GHG 削減価値を含む付加価値試算の一例

2023 年 3 月

1 . 検討の背景・目的

水素はエネルギーとしての価値以外に、事業性の観点では評価されない様々な付加価値を有しています。図 1 にお示しするように、水素サプライチェーンの導入には、各地方公共団体のニーズとして、エネルギー供給以外に、脱炭素や産業振興、防災等の活用も含めた総合的な意思決定が必要となることがあります。

そこで、本検討では、水素サプライチェーンがある地域に導入されることで、従来のエネルギー（都市ガス、LP ガス、電気事業者から購入する電力等）が削減される価値に加え、事業性に現れない付加価値として、導入に伴う温室効果ガスを削減する付加価値（以下、GHG 削減価値と呼ぶ)、設備の設置や運営に伴い地域内にもたらす経済効果（以下、経済波及効果と呼ぶ)、停電時に自律分散型電源として非常用電力を供給する付加価値（以下、BCP 価値と呼ぶ）の 3 つの算定を行いました。

その上で、これら 4 つの項目をより分かりやすい指標にするために金銭価値（円/年）に換算し、比較可能にすることで、地方公共団体担当者や事業者の皆様に、水素サプライチェーンの導入に係る意思決定を円滑化し、地域脱炭素における水素 SC 構築につなげていただくことを目的として、試算結果の一例を公表するものです。

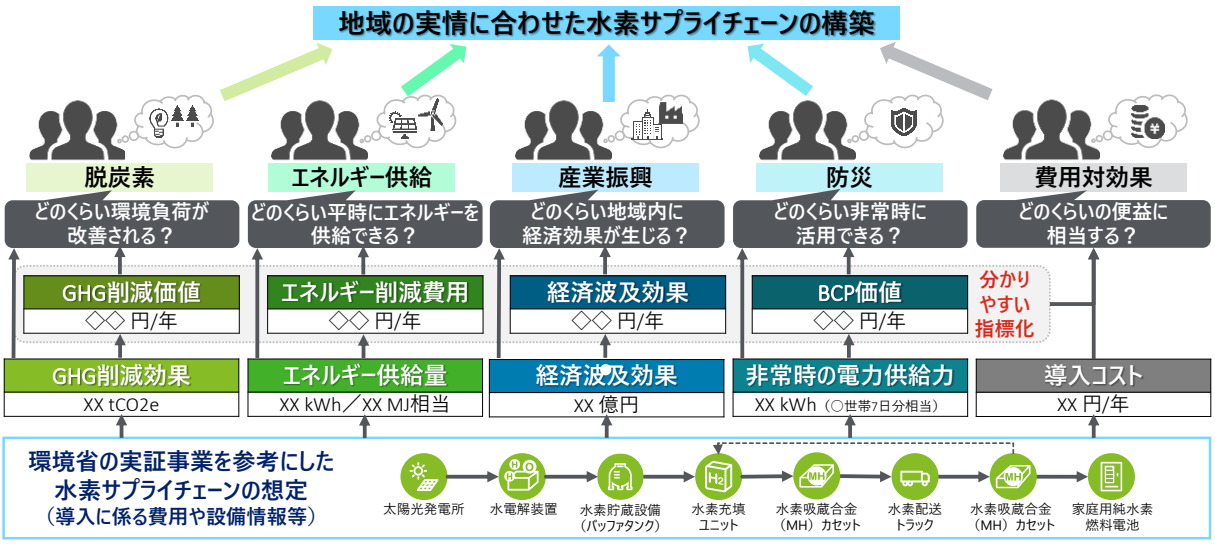


図 1　付加価値試算のアウトプットイメージ

２. 検討の方法

２－１. 各付加価値の計算方法

本項目では、前述した GHG 削減価値、エネルギー削減費用、経済波及効果、BCP 価値の 4 つの項目の計算方法について記載します。主な出所を図 2 に示します。詳細は後述しますが、環境省の GHG 削減効果に関するガイドラインや学術機関に委託した再生可能エネルギーの評価に特化した産業連関分析、国土交通省の費用便益マニュアル等を参照して、公的・学術的な考え方に基づいて計算を行っています。詳細な計算方法は付加価値ごとに後述します。なお、この算出はあくまで一例であり、他の方法もあることにご留意ください。

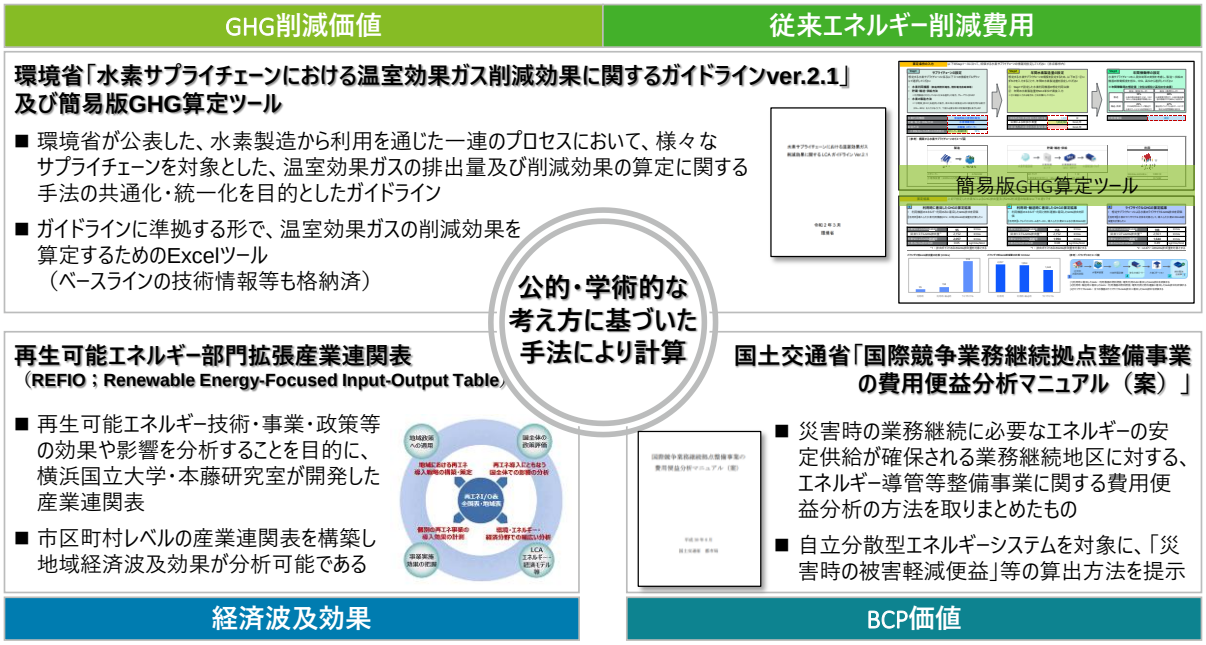


図 2　各付加価値の計算方法の主な引用元

（１） GHG 削減価値

GHG 削減価値については、まずは水素サプライチェーンの導入に伴う GHG 削減量を計算します。この削減量は、環境省が公表する「水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関するガイドライン ver.2.1」及び当該ガイドラインに準拠して任意の水素サプライチェーン技術の組合せや規模を選択することで GHG 削減量を算定するエクセルツール「簡易版 GHG 算定ツール[1]」を用いて算定を行いました。図 3 に GHG 削減価値の算定式の概要を示します。

[1] 詳細は、環境省ウェブページ「脱炭素化にむけた水素サプライチェーン・プラットフォーム」内の“水素サプライチェーンの事業化に役立つコンテンツ一覧”をご参照ください

本ツールでは、後述する水素サプライチェーンの利用機器（ここでは家庭用純水素燃料電池）を選択することで、それに対応する従来型エネルギー（都市ガス及び購入電力）の消費量及び GHG 排出量の算定を自動的に行い、その従来型エネルギーシステムの GHG 排出量と水素サプライチェーンの利用に伴う GHG 排出量の差分を GHG 削減量[単位：tCO2e/年]として計算します。

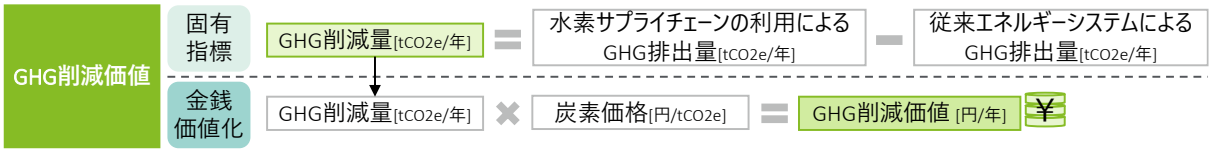
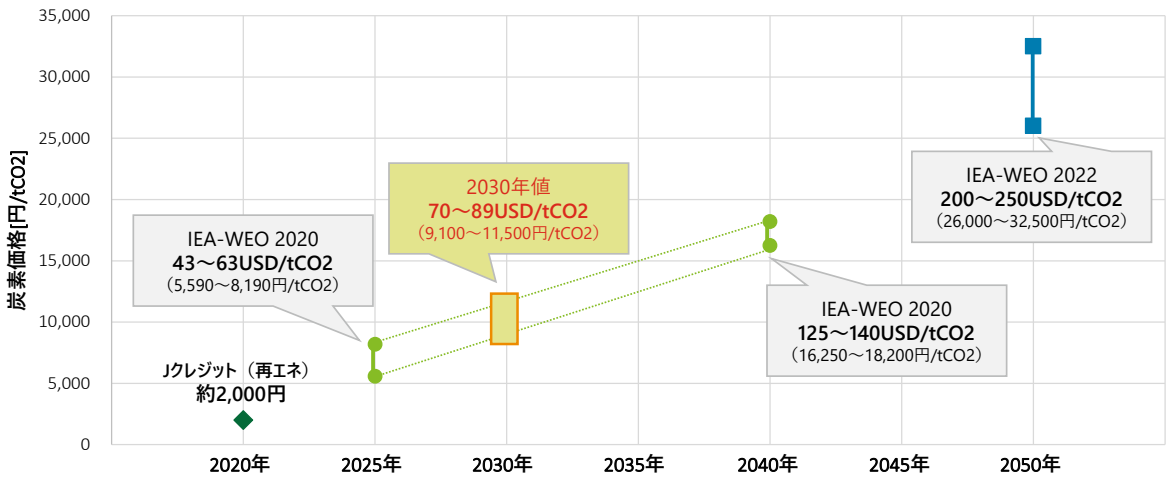


図 3　GHG 削減価値の算定式

GHG 削減量を金銭価値換算するにあたっては、将来の炭素価格を設定します。本検討では、現在検討段階のステークホルダが実際に水素サプライチェーンを導入し、運用が始まる時期を 2030 年頃と仮定し、国際エネルギー機関（IEA）の見通し等を参考に 2030 年に到達しうる範囲として、幅を持たせて 9,100～11,500 円/tCO2 としました。参考とした将来の炭素価格の推移を図 4 に示します。



IEA WEO 2020	世界の平均気温上昇を 2 °C未満に抑える目標と整合的な「持続可能な開発シナリオ（SDS）」において、電力・産業・航空部門に係る炭素価格は、先進国で2025年63USD、2040年140USD、主要途上国で2025年43USD、2040年125USDと見込む
IEA WEO 2022	世界の平均気温上昇を1.5度未満に抑える目標と整合的な「ネットゼロシナリオ（NZE）」において、2050年までに先進国で250USD、主要途上国で200USDを見込む

図 4　将来の炭素価格の推移[2]

[2] 1 ドル=130 円として円に換算｜J-クレジット制度 HP 、IEA（2020）「World Energy Outlook 2020」、IEA（2022）「World Energy Outlook 2022」より引用

（2） 従来エネルギー削減費用

従来エネルギー削減費用については、前述した GHG 削減価値で利用した「簡易版 GHG 算定ツール」で計算する際に、同時に計算される従来エネルギーシステムのエネルギー消費量を、電力及び熱の従来エネルギー削減量と見なします。図 5 に従来エネルギー削減費用の算定式の概要を示します。

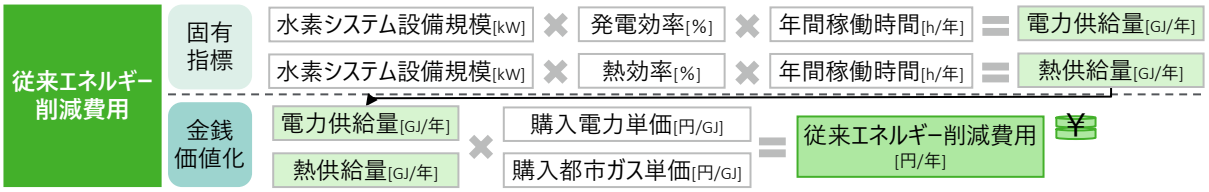


図 5　従来エネルギー削減費用の算定式

従来エネルギー削減量を金銭価値換算するにあたっては、家庭用都市ガスや購入電力の単価を乗じることで算定します。家庭用都市ガス及び購入電力の単価は昨今の情勢を踏まえ将来の推移が見通せないことから、不確実性を考慮して幅を持って設定することとして、過去 5 年間の平均単価の推移から、都市ガス単価は最小値として 117.36 円/m³、最大値として 223.47 円/m³とし、電力単価は電灯電力料金の最小値として 19.43 円/kWh、最大値として 27.93 円/kWh と設定しました（図 6）。

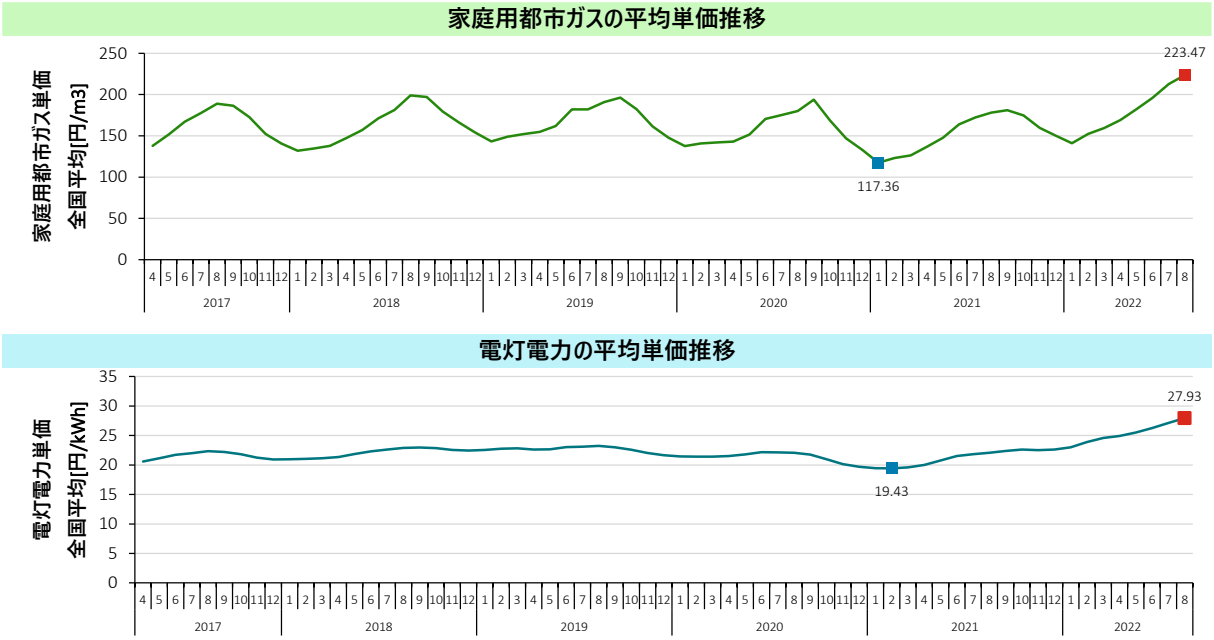


図 6　電力単価および都市ガス単価の過去 5 年間の推移

（3） 経済波及効果

経済波及効果については、横浜国立大学・本藤研究室が開発した再生可能エネルギー部門拡張産業連関モデル・地域版（Renewable Energy Focused Input-Output model for Region: REFIO Region）を用いて計算しました。REFIO-Region[3]は、1,741 市区町村の地域内表、および、任意の地域を対象とした 2 地域間表に、再生可能エネルギー技術に関する部門を結合した産業連関モデルで、2015 年の全国版の産業連関表（全国表）を基盤とし、47 都道府県産業連関表や各種統計を用いて作成されています。図 7 に経済波及効果の算定式の概要を示します。

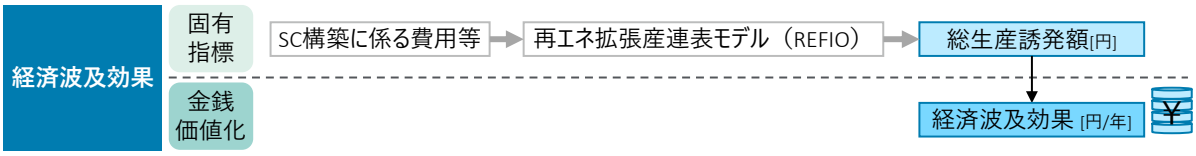


図 7　経済波及効果の算定式

REFIO-Region から得られる総生産誘発額は、既に金銭価値換算となっているため、当該サプライチェーンの利用年数を 15 年と仮定して、利用年数を除すことで年間当たりの経済波及効果としました。また、本検討では水素サプライチェーン導入に伴う従来エネルギーインフラの縮小（負の経済波及効果）については、算定の対象外としています。

（4） BCP 価値

BCP 価値については、国土交通省「国際競争業務継続拠点整備事業の費用便益分析マニュアル（案）」を参考に、停電時に予め貯蔵していた水素タンクから、水素利用機器（純水素燃料電池や燃料電池自動車等）を非常用電源として供給する電力量を価値する考え方で、金銭価値を計算しました。図 8 に従来エネルギー削減費用の算定式の概要を示します。具体的には、災害時の電力供給力に停電回避原単位、災害発生確率、災害継続日数を乗じて算定しました。

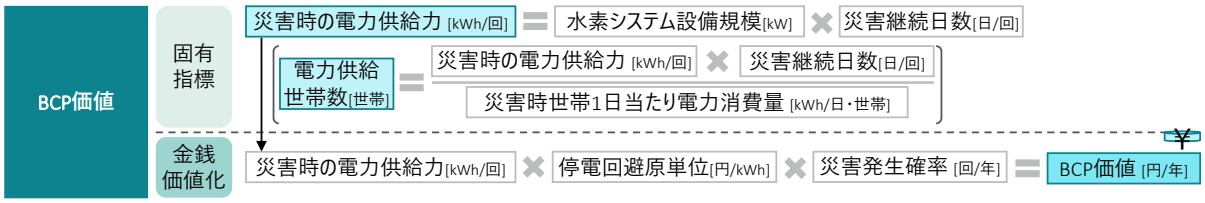


図 8　BCP 価値の算定式

[3] 分析手法の詳細は、森泉由恵, 本藤祐樹「再生可能エネルギーの環境・社会経済評価のための地域産業連関モデルの開発」日本エネルギー学会誌, 102(1), pp. 1-18 (2023)をご参照ください

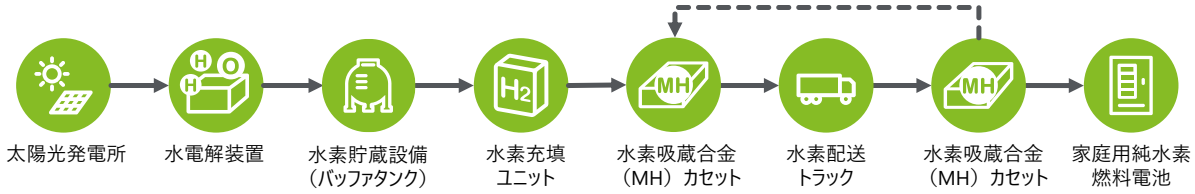
停電回避原単位は、電力系統利用協議会（2014）「停電コストに関する調査報告書」に基づき、保守的に見積もって個人に対する非常時電力の供給価値の下限値である 5,525 円/kWh としました。これは、停電を回避するために支払ってもよいと考える最大金額（Willingness To Pay）のうち、停電の事前予告がない場合（災害時の停電等）をアンケート調査により収集した結果に基づいています。

災害発生確率は、地震調査研究推進本部（2014）「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価（第二版）について」に基づいて、M7 クラスの大地震として 27.5 年に 1 度の頻度と想定し、災害継続日数は、国土交通省（2018）「国際競争業務継続拠点整備事業の費用便益分析マニュアル（案）」に基づき、1 週間と設定しました。なお、1 週間分の水素バッファタンクの設置を考慮して、経済波及効果も計算しています。

２－２. 対象とする水素サプライチェーンの設定

本項目では、計算対象とするサプライチェーンの設定を示します。本検討では、環境省の過年度実証事業等を参考に、太陽光発電による電力を用いて水電解装置により水素を製造し、水素吸蔵合金で家庭用純水素燃料電池に供給するサプライチェーンを想定しました。

具体的には、5 万人規模の地方公共団体に対し、2030 年時点で家庭用純水素燃料電池が地域内で 1,200 台導入されると想定し、その水素需要に必要なサプライチェーン上の各機器の規模を計算して設定するとともに、災害時の電力供給能力を勘案して災害 7 日分の水素貯蔵設備を追加的に設置することとしました。分析対象とする水素サプライチェーンのイメージ及び設備規模を図 9 に示します。



太陽光発電	水電解装置	バッファタンク	水素充填ユニット	MHカセット	配送トラック	燃料電池
出力	最大水素製造量	水素貯蔵量	水素充填量	カセット数	台数	出力
10,964kW	300Nm3/h	14,500Nm3	383Nm3/h	20,160カセット	30台(1.5トン)	840kW
• 水素需要に対して最低限必要な太陽光発電容量	• 最大水素製造量50Nm3/h/台の水電解装置を6台導入	• 500Nm3/台のバッファタンクを想定 • 常時用に9台、非常用に23台導入	• 1台当りの水素充填能力が17.4Nm3のユニットを22台導入	• 1カセット当りの吸蔵量は1.35Nm3と想定	• 1.5tトラックで各世帯に週1回配送すると想定した場合の必要台数	• 0.7kWの家庭用燃料電池を1,200台導入

図 9　前提とする水素サプライチェーンの概要

３. 試算結果の一例

2 章で整理した計算方法と想定するサプライチェーンで計算した各付加価値の試算結果を記載します。

（1） GHG 削減価値

GHG 削減量は 2,503tCO_2/年となり、当該削減量に炭素価格 9,100～11,500 円/tCO2 を乗じて GHG 削減価値を金銭価値化した結果、22～28 百万円/年[4]となり、導入した家庭用純水素燃料電池 1 台当たりに換算すると、1.9～2.3 万円/年となりました。

本試算結果において、GHG 削減量はベースラインの従来エネルギーシステムの想定（購入電力の排出係数等）に応じて変化することに加え、炭素価格についても将来的に大きく変動し得るため、不確実性を有している点に留意する必要があります。

（2） 従来エネルギー削減費用

従来エネルギー削減量は電力：3.7TWh/年、ガス：12.0TJ/年となり、当該削減量に電力単価 19.43～27.93(円/kWh)および都市ガス単価 117.36～233.47（円/m3）を乗じて従来エネルギー削減費用を金銭価値化した結果、103～164 百万円/年となりました。また、家庭用純水素燃料電池 1 台当たりに換算すると、8.6～13.7 万円/年となりました。

本試算結果においても、GHG 削減価値と同様にベースラインの従来エネルギーシステムの想定に応じて変化することに加え、電力及び都市ガスの単価も将来的に変動しうるため、不確実性を有している点に留意する必要があります。

（3） 経済波及効果

経済波及効果は 216 百万円/年となり、導入した家庭用純水素燃料電池 1 台当たりに換算すると、17.8 万円/年となりました。本試算結果において、使用している産業連関表が 2015 年の産業構造が基準となりますが、産業構造も将来的に変動し得ることに加え、従来エネルギーインフラの縮小（負の経済波及効果）については、算定の対象外としている点に留意する必要があります。

（4） BCP 価値

BCP 価値は 23 百万円/年となり、家庭用純水素燃料電池 1 台当たりに換算すると、1.9 万円/年となりました。

---

[4] GHG 削減価値は 2030 年時点の将来的な価値を計算していることから、現在価値に割り引いています。具体的には、財務省ウェブページ「国債金利情報」の 2023 年 3 月 1 日時点の国債金利より、7 年後の金利 0.41%を割引率とし、現在価値化しています。

本試算結果において、参照している停電被害回避原単位が 2013 年のアンケート調査結果である点や、災害が発生する時期・地方公共団体の地域性、災害継続時間の設定値によっても大きく変動し得るため、不確実性を有している点に留意する必要があります。

以上の計算結果の一例を横並びにした整理を図 10 に示します。結果として、（1）～（4）の各付加価値を足し合わせた結果、年間 3.5～4.3 億円と見積もられました。

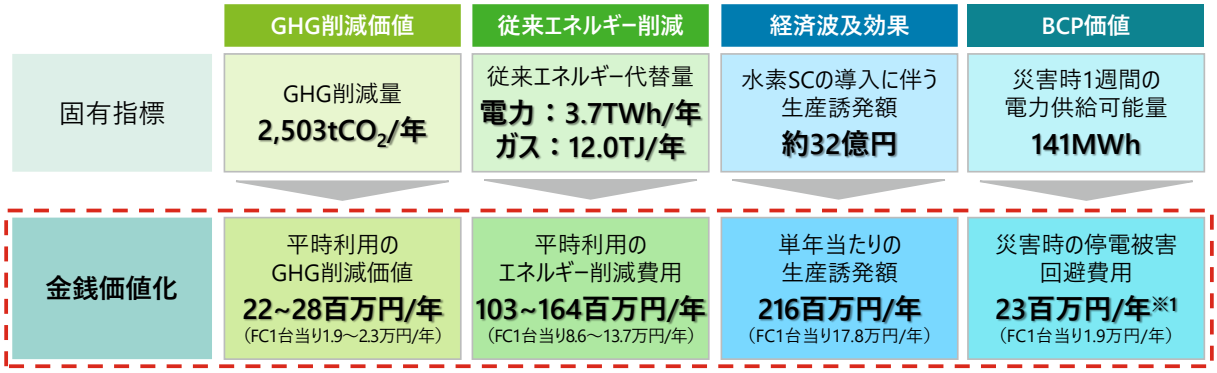


図 10　各付加価値の試算結果一覧

以　上