.10	-0.31	2010	280	-749	296	-970	
2015	0.06	0.03	0.01	-0.03	2015	204	84	29	-83	
2020	-0.02	0.09	-0.16	0.01	% 2020	-53	318	-566	42	10億円

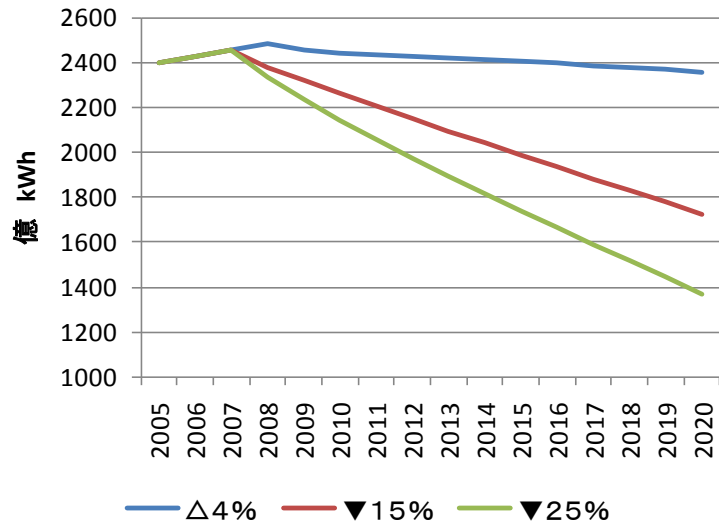
# 雇用者所得(2005年価格)



	▼15%		▼25%			▼15%		▼25%		
	なりゆき	促進	なりゆき	促進		なりゆき	促進	なりゆき	促進	
2005	-0.05	0.19	-0.06	0.23	2005	-127	487	-163	592	
2010	-0.10	0.29	-0.15	0.33	2010	-258	782	-390	889	
2015	-0.14	0.43	-0.24	0.46	2015	-406	1222	-680	1310	
2020	-0.18	0.61	-0.31	0.65	% 2020	-534	1825	-928	1960	10億円

# 発電量

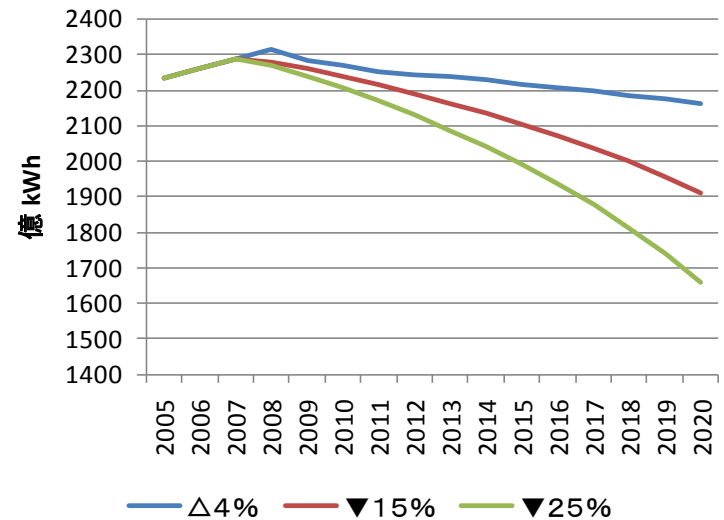
## 石炭火力



	△4%	▼15%	▼25%
2005	2404	2404	2404
2010	2447	2262	2147
2015	2406	1989	1738
2020	2358	1724	1366

億 kWh

## ガス火力

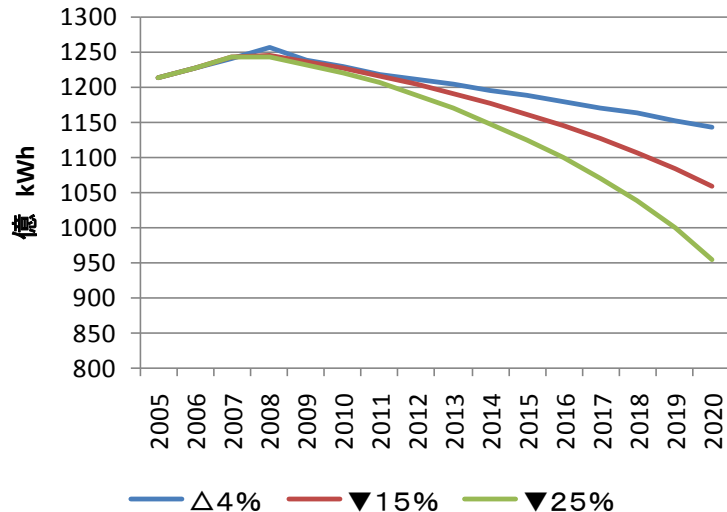


	△4%	▼15%	▼25%
2005	2236	2236	2236
2010	2269	2238	2206
2015	2218	2105	1990
2020	2161	1912	1660

億 kWh

# 発電量(2)

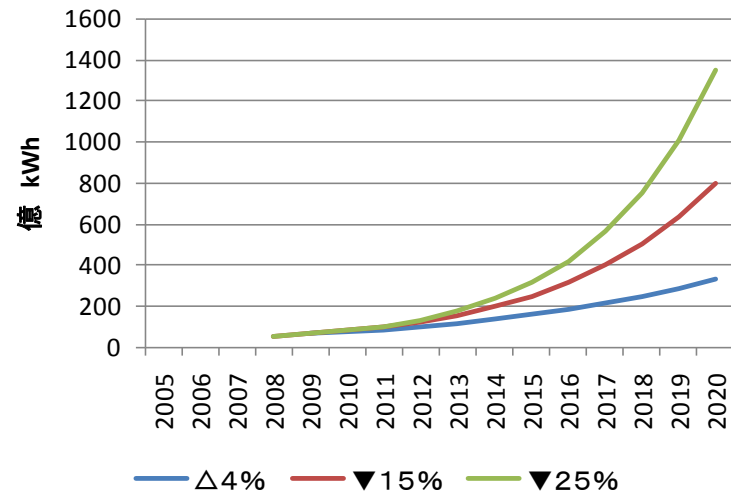
## 石油火力



	△4%	▼15%	▼25%
2005	1214	1214	1213
2010	1229	1227	1219
2015	1188	1162	1125
2020	1143	1060	955

億 kWh

## 新エネルギー



	△4%	▼15%	▼25%
2005	75	81	81
2010	75	81	81
2015	159	250	315
2020	336	801	1347

億 kWh

# 何故GDPが増えるのか

1. 低炭素社会実現に向けて、経済は消費を抑え、低炭素対応型投資を増やす方が得策と考える。
  - 消費が投資に置き換わるだけで、需要が減ることはない。
  - 投資の増加は、資本を増加させ、経済を拡大させる。  
2020年の資本は、基準ケースと比較して33兆円増加
  - 低炭素社会実現のために、それに対応する技術の選択が必要となるが、それには高めの炭素排出制約が有効。
  - 結果において、炭素排出制約の強化が、GDPを増やす可能性がある。
2. 家計可処分所得と消費が当初は大きく減るのに2020年に向かって改善するのは、排出量の価格が上昇することで排出量収入が増えることによる。

早めにギヤチェンジすれば、経済はついてくる。

国民所得倍増計画の実現を難しいと判断した計量経済モデルの教訓より。

# 何故、高めの排出規制が経済にプラスなのか

1. 試算結果によれば、GDP、投資、国民可処分所得で見ると、2005年から2020年までの前半期間において、1990年比25%削減の方が1990年比15%削減よりもプラスの効果が大きくなる。
2. これは、2020年の規制が高くても、前半期間における1990比15%と1990年比25%の規制の違いは大きくない。しかし、1990年比25%では、後半期間での規制強化を見込んで削減投資が早めにかつ多めに実施する必要があり、経済が拡大することになる。
3. 後半期間を経過すると、規制強化の負の影響が経済に現れる。