

A California Road Map

Bringing Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles
to the Golden State

カリフォルニア ロードマップ(概要版)

水素 FCEV をカリフォルニア州に導入するために

全訳(仮訳)



本仮訳に関して

- ・ 用語などはオリジナルを尊重しましたが、わが国で慣用的に使われている表現が別にある場合はそちらを用いました。
- ・ 全体的なフォーマットや図表のレイアウトもオリジナルを尊重しましたが、読みやすさの観点から変更した部分があります。
- ・ 翻訳上の間違いは翻訳実施者の責任です。内容に不明の点は、オリジナル文書を参照ください。 オリジナル文書 www.caftp.org/roadmap

翻訳実施者

株式会社テクノバ(「水素・燃料電池に係る国際関連機関等研究・政策動向の調査検討」委託先)
〒100-0011 東京都千代田区内幸町 1-1-1 帝国ホテルタワー13階
Tel: 03-3508-2280 Fax: 03-3508-7578 担当: 丸田(maruta@technova.co.jp)

ゼロ・エミッション車両（燃料電池で駆動する車両を含む）は、カリフォルニアの大気質を改善し、気候変動を引き起こす温室効果ガスを削減し、グリーン経済を推進しつつエネルギー安全保障を高める上で、重要な役割を果たしている。この目的のために、我々は水素インフラ、とくに燃料電池電動車両（FCEV）の初期潜在購入者にとって便利で信頼できる燃料供給が可能な初期水素ステーションネットワークへの投資が必要である。

2012年7月

目次

オーバービュー	4
「よりグリーンなカリフォルニア」へのビジョン	6
FCEV のベネフィット	7
カリフォルニアの水素ステーション	9
2015 年へのカウントダウン	11
水素充填ネットワークの計画	13
クラスターステーション、コネクターステーション、目的地ステーション	14
クラスターステーション	16
コネクターステーション、目的地ステーション	18
ネットワーク化	19
ネットワークの拡大	21
水素ステーション: ギャップを埋めるために	22
水素ステーションネットワークのコスト	24
結論	25
リソース	27

カリフォルニア燃料電池パートナーシップ (CaFCP) は、自動車メーカー、エネルギー供給会社、政府機関、燃料電池関連企業などの組織のコラボレーション組織であり、水素 FCV の商用化を共同で進めている。協力して取り組むことで、車両、ステーション、規制、そして人が互いに連携して、この技術を市場に出すことを支援している。

オーバービュー

燃料電池電動車両(Fuel cell electric vehicles:FCEV)は市場導入が期待されており、カリフォルニア州の目標である温室効果ガス削減、大気質改善し、輸送用燃料の多様化を通じて、住民の生活と健康の質を改善に貢献する。FCEV は、ユーザーが、期待する航続距離、充填時間、走行性能、快適さの点で妥協する必要がない電気駆動を提供し、またゼロ・エミッション性、低炭素・潜在的な再生可能燃料利用、という利点も提供する。

自動車メーカーは、電動車両ポートフォリオの一部として、2015年にカリフォルニア市場に FCEV を導入する準備を行っている。しかし、FCEV 導入の最大の障害は水素ステーションの未整備である。初期 FCEV 購入者には、どのような場所(家、職場、希望する目的地)でも充填が可能という信頼性を提供する必要がある。普及台数の増加に伴い、燃料需要に合わせてステーションネットワークも数・供給量ともに増強していかなければならない。



水素インフラに関わるステークホルダー(企業、研究者、NGO、政府組織)が集まり、ディスカッションを通じて、このカリフォルニアロードマップ¹が作成された。彼らのコラボレーションにより、水素充填ステーションの展開をガイドし、早期の商業市場を立上げ、数万台の FCEV を普及させるためのレポートが完成した。

本ロードマップは、カリフォルニア燃料電池パートナーシップ(California Fuel Cell Partnership:CaFCP)¹に参加しているメンバーから多くの情報・インプット・技術分析(自動車メーカーからの FCEV 普及台数予測、詳細なマーケティング情報を含む)を集めて作成された。このロードマップでは、戦略的に設置され、2016年初めまでに稼働すべき68箇所のステーションを特定している。多くのステーションは、初期需要が多いと思われる5つの地域クラスター(サンタモニカ/ウエストロサンゼルス、南オレンジ郡沿岸部、トーランスとその沿岸部、バークレー、サンフランシスコ湾岸)に設置されるもので、さらにこれらのクラスターを接続するための追加的なステーションも設置される。

¹ <http://www.caftp.org/roadmap>

訳注¹ CaFCP は、DaimlerChrysler(当時)、Ford、CARB のイニシアティブで1999年にスタートした官民パートナーシップである。発足当初のメンバーは、DaimlerChrysler、Ford、Ballard、ARCO(現BP)、Shell、ChevronTexaco(現Chevron)、CARB、CECである。

初期ステーションは、FCEV 販売量が増えたとしても、稼働率が低く、利益を生まないとと思われる。初期ステーションをサポートするために、本ロードマップのステークホルダ(CaFCP メンバー)は二つのモデルを検討した。68 箇所のステーション設置に関して、キャッシュフロー助成モデルでは運営・メンテナンス支援に必要なファンド総額は 6500 万ドルとなった。一般的な投資モデル(資本助成モデル)^{訳注²}では必要なファンド総額は 6700 万ドルとなった。両モデルとも、様々なサイズのステーション(既存、新設)と、2 万台の FCEV をサポートするための水素総供給量を勘案している。なお、カリフォルニア大気資源局(California Air Resource Board:CARB)のクリーン燃料アウトレット規制は、その次の水素ステーションインフラ展開をサポートするものである。

本文書は、カリフォルニアロードマップの概要を背景情報とともに示すものである。ロードマップ自体は CaFCP のホームページで入手可能であり、FCEV 市場を生み出すのに必要な水素ステーション展開の詳細が記載されている。これは、市場が有する最大ポテンシャルに到達するための継続的な計画の一部である。



^{訳注²} 本ロードマップの表現は「Capital Buy-Down Model(資本バイダウンモデル)」。これは、建設時に一時金を投入し、その後の返済利子負担を軽減する方式であるが、水素ステーションのような公的助成を必要とする事業においては、ほぼ資本助成と同じなので、翻訳では「資本助成」とした。なおここでの資本とは、建設費用のほかに、運用・メンテナンス費用も含まれる(新規建設するステーションではその両方が対象で、既存ステーションでは運用・メンテナンス費用のみが対象となる)。ちなみにもう一方のモデルである「キャッシュフロー助成モデル(Cash-Flow Support Model)」とは、建設費用は助成せず、日常の運営におけるキャッシュフローを直接補助する仕組みである。

「よりグリーンなカリフォルニア」へのビジョン

カリフォルニア州の車両の 96%が石油系燃料を使用しているが、ガソリン車やディーゼル車は州における汚染物質の約 50%、温室効果ガスの 38%の原因となっている。カリフォルニア州の低/ゼロエミッション車への強いコミットメントは、エネルギー・環境面での目標の達成（汚染物質削減、温室効果ガス排出量削減を含む）するためには先端自動車技術が必要であるという認識に基づく。

20 世紀半ば以来、カリフォルニア州は米国で最初の大気管理地域の設定など、大気質改善をリードしてきた。その後、クリーンエアのための試みは、21 世紀的な課題（大気質改善、エネルギー安全保障、気候変動）も包括するように進化してきた。1990 年代にカリフォルニア州は、ゼロ・エミッション・ビークル規制（現在は先端クリーンカー規制の一部）などのより高度な車両排出基準を設定するようになった。

2006 年に採択された California Global Warming Solutions Act (AB 32)^{訳注 2} は、同州の温室効果ガスを 2020 年までに 1990 年レベルまで低減することを目指している。シュワルツネッガー前知事も、ブラウン現知事も、2050 年までに温室効果ガスを 50%削減するという執行命令を出している。カリフォルニア大気資源局 (California Air Resources Board: CARB)^{訳注 3} は、2050 年の目標を達成するためには、2040 年には、販売される乗用車のすべてをゼロエミッション車にすることが必要としている。

石油依存も国家的課題である。米国で使用される石油の 71%が交通セクターで使用されている²。カリフォルニアエネルギー委員会 (California Energy Commission: CEC)^{訳注 4} はカリフォルニア州代替燃料プランによって、代替燃料（水素を含む）の導入を支援している。このプランでは、代替燃料は 2020 年までに 40 億ガソリン換算ガロンを代替し（電動車両が大きな役割を担う）、2050 年には州の交通システムのエネルギーの半分が代替燃料となる³。

自動車メーカーと燃料供給会社は、大気質改善、温室効果ガス削減、エネルギー安全保障向上の目標達成にはポートフォリオ的アプローチ（「すべての車両が重要」戦略）が必要と考えている。業界は、短期的には低炭素燃料と内燃機関の効率化に取り組んでいるが、CaFCP メンバーは、カリフォルニア州の交通セクターをクリーン化、ゼロエミッション化へと変革する上で FCEV が不可欠であると考えている。

² National Academies <http://needtoknow.nas.edu/energy/energy-use>

³ <http://www.energy.ca.gov/2007publications/CEC-600-2007-011/CEC-600-2007-011-CMF.PDF>

訳注² AB=Assembly Bill (州下院法)。ちなみに SB=Senate Bill (州上院法)もある。

AB 32 は下院法である。フルテキストは: <http://www.arb.ca.gov/cc/ab32/ab32.htm/>

訳注³ カリフォルニア州大気資源局 (CARB) は、カリフォルニア州環境保護庁 (California Environmental Protection Agency: Cal/EPA) 傘下の行政組織で、カリフォルニア州の大気質改善に関する規制を通じて公衆衛生・福祉・環境の改善を目的とする。 <http://www.arb.ca.gov/>

訳注⁴ カリフォルニアエネルギー委員会 (CEC) は、知事から指名された 5 人の専門家 (コミッショナ) と行政スタッフからなる知事直属の諮問委員会。エネルギー政策を策定する。 <http://www.energy.ca.gov/>

FCEV のベネフィット

2012年6月時点で、主要8社がFCEVをカリフォルニア市場に出しており、3つの交通会社がFCバスを導入している。多くのFCEV乗用車は一般のユーザーに利用されており、FCバスは営業運転用に利用されている。デモンストレーションや技術実証プログラムを通じて、FCEVとFCバスのメーカーは商業市場展開可能な車両を開発した。これらの車両は、米国エネルギー省の航続距離、耐久性、走行性能、充填時間の目標を満たしているか、またはそれを超えている⁴。



FCEVは、水素と酸素から電気をつくる電動車両である。FCEVの「チャージ」では、運転者が水素ディスペンサーから水素を車載タンクに充填するが、乗用車で5分以内、バスで10分程度である。

満タンでは、FCEVはガソリン自動車と同等の250~400マイル、FCバスはディーゼル・CNGバスと同等の約16時間の連続運転が可能である。FCEVは、電気駆動車両であるため、内燃機関自動車よりも2~3倍効率的である。

FCEVはゼロエミッション車両である。FCEVは内燃機関自動車やハイブリッドに比較して、Well-to-Wheelベースでの汚染物質や温室効果ガス排出量は大幅に減少する⁵。天然ガスから水素を製造した場合には、汚染物質や温室効果ガス排出量は半減する。カリフォルニアでは、水素の33%を再生可能エネルギー源(太陽光や風力利用水電解、廃棄物・バイオガスからの変換など)で製造することになっており、再生可能エネルギー源由来水素の場合、Well-to-Wheelでの温室効果ガス排出量はほぼゼロになる。

FCEVの利点は、その「妥協なし」という特徴によるところが大きい。FCEVは、電気自動車(EV)としての性能とゼロエミッション性を維持しつつ、航続距離、短時間での充填、既存ガソリン車並みのサイズなどの利便を提供している。燃料電池は、大型車両、例えばSUVから大型プラットフォーム(業務用バス)までスケールアップすることができる。

自動車メーカーは、FCEVをその他の先端自動車技術(プラグイン電気自動車(PEV))

⁴ Department of Energy

<http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/accomplishments.html>

⁵ Well to Wheels: A Guide to Understanding Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions

<http://www.caefcp.org/sites/files/20091026wells2wheels.pdf>

など)を補完するものと考えているが、FCEV は家族のメインカーとして、ガソリン車を代替することができる可能性が最も高い(図 1)。しかし PEV と違い、FCEV は家の外の水素充填に頼らなければならない。よって、初期の FCEV ユーザーには、ガソリン車の代わりに FCEV を購入しようと検討させるために、水素ステーションを「見せ」なければならない。

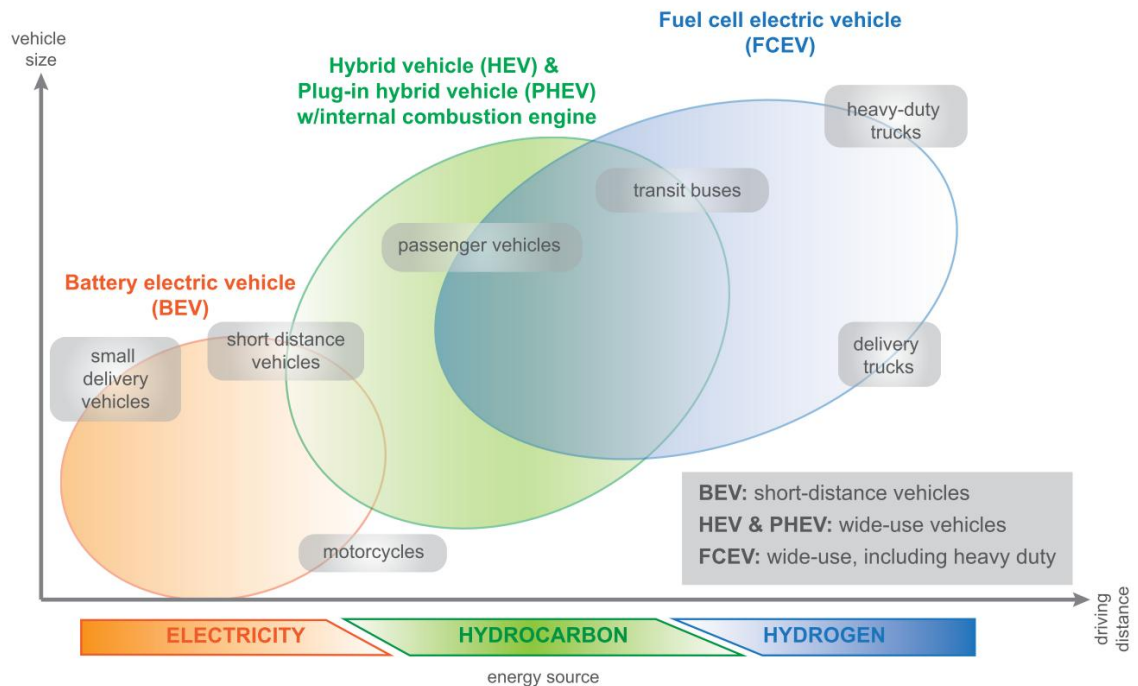


図 1 は、さまざまな電動車両における航続距離、車両サイズ、エネルギー源を示している。FCEV は最大の航続距離と最大の車両サイズ(乗用車から公共バスまで、さらに大型トラックも)を提供でき、図の右上を占めている。この図は、「カリフォルニアロードマップ(技術バージョン)」に採用されているトヨタ自動車の図を修正したものである。

図 1. 車両マーケットのビジョン

カリフォルニアの水素ステーション

2012 年半ばまでに、カリフォルニアには 8 箇所の公共ステーションが設置される。そのうちのいくつかは技術実証用で、徐々に増えていくユーザー用のサービスステーションではないため、数年内に閉鎖される予定である。追加的に、14 箇所のステーション(新規またはアップグレード)が数年以内に設置される(うちいくつかは数ヶ月以内にオープンし、他はまだ建設が始まっていない)。

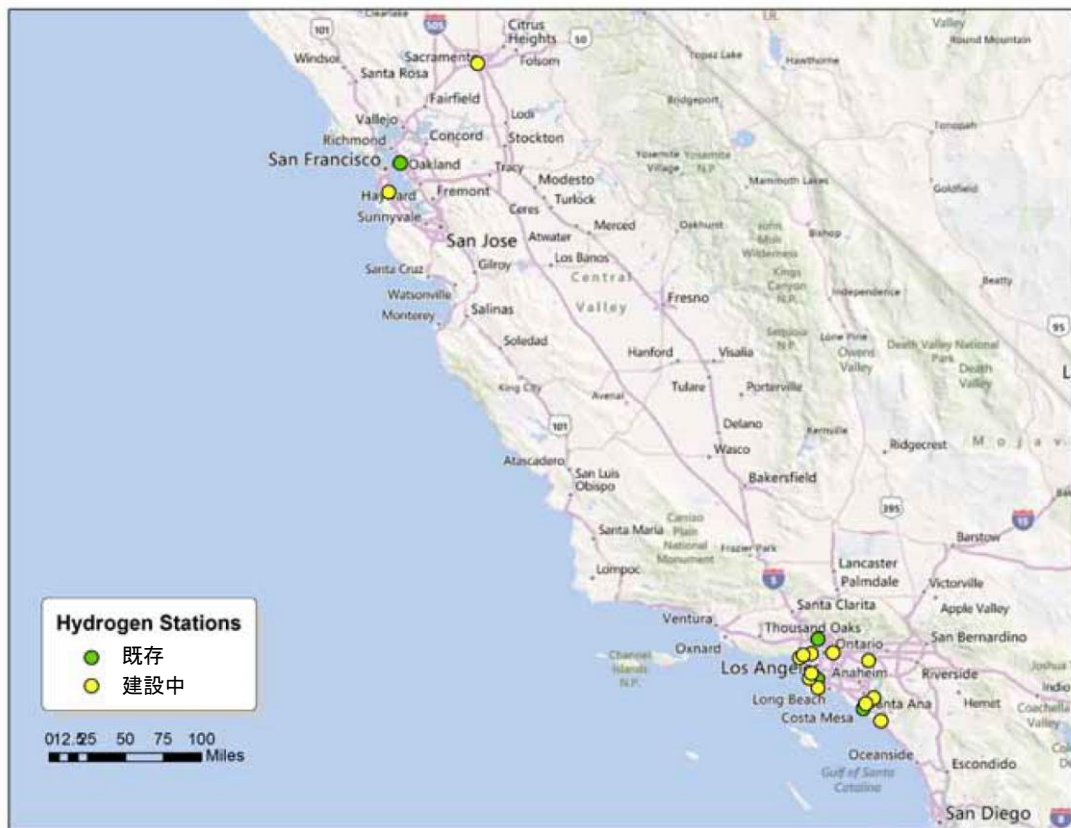


図 2. 既存あるいは建設中の水素ステーション

現状で、ほとんどの水素ステーションはCECとその代替エネルギー・再生可能エネルギー燃料車両技術プログラム(AB 118)によってファンドされている。このプログラムは車両登録費を原資としており、代替燃料・低炭素燃料の充填インフラ(バイオ燃料、天然ガス、プロパン、電気、水素)の整備のために毎年 1 億ドルを拠出している。このプログラムの初年度には、水素ステーション 11 箇所が整備された(AB 118 プログラム開始前には、CARB がファンドを水素ステーションに提供しており、これによって建設中のステーションが 5 箇所、すでにオープンしているステーションが 3 箇所ある)。

企業は、ステーション開発・建設を共同負担し、運用とメンテナンスコストを負担している。2012年7月にCECは、次の公募(Program Opportunity Notice: PON)(水素ステーションのインセンティブファンドとして2970万ドルを予定)を行うためのワークショップを開催した。



CECはまた、カリフォルニア食糧・農業省計量標準局(California Department of Food and Agriculture Division of Measurement Standards)にファンドを提供し、カリフォルニア州内で水素を販売するために必要な作業(水素品質、ディスペンサーの認証など)を支援している。

現在カリフォルニア州において予定されているファンドどおりに水素ステーションが建設されるならば、2015年までに37箇所の水素ステーションが建設される。これは、初期商業展開において必要とされる水素ステーションのほぼ半分の数である。



2015 年へのカウントダウン

複数の自動車メーカーは、2015 年を目処にカリフォルニアの商業市場に FCEV を導入することを予定している。図 3 は、CaFCP が CARB、CEC とともに実施した最新のアンケート結果である。自動車メーカーは、過去 3 年間継続して、この秘密アンケートに回答している。CaFCP は、自動車メーカー自身や政府機関以外の参加者には、個別データが分からないような方法で、アンケートデータを統合している。

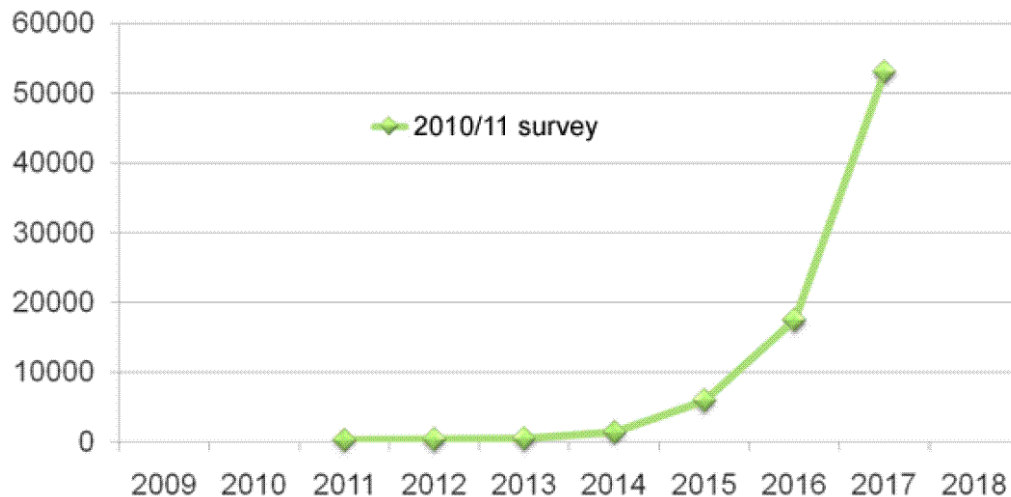


図 3. 2011～2017 年において期待される FCEV 数

FCEV の立上げと水素燃料インフラ整備は重要であり、かなりの計画と調整が必要となる。自動車メーカーは通常、車両導入の 3～5 年前に、エンジニアリング開発、車両テスト、部品メーカー開発、製造準備、マーケティング計画を始めなければならない。これらの設備投資(数十億ドル相当)を実行するには、インフラ整備によってユーザーが水素燃料にアクセスができるという確信を自動車メーカーに提供する必要がある。

ブラウン知事は、ゼロエミッション車の大幅な増加の必要性を認識、3 つの具体的なマイルストーンを設定し、州の組織がゼロエミッション車の早急な商業化をサポート・支援するように執行命令⁶を出した。

2015 年： コミュニティが、プラグイン・水素車両とインフラ導入を準備すること

2020 年： 州が、100 万台のゼロエミッション車をサポートできる適切なインフラを整備すること

2025 年： 150 万台のゼロエミッション車に市場にあり、継続して拡大していること

ブラウン知事の執行命令により、CARB、CEC、カリフォルニア公益事業委員会 (Public Utilities Commission: CPUC)^{訳注 5}、その他の州の行政府は、知事が示したマイルストーンを達成するため、プラグイン EV 協力機構 (Plug-in Electric Vehicle Collaborative)^{訳注 6} や CaFCP と協力している。ブラウン知事の執行命令 (2012 年 3 月) により、CaFCP もコミュニティ創出とインフラ整備プランの作成を始めている。

⁶ Executive Order B-16-2012, Governor Jerry Brown, State of California, 2012

^{訳注 5} カリフォルニア公益事業委員会 (CPUC) は、CEC 同様に知事から指名された 5 人の専門家 (コミッショナ) と行政スタッフからなる知事直属の諮問委員会。州の公共・公益事業 (電気、ガス、水素、道路、通信など) の規制を行う。 <http://www.cpuc.ca.gov/>

^{訳注 6} プラグイン EV 協力機構 (Plug-in Electric Vehicle Collaborative) は CaFCP と同様に、プラグイン EV (プラグインハイブリッド) の普及促進を目指す官民パートナーシップである。 <http://www.pevcollaborative.org/>

水素充填ネットワークの計画

ユーザーは、FCEV の購入・リースを検討する前に、家・職場・その他の重要拠点の付近で充填できるという信頼を得る必要がある。

調査、データ、モデリングなどの協力を通じて、CaFCP のメンバーは、2015 年までに州全体で 68 箇所の水素ステーションの構築が、1~3 万台の FCEV の早期商業市場の立ち上げを実現すると確信した。

FCEV が大規模に販売・リースされる前に、ユーザーには家・職場・その他の重要拠点の付近や、カリフォルニア全体の目的地で充填できるという信頼を与える必要がある。同時に水素ステーションは、増加する車両に水素を供給するため、一日を通じて、またピーク時間帯でも、十分な供給能力を有している必要がある。ユーザーに対して十



分なロケーションに水素ステーションを設置することが、必要以上の十分な水素量を提供し、場所と最小限のカバー率は初期商業市場立ち上げのためのユーザー受容性の鍵となる。

プレ商業フェイズ(2012~2014年)から早期商業フェイズ(2015~2017年)への移行は、ユーザーニーズ(できるだけ多くのステーションカバー率)と、ステーション事業者の要求(稼働率向上)をバランスさせる必要がある。自動車メーカーは、初期の FCEV 展開を、特定の地域に集中し、その地域のステーション利用率を増加させて燃料ネットワーク化させることに焦点すべきである。

クラスターステーション、コネクターステーション、目的地ステーション

初期ステーションの展開は、キーとなる市場の地域クラスターに特化し、追加的なステーションをクラスター間のコネクションとして設置して、地域ネットワークを目指す。

2009年2月、CaFCPはアクションプランを発表し、水素ステーションと車両を地域クラスター化して初期展開することで、ユーザーの信頼、リソースの最適化、拡大のための基礎を築くこととした。プランの後、最初の公共ステーションが、サンタモニカ/ウエストロサンゼルス、トーランス、アーバイン、ニューポートビーチ、サンフランシスコ湾岸地域に官民の負担により設置された。これらのステーション(表1)は、「プレ商用化クラスター」を形成し、リソースの最適化、将来のネットワーク拡大のための基礎を提供している。

2012年7月の時点で、カリフォルニア州では19の水素ステーションが運用中あるいは計画中(新規設置あるいは既存ステーションの拡張)である。これらのステーションのうち2箇所は技術実証用であり、一日数台以上のFCEVに水素供給するには設計されておらず、2015年までに閉鎖される予定である。

表 1. 運用中あるいは計画中の水素ステーション

ステーション	現状	ステーション	現状
Beverly Hills	Planned – 2013	Laguna Niguel	Planned – 2013
Burbank	Operational	Los Angeles	Planned – 2012
Diamond Bar	Upgrade (2013)	Newport Beach	Operational
Emeryville	Operational	San Francisco	Planned – 2012
Fountain Valley	Operational	Santa Monica	Planned – 2013
Harbor City	Planned – 2012	Torrance	Operational
Hawthorne	Planned – 2013	West Los Angeles #2	Planned – 2013
Hermosa Beach	Planned – 2013	West Los Angeles #1	Operational
Irvine #2	Planned – 2013	West Sacramento	Planned – 2013
Irvine #1	Upgrade (2012)		

1 年以上にわたる個別・合同会議を通じて、自動車メーカーは、競争力のある情報を漏らさないような方法で彼らの最初の顧客がいるような地域を特定した。FCEV ユーザーの最も有望なロケーションを決定するために、参加者は以下を検討した。

- 人口統計学的情報(世帯収入、車両密度、人口、土地利用)
- 個別の自動車メーカーの市場分析(FCEV 購入希望者データを含む)
- CEC と CARB によるバッテリーEV・プラグインハイブリッド EV アンケート結果(2011-12 年投資プランに記載)
- ハイブリッド車、PEV、バッテリーEV、天然ガス自動車の登録数(例:トヨタ Prius、ホンダ Civic NGV、Chevrolet Volt、日産 Leaf)
- CARB のクリーン車両リポートプログラムの地域データ

ステーションは、ステークホルダーが「クラスター」⁷、「コネクター」、「目的地」と定義した地域エリアに分けられる。これらの定義は、水素ステーションが現在設置されている、あるいは新設される初期市場コミュニティの広範な地理的特性を説明するものである。これらの地域の一部には、複数のステーションが設置される場合もある(既存のもの、計画中のもの、設置が望ましいもの)。目標は、アーリーアダプターが FCEV の購入を検討する場合にインフラが適切に整備されていると信じるのに十分なステーション数と地理的カバー率を確保することである。

定義

- **クラスター**: 初期に潜在的 FCEV ユーザーが高い割合で存在する小規模なエリア。
- **コネクター**: クラスター間を結び、新規の FCEV コミュニティとなりうる市やコミュニティ。
- **目的地**: 主要な目的地であり、新規の FCEV コミュニティとなりうる市やコミュニティ。
- **マーケット**: 複数のクラスターを含む地域。
例: ロサンゼルス郡、サンフランシスコ湾岸地域

⁷ UC Davis' paper, "Analysis of a 'Cluster' Strategy for Introducing Hydrogen Vehicles in Southern California," defined clustering as coordinated introduction of hydrogen vehicles and refueling infrastructure in a few focused geographic areas such as smaller cities (e.g. Santa Monica, Irvine) within a larger region (e.g. Los Angeles Basin).

クラスターステーション

多くのデータが、以前に CaFCP が特定し、すでに運用中あるいは建設中の水素ステーションがある地域を、改めて「クラスター」とすべきであることを示している。またデータは、いくつかのクラスターは地理的な拡大の必要があり、また北カリフォルニアに新規クラスターを追加すべきことも示唆した。会合の参加者は、以下のようなクラスターのコミュニティを特定した。

- サンタモニカ/ウエストロサンゼルス(ビバリーヒルズ、ウェストハリウッドを含む)
- トーランスおよび沿岸部都市
- アーバインとオレンジ郡南部沿岸
- バークレー
- サンフランシスコ南湾岸地域

クラスター内におけるステーションの数とロケーションは、CaFCP メンバーである燃料電池研究センター(National Fuel Cell Research Center)^{訳注⁷}が有する Spatially & Temporally Resolved Energy & Environment Tool(STREET)モデルにて分析した。STREET ではステーションの最適ロケーションを決定するために、自動車メーカーの市場データ、移動時間、移動ルート、既存ガソリンスタンド、車両所有密度などの変数を扱う。STREET は、ユーザーの水素ステーション利用形態や水素ステーションへの水素供給方法(供給ルートと時間を考慮)も分析できる。

STREET は、初期の FCEV ユーザーとして期待されるコミュニティのターゲットを想定し、移動時間も考慮して、コミュニティ内の既存ガソリンスタンドを評価した。これにより STREET は、FCEV ユーザーが 6 分以内で到達できるのに必要な水素ステーションの数と位置を決定した。最大 6 分という時間は、最適化研究、ドライバー行動調査、水素ネットワークカバー率とネットワークコストのバランスの上で算出されている。

最適結果は、ステーション数は 45(クラスターは 5 つ)であった(図 4、図 5)。この数字は、クラスター内の既存ガソリンスタンドの 5~7%で水素を供給することに相当する。なおこの 5 つのクラスター内の既存ガソリンインフラは、4 分以内でアクセスすることができるが、アーリーアダプターとなるユーザーのニーズを満たすには過剰である。

初期の FCEV ユーザーはガソリンスタンドのような利便性の高い水素ステーションを期待しており、営業時間、顧客へのサービス提供能力、使いやすさの点で妥協はしない。ユーザーは、ガソリンスタンドや天然ガスステーションと同じ感覚で水素を充填し、代金を支払うようになることを期待している。

水素ステーションは、安全かつ全ての自動車メーカーの車にオープンであるべきで、

^{訳注⁷} 燃料電池研究センター(National Fuel Cell Research Center)はカリフォルニア大学アーバイン校の組織。

消費者志向で、今日の既存燃料スタンドに類似した顧客サービスを提供する必要がある。つまり、24 時間・毎日営業しており、利用前に「利用契約」への署名やトレーニング教室が不要であり、従来の支払方法が可能であること、が必要ある。

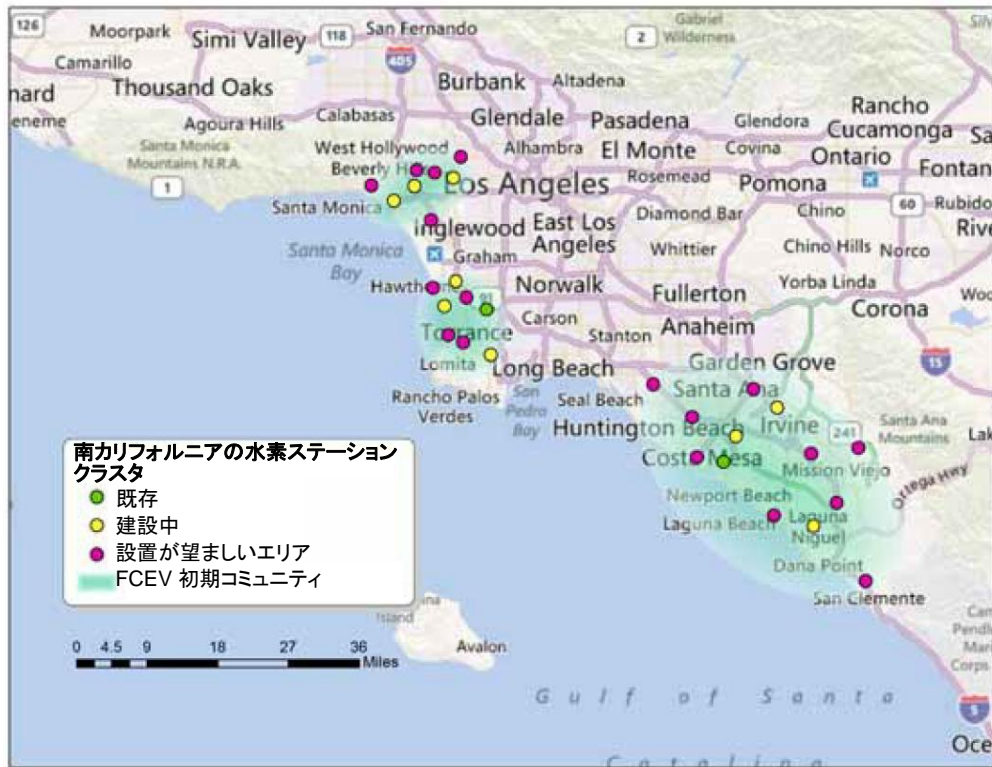


図 4. 南カリフォルニアのクラスターステーション



図 5. 北カリフォルニアのクラスターステーション

コネクターステーション、目的地ステーション

コネクターステーションと目的地ステーションは、初期の商用水素ネットワークの重要な要素である。研究では、市民の一日の走行距離は通常 40 マイル以下であり⁸、FCEV は 250~400 マイル走行できるだけの燃料をタンクに貯蔵している。初期ユーザーは、ガソリン車の代替として FCEV 導入を考える前に、日常の通勤範囲を超えた移動(本ロードマップでは、クラスター外への移動)ができるか知りたいはずである。

長距離移動のための燃料インフラを提供することは、ユーザーの期待に応えるために必要である。広範な燃料ネットワークにより、FCEV はガソリン車と同等の利便性を提供する。これらのステーションは、州全域での車の最大限の活用を可能にし、多くの潜在的ユーザーに FCEV の自由度と信頼性をアピールするのに役立つことになる。同時にこれらのステーションは、次のクラスターの種となる。

ステークホルダは前述のデータから、以下の市を「次の市場」と特定した。これらの地域に 23 箇所のステーションを設置し、水素ネットワークをサポートする。

- アナハイム
- セントラルバレー
- ダイヤモンドバー
- ヘイワード
- レイクタホ
- ロングビーチ
- ナパ
- パームスプリングス
- パサデナ
- プレザントン
- リバーサイド
- サクラメント
- サンディエゴ
- サンフェルナンドバレー
- サンフランシスコ
- サンタバーバラ
- ソノマ



⁸ DOT National Household Travel Survey
http://www.bts.gov/publications/highlights_of_the_2001_national_household_travel_survey/html/executive_summary.html

ネットワーク化

クラスターコミュニティ内の 45 箇所のステーションと、次の市場を形成する、あるいは遠距離トラベルを可能にさせる追加的な 23 箇所のステーションによって、カリフォルニア州に 68 箇所のステーションの小規模ネットワークを構築し、ユーザーに移動の自由を提供することができる(図 6)。

初期 FCEV ユーザーに水素充填の機会を提供できれば、水素需要は FCEV の普及とほぼ平行に増加する。遅い普及では、追加ステーション数はより少なく(あるいはゼロに)なる。速い普及では、水素ステーションの迅速かつ広範な展開が促進される可能性がある。現在の予測が実現するならば、68 箇所のステーションは数千台の FCEV をサポートすることになる(2016 年においては 1~2 万台が市場にあると推定)。表 2 は毎年追加させる水素ステーションのシナリオの一つである。

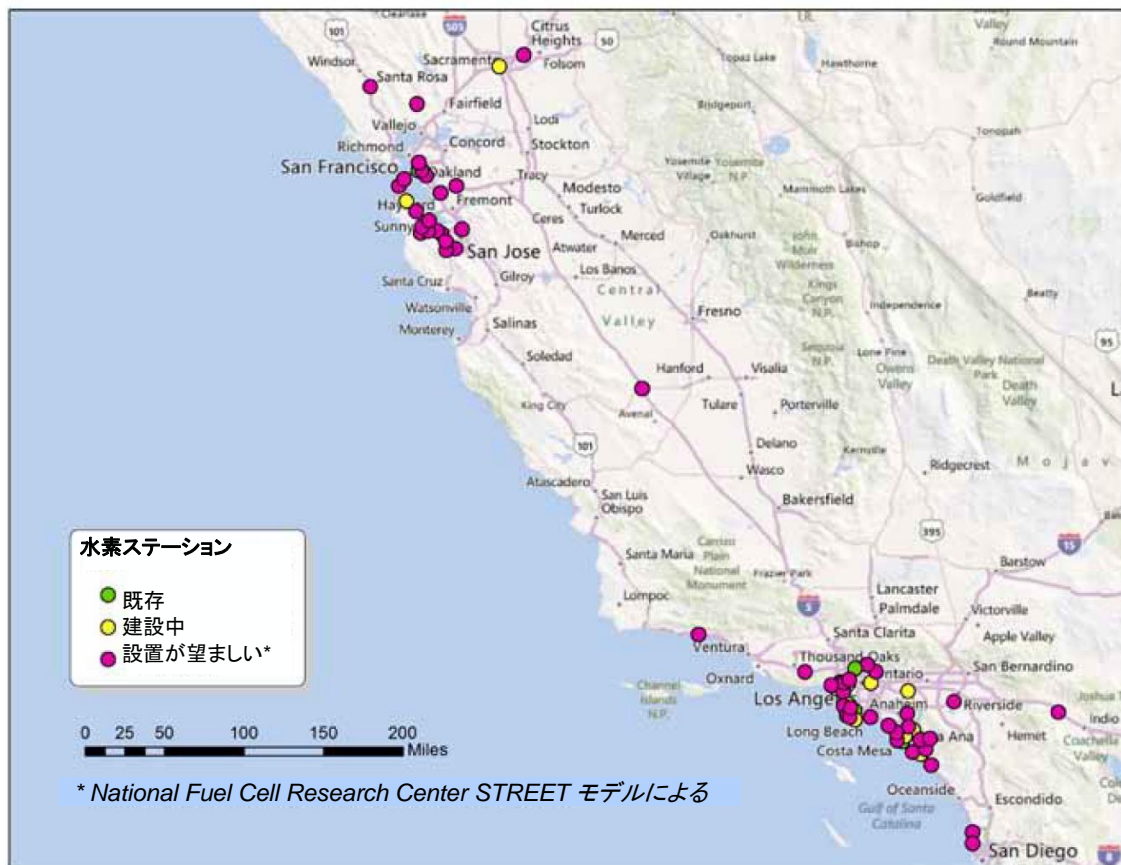


図 6. 68 箇所の水素ステーション
(既存のもの、建設中のもの、設置が望ましいもの)

表 2. FCEV 市場拡大・展開に基づく水素ステーションの展開プラン

年	年初頭(ステーション数累計) ⁹	追加ステーション数 ¹⁰	州内の FCEV 数 ¹¹
2012	4	4	312
2013	8	9	430
2014	17	20	1389
2015	37	31	5,000-15,000
2016	68	市場ニーズによる	10,000-30,000
2017	>84	市場ニーズによる	53,000
2018	>100	市場ニーズによる	>53,000

注:自動車メーカーへのアンケートでは、「2015～2017 年」の台数をまとめて質問している。この表は、CEC 主催のワークショップにおける質問に基づき、台数の幅を推測で示している。この表は 2014～2017 年における水素ステーション必要数と平均的なステーション容量の情報を提供している。

自動車メーカーは、2015 年頃の FCEV 実用化を計画している。本ロードマップでは FCEV 販売台数を予測しているものの、実際の販売台数は、多くの市場ベースの要因(特にユーザーの嗜好)によることに留意すべきである。もしユーザーが、FCEV 技術が十分に成熟して彼らのニーズを満足し、さらに水素ステーションのネットワークが十分で、ステーションのパフォーマンスが期待を満たしていると信じられる場合には、FCEV 販売が加速されることになる。2015～2017 年において稼働するステーションの数は、FCEV 販売台数において非常に重要(クリティカル)である。



⁹ 数字は、実現が可能と思われるステーション数のみを示す。

¹⁰ 68 箇所というステーション数は、本分析における「固定の目標」として示されている(2011 年の FCV アンケートによる)。追加されるステーション数(イタリック体)は、2015 年末に必要なステーションカバー率と 2017 年末に必要な供給量を満足させるための、一つの可能性シナリオを示している。

¹¹ 自動車メーカーへのアンケートの合計(2015～2016 年の台数は質問されていないので、あくまでもイメージを示すものである)。Energy Commission, Commission Report. September 2011. <http://www.energy.ca.gov/2011publications/CEC-600-2011-006/CEC-600-2011-006-CMF.pdf>

ネットワークの拡大

2017年までに53,000台のFCEVが普及するとした場合、車両台数に対する十分な供給量をネットワークが確保するためには、最大100箇所のステーションが必要である。この予測されるFCEV普及台数を支えるために、ステーションの追加や既存ステーションの能力拡大が必要である。

2012年1月にCARBが採択したクリーン燃料アウトレット(Clean Fuels Outlet:CFO)規制¹²は、自動車メーカーが予測するFCEV普及台数が、特定の大気管理局(air basin)で1万台、あるいはカリフォルニア州全域で2万台に達した場合に発動される。いったんその普及台数が確認されれば、ガソリンの主要製造者や輸入者は、FCEV需要に見合うだ



けの十分な水素供給量(ステーションにおける供給可能量で定義)を確保することが要求される。もし需要と供給が厳密に一致するならば、2017年末までに約100箇所のステーションが必要である。この場合の100箇所のステーションとは、初期の68箇所のステーション(カバー率に応じた設置)と、追加的ステーション(CFOが要求する、需要ベースに応じた設置)の組合せとなる。

FCEVを市場に普及させるための投資とそれを適切に支えるインフラ投資を考えると、そのリスクをステークホルダがリスク管理できるレベルまでに最小化する必要がある。FCEV展開とインフラ整備はダイナミックなプロセスであり、柔軟性が必要である(ステーションのロケーションなど)。企業が新規の情報を採用し、市場ダイナミクスを変化させることを保証しつつ、このロードマップを実行していくことは、カリフォルニア州がロバストなアーリーアダプター市場(FCEV購入に備えた市場)を創出していくことを保証する。これには各段階で、すべてのステークホルダからのリーダーシップとコミットメントが必要になる。

¹² <http://www.arb.ca.gov/fuels/altfuels/cf-outlets/cf-outlets.htm>

水素ステーション:ギャップを埋めるために

ステークホルダによると、37 箇所のステーションは 2015 年までにファンドされ、運用される予定であり、その結果、31 箇所のステーションがギャップとして残る。カリフォルニアが FCEV の初期商用市場への準備を整えていくという信頼を形成・育成・維持するためには、このギャップを埋めることが不可欠である。

AB 118 を通じた CEC からのファンドは、水素ステーション装置メーカーとのコストシェアを通じて、主に装置コストの低減に注力してきた。このプログラムは、ステーションのコスト低減に寄与したが、ステーション所有者が負担する運用・保守費用には対応していない。また装置メーカーではないステーション開発業者が要求する潜在的な民間資金も支援できない。

ガソリンスタンドに比べて、水素ステーションは、リテールサイド(アップフロント)の資本コストが高く、運用・メンテナンス費用も高い。これらの費用は、最終的には水素販売における潜在的に高い利益(ガソリンの利益と比較して)によって相殺されよう。しかし初期水素ステーションでは、FCEV 普及台数が少ないため、かなりの間、燃料販売収益がコストを相殺することはできない。初期商用ステーションでビジネスを成り立たせるためには、インセンティブ資金が必要であると広く認識されている。

必要なインセンティブ資金の把握のため、CaFCP メンバーは Energy Independence Now(EIN)をともに分析を行なった。EIN は「水素インフラ投資のインセンティブ構築(Incentivizing Hydrogen Infrastructure Investment)」を作成した。EIN の分析では、稼働率向上シナリオにおける、異なったサイズのステーションの年毎のコスト内訳(資本コスト、運用コスト)も含んでいる。さらに分析では、2 つのインセンティブのアプローチ(資本コスト助成とキャッシュフロー助成)の仮定の元で、68 箇所のステーションのコストを評価した。



資本コスト助成アプローチは、現在のファンドメカニズムである。68箇所ステーションを設置するために必要な政府と民間の資金を求めるために、分析では、すべての総資本コストと運用・メンテナンスコスト(O&Mコスト)を合計した(新規設置するステーションの資本コストと、全ステーションのO&Mコスト。ただしO&Mコストについては、水素販売利益合計がO&Mコストを超える時点までを考慮)。



キャッシュフロー助成アプローチは、幅広い水素ステーション投資家にとって魅力的なインセンティブとなる。投資家は、水素ステーション開発者に全額を投資するが、ステーション稼働後にはインセンティブによる支払いを受けることになる。これらの支



払いは、キャッシュフローの不足(例、運用費用、資金の返済)をカバーし、キャッシュフローが正に転換し、販売利益の合計がこれらの費用をカバーできるようになるまで継続される。多くのステーションでは、キャッシュフロー助成は3~5年間(FCEVがより多く市場に投入されるようになるまで)

必要である。その他のステーション(稼働率が低いコネクターステーションや目的地ステーション)では、投資が回収されるまで助成が必要で、それは10年以内であると想定される。このモデルの目的は、エネルギー産業投資家をひきつけるためであり、通常それらの投資家(ガソリンスタンド投資)は、できるだけ早くキャッシュフローを黒字化するという投資モデルに慣れている。

水素ステーションネットワークのコスト

EIN の「水素インフラ投資のインセンティブ構築」¹³モデルでは、様々な資本コスト、稼働率、販売利益を仮定している。表 3 に示すように、ベースラインシナリオでは、様々なサイズの既存・新規ステーションのミックスに対して、2015 年末までに期待される FCEV 普及台数をサポートするのに必要な総供給量を想定している(表 3)。

モデルでは、保守的な条件で、複数の FCEV 普及カーブ(中位と低位)、稼働率 70%と販売利益 3 ドル/kg を仮定し、68 箇所の水素ステーションネットワーク構築に要する全コストを計算した。68 箇所のステーション建設に必要なファンド総額は、資本コスト助成アプローチでは約 6700 万ドル、キャッシュフロー助成アプローチでは 6500 万ドルであった。図 7 にその比較を示す。

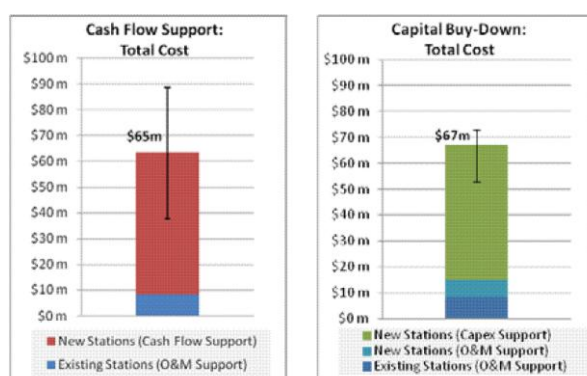


図 7. キャッシュフロー助成アプローチと資本コスト助成アプローチの比較

ベースラインの仮定では、資本コスト助成アプローチとキャッシュフロー助成アプローチは同じレベルの資金となる。市場がより積極的に展開すれば、キャッシュフローアプローチのほうがより魅力的(より低コスト)になり、市場が低調となれば資本コスト助成アプローチのほうが良くなる。68 箇所のステーションネットワークの構築では、二つのアプローチをうまく組み合わせる必要がある。

表 3. 水素ステーションのベースコストの仮定

ステーション設置時期と容量	資本コスト	年間の運用費用	
2014 年に建設されるステーション		稼働率ゼロの場合	フル稼働の場合
100-170 kg/day	\$0.9M	\$75k	\$100k
250 kg/day	\$1.4M	\$80k	\$117k
2015~2017 年に建設されるステーション			
250 kg/day	\$0.9M	\$75k ^[14]	\$112k
400-500 kg/day	\$1.5M-\$2.0M	\$81k	\$167k

¹³ http://www.einow.org/images/stories/factsheets/ein_california_h2_infrastructure_cost.pdf

¹⁴ 固定資産税(Property tax~資本コストの1%)のために、稼働が無い状態でも250kgステーションと400-500kgステーションでは運用費用に差が生じる。

結論

FCEVの実用化は2015年頃に開始する予定である。もしユーザーが、FCEV技術が十分に成熟して彼らのニーズを満足し、さらに水素ステーションのネットワークが十分で、ステーションのパフォーマンスが期待を満たしていると信じられる場合には、FCEV販売が加速されることになる。そのため、2016年初頭までに稼働するステーションの数は、市場の信頼を構築し、FCEV販売を伸ばすために非常に重要(クリティカル)である。

効率的な水素充填インフラの展開は、主にカバー率と需要量という2つの要因に依存する。初期FCEV市場では、潜在的FCEV購入者が便利に充填ステーションを使える状況になってはじめてFCEV販売が成功するため、水素ステーションカバー率が非常に



重要となる。この分析では、68箇所のステーションを重要拠点に設置できれば、ガソリンスタンドと同様の利便性をFCEV所有者に提供できるのに十分なカバー率となる。この初期ネットワークを完成させるために必要な追加ファンドは約6500万ドルである。



これらの課題を解決するために、ステークホルダはこのロードマップには記載されていない論点も検討する必要がある。例えば、FCバスは公共交通として重要な役割を果たすと期待されており、大都市圏でインフラを共有することができる(FCEVとFCバスの併用を可能にする機器を追加して)。フ

ォークリフトなどのアプリケーションも市場を形成し、水素ステーション機器開発に寄与する。また本ロードマップの実行は、カリフォルニア州のハイテク雇用・グリーン雇用を増やし、大気質向上に直接的な利益をもたらす。ステークホルダは、これらの課題について継続的に評価していくことが、FCEVと水素ステーションを市場に導入するという課題への解決策を生み出すために不可欠であると考えている。

最後に、また最も重要なこととして、ステークホルダは追加的に必要な6500万ドル

のファンドを確保し、ステーション開発者にどのようなインセンティブを提供するかという課題に答える必要がある。本ロードマップは、FCEV 市場向け初期充填ネットワーク構築のための基礎を提供し、ステークホルダにこのロードマップを実現する上での実質的な対話のために必要なデータやアイデアを提供するものである。

FCEV や水素インフラ市場を立ち上げるためには、それに専念する広範なステークホルダの継続的なコラボレーションなしには実現しない。



ロードマップのダウンロード:

www.caafcp.org/roadmap

リソース

- Governor's Executive Order B-16-2012 regarding zero-emission vehicles, Governor Jerry Brown, State of California, 2012
<http://gov.ca.gov/news.php?id=17472>
- February 2009 Action Plan, California Fuel Cell Partnership, February 2009.
<http://www.cafcp.org/sites/files/Action%20Plan%20FINAL.pdf>
- 2012-2013 Investment Plan Update for the Alternative and Renewable Fuel and Vehicle Technology Program, California Energy Commission, 2012
www.energy.ca.gov/2012publications/CEC-600-2012-001/CEC-600-2012-001-SD-REV.pdf
- Clean Fuels Outlet Regulation, Air Resources Board.
www.arb.ca.gov/fuels/altfuels/cf-outlets/cf-outlets.htm and
www.arb.ca.gov/regact/2012/cfo2012/cfo2012.htm
- Incentivizing Hydrogen Infrastructure Investment, Energy Independence Now, 2012.
http://www.einow.org/images/stories/factsheets/ein_california_h2_infrastructure_cost.pdf
- Progress and 2011 Actions for Bringing Fuel Cell Vehicles to Market in California, California Fuel Cell Partnership, 2011.
http://cafcp.org/sites/files/CaFCPPProgressand2011Actions_0.pdf
- California's Advanced Clean Cars Program, Air Resources Board
http://www.arb.ca.gov/msprog/consumer_info/advanced_clean_cars/consumer_acc.htm
- How We Use Energy, The National Academies
<http://needtoknow.nas.edu/energy/energy-use/>
- Petroleum & Other Liquids, U.S. Energy Information Administration
<http://www.eia.gov/petroleum/>
- Fuel Cell Technologies Program, U.S. Department of Energy
<http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/accomplishments.html>
- Selling Hydrogen Fuel in a Pre-Commercial Environment within California. California Department of Food and Agriculture, Division of Measurement Standards, 2011. www.cdfa.ca.gov/dms/
- Ryuichi Kitamura and Daniel Sperling, "Refueling Behavior of Automobile Drivers," Transportation Research Part A: General, vol. 21, no. 3, pp 235-245, 1987

- Systematic planning to optimize investments in hydrogen infrastructure deployment, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 35, Issue 10, May 2010, Pages 4652-4667, Shane D. Stephens-Romero, Tim M. Brown, Jee E. Kang, Wilfred W. Recker, G. Scott Samuelsen
- Ogden, Joan M. and Michael A. Nicholas (2011) Analysis of a “Cluster” Strategy for Introducing Hydrogen Vehicles in Southern California. Energy Policy 39 (4), 1923 – 1938.
http://pubs.its.ucdavis.edu/publication_detail.php?id=1534

カリフォルニア燃料電池パートナーシップ (CaFCP) は、自動車メーカー、エネルギー供給会社、政府機関、燃料電池関連企業などの組織のコラボレーション組織であり、水素 FCV の商用化を共同で進めている。協力して取り組むことで、車両、ステーション、規制、そして人が互いに連携して、この技術を市場に出すことを支援している。

メンバーリストは www.cafcp.org

3300 Industrial Blvd. Suite 1000, West Sacramento, CA 95691
916.371.2870 tel | 916.375.2008 fax | info@cafcp.org

