

[illegible]

# 次世代エネルギー 水素関連ビジネスの成長戦略

KPMG コンサルティング株式会社

パートナー 赤峰 陽太郎

世界初の民生用燃料電池自動車（FCV）が2014年12月に発売されるなど、2020年の東京オリンピックに向けた「水素社会」の発展が期待されますが、普及初期段階では水素インフラ事業等の採算性が課題となっています。米国では安価なガスを改質する水素製造法が主流となり、フォークリフト分野では燃料電池車が普及しています。技術面において発展の余地があり、高い技術を持つ日本企業の事業機会も考えられます。欧州では自然エネルギー由来の電気分解型水素社会が構築されており、「資源小国日本」が長期的に標榜する社会として注目されています。採算が取れるまでに時間がかかる水素ビジネスは、行政と協調した成長戦略が鍵となります。東京オリンピックまでに強力な普及促進施策を講じ、技術を成熟させ、これを基に欧米市場で果実を得るべく官民で長期的事業戦略を練ることが、「日本が世界をリードできる分野」である水素ビジネスの発展方策と考えられます。

なお、本文中における意見に関する部分は、筆者の私見であることをあらかじめお断りいたします。



あかみね ようたろう  
**赤峰 陽太郎**  
KPMG コンサルティング株式会社  
パートナー

## 【ポイント】

- 燃料電池車等、東京オリンピックに向け、日本は水素社会構築に力を入れるが、事業の採算性が課題である。
- 欧米ではその国の特性にあった水素社会がそれぞれ立ち上がっており、日本の技術の進出余地も見られる。
- 東京オリンピックまでの国の促進施策で技術を成熟させ、果実は世界市場で得る長期事業戦略の視点が鍵となる。

## I 我が国の現状と課題

2014年12月15日に本格民生用車としては世界初となるトヨタの燃料電池自動車（FCV）「ミライ」が発売され、我が国が世界をリードする形で「水素社会」を目指す取組みが始動しました。官民一体となって構成される研究会を中心に、2020年のオリンピックを、日本の「水素社会」を世界にアピールする機会とすべく活動しており、今後5年間は水素ステーションの整備を始めとした様々な促進施策が打たれ、かつてない勢いで活況を呈することになると考えられます。

現時点においても家庭用燃料電池（エネファーム）は既に7万台以上普及しており、「最も燃料電池が普及している国」で

あり、FCVとともに「民生品」における日本の技術力は競争が激しい中でも世界をリードしています。

一方、これら製品の普及の鍵を握るインフラ側は少し寂しい状況です。構成要素である水素の製造（ガス改質）、精製、圧縮機器等は、海外にも良い製品があること、また、たとえオリンピック特需にて整備されたとしてもしばらくは採算ラインから外れた事業運営が待ち構えているため、多くの企業からは「CSR的な観点も含めお付き合いをするのが精いっぱい」という声も聞こえてきます。このような消極的姿勢はせっかくのFCV普及に水を差しかねません。

そこで、代表的な2つの変換方式の水素ステーションについて、それぞれの観点から、水素インフラの普及方策について解説します。

1つ目は、コスト面から当面採用されると考えられる「天然

ガス改質型」を挙げます。コストが有利とはいえ我が国は高価格で天然ガスを輸入しており、対ガソリン比の燃料代のメリットが出しづらくなっているため、安いシェールガスを産出する北米は有利です（図表1参照）。したがって、ガス改質型水素インフラについては北米の技術や製品を意識しつつ、我が国において今後数年間は黎明期のインフラ投資として、官主導で普及させていく必要があります。

次に、CO<sub>2</sub>フリー水素を作る「自然エネルギー由来電気分解型」を挙げます。こちらは自然エネルギーが大量導入されている欧州で採用されている方式ですが、コスト面で不利なものの、水素ビジネスの本来の意義（環境価値）を考えると将来的にはこちらを採用する形と言えます。これは、「（変換効率の悪い）水素にしても惜しくない電気」があることが前提となるため、電力系統運用上制約を理由に、再生可能エネルギーの買取量を制限している我が国の現状の制度下では成り立ちません。

つまり、FCVがその環境価値を発揮する形で普及するためには、水素インフラも含めた電力系統接続の考え方を見直すことが、補助金施策を上回る効果を発揮することとなります。この考え方は、スマートグリッドの実現形の1つではありますが、電力自由化の議論も絡み、我が国にとって検討すべき課題です。

## Ⅱ 北米市場での商機

燃料電池は、古くは1960年代のNASA宇宙開発のニーズから技術開発が盛んになり、1987年にカナダのバラード社が自動車用スタックの開発に成功し、その後プロトタイプ燃料電池FCVが開発されるなど、1990年代後半から世界的な燃料電池ブームが巻き起こりました。2001年のバラード社の株価は現在の50倍以上の\$145に達していました。その後、FCVは商用販売には至らずブームは一時沈静化しますが、リーマンショック後の2008年頃から米国エネルギー省（DOE）が中心となって、燃料電池に対し減税措置やプロジェクト補助金の措置を講じたこともあり、定置用燃料電池（発電用途）や燃料電池（FC）フォークリフトが次第に普及するようになってきました（図表2参照）。

その中で、今回は「技術の日本」の成長余地として、FCフォークリフト市場に着目します。米国の物流倉庫は巨大で、まさしくフォークリフトの「性能」が、そのビジネスの利益を左右します。室内作業であるため、以前はバッテリー（鉛蓄電池）型フォークリフトしか選択肢がありませんでした。FCフォークリフトは「充電量減少による性能低下がない」「充電による作業中断がない」点でバッテリー型に対し強みがあります。日本と異なり、そこで働く従業員の賃金体系は出来高制（どれだけ荷物をさばいたか）のウエイトが高いため、現場ではFCフォークリフトの「充電時間がない分短時間で仕事こなせる」と評価がすこぶる高くなっています。特に冷凍倉庫では鉛蓄電池の性能は低下するため、低温対策を施したFCフォークリフトはさらなる強みを持っています。

しかしながら、現地のFCフォークリフト生産メーカーの厳

図表1 「天然ガス改質型」の日米比較

	ガソリンとの価格比較		水素価格の日米差の要因	
	ガソリン (税込)	水素 <sup>※1</sup> (ガソリン換算・税抜)	ステーション 建設費	ガス料金 (業務・産業)
日本	160円/L	200円/L	5億円	75~165円/m <sup>3</sup>
米国 <sup>※2</sup>	100円/L	66円/L	2億円	30~35円/m <sup>3</sup>

(1ドル 107 円で計算)

※1 NEDOおよびDOEによるオンサイト型水素ステーション定常稼働（1日100台以上来店）での水素供給コストの試算値をもとに算出した、ガソリン1Lの走行距離に要する水素供給コスト。1日100台以上を前提とした試算値のため、FCV普及初期のコストは試算値以上と想定される。

※2 ガソリン価格、ガス料金はカリフォルニアの実績（各々2014年10月20日、2014年7月時点）

出典：EIA 統計、NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ、DOE Fuel Cell Technologies Office Record、ガソリン価格比較サイト、東京ガス料金表よりKPMG作成

しい経営状態が報告されています。実際、普及しているのはまだ累計4000台あまりですが、これは市場のポテンシャルが低いのではなく、市場のニーズを満たす製品品質まで至っていないためのようにも考えられます。

FCフォークリフトはいまだ手作業で生産している部分も多く、量産で品質が安定するに至っていません。故障が多く、その対応に多くの人と時間を費やしているとも報告されています。

そこで、「技術の日本」の出番です。自動車業界がこれまでしてきたことと同様、現地製品の品質を上回り、ユーザーから喜ばれる高品質な製品を送り出せば、製品が潜在的な需要を開拓できます。また、製品自体も量産効果が現れ、価格が下がるからさらに普及が進む、という好循環になるシナリオを描けます。普及台数は水素ステーションを始めとするインフラ側の採算にとっても重要なファクターです。一定の普及台数のしきい値を超え、水素ステーションが採算に近づけば、インフラの整備も加速度的に進むと見られます。さらに、昨今のシェールガスブームにより、手軽な生産法であるガス改質型の水素価格は下がる傾向にあり、燃料電池機器の普及にさらに追い風となります。

また、上記で例に挙げたフォークリフト以外にも、燃料電池の製品市場はあります。2005年8月に米国南東部を襲ったハリケーン・カトリーヌ上陸にも耐え評判を上げたのは、燃料電池をバックアップ電源に持つ携帯電話基地局であったため、このエピソード以来、携帯電話を中心としたバックアップ電源の市場も伸びています。カナダでは、豊富な水力発電と原子力発電の余剰電力から電解水素の生産・活用を以前から考えています。北米はその市場規模、製品仕様（技術ニーズ）の観点から、「技術の日本」が進出する余地はあると考えます。

### Ⅲ 学ぶべき欧州市場

欧州はその地勢を活用した再生可能エネルギーの推進が各ビジネス分野をドライブしています。スペインやドイツにおける固定価格買取制度（FIT）の普及や洋上風力の開発など是有名ですが、燃料電池・水素インフラ分野において象徴的なプロジェクトは「火山の国」アイスランドで起こりました。

1998年に水素社会を国家ビジョンと定め、水素を用いて自然エネルギーを活用すること、交通における化石依存度を減らすこと、2030年に水素を海外に輸出することを目指し、水素バス、国を一周する水素ステーション等、精力的な整備計画が掲げられました。国を挙げてコミットする姿が当時もてはやされ、DaimlerやStadtteil Hydro、Shellなども参画しましたが、運悪くその直後に訪れた金融危機により水素ステーションは一基も整備されずに終わってしまいました。

しかしながら、自然エネルギー起源を前提に事業構築をする姿勢は現在も変わりません。これは2007年3月にEUのリーダー達によって掲げられた20-20-20目標（2020年までに温室効果ガス20%削減、エネルギー消費における再生可能エネルギーの割合を20%に増強、20%省エネルギー）に代表されるように、環境に対する欧州のぶれない姿勢があるからだと見られます。

私が業界関係者にインタビューした際、「天然ガス改質型は（CO<sub>2</sub>を出す点で）開発する意味がない」とまで言い切る姿が印象的でした。「理念よりも安さと市場による成長」で動く米国と対照的です。

徐々にですが、欧州でも水素の各プロジェクトは実証試験レベルから、ビジネスレベルに進化しつつあります。CSR的な目的では、アウディのようなブランド価値が高い企業が水素と二酸化炭素によるメタノール作成プロジェクトに参画したり、イ

図表2 米国における燃料電池導入促進政策（連邦レベル）

<p>燃料電池資産に対する 投資税額控除</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 下記のうち低い金額を連邦税から控除することで、産業分野における燃料電池導入を促進 <ul style="list-style-type: none"> <li>- FC機器導入費の30%</li> <li>- 3000ドル×FC機器の設備容量（kW）</li> </ul> </li> <li>■ 適用要件 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0.5kW以上、エネルギー変換効率が電気のみで30%以上</li> <li>- 2008年10月3日～2016年12月31日に運転開始</li> </ul> </li> </ul>
<p>「米国再生・再投資法」 に基づく補助金</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2009年2月に成立した景気刺激対策法に基づき、FCフォークリフト・産業用定置FCの導入プロジェクトに補助金 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2000年代後半の金融危機不況に対する政策</li> </ul> </li> <li>■ 4000万ドルが交付され、「1000台導入」という目標を2年で達成 <ul style="list-style-type: none"> <li>- FCフォークリフト：504台</li> <li>- 産業用定置FC：607台</li> </ul> </li> </ul>

出典：DOE、Fuel Cell & Hydrogen Energy Association等の資料より KPMG 作成

タリアの電力会社エネルがフシナ発電所にて、水素発電を行ったりしています。

また、最も事業化が近いと見られるものは、Electrolyzer（電解水素発生装置）です。技術自体は工業用を中心に古くからありますが、昨今、自然エネルギーの余剰電力を有効活用するニーズが顕在化した結果、Power to Gasプロジェクトが高く評価されています。そのような中、モビリティに主眼を置いたFC水素ステーション用に生産・圧縮技術が洗練され、公共事業体や電力会社などを顧客に（FCVの動向も含め、中長期的ではあるものの）今後普及する可能性が見えてきました（図表3参照）。

この背景には、固定価格買取制度（FIT）とともに、電力会社に対する洋上風力接続義務化（ドイツ）のような「環境対策に対するぶれない政策」があります。自国産出の石油資源がない我が国にとって、欧州は「経済性ハードルが高いが将来の目指すべき姿」とも捉えられます。たいへん難しく、チャレンジではありますが、電力系統制御の問題さえ克服すれば、ポテンシャルを活かしきれていない風力発電の導入量は大幅に増加し、エネルギー自給の問題は改善します。我が国の補助金は「世界一になりうる技術」に投資するものであるため、今、電解技術・インフラで世界に後れを取っては、国はさらに補助金を出しづらくなり、さらに遅れる悪循環を産んでしまいます。「資源小国日本」としては電解水素の分野で欧州に学び、欧州と対等になるべく成長する必要があると考えます。欧州各企業も現時点では「儲かる」までには至っていません。今こそチャレンジすべき時だと感じます。

## Ⅳ 事業会社の成長戦略

前述のとおり、世界の燃料電池・水素ビジネスはブームと紆余曲折を繰り返して今日に至っています。このような中、我が国がリードする形で燃料電池自動車を発売（2014年末）し、東京オリンピック（2020年）まで一気に水素ビジネスが盛り上がるのが予測されるため、国内外で「今度こそモノになる」との期待が高まっています。

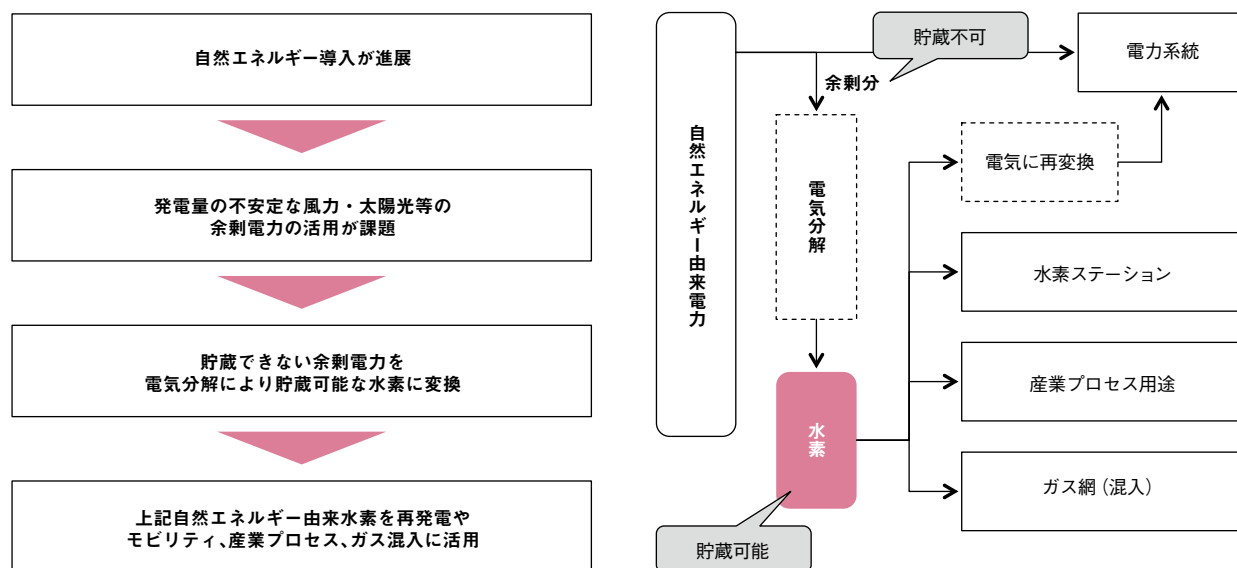
特に水素ステーションに代表されるインフラストラクチャーは、数を増やせば増やすほど価値が上がる（ネットワーク効果がある）ため、オリンピックを追い風に初期の段階でできる限り数を揃えることで、狭い島国の地の利を活かした世界初の成功例を示すチャンスとなります。国内各社はこのかつてない事業機会の効果を最大限ものにすべく、忙しい日々を過ごすこととなるでしょう。

しかしながら、技術主導型である本ビジネスのこれまでの投資を考えると、5年後のオリンピック特需だけでは成功のエグジットとまでは言えません。「オリンピック後に再び盛り下がるのではないか」との懸念も聞こえており、心許ない状況です。

環境ビジネスはそれ自体で利益を出すビジネスモデルを描きづらく、事業は補助金頼みの面がある事実是否めません。したがって、その長期的価値と我が国の成長の方向との整合性を考えながら展開していくこととなります。

この中長期的価値観で水素インフラビジネスを俯瞰すると、1つのパラドックスが生まれてきます。それは、普及しつつあるガス改質型よりもむしろ、長期的には電解水素型のほうが、

図表3 欧州で実証が進むPower to Gasプロジェクト



出典：ドイツエネルギー機構、北欧Power to Gasプラットフォーム等よりKPMG作成

資源小国かつ風力ポテンシャルの高い我が国の成長方向性と親和性が高いということです。このことから、オリンピックは技術成長の場として捉え、ガス改質型で勝負する海外市場での戦略も考えなくてはなりません。また、長期的に電解水素型による国おこしを想定するならば、先駆者である、欧州市場との関係も深める必要があります。

水素関係の方々とお会いすると、初期のブームの頃から辛抱強く取り組んでこられたシニアの方も多く、ちょうどオリンピックが会社人生の集大成となる世代でいらっしゃると思います。先達の苦難の歴史を見ると、若手は敬遠しがちになるかもしれませんが、2020年以降の成長戦略を描くには、時間のかかる技術継承の問題に今から取り組む必要があります。また、アーリームーバーとしての地位をより強固なものとするためには、時宜を見定めつつ「海外を含めた他社とのWin-Winな提携をすること」や「エンジェルの視点を持ち、ベンチャー企業へ出資し、取り込むこと」など、「自らすべてやりたがる」技術者とは違った視点での事業実行も必要となるでしょう。いずれも、「オリンピック特需を享受するための戦略」とは異なる素養が要求されるチャレンジです。東京オリンピックでの成長をきっかけに長期的に自立できるビジネスモデルを考えることが大切です。国による補助金政策は、それによって安心するのではなく、むしろ挑戦のための軍資金、成長戦略あつての「奨学金」と捉えるべきです（図表4参照）。

## V 事業の成長を支える行政側の方策

これまで事業者側の視点で水素ビジネスの成長戦略について述べてきましたが、環境ビジネスはその意義の高さと対照

的に、それ自体で初期に利益を出すことが難しいため、行政側の方策も重要です。ある程度の量産効果や規模の経済が働くまで補助金を出すことが多く、水素を前面に押し出す2020年の東京オリンピックに向けて多くの助成手段が講じられています。

公的助成は高い効果を追求し、国民に投資以上の利益を還元する必要がありますが、受け取る現場の声は様々です。たとえば、設置数が伸び悩む水素ステーションの業界関係者からは、当初、「機器導入の補助金では不十分。運営費の補助がないと、FCVの普及が遅れた場合に大きなリスクとなる」との声が聞かれました。水素ステーションの普及が遅れることを懸念した行政側は、その後、運営費補助にまで踏み込みました。

また、予想以上に普及した例としては、2012年から施行されている再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）があります。太陽光発電は初年度買取価格42円/kWhの厚遇で始まり、3年間の発電者の利潤に特に配慮するとした結果、各家庭の電気代負担増や各電力会社の接続保留を引き起こすに至りました。そのため、現在導入総枠を決め、取引価格を市場に委ねるRPS制度へ戻す議論が始まっています。また、同年に始まった「エコカー補助金制度」などは、申請が早い者勝ちで、予算枠を使い切った時点で終了する制度であるなど、三者三様、施行錯誤となっています。

ここで世界の例に学びます。ドイツでも水素ステーションを400箇所推進するプログラムがあり、ダイムラーも参加していますが、これはFCVが普及するという条件付きであり、インフラ側と自動車側でうまくWin-Winの関係を築いています。また、ZEV法、古くはマスキー法など、補助金の財源はなくとも、「規制」することによって企業の技術研鑽を促し、結果的に業界を強くする方策もあります。

では、我が国の水素ビジネスではどうするべきでしょうか。

図表4 オリンピック後の水素市場環境（シナリオの一例）

	日本	北米	欧州
水素供給	<p>■ 安価な水素を海外から輸入するチェーン確立を模索</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 輸入に頼らざるを得ない天然ガス改質型はコスト高</li> <li>- 自然エネルギー電解型は系統制約が足かせとなり欧州ほど実証進まず</li> </ul>	<p>■ 天然ガス改質型による安定的な水素供給で先行</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 燃料電池機器と合わせて天然ガス改質型が普及</li> <li>- エネルギー省のロードマップに則り自然エネルギー電解水素型の実証も進む</li> </ul>	<p>■ 自然エネルギー電解水素型の実用化で先行</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 先駆的に取り組んできたPower to Gas実証が進む</li> </ul>
水素利用	<p>■ オリンピックを機に導入された燃料電池機器を継続利用するための水素需要あり</p> <p>■ 環境価値の高い水素燃焼発電の検討</p>	<p>■ 産業車両を中心に安定的な水素需要が発生</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2010年代から普及した燃料電池フォークリフト以外にも燃料電池型が導入</li> </ul>	<p>■ Power to Gasの水素をガス管に混入したハイタンが普及し、水素需要が発生</p>

出典：米国エネルギー省、ドイツエネルギー機構、経済産業省資料等より KPMG 作成

図表5 環境分野におけるイノベーション促進策の例

規制・誘導策	運輸	排ガス規制	新車の環境汚染物質排出量の上限を設定	日米マスキー法 等
		ZEV規制	自動車メーカーに対するゼロエミッション車（ZEV）の販売台数義務	米カリフォルニア州ZEV規制 等
		ZEV 購入インセンティブ	免税や有料道路無料化などのインセンティブでZEV購入を促進	ノルウェー 等
	民生	省エネ トップランナー方式	家電等の新商品の省エネ性能を既成品最高水準以上とする義務	日本省エネ法 等
	産業	公害・地球温暖化 対策規制	産業プロセスに対する排ガス・排水規制やフロン等の使用禁止	モントリオール議定書 等
		オフロード規制	建機・農機等の新車の環境汚染物質排出量の上限を設定	日本オフロード法・米Tier 4 等
ファイナンス	発電	BAT	発電所新設で利用可能な最新技術を活用する義務	日本石炭火力新設要件 等
	証券化		グリーン資産の証券化による資本コスト低減・投資家層拡大	米太陽光発電資産担保証券 等
	パブリック・プライベート・ パートナーシップ(PPP)		官民連携による民間資金・ノウハウの公共分野での活用	米リアルト市水道事業 等
ファイナンス	グリーン銀行		グリーン資産への低金利融資を通じた技術開発・普及促進	米ニューヨークグリーンバンク 等

出所：経済産業省、カリフォルニア大気資源局、ノルウェー政府等資料、新聞・雑誌記事より KPMG 分析

ビジネスの視点でROI向上（「最大限の効果」を「少ない投資」で実現すること）に着目します。「最大限の効果」の観点では、ネットワーク経済性が働く分野は、相対的に車（モノ）よりインフラである水素ステーションの普及となります。FCV所有者から見ると、ステーション数に応じてその便益は、指数関数的に増大します。日本が世界に先駆ける絶好のチャンスに、今回は「死の谷」を乗り越えることが期待されます。

また、「少ない投資」の観点では、税金の直接投入から、民間資金活用へのシフトが考えられます。環境に投資価値を見出す年金ファンド等に対し、国のコミットメントを信用価値としてWin-Winな仕組みを考えることも一案です。太陽光発電のように証券化（小口化）し、小さな資金を多数集める仕組みも考えられます（図表5参照）。

いずれも運用方法で影響が大きく出かねないため、制度設計には、省庁の連携や、行政だけでなく外部プロフェッショナルの参加が必要と考えられます。世界にいくつか先例があります。「お金だけではなく頭を使い、変革を促す」、我が国の水素ビジネスが世界で勝つためには、企業助成のみならず、世間を広く巻き込み、将来を見越した目線の高い行政のチャレンジも必要だと思われます。

本稿は、著者が日刊工業新聞に上稿した連載記事「水素時代の到来～コンサルタントの視点から～」(平成26年11月18日、12月2日、12月16日、平成27年1月13日、1月27日)をもとに、加筆、修正、最新の状況にアップデートしたうえで1つの原稿にまとめたものです。

本稿に関するご質問等は、以下の者までご連絡くださいますようお願いいたします。  
KPMG コンサルティング株式会社  
パートナー 赤峰 陽太郎  
TEL: 03-3548-5111  
yotaro.akamine@jp.kpmg.com

KPMG ジャパン

marketing@jp.kpmg.com  
www.kpmg.com/jp



本書の全部または一部の複写・複製・転記載および磁気また光記録媒体への入力等を禁じます。

ここに記載されている情報はあくまで一般的なものであり、特定の個人や組織が置かれている状況に対応するものではありません。私たちは、的確な情報をタイムリーに提供するよう努めておりますが、情報を受け取られた時点及びそれ以降においての正確さは保証の限りではありません。何らかの行動を取られる場合は、ここにある情報のみを根拠とせず、プロフェッショナルが特定の状況を綿密に調査した上で提案する適切なアドバイスをもとにご判断ください。

© 2015 KPMG AZSA LLC, a limited liability audit corporation incorporated under the Japanese Certified Public Accountants Law and a member firm of the KPMG network of independent member firms affiliated with KPMG International Cooperative ("KPMG International"), a Swiss entity. All rights reserved. Printed in Japan.

© 2015 KPMG Tax Corporation, a tax corporation incorporated under the Japanese CPTA Law and a member firm of the KPMG network of independent member firms affiliated with KPMG International Cooperative ("KPMG International"), a Swiss entity. All rights reserved. Printed in Japan.

The KPMG name, logo and "cutting through complexity" are registered trademarks or trademarks of KPMG International.