

特集

日韓共同セミナー

「日本の電源選択の環境経済効果」

李 秀 澈（名城大学経済学部教授）

名城大学の李秀澈と申します。今日は素晴らしい日韓の研究交流の機会をいただいた、済州発展研究院の院長を始め関係者皆さまに感謝申し上げます。

今日の私の報告は、少しアカデミックになってしまい、あまり面白くないかもしれませんが、このメッセージは非常に簡単なものです。

テーマは「日本の電源選択の環境経済効果」であり、この研究はケンブリッジ・エコノメトリクスの Hector Pollitt さん、関西学院大学の朴勝俊先生そして京都大学の植田先生の4人が共同で執筆したものです。

われわれがこの研究を行った背景としては、これまでの多くの研究では再生可能エネルギーを大量に導入すると、そのコストが電気料金などエネルギー費用に転嫁され経済に悪い影響を与える、といった研究が主流でしたが、われわれはこれにちょっと疑問を持っており、ケンブリッジ・エコノメトリクスの E3MG モデルを用いて、本当にそうなのかを検証しました。結論的に申し上げますと本研究からは、制度設計がうまくいけば再生可能エネルギーは、環境だけではなく経済にもよい効果をもたらすことです。

それでは、本題に入らせていただきますが、まず本研究では、2011 年 7 月、日本の国家戦略室がまとめたエネルギー環境に対する選択肢に示されている、2030 年に原子力発電が発電源に占める三つの選択肢が、それぞれ環境と経済に与える効果を、イギリスのケンブリッジ・エコノメトリクスの E3MG モデルを採用して、分析・評価しました。また、3つの選択肢における、2020 年までに、1990 年代の二酸化炭素の 10%、15%、25%削減目標を達成するために必要な炭素税の税率を試算して、その課税による税収を他の税、こちらの研究では所得税ですけれども、その減免に使われたときに経済に与える影響をも分析しました。

それでは、福島事故後のエネルギー政策、特に3つの選択を中心に簡単にレビューさせていただきます。エネルギー環境会議は2011年6月に革新的エネルギー環境戦略および2013年以降の地球温暖化対策の策定を目的に発足しました。この会議の議長は国家戦略担当大臣となっています。

エネルギー環境会議は、2030年までの三つの電源構成案を国民に示しました。この案はなかなかよくつくられたものだと思います。このエネルギー環境に関する選択肢には、各電源選択による電力の価格上昇、実質 GDP、温室効果ガス、省エネルギー投資などが詳しく試算されています。

電源選択肢に関して、日本では国民的議論を行った結果原子力発電ゼロの選択肢が、国民から最も大きな支持を受けました。これが2012年7月から8月までに電源選択、特に原子力を2030年までゼロにするか、15%にするか、20%にするかに対して、いろいろなヒアリングとかパブリックコメントとか政府もしくは市民主催の討論会の場で、行った調査をまとめた表です。ご覧のとおり原発ゼロが圧倒的な支持を得ております。2012年9月にエネルギー環境会議は最終的に革新的エネルギー環境戦略の中で原発ゼロを、今後の国の長期エネルギー政策として選択をしました。

この選択は、もともとは閣議決定されるつもりでしたが、結局そこまでは行かなくて、政策参考資料程度に、格が落ちてしまいました。その後も、この選択について日本経団連など、産業界の意見をまとめるところを中心に反対は非常に強かったです。

それもあって、2012年12月に誕生した自民党新政府は、前民主党政府でまとめられたこの革新的エネルギー環境戦略を白紙に戻して、原発を今後も利用可能なエネルギーとして、新しいエネルギー計画を立てることを表明しています。

現時点では、まだ新しい政府の具体的なエネルギー政策が示されていないこともあって、また前政権の革新的エネルギー環境戦略で示された3つの選択肢に関する分析がよくできたものもありましたので、われわれの分析はその3つの選択肢に基づいて分析を行いました。

その3つの選択肢の内容を、時間がないので簡単に説明させていただきたいと思います。まず、3つの選択肢の1つ目、2030年原発ゼロのシナリオですが、こちらは福島原発事故前の2010年の電源構成ですが、原発は26%であり、韓国より10%弱低いです。韓国の原発の割合は約35%であったと思います。10%が再生可能エネルギーであり、ここには大型水力発電も含まれております。後残りが火力発電で、全体電源の63%を占めています。

右側が日本の福島事故前に立てられた、エネルギー基本計画上の2030年の電源構成です。原発が45%となっていますが、革新的エネルギー環境戦略の中では、第1の2030年原発ゼロシナリオは、再生可能エネルギーが35%、火力が65%となっています。

注目すべきことは電力総使用量です。2012年には1.1兆kWhで、エネルギー基本計画では10%増えて1.2兆kWhでしたが、この案では1兆kWhですので、現状より10%程度需要を減らすということで、注目に値することだと思います。

第2の、2030年原発15%シナリオですが再生可能エネルギーは5%、火力は10%それぞれゼロシナリオより減ることになります。

第3の原発20～25%シナリオですが再生可能エネルギーは5%～10%、と火力は10%ずつ減ることになります。

これはシナリオごとのGDP、経済に与える影響を日本の4つの大学や研究機関がモデルを使って試算したものです。ここで使われたモデルは基本的に、CGEモデルという一般均衡モデルを採用したものです。

この基準は原発25%シナリオをベースにするときに、原発を15%に減らし、さらにゼロま

でに減らすと、このグラフどおりに GDP が、マイナスになることが示されています。4つの研究機関の中でも RITE からの分析結果が、原発ゼロの GDP へのマイナス影響がもっとも高く表れています。

それでは、われわれが E3MG モデルを採用した各シナリオ別の影響はどうなっているのでしょうか。

その前に E3MG モデルについて簡単に紹介させていただきます。E3MG (An energy-environment-economy (E3) model at the global level) モデルはケンブリッジ大学とケンブリッジ・エコノメトリクスという研究機関が共同開発した、多国化多部門マクロ計量モデルです。現在、CGE モデルは、エネルギー・環境・経済の相互関係を定量的に分析するためのツールとして、日本や韓国などで主流となっているモデルですが、このモデルは経済の完全均衡を前提としており、いわゆる、クラウディング・アウト効果によって、例えば再生可能エネルギーなど投資の GDP を押し上げる需要効果があり捉えていないという課題を持っています。言い換えますと再生可能エネルギーへの投資が拡大されても、他の部門での投資がちょうど拡大された分だけ減ることになりますので、経済全体的には再生可能エネルギー投資の経済効果があまり表れないということです。もちろん、経済の完全均衡の下ではこの理論は成立しますが、現実の経済は必ずしも完全均衡状態にあるとは言えないですね。このモデルの優れた点もありますが、時間の関係上ここでは省略いたします。

これに比べて E3MG モデルは、経済の不均衡は常にあるものだとすることを前提とする、ケインジアンの有効需要原理に基づくモデルです。例えば再生可能エネルギーの拡大が、有効需要として現れ経済的パフォーマンス (GDP や雇用など) を良い方向へ導いていく効果分析が可能であるモデルといえます。

われわれのモデル分析はシナリオベースで行いまして、下記のような、12 個のシナリオを設定しました。その中で、2030 年原発 25% と二酸化炭素制約のないシナリオがベースラインシナリオとなります。

例えばここでは原発 25% と炭素制約は 10% あるというのは、原発を 2030 年までに 25% 維持しながら、1990 年に比べて 2020 年に二酸化炭素を 10% 削減するということです。ここでは、原発 25% と炭素制約 15% となっていますが、これは原発を 25% 維持しながら CO₂ を 1990 年に比べて 2020 年に 15% 削減しないといけません。またここでは原発 25%、炭素制約 25% ですが、同じことが言えます。

2 番目に、ここでは原発 15% と炭素制約なしとなっていますが、これは 2030 年まで原発 15% を維持しながら炭素制約はないことを意味し、炭素制約 10%、15%、25% も同じことが言えます。そして、最後に原発ゼロと炭素制約なしとなっていますが、これは 2030 年までに原発ゼロを目指した時に炭素制約がないことを意味しており、炭素制約 10%、15%、25% も同じことが言えます。これで総計しますと 12 個のシナリオとなります。

12個のシナリオについてモデルで計算しました結果、原発25%と二酸化炭素の制約がないシナリオに比べて、原発ゼロと二酸化炭素のないシナリオは、わずかながらGDPを上げています。ゼロで炭素がない場合は、本当にごくわずかですがGDPは増えますが、原発15%で炭素制約がない場合には、原発25%で炭素制約のない時とあまり変わらないです。

なぜ、わずかながらマイナスになるかといいますと、原発を減らすと、当分化石燃料を増やさないといけないので、化石燃料を使う発電事業者の電気代が上がり、その分消費者に転嫁され、消費が減ることになります。

ただし、そのうちに再生可能エネルギーが導入されますので、投資効果が現れます。既存のCGEモデルはこれよりさらにマイナスになるのですが、われわれのE3MGの試算ではGDPはほとんど変わらないです。E3MGモデルの試算でも申し上げましたように消費はちょっと減りますが、再生可能エネルギーの投資効果によって雇用はプラスになります。

これは、原子力発電を25%維持するときと比べて、原発ゼロにしますと、先ほど炭素制約がない場合には、わずかながら消費はマイナスとなりますが、炭素制約を10%、15%、25%かけて、それを達成するために炭素税を導入して、その税収を他の税に、たとえば所得税を減税してする場合には消費は活性化され経済はよくなるということを示しています。

要約しますと、われわれの分析結果は低い原発、限りなくゼロに近い原発と二酸化炭素制約をかけて、その達成のために炭素税を導入して、その税収をほかの経済活動関連の税に減税すれば、GDPはよくなることを示しています。いわゆる炭素税の二重配当の効果がわれわれのモデル分析でも現れています。

これが最後のスライドになりますが、我々のモデル分析結果、原発ゼロのシナリオでも再生可能エネルギーの投資拡大による有効需要効果により、雇用増加とGDP改善につながることが分かります。

こうした点が、われわれのモデル分析とCGEモデル分析の大きな差と言えます。どうもご静聴ありがとうございました。

Cheju Development Institute
August 26 2013

An Economic and Environmental Assessment of Future Electricity Generation Mixes in Japan

-An assessment using the E3MG macro-econometric model -

Soocheol Lee
slee@meijo-u.ac.jp
(Meijo University)

Co-authored by
Hector Pollitt(Cambridge Econometrics), Seongjun Park(Kanseigakuin University), Kazuhiro Ueta (Kyoto University)

Contents

- 1 Aims of this study
- 2 Review of energy policy after Fukushima accident
- 3 The Three Options of the Energy and Environment Council
- 4 E3MG Model and description scenarios
- 5 Results
- 6 Conclusion

Aims of this study

Aims of This Study

- Analyse the economic and environmental impacts of the three options for the share of nuclear power(NPP) in energy generation in 2030 proposed in the report *Options for Energy and the Environment (Options)*
- Analyse the contribution of Environmental Tax Reform (ETR) to achieving the targets, reducing greenhouse-gas (GHG) emissions (-10%, -15% and -25% by 2020 compared to the 1990 level)

Review of energy policy after the Fukushima accident

- Japanese government set up the Energy and Environment Council in October 2011, which is chaired by the Prime Minister and implemented the Feed-in Tariff for Renewable Electric Energy in summer 2012.
- In June 2012 the Energy and Environment Council proposed for public discussion three options for NPP share in 2030 (0%, 15%, and 20-25%).
- *Options* includes estimates of the potential impacts on electricity prices, real GDP and GHG emissions, as well as estimates of investment costs for renewable energies and energy conservation.

The conclusion of the public discussions was that the zero-NPP scenario had the strongest support.

Therefore, the *Innovative Strategy for Energy and the Environment (Strategy)* by Energy Environment Council sets out three principles for achieving the goal of zero NPP by 2030

- The 40 years lifetime rule will be stringently applied.
- Only those nuclear power plants whose safety has been verified by the Nuclear Regulation Authority will be permitted to operate.
- No construction of new nuclear power plants will be permitted.

Table 1 Public Opinions for 2030 Nuclear Scenarios

2030 NPP Scenarios	(July ~ August 2013)					
	Hearings (11 places)	Public comments	Debate sponsored by government	forum by citizens	Debate forum by	forum by
	1,542 peoples	89,124 peoples	Hearing by telephone 6,849 peoples	Hearing by participants 285 peoples	Hearing by mail 670 peoples	Hearing by participants 57 peoples
zero	68%	87%	27%	47%	43%	54%
15%	11%	1%	14%	26%	26%	23%
20~25%	16%	8%	10%	19%	19%	14%
others	5%	4%	49%	12%	12%	9%
total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Faced by strong opposition from business groups including Nihon Keidanren to the zero-NPP

The new government, formed after the elections of December 2012, yet does not put forward any concrete plan for future energy policy.

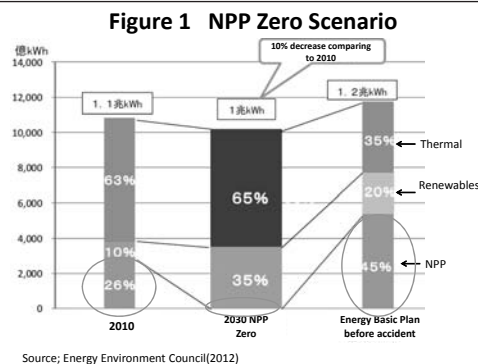
We therefore take the *Options* report published under the former administration as the primary background for our analysis.

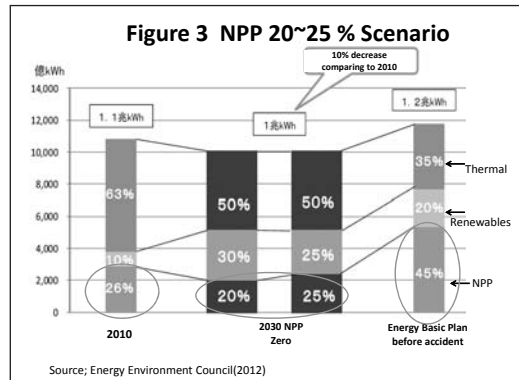
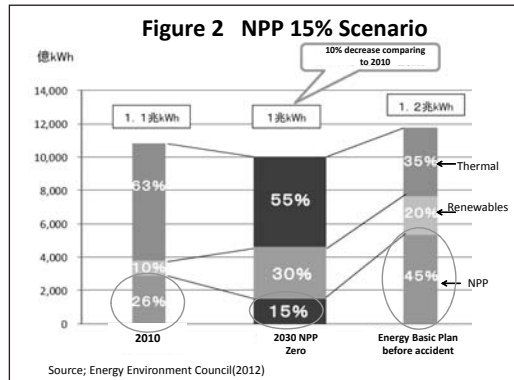


As is shown in Figure 1,2,4 the level of electricity generation is largely unchanged in the scenarios, and the largest differences between the scenarios are the shares of NPP, fossil combustion plants and renewable plants.

The *Strategy* did not propose concrete policies for promoting the uptake of renewables. However, the Feed-in Tariff Law for Renewable Electric Energy had achieved fairly good results by the end of 2012.

Consequently, it seems likely that this policy will play an important role in promoting renewables in Japan up to 2030.



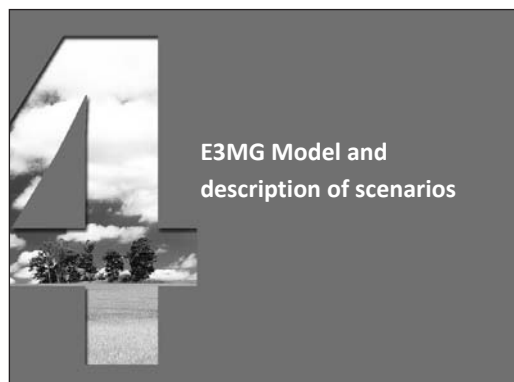


- ➡ The table2 shows the economic effects as the difference between the scenario results and the business as usual (BAU).
- ➡ In every analysis the highest power prices and the lowest levels of GDP are seen in the zero-NPP scenario, although it should be noted that the difference between the scenarios is not large.

Table 2 The gap between levels of real GDP by the scenarios in 2030

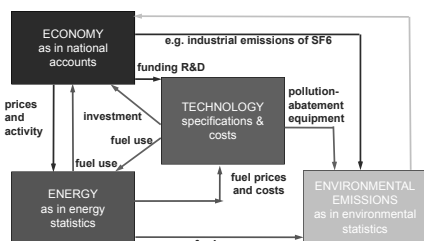
	2010	2030			
		0% NPP		15% NPP	20-25% NPP
		before additional measures	after additional		
Real GDP in 2030 (trillion yen)					
NIES	511	636 (2030 BAU)	628	634	633~634
Osaka Univ.		624 (2030 BAU)	608	611	614~615
Keio Univ.		625 (2030 BAU)	609	616	617
RITE		609 (2030 BAU)	564	579	581~583

Source: The Energy and Environment Council (2012), edited by authors.



- Analysis with E3MG model**
- ➡ E3MG is a multi-national, multi-sectoral, macro-econometric model that is based on the principle of effective demand, and which is equipped with a relatively detailed treatment of the tax system.
 - ➡ This paper uses E3MG to compare the outcomes of the three options for different shares of nuclear power generation, under different GHG emission constraints.

Figure 4 Modelling Structure
– E3MG Model



Description of scenarios

- Our approach is scenario-based. We consider twelve scenarios in total.
- The scenario with a 25% nuclear share and no carbon targets being met is the “reference” scenario for the analysis.

Table 3 Description of scenarios

	Carbon target, 2020 compared to 1990 levels			
	No carbon Target	-10%	-15%	-25%
Nuclear share 25% in 2030	N25Cn	N25C10	N25C15	N25C25
Nuclear share 15% in 2030	N15Cn	N15C10	N15C15	N15C25
Nuclear share 0% in 2030	N00Cn	N00C10	N00C15	N00C25

Results

Figure 5 Carbon Restrictions and Carbon
Tax rates in NPP Zero Scenario

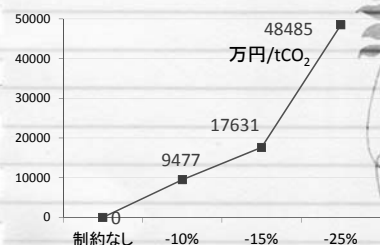


Table 4 Macroeconomic impacts of reducing the share
of nuclear power (2030, % difference from N25Cn)

The combination of the factors outlined above means that there is a small increase in GDP overall when there is a lower nuclear share. This is due primarily to higher investment in building the new plants.

	N15Cn (15% share)	N00Cn (0% share)
GDP	0.07	0.03
Employment	0.05	0.07
Consumption	0.02	-0.43
Investment	0.44	2.11
Exports	0.01	0.00
Imports	0.18	0.60
Price level	0.00	0.48
CO ₂ emissions	2.64	6.90

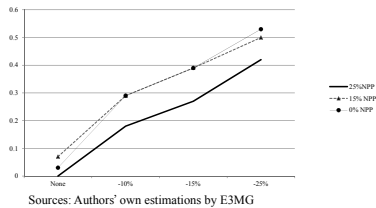
Sources: Authors' own estimations by E3MG.

The main economic impacts of the scenarios arise from:

- Changes in consumption and imports of fossil fuels
- Changes in electricity prices
- Investment in new power plants
- The carbon tax rate required to meet the emission targets
- The use of revenues from the carbon tax

**Figure 6 Impacts on GDP in 2030 for each carbon target
(% difference from N25Cn)**

➡ In summary, our analysis shows that a lower nuclear share and a higher carbon target produce in general better results for GDP



Conclusion

➡ our analysis showed the most favourable effects as arising from the zero and 15%NPP scenarios.

➡ The reason for the differences between scenarios in our analysis is that, in the case of zero-NPP scenario, the additional investment required for renewables boosts effective demand, resulting in higher employment and levels of real GDP.

➡ This more than compensates for the negative effect on consumption of the slight increase in electricity prices.

➡ This is the principal contrast between our results and the results of the CGE-based analyses.

➡ On the other hand, the revenue-neutral environmental tax reform, which does not increase the national tax burden, will result in higher levels of employment and GDP, compared with the scenario without a carbon tax.

➡ In summary, the results from the analysis find that both denuclearization and meeting the GHG reduction targets can have small benefits for the Japanese economy, if well implemented.

Thank you for your kind attention!

Appendix :
Key assumptions in the
scenarios

Table A1 Environmental outcomes in the scenarios

	Nuclear share in 2030	CO ₂ emissions in 2030 compared to 1990 (%)	Carbon tax rate (yen / t-CO ₂) in 2030
N25Cn	25%	-3.8	0
N15Cn	10%	-2.7	0
N00Cn	0%	-1.1	0
N25C10	25%	-10.0	5,289
N15C10	10%	-10.0	8,022
N00C10	0%	-10.0	9,477
N25C15	25%	-15.0	11,901
N15C15	10%	-15.0	16,970
N00C15	0%	-15.0	17,631
N25C25	25%	-25.0	37,025
N15C25	10%	-25.0	42,755
N00C25	0%	-25.0	48,485

Sources: Authors' own estimations by E3MG.

Note: Results are for energy CO₂ emissions. Carbon tax rates are in 2010 prices.

Table A2: Power mix in the scenarios, % of generation, 2030

	25% NPP	15% NPP	0% NPP
Nuclear	25	15	0
Renewables	25	30	35
Coal	18	20	21
Gas	27	29	38
Oil	5	6	6
Total	100	100	100

Source: The Energy and Environment Council (2012)

Table A3: Generation required in 2030 (additional to 2010 values) (TWh)

	2010 value	25% NPP	15% NPP	0% NPP
Nuclear	290	250 (0)	150 (0)	0 (0)
Renewables	110	250 (140)	300 (190)	350 (240)
Natural gas	300	270 (0)	290 (0)	380 (80)
Other fossil fuels	390	230 (0)	260 (0)	270 (0)
Total	1090	1000(140)	1000(190)	1000(320)

Table A4: Additional investment for renewables in the scenarios

bn yen per Year	25% NPP	15% NPP	0% NPP
Solar	1036	1127	1127
Onshore wind	608	608	843
Offshore wind	45	426	555
Biomass	8	79	103
Natural gas	0	0	80
Total	1697	2149	2708

Source: The Energy and Environment Council (2012)

Reference Data

<List of power generation costs>¹³⁾

	Nuclear power (¥/kWh)	Coal-fired power (¥/kWh)	LNG thermal power (¥/kWh)	Oil-fired thermal power (¥/kWh)	General hydroelectric power (¥/kWh)	Small-scale hydroelectric power (¥/kWh)	Solar power (single-axis) (¥/kWh)	Solar power (fixed-axis) (¥/kWh)	Wind power, onshore (¥/kWh)	Wind power, offshore (¥/kWh)	Biomass-fired power (¥/kWh)	Gas cogeneration (¥/kWh)	Oil cogeneration (¥/kWh)	Fuel cells (¥/kWh)
Existing plants	6.4~	8.1	10.0	26.6~20.2	2.3	13.5	10.5	7.4	3.6	-	22.4	9.6	15.7	23.4
New plants														
2010	9.0~	9.5	10.7	36.0~22.1	10.6	20.6	38.0	35.9	13.6	-	24.8	10.6	17.1	101.9
2020	9.0~	10.2	10.4	36.4~22.5	10.6	20.6	19.1	15.4	13.3	16.2	24.8	11.1	18.6	20.4
2030	9.0~	10.3	10.9	34.9~21.0	10.6	20.6	16.0	12.0	13.1	15.9	24.8	11.5	19.6	11.5

¹³⁾ The costs are estimated based on the power generation cost estimation sheet of the Cost Review Committee. The data used are the lowest figures for nuclear power, the figures as the new policy scenario for thermal power, the mean value estimated as the accelerated scenario for solar power, and the mean value between the upper limit and the lower limit for other types for same value ranges.

¹⁴⁾ The list describes the typical cost of facility utilization rates, which are inconsistent with the data actually used for the estimation because of the difference in the facility utilization rates by respective scenarios.

¹⁵⁾ In the calculation of nuclear power generation costs, the accident risk cost is revised from 0.5 yen/kWh to 0.8 yen/kWh. The power generation efficiency for oil thermal power is revised based on the result of the oil for efficiency.

¹⁶⁾ The figures exclude the capital cost from the cost for the 2010 model plant, however, the cost for the existing plants shown is estimated by deducting the depreciation expenses from the cost for the 2010 model plant.

Source: The Energy and Environment Council (2012)

Table A5: Additional investment in the scenarios

	Power Lines	Energy Efficiency
25% NPP	30.5trn Yen	3.0 trn Yen
15% NPP	38.7 trn Yen	3.4 trn Yen
0% NPP	48.7 trn Yen	5.2 trn Yen

Note: Figures for new plants are authors' own calculations.

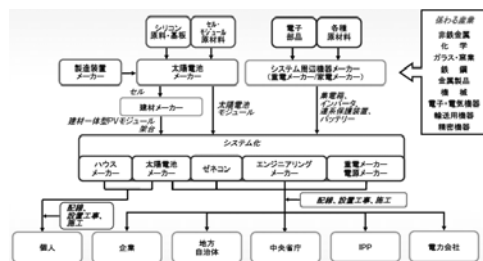
Figures for power lines and energy efficiency are essentially the same as those in Table 1 in the main text

Table A6: Selected sectoral impacts (output, 2030)

- At the sectoral level, other than gas supply it is typically the sectors that provide investment goods that benefit from a reduced share of nuclear.
- Consumer sectors benefit from higher household spending (due to the lower income tax rates) but the energy-intensive sectors and those exposed to international competition may lose out.

N00Cn v N25Cn (denuclearization)		N00C25 v N00Cn (high carbon price)	
Gas Supply	8.2	Hotels & Catering	6.2
Metal Goods	4.9	Other Business Services	3.2
Mech. Engineering	4.9	Communications	3.0
Basic Metals	1.4	Professional Services	2.6
Electronics	0.6	Textiles & Clothing	2.7
Water Transport	-0.3	Other Equipment	Transport -0.4
Retailing	-0.4	Electronics	-1.1
Textiles & Clothing	-0.5	Basic Metals	-1.6
Food, Drink & Tobacco	-0.1	Mech. Engineering	-1.8
Hotels & Catering	-0.3	Motor Vehicles	-1.8

Industries related to Photovoltaics System



(出所) (株)資源総合システム(第15回新エネルギー部会配布資料「太陽光発電産業について」2006年3月)