

# 低温太陽熱温度差発電の用途、効果

干ばつ、砂漠化が言われて数十年、今も毎年1,200万haの緑地が失われています。  
緑あって「砂漠を緑に」の検討の機会をいただきました。

## (1)要件、課題

「砂漠を緑に」するためには、

①緑化の生産性から、淡水コストは  
 利用箇所では**50円/m<sup>3</sup>以下**、  
 送水/配水コストを**20~30円/m<sup>3</sup>**  
 とすれば、  
 造水コストは**30~20円/m<sup>3</sup>以下**  
 ⇒ 既往の淡水化方式では無理

②その際、**濃縮水の処理**  
 ⇒ 濃縮水の海洋投棄は続けられない。

③膨大な造水/送水/配水に伴う  
**電力のコストと熱源の質**  
 ⇒ 使用電力、コストを下げることに  
 ⇒ 膨大な電力を化石燃料で賄うのは砂漠化防止、環境保全に逆行

**第一もったいない!**



**新しい海水淡水化方式  
 新しい発電システムが  
 必要**

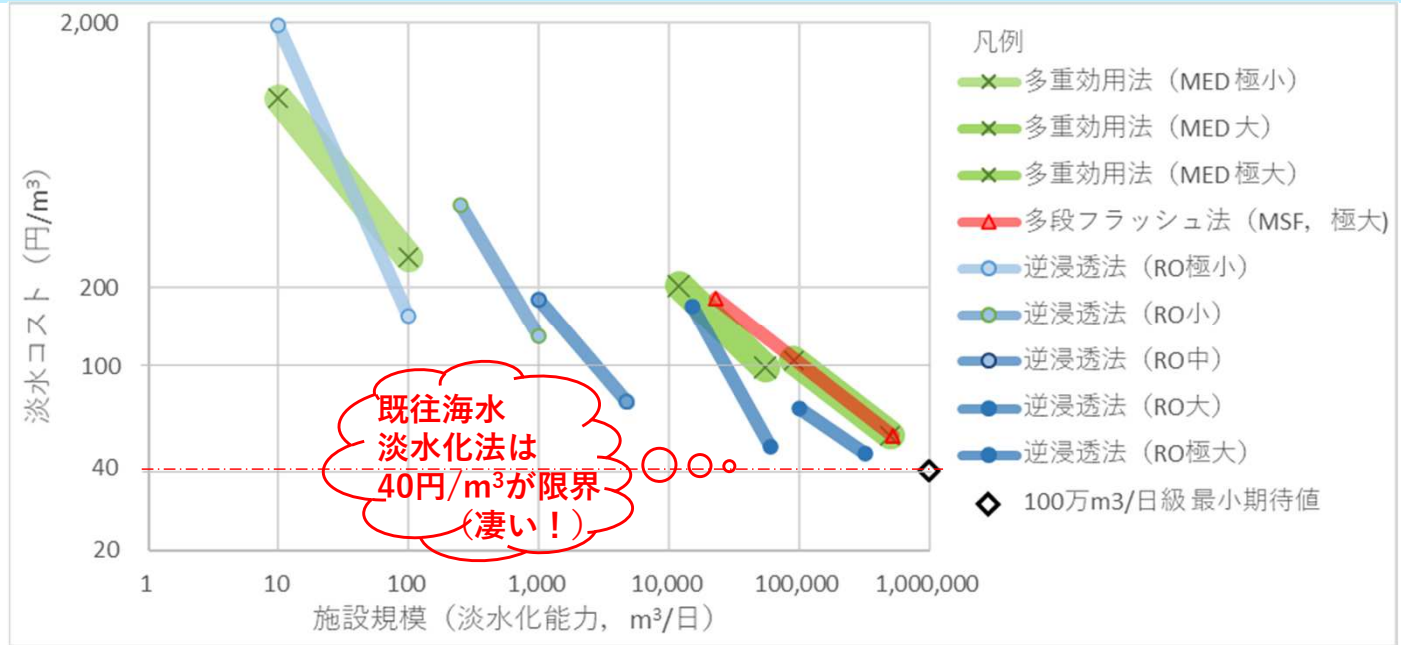


図-1 既往淡水方式の淡水コスト

表-1 既往淡水方式の特徴、実績、使用エネルギー

	淡水化方式	特徴	淡水コスト	淡水化能力(実績)		使用エネルギー	備考
			円/m <sup>3</sup>	百万m <sup>3</sup> /日	構成比	kWh/m <sup>3</sup>	
既往技術	多段フラッシュ法 (MSF) (Multi-Stage Flash Distillation)	伝統的手法。水質を問わないが、使用エネルギー/環境負荷は大きい。	188	17	17.9%	25	表層水
	多重効用法 (MED)	MSFに類似するも、温度差の段階的減で効率を改善	256	6	6.3%	23	表層水
	逆浸透法 (RO) (Reverse Osmosis)	使用エネルギーはMEDの約1/5。原液の汚染度(ファウリング)に弱い。	155	65	68.4%	7	表層水
	電気透析法 (ED) (Electrodialysis)	エネルギーは電荷(塩分濃度)による。汽水(塩分3%以下)向き	50~100	2	2.1%	5~10	汽水
	その他	目的、立地条件による選択肢	200前後	5	5.3%	—	表層水
	合計	—	—	95	100.0%	—	表層水
	新技術	疎RO海水分離法 (LRSS) (Loose RO Seawater separation)	低コスト高濃縮に適する。実証を要するが、要素は既往技術	16~30	—	—	2.3
	吸収式ヒートポンプ(AHP) (Absorption heat pump system)	必要エネルギーは小さく、太陽熱の利用も可能。試作、実証を要する。	同上水準	—	—	0.7	表層水/深層水

↑ 上段1,000m<sup>3</sup>/日、下段100,000m<sup>3</sup>/日規模

# (2) 海水分離

海水分離工法は濃度に応じ選定する。図-2に濃度別の海水分離法を示す。

塩分濃度が低いときは電気透析(ED)、塩分濃度が上昇するとRO膜、一部塩類を逃すことで濃縮度を上げる方法に製塩用疎RO膜、濃縮度が飽和溶解度に近づくと膜に塩が析出し、これ以上の水の分離は蒸発法(ここではTC缶)に依る。疎RO膜で水分の90%は分離されており、使用エネルギーは少ない。

図-3に海洋深層水分離フロー、表-2に各段階における透過水と濃縮水の成分表を示す。淡水コストは環境条件に依るため、モデルケースで概略設計と積算を経て求められる。表-3~5に試算例を示す。

施設費と運用費は副産物と分離しづらいため全体の数値になるが、淡水18,000m<sup>3</sup>/日に対し、投資額は43億円、売り上げは16億円、原価は6.5億円(原価率は40%)、**ROAは20%**(税引き前)となり、「砂漠を緑に」は**優良な営利事業**となる。

濃度(%)	1.0	3.3	6.0	10	18	26	65	100
水分量(ℓ/m <sup>3</sup> )		96.7	51.7		15	9		2
分離工法	ED	ED	ED	RO	RO	疎RO	疎RO	TC

濃度と分離法の最適化

図-2 塩分濃度と分離法の使い分け

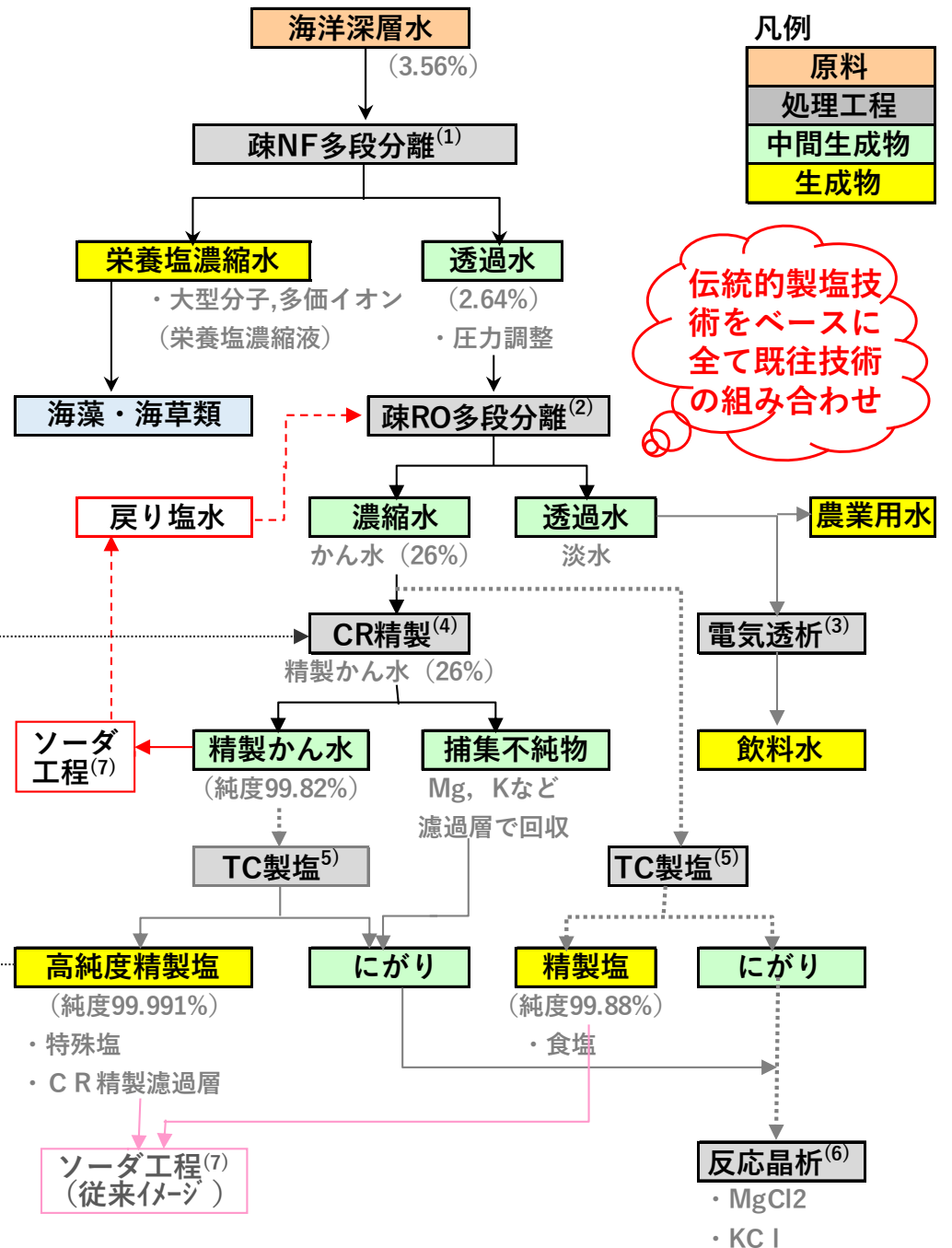


図-3 海洋深層水分離フロー

# (3)成分、コスト

表-2 成分表(NF精製→RO濃縮→CR精製(かん水利用)→TC塩(精製/CR濾過層用))

	深層水原水		NF精製透過水(圧力3Pa)			RO濃縮水			CR精製かん水			CR・TC塩(濾過層用)		
	含有量	構成比	除去率	残存	構成比	除去率	残存	構成比	除去率	残存	構成比	除去率	残存	構成比
水分濃度	1,000,000	3.56%		1,000,000	2.64%		131,950	20%		100,030	26.13%		2,000	93%
NaCl	27,357	76.94%	5.6%	25,826	97.67%	0.2%	25,774	97.67%	-1.2%	26,088	99.82%	2.0%	25,566	99.991%
その他	8,201	23.06%	92.5%	615	2.33%	0.2%	614	2.33%	92.5%	46	0.18%	95.0%	2	0.009%
合計	35,557	100.00%		26,440	100.00%		26,388	100.00%		26,134	100.00%		25,569	100.00%

工業塩として出荷可能

表-3 施設仕様/工事費

仕様	取水施設		海水分離/製塩施設	
	取水量	5.0 万m <sup>3</sup> /日	原水	2.5 万m <sup>3</sup> /日
管径φ	720 mm	栄養塩濃縮水	0.5 "	
延長L	8.0 km	淡水	1.8 "	
水頭△H	25.4 m	製塩	19.0 万ト/年	
工事費	取水管	490 百万円	NF	100 百万円
	敷設	470 "	RO	950 "
	管防護工	160 "	CR	80 "
	ピット	90 "	TC	520 "
	諸経費	360 "	建造物	90 "
	建物他	60 "	諸経費	520 "
	調査計画他	300 "	計	2,260 "
	予備費	70 "	投資計	4,260 "
計	2,000 "			

表-4 売上/収支

	生産量	単価	売上	
	万m <sup>3</sup> /日	円/m <sup>3</sup>	百万円/年	
冷熱	5.00	40	700	
海水分離	原水	2.50	10	91
	淡水	1.75	30	192
	栄養塩	0.50	30	55
	濃縮水	0.25	0	0
	小計	5.00	-	338
製塩(ト/日)	520	3,000	569	
収支	売上計		1,607	
	原価		649	
	粗利		958	
	販管費		100	
	税引前利益		858	

表-5 原価

プロセス	費目	金額
取水	電気料	19 百万円/年
	その他	3 "
海水分離	NF 電気料	14 "
	NF 膜交換	4 "
	RO 電気料	137 "
	RO 膜交換	20 "
製塩	CR 電気料	0 "
	CR その他	17 "
TC	TC 電気料	131 "
	TC その他	52 "
	減価償却費	153 "
	人件費(原価)	100 "
	計	649 "

淡水価格30円/m<sup>3</sup>で、原価率40%、ROA 20%(投資回収に5年)

「砂漠を緑に」は啓蒙段階を過ぎ、実践段階にある。

## (1) LSTECの構成

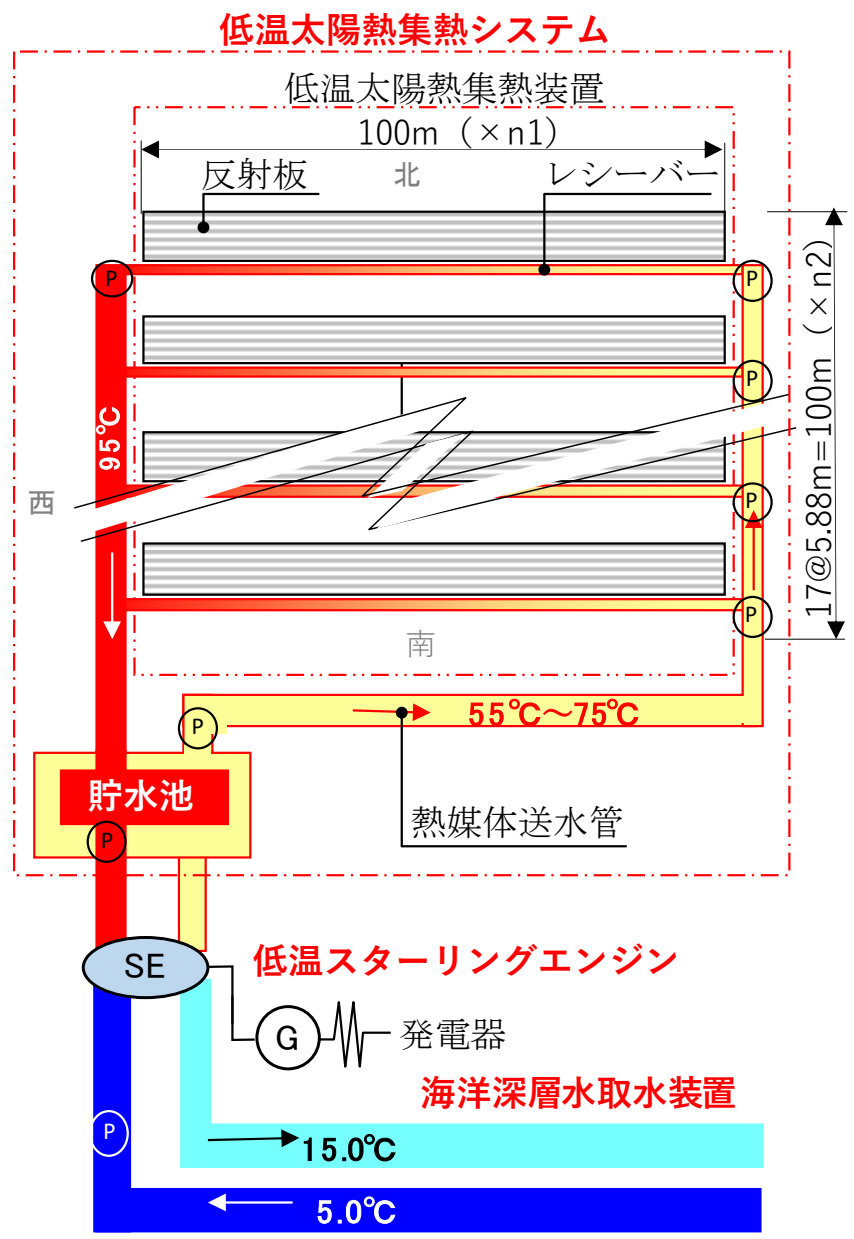


図-4 LSTEC全体図

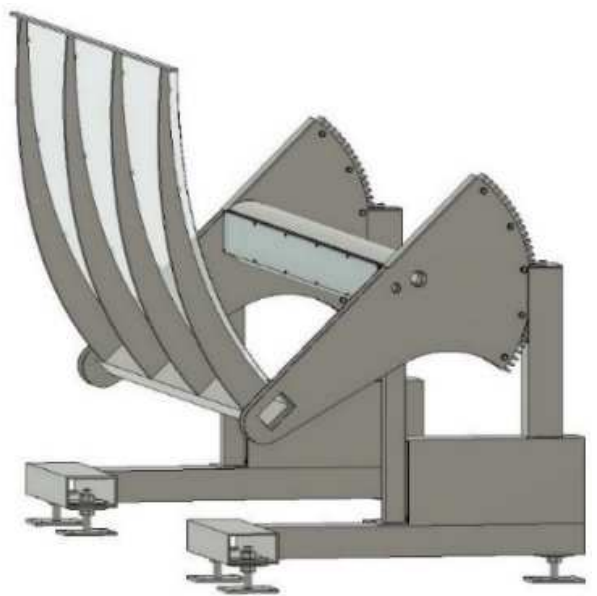


図-5 低温太陽熱集熱装置

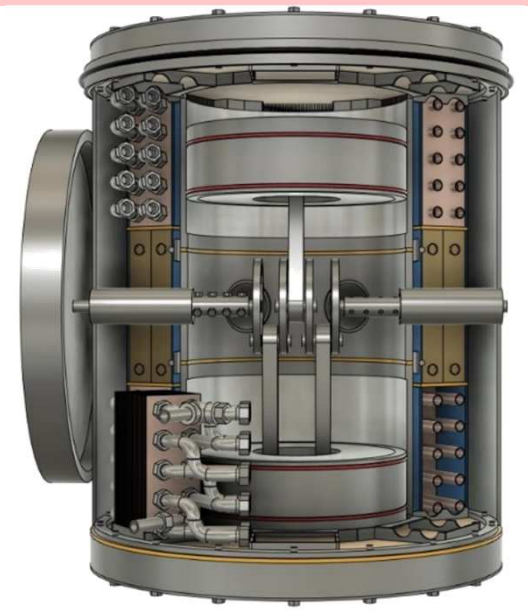


図-6 低温スターリングエンジン

LSTEC(図-4)は低温太陽熱集熱装置(図-5)、海洋深層水取水装置、低温スターリングエンジン(図-6)で構成され、新技術はあるものの発電の要件すべてを満たす。

ここでは、高温側熱源を普遍性から太陽熱を低温で集熱するとしているが、立地条件により排熱/地熱/ソーラーポンドなどからも選択できる。

低温側熱源は発電コストの低減から、海洋深層水としているが、陸水/空冷/表層海水なども選択できる。

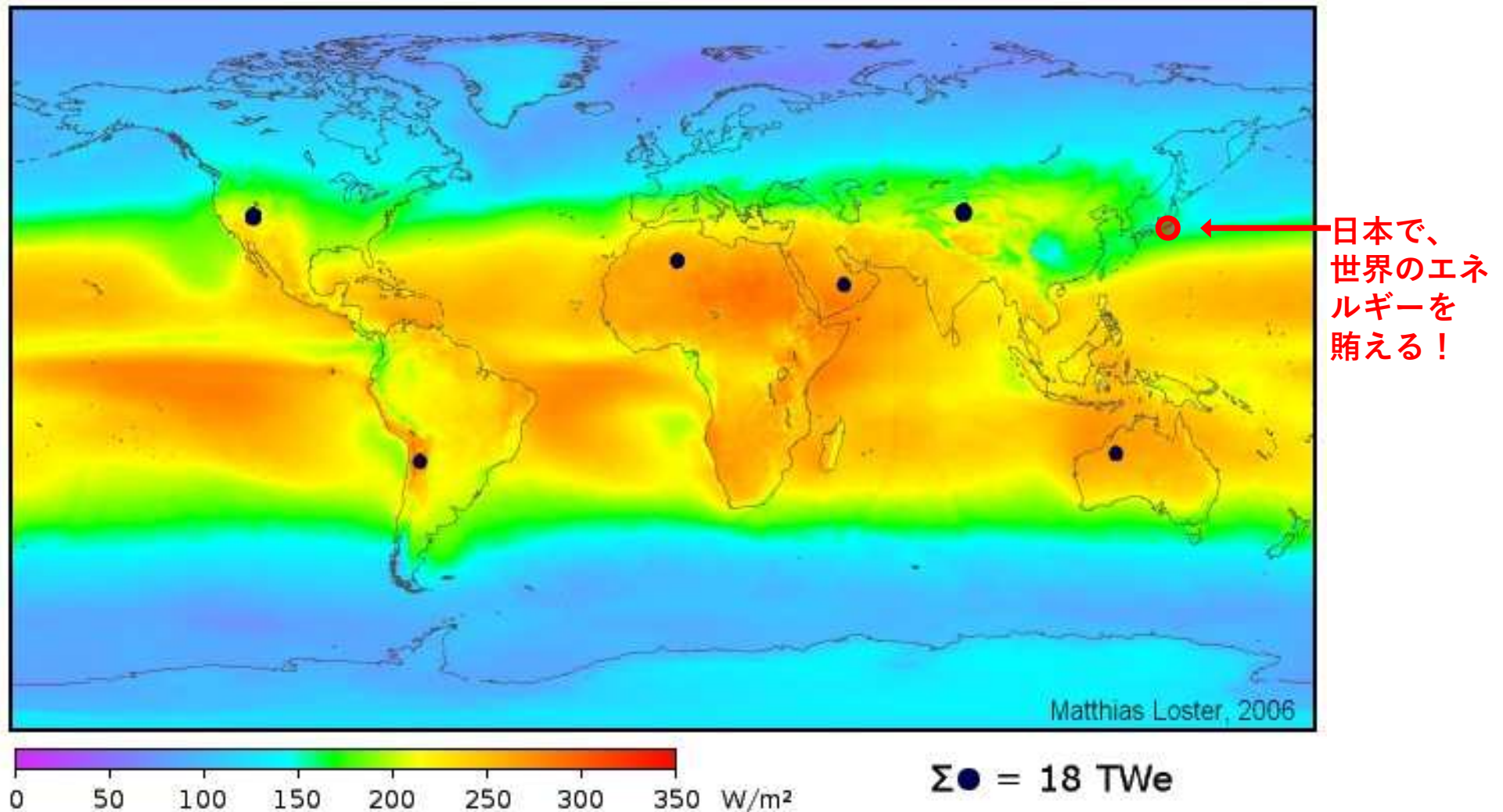


図-7 世界の平均日射量 (英語版“Solar energy”より)

図-7は太陽光エネルギーの分布 (1991-1993年の平均、昼夜の変化や天候の影響含む)、黒点は変換効率を8%と仮定し世界のエネルギーを太陽光で賄うために必要な面積を表す。日本は日射は多くはないとはいえ、図の赤丸のように決定的な差ではない。

出典) [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_energy](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy),

Mlino76 - [http://www.ez2c.de/ml/solar\\_land\\_area/](http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/), CC 表示 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=652995>による

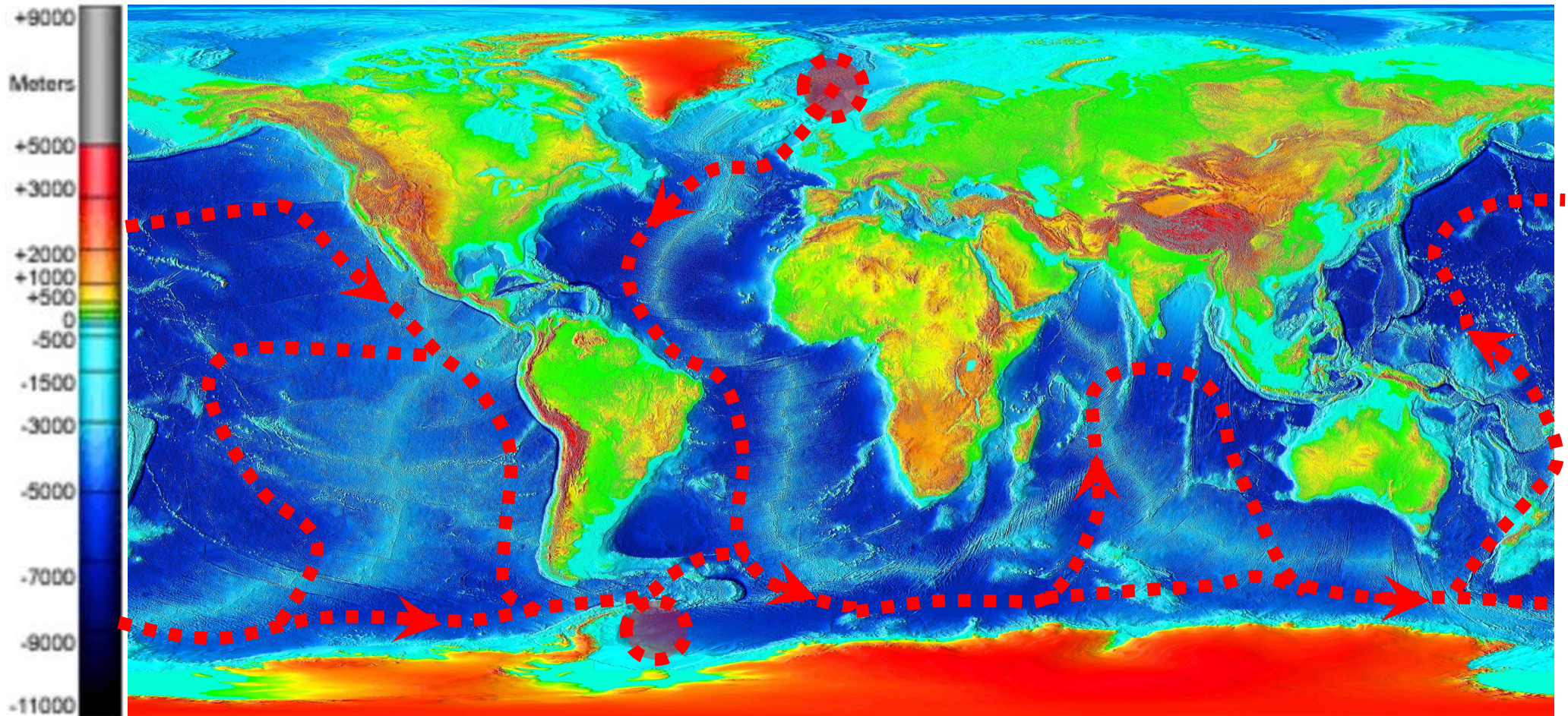
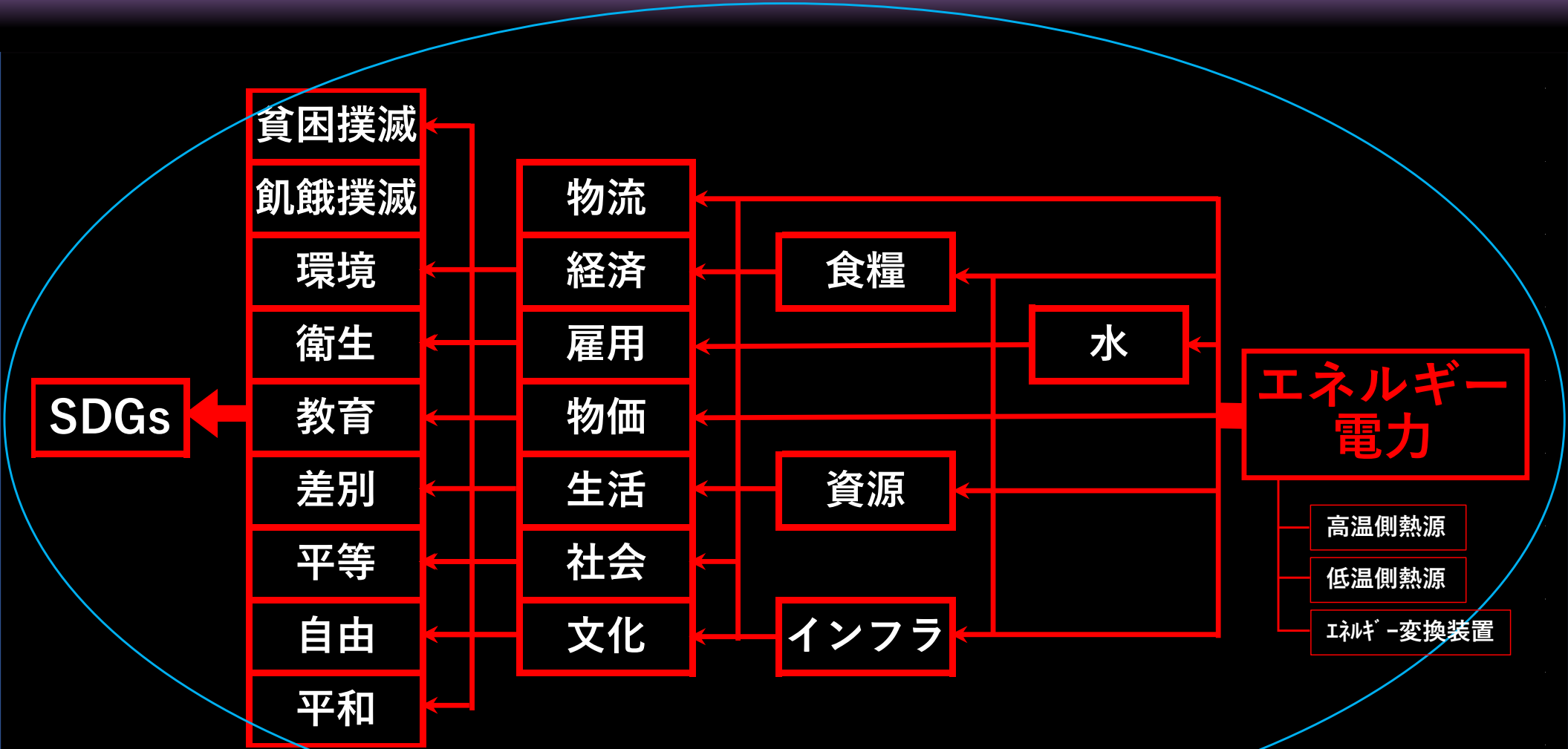


図-8 海底地形図および海洋深層水の流れ

出典) National Oceanic and Atmospheric Administration - <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/image/2minrelief.html>, パブリック・ドメイン, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=617528>による

海洋深層水は北極/南極で沈み込み、1,000年~2,000年をかけ湧昇し循環する。(図-8) 水深500m~1,000m以下は年間を通じて低温(3°C~5°C)で、無尽蔵の低温側熱源となる。(発電効率を10%~30%改善)。  
海洋深層水の活用に際し、離島や大陸棚が発達していない沿岸では陸上から低コストで取水でき、日本の広大なEEZでは浮体式ソーラーポンドも考えられる。

# 3. エネルギー/電力を低コストで自給できる意味



SDGsの実現は  
エネルギー/電力が根源

図-9 エネルギーは生活/社会/文化活動の源

LSTECの質/コストが、水/食糧/雇用を作り、  
資源を確保し、環境を保全し、地球/人類をサステイナブルにする。