

V2G というコンセプト：電源確保の新しいモデル？

電力配電基盤と自動車を結びつける

Steven E. Letendre, Ph. D. (1)

Willett Kempton, Ph. D. (2)

「隔週・電力事業」(Public Utilities Fortnightly)
2002年2月15日号からの翻訳

翻訳者：小坪一久

電気自動車を統合的に見たとき、それは自ら電気を保持する機動性のある非常に信頼性の高い電源と考えられる。「電気駆動自動車」(Electric Drive Vehicles, 以下EDVs)は次の3つの形式に分類される。1) バッテリー電気自動車、2) 徐々に普及しつつあるハイブリット車、3) ガソリン、天然ガス、もしくは水素で走る燃料電池車。それら全ての車は、それぞれの車両に電気回路(power electronics)を持ちクリーンな交流60Hzで10kW(ホンダ・インサイトの場合)から100kW(ゼネラル・モーターズEV1の場合)を発電することができる。車の電力が配電網に送られるとき、それを車から配電網への電力(Vehicle-to-Grid power)、もしくはV2Gと呼ぶ。

電気事業の関係者や投資家が電気駆動自動車について考えるとき、バッテリー自動車は夜間に充電負荷をかけるものと考えられてきた(谷埋め valley-filling)。または、燃料電池車を近い将来に発電可能な電力源と見てきただろう。それとは対称的に、私たちが米国カリフォルニア大気資源委員会(California Air Resource Board, CARB)とロスアンゼルス市・水道電力局(Los Angeles Department of Water and Power)に対して行なった研究によると、バッテリー、ハイブリット、そして燃料電池の3種類のEDVs全てにおいて電力源として役割を果たせる可能性を持ち、また補助電力サービスは自動車からの電力としてもっとも魅力的な利用法である事が明らかになった。

車の電源としての利用は潜在的に非常に大きいと考えられる。カリフォルニア州だけでも、CARBの車両排気ゼロ義務(zero emission vehicle mandates)により、2004年までに424MW、2008年までに2.2GWの電力供給容量になるという試算がでている(Kempton et al., 2001:22)。よ

り将来的な展望に立ったとき、電気自動車からの電力により、2050年までに世界全体の集中型発電容量の20%を削減することができる、と電力調査研究所(the Electric Power Research Institute, EPRI)は予測している(EPRI 2001)。

この研究は、V2Gの技術的必要条件、電力供給能力、そして経済的価値を評価した。また、この研究は基底負荷(ベースロード)、ピーク時負荷、瞬時予備電力(スピニング・リザーブ)、そして調整上げ下げ(レギュレーション・アップダウン)の4種類の電力を供給するEDVsの範囲を検証した。V2Gを基底負荷に使用するのは、kW時あたりの費用がとて高く、ドライブトレインの設計が短い稼働時間を想定している(1日あたり平均1時間)適当ではない。しかし、その他の種類に関してはV2Gの経済的価値の方が高くなるものもあり、電気駆動自動車の比較的高い初期投資を相殺するのに十分であった。この可能性を実現させるには、既存車両へのいくつかの小規模な設計変更と、車両基盤整備に整合性を持たせることが必要である。

V2G：

どういう仕組みになっているのか

カリフォルニア州は、ニューヨーク州、マサチューセッツ州、バーモント州、そしてメイン州等は、電気駆動車や低公害車両の発展普及を促す政策に乗り出している。移動を起因とする大気汚染を減らすのが目的である。電力の発展、そして全米規模の電力市場自由化等、政策主導による大気汚染の削減に電気自動車が貢献できる機会や、電力供給システムの安定性と効率性をあげる好機をつくることになる。それらの政策は、電気貯蔵バッテリー車両かもしくは発電能力のあるハイブリッド車や燃料電池を使って補助電力サービスやピーク負荷を補うことを前提としている。

V2Gを確立するには次の3つの要素が必要である。1) 電気エネルギーが車両から配電網まで流れるための電氣的接続、2) 配電管理者が利用可能容量を決定したり、

補助電力サービス等を車両に対して要求したり、それらの結果を測定したりするためなどに必要な制御、もしくは論理接続 (logical connection)、3) 精度について認証を受けた車両搭載測定装置。燃料を搭載する車両に関しては (燃料電池とハイブリッド車)、4つ目の要素である気化燃料 (天然ガスもしくは水素) への接続を加えることで車載燃料が枯渇することを防げる。

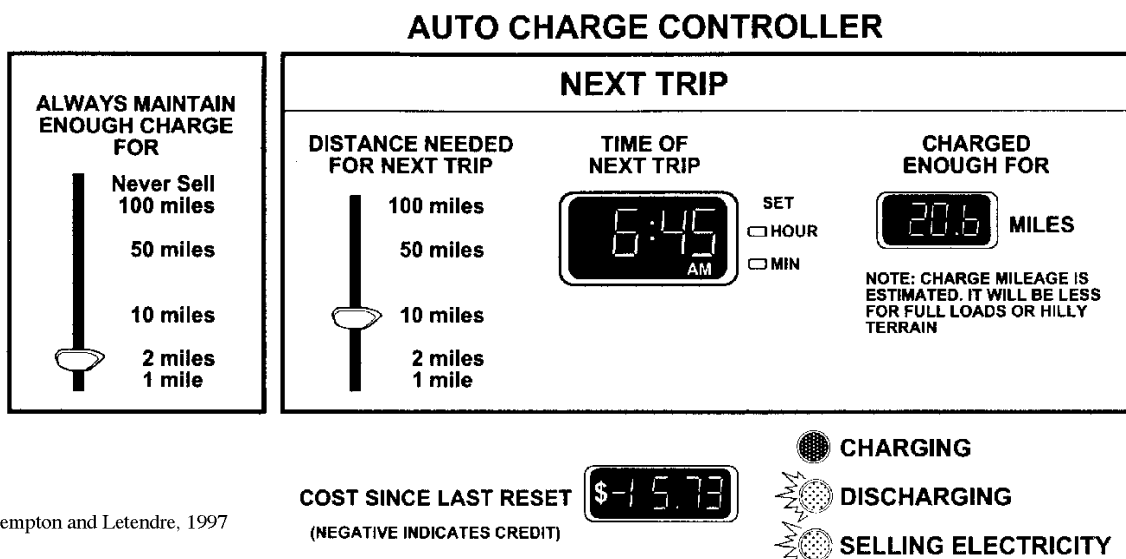
V2Gにとってまず最初に必要な条件は電力系統への接続である。バッテリー搭載車両が再充電するためには、配電網に常時接続されていなければいけない。V2G能力を加えるのに、充電基地やケーブルおよびコネクターへの加修工事は全く必要ないが、車載電気回路はこの目的のために設計されなくてはならない。電気自動車のドライブトレイン製造業者、AC Propulsion Inc.は2000年の夏、この目的のため、初の車載電気回路をつくった。この為の逆流電力を設計するための追加的な費用は全くかからなかった (zero incremental cost) と、彼らは非公式ではあるが報告している。Propulsion社の現在のV2G電気回路は、広範な制御と停電の際に電気を配電網に戻さない事を確認する安全性を兼ね揃えているものである。それは適度な生産ラインを仮定したとして、初期投資に400ドルを加算するものである。したがって、V2Gのために必要な車載電気接続装置と電気回路はすでに実証試験済みであり、今日、その会社が製造する自動車のドライブユニットの標準仕様となっている。(同社は現在、カリフォルニア独立システム管理者 (the California Independent System Operator) からの電気信号を経由して

調整上げ下げを即座に制御できる模擬車両の試験中である。電導性車載充電器のV2Gへの取り付けやすさは (非伝導性のもに対して) CARBが2001年の6月に、カリフォルニア州に於いて新たに設置される全てのEV充電基地を電導性車載充電器にする推薦を出す理由でもあった。V2G能力のある充電基地を、今日のバッテリーEDVの基地として供給することで、電気事業者は将来のV2Gを想定したハイブリッド車や燃料電池車への入り口を築きあげている。

V2Gにとって次に必要なのは電気の制御である。つまり、電力会社やシステム管理者が車両の電力を需要するときにその要求ができることである。この装置は不可欠なものである。なぜなら車両電源はその買い手側 (システム管理者) が給電を正確なタイミングで決定できる時に、その電力の価値が製造費用を上回るからである。自動車産業はリアルタイムの通信を車の標準機能にする方向に進んでいる。この「テレマティクス」 (telematics) と呼ばれる分野はすでに高級車等に応用され始めている。時間とともに、この技術もこれからの自動車に利用可能になっていくであろう。「テレマティクス」を標準搭載する車両を用いようが、追加した通信形態を用いようが、車は配電管理者から電力が必要な時を指示するラジオ信号を受信できるようになる。

3つ目の要素は、精度認証を受け、開封し改造をできないようにしてある測定器により、どれだけの電力量や補助的電力サービスを車が供給したかを正確に測ることである。そのような装置は現在10ドル以下で製造が可能

図1：車両ダッシュボードに取りつける制御装置例
この装置により運転者は車両走行範囲を制限し、動力伝達を監視する



出所：Kempton and Letendre, 1997

である。テレマティックスは測定記録を買い手側に送り、車両所有者の口座にクレジットとして残すのに使われる。

V2Gの測定は、通常の「電力計測器」という概念をさらに広げる。電子計測やテレマティックスは電気メーターを読む手間を省き、電気料金請求額のデータを中央計算センターに送り、月々の電力使用料を測るサイクルにおいて効率的な優位性を持っている。さらに驚くことには、電子計測やテレマティックスは電力供給先の住所すらなくしてしまうのである。車載計測器が、その計測器固有のシリアル番号もしくは口座番号をその時の計測値と一緒に、テレマティックスを経由して送られるのである。望ましくは、このデータが通常の電力供給先住所にて計測された口座へ同時に請求書が送られることである。大規模なV2G体制における、可能性としては何百万もの携帯電話顧客通話が記録され、料金の請求が行われるのと同様、何百万もの小さな取引を自動化するようになるであろう。もっとも改良の進んだシステムに於いては、通例使われるプラグか別のものがつながれているかどうかを自動的に判別するために、その自動車は何らかの形の位置確認（GPSか携帯電話に備え付けが義務づけられている警察呼び出しのための位置確認装置）、もしくはブルートゥース・システムのような電子リンクを用い、どこの電力計測器に車両が繋がれているかを自動的に決定する。すなわち、移動中に測るkW時や補助電力サービスは、足されたり引かれったりすることで、登録された固定メーターと保管しあい、電気料金請求合計額を出すようになっていく。車載計測器や車が実際にどこで電源に接続されたかの確認は商業モデルに必要な機能で、それによって車は公衆電源基地にいるときでも自宅からでも電力を売ることができる。しかし、どちらにせよ自動車多くの時間をその所有者の家の計測器に接続されるので、これらの装備は次の世代のV2Gの改良点として残しておくであろう。

システム管理者や地域の電力会社は、百や千にものぼるピーク電力や補助電力サービスを供給する小さな電力供給社とそれぞれに契約を結びたいとは思わないだろう。この場合、第三者機関がEDVsをMWのブロックに集合させ、まとまった電力や補助電力サービス市場へ供給することになるだろう。一台につき16kWとして、1MWのブロックは、車両63台分である。集合体としてこれを行なう可能性を持った事業体をあげるとして、エネルギーサービスカンパニー（ESCOs）、携帯電話会社（自動給電や何百万人もの個人間の通信を請求するのに慣れているところ）、自動車製造会社やその車両の管

理会社とともに働いているテレマティックス・サービス供給者、電力マーケティング会社、またはサービス中心の地元配給会社等にも可能性がある。

V2Gの概念に関してもっともよく聞かれることに、車両所有者たちはバッテリーを完全に空っぽにしてしまわないかどうかというおそれと、車両に搭載される液体燃料についてである。V2Gにより車の可動距離に制限が加えられるおそれを避けるために、運転者がバッテリーからの電気持ち出しに制限をつけることによって、移動に影響を及ぼすことのないようにすることは、必要不可欠なことである。KemptonとLetendre（1997）によると、そのことは運転者が運転需要にそって、必要量を設定しておくことにより達成される。電気の買い手はバッテリーから放電させる程度や燃料タンクの減少量をドライバーのセッティングに沿った形で制限しなければならない。制御パネルの例を図の1に示す。その制御装置を物理的にダッシュボードへ取り付けたり、それがウェブページにあったとしても、考え方は基本的に同じである。ドライバーは2つの要素を決める。一つは次回の運転の予想距離であり、図1に示されているものを見ると、（次の日の朝の6月14日、6時45分で10マイル分ある）たとえば、緊急用の予備として、2マイル分が必ず保持されなければならない、最低限の距離は維持される。（図の2に見られるように、ピーク時負荷や瞬時予備電力よりも調整上げ下げをしているときの方が、運行距離に影響は見られない。）

車が電力の供給源になりうることを理解するときの障害の一つに、車は道路を走っているから供給電力は予測不可能でまた利用不可能であろうという初歩的な思いこみがある。もちろん、いくつもあるどれか特定の車の電源ソケット利用可能状況は予測できないが、何千何万とある車の利用可能状況は予測可能で、交通状態や道路利用情報から概算できる。例えば、午後遅くのピーク交通量は電力使用料がもっとも高いときに起こる（3時から6時）。大多数の車がラッシュ時刻に道路を走っている、という経験則は間違いである。道路利用データを見ると、3時から6時のピーク時間帯でさえも、92パーセント以上の車が駐車され電力の供給が可能であることが分かっている（Kempton et al, 2001）。

V2Gの経済的価値

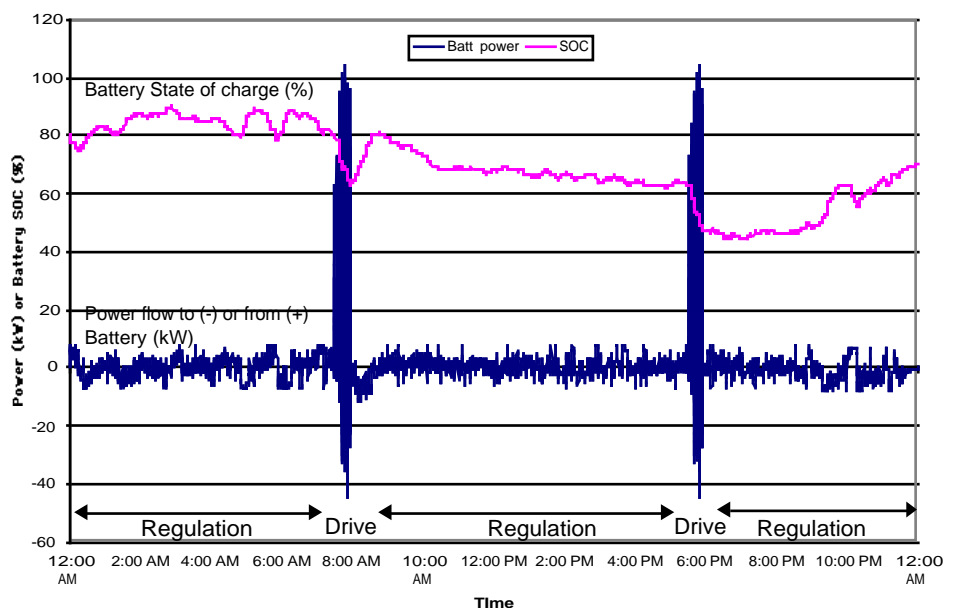
V2Gの可能性とその経済的価値は、車の種類や電力市場によりさまざまである。バッテリーEDVsは電気を保存し、電力需要の低いときには充電し、そして電力が不

足て料金が低いときに放電することができる。潜在的に価値が高くなるのは、EDVsが補助電力サービス、つまり上り下りの調整と瞬時予備電力を供給できる時である。図の2はバッテリーEDVsが上り下り調整に使われたときの電気の流れとバッテリーの充電状態をあらわしたものである。この図は車を通勤に使い、家と仕事場で電源プラグにつなぐ状態である。午前8時と午後5時に見られる、バッテリーから放電されたことを示すおおきな2つのスパイク状の波形は通勤によるものである（短めのマイナス値を示すスパイク波形は再度発電をすることにより起こる）。電気の上下りは調整されているので、バッテリー充電への純影響はそれぞれ2回の通勤時を除き、充電が制御されているかぎり最低限にとどまっている。

燃料電池やハイブリットEDVsはそれ自体が新しい発電源になるという意味において、バッテリー電源EDVとは異なるケースである。われわれが行なった過去の分析によると、それらの自動車は基底負荷とは競合できないが、ピーク負荷時と補助電力サービスの供給を要求されたときに競争力を持つ（Kempton and Letendre 1997, 1999; Kempton and Kubo 2000）。したがって、以下にまとめるV2Gの経済的価値は1日前の（ピーク負荷時の）電力市場から導き出されたもので、瞬時予備電力及び、調整を行なっているときをまとめたものである。ここで示される経済的価値は、カルフォルニア州の競合した電力市場におけるマーケット・クリアリング料金を用いて算出されたものである（しかし、2000年の異常な電気料金は考慮されていない）。

計算式はそれぞれの車の形式による電気容量を計算するために導き出された。計算によって導き出された容量は充電容量、住居や商業電気サービス容量、次回の運転のための燃料、パイプにつながれたガス性の燃料源が自動車につながれているかどうかによって変わる。全ての車両の技術的な変数は、現在製造されているか、もしくは試作段階のEDVsの情報を使っている。バッテリー自動車は

図2：動力の流れと充電の状態
電気自動車が電力規制サービスをいかに供給するか示したグラフ



出所：Brooks and Gage, 2001

10kW代の電力供給能力を持ち、燃料電池車は約40kWまでの能力を持つ。ハイブリット自動車は30kWまでの電力供給能力を持ち、ガソリンか天然ガスのラインによって燃料が提供され、モーターで発電しているときに魅力を持つ。多くのシナリオ計算にとって、現存する6kWの充電基地（レベル2）へのライン容量、もしくは近い将来の標準規格である16kW（レベル3交流充電）によって出力の値は限定される。

V2Gの経済性に関して、鍵となる要素はそれぞれのEDVsの形式により発電される電気の費用である。バッテリー自動車は電気を配電線に供給するために、今日の鉛蓄電池（lead-acid）のバッテリーだと費用は\$0.23/kWh、ニッケル金属水素（NiMH）バッテリーを積むホンダEV Plusの場合\$0.45/kWh、そしてニッケル・カドミウム型を積むthe Think City車だと\$0.32/kWhになる。燃料電池車は\$0.09/kWh-\$0.38/kWhの範囲内で発電することができる。数値におおきな幅があるのは、水素の費用見積もりによるもので、低いほうの見積もりは長期的な成熟した水素市場を基礎とする仮定をした。燃料電池車に関して、それが車庫などにおかれる変換器が水素を再充電するものは、天然ガス（\$0.19/therm）を使用したとして\$0.19/kWhで発電できる。モーター発電を持つハイブリット車は、ガソリン（\$1.50/gallon）によって燃料が供給されるときに\$0.21/kWhであり、天然ガスするとき\$0.19/kWhである。以上のような簡単な対kWWh費用だけに基づいたとき、近い将来において、もっとも魅力的な

EDVsは鉛電池車、天然ガス変換器によって充電される燃料電池車、そしてハイブリット車である。しかしながら、V2G電力のためにもっとも適するところを理解するには、簡単な費用対kWh比較では十分でない。

上述したEDVsからの電力費用は基底負荷時の電気料金と競合するには高すぎる。しかしながら、EDV電力は他の3つの市場においては競争力を持ちうる。すなわち、ピーク負荷、瞬時予備電力、そして調整下におけるサービスである。後者2つの電力市場は「補助電力サービス」と呼ばれ、それぞれのケースに於いて、電力製造者はkWhあたりのエネルギー料金に加え、配電網に接続され、いつでも利用可能であるという状態に対して料金が支払われる。配電管理者は瞬時に電力を供給できる能力の貯蓄を常に維持する。瞬時予備電力という言葉は、発電機が稼働しつつ配電網と同調している状態で、いつでも配電網に電力を供給できる状態のときを言う。一般的に、発電所が設備の不具合により不意に停止し、配電網から落ちてしまったときにそのような電気の蓄えが必要とされる。それとは対照的に、電力の調整というのは昼間も夜間も必要である。配電管理者は終始、発電とその電力の消費を一致させなくてはいけない。電力調整は、配電管理者の制御と同時に、電気を配電網に上げたり、逆に下げたりできる発電設備を必要とする。

カリフォルニア州や他のいくつかの電力市場では、この電力調整もしくは自動発電制御（AGC）は発電所に付随せず別に売られている。その機能を電力会社が持っていたとしても、電力調整をするには、最低でも発電機がアイドル状態か、もしくは部分的に発電する状態を維持せねばならず費用がかかる。

それぞれの車両と電力市場の組み合わせについて、われわれはカリフォルニアの電力市場における電気の価値、電力を供給するときに自動車所有者にかかる電力費用、歳入が費用を越えるときに限りV2G電力を発電すると仮定して計算を行なった。この方法は、回避費用を用いた以前の方法（Kempton and Letendre 1997）や、小売りの使用時間率（retail time-of-use rates）を用いた方法（Kempton and Kubo 2000）よりもさらに包括的である。他の利益、例えば大気汚染の軽減、電力システムの安定化、そしてその他分散化された利益（送電ロスの低減と変電配電設備の増設回避）、取引費用などはこの経済的計算には入っていない。車両の所有者にかかる費用の計算は包括的であり、燃料そして発電に使用するためにバッテリーパックや内燃機関エンジンの寿命を短くする、といった全て必要に応じた追加的設備費を計算に入れている。

いくつかのV2Gの経済的価値に関する結果は表の1にまとめられる。表1により、いくつかの車種は個人用電力市場によく適していることがわかる。車の種類を電力市場に合わせることは、利益を得たり失ったりする可能性がある中で重要である。

その3つの市場をまとめると、ピーク負荷時の電力市場はもっとも望みが薄い。われわれのモデルでは、バッテリー駆動の自動車は、電気料金の安い（例えば、4.5 cent/kWh）オフピーク時に充電し、料金の高い（例えば、30 cent/kWh以上）時に配電網に電力を売る事で、ピーク負荷時の電力市場に対応できる。燃料を積んだ車は電気料金が電力を供給する費用より高いピーク負荷時に電気を売る。表は、潜在利益を歴史的な経験則に照らし示している。カリフォルニアの今となっては存在しない電力

表 1 : 車両所有者がV2Gから得る年間純利益

これらは報告書にある包括的分析による中間範囲の代表例

	Peak power	Spinning reserves	Regulation services
Battery, full function	\$267 (510-155)	\$720 (775-55)	\$3,162 (4479-1317)
Battery, city car	\$75 (230-155)	\$311 (349-38)	\$2,573 (4479-1906)
Fuel cell, on board H2	\$-50 (loss) to \$1,226 (2200-974 to 2250)	\$2,430 to \$2,685 (3342-657 to 912)	\$-2,984 (loss) to \$811 (2567-1756 to 5551)
Hybrid, gasoline	\$322 (1500-1178)	\$1,581 (2279-698)	\$-759 (loss) (2567-3326)

出所 : Kempton et al, 2001

取引市場での過去3年のうち2年分の実際の市場価格では、ピーク負荷時の料金期間中に電力を大規模な電力市場に売ることが正当化できるほど、市場での売却料金は高くないことが分かった。

瞬時予備電力は、われわれが分析した全ての車と、表1に示される車両全てにとって経済的な見通しがあることが分かった。瞬時予備電力市場の純歳入は、燃料の搭載車にとって部分的に大きく、相対的に見て燃料費に対してその歳入は大きく変わらない。なぜならば、歳入の多くを占めるのは、発電した電力量よりも（配電網への）接続が可能な時間あたりの契約により支払われるからである。

調整サービスは歳入も費用も高い数値を伴う。なぜならば車は時間よりも調整を売りに出すからである。バッテリー自動車は特にこの調整に適していることが明らかになった。これは調整サービスが、ピーク負荷時や瞬時予備電力よりも浅いサイクルを需要するからで、それによりバッテリーの変質を押さえる働きを持つ。また、調整による上りや下りを供給するときでもバッテリーは非常にすくない放電をすることですむ。バッテリーEDVsからの調整サービスによる純利益見積もりは年に数千ドルである。燃料電池車とモーター発電型のハイブリット車は調整の上りだけ（下りはだめ）しか供給できず、経済性に魅力は見られない。

自動車は現在利用可能な補助電力サービスに比べ高い質のものを供給することができる。それは反応が早く、すくない増加量で利用が可能で、かつ分散型である。最近の発表会において、カルフォルニア独立システム管理（ISO）のスタッフは、今日使われているものと比べた場合、V2Gのいくつかの潜在的アドバンテージを述べた。つまり、AGCシグナルに対して反応が早い、波長制御が改善される、発電機が摩耗したり破損しにくい、波長反応サービスと送電線の負荷軽減等の可能性があるなどである（Hawkins 2001）。

さらに研究を進めなくてはならない懸念としては、V2GをEMSシステムに可視できるようにしてしまうこと。そして一般的には、システム管理者の分散型資源を使う経験不足等から生じる配電網への影響が考えられる。カルフォルニアISOによる追加的な検討によると、「V2Gは風力発電の理想的な補完物になりうる」と述べている。なぜならバッテリーEDVsの調整サービス機能は、小さいながらも不意に起こる風力発電の変動をならすことに使えるからである（Hawkins 2001）。したがって、中断されがちな再生可能エネルギー資源が電力発電の大きな位置を占めるに従って、V2Gの配電事業への要

求とその価値は上昇するであろう。

V2G容量のあるEDV車両が成長するにつれて、それらは現存の補完サービス市場に浸透しはじめる。カルフォルニアの規制サービス市場はもっとも価値が高いところであるが、109,000から174,000台の自動車によってサービスが満たされ、瞬時予備電力市場に於いては、76,000から273,000台の追加によって満たされる。ピーク時負荷市場はより大きな市場だが、われわれが現在見積もるV2Gの費用よりも少し低いだけである。それら自動車普及台数は、カルフォルニアにある自動車合計台数の少しの部分であらわずに過ぎないが、それらは10年以上の見積もられた売り上げ、製造数はEDVに付きものの価格を落とす役目を果たすであろう。

結論

総じて、バッテリー、ハイブリット、燃料電池の3種類のEDVs、全ての車種は米国の電力配電の重要な構成要素になりうる結論できる。その最大の価値は、瞬時予備電力や調整といった補助電力サービスにある。バッテリーや燃料電池車そして可能性としては、プラグインハイブリットも、この電力の純価値は自動車一台につき、年間で\$2,000を越え、素早く経済的にも成りたち汚染度ゼロ、もしくは低い車両が普及する時代の先導役になる。

いくつもの政策に関する問題がこの分析によって表わされた。初期段階では、模擬的な試験をすることで、仮定モデルを使うここでの方法では検査できない疑問を解くのに役立つであろう。また、いくつかの政策見直しもここでは有用であろう。電力産業側からみると、電気料金体制や中継や安全に関する標準規格を見直すことがV2G電力に適切な変更や追加を評価するのが適切である。中継標準規格は分散型のエネルギー技術（例えば、太陽光発電、備えつけの燃料電池、そして小型タービンなど）が普及する状況に対処するために、現在検討が加えられている。充電基地の基盤整備計画は、V2G電力への応用も視野に入れ同様に再調査されるべきである（CARBがカルフォルニアについてすでに行なったように）。

電気駆動車両を持つ個々の電力事業者は、その購買に関する特記事項を見直すところから始めてもいいかもしれない。設計の段階でV2Gを低い費用の増加でまかなえ、そしてその製品はすでに市場にあることから、V2Gを新しい購買の特記事項に加えるのは今が時期かもしれない。電気事業者は以下のように自答しはじめるだろう、

「メーターを読み取る自動車が調整サービスを駐車中に提供できるのに、どうしてわれわれの顧客用の車両にはV2Gがないのであろうか？」と。もし電力会社の車両の経験により、V2Gに見通しがあるということになったとしたら、次の質問は、「どれだけわれわれが自動車の付随サービスの獲得を望むのか」、ということである。われわれはMWのブロックを売るアグリゲーターがほしいのであろうか？もしくは、アグリゲーションはわれわれのビジネス機器にとって期待の持てる機会なのだろうか？

たった10年や20年で、V2Gは補助サービス市場を改革し、配電網の安定性と信頼性を改善し、中断されがちな再生可能エネルギーより増加する発電量を助ける。関係する歳入の流れは、電気駆動自動車をより買い手にとって魅力的なものにする。そのような共同的発展は電力業界、環境、そして社会全体にとってもおきな利益を与えるであろう。

V2Gに関するより詳しい情報は以下のウェブ・サイトで見ることができる。 <http://www.udel.edu/V2G>

(1) Steven Letendreはバージニア州ポルトニー、グリーン・マウンテン・カレッジ経営と環境学教授。ノースキャロライナ州にあるリサーチ・トライアングル・インスティテュートで電気事業に関する経済分析士として働き、分散型電源や経済、そして電気事業政策に関する著作多数。

(2) Willett Kemptonはデラウエア大学にて環境政策に関する研究を行い、また教鞭もとる。エネルギーと環境政策研究所シニア政策科学者そして、海洋学部助教授。

参考文献

Alec Brooks, Tom Gage, 2001, "Integration of Electric Drive Vehicles with the Electric Power Grid - a New Value Stream". Paper presented at the 18th International Electric Vehicle Symposium and Exhibition, 20-24 October 2001, Berlin, Germany. Full written version available from http://www.acpropulsion.com/EVS18/ACP_V2G_EVS18.pdf

Electric Power Research Institute (EPRI) (2001) Press release available at http://www.epri.com/corporate/discover_epri/news/2001releases/010219_car.html

David Hawkins, 2001, "Vehicle to Grid-A Control Area Operators Perspective." Presentation at the EVAA Electric Transportation Industry Conference, Sacramento, CA, December 2001. Presentation slides available at: http://www.acpropulsion.com/ETI_2001/Hawkins_ETI.pdf

Kempton, W. and Steven Letendre, (1997) "Electric vehicles as a new power source for electric utilities." *Transportation Research Part D, Transport and Environment* 2 (3) : 157-175.

Kempton W, Kubo T, (2000) "Electric-drive vehicles for peak power in Japan." *Energy Policy* 28: 9-18 (Available in Japanese translation at <http://www.udel.edu/V2G>)

Kempton W, Letendre S, (1999) "Electric Vehicles' value if integrated with the utility system." Presented at Transportation Research Board, 78th annual Meetings, Washington DC. TRB Paper #P993734.

W. Kempton, J. Tomic, S. Letendre, A. Brooks, and T. Lipman (2001) "Vehicle-to-Grid Power: Battery, Hybrid and Fuel Cell Vehicles as Resources for Distributed Electric Power in California." Davis, CA: Institute of Transportation Studies Report # IUCD-ITS-RR 01-03. 77+xiv pages. PDF version available at <http://www.udel.edu/V2G>