

国際機関が電力の「システム・コスト」概念を提唱

原子力グループ 村上朋子

経済協力開発機構・原子力機関 (OECD/NEA) は11月29日、各電源のコストを発電原価だけでなく、系統接続・安定化費用も含めた電力システム全体で比較すべき、とする研究報告を公表した¹。特に出力不安定な再生可能エネルギー電源の大量導入に伴い必要となる送配電設備の拡張・強化や接続コスト、需給バランス維持のためのコストなど、これまで外部費用として扱われていたものも内部化し、各電源の経済性をより現実的に評価しようとする試みである。本稿では、この報告書を概観し、今後の低炭素電力システムの実現と特に原子力の役割について分析する。

本報告書ではまず電力の「システム・コスト」を次のように定義している。

- (1) プラントレベルのコスト：発電に伴い発生する直接費用。建設費、維持費、燃料費等。
 - (2) 系統レベルのコスト：(1)に連系線（グリッド）運用も含めた費用。系統接続費、安定化に係る費用等。
 - (3) 総システム・コスト：(2)に更に環境への悪影響やエネルギー安定供給の阻害要因等の外部費用を加算したもの。ただし、CO2費用など可視化されたものは除く。
- (3)については定性的に列挙出来るものの、定量分析にはまだ情報が十分でないとして、本報告書では(2)の系統対策費用について、電源別の特性を踏まえつつ比較評価している。

原子力発電については、大容量であること等諸事情から立地制約があること、計画外停止に備えてバックアップが必要とされること、ベースロードとしてフル出力運転することが最も経済的ではあるが、フランスやドイツでは負荷追従運転の実績も豊富なことから、系統安定化のためのバックアップ電源としても有効な用途がある、とも指摘している。特に、近年不安定な風力発電が大量導入されているドイツにおいては、風力の出力変動には原子力を負荷追従させて系統バランスを調整したほうがしばしば経済的である、とも報告書では述べている²。

系統対策費用については、「バックアップ費用」「バランシング費用」「系統接続費用」「系統増強・延長費用」の4要素に分解し、原子力・石炭・ガス・陸上風力・洋上風力・太陽光の6電源についてそれぞれ OECD 加盟6カ国（フィンランド、フランス、ドイツ、韓国、英国、米国）から実データを提供し、比較している。この比較から見える主な事項は以下のとおりである。

- いずれの調査対象国でも概ね、系統費用の安い順にガス→石炭→原子力→陸上風力→洋上風力→太陽光 となっている³。
- 原子力では系統接続費用が大半を占め、その他は系統安定化費用がわずかにかかるだけである。
- 石炭とガスではほとんど系統接続費用のみで、特にガスは自らが出力調整機能を有するためバックアップ費用はゼロ。
- 再生可能各電源ではバックアップ費用が系統接続費用と同程度かそれ以上かかっている。特に近年、陸上風力の大量導入がなされているドイツでは、系統増強・延長費用が高い。
- 石炭・ガスと原子力とでは電源シェア 10%と 30%とで系統費用がほぼ変わらないのに対し、陸上風力では 10%と 30%とで大差がみられる。特にドイツと米国では2倍近い差となっている。

以上から、本報告書では今後の低炭素電力システム実現に向け、以下の4点を勧告している。

1. 系統費用も含めた電力の全体システム・コストを明確化かつ電源別に内部化し、発電事業者の負担とす

¹ OECD/NEA Newsroom, 2012年11月29日 <http://www.oecd-nea.org/press/2012/2012-08.html>

なお本報告書はサマリーのみウェブから参照可で、報告書本文（252P）は有料である。

² Executive Summary, P5

³ 例えば韓国と米国では太陽光より洋上風力が高い等、若干の例外もある。付表参照。

る。

2. 系統費用及びシステム費用を全体として最適化するための規制を整備し、系統に流入する電力を一定値に保持する時間帯を設ける等して、系統安定化のインセンティブとする。
3. 低炭素かつ負荷追従も可能な電源としての原子力の価値を定量的に再認識する。
4. 今後の低炭素電力技術開発においては、出力安定性や負荷追従性、立地に制約の少ない電源などの柔軟性も考慮し、蓄電システムや需要側調整などの技術を多角的に開発する。

以下、考察を述べる。

本報告書は近年の再生可能電源急速導入、FIT制度の普及に伴う電気料金の上昇、特にドイツ北部での風力拡大に系統整備がキャッチアップしていない実態を踏まえ、今後の低炭素電源及び電力システム開発とインフラ整備のあり方に貴重な示唆を与えているといえる。「再生可能エネルギーの大量導入には多額の系統対策費がかかる」ことは定性的には知られており、日本でも「基本問題委員会」におけるエネルギー・ミックスの議論で話題になったりもしたが、結局、費用負担のあり方が未定であることから発電原価には参入されず、再生可能電源拡大に伴う系統対策費上昇の問題は先送りされることとなった。既にFITが導入され、年々、再生可能電源の設備容量が拡大しつつある中、系統対策費はこれ以上先送りできない問題であり、本報告書に示された示唆は貴重かつタイムリーなものと考えられる。

もとより、本報告書に示された系統費用が日本にそのまま適用できるわけではない。また、検討範囲をシステム・コスト全体に拡大した場合、本報告書ではあまり触れられていなかった社会受容性の観点から原子力が極めて不利になる等、電源別コスト優位性は変化してくる可能性がある。例えば、日本の国家戦略室から出された「コスト等検証委員会報告書」では原子力発電のコストとして「事故リスクコスト」や「政策経費」を計上しているが、このような試みは世界では普遍的なアプローチではない。いずれOECD/NEAが次のステップとして「システム・コスト」を国際比較する際にはその日本独特の考え方をどう扱うかが課題となるであろう。

以上

付表 各国の電源別系統対策費一覧(単位:USD/MWh)

Finland													
Technology	Nuclear		Coal		Gas		Onshore wind		Offshore wind		Solar		
Penetration level	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	
Back-up costs (adequacy)	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	8.05	9.70	9.68	10.67	21.40	22.04	
Balancing costs	0.47	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	5.30	2.70	5.30	2.70	5.30	
Grid connection	1.90	1.90	1.04	1.04	0.56	0.56	6.84	6.84	18.86	18.86	22.02	22.02	
Grid reinforcement and extension	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.72	0.12	1.04	0.56	4.87	
Total grid-level system costs	2.37	2.20	1.10	1.10	0.56	0.56	17.79	23.56	31.36	35.87	46.67	54.22	

France													
Technology	Nuclear		Coal		Gas		Onshore wind		Offshore wind		Solar		
Penetration level	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	
Back-up costs (adequacy)	0.00	0.00	0.08	0.08	0.00	0.00	8.14	8.67	8.14	8.67	19.40	19.81	
Balancing costs	0.28	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	5.01	1.90	5.01	1.90	5.01	
Grid connection	1.78	1.78	0.93	0.93	0.54	0.54	6.93	6.93	18.64	18.64	15.97	15.97	
Grid reinforcement and extension	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	3.50	2.15	2.15	5.77	5.77	
Total grid-level system costs	2.07	2.05	1.01	1.01	0.54	0.54	20.47	24.10	30.83	34.47	43.03	46.55	

Germany													
Technology	Nuclear		Coal		Gas		Onshore wind		Offshore wind		Solar		
Penetration level	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	
Back-up costs (adequacy)	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	7.96	8.84	7.96	8.84	19.22	19.71	
Balancing costs	0.52	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	6.41	3.30	6.41	3.30	6.41	
Grid connection	1.90	1.90	0.93	0.93	0.54	0.54	6.37	6.37	15.71	15.71	9.44	9.44	
Grid reinforcement and extension	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	22.23	0.92	11.89	3.69	47.40	
Total grid-level system costs	2.42	2.25	0.97	0.97	0.54	0.54	19.36	43.85	27.90	42.85	35.64	82.95	

Republic of Korea													
Technology	Nuclear		Coal		Gas		Onshore wind		Offshore wind		Solar		
Penetration level	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	
Back-up costs (adequacy)	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	2.36	4.04	2.36	4.04	9.21	9.40	
Balancing costs	0.88	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	7.63	14.15	7.63	14.15	7.63	14.15	
Grid connection	0.87	0.87	0.44	0.44	0.34	0.34	6.84	6.84	23.85	23.85	9.24	9.24	
Grid reinforcement and extension	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.81	2.81	2.15	2.15	5.33	5.33	
Total grid-level system costs	1.74	1.40	0.46	0.46	0.34	0.34	19.64	27.84	35.99	44.19	31.42	38.12	

United Kingdom													
Technology	Nuclear		Coal		Gas		Onshore wind		Offshore wind		Solar		
Penetration level	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	
Back-up costs (adequacy)	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	4.05	6.92	4.05	6.92	26.08	26.82	
Balancing costs	0.88	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	7.63	14.15	7.63	14.15	7.63	14.15	
Grid connection	2.23	2.23	1.27	1.27	0.56	0.56	3.96	3.96	19.81	19.81	15.55	15.55	
Grid reinforcement and extension	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.95	5.20	2.57	4.52	8.62	15.18	
Total grid-level system costs	3.10	2.76	1.34	1.34	0.56	0.56	18.60	30.23	34.05	45.39	57.89	71.71	

United States													
Technology	Nuclear		Coal		Gas		Onshore wind		Offshore wind		Solar		
Penetration level	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	
Back-up costs (adequacy)	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	5.61	6.14	2.10	6.85	0.00	10.45	
Balancing costs	0.16	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	5.00	2.00	5.00	2.00	5.00	
Grid connection	1.56	1.56	1.03	1.03	0.51	0.51	6.50	6.50	15.24	15.24	10.05	10.05	
Grid reinforcement and extension	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	2.20	1.18	1.18	2.77	2.77	
Total grid-level system costs	1.72	1.67	1.07	1.07	0.51	0.51	16.30	19.84	20.51	28.26	14.82	28.27	