

II. 簡易算定式

II-1 簡易算定式の導出

本システムの評価に利用した簡易算定式 ($y_1 \sim y_{14}$) と、それぞれの算出方法を表資 2.1-1 に示す。 x は検討規模を示す消化ガス量であり、簡易算定式の適用範囲は $60 \leq x \leq 180$ (Nm³/h) の範囲である。なお、算出にあたっての前提条件は第2章の §14 に示している。

表資 2.1-1 簡易算定式

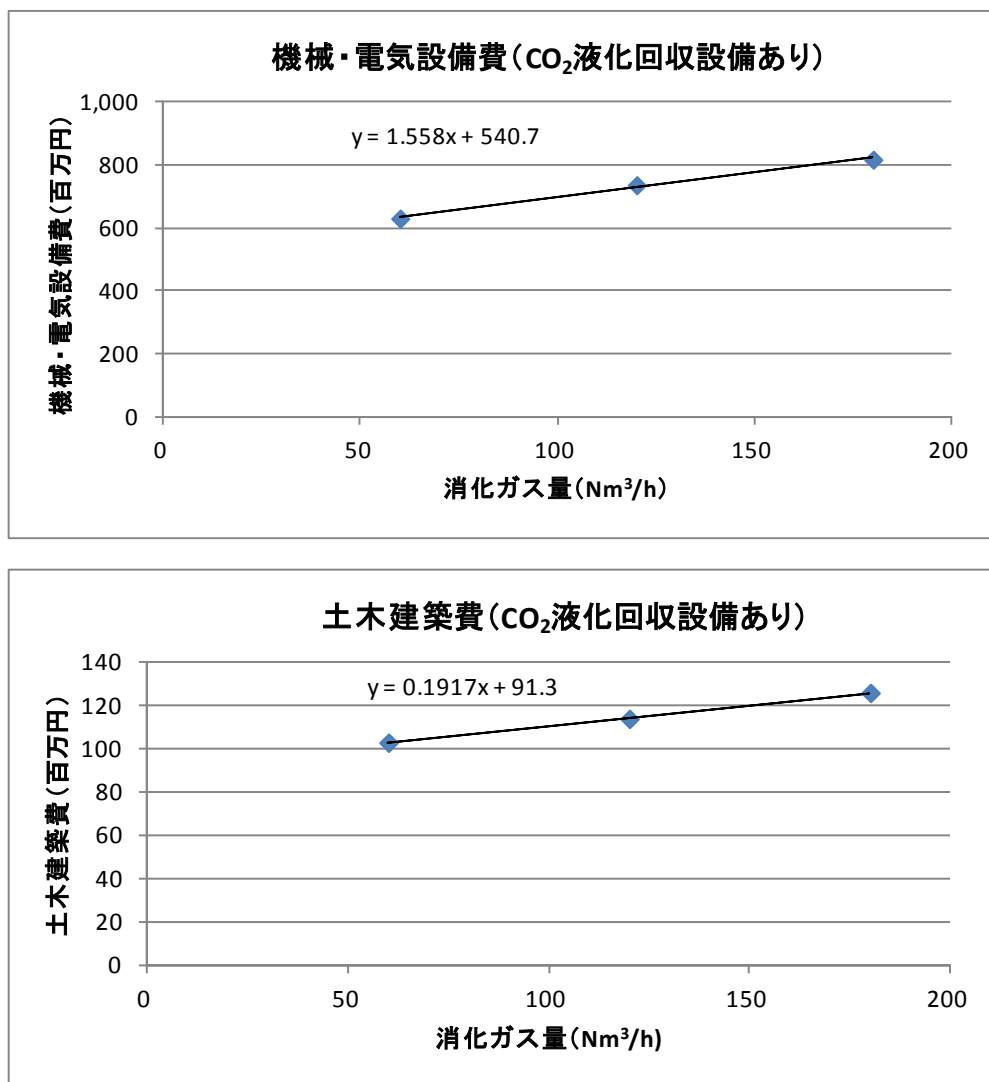
		単位	CO ₂ 液化回収設備あり	CO ₂ 液化回収設備なし
建設費	機械・電気設備費	百万円	$y_1 = 1.558x + 540.7$	$y_1 = 1.308x + 458.3$
	土木建築費	百万円	$y_2 = 0.1917x + 91.3$	$y_2 = 0.1667x + 77.0$
維持管理費	電力費	千円/年	$y_3 = 109.42x + 5,367.7$	$y_3 = 90.008x + 4,455.3$
	上水費	千円/年	$y_4 = 9.400x + 187.0$	$y_4 = 8.575x + 187.3$
	ポリシャー、薬品費	千円/年	$y_5 = 9.0250x + 0.7$	$y_5 = 8.4167x$
	交換膜費	千円/年	$y_6 = 1.583x + 648.3$	$y_6 = 1.583x + 648.3$
	フィルター費	千円/年	$y_7 = 8.358x - 0.3$	$y_7 = 7.367x$
	活性炭交換費	千円/年	$y_8 = 5.142x + 789.7$	$y_8 = 5.142x + 789.7$
	人件費	千円/年	$y_9 = 7,000 \times 2$	$y_9 = 7,000 \times 2$
	修繕費	千円/年	$y_{10} = 19.058x + 26,874$	$y_{10} = 15.450x + 24,660$
製造量	水素	Nm ³ /日	$y_{11} = 17.342x - 68.3$	$y_{11} = 16.167x - 64.0$
	CO ₂	kg/日	$y_{12} = 8.633x$	—
	エネルギー創出量	GJ/年	$y_{13} = 27.04x - 2,155$	$y_{13} = 25.97x - 2,139$
	温室効果ガス排出削減量	t-CO ₂ /年	$y_{14} = 3.558x - 239.3$	$y_{14} = 3.783x - 202.0$

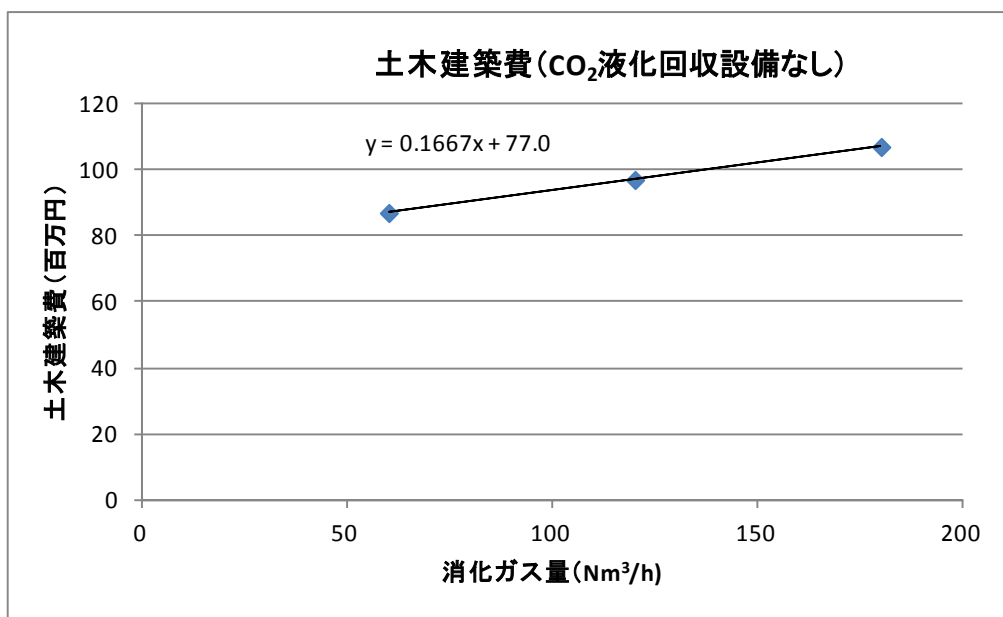
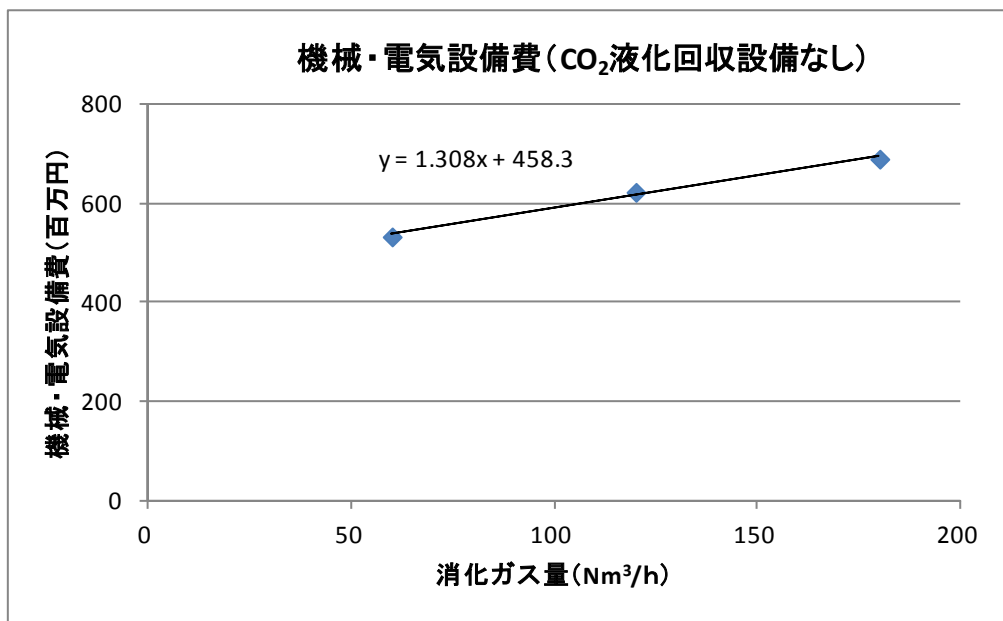
(1) 建設費

機械・電気設備費、土木建築費は規模別に積算を行い算出した。積算値を表資 2.1 - 2 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 1、図資 2.1 - 2 に示す。

表資 2.1 - 2 建設費 (単位：百万円)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
機械・電気設備費	630	533	736	623	817	690
土木建築費	103	87	114	97	126	107

図資 2.1 - 1 建設費の簡易算定式 (CO₂ 液化回収設備あり)



図資 2.1 - 2 建設費の簡易算定式(CO₂液化回収設備なし)

(2) 維持管理費

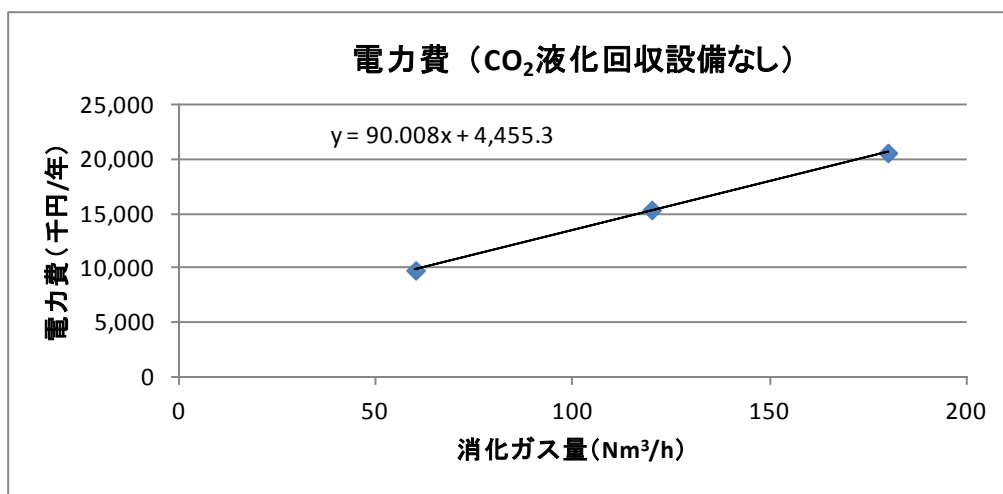
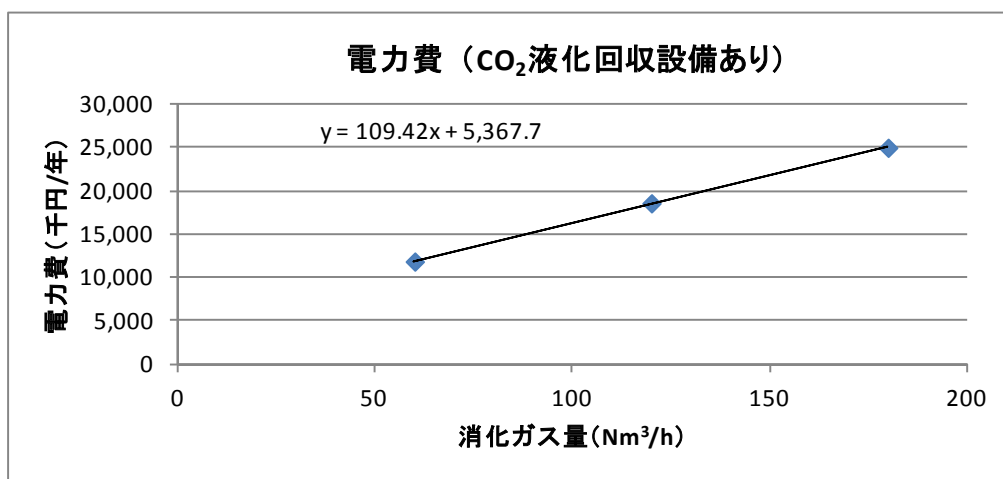
1) 電力費

水素ステーションの通常運転時間を 12 時間/日、夜間の待機運転時間を 8.5 時間/日、待機運転と通常運転との移行時間を 3.5 時間/日とし、前処理設備は 15.5 時間/日、水素製造設備、ユーティリティ設備は 24 時間/日、水素供給設備は 12 時間/日の運転を行うものとして電力費を算出した。また、各規模の使用電力は、実証設備にて確認した電動機容量に対する負荷率から、規模別に物質収支計算より設定した電動機容量に同じ負荷率をかけた算出した。規模別の電力費を表資 2.1 - 3 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 3 に示す。

表資 2.1 - 3 電力費

(単位：千円/年)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
電力費	11,880	9,803	18,603	15,362	25,010	20,604



図資 2.1 - 3 電力費の簡易算定式

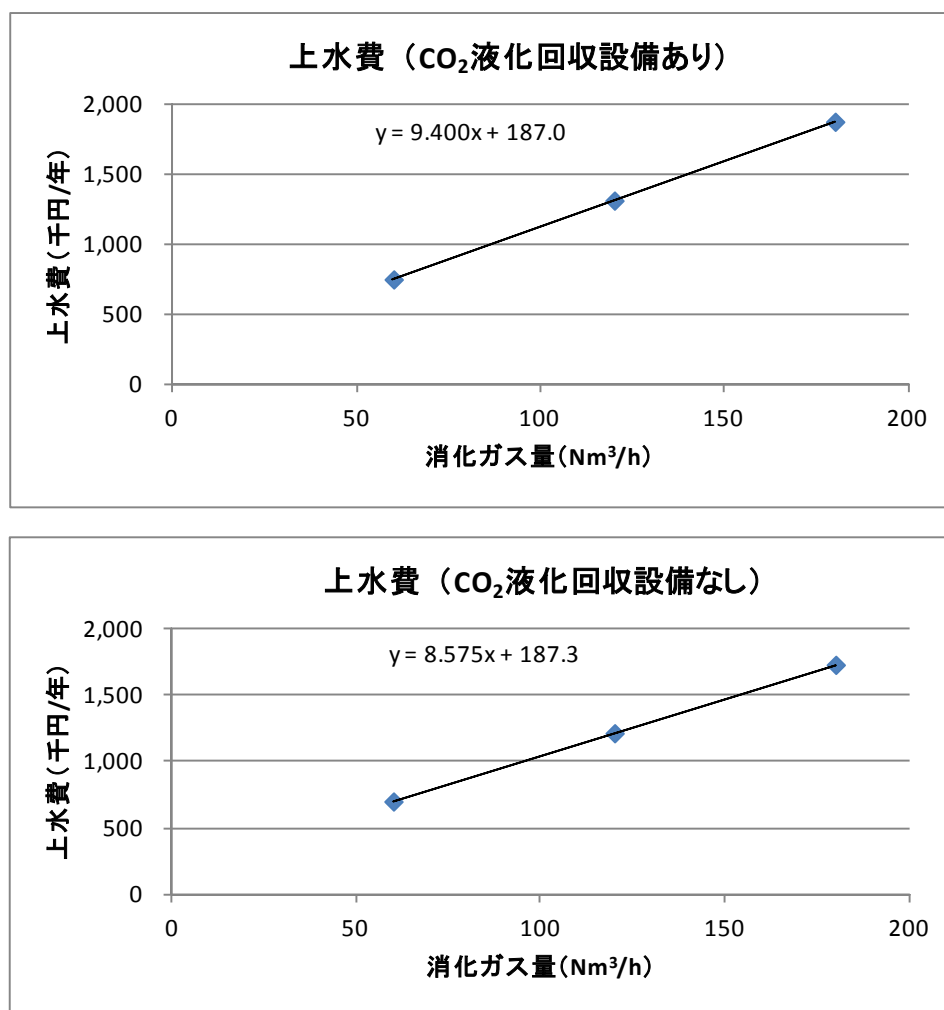
2) 上水費

上水費については、水素製造に必要な純水を製造するために使用する水量と冷却塔で消費される水量を計上した。純水を製造するために使用する水量は、処理するメタン量に比例するものとし、冷却塔で消費される水量は、冷却塔規模に比例するものとして算出した。規模別の上水費を表資 2.1 - 4 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 4 に示す。

表資 2.1 - 4 上水費

(単位：千円/年)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
上水費	751	702	1,315	1,216	1,879	1,731



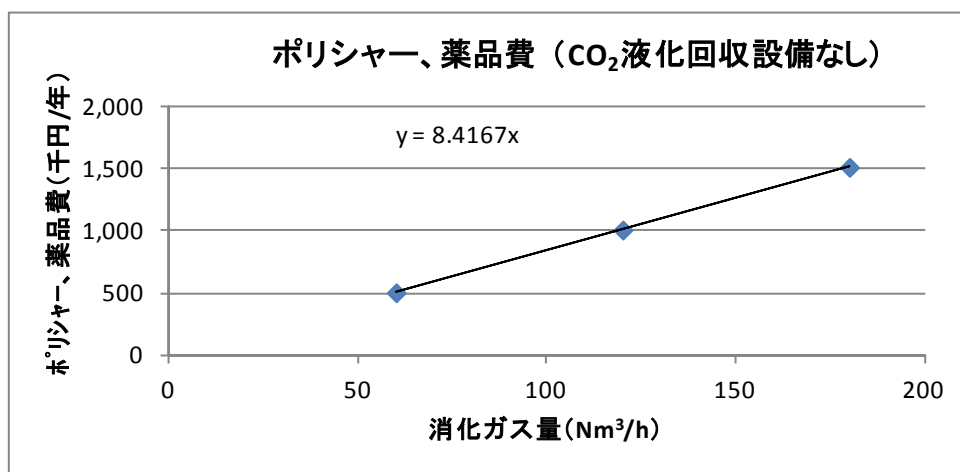
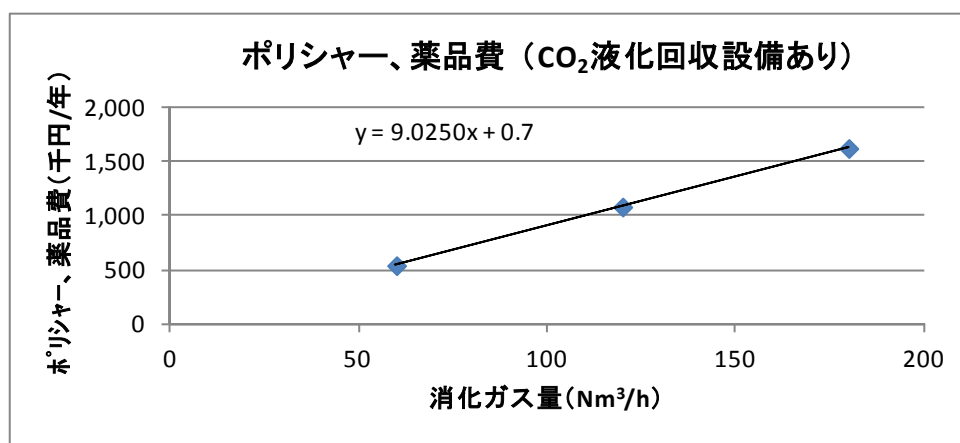
図資 2.1 - 4 上水費の簡易算定式

3) ポリシャー、薬品費

ポリシャー、薬品費は、純水を製造するために使用し、水素製造設備に供給するメタン量に比例するものとして算出した。規模別のポリシャー、薬品費を表資 2.1 - 5 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 5 に示す。

表資 2.1 - 5 ポリシャー、薬品費 (単位：千円/年)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
ポリシャー、薬品費	542	505	1,084	1,010	1,625	1,515



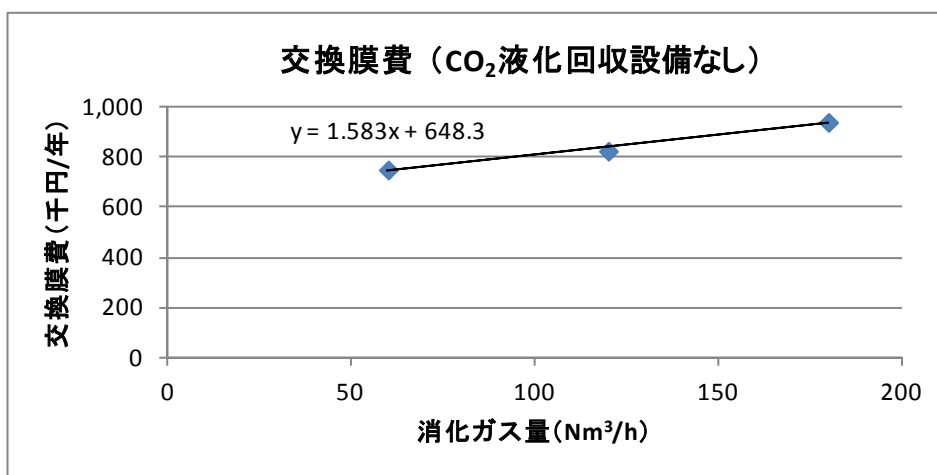
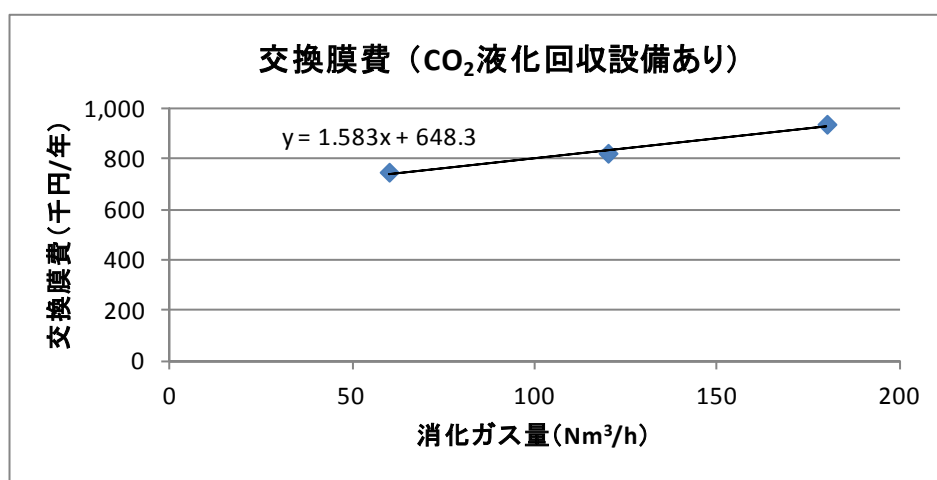
図資 2.1 - 5 ポリシャー、薬品費の簡易算定式

4) 交換膜費

交換膜費は、ガス分離膜装置の分離膜の交換費用で、10年に1回程度交換するものとして、規模別に算出した。規模別の交換膜費を表資2.1-6に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資2.1-6に示す。

表資2.1-6 交換膜費 (単位：千円/年)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
交換膜費	750	750	825	825	940	940



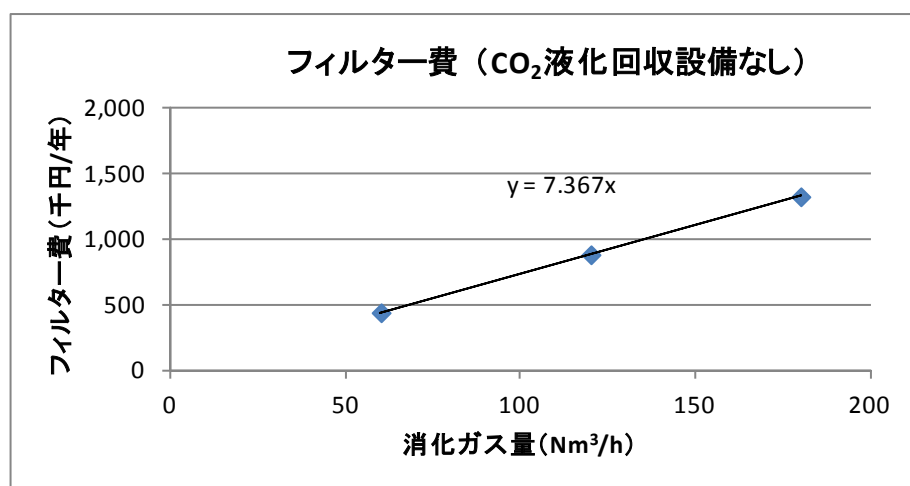
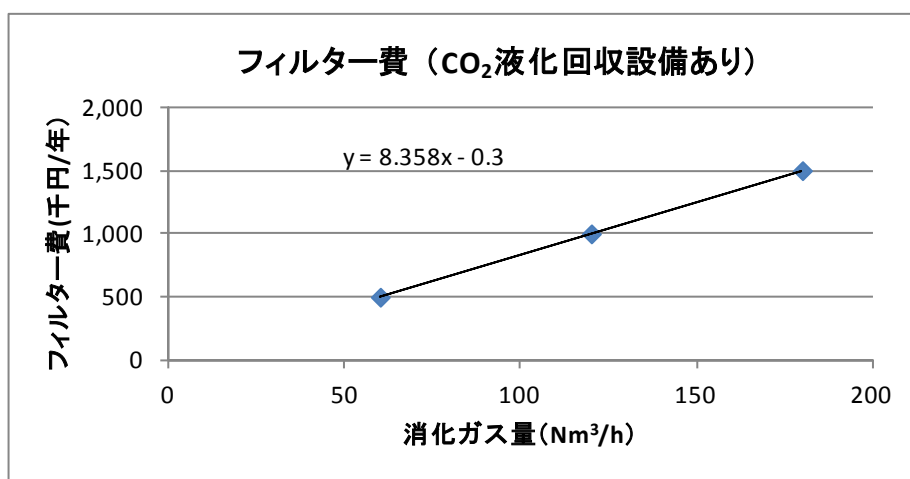
図資2.1-6 交換膜費の簡易算定式

5) フィルター費

フィルター費は、消化ガスに混入した異物を除去するためのガス分離膜の前段に設けられているフィルターの交換費用で、処理する消化ガス量をもとに、規模別に算出した。規模別のフィルター費を表資 2.1 - 7 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 7 に示す。

表資 2.1 - 7 フィルター費 (単位：千円/年)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
フィルター費	501	442	1,003	884	1,504	1,326



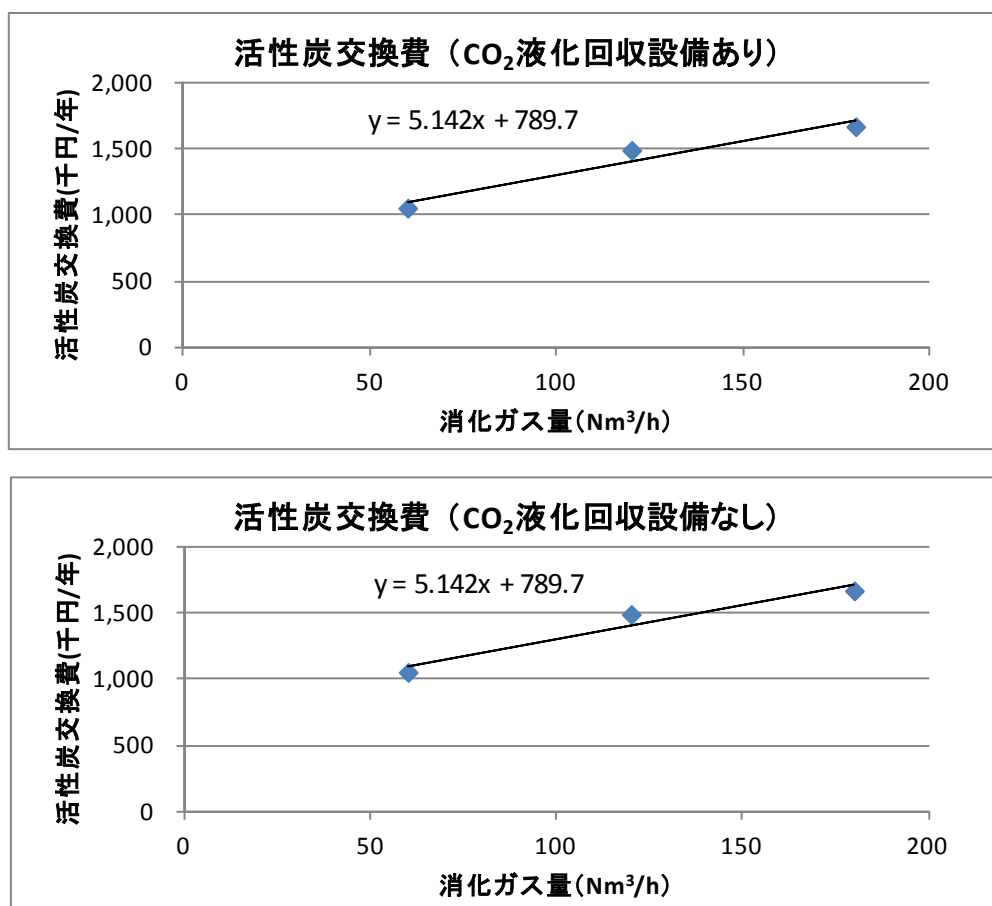
図資 2.1 - 7 フィルター費の簡易算定式

6) 活性炭交換費

活性炭交換費は、シロキサンを吸着除去するための活性炭の交換費用で、活性炭の交換は、処理する消化ガス量をもとに、規模別に算出した。規模別の活性炭交換費を表資 2.1 - 8 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 8 に示す。

表資 2.1 - 8 活性炭交換費 (単位：千円/年)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
活性炭費	1,055	1,055	1,493	1,493	1,672	1,672



図資 2.1 - 8 活性炭交換費の簡易算定式

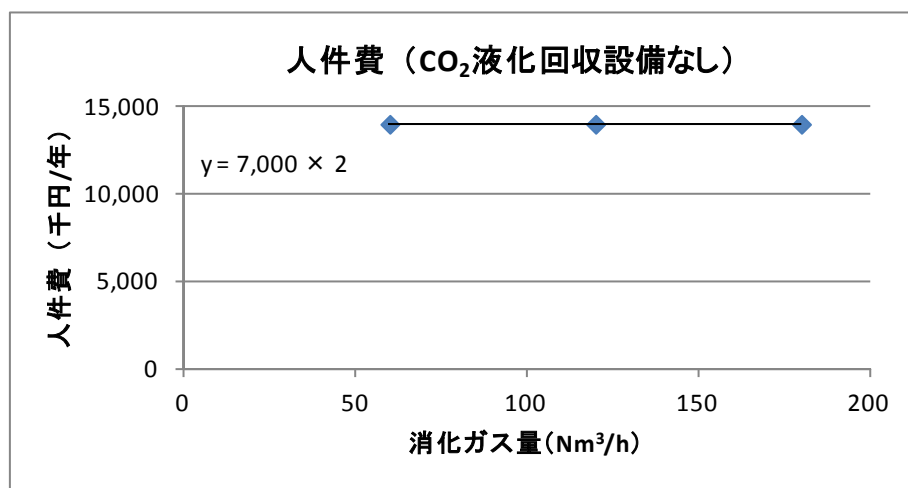
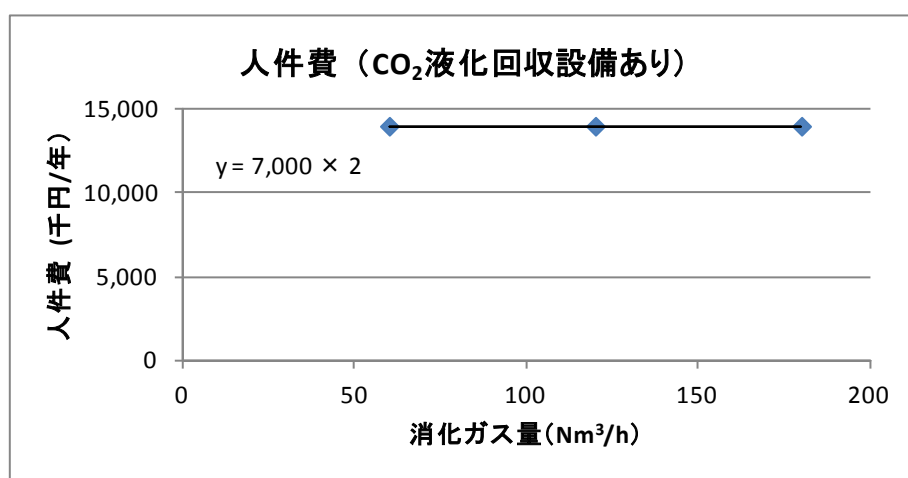
7) 人件費

人件費は、設備規模によらず2名にて運転を行うものとして、算出した人件費を表資 2.1 - 9 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 9 に示す。

表資 2.1 - 9 人件費

(単位：千円/年)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
人件費	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000



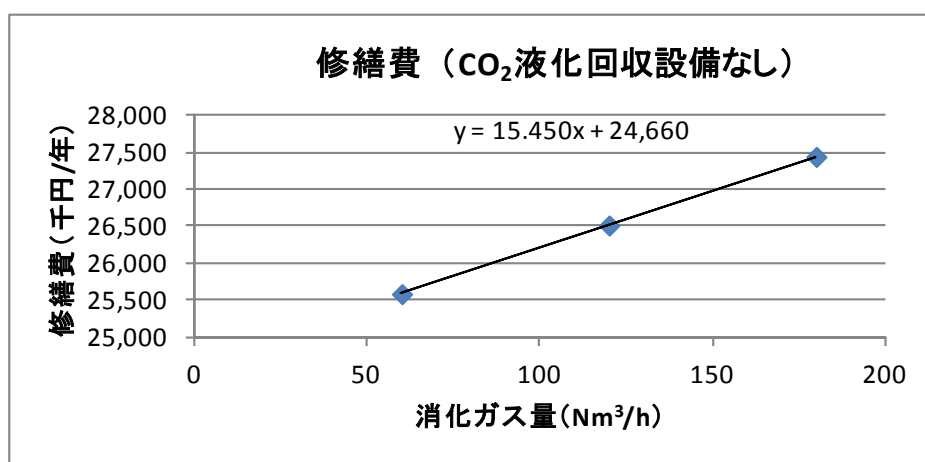
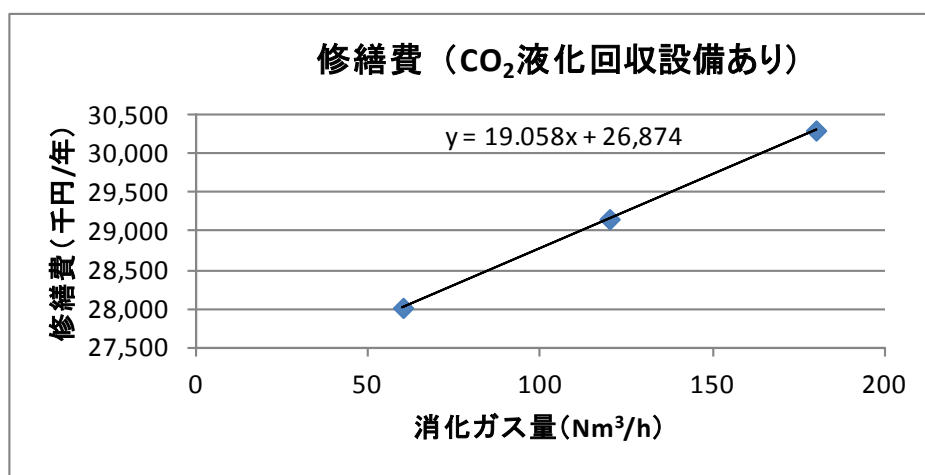
図資 2.1 - 9 人件費の簡易算定式

8) 修繕費

修繕費は、機器類の修繕費、高圧ガスに係る年1回の定期点検費（保安検査と定期自主検査）及び4年に1度の改質触媒の交換費である。これらの費用を規模別に積算した修繕費を表資 2.1 - 10 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 10 に示す。

表資 2.1 - 10 修繕費 (単位：千円/年)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
修繕費	28,017	25,587	29,161	26,514	30,304	27,441



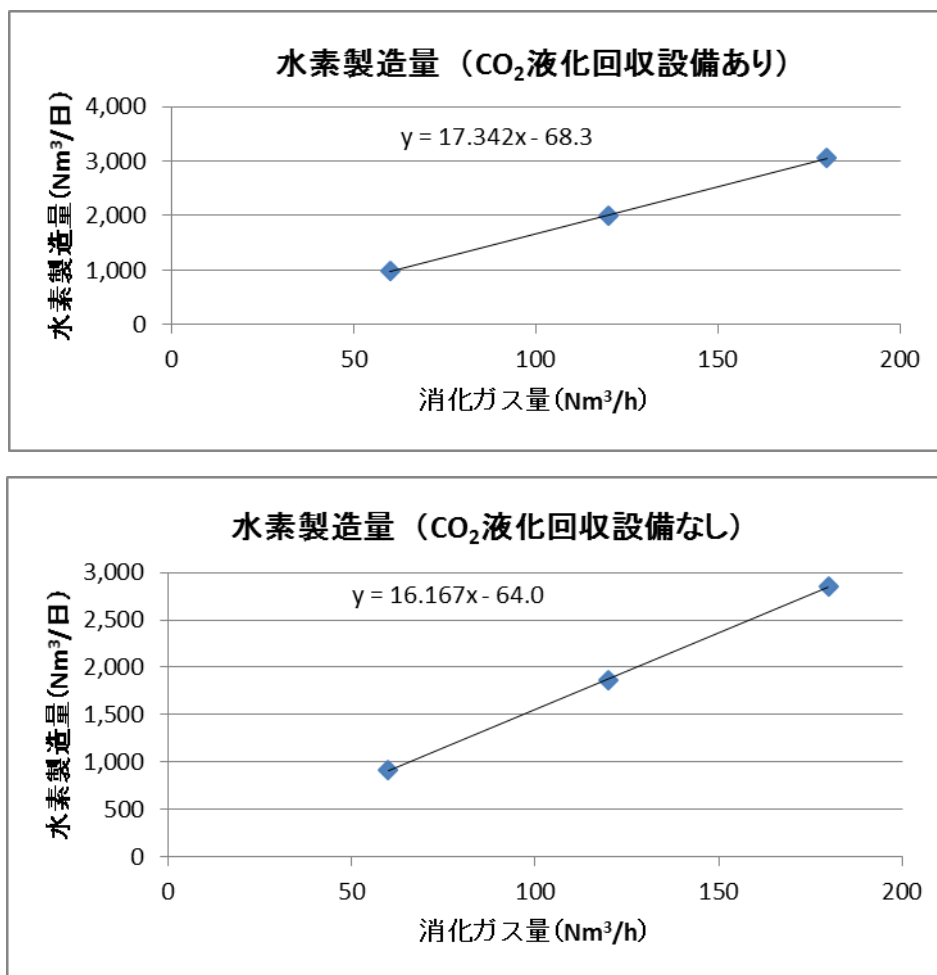
図資 2.1 - 10 修繕費の簡易算定式

(3) 水素製造量

水素製造量は、実証試験で得られたデータを基に物質収支から規模別の製造量を算出した。規模別の水素製造量を表資 2.1 - 11 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 11 に示す。

表資 2.1 - 11 水素製造量 (単位：Nm³/日)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
水素製造量	979	912	1,999	1,864	3,060	2,852



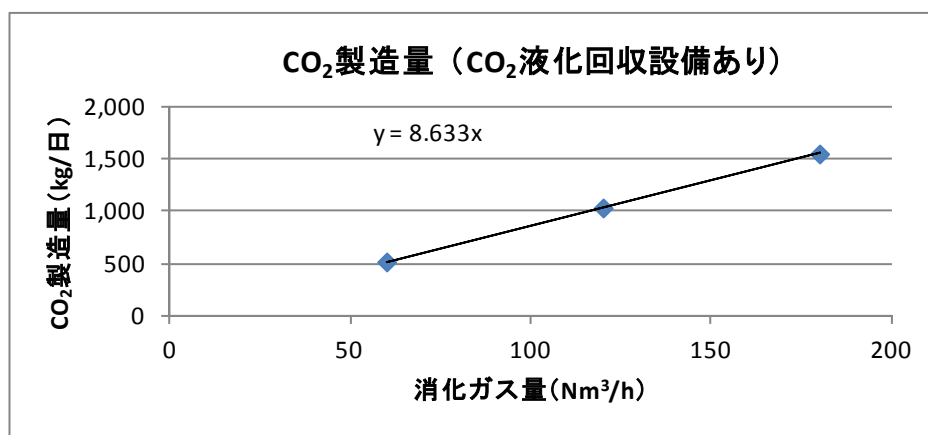
図資 2.1 - 11 水素製造量の簡易算定式

(4) CO₂ 製造量

CO₂ 製造(回収)量は、実証試験で得られたデータを基に物質収支から規模別の製造量を算出した。規模別の CO₂ 製造量を表資 2.1 - 12 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 12 に示す。

表資 2.1 - 12 CO₂ 製造量 (単位 : kg/日)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
CO ₂ 製造量	518	—	1,036	—	1,554	—

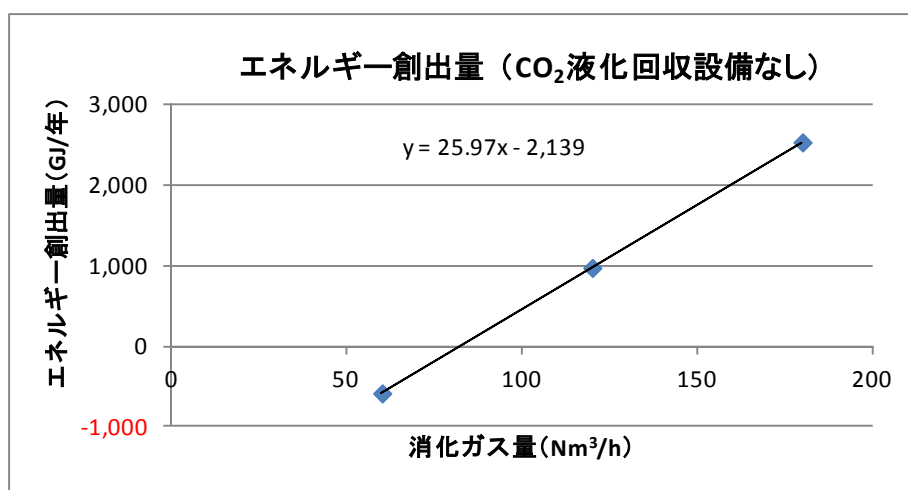
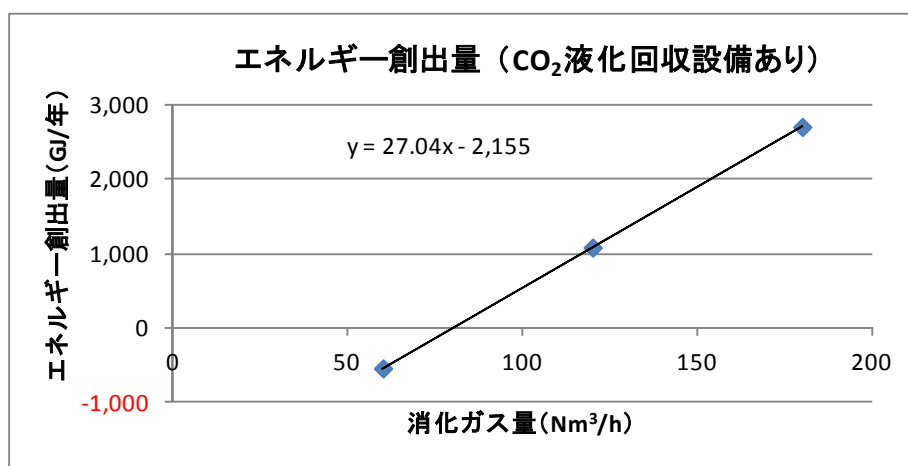
図資 2.1 - 12 CO₂ 製造量の簡易算定式

(5) エネルギー創出量

エネルギー創出量は、製造された水素が持つ熱量から水素製造に使用する電力の熱量を差し引いたものである。熱量算出にあたっては、水素の熱量を 10.8MJ/Nm^3 (LHV)、受電端投入熱量を 9.484MJ/kWh とした。規模別のエネルギー創出量を表資 2.1 - 13 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 13 に示す。

表資 2.1 - 13 エネルギー創出量 (単位: GJ/年)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
エネルギー創出量	-533	-581	1,091	977	2,712	2,535



図資 2.1 - 13 エネルギー創出量の簡易算定式

また、製造された水素が持つ熱量、水素製造に使用する電力の熱量の算出方法を表資 2.1 - 14 に示す。

表資 2.1 - 14 エネルギー創出量の算出方法

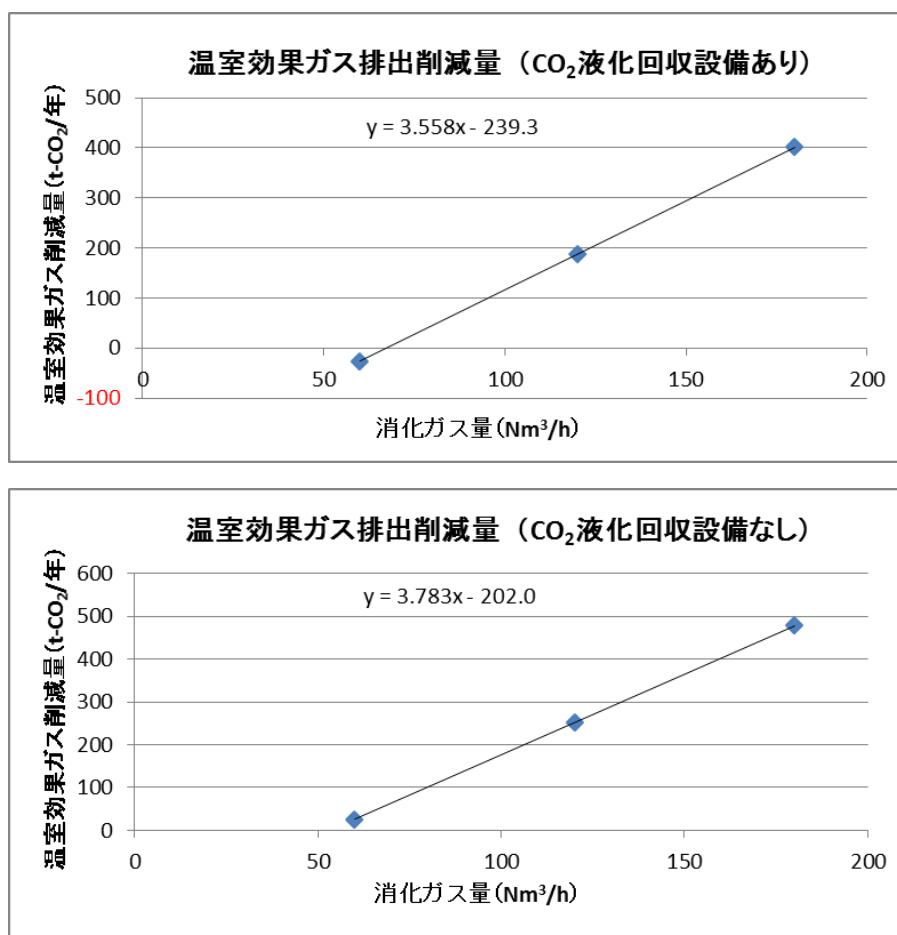
項目	単位	消化ガス量(Nm ³ /h)	60		120		180		備考
		CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし	
①消化ガス量	Nm ³ /日	消化ガス量Nm ³ /h×12時間	720	720	1,440	1,440	2,160	2,160	水素を製造する昼間12時間に使用する消化ガス量
②水素製造量	Nm ³ /日	簡易算定式y ₁₁	972	906	2,013	1,876	3,053	2,846	
③水素製造量	Nm ³ /年	②×345日	335,340	312,570	694,485	647,220	1,053,285	981,870	施設稼働日数:345日/年
【製造された水素が持つ熱量】									
④製造された水素が持つ熱量	GJ/年	③×10.8/1,000	3,622	3,376	7,500	6,990	11,375	10,604	水素の低位発熱量: 10.8MJ/Nm ³
【水素製造に使用する電力が持つ熱量】									
⑤水素製造に使用する電力量	kWh/年		438,100	417,231	675,742	634,005	913,384	850,779	実証試験の結果より算出
⑥水素製造に使用する電力が持つ熱量	GJ/年	⑤×9.484/1,000	4,155	3,957	6,409	6,013	8,663	8,069	受電端投入熱量: 9.484MJ/kWh
エネルギー創出量	GJ/年	④-⑥	-533	-581	1,091	977	2,712	2,535	

(6) 温室効果ガス排出削減量

温室効果ガス排出削減量は、水素で燃料電池自動車が行った距離と同じ距離を燃料電池自動車と同等の車格のガソリン車が走行したものとして、消費するガソリン由来のCO₂排出量から水素を製造して燃料電池自動車に供給するまでに使用するユーティリティ（電力、上水、活性炭）由来のCO₂排出量を差し引いて算出した。規模別の温室効果ガス排出削減量を表資 2.1 - 15 に、これらの値の一次近似より作成した簡易算定式を図資 2.1 - 14 に示す。

表資 2.1 - 15 温室効果ガス排出削減量 (単位: t-CO₂/年)

規模 (消化ガス量)	60Nm ³ /h		120Nm ³ /h		180Nm ³ /h	
CO ₂ 液化回収設備	あり	なし	あり	なし	あり	なし
温室効果ガス排出削減量	-26	25	188	252	401	479



図資 2.1 - 14 温室効果ガス排出削減量の簡易算定式

また、消費するガソリン由来のCO₂排出量、使用するユーティリティ由来のCO₂排出量の算出方法を表資 2.1 - 16 に示す。

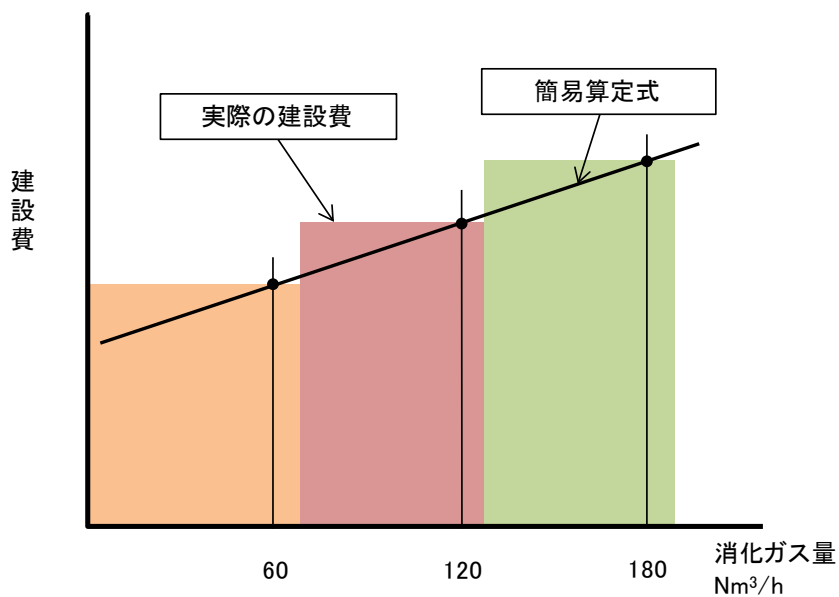
表資 2.1 - 16 温室効果ガス排出削減量の算出方法

項目	単位	消化ガス量(Nm ³ /h) CO ₂ 液化回収設備	60		120		180		備考
			あり	なし	あり	なし	あり	なし	
①消化ガス量	Nm ³ /日	消化ガス量Nm ³ /h × 12時間	720	720	1,440	1,440	2,160	2,160	水素を製造する昼間12時間に使用する消化ガス量
②水素製造量	Nm ³ /日	簡易算定式y ₁₁	972	906	2,013	1,876	3,053	2,846	
【ガソリン車が消費するガソリン由来のCO ₂ 排出量】									
③走行距離	km/日	② × 12.1	11,761	10,963	24,357	22,700	36,941	34,437	FCVの燃料消費率: 12.1km/Nm ³
④同走行距離のガソリン消費量	L/日	③/21.4	550	512	1,138	1,061	1,726	1,609	ガソリン車(ハイブリッド)の燃料消費率: 21.4km/L
⑤ガソリン車が消費するガソリン由来のCO ₂ 排出量	kg-CO ₂ /日	④ × 2.32	1,276	1,188	2,640	2,462	4,004	3,733	ガソリンのCO ₂ 排出係数: 2.32kg-CO ₂ /L
⑥ガソリン車が消費するガソリン由来のCO ₂ 排出量	t-CO ₂ /年	⑤ × 345/1,000	440	410	911	849	1,381	1,288	施設稼働日数: 345日/年
【水素を製造・供給するまでに使用するユーティリティ由来のCO ₂ 排出量】									
⑦水素製造・供給に使用する電力	kWh/日	簡易算定式y ₃ × 1,000/345/15	2,306	1,904	3,575	2,948	4,843	3,992	電力単価: 15円/kWh
⑧水素製造・供給に使用する電力のCO ₂ 排出量	kg-CO ₂ /日	⑦ × 0.579	1,335	1,102	2,070	1,707	2,804	2,311	電力のCO ₂ 排出係数: 0.579kg-CO ₂ /kWh
⑨上水使用量	m ³ /日	簡易算定式y ₄ × 1,000/345/290	7.5	7.0	13.1	12.2	18.8	17.3	上水単価: 290 円/m ³
⑩上水のCO ₂ 排出量	kg-CO ₂ /日	⑨ × 2.0	15	14	26	24	38	35	上水のCO ₂ 排出係数: 2.0kg-CO ₂ /m ³
⑪活性炭使用量	kg/日	消化ガス量Nm ³ /日 × 72/0.187/10 ⁶	0.43	0.43	0.87	0.87	1.30	1.30	夜間待機運転時も含めた 1日で使用する消化ガス 量、シロキサン濃度: 72mg/Nm ³ 、シロキサン平 衡吸着量: 18.7%
⑫活性炭のCO ₂ 排出量	kg-CO ₂ /日	⑪ × 0.26	0.11	0.11	0.23	0.23	0.34	0.34	活性炭のCO ₂ 排出係数: 0.26kg-CO ₂ /kg
⑬水素を製造・供給するまでに使用するユーティリティ由来のCO ₂ 排出量	kg/日	⑧+⑩+⑫	1,350	1,116	2,096	1,731	2,842	2,346	
⑭温室効果ガス排出削減量	kg/日	⑤-⑬	-74	72	544	731	1,162	1,387	
温室効果ガス排出削減量	t/年	⑭/1,000 × 345	-26	25	188	252	401	479	

II-2 簡易算定式の留意点

(1) 水素製造設備

水素製造設備は、処理能力が定められ標準化されており、簡易算定式を作成する際の規模は水素製造設備の現有するラインナップの処理能力にもとづき決定している。そのため、簡易算定式を作成した際の規模と、検討規模が異なる場合、簡易算定式により算出した建設費よりも実際の建設費が高くなる傾向にある。実際の建設費と簡易算定式の関係のイメージを図資 2.2 - 1 に示す。



図資 2.2 - 1 建設費と簡易算定式の関係イメージ図

(2) シロキサン濃度の影響

シロキサンの濃度により必要となる活性炭量が変わる。簡易算定式では、シロキサン濃度を $72\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、除去塔を2塔式として、1塔を1年に1回の交換頻度として消耗品費を算出しているため、シロキサン濃度が異なる場合は、活性炭交換費を簡易的に濃度比によって補正する。

II-3 推奨条件の算出について

第2章の§12に記す消化ガス使用量の推奨条件は、§14の表2-3に示す評価の前提条件及びCO₂液化回収設備を導入する場合にて、経費回収年とエネルギー創出量を算出し、経費回収年が設備の耐用年数である15年以下かつエネルギー創出量がゼロを越える消化ガス使用量とした。

§15の表2-5の評価結果より、消化ガス量120 Nm³/hから180 Nm³/hの範囲内で、経費回収年が15年以下かつエネルギー創出量がゼロを越える消化ガス使用量になることが判る。よって、経費回収年の算出は、簡易算定式を用いて、建設費、維持管理費、水素製造量及び液化二酸化炭素回収量を算出し、経費回収年を算出する。

表資2.3-1に示すとおり、簡易算定式を用いて、経費回収年とエネルギー創出量を算出した。これより、消化ガス使用量137 Nm³/h以上において、経費回収年が15年以下かつエネルギー創出量がゼロを越える結果となる。

なお、第2章の§12においては、消化ガス中のメタンガス濃度を60vol%に換算した消化ガス使用量131Nm³/hを、10Nm³/h単位で切り上げた140Nm³/hとして記している。

表資 2.3 - 1 消化ガス使用量による推奨条件の検討

条件	簡易算定式条件	メタン濃度60vol%換算後
消化ガス使用量	137Nm ³ /h	131Nm ³ /h
消化ガス中のメタン濃度	57.4%	60%
施設稼動日数	345日/年	同左
液化CO ₂ 回収設備	導入	同左
1. 経費回収年		
建設費	簡易算定式	金額
機械・電気設備費	$y_1 = 1.558x + 540.7$	754 百万円
土木建築費	$y_2 = 0.1917x + 91.3$	118 百万円
小計 ①		872 百万円
維持管理費	簡易算定式	金額
電力費	$y_3 = 109.42x + 5,367.7$	20,358 千円/年
上水費	$y_4 = 9.400x + 187.0$	1,475 千円/年
消耗品費		
ポリシヤー、薬品費	$y_5 = 9.0250x + 0.7$	1,237 千円/年
交換膜費	$y_6 = 1.583x + 648.3$	865 千円/年
フィルター費	$y_7 = 8.358x - 0.3$	1,145 千円/年
活性炭交換費	$y_8 = 5.142x + 789.7$	1,494 千円/年
人件費	$y_9 = 7,000 \times 2$	14,000 千円/年
修繕費	$y_{10} = 19.058x + 26,874$	29,485 千円/年
小計 ②		70.1 百万円/年
水素・CO ₂ 販売収入	簡易算定式	製造・回収量
水素製造量	$y_{11} = 17.342x - 68.3$	2,308 Nm ³ /日
CO ₂ 回収量	$y_{12} = 8.633x$	1,183 kg/日
	単価	
水素販売収入	100円/Nm ³	79.6 百万円/年
CO ₂ 製造量	120円/kg	49.0 百万円/年
小計 ③		128.6 百万円/年
年間収益 = ③ - ②		58.5 百万円/年
経費回収年 = ① / (③ - ②)		14.9 年
2. エネルギー創出量		
エネルギー創出量	簡易算定式	
エネルギー創出量	$y_{13} = 27.04x - 2,155$	1,549 GJ/年