

1 サウジ太陽光発電プロジェクト(2017年10月のニュースサイト記事)

サウジアラビア・エネルギー工業鉱物資源省 (MEIM) の再生可能エネルギープロジェクト開発オフィス (REPDO) は10月3日、サウジアラビア北部サカーカに建設予定の300MW太陽光発電所の入札式を行った。今回のプロジェクトは、同国の国家再生可能エネルギープログラム (NREP)の第1号案件。入札では今年4月17日に募集要項が発表され27件の応募があった。その中から8件が入札資格認定を受け、今回8件の入札結果が発表された。

入札コンソーシアム	完了予定日	設備容量 (MW)	均等化発電原価 ^(*) (米セント/kWh)
マスダール (アブダビ)	2019/6/7	300	1.78567
Acwa Power (サウジアラビア)	2019/3/31	300	2.342
丸紅 (日本)	2019/4/14	310	2.66
エンジー (フランス)	2019/7/12	381	2.77
日揮 (日本)	2019/4/30	355	2.784
三井物産 (日本)	不明	300	2.856
トタル (フランス)	2019/5/2	300	2.859
コブラ (スペイン)	2019/4/30	300	3.366

8件の入札のうち、マスダールは1kwh当たり2セントを下回る金額で入札。それ以外も2セント台が6件と大勢を占め、太陽光発電の価格が世界的に大きく下がってきていることが伺える。2セントを下回る太陽光発電が可能な背景には、土地価格が非常に低いこと、政府への登録免許税等も低いこと、プロジェクト融資での金利コストも低いこと、設備輸入時のタリスエスカレーション効果などが挙げられる。日本での太陽光発電の均等化発電原価 (LCOE) は約24円と言われており、大きな差がある。また、今回の入札では日本勢が3件と多いことにも注目が集まる。^(*)

今後REPDOが入札内容を精査し、最終選考候補を11月28日に発表する。最終受注者は2018年1月27日発表される予定。受注者は25年間のPPA (電力国入契約) をサウジアラビアの大手企業グループ・アブドゥル・ラティフ・ジャミールとの間で結ぶ。

再生可能エネルギープロジェクト開発オフィスは、サウジアラビアの長期国家戦略「ビジョン2030」に向け、国家再生可能エネルギープログラム (NREP) を推進し、2020年までに再生可能エネルギー発電所3.45GWの建設を進め、さらに2023年までに9.5GWに拡大する。2030年には、電源構成を天然ガス70%、再生可能エネルギー30%にし、現状の石油依存から脱却する計画。今年8月には、第2号案件の風力発電所400MWでも、25社に対し入札を募った。こちらの入札は2018年1月に締め切られる予定。

(*) 均等化発電原価: 発電所に必要な全コストを発電期間の全発電量で割った値

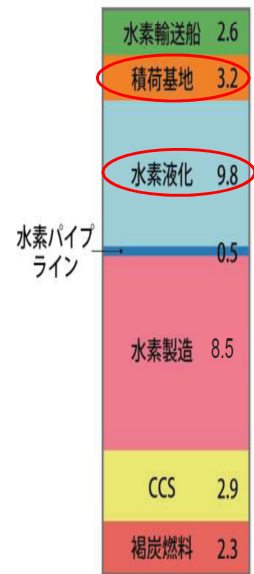
(*) 傾斜関税のこと。製造業を保護するために原材料から半製品、製品へと加工度が高まるにつれて関税率が高くなっていく関税構造をいう。

出典: <https://sustainablejapan.jp/2017/10/15/saudi-arabia-solar-300mw/28488>

為替レート: 110円/USDとすると、1.78567 US \$ /kWh = 1.97 円/kWh の発電原価となる。

2 サウジ NREP 第1号案件の安い電力がそのまま水素液化と積地基地に使用できるとした場合の各々の運営費の推算 (by IAE)

()無しはKHIデータ		【共通】	①	【根拠】
水素製造量	億Nm ³ /年	25.1	①	(表3)
全体運営費	億円/年	450	②	(図7)
全体電気代の割合	%	43	③	(図7)
為替レート	円/A\$	81	④	(表4)
旧電力単価	A\$/MWh	70	⑤	(表4)
〃	円/kWh	5.67	⑥=④×⑤	
新電力単価(by IAE)	円/kWh	1.97	⑦	(前頁)



		【水素液化機】	【積地基地】	
工程別電力消費割合	%	47	1	⑧ (図8)
旧電力代	億円/年	90.9	1.9	⑨=②×③×⑧
〃	円/Nm ³	3.6	0.1	⑩=⑨/①
電力消費量	kWh/Nm ³	0.64	0.01	⑪=⑩/⑥
新電力代 (by IAE)	円/Nm ³	1.3	0.0	⑫=⑦×⑪
電力代低減額 (by IAE)	円/Nm ³	2.4	0.1	⑬=⑩-⑫
旧運営費	円/Nm ³	9.8	3.2	⑭ (右図)
新運営費 (by IAE)	円/Nm ³	7.4	3.1	⑮=⑭-⑬

(KHI公開資料)

表3 水素チェーンモデル規模

項目	値
褐炭消費量	4.74M トン/年(到着ベース)
水素製造量 (CIF)	0.764MTOE/年
	2.51GNm ³ /年
	225,500 トン/年
CO ₂ 貯留量	4.39M トン/年
水素輸送船	160,000m ³ ×2 隻

表4 運営費算出の前提となる主要単価

項目	値	備考
褐炭	15A\$/トン	コンベヤーによる直接搬送 (重量は水分含む到着ベース)
電気	70A\$/MWh	再生可能エネルギー由来電力、化石燃料発電およびCO ₂ 貯留またはカーボンオフセット
水	2A\$/トン	
CO ₂ 処理	15A\$/トン	CarbonNet 貯留費用
為替レート	81¥/A\$	1991年～2010年の平均 ⁹⁾
	0.61€/A\$	
	0.73US\$/A\$	

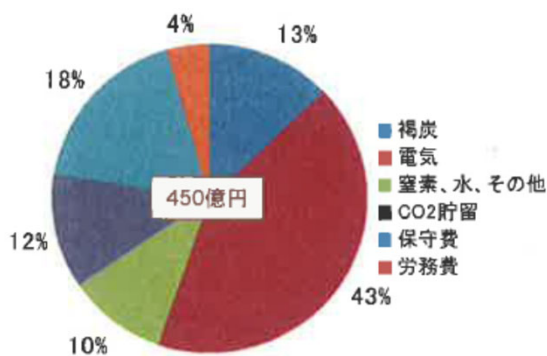


図7 水素チェーンモデルの運営費

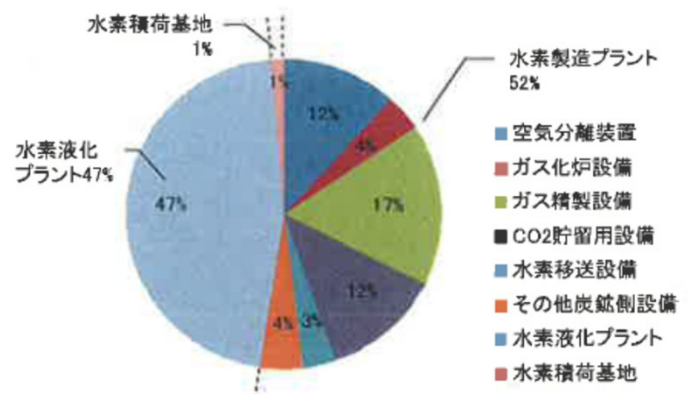


図8 水素チェーンモデルの電力消費内訳

(出典: 山下誠二、他、低炭素社会に向けた水素チェーンの実現可能性検討, Journal of Japan Society of Energy and Resources, Vol.35, No.2))

3 サウジ太陽光由来水素サプライチェーンのコスト (by IAE)

3. 1 水電解水素製造のコスト

1) 設備費	26 万円/(Nm ³ -H ₂ /h)	(NEDO目標値)
稼働年数	10 年	(IAE設定)
設備利用率	32 %	(総発電電力量と定格出力よりIAEにて算出)
固定費	9.3 円/Nm ³ -H ₂	
2) 水電解電力消費量(理論)	3.54 kWh/Nm ³ -H ₂	
水電解効率	80 %	(IAE設定 見直し)
水電解電力消費量(実際)	4.43 kWh/Nm ³ -H ₂	
電力単価	1.97 円/kWh	(前頁サウジ NREP 第1号案件の発電原価)
電力費	8.7 円/Nm ³ -H ₂	
3) 水の費用	1 円/Nm ³ -H ₂	(根拠: 次頁参照)
4) 水素製造コスト(1)~3)の合計)	19.0 円/Nm ³ -H ₂	

3. 2 サウジの太陽光由来水素サプライチェーンのコスト

①水素製造 (by IAE)	19.0 円/Nm ³ -H ₂	(上記4))
②水素パイプライン (by KHI)	0.5 "	(前頁KHI公開資料図)
③水素液化 (by IAE)	7.4 "	(前頁⑮)
④積荷基地 (by IAE)	3.1 "	(前頁⑮)
⑤水素輸送船 (by KHI)	2.6 "	(前頁KHI公開資料図)
合計	32.7 円/Nm ³ -H ₂	

4 パタゴニアの風力由来水素サプライチェーンのコスト

(水電解水素製造設備の稼働年数と設備利用率の修正データが得られていないので、見直しは未実施)

4. 1 水電解水素製造のコスト

1) 設備費	26 万円/(Nm ³ -H ₂ /h)	(NEDO目標値)
稼働年数	10 年	(IAE設定)
設備利用率	45 %	(別紙 IAE 村田のFS。風力発電と同期稼働)
固定費	6.6 円/Nm ³ -H ₂	
2) 水電解電力消費量(理論)	3.54 kWh/Nm ³ -H ₂	
水電解効率	80 %	(IAE設定 見直し)
水電解電力消費量(実際)	4.43 kWh/Nm ³ -H ₂	
電力単価	3.5 円/kWh	(別紙 IAE 村田のFS)
電力費	15.5 円/Nm ³ -H ₂	
3) 水素製造コスト	22.1 円/Nm ³ -H ₂	

4. 2 パタゴニアの風力由来水素サプライチェーンのコスト

①水素製造コスト (by IAE)	22.1 円/Nm ³ -H ₂
④水素パイプライン (by KHI)	0.5 "
⑤水素液化 (by KHI)	9.8 "
⑥積荷基地 (by KHI)	3.2 "
⑦水素輸送船 (by KHI)	2.6 "
合計	38.2 円/Nm ³ -H ₂

5 水電解水素製造における水の使用量 & 費用

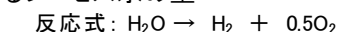
(第8回&9回のシナリオ研でいただいたコメントのフォロー)

<考え方>

- ① 水電解はアルカリ法で運転温度は80℃とする。
- ② 水電解の効率ロス分が熱になり、発熱とプロセス水の蒸発が運転温度でバランスする。
- ③ 水素or酸素に同伴して蒸発水は水洗浄塔に送られる。
- ④ 水洗浄塔で水素or酸素は循環洗浄水で冷却され、塔頂より40℃で系外に流出する。40℃の飽和蒸気圧の水分がロスする。
- ⑤ 水洗浄塔での水蒸気の凝縮熱(80℃⇒40℃の潜熱&顕熱)は循環洗浄水ラインの熱交換器で徐熱される。
- ⑥ 全発熱量がこの熱交換器で徐熱される。
- ⑦ 冷却水のブローダウン(メークアップ)は循環冷却水量の5%とする。

<プロセス水>

1 反応により消費されるプロセス水の量

理論水量: 1 mol/mol-H₂18 kg/2 kg-H₂18 kg/22.4 Nm³-H₂0.804 kg/Nm³-H₂

消費水量: 理論水量 × 1.1 とする。(ブローダウンを含む)

0.884 kg/Nm³-H₂

2 水素&酸素に同伴されて系外に出るプロセス水の量

系外流出温度: 40℃ とする。

40℃の水蒸気圧: 7.375 kPa

同伴水量: 0.109 Nm³-H₂O/Nm³-H₂0.088 kg-H₂O/Nm³-H₂

3 メークアッププロセス水の量と費用

メークアッププロセス水の合計量: 0.972 kg/Nm³-H₂

プロセス水の単価: 250 円/ton

プロセス水の費用: 0.243 円/Nm³-H₂

<冷却水>

水素の発熱量(HHV): 3.54 kWh/Nm³-H₂(LHV): 3.00 kWh/Nm³-H₂

水電解効率: 80 % (R1)

水電解効率ロス: 20 %

水電解電力消費量: 4.425 kWh/Nm³-H₂発熱量: 0.885 kWh/Nm³-H₂要除熱量: 761 kcal/Nm³-H₂

80℃の水蒸気圧: 47.36	kPa
蒸発水量: 0.701	Nm ³ -H ₂ O/Nm ³ -H ₂ (O ₂ 発生に相当する蒸発水も含む)
0.563	kg-H ₂ O/Nm ³ -H ₂ (同上)

熱交換器入出の冷却水の温度差: 20℃

循環冷却水量: 38.1 kg-H₂O/Nm³-H₂

ブローダウン率(メークアップ率): 5.0 %

メークアップ冷却水量: 1.9 kg-H₂O/Nm³-H₂

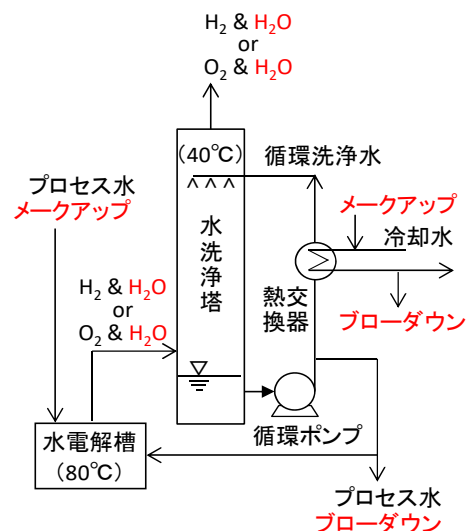
冷却水の単価: 250 円/ton

冷却水の費用: 0.476 円/Nm³-H₂

<プロセス水と冷却水の合計のメークアップ水量と費用>

メークアップ水量の合計: 2.9 kg-H₂O/Nm³-H₂

冷却水の単価: 250 円/ton

メークアップ水の費用の合計: 0.72 円/Nm³-H₂take 1 円/Nm³-H₂

水電解水素製造システムフロー図 (想定 by IAE)