

導入要件を考慮した水素供給システムのライフサイクルコスト分析

広島大学 学生会員 ○ 森 俊也

広島大学 正会員 布施 正暁

広島大学 学生会員 野口 寛貴

1. 背景・目的

水素は、利用時に二酸化炭素を排出しない新エネルギーとして注目されている。しかし、日本における水素の導入は進んでいるとはいえない¹⁾。その原因として、ガソリンに比べ水素のコストが高いこと、水素関連のインフラ整備が限定的であることという2点あげられる。そのため、日本で水素社会を実現させるためにはエネルギー需要の多い輸送機器分野において、安全かつコスト面で優れた水素供給システムの導入が不可欠である。安全性の議論は Gerboni ら²⁾の研究をはじめとするリスク評価によってされてきた。この研究により、水素を利用する際の危険性は社会に受容されることが示された。一方で、日本を対象にコスト分析をした研究としては水野ら³⁾の研究が挙げられる。この研究では水素供給システムのコスト分析を行っているが、水素社会の実現が前提となっており、水素供給システムの導入可能性の検討には不十分である。また、経済産業省の打ち出すロードマップ⁴⁾に明確な水素供給システム像はない。それにも関わらず、水素供給システムを構成する個別要素の技術開発目標は存在している。そのため、現状では非効率な技術開発・実装支援が成されているといえる。そこで、効率的な技術開発・実装支援を可能とするために、本研究は、将来の日本を対象に導入要件を考慮したライフサイクルコスト分析(LCCA)を行うことによって、導入可能性の高い水素供給システムのライフサイクルコスト(LCC)を把握した。

2. 水素供給システムのLCCA方法

本研究は導入要件別に水素供給システムごとのLCCAを行い、LCCを把握した。なお、想定年代は水素の本格的な導入が見込まれる2030年とし、現時点で考えられる将来の技術発展も考慮した。本研究が対

象とする導入可能性の高い水素供給システムを図1に示す。各システムは製造、輸送、水素ステーションという3つのプロセスから構成されており、各プロセスのコストの要素と算出方法は以下の通りである。

(1) 製造コスト PC_j (j は水素供給システムを表す)

水素を製造する方法は多く存在するが、製造のコストは主に水素キャリアへの変換に依存していると考えられる。そのため、本研究は水素キャリア(圧縮水素、液化水素、有機HD)にのみ着目し、原料水素と各キャリア合成のコストを PC_j の構成要素とした。

(2) 輸送コスト TC_j

水素の輸送方法は各キャリアで異なる。本研究は、輸送車両費、輸送燃料費、人件費を TC_j の構成要素とした。

(3) 水素ステーションコスト STC_j

水素ステーションのコストは建設費・人件費・土地費・制御費・維持管理費を STC_j の構成要素とした。

以上より、各水素供給システムのLCCは次式で表せる。

$$LCC_j = PC_j + TC_j + STC_j$$

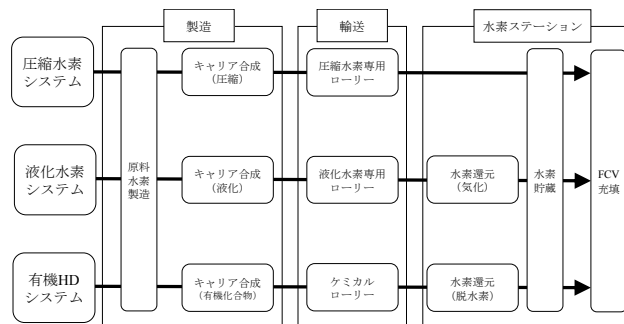


図1 水素供給システム

キーワード ライフサイクルコスト分析, 水素, 水素供給システム, 圧縮水素, 液化水素, 有機ハイドライド
連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室

TEL : 082-424-7819・78

3. 導入要件の設定

水素供給システムの導入要件は需要要件と供給要件に大別できる。本研究は需要要件と供給要件を以下の通り設定した。

需要要件：将来の水素自動車保有台数を既存研究⁵⁾より引用し、その台数の2倍と1/2倍を加えた3段階を需要要件に設定した。

供給要件：将来導入されると思われる水素ステーションの規模を、水素供給量(Nm³/h)に応じて3段階に分類し、供給要件に設定した。

各導入要件の段階ごとにLCCAを行うことで、将来の導入要件に適応したLCCを水素供給システム別に求めた。

各導入要件の段階ごとの数値と各導入要件の9パターンの組み合わせを表1に示す。

表1 導入要件の組み合わせ

需要要件	供給要件		
	大規模 2000Nm ³ /h	中規模 300Nm ³ /h	小規模 100Nm ³ /h
楽観的 120万台	パターン1	パターン2	パターン3
中庸的 60万台	パターン4	パターン5	パターン6
悲観的 30万台	パターン7	パターン8	パターン9

4. 水素供給システムのLCCA結果

導入要件別水素ステーション1件1年当たりのLCCAの結果を図2に、1年当たり社会全体LCCを図3に示す。この結果より、導入要件ごとの水素供給システムのLCCを明らかにした。図2より、水素供給システム別に着目すると、液化水素のLCCがパターン7以外の8パターンにおいて最小となった。また、パターン7では圧縮水素がLCC最小となった。液化水素は輸送密度が高いため輸送回数が少なくなることから、圧縮水素と比べ輸送費が少ない。しかし、パターン7の場合、水素ステーションの規模が大きくなり、水素市場の規模が小さくなるため、輸送費の影響度が低く、製造や水素ステーションのコストが優れる圧縮水素の方がコストを小さくしていると考えられた。また、有機HDは輸送密度が液化水素ほどは高くないことに加え、キャリア合成や脱水素に必要なコストが高いため、どの導入要件においてもLCCが高く導入可能性は低いという結果となった。以上より、9パターンの導入要件のうち、8パターンで液化水素システムのLCCが優れており、将来の水素供給システムとしては液化水素システムを導入するための技術開発・実装支援が効率的であると考えられた。

図3より、同一水素供給システムにおける導入要件の違いに着目すると、需要要件によっておおまかな水素社会の市場規模を決定され、供給要件が大規模になるにつれてLCCが低くなっていることが分かった。

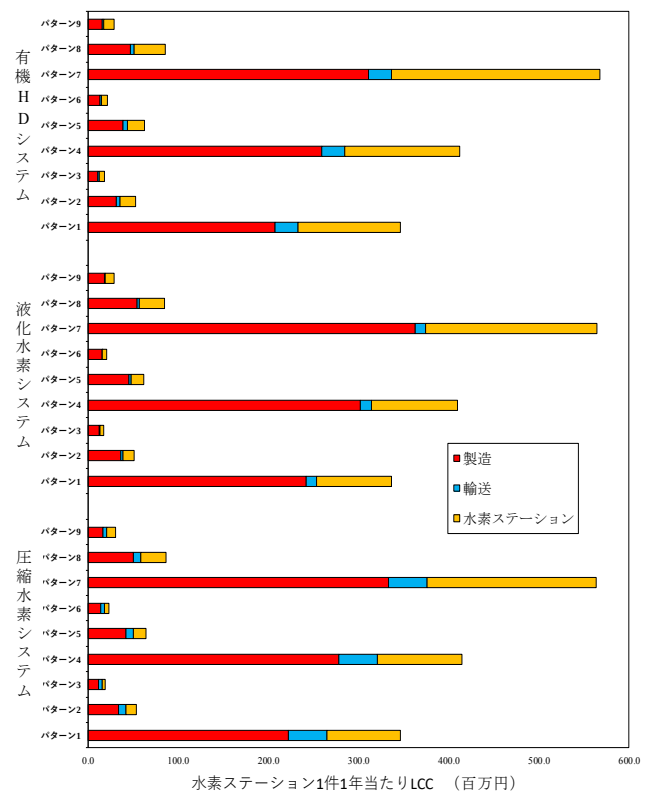


図2 導入要件別LCCA結果

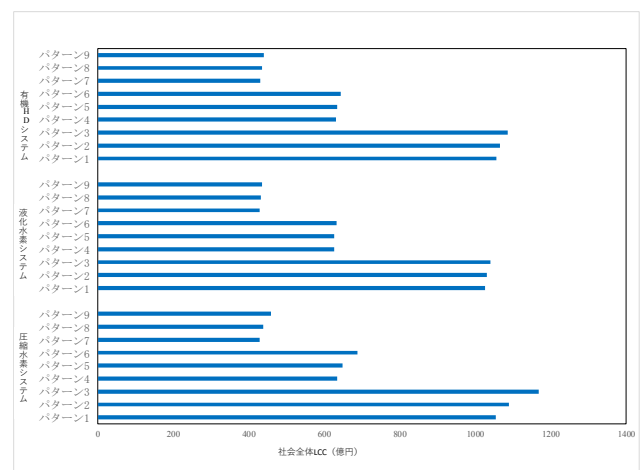


図3 社会全体LCC

5. 考察

図2で得られた結果は、導入要件を与えることで、最適な水素供給システムの市場が形成されたという仮定のもと行われている。そのため、需要予測を誤り、需要要件が「楽観的であると予測したが、中庸的であった場合」、「楽観的であると予測したが、悲観的であった場合」、「中庸的であると予測したが、悲観的であった場合」の3パターンでLCCAを実施した。

方法としては、予測した需要要件からそれに対応する社会全の水素ステーションを建設することを想定する。そして、実際の需要要件から水素ステーションの稼働率を算出し、LCCAの原単位として用いた。以下に対象としたLCCAの導入要件を表2に、需要予測が適切であった場合との比を図4に示す。

図4より、需要予測を誤って水素ステーションの建設を行うことで需要予測が適切な場合のLCCよりも大きくなることが分かる。また、導入要件が同パターンであっても水素供給システムによってLCCの増加率は異なっている。水素供給システムが同一であっても導入要件によってLCCの増加率は異なっている。LCC増加率は全体的に圧縮水素が大きく、液化水素が小さい。これは需要予測を誤り、水素ステーション数を増加させすぎた結果、輸送費が増大したためLCCに占める輸送費の割合が低い液化水素のLCC増大率が小さくなったためと考えられる。以上より、液化水素がより広範囲の導入要件でLCC増大のリスクが低い水素供給システムだといえる。

6. 結論

本研究は、日本の導入可能性の高い水素供給システムを対象に、導入要件を考慮した上でLCCAを実施しLCCを把握した。その結果、9パターン中8パターンで液化水素システムの導入を進めることが、効率的な技術開発・実装支援につながることを明らかにした。

また、需要予測を誤った場合を考察すると、需要予測が適切であった場合からのLCCの増大率は液化水素が最小であることを明らかにした。

これらの結果と考察から、日本で水素社会を実現するために、導入を優先させるべき水素供給システムは液化水素であり、その技術開発・実装支援が効率的であると結論づけた。

表2 導入要件の組み合わせ

	稼働率 (%)	供給要件		
		大規模 2000Nm ³ /h	中規模 300Nm ³ /h	小規模 100Nm ³ /h
需要予測：楽観的 実際の社会：中庸的	35	パターン1'	パターン2'	パターン3'
需要予測：楽観的 実際の社会：悲観的	17.5	パターン4'	パターン5'	パターン6'
需要予測：中庸的 実際の社会：悲観的	35	パターン7'	パターン8'	パターン9'

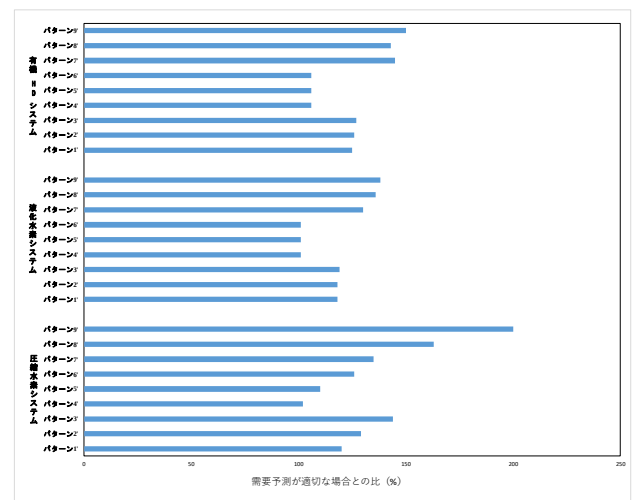


図4 需要予測が適切であった場合との比

参考文献

- 1) 経済産業省：第5次エネルギー基本計画，2018.
- 2) Gerboni, R. and Salvador, E.: Hydrogen transportation system: Elements of risk analysis, Energy, 34, pp.2223-2229, 2009.
- 3) 水野有智, 石本祐樹, 酒井奨, 坂田興：国際水素エネルギーキャリアチェーンの経済性分析, Journal of Japan Society of Energy and Resources, Vol.38, No.3, pp.11-17, 2016.
- 4) 経済産業省：水素・燃料電池戦略ロードマップ改訂版，2016.
- 5) 株式会社富士経済：2018年版水素燃料関連市場の将来展望，2018.
- 6) 市川勝：水素エネルギーがわかる本，オーム社，2007.
- 7) 緒方寛, 福田健三：水素のコスト評価，水素エネルギーシステム，Vol27, No2, pp.29-34, 2002.
- 8) Xu, X., Xu, B., Dong, J., Liu, X.: Near-term analysis of a roll-out strategy to introduce fuel cell vehicles and hydrogen stations in Shenzhen China, Applied Energy, 196, pp.229-237, 2017.
- 9) Reddi, K., Elgowainy, A., Rustagi, N., Gupta, E.: Impact of hydrogen refueling configurations and market parameters on the refueling cost of hydrogen, International Journal of Hydrogen Energy, 42, pp.21855-21865, 2017.
- 10) Ally, J., Pryor, T.: Life cycle costing of diesel, natural gas, hybrid and hydrogen fuel cell bus systems-an Australian case study, Energy Policy, 94, pp.285-294, 2016.