

ドイツにおける再生可能エネルギー政策と 電気自動車の戦略的普及

加藤 敦 宣

1 はじめに

電気自動車 (EV) は、日本のみならずアメリカ、ドイツ、フランス、韓国、中国など自動車産業を自国に持つ国においても、積極的にその開発が取り組まれている。低炭素社会の実現を導く電気自動車のように、社会的イノベーションを伴う製品の市場導入においては、メーカー各社による企業努力もさることながら、初期需要を形成する政府の役割も非常に大きい。

なぜなら、企業の採算ベースに乗せるには生産ロットがあまりに大きく、そのまま市場メカニズムに任せておくと、導入期から成長期の狭間に存在する深い谷へと落ち込む可能性を孕んでいるからである。そこで各国政府はこれを新たな産業創出機会や雇用創出機会と捉え、自国に生産工場を誘致するために税制上の優遇措置を採る、多額にのぼる研究開発費の一部を補助する、既存車からの乗り換えインセンティブを付与するなど、成長戦略の一環として次世代自動車の普及振興政策に取り組んでいる（参照：資料11）。

このことからも明らかな様に電気自動車の社会的普及は、単に自動車メーカーの企業戦略のみに留まらず、それを取り巻く各国政府の政策とも密接な関わりを持っている。特に最近においては V2G (Vehicle to Grid) などと表現されるように、電気自動車はスマートグリッド¹⁾(次世代送電網)を構成する1要素

1) 例えば、経済産業省ではスマートグリッドを、「電力需給両面での変化に対応し、電力利

社会イノベーション研究

資料 1 1 主要国の次世代自動車普及計画

国名	目標年数	普及対象	普及台数
アメリカ	2015年まで	電気自動車 PHV	100万台
ドイツ	2020年まで	電気自動車	100万台
フランス	2020年まで	電気自動車 PHV	200万台
スペイン	2014年まで	電気自動車 PHV, HV	100万台
中国	2020年まで	電気自動車 PHV	500万台
日本	2020年まで	電気自動車 PHV, HV	新車市場の 50パーセント以上

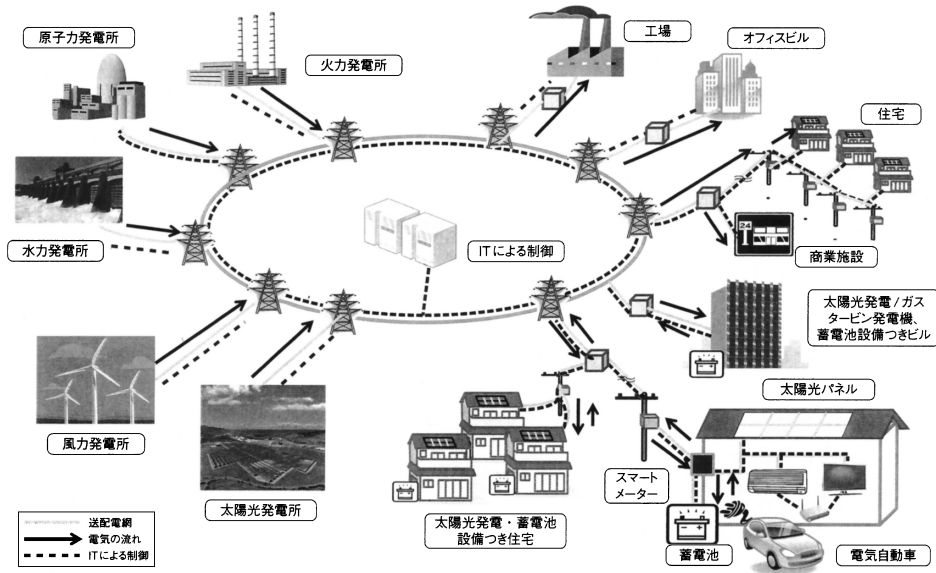
として捉えられている（参照：資料 1 2）。スマートグリッドとは、IT 技術を用いて電力の需給バランスを双方向から調整可能とする次世代送電網のことで、欧州をはじめ米国、日本などで推進されている社会インフラのイノベーションである²⁾。このため当該国のエネルギー政策の方向性を見極めることが、その国の電気自動車の在り方、将来像を具体的に描き出そうとするときに有効である。

そこで本稿では 1 つの試みとしてドイツを研究対象として取り上げ、エネルギー政策との関わりから電気自動車の普及についてアプローチを行う。同国は日本やアメリカと並び世界的な自動車メーカーを有すると共に、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーにおいて高い実績を持つ環境先進国でもある。輸出貿易に依存するなど産業構造においても日本との類似点も多い。そこ

用の効率化を実現するために、情報通信技術を活用して効率的に需給バランスをとり、生活の快適さと電力の安定供給を実現する電力送配電網」と定義している（経済産業省 [2010a] P148）。

- 2) スマートグリッドが一躍脚光を浴びるようになったのは、2009 年の米国オバマ大統領就任時に発表されたグリーン・ニューディール政策によるところが大きい。スマートグリッドの端緒は 2005 年に欧州委員会に求められる。スマートグリッドの戦略的な狙いには各国で違いがある。欧州が再生可能エネルギーによる出力変動をスマート化で補うことを狙いとしているのに対して、米国は電力供給インフラの不足をスマート化で補うことを狙いとしている（横山 [2010] P29-P31）。なお、我が国の政策では「スマートコミュニティー」と呼ばれている。2010 年 4 月より「次世代エネルギー・社会システム実証事業」として、横浜市、豊田市、京都府（けいはんな学研都市）、北九州市の 4 都市で実証実験が取り組まれている（次世代エネルギー・社会システム協議会 [2010]）。

資料 1 2 スマートグリッドの概念図⁵⁾



で電気自動車がどのようなプロセスを経て電力系統³⁾へ組み込まれ、かつ今後どのように普及が進んで行くのか、再生エネルギー導入政策との関わりから考察を加えることとする⁴⁾。

2 グローバル市場から見たドイツの自動車産業

ドイツはアメリカや日本と並ぶ自動車大国である。ダイムラー AG (DAG) や BMW、フォルクスワーゲン (VW) といった有力自動車メーカーが本拠地を構える⁶⁾。まず、本章では自動車産業におけるドイツの現況について理解を深

3) 電力系統とは、発電（電源から電気を起こす）・変電（適切な電圧に調整する）・送電（電気を大量に送る）・配電（電気を顧客へ提供する）という電力供給（給電）を行うネットワーク・システムを指す。電力系統運用者（事業者）は給電バランス（電力消費量と発電量）を見極め、電力系統の管理・運用を行っている（東京電力 HP）。

4) 本稿は 2010 年 9 月にベルリンで開催された日独環境フォーラムで得られた知見に基づくものである。同会議は新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が、ドイツ連邦環境・自然保護・原子力安全省 (BMU) 及びドイツ連邦環境財団 (DBU) と共に開催した国際フォーラムである。2008 年より年 1 回開催されており、今回で 3 回目を数える。2010 年は「低炭素社会の構築に向けてのキーテクノロジー e-Mobility 関連技術」をテーマに、両国の産官学から電気自動車に関わりを持つ専門家が出席し、電気自動車の普及や低炭素社会の実現に向け、両国の抱えるそれぞれの課題について積極的な議論が行われた。

5) 経済産業省 [2010b] P351

めることにする。自動車生産に関する国際データとしては代表的なものに、国連の Industrial Commodity Statistics⁷⁾ や国際自動車工業協会 (OICA) の Production Statistics⁸⁾ などがある。ここではドイツ自動車工業会 (VDA) のデータとの連携も考慮し、国際自動車工業協会 (OICA) の自動車生産量データに基づき議論を進めることにする。

はじめに世界の自動車の生産台数について概観する。2009年の世界の自動車総生産台数はおよそ6,200万台であった(参照:資料2-1)。このうち乗用車は4,800万台弱で全自動車の生産台数のおよそ8割を占めており、残りの2割をトラックやバスなどの商用車が占める状況にある。対前年比では乗用車は5,300万台から500万台減産となっており、世界全体でみると9.6パーセントの生産縮小であった。500万台という数字はややピンと来ないかも知れないが、2009年の世界生産台数3位のドイツが500万台弱であるので、ドイツ一年間の年間生産台数に匹敵する数が、世界の自動車市場から消失した計算となる⁹⁾(資料2-2)。このことは2008年後半から2009年に生じた世界的な景気後退が、自動車産業にどれほど大きなインパクトを持っていたのかを端的に示している。

ドイツの乗用車生産台数は、世界シェアでみると10.4パーセントを占めている。過去10年間のデータを振り返ると、世界の乗用車の生産台数は中国を筆頭とする新興国に牽引され4,000万台から5,000万台へと25パーセントも

資料2-1 世界の自動車生産台数¹⁰⁾(2009年)

	乗用車	商用車	総生産台数
世界合計	47,952,995 (9.6)	13,761,694 (22.4)	61,714,689 (12.8)

6) ダイムラー AG (DAG) はドイツ南西部のシュトゥットガルト、BMW はドイツ南東部のミュンヘン、フォルクスワーゲン (VW) はドイツ北部のヴォルフスブルクにそれぞれ本拠地を構えている。

7) 国連の Industrial Commodity Statistics は、自動車生産を台数ベースと金額ベースで国際比較ができる点、およびそれらが時系列のデータセットとして簡単に得られる点で優れているが、集計の都合から直近の入手可能データが2年前までしかない点が制約となる。

8) 国際自動車工業協会 (OICA) の Production Statistics は、世界各国にある自動車工業会の上位組織にあたる。このためマクロデータとミクロデータとの間の整合性が担保されている点、直近の入手可能データが前年まであり、現況をより正確に把握できる点などが優れているが、レディメイドの時系列データセットがない点、金額ベースでの国際比較ができない点などが、データを取り扱う上での制約となる。

9) 商用車市場は前年比22.4パーセント減とさらに大きな影響を受けている。

10) OICA [2010]

ドイツにおける再生可能エネルギー政策と電気自動車の戦略的普及

資料 2 2 世界の乗用車生産台数とドイツのシェア¹¹⁾ (2009年)

順位	国名	乗用車(万台)	シェア
1	中国	1,038.4	21.7%
2	日本	686.2	14.3%
3	ドイツ	496.5	10.4%
4	韓国	315.8	6.6%
5	ブラジル	257.7	5.4%
6	アメリカ	224.6	4.7%
7	インド	216.6	4.5%
8	フランス	181.9	3.8%
9	スペイン	181.3	3.8%
10	イラン	136.0	2.8%
	その他	1,102.0	23.0%
	合計	4,795.3	100.0%

増加したのに対し¹²⁾(参照:資料2 3),ドイツの生産台数自体は年産500万台の水準で安定しているため,同国の自動車生産の世界シェアは減少傾向にある。もっとも欧州第2位のフランスや第3位のスペインが,どちらもほぼ同数の180万台であるのと比較すると,ドイツの500万台という数字は約2.7倍にあたり,欧州の中ではかなり突出した生産規模を依然として誇っている。ルノーやPSA プジョー・シトロエンを擁するフランス,欧州各メーカーの生産拠点であるスペインと比べ,ドイツにはそれらを凌ぐ複数の有力自動車メーカーが拠点をもち,研究開発から生産までを手掛けることで,他の欧州諸国と一線を画す産業集積を築き上げているからである。

自動車産業が成長して規模を拡大してくると,自国の市場だけで収益を維持することは難しくなる。それは日本と同様にドイツも共通する課題である。ドイツの自動車メーカーも積極的に海外生産に取り組んでいる(参照:資料2 4)。日本では2007年に海外生産台数が国内生産台数を逆転し,2009年時点では既に両者の差は200万台にまでなっているが,ドイツにおいては依然として国内

11) OICA [2010]

12) グローバルに自動車産業を捉えるとき,この乗用車年産5,000万台という数字が1つの尺度となる。電気自動車の普及を考察する場合にも,この世界市場の捉え方は応用可能である。例えば,日産自動車社長の Carlos Ghosn 氏は,同社が年間50万台の電気自動車の生産を目指していることに関して,「この数字は非常に大きく感じられるかもしれないが,世界の生産台数の1パーセントにしか過ぎない」との見解を示している (Ghosn [2010])。

社会イノベーション研究

資料 2 3 ドイツの乗用車生産台数の推移¹³⁾(2000年～2009年)

	ドイツ(万台)	世界全体(万台)	シェア(%)
2000	513.2	4,121.6	12.5%
2001	530.1	3,982.6	13.4%
2002	512.3	4,135.8	12.4%
2003	514.5	4,196.9	12.3%
2004	519.2	4,455.4	11.7%
2005	535.0	4,686.3	11.4%
2006	539.9	4,991.9	10.8%
2007	570.9	5,320.1	10.7%
2008	553.2	5,272.6	10.5%
2009	496.5	4,795.3	10.4%

資料 2 4 ドイツ国内メーカーの乗用車生産情況¹⁴⁾(2009年)

	国内生産	海外生産	総生産台数	世界シェア
ドイツ	4,964,523 (10.3)	4,857,978 (8.1)	9,822,501 (9.2)	17.4% (±0)

生産台数と海外生産台数がほぼ拮抗しており、やや国内生産台数が上回っているという状況にある。国内と海外の生産台数を合計するとドイツの自動車メーカーの総生産台数はおよそ1,000万台となり、世界の乗用車市場の約2割をドイツの自動車メーカーが占めている計算になる。

3 世界的な景気後退とドイツの国内市場

次にドイツ国内における自動車市場の状況について、VDAの新車販売台数に基づき概観してみることにする。2009年のドイツにおける新車販売台数はおよそ330万台であり、ドイツ国内生産車がこのうちの約3分の2に当たる225万台、残りの3分の1に当たる105万台をドイツ国外からの輸入車が占めている。首位はシェア36パーセントのフォルクスワーゲンワーゲン(VW)で以下オペル、メルセデス、フォードと続く(参照:資料3.1)。2009年はメルセデスやBMWといったブランドがシェアを大きく落としたのに対し、フォルクスワーゲンワーゲン(VW)がシェアを伸ばしたのが特徴的であった。輸入車については隣国フランスのPSAプジョー・シトロエン、イタリアのフィア

13) OICA [2010]

14) VDA [2010]

ドイツにおける再生可能エネルギー政策と電気自動車の戦略的普及

資料 3 1 ドイツ国内生産車の市場シェア¹⁵⁾ (2009年)

	2008	2009
フォルクスワーゲン	615,229 (30.9)	805,262 (35.8)
オペル	258,274 (13.0)	338,603 (15.1)
メルセデス	327,965 (16.5)	282,527 (12.6)
フォード	203,088 (10.2)	278,133 (12.4)
BMW	284,767 (14.3)	258,041 (11.5)
アウディ	251,393 (12.6)	234,861 (10.4)
その他	50,664 (2.5)	50,154 (2.2)
合計	1,991,380 (100.0)	2,247,581 (100.0)

単位 上段：台，下段：%

ットといったブランドで約40パーセントを占めており、残りを日本ブランドと韓国ブランドが競り合う市場構造となっている（参照：資料3 2）。

また、2009年は前年比で国内販売台数20.0パーセントと大幅な伸びを見せた。これはメルケル政権が新車購入支援策として2009年1月から同年9月までスクラップ・インセンティブを導入した効果である（参照：資料3 3）。スクラップ・インセンティブとは既存の所有車を廃車にする代わりに、ユーザーの新車購入の一部を公費で助成する制度である。今日では通常、燃費性能や環境性能に優れた車への買い換えを促すのが一般的である。景気の後退局面に施策することで、カンフル剂的な効果が期待できる。このような自動車購入政策はドイツ（2009年1月～2009年12月）をはじめとして、イタリア（2009年2月～2010年3月）、フランス（2009年3月～2010年12月）、スペイン（2009年5月～2010年5月）などEU各国で相次いで導入された¹⁶⁾。

2008年9月のリーマンショックによる景気後退および2010年4月のギリシャ危機に端を発す通貨不安などが起きたが、これらの国々の新車登録台数は自

15) VDA [2010]

16) JETRO [2009]

社会イノベーション研究

資料 3 2 ドイツ輸入車の市場シェア¹⁷⁾ (2009年)

	2008	2009
PSA	168,013 (22.3)	231,577 (22.1)
フィアット	99,281 (13.2)	179,370 (17.1)
トヨタ	96,781 (12.9)	138,498 (13.2)
現代	51,677 (6.9)	91,330 (8.7)
日産	45,746 (6.1)	66,463 (6.3)
マツダ	56,277 (7.5)	60,032 (5.7)
スズキ	36,840 (4.9)	59,184 (5.7)
その他	198,293 (26.3)	220,964 (21.1)
合 計	752,908 (100.0)	1,047,418 (100.0)

単位 上段：台，下段：%

自動車購入政策に下支えされ堅調に増加した。ただし、通商白書において「新車購入支援策は一時的に大きな効果をもたらしたが、駆け込み需要や終了に伴う反動減が生じ、順調な回復とは言い難い状況にある」と指摘されているように、ドイツのケースでも支援策打ち切り後の2009年末から2010年初頭に、新車登録台数の急減が発生した¹⁸⁾。資料33のグラフの推移から見てても需要の先食いになってしまった感は否めない。

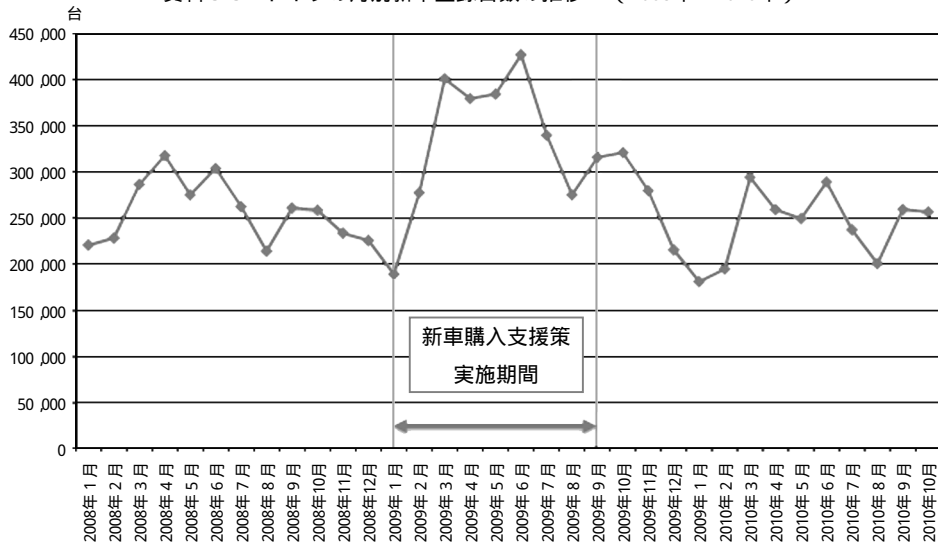
自動車購入支援策は対処療法として当座を凌ぐには有効な政策ではあるが、経済の持続的成長をもたらす政策とは言い難い。やはり、新規需要を確実に創造し、国の活性化を図ることこそが正攻法である。それにはイノベーションが必要不可欠である。そこでドイツがイノベーションによる産業創出にどのように取り組んできたのか、エネルギー政策との関連からさらに考察していくこととする。

17) VDA [2010]

18) 経済産業省 [2010] P71~P73

ドイツにおける再生可能エネルギー政策と電気自動車の戦略的普及

資料 3 3 ドイツの月別新車登録台数の推移¹⁹⁾(2008年～2010年)



4 再生可能エネルギー法による新産業の創出

ドイツ政府が再生可能エネルギー重視の姿勢を強く打ち出すのは、1998年10月に発足したシュレーダー政権からである。代表的なエネルギー政策は2000年4月に施行された再生可能エネルギー法(EEG)²⁰⁾と2002年4月に施行された改正原子力法である。前者では、再生可能エネルギーによる発電量を2010年までに全体の12.5パーセントに、2020年までに20パーセントに引き上げることを定めた。また、同法では再生可能エネルギーにより作られた電気を、市場価格よりも高く設定された固定価格で、電力会社が20年間買い取り続けることを保証した。いわゆる固定価格買い取り制度、FIT(Feed-in Tariff)制度と呼ばれる再生可能エネルギー振興施策である。FIT制度には全量買い取り制と余剰電力買い取り制がある。

再生可能エネルギー事業は気候・気象といった自然条件に左右され採算計画を立てにくいことから、事業者による新規参入を促すことを目的とするならば

19) VDA [2010]

20) 再生可能エネルギー法(EEG)の施行により、1991年1月より施行されていた電力供給法(StrEG)は失効した。なお、電力供給法(StrEG)は再生可能エネルギー法(EEG)の基礎法に当たる。再生可能エネルギーの買い取りは、電力供給法(StrEG)で定められた。

全量買い取り制が適している。ドイツでは電力会社による全量買い取りが法的に定められているが、電力会社は再生可能エネルギーへの費用負担を電力料金に転嫁することが容認されている。つまり、社会的費用として需要家が広く普く負担することにより、再生可能エネルギーはビジネスとして成立をしている²¹⁾。結果としてドイツの電力料金は工業用、家庭用ともに高価格となってお

資料4-1 EU加盟国における電力料金²²⁾(2011年)

工業用電力料金				家庭用電力料金			
順位	国名	€/kWh	(円換算)	順位	国名	€/kWh	(円換算)
1	キプロス	0.1621	19.45	1	イタリア	0.2540	30.48
2	マルタ	0.1601	19.21	2	デンマーク	0.2481	29.77
3	イタリア	0.1318	15.82	3	ドイツ	0.2433	29.20
4	スロバキア	0.1153	13.84	4	オランダ	0.2261	27.13
5	ドイツ	0.1123	13.48	5	キプロス	0.2008	24.10
6	リトアニア	0.1078	12.94	6	ベルギー	0.1851	22.21
7	チェコ	0.1009	12.11	7	オーストリア	0.1843	22.12
8	デンマーク	0.1002	12.02	8	マルタ	0.1801	21.61
9	ハンガリー	0.1000	12.00	9	スペイン	0.1795	21.54
10	オーストリア	0.0992	11.90	10	アイルランド	0.1788	21.46
11	ベルギー	0.0985	11.82	11	ルクセンブルグ	0.1729	20.75
12	オランダ	0.0975	11.70	12	スウェーデン	0.1700	20.40
13	スペイン	0.0952	11.42	13	ポルトガル	0.1605	19.26
14	ギリシャ	0.0948	11.38	14	ハンガリー	0.1591	19.09
15	イギリス	0.0941	11.29	15	スロバキア	0.1547	18.56
16	アイルランド	0.0920	11.04	16	ギリシャ	0.1483	17.80
17	スロベニア	0.0917	11.00	17	ポーランド	0.1413	16.96
18	ポーランド	0.0910	10.92	18	イギリス	0.1386	16.63
19	ラトビア	0.0905	10.86	19	スロベニア	0.1380	16.56
20	ポルトガル	0.0853	10.24	20	フィンランド	0.1272	15.26
21	ルクセンブルグ	0.0844	10.13	21	リトアニア	0.1243	14.92
22	エストニア	0.0764	9.17	22	フランス	0.1226	14.71
23	スウェーデン	0.0736	8.83	23	チェコ	0.1203	14.44
24	ルーマニア	0.0731	8.11	24	ラトビア	0.1117	13.40
25	フィンランド	0.0710	8.52	25	ルーマニア	0.1093	13.12
26	フランス	0.0645	7.74	26	エストニア	0.1035	12.42
27	ブルガリア	0.0634	7.61	27	ブルガリア	0.0882	10.58

(1ユーロ=120円で換算)

(1ユーロ=120円で換算)

21) 再生可能エネルギー法 (EEG) に基づく買い取り費用の世帯負担額であるが、2007年時点の調査によれば標準家庭(年間3,500 kWhの家庭電力需要家)において、1ヶ月当たり2.94ユーロ(1ユーロ120円換算すると360円、年間では約4,300円)となっている。また、費用負担額は年々増加傾向にある(総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会 [2009] P2)。

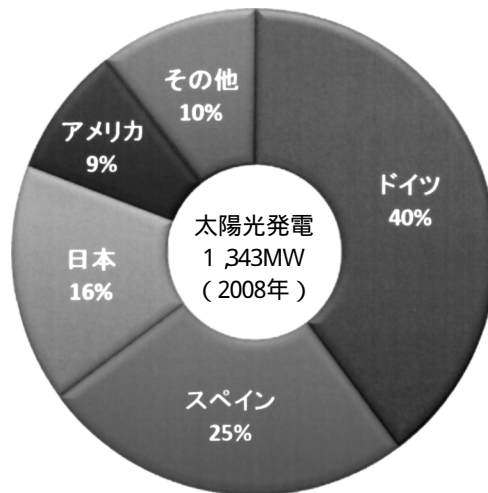
22) Europe's Energy Portal [2011]

り、隣国のフランスと比べるとおよそ2倍であり、EU27カ国の中でも現在トップクラスにある。

ただし、この法律は単に環境問題への取り組みのみに留まらず、新規産業を創造する政策ツールとして有効に機能した。ポイントは再生可能エネルギーによるビジネスで採算性が生まれたこと、なおかつビジネスとして継続性が担保されたことにある。これによりベンチャー企業への銀行融資も容易となり、電力市場へのベンチャー企業の新規参入に拍車を掛けた²³⁾。ドイツにおいて再生可能エネルギーによる発電事業、取り分け太陽光発電（参照：資料4 2）と風力発電（参照：資料4 3）が急速に成長する契機となった²⁴⁾。

また、原子力法の改正においては、原子炉の運転期間を原則運用開始後32年とすること、および新規の原子力発電所の建設禁止が定められた。いわゆる原子力モラトリアムである。ドイツ政府は人口減少、再生可能エネルギーによ

資料4 2 太陽光発電設備容量の世界シェア²⁵⁾

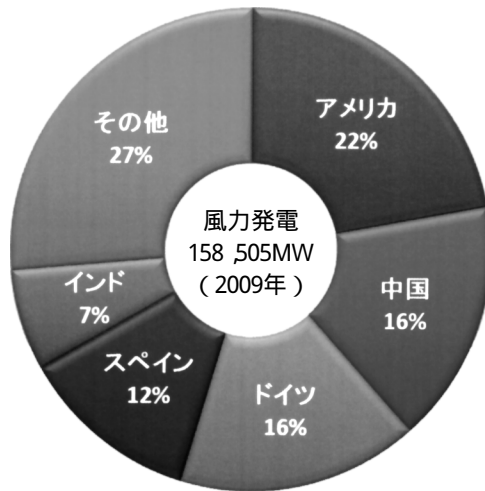


23) このような企業群の中に Q-Cells も含まれていた。Q-Cells はドイツを代表する太陽電池メーカーで1999年設立された。一時期は世界シェアトップの座にあったが、近年では米国ファーストソーラー社や中国サンテック社の躍進により、世界シェアは3位にまで落ち込み、経営状況も悪化している。

24) ただし、再生可能エネルギーによる発電であるとは言え、電力に固定価格を設けることについては、EU で進みつつあった電力自由化の流れに逆行する、という批判も当初一部には存在した。

25) IEA-PVPS は国際エネルギー機関・太陽光発電システム研究協力実施協定 (Photovoltaic Power Systems Programme) の略称である。(IEA-PVPS [2009] P5)。

資料4 3 風力発電設備容量の世界シェア²⁶⁾



る代替電源の確保，エネルギー効率向上による電力需要の減少を見越し，それらを組み合わせることで脱原子力化を図ろうとした。2002年当時，19基の原子力発電所が稼働していたが，2003年11月にはシュターデ原子力発電所が，2004年5月にはオブリヒハイム原子力発電所が，それぞれ運転を終了した。また，結果としてこのようなエネルギー政策の転換は，天然ガスすなわちロシアのガスパイプラインへの依存を相対的に高めることへと繋がった。しかし，このロシアのパイプラインの抱える固有の問題が，ドイツに新たな課題を突き付けることとなる。

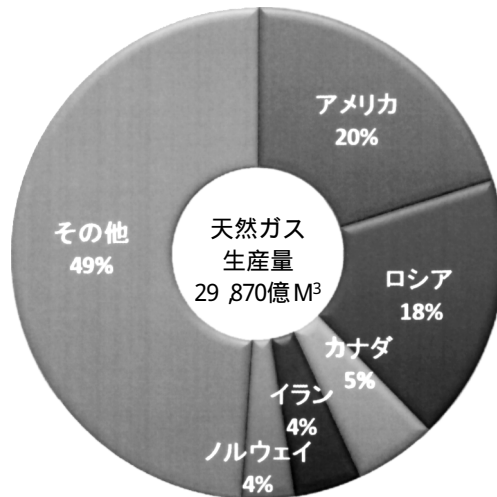
5 天然ガスを巡るドイツとロシアとの関係性

ロシアは生産量こそアメリカに次ぐ地位であるが，埋蔵量・輸出量はともに世界第1位の座にある。アメリカと並ぶ天然ガスの世界的な産出国であり，両国で世界の生産量のおよそ4割を占めている²⁷⁾。さらに埋蔵量について見るならば，世界の天然ガスの実に4分の1がロシアに存在している（参照：資料5 1～資料5 4）。天然ガスは石油と並びロシアにとって重要な外貨獲得手段の

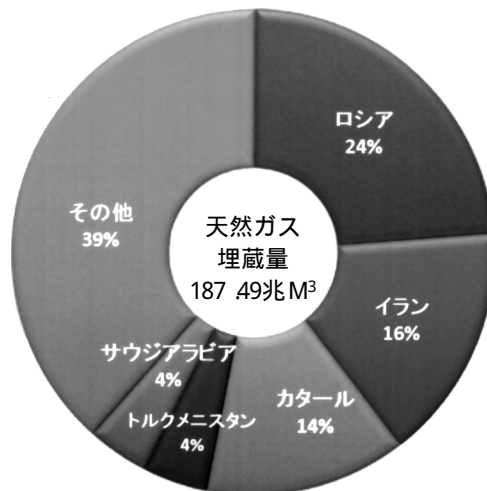
26) GWEC は世界風力エネルギー会議 (Global Wind Energy Council) の略称である (GWEC [2009] P9)。

27) アメリカは天然ガスを専ら自国の消費に回している。なお，輸入に関して言えば，同国は世界第1位の天然ガス輸入国でもある。

資料5 1 天然ガスの生産量²⁸⁾(2009年)



資料5 2 天然ガスの埋蔵量²⁹⁾(2009年)

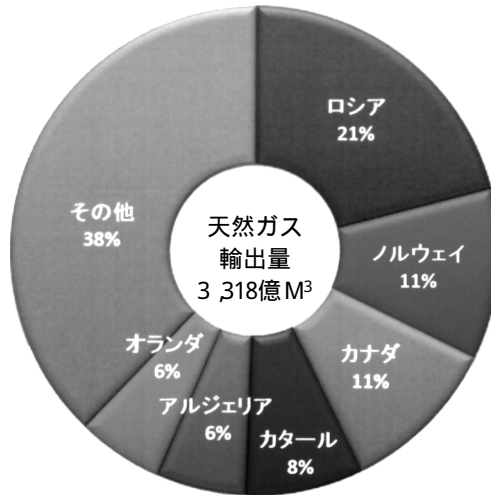


1つであり、現在、ロシアの輸出貿易額のおよそ14パーセントを占めている。ちなみにロシアの最大の輸出品目は原油であり、これが輸出貿易額の32パーセントを、次に石油製品が占めており、これが輸出貿易額の17パーセントをそれぞれ構成している。つまり、輸出貿易額のおよそ60パーセントを石油とガスで担っている計算となる(参照:資料5 5)。このように資源マネーは口

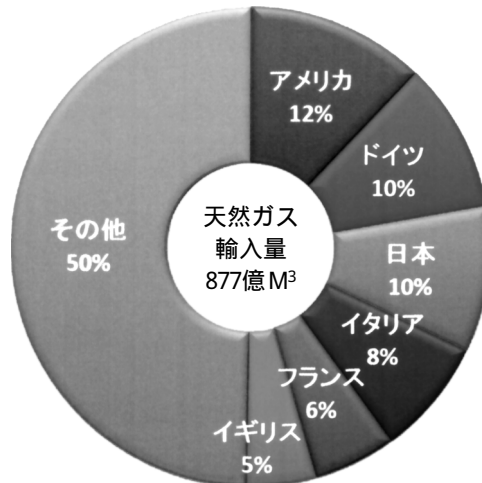
28) BP [2010] P24

29) BP [2010] P22

資料5 3 天然ガスの輸出量³¹⁾(2009年)



資料5 4 天然ガスの輸入量³²⁾(2009年)



シア経済を潤すことに大きく貢献してきた。1991年のソ連崩壊以降、ロシア政府は財政破綻状態にあった訳だが、2000年には遂に財政黒字へ転換するまでに至っている³⁰⁾。

30) ただし、シェールガスの発見によりロシアの天然ガスの価格が、今後下落する可能性も出ている。

31) BP [2010] P29-P30

32) BP [2010] P29-P30

ドイツにおける再生可能エネルギー政策と電気自動車の戦略的普及

資料 5 5 ロシアの輸出入貿易品目³³⁾ (2008年)

輸出 (百万ドル : %)			輸入 (百万ドル : %)		
原油	151,658	32%	機械類	76,272	29%
石油製品	78,948	17%	自動車	47,311	18%
天然ガス	66,470	14%	医薬品	9,197	3%
鉄鋼	28,423	6%	鉄鋼	8,540	3%
化学肥料	11,831	3%	野菜・果実	7,755	3%
その他	130,664	28%	その他	117,976	44%
合計	467,994	100%	合計	267,051	100%

資料 5 6 ドイツの天然ガス輸入量の推移³⁴⁾

(単位 : 10億M³)

	ロシア	ノルウェイ	オランダ	その他	合計
2001年	33.2 42%	19.9 25%	20.2 26%	5.5 7%	78.8 100%
2002年	31.5 39%	23.3 28%	20.2 25%	6.7 8%	81.7 100%
2003年	33.2 38%	26.4 30%	20.5 24%	6.6 8%	86.8 100%
2004年	37.7 41%	26.4 29%	21.9 24%	5.7 6%	91.8 100%
2005年	36.5 40%	26.3 29%	21.3 23%	6.6 7%	90.7 100%
2006年	36.5 40%	26.8 30%	21.3 23%	6.2 7%	90.8 100%
2007年	35.6 42%	23.7 28%	19.1 23%	5.3 6%	83.7 100%
2008年	36.2 42%	26.4 30%	20.5 24%	4.0 5%	87.1 100%
2009年	31.5 35%	30.1 34%	22.4 25%	4.8 5%	88.8 100%

一方、ドイツは世界第2位の天然ガス輸入国である。主たる輸入先はロシア、ノルウェイ、オランダであり、その中でも40パーセント近くをロシアが占めている(参照:資料56)。ドイツの天然ガスはすべてパイプラインを経て輸入されている。ヨーロッパでは東部を中心にパイプラインが網の目の様に張り

33) UN [2009]

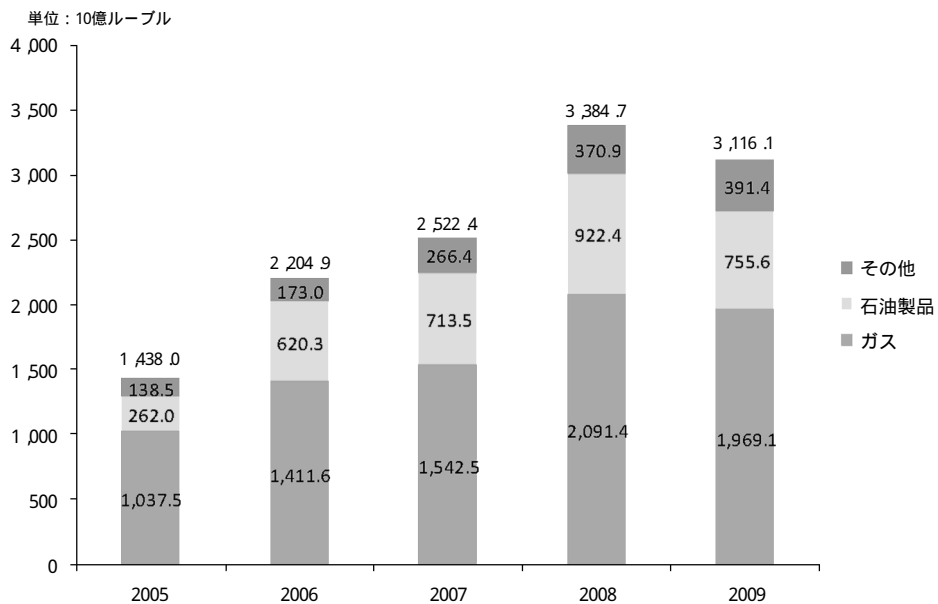
34) BP [各年]

巡らされており、ドイツと同様に天然ガスを輸入している国は多い。パイプラインを用いると天然ガスは4,000キロ程度の輸送が可能であり、ガス田から供給可能範囲にある地域では、輸送コストを引き下げられるメリットがある。ドイツではこの天然ガスにより発電量のおよそ15パーセントを賄っている。

ロシアの天然ガス事業は、ガスプロムという国営企業が担っている。ガスプロムはソ連時代のガス工業省を前身としており、採掘から生産、供給、販売までを一手に担うロシア最大のガス産業企業である（資料：資料5-7）。現在、その会長にはロシアのズブコフ第1副首相が就いており、ロシア政府のエネルギー政策を色濃く反映している³⁵⁾。欧州向けの天然ガスの輸出は売上高の約30パーセントを占めており、同社から見てもEUは重要な輸出先となっている³⁶⁾（参照：資料5-8）。特にドイツは欧州最大の天然ガス輸入国であり、2010年では欧州への輸出货量全体の4分の1に当たる天然ガスを輸入している³⁷⁾。

この天然ガスを巡るロシアとEUの関係に、エネルギー安全保障上の問題が生じたのが、2009年1月に起きたウクライナへの天然ガスの供給停止措置で

資料5-7 ガスプロムの売上高推移³⁸⁾



35) 前会長はメドベージェフ大統領であった。

36) Gazprom [2010a] P19

37) Gazprom [2010b]

38) Gazprom HP

ある。これはガスの抜き取りや不払いなど度重なるウクライナの違法行為に対し、ロシア政府がウクライナへの天然ガス供給を取り止めたことが発端であった。このときはパイプラインの下流に当たる EU でも天然ガス供給が完全に停止してしまった。このため EU を巻き込んだエネルギー危機にまで発展した。

EU に供給される天然ガスの 80 パーセントはウクライナを經由しており、厳冬期の EU に天然ガスが全く供給されないという事態に見舞われたのである。EU の閣僚までもが両国の会談に同席するなど政治折衝が繰り返されて、最終的にはウクライナが天然ガス価格の引き上げと長期契約をロシアとの間に締結し、20 日間ほどで問題が収束した。しかし、この結果として 2009 年のロシアからドイツへの天然ガス輸入は、前年比で 47 億立方メートル、13 パーセントという大きな減少となった。

もともとドイツではロシアとのトラブルが多いウクライナやベラルーシを通過させず、バルト海を經由してロシアから直接パイプラインを引く計画が存在していた。ノルドストリームと呼ばれるパイプラインである。このパイプラインの建設の為に 2005 年にドイツの BASF、E.ON、ロシアのガスプロムの 3 社による合弁企業ノルドストリーム AG が設立されている⁴⁰⁾。2009 年のウクラ

資料 58 ガスプロムのガスパイプライン³⁹⁾



39) Gazprom HP

40) 同社の会長にはシュレーダー元首相が就任している。筆頭株主はガスプロムで 51 パーセントの株式を所有している。ノルドストリームは 2012 年の完成が予定されている。

資料 5 9 欧州におけるガスパイプライン計画⁴³⁾



イナ問題は建設を加速化させる要因となる共に⁴¹⁾、EU 各国では天然ガスの輸入先を多元化する動きや、新たなガスパイプラインの建設する動きが顕著となった⁴²⁾。エネルギー安全保障の重要性を改めてクローズアップさせる副次的効果をもたらした。

6 欧州広域停電と再生可能エネルギー

EU では電力が自由化されており、電力の輸出入が盛んに行われている（参照：資料 5 1）。これは EU 内における電力輸出入を示した ENTSO-E（欧州送電系統運用者ネットワーク）のデータであるが、フランスのように電力供給能

41) ウクライナは 1990 年代からガス代の滞納やパイプラインからのガスの抜き取りを行っており、その度にロシアが対抗措置としてガスの供給停止を行ってきた経緯がある（日本エネルギー学会天然ガス部会 [2008] P22）。

42) 経済産業省 [2010a] P17

43) Europe's Energy Portal HP

力に優れた国もあれば、イタリアのように自国に十分な発電施設を持たない国もある⁴⁴⁾。工業国であるドイツはそもそも電力消費量が多いため、自国の電力よりも安価な場合など状況に応じて、隣国のフランス、チェコ、オーストリア、デンマークから電力を輸入している（参照：資料6 2）。また、電力需給バランスの兼ね合いからオーストリア、スイス、オランダ、ポーランド、ルクセンブルクへ電力輸出も行っている。一度発電された電力は蓄えられないために、同じ国から輸出をしたり輸入をしたりといった取引も見られる。

再生可能エネルギーは二酸化炭素を排出したり、資源を枯渇させたりしないため、持続可能な社会を目指すとき、極めて整合性の高いエネルギーである。しかし、太陽光や風力などの再生可能エネルギーは、天候や風向き次第で電力供給量が振幅する問題点がある。工業製品を生産するには電力の安定供給は必要不可欠であり、品質の高い電力であることも求められる。品質の高い電力とは、常時一定の周波数で一瞬の間断なく供給される電力を指す。

もしも、電力の周波数が乱れるようなことが起きると、工業用機械の出力なども直接的な影響を受ける。このときに製造される工業製品は品質を保つことは難しく、不良品率を高めることから生産コストの上昇をもたらす原因となる。さらに社会インフラへの電力供給停止が起きようものならば、それこそ不測の事態を招きかねない。風力発電や太陽光発電の利用拡大を図ろうとすると、既にある産業社会や市民生活が自然の影響を受けやすくなる一面を持つ。再生可能エネルギーの導入に各国政府が慎重な理由として、このような問題点の存在を指摘することができる。

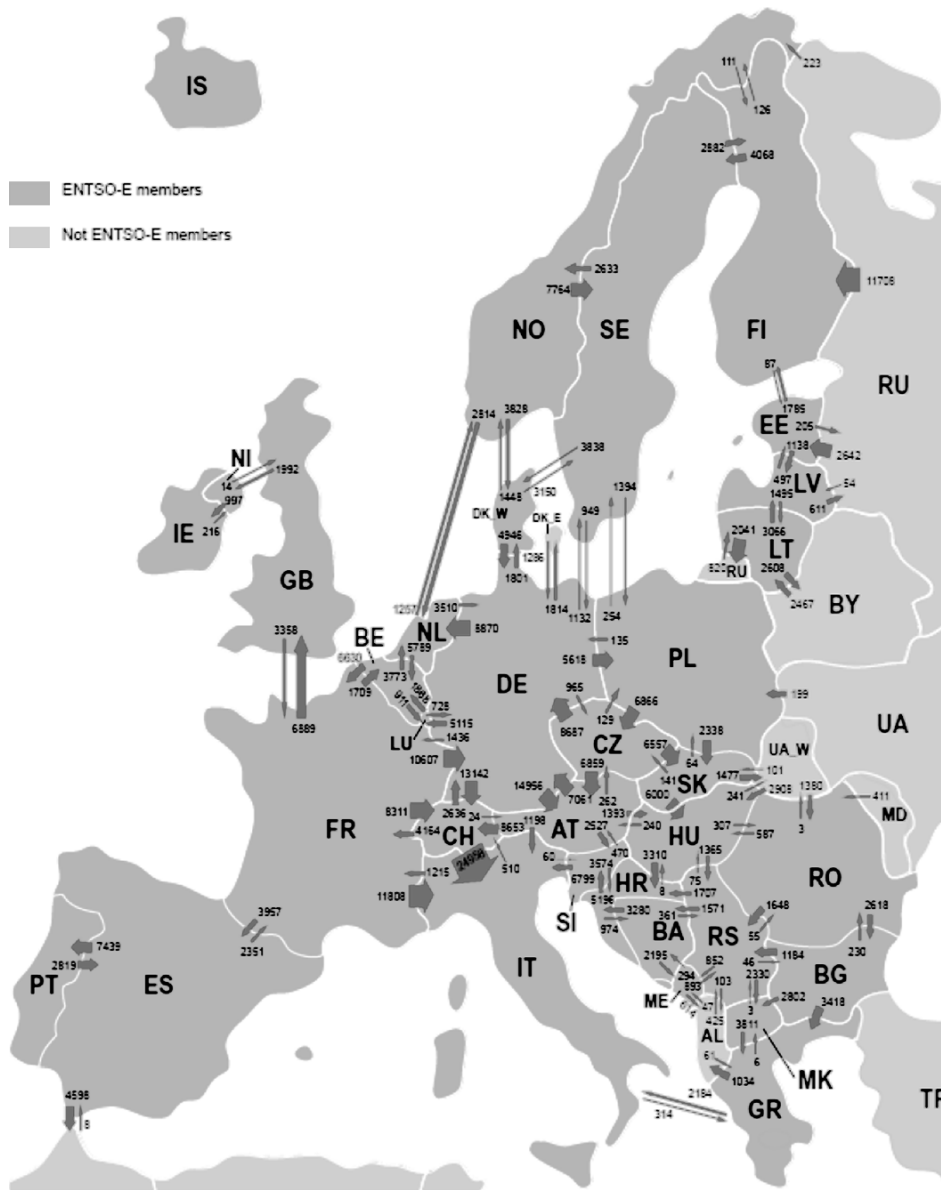
実際、2006年11月には欧州全域で大規模停電が発生して大きな社会問題となった。これはドイツの電力会社 E.ON と RWE の間での送電トラブルに端を発した停電事故であった。E.ON 管内で生じた電力の異常潮流が、連系先の RWE での電力上限値を超えて流れ込み、同社の安全装置が作動した結果、RWE の送電線が電力系統から遮断されて最初の停電が発生した。その後、RWE への行き場を失った E.ON の電力潮流は、流れ込んだ先々で送電線の過負荷を引き起こし、その度に問題のある送電線が遮断され、送電線の付近一帯に停電が発生するという悪循環を連鎖反動的に拡大させていった。しかも、ドイツで発生した電力の異常潮流にもかかわらず、電力系統が国境を越えて連系

44) ENTSO-E とは European Network of Transmission System Operators for Electricity の略称である。

していたため、フランス、ベルギー、オーストリア、イタリア、スペイン、ポルトガルなどを次々に巻き込み、最終的に停電被害は欧州 11 カ国にまで及んだ。

このときの停電被害をさらに拡大させた要因が、ドイツの国内に数多く導入

資料 6 1 欧州における電力輸出入の状況⁴⁵⁾ (2009年)



単位：GWh

45) ENTSO-E [2010] P12

されている風力発電機であった。元々、個々の風力発電機の発電量には振幅があるため、電力系統を安定的に運営する目的から、周波数が低下すると電力系統から切り離される仕組みがある。ところが、欧州広域停電では電力系統から風力発電機が次々と解列されたことで、電力系統全体における電力の低下を招いてしまい、それが停電被害に拍車を掛ける原因となった⁴⁶⁾。再生可能エネルギーの積極的な導入が完全に裏目に出た格好と言える。

このような事例なども踏まえ近年では、再生可能エネルギーの導入比率は最低需要の大体 10 パーセントから 20 パーセントぐらい、高く見積もっても 30 パーセント程度が、系統安定化の見地から限度とされている⁴⁷⁾。再生可能エネルギーというのは確かにクリーンではあるが、電力供給で重要とされる安定性に欠ける脆弱な一面も備えており、それ故に導入にも自ずと上限が存在するのである。従って、もしも再生可能エネルギーの導入拡大を目指すならば、この上限をどの程度まで引き上げることが可能であるか、そのときの具体的方法とはどのようなものであるか、というかなり現実的な議論が必要となる。その解決策としてドイツで注目されているのが電気自動車なのである。

資料 6 2 ドイツの電力輸出入のバランス⁴⁸⁾ (2009年)

単位 GWh

国名	輸入電力	輸出電力	輸出 輸入
フランス	10,607	1,436	9,171
チェコ	8,687	965	7,722
オーストリア	7,061	14,956	7,895
デンマーク	4,946	1,801	3,145
オランダ	3,510	8,870	5,360
スイス	2,636	13,142	10,506
その他	1,286	1,814	528
スウェーデン	949	1,132	183
ルクセンブルク	728	5,115	4,387
ポーランド	135	5,618	5,483
合計	40,545	54,849	14,304

46) UCTE [2007] P53

47) 横山 [2010] P32

48) ENTSO-E [2010] P13

7 再生可能エネルギー社会を支えていく電気自動車

ドイツが政府として電気自動車の開発に取り組む契機となったのが、2007年8月に閣議決定した「統合エネルギー・気候プログラム要綱 (IEKP)」である。これは環境・自然保護・原子力安全省⁴⁹⁾ [BMU] と経済技術省 [BMWi] が中心となり、運輸建設住宅省 [BMVBS]、食糧・農業・消費者保護省 [BMELV]、教育研究省 [BMBF]、財務省 [BMF] の6省がまとめた省庁横断的な政策プログラムである⁵⁰⁾。2020年までに温室効果ガスの排出量を1990年比で40パーセント削減することを目標に定め、合計29からなる政策プログラムによりその実現を図ろうとしたものである。エネルギー政策と気候変動対策を組み合わせた点が最大のポイントであり、両者による相乗効果が生まれ易い様に政策的な配慮が為されている⁵¹⁾。

IEKPの中に29あるプログラムの1つとして電気自動車に関する政策プログラムが提示されている。ここでは既にある水素・燃料電池技術国家イノベーション・プログラムと連携させることで、バッテリー・システムや電気駆動力の研究をさらに推進させることや、プラグイン・ハイブリッド車 (PHV) の実証実験、実用化に向けた関連研究の推進などが計画として挙げられている⁵²⁾。また、電気自動車の台数が増加し、再生可能エネルギーの導入が拡大するとき、電力システムの効率的運営をどのように維持するのかについても、関連業界への説明と協議を行うことを明記し、業界を包括的に組み込む配慮もしている。ドイツにおける電気自動車の振興政策の特徴として、当初から電力系統との関係性に重点を置いてきたことを指摘することができる。

2008年6月にはドイツで初めて電気自動車の社会実験がベルリンで行われた。電気自動車20台による比較的小規模な実験でドイツ政府がこれを支援した。さらに同年9月には、電気自動車の普及推進事業計画として大規模な社会実験 e-mobility Berlin が、ダイムラー AG (DAG) と電力会社 RWE の共同プロジェクトとして発表された⁵³⁾。このプロジェクトでは、ダイムラー AG は専用

49) 省庁により環境・自然保護・原子炉安全省と訳すものもある。

50) BMU [2007]

51) Steinkemper [2010] P16

52) 自動車産業において高い競争優位性を持つドイツであるが、電気自動車の研究開発においては、EV 専用バッテリー技術の開発が遅れを取っていた。

バッテリーを搭載した 100 台の電気自動車を、また、RWE はベルリン市内に約 500 カ所の充電スタンドを設置し、社会実験を行うというものであった。さらに同計画では電力システムマネジメントの観点から、車載バッテリーを用いた実証実験も組み込まれた。これは電力需要の低いときには電気自動車に余剰電力を蓄電し、電力需要の高いときには逆に電気自動車から電力供給を行う実験で、スマートグリッドにおける V2G (Vehicle to Grid) の可能性を検証するものであった。

さらに電気自動車の電力システムとの統合が、国家プロジェクトとして明確に謳われるのが、2009 年 8 月に発表された電気自動車国家開発計画 (NEDP: National Electromobility Development Plan) でのことである。この計画では 2020 年までに 100 万台の電気自動車を普及させるという目標が掲げられた。日本やアメリカ、中国など他の国々がプラグイン・ハイブリッドを含めた数字を掲げているのに対し、ドイツは電気自動車のみで 100 万台としているのが大きな相違点である。この点はドイツ政策当局者も重々承知しており、むしろその高い目標を政策的に前面へ押し出している。

この中で電気自動車を持つ政策上のメリットとして、再生可能エネルギーの導入促進が言及されている。電気自動車に搭載されているバッテリーの充電・給電機能を用いることで再生可能エネルギーの出力変動を平準化することや、電力システム内に生じる電力負荷や予期せぬ逆潮流などに対する予備容量として利用することなどを挙げている。つまり、再生可能エネルギーの導入推進により自国の電力システムが新たに抱える問題に対し、その具体的な解決策として電気自動車を戦略的に捉えているのである⁵⁴⁾。

2000 年に再生可能エネルギー法 (EEG) を導入して以来、風力発電や太陽光発電など再生可能エネルギーの占める割合が着実に増加しており、2010 年現在では電力消費の 16.8 パーセントを占めるに至っている⁵⁵⁾。ドイツ政府は今後も再生可能エネルギーの占める比率を引き上げていく方針を堅持しており、

53) この発表にはメルケル首相やドイツ自動車工業会会長なども参加し、ドイツの電気自動車への先進的な取り組みが世界的にアピールされた (Daimler AG [2008])。しかし、ダイムラー AG の電気自動車はこのときまだ量産体制にはなく、実際にプロジェクトが開始されたのは 1 年後の 2009 年末からであった。なお、ダイムラー AG は 2010 年 4 月にルノー・日産グループとの資本提携を締結している。

54) German Federal Government [2009] P11-P12

55) BMU [2011] P5

2020年までには最終エネルギー消費の18.0パーセント、電力消費の35.0パーセントを再生可能エネルギーで賄うことを目標としている。再生可能エネルギーの導入拡大を電気自動車の普及と結び付けることで、政策目標の実現可能性をより確実なものにしようとしている。

8 おわりに

本稿では再生可能エネルギー社会の展開とスマートグリッドの導入を見据え、ドイツを事例に電力系統から電気自動車を捉えることを試みた。電気自動車は環境性能の側面から言及されることが多いが、再生可能エネルギー社会では電気を蓄えられるバッテリーにこそ本質的な価値が見出される。現在、導入が進められているスマートグリッドでは、電気自動車は分散型電源として捉えられており、次世代のエネルギー社会に大きな変革をもたらすツールと考えられている。

ドイツは2020年までには最終エネルギー消費の18.0パーセント、電力消費の35.0パーセントを再生可能エネルギーで賄うことを目標としている。再生可能エネルギーへのシフトを標榜することは容易いが、それを社会的に実現するためには未だ多くの困難が伴う。なぜならば、再生可能エネルギーの本命と目されている太陽光発電や風力発電は、気候や天候次第で供給電力量が大きく振幅するからである。電力エネルギーは安定供給されてこそ社会的真価を発揮し得る。この点においてドイツは再生可能エネルギーの導入を積極的に進めつつも、自国のエネルギー安全保障にも十分配慮してきた。フランスやチェコからの電力輸入によるバックアップや、ロシア・ガズプロムからのガスパイプラインの敷設など実に余念がない。詰まるところエネルギー問題に関しては、極めて現実的な解決策しか許容されない。

再生可能エネルギーには電力不足と余剰電力という2つの大きな社会的リスクが存在する。どちらも電力需要と電力供給のバランスが崩れるため、大規模停電を引き起こす潜在的な可能性を持つ。その懸念が現実化したのが2006年の欧州広域停電であった。再生可能エネルギーの占める電源構成比率の上限をあらかじめ30パーセントと見積るなど、先進国で再生可能エネルギーの導入に慎重な姿勢を見せる理由はここに求められる。電力系統を安定的に運営する観点からすれば、電力需給の平準化こそが最も望ましい。このジレンマの本質

は電気を蓄えられないことにある。当然、これまでも大型バッテリーによる蓄電可能性は検討されてきたが、蓄電池のコストは高く電力会社の採算性に見合うものではなかった。

しかし、電気自動車の社会的普及がいよいよ本格化を迎えることで、この難解なエネルギー問題にも1つの解を導く道筋がついてきた。それが電気自動車のバッテリーである。電気自動車のバッテリーには1世帯の1日半から2日分の電力を蓄えることができる。ここに再生可能エネルギーによる電力を送り込んだり、逆に引き出したりすることで、電力需給の平準化のために必要な具体策を講じることが可能となる。

このためドイツ政府は電気自動車の持つ利点に早くから着目してきた。2007年に閣議決定された「統合エネルギー・気候プログラム要綱(IEKP)」などに見られたように、再生可能エネルギー導入拡大を推し進める政策的な配慮からも電気自動車の社会的普及を後押ししてきた訳である。

従って、エネルギー政策の方向性を見極めることにより、電気自動車の在り方や将来像を具体的に描き出すことが可能である。電気自動車は次世代のエネルギー社会の基盤構造を規定するポテンシャルを持つからである。ドイツの場合には再生可能エネルギーを軸に据えているので、より具体的かつ明瞭にそのことを捉えることができる。気候変動問題を鑑みると再生可能エネルギーとスマートグリッドは政策的に不可分であり、政府がこのタイプの次世代エネルギー社会を描いている市場では、ドイツの知見をベースとしたアプローチをすることが十分可能だと考えられる。また、自動車が社会インフラの新たな役割を担うことにより、自動車産業の果たすべき社会的使命や役割は今後より一層大きくなるものと考えられる。

〔参考文献〕

経済産業省 [2011] 「電気事業者による再生可能エネルギー電気調達に関する特別措置法案について」

経済産業省 [2010a] 『エネルギー白書 2010』新高速印刷

経済産業省 [2010b] 『通商白書』日経印刷

資源エネルギー庁電力基盤整備課 [2007] 「電力系統の構成及び運用について」電力系統の構成及び運用に関する研究会

次世代エネルギー・社会システム協議会 [2010] 「次世代エネルギー・社会システム実証マスタープラン」

総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会 [2009] 「太陽光発電の新たな買取制度」につい

社会イノベーション研究

て(案)

JETRO [2009] 「EU 主要国における環境配慮型自動車に関する政策(規制・支援)および技術・市場動向」『ユーロトレンド』NO. 88・2009年6月号

奈良宏一編著 [2008] 『電力自由化と系統技術 - 新ビジネスと電気エネルギー供給の将来 - 』電気学会

日本エネルギー学会天然ガス部会 [2008] 『天然ガスのすべて - その資源開発から利用技術まで』コロナ社

横山明彦 [2010] 『スマートグリッド』日本電気協会新聞部

BMU [2011] *Renewable Energy Sources 2010*

BMU [2008] *Germany aims to become market leader in electric mobility – National strategy conference on electric mobility*, No. 274/08

BMU [2007] *Key Elements of an Integrated Energy and Climate Programme*

BP [2009] *BP Statistical Review of World Energy 2010*

BP [2008] *BP Statistical Review of World Energy 2009*

BP [2007] *BP Statistical Review of World Energy 2008*

BP [2006] *BP Statistical Review of World Energy 2007*

BP [2005] *BP Statistical Review of World Energy 2006*

BP [2004] *BP Statistical Review of World Energy 2005*

BP [2003] *BP Statistical Review of World Energy 2004*

BP [2002] *BP Statistical Review of World Energy 2003*

Daimler AG [2008] “*e-mobility Berlin*”: Daimler and RWE Embarking on the Age of *Electro-Mobility*, September 05

ENTSO-E [2010] *Statistical Yearbook 2009*

Gazprom [2010a] *Management Report OAO Gazprom 2010*

Gazprom [2010b] *Databook 2010*

German Federal Government [2009] *National Electromobility Development Plan*

Ghosn, C [2010] 「危機の時にこそ求められるリーダーの決断」2010自動車イノベーション会議, 日本経済新聞社

GWEC [2009] *Global Wind 2009 Report*

IEA [2010] *Energy Statistics*

IEA-PV P[2009] *Trends in Photovoltaic Applications Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2008*, Report IEA-PVPS T1-18

Steinkemper, H [2010] *Electric Mobility -Strategy of the German Government*, 3rd German-Japanese Environmental Dialogue Forum

UCTE [2007] *Final Report – System Disturbance on 4 November 2006*

UN [2009] *Commodity Trade Statistics Database*

[参考ホームページ]

東京電力

<http://www.tepco.co.jp/>

ドイツにおける再生可能エネルギー政策と電気自動車の戦略的普及

Daimler AG	http://www.daimler.com/
Europe's Energy Portal	http://www.energy.eu/
Gazprom	http://www.gazprom.com/
IEA	http://www.iea.org/