第8章 海洋深層水複合利用『久米島モデル』

8.1 『久米島モデル』のコンセプト

8.1.1 『久米島モデル』の意義

久米島モデルは、久米島の地域資源である再生可能な「海洋深層水」を利用して、エネルギーと水を再生可能エネルギーにより自給しながら産業振興と雇用創出を図る、自立型コミュニティのモデルである。海洋深層水を用いたこのような取り組みは世界で例を見ない。このため、本モデルの意義は単に地域経済の活性化のみにとどまらず、 久米島と同じように海洋深層水を地域資源として持つ我が国および世界の南洋沿岸・島嶼地域に対して、先導的な位置付けを持つ実証モデルであり、技術ショーケースの役割も持つ。これを考慮して、「久米島モデル」計画内に入れ込む技術を選定する(**図 8-1**)。

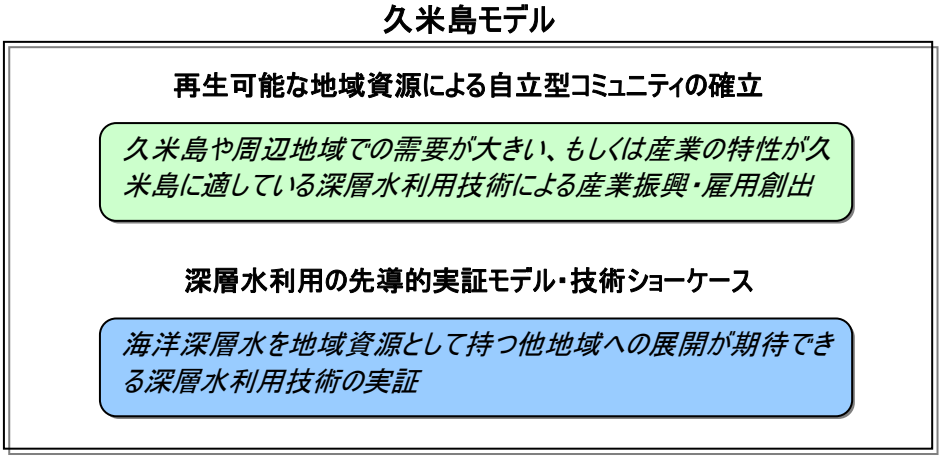


図 8-1 久米島モデルの意義と実施内容

8.1.2 各海洋深層水利用技術のポテンシャルと位置づけ

現状の深層水利用技術には、久米島におけるクルマエビや海ぶどうのように既に商用化されており深層水の水量さえ確保できれば産業の振興が予想できる技術から、実験室段階あるいは小規模実証段階の技術まで、様々な段階の技術がある。

そこで、**図 8-1** に示した実証の意義もふまえて、「久米島モデル」を、実証～商用段階の技術の展開による産業振興を目指す「第一フェーズ」と、第一フェーズ実施の間に研究開発した将来技術を商用化して更なる展開を図る「第二フェーズ」の二段階で構成することとした(**図 8-2**)。

久米島モデルの立案にあたっては、まず第 4 章にて検討を行なった深層水利用技術について、汲み上げた深層水(および表層水)を各技術で全量使用した場合のポテンシャル評価を**表 8-1** の通り行なった(需要面での上限は考慮せずに、検討の目安としてシンプルに試算を行なった)。 その結果、農業および漁業への利用が、産業振興面では大きなポテンシャルを持つことが分かった。

さらに、本節で述べた観点から、各技術の位置付けを**図 8-3** の通りマッピングした。

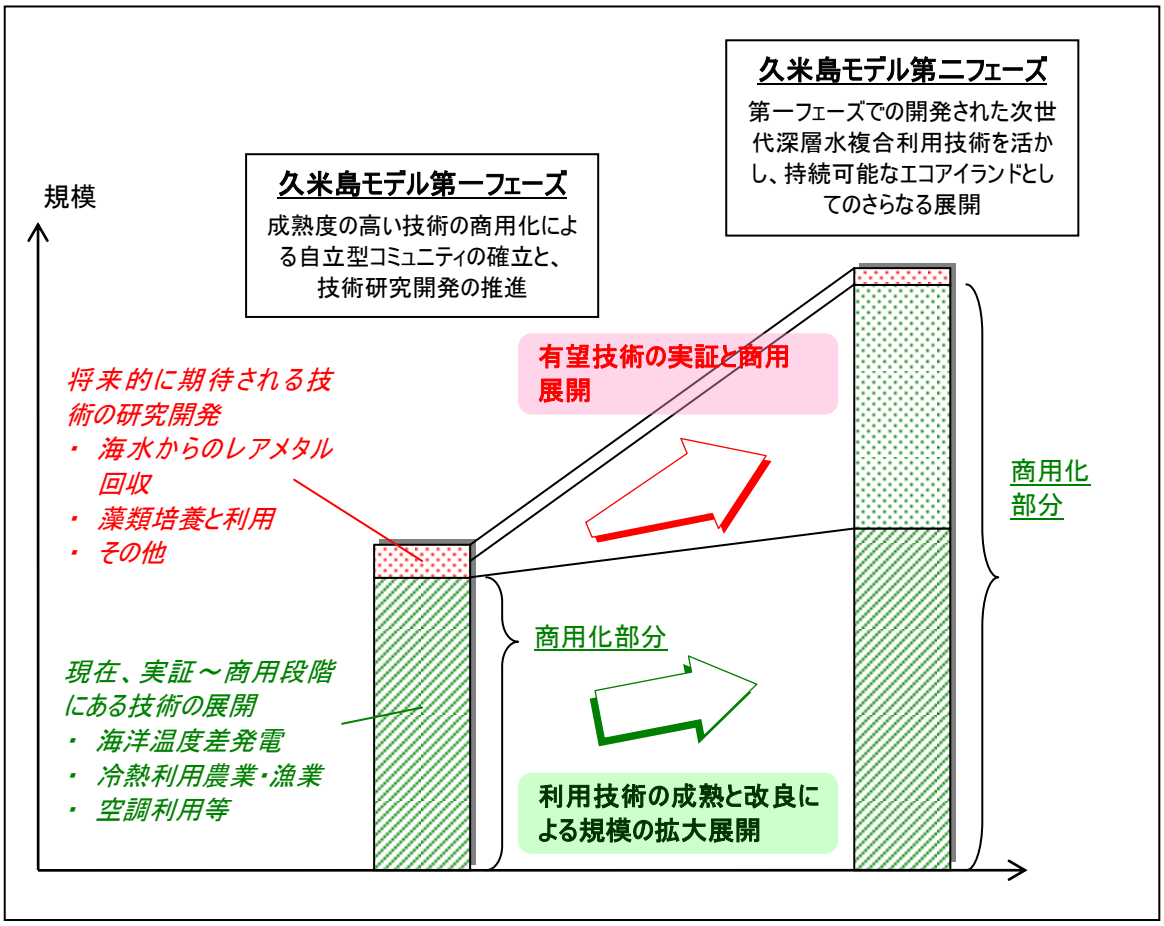


図 8-2 久米島モデルにおけるフェーズ分けイメージ

表 8-1 汲み上げた深層水（および表層水）を全量使用した場合の、各技術のポテンシャル評価

（需要側の上限を考慮しない）

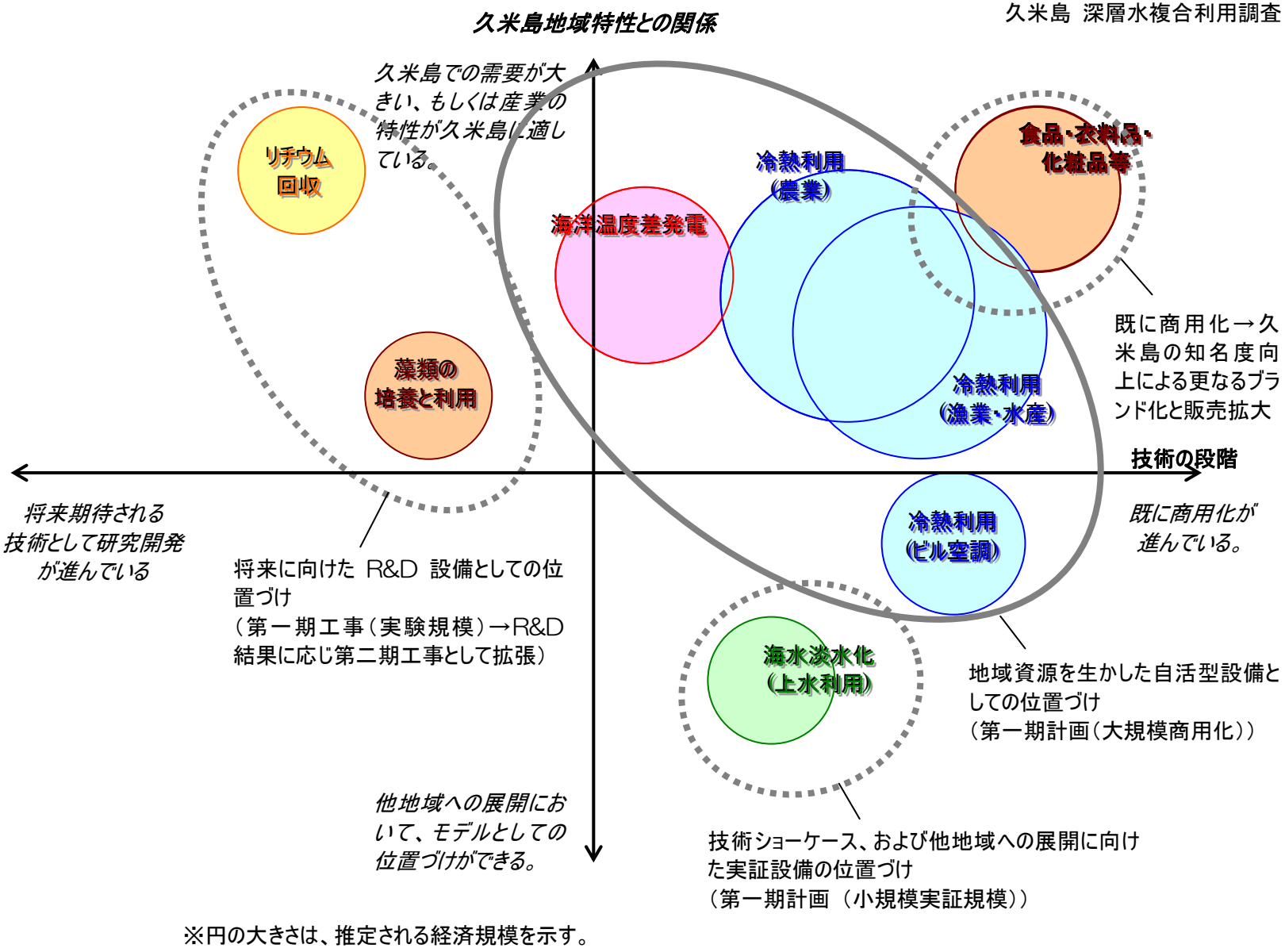
項目		単位	海洋温度差発電	海水淡水化（水道水利用）		冷熱利用（農業）			冷熱利用（養殖漁業）		冷熱利用			リチウム回収
				フラッシュ蒸発法	逆浸透法	完全人工光植物工場	太陽光利用植物工場	土壌冷却	クルマエビ	海ぶどう等海藻類	建物空調	低温倉庫	大型データセンター	
利用する深層水の特性	低温性	―	◎	◎	×	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	―
	清浄性	―	○	○	◎	○	○	○	○	―	○	○	○	◎
	富栄養性	―	―	―	―	―	―	―	○	×	―	―	―	―
利用後の深層水の劣化	低温性	―	↓	↓	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	→
	清浄性	―	→	→	↓（濃縮）	→	→	→	↓(混合)	→	→	→	→	→
	富栄養性	―	→	→	↓（濃縮）	→	→	→	↓(混合)	→	→	→	→	→
検討対象ユニット		―	発電出力 1,250kW（年間平均）	フラッシュ蒸発式淡水化装置	逆浸透式淡水化装置	200 坪型×複数軒（レタス類、サラダ菜）	20 アール型×複数軒（ミニトマト）	1,000m2 型 AET ハウス×複数軒（ホウレンソウ）	養殖池（既存施設の拡張）	養殖水槽（既存施設の拡張）	床面積 10,000m2 (中規模ﾎﾃﾙ)×複数軒	食糧保管用低温倉庫（設定温度 12℃）	サーバー用データセンター	回収率 60% 回収設備
冷熱利用ケース	出口温度（ピーク時）	℃	11.7	17.1	―	16.0	16.0	(供給 12℃)	25.0	25.0	15.0	10.0	20.0	―
	ピーク時利用可能冷熱量	MJ/h	199,875	417,517	―	371,768	371,768	(変動)	731,543	731,543	331,793	131,918	531,668	―
	単位生産量あたり所要量	―	199,875	2,400	―	12.2	75.4	1.07	2,930	2.33	1.0	1.0	1.0	―
	（単位）	単位	上記ユニット	MJ/m3(淡水)	―	(MJ/h)/(万株/年)	(MJ/h)/(t/年)	(m3/h)/(t/年)	(MJ/h)/(t/年)	(m3/h)/(t/年)	(冷熱直接利用)	(冷熱直接利用)	(冷熱直接利用)	―
対ピーク時年間平均利用率		―	―	83%	97%	60%	20%	42%	10%	20%	20%	80%	100%	97%
年間供給量・生産量		―	9,880	1,263	41,424	30,448	4,934	12,042	250	4,179	581,300	924,478	4,657,407	100,500
	（単位）	―	MWh/年（電力）	千 m3/年（淡水）	千 m3/年（淡水）	万株/年	t/年	t/年	t/年	t/年	GJ/年（冷熱）	GJ/年（冷熱）	GJ/年（冷熱）	kg/年（炭酸ﾘﾁｳﾑ）
単価		―	20	150	150	150	750	565	4500	4000	1.39	1.39	1.39	500
	（単位）	―	円/kWh	円/m3	円/m3	円/株	円/kg	円/kg	円/kg	円/kg	円/MJ	円/MJ	円/MJ	円/kg
経済効果（単独）		百万円/年	198	189	6,214	45,672	3,700	6,808	1,123	16,714	807	1,284	6,469	49
経済効果（波及効果考慮）(*2)		百万円/年	**303**	**277**	**9,082**	**63,712**	**5,162**	**9,498**	**1,567**	**23,316**	**1,237**	**1,968**	**9,912**	**77**
化石燃料削減効果 (*3)		**kL-COE/年**	**2,506**	**―**	**―**	**123,891**	**41,297**	**86,724**	**40,631**	**81,262**	**10,238**	**16,282**	**82,027**	**―**
二酸化炭素排出量削減効果 (*4)		**t-CO2/年**	**9,346**	**―**	**―**	**462,123**	**154,041**	**323,486**	**151,557**	**303,113**	**27,854**	**44,298**	**223,167**	**―**
備考					回収率は42%とする。						冷熱販売価格は電気料金 20 円/kWh 相当	冷熱販売価格は電気料金 20 円/kWh 相当	冷熱販売価格は電気料金 20 円/kWh 相当	表層水および深層水を用いる。

(*1) 海洋温度差発電、海水淡水化およびリチウム回収に利用する。

(*2) 2005 年度 沖縄県産業連関表（沖縄独自統合部門表 35 部門表）により、第 1 次間接効果のみを算定する。

(*3) 冷熱利用については通常の空調機もしくは冷凍機（COP=4）に対する削減効果を示す。
換算係数は省エネ法による規定値： 電力 1kWh = 一次エネルギー投入量 9.83MJ 相当， 一次エネルギー投入量 1MJ = 0.0258 L-COE(Crude Oil Equivalent)

(*4) 冷熱利用については通常の空調機もしくは冷凍機の熱源機（COP=4）に対する削減効果を示す。
換算係数（電力の二酸化炭素排出量原単位）は沖縄電力の 2008 年度公表値 0.946kg-CO_2/kWh を用いる。



※円の大きさは、推定される経済規模を示す。

図 8-3 深層水利用技術の位置付け

8.2 第一フェーズ： 実証された技術の商用展開と、将来に向けた取り組み

8.2.1 設備構成、深層水および表層水のフローと熱物質バランス

第 5 章で行った検討の結果、深層水複合利用においてボトルネックとなるのは、夏季の昼間に冷熱負荷ピーク時である。 したがって、夏季昼間をベースに深層水および表層水の利用フローと利用設備構成を**図 8-4** の通り検討した。

8.2.2 設備配置案

前項で検討した利用設備群の配置案を**図 8-5**、イメージ図を**図 8-6** に示す。

久米島深層水複合利用フロー（案）取水水深700m

冷熱需要ピークケース：夏季の昼間／晴天時

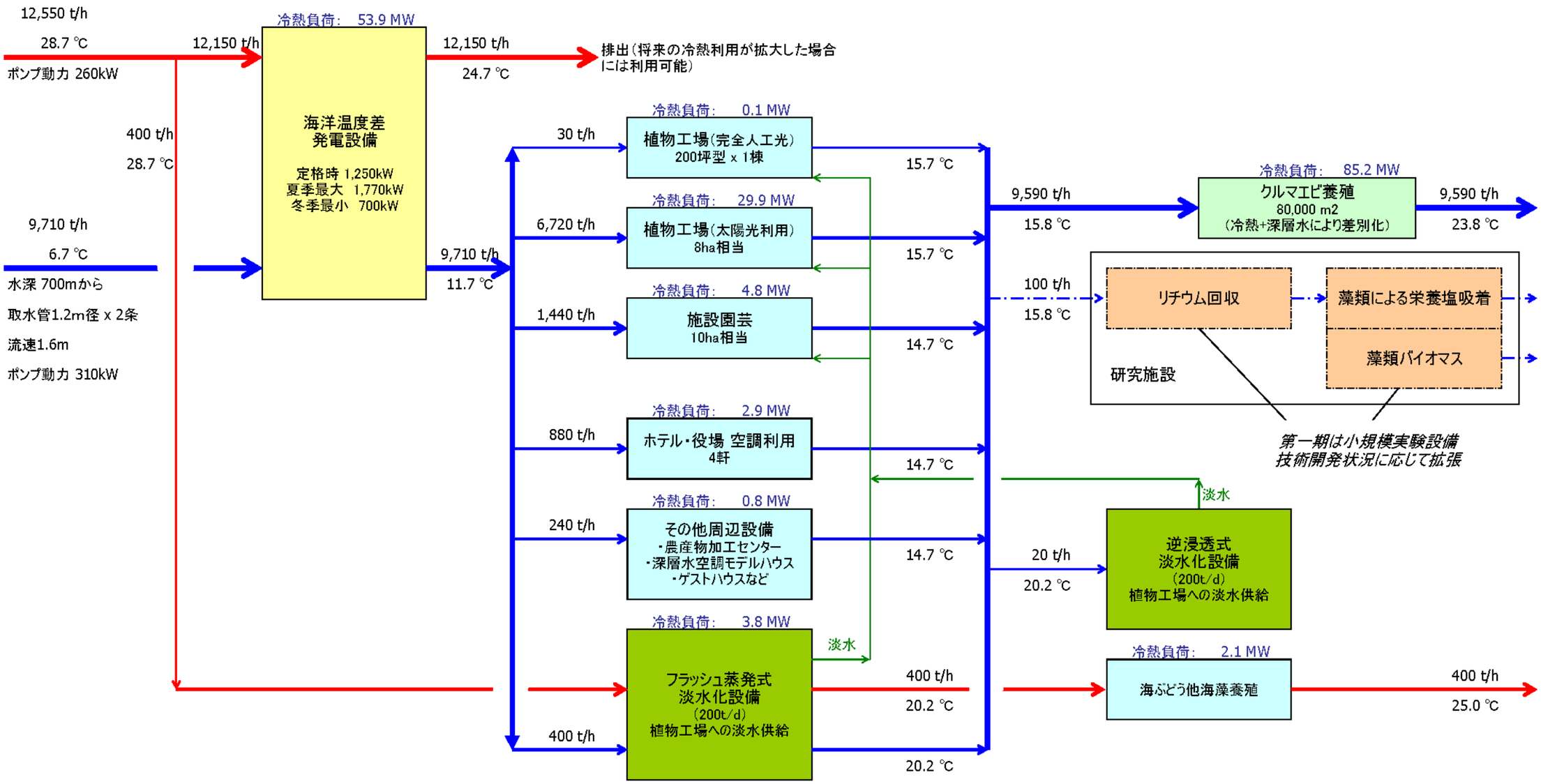


図 8-4 深層水および表層水のフローと熱物質バランス

（写真：地球観測利用推進センター）

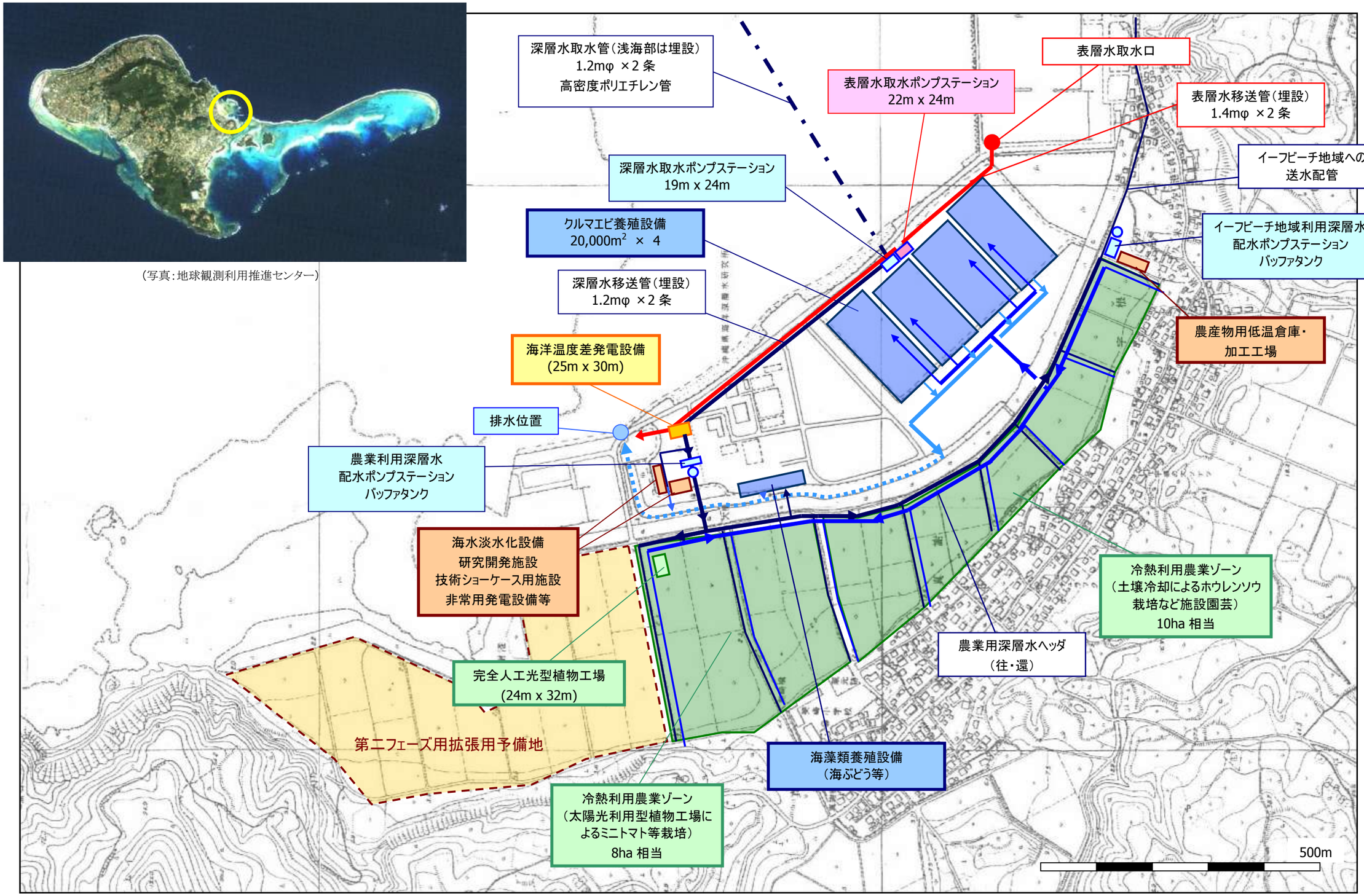


図 8-5 利用設備群の配置案

海洋深層水複合利用　久米島モデル
～深層水を活かした自立型コミュニティ～

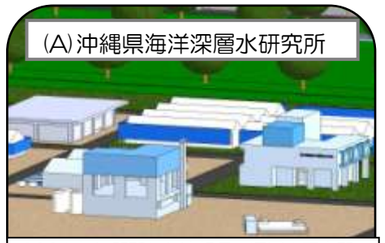
世界初の海洋温度差発電に始まり、地域の冷房利用、水産養殖・農業利用など、深層水を最大限に活かした複合利用が進むことで、地域が主体となった上での新産業の創出、エネルギー自給自足、環境に配慮した循環型社会など様々な形での国内外のモデルケースとなる。

このような深層水複合利用モデルを『久米島モデル』と定義し、沖縄県全域に広がる島嶼地域の低炭素型かつ自立型コミュニティのモデルアイランドとなることが期待される。

(1)海洋温度差発電プラント

世界の注目する大規模海洋温度差発電プラント。深層水を使って 2000 世帯分の発電が可能、周辺施設の電力を賄う。昼夜を問わず安定して発電できるため離島に最適な自然エネルギーといわれている。

(A)沖縄県海洋深層水研究所



2001 年に開所した沖縄県の深層水研究所。10 年以上にわたり、深層水利用の先頭に立ち研究を続け、同時に民間への技術移転を進めてきた。水産分野のみならず農業分野でも成果が現れ始めている。

(2-a)完全人工光型植物工場

深層水の冷熱性を利用すれば、冷却コストを抑えた生産が可能。１年を通じて安定して生産できるため、久米島のみならず、沖縄本島に対してもミニトマトやサラダ菜、キノコなど多品種の出荷が可能になる。

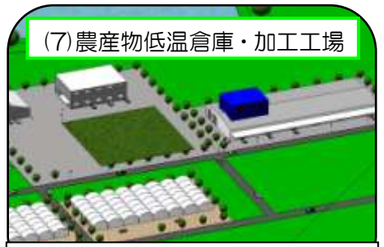
(3-a)クルマエビの養殖池
(3-b)ウミブドウ養殖水槽

久米島を日本一のクルマエビの産地にしたのは深層水の低温性をうまく活かした結果。ウミブドウは夏場でも高品質な製品を県内外に出荷し、久米島ブランドの地位を確立済。今の取水量では既に足りない状況。

(5)深層水地域冷房

海洋温度差発電に利用後の 10℃前後の深層水を使って、コストと消費電力を大幅に抑えた地域冷房。イーフビーチ地区のホテルや役場（仲里庁舎）までの供給も可能。個人住宅を想定したエコモデルハウスも可能。

(7)農産物低温倉庫・加工工場

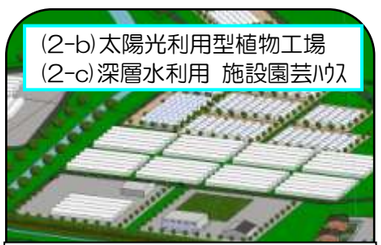


島内の野菜を加工したり、深層水冷房を使った低温倉庫を活用すれば、島の既存農家も活用でき、島内外への野菜の安定供給、農業経営の安定化につなげることが可能。低温倉庫は農産物以外の利用も可能。

(8)取水施設/遠景

直径 1.2m の取水管が２本、日量 24 万トン（暫定値）は世界有数の取水規模となる。地域の共通インフラとしての利用が進めば、久米島は国内外の深層水複合利用のモデルアイランドなる。

(2-b)太陽光利用型植物工場
(2-c)深層水利用 施設園芸ﾊｳｽ



太陽の光と深層水の冷房を組み合わせた農業形態。夏場に値上がりするホウレン草やトルコギキョウの栽培など、季節を問わず深層水を活かした生産が可能。これまでに深層水研究所で栽培ノウハウが蓄積されている。

(4)海水淡水化設備

深層水の低温性や清浄性の特性を使って日量約 400t の淡水を生産。（蒸発式＋膜式の合計） 植物工場など各種農業施設へ供給予定で、久米島以外の島への展開する際のショーケース的役割も期待される。

(6)次世代技術実証研究棟
（リチウム回収・藻類培養等）

電気自動車などの普及により期待が高まる海水からのリチウム回収や深層水による海藻培養の実証研究施設。リチウムは輸送コストも小さく、離島の経済特性にマッチした技術。次世代複合利用に向けた各実証研究棟。

(7)EV 車充電ステーション

ハイブリッド車に続く次世代自動車の主役は電気自動車（EV 車）と目されている。久米島は島の規模も EV 車にマッチしており、日常や観光の足として活用すれば、島中の車を EV 車とする将来像も描くことが可能。

(B)既存の深層水利用企業

この 10 年の間に深層水を使った化粧品、飲料・食料品、プール・スパなど多くの深層水を活用した企業がうまれ、島に新たな雇用を創出してきた。これからも久米島経済の先頭に立って地域の発展に寄与する。

図 8-6 『久米島モデル』のイメージイラスト

8.2.3 設備仕様および建設費

検討した主要設備の仕様、続いて建設費(**表 8-2**)を記す。

ただし建設費については、発電設備および取水設備については今回詳細な調査を行なったものの、他の設備については目安としての参考見積となっているため、今後の詳細な調査は必要である。

(1) 1MW 級海洋温度差発電プラント

-設備容量	:	定格条件時出力　1,250kW
		夏季最大出力　　1,770kW
		(詳細は第 6 章参照)
-設備方式	:	アンモニア系媒体を用いた高効率タービン発電方式
-深層水入口温度(夏季設計値)	:	6.7℃
-深層水出口温度	:	入口温度＋5℃
-深層水所要流量	:	9,710 m^3/h

(2) 冷熱を利用した植物工場・施設園芸施設

(a) 完全人工光型植物工場

-設備容量	:	200 坪型×1 軒(レタス類、サラダ菜等)
		年間生産量 132 万株
-設備方式	:	深層水直接冷房
		送水ポンプ流量制御(回転数制御)による温度調整
-深層水入口温度(夏季設計値)	:	11.7℃
-深層水出口温度	:	入口温度＋4℃
-深層水所要流量	:	100 m^3/h(夜間)

(b) 太陽光利用型植物工場

-設備容量	:	20 アール型×40 軒(ミニトマト、大玉トマト等)
		年間生産量 36 トン/軒
-設備方式	:	深層水直接冷房
		送水ポンプ流量制御(回転数制御)による温度調整
-深層水入口温度(夏季設計値)	:	11.7℃
-深層水出口温度	:	入口温度＋4℃
-深層水所要流量	:	168 m^3/h/軒

(c) 土壌冷却方式施設園芸

-設備容量	:	1,000m^{2}型×100 軒(ホウレンソウ等) 年間生産量 13.5 トン/軒
-設備方式	:	土壌冷却管に深層水直接利用
-深層水入口温度(夏季設計値)	:	11.7℃
-深層水出口温度	:	―(規定なし)
-深層水所要流量	:	14.4 m^3/h/軒

(3) 深層水を利用した水産養殖の拡大

(a) クルマエビ養殖池

-設備容量	:	20,000m^{2}養殖池×4 池(クルマエビ) 年間生産量 240 トン/池
-設備方式	:	深層水直接混入による冷却方式
-深層水入口温度(夏季設計値)	:	15.8℃
-深層水出口温度	:	養殖池設定温度(夏季ピーク時 23.8℃を想定)
-深層水所要流量	:	9,590 m^3/h

(b) 海ぶどう養殖水槽

-設備容量	:	小型水槽 1,500 槽相当(海ぶどう) 年間生産量 165 トン
-設備方式	:	深層水直接混入による冷却方式
-深層水入口温度(夏季設計値)	:	20.2℃
-深層水出口温度	:	養殖池設定温度(夏季ピーク時 25.0℃を想定)
-深層水所要流量	:	400 m^3/h

(4) 海水淡水化設備

(a) フラッシュ蒸発式淡水化設備

-設備容量	:	淡水化容量 200t/d
-設備方式	:	温度差を利用したフラッシュ蒸発式
-深層水入口温度(夏季設計値)	:	11.7℃
-深層水出口温度	:	20.2℃
-深層水所要流量	:	400 m^3/h

(b) 逆浸透式淡水化設備

-設備容量	:	淡水化容量 200t/d
-設備方式	:	収率 40%の逆浸透式
-深層水入口温度(夏季設計値)	:	20.2℃
-深層水出口温度	:	―(規定なし)
-深層水所要流量	:	20 m^3/h

(5) 地域冷房

-設備容量	:	対象設備として、イーフビーチホテル、ホテルマリンテラス、久米アイランドホテル、仲里庁舎を想定
-設備方式	:	深層水直接利用・対流式
-深層水入口温度(夏季設計値)	:	11.7℃
-深層水出口温度	:	入口温度＋3℃
-深層水所要流量	:	680 m^3/h(夜間)

(6) 実証研究棟

-設備容量	:	海水からのリチウム回収 藻類による栄養塩吸収、農業・畜産業飼肥料への適用 深層水による石油微細藻類等藻類バイオマスの培養 等
-設備方式	:	清浄性・栄養塩利用
-深層水入口温度(夏季設計値)	:	ー(規定なし)
-深層水出口温度	:	ー(規定なし)
-深層水所要流量	:	100 m^3/h

(7) その他の周辺設備

- 農産物用低温倉庫・加工工場(深層水冷熱利用)
- 深層水空調モデルハウス(深層水冷熱利用)
- 電気自動車充電ステーション
- 非常用ディーゼル発電設備(温度差発電設備バックアップ)
- 他

(8) 取水設備

-設備容量	:	表層水:12,550 m3/h 深層水: 9,710 m^3/h
-設備方式	:	第七章参照

(9) 配水設備

(a) 農業設備への冷熱供給

-設備容量 : 送水ポンプ 900m3/h × 10 台(例)

-設備方式 : 送水ヘッダが一定圧となるよう、バッファタンクの液位を制御(送水ポンプ台数制御による)

(b) イーフビーチ地区への冷熱供給

-設備容量 : 送水ポンプ 136m3/h × 5 基(例)

-設備方式 : 送水ヘッダが一定圧となるよう、バッファタンクの液位を制御(送水ポンプ台数制御による)

表 8-2 第一フェーズの建設費（参考値）

項目	建設費（億円）	備考
(1) 1MW 級海洋温度差発電プラント	**30.8**	第五章参照
(2) 冷熱を利用した植物工場・施設園芸施設		
(a) 完全人工光型植物工場	3.5	メーカー概算見積による
(b) 太陽光利用型植物工場	26.0	メーカー概算見積による
(c) 土壌冷却方式施設園芸	16.0	深層水研究所資料より推定
(2) 小計	**45.5**	
(3)深層水を利用した水産養殖の拡大		
(a) クルマエビ養殖池	8.0	面積からの概算
(b) 海ぶどう養殖水槽	3.0	水槽数からの概算
(3) 小計	**11.0**	
(4)海水淡水化設備		
(a) 逆浸透式淡水化設備	0.8	
(b) フラッシュ蒸発式淡水化設備	1.6	
(4) 小計	**2.4**	
(5)地域冷房	**1.0**	建築物側の工事として
(6)実証研究棟	**1.5**	
(7)その他の周辺設備	**4.8**	非常用発電設備、低温倉庫等
(8)取水設備	**101.8**	
(9)配水設備		
(a)農業設備への冷熱供給	18.5	主管のべ 2,200m(往復) (1.6mφ) 枝管のべ 2,400m(往復) (0.6mφ) 配水ポンプ等
(b)イーフビーチ地区への冷熱供給	13.7	主管のべ 4,800m(往復) 配水ポンプ等
(9) 小計	**32.2**	
合計	**231**	

8.3 第二フェーズ： 将来のさらなる拡大の可能性

図 8-5 に示した通り、取水地の後背地にはまだ 100,000m² を超える利用可能な土地が残っている。この土地を利用し、以下の有望技術の研究開発段階から実証、商用化への展開や、第一フェーズで計画に入れなかった利用設備の誘致を図ることが出来る。

【将来に向けた有効技術（例）】

- 海水からのリチウム回収
- 藻類による栄養塩吸収、農業・畜産業飼肥料への適用
- 深層水を利用した石油微細藻類等藻類バイオマスの培養

【将来的に誘致が可能な設備（例）】

- 大型データセンター（深層水空調）
- ミネラルウォーターおよび飲料水製造設備（海水淡水化＋深層水ミネラル）
- リゾートホテル（深層水空調およびスパ）
- 水族館（深層水の冷熱と清浄性の利用）

なお、第二フェーズの実施により深層水量が不足する場合、次の方策が考えられる。

(1) 取水ポンプの換装による取水量の増加

現在深層水取水管の管内流速は 1.4m/s の計画としているが、取水ポンプを換装して揚程を上げることでさらに流速を増して取水量を増加させることが出来る。

(2) 電力－冷熱量の調整による深層水利用可能量の増加

5.3.3 項で述べた通り、海洋温度差発電を含む複合利用では、発電電力を減少させる代わりに他の設備での深層水の冷熱利用可能量を増加させることが出来る。 第一フェーズでの運転実績に基づき、限界設計が可能となる。

8.4 『久米島モデル』の環境効果、経済効果および雇用創出効果

『久米島モデル』第一フェーズにおける環境効果、経済効果および雇用創出効果を試算する。

8.4.1 環境効果

(1) 代替エネルギー源としての化石燃料節減効果

代替エネルギー源としての化石燃料節減効果は、各技術について以下の手法にて算出した。

(a) 海洋温度差発電

発電量を、省エネルギー法に基づく換算係数にて原油換算した。

(b) 冷熱利用設備（農業利用、水産利用、建物空調設備共通）

供給冷熱量を、電気式空調熱源機の想定成績係数(COP)＝4 で除して消費電力量を推定。これを(a)と同様に原油換算した。

(c) 海水淡水化設備

効果算定対象としなかった。

(d) その他利用設備

効果算定対象としなかった。

(e) 取水設備・配水設備

推定消費電力量に、省エネルギー法に基づく換算係数にて原油換算した（削減ではなく増加側）。

(2) 二酸化炭素排出量削減効果

(a) 海洋温度差発電

発電量に、沖縄電力の 2008 年度二酸化炭素排出量原単位 0.946kg-CO2/kWh を乗じて二酸化炭素排出量削減効果を算定した。

(b) 冷熱利用設備（農業利用、水産利用、建物空調設備共通）

供給冷熱量を、電気式空調熱源機の想定成績係数(COP)＝4 で除して消費電力量を推定。これを(a)と同様に二酸化炭素排出量削減効果に換算した。

(c) 海水淡水化設備

効果算定対象としなかった。

(d) その他利用設備

効果算定対象としなかった。

(e) 取水設備・配水設備

推定消費電力量に、沖縄電力の2008年度二酸化炭素排出量原単位0.946kg-CO_2/kWhを乗じて二酸化炭素排出量を算定した（削減ではなく増加側）。

結果は、**表 8-4** に、経済効果、雇用創出効果と併せて示す。

ただし、本環境効果は、現状の久米島町における化石燃料消費量や二酸化炭素排出量からの増減を表すものではないことに注意が必要である。 比較基準となるベースラインを下記に示す。

比較のベースライン

「久米島モデル」の産業振興を、既存技術の延長上の火力発電と電気式冷凍機・空調器を用いて行った場合の化石燃料消費量・二酸化炭素排出量

8.4.2 産業連関モデルを用いた経済効果の試算

(1) 直接効果の算定

直接効果は、各利用設備の年間生産量に販売単価を乗じたものとした。

(2) 間接効果の算定

均衡産出高モデル[脚注]により、第一次間接効果を求めた。なお、逆行列係数は久米島のみを対象としたものが得られなかったため、沖縄県全体の統計データ（県統計課が公表している平成 17 年度の数値）を使用した[24]。

第 2 次間接効果以降は、久米島の消費動向や自給率に大きく影響されるものの、久米島に特化したデータが得られなかったため、沖縄県全体の数値を使用して算出している。算出結果の例として冷熱利用農業（太陽光利用型植物工場）分野の算定結果のまとめを、雇用創出効果と併せて**表 8-4** に示す。

[24] X＝B･F ただし、X＝生産誘発額，B＝逆行列係数（I-ΓA）-1，F＝自給率を考慮した最終需要

なお、第2次間接効果に必要な消費性向(所得増に対する消費増の比率)は、同じく県統計課による「平成 20 年度沖縄県経済の循環」を基に 0.85 とした。

また、各利用事業の算定結果を、**表 8-3** に、環境効果、雇用創出効果と併せて示す。

(3) その他の波及効果

上記の算定手法において評価できない波及効果として、次の 2 点が考えられる。

・久米島海洋深層水の知名度上昇による、既存深層水産業の売上増

・深層水複合利用の先駆的実証モデルとなることによる、視察者や観光客の増加

そこで、これらの波及効果については次の通り算定した。

・既存深層水産業の売上増については、今回の調査で明らかになった売上額(水産利用を除く、食料品、化粧品など): 810 百万円が 50%増となるとして経済効果を算定する。

・視察者や観光客の増加については、現在の久米島におけるサービス業の売上額が 25%増になるとして経済効果を算定する。ただし久米島におけるサービス業の売上総額は明らかになっていないため、「平成 22 年度 産業の概要」(久米島町役場発行)に記載の従事者数 453 人から、沖縄県が公表する「沖縄県雇用表(35 部門)(平成 17 年度)」の「3400 対個人サービス」の就業係数: 0.18589 を用いて、生産額を逆算して利用する。 この結果、現在のサービス業の売上額は 453 人／0.18589＝2,436 百万円と推測される。

8.4.3 雇用創出効果の試算

雇用創出効果は、沖縄県全体の雇用表(県統計課が公表している平成 17 年度の数値)を使用して算定した。

算出結果の例として冷熱利用農業(太陽光利用型植物工場)分野の算定結果のまとめを、雇用創出効果と併せて**表 8-4** に示す。

また、各利用事業の算定結果を、**表 8-3** に、環境効果、経済効果と併せて示す。

表 8-3 経済波及効果算定例（太陽光利用型植物工場）

コード	部門	直接および第一次間接効果			第二次以降間接効果			合計経済効果				
		生産誘発額	粗付加価値誘発額	雇用者所得誘発額	生産誘発額	粗付加価値誘発額	雇用者所得誘発額	生産誘発額	粗付加価値誘発額	雇用者所得誘発額	就業誘発者数	雇用誘発者数
0100	農業	1,146.41	566.17	98.68	3.86	1.90	0.33	1,150.27	568.07	99.01	457	61
0200	林業	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.03	0.01	0	0
0300	漁業	0.24	0.13	0.04	0.21	0.12	0.03	0.44	0.25	0.07	0	0
0400	鉱業	1.74	0.72	0.30	0.51	0.21	0.09	2.25	0.94	0.39	0	0
0500	食料品・たばこ・飲料	89.79	29.22	11.08	9.29	3.02	1.15	99.08	32.24	12.22	6	6
0600	繊維製品	0.35	0.11	0.08	0.05	0.02	0.01	0.40	0.13	0.09	0	0
0700	製材・木製品・家具	0.35	0.12	0.09	0.12	0.04	0.03	0.47	0.17	0.12	0	0
0800	パルプ・紙・紙加工品	4.36	1.43	0.77	0.28	0.09	0.05	4.65	1.52	0.82	0	0
0900	化学製品	2.91	1.15	0.41	0.11	0.04	0.02	3.02	1.19	0.42	0	0
1000	石油製品・石炭製品	27.57	5.77	0.45	6.02	1.26	0.10	33.59	7.03	0.55	0	0
1100	窯業・土石製品	1.73	0.71	0.37	0.77	0.31	0.16	2.50	1.02	0.53	0	0
1200	鉄鋼	0.50	0.11	0.04	0.31	0.07	0.02	0.82	0.17	0.06	0	0
1300	非鉄金属	0.08	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.11	0.02	0.01	0	0
1400	金属製品	1.42	0.53	0.33	0.43	0.16	0.10	1.85	0.69	0.43	0	0
1500	一般機械	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0	0
1600	電気機械	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0	0
1700	輸送機械	0.25	0.07	0.03	0.12	0.04	0.02	0.37	0.11	0.05	0	0
1800	精密機械	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0	0
1900	その他の製造工業製品	6.01	2.92	1.78	1.12	0.54	0.33	7.13	3.46	2.11	1	1
2000	建築及び補修	7.39	3.39	2.64	4.86	2.23	1.74	12.25	5.62	4.37	1	1
2100	土木建設	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
2200	電気・ガス・熱供給	**0.00**	**0.00**	**0.00**	11.25	3.81	1.22	11.25	3.81	1.22	0	0
2300	水道・廃棄物処理	**0.00**	**0.00**	**0.00**	5.25	3.11	1.32	5.25	3.11	1.32	0	0
2400	商業	54.62	36.30	22.37	19.84	13.19	8.12	74.46	49.49	30.49	16	14
2500	金融・保険	43.18	26.97	11.43	28.01	17.50	7.41	71.19	44.47	18.84	3	3
2600	不動産	6.48	5.47	0.28	46.52	39.28	1.98	53.00	44.74	2.26	1	1
2700	運輸	32.60	15.38	10.02	6.81	3.21	2.09	39.42	18.59	12.11	2	2
2800	情報通信	7.18	4.21	1.59	10.04	5.90	2.22	17.22	10.11	3.81	1	1
2900	公務	2.23	1.33	1.27	1.22	0.73	0.69	3.45	2.06	1.97	0	0
3000	教育・研究	2.97	2.47	2.38	5.44	4.52	4.35	8.42	7.00	6.73	1	1
3100	医療・保健・社会保障・介護	0.50	0.30	0.23	13.65	8.04	6.27	14.15	8.34	6.50	1	1
3200	その他の公共サービス	0.42	0.26	0.22	3.42	2.17	1.82	3.84	2.44	2.04	1	1
3300	対事業所サービス	29.28	17.28	9.52	16.25	9.59	5.29	45.53	26.87	14.81	7	6
3400	対個人サービス	0.35	0.19	0.10	22.57	12.26	6.16	22.93	12.45	6.26	4	3
3500	その他	10.63	-1.60	0.20	2.24	-0.34	0.04	12.87	-1.94	0.24	4	3
	列和	1,481.61	721.18	176.69	220.66	133.05	53.17	**1,702.27**	854.22	229.86	**506**	**105**

表 8-4『久米島モデル』の環境効果、経済効果および雇用創出効果

項目		単位	海洋温度差発電	海水淡水化（水道水利用）		冷熱利用（農業）			冷熱利用（養殖漁業）		冷熱供給（配水）			取水事業者	
				フラッシュ蒸発法	逆浸透法	完全人工光植物工場	太陽光利用植物工場	土壌冷却	クルマエビ	海ぶどう等海藻類	農業用	水産業用	建物空調		
設備仕様		―	発電出力 1,250kW（年間平均）	海水淡水化容量 200 t/d	海水淡水化容量 200 t/d	占有面積 200 坪型 ×1 軒（レタス類、サラダ菜）	8ha 相当（20 アール型 ×40 軒）（ミニトマト）	占有面積 10ha 相当 1,000m2 型 AET ハウス ×100 軒（ホウレンソウ等）	養殖池 80,000m2 相当（20,000m2×4 槽）	養殖水槽 1500 槽（海ぶどう水槽換算）	冷熱農業等への冷熱提供（配送ポンプと管路の維持）	養殖漁業への冷熱提供	イーフビーチ地域に冷熱供給 イーフビーチホテル、久米アイランドホテル、ホテルマリンテラス、仲里庁舎等	主に OTEC への深層海水供給	
深層水利用（ピーク時）	入口温度	℃	6.7	11.7	20.2	11.7	11.7	11.7	15.8	20.2	11.7	15.8	11.7	6.7	
	出口温度	℃	11.7	20.2	―	15.7	15.7	14.7	23.8	25.0	11.7	15.8	14.7	6.7	
	流量	m3/h	9,710	400	20	98	6,720	1,440	9,590	400	8,258	9,990	880	9,710	
	冷熱量	MJ/h	208,311	14,588	―	1,682	115,333	18,536	329,179	8,238	0	0	11,327	0	
対ピーク時年間平均利用率		―	―	97%	97%	60%	20%	42%	10%	20%	24%	10%	20%	97%	
年間供給量・生産量		―	9,880	71	71	132	1,440	1,350	120	165	17,587	9,102	19,845	85,059,600	
	（単位）	―	MWh/年（電力）	千 m3/年（淡水）	千 m3/年（淡水）	万株/年	t/年	t/年	t/年	t/年	千 m^3/年	千 m^3/年	GJ/年（冷熱）	t/年	
単価		―	20	150	150	150	750	565	4500	3000	20	6	1.04	1.58	
	（単位）	―	円/kWh	円/m3	円/m3	円/株	円/kg	円/kg	円/kg	円/kg	円/m3	円/m3	円/MJ	円/t	合計
売上高		百万円/年	198	11	11	198	1,080	763	540	494	352	55	21	134	3,856
化石燃料削減効果（増加はマイナス）		**kL-COE/年**	**2,506**	**―**	**―**	**561**	**12,811**	**4,324**	**18,283**	**915**	**▲ 317**	**▲ 136**	**▲ 42**	**▲ 1,237**	**37,668**
9,346		**t-CO2/年**		**―**	**―**	**2,091**	**47,788**	**16,128**	**68,197**	**3,413**	**▲ 1,182**	**▲ 506**	**▲ 157**	**▲ 4,614**	**140,506**
326		百万円/年		**18**	**18**	**312**	**1,702**	**1,203**	**839**	**768**	**580**	**90**	**32**	**221**	**6,109**
12	**就業者**	**人**		**1**	**1**	**91**	**505**	**359**	**117**	**106**	**43**	**5**	**1**	**13**	**1,256**
	うち雇用者	人	11	1	1	19	105	74	40	34	34	5	1	10	336
備考					回収率は 42%とする。			出口温度は仮定値					冷熱販売価格は電気式空調の 75%とした場合	※深層水 0.7 円/t, 表層水 0.7 円/t で販売する	

項目	単位	「久米島モデル」産業による効果（上表）	既存深層水産業の振興効果	視察・観光客増によるサービス産業振興	合計
売上高	百万円/年	3,856	**415**	**610**	**4,881**
化石燃料削減効果	**kL-COE/年**	**37,668**	**-**	**-**	**37,668**
二酸化炭素排出量削減効果	**t-CO2/年**	**140,506**	**-**	**-**	**140,506**
経済効果（波及効果考慮）	百万円/年	**6,109**	**752**	**1,162**	**8,023**
雇用創出効果（就業者）	**人**	**1,256**	**78**	**166**	**1,500**
備考		上表より	売上 50%増を仮定する	売上 25%増を仮定する	

8.5 『久米島モデル』実現に向けた課題と対策

本章では、再生可能な地域資源による自立型コミュニティの確立、および深層水利用の先導的実証モデル・技術ショーケースを目指す『久米島モデル』の試計画を行なった。

その結果、エネルギーと水を自給して、水産業・農業を始めとした深層水利用を行なうことで、年間約 80 億円の経済効果および 1500 人の雇用創出効果を得られる自立したコミュニティを提案することが出来た。

その結果、実現に向けた課題として、次の 3 点が明らかとなった(**図 8-6**)。

(1) 深層水取水設備のコスト削減

本計画の建設費用の中で、海水取水設備の費用はおよそ 50%を占める。とりわけ、このうち深層水取水管の材料費および敷設工事費の割合が特に大きい。

一方、直径 1 メートルを超える深層水取水管の敷設は、ハワイ州自然エネルギー研究所(NELHA: Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority)の直径 1.4m しか実施例が無い。つまり技術的に成熟しておらず、今後の技術開発によるコスト削減しろも十分残っていると考えられる。

本基本調査では深層水取水管について、信頼性を重視し上記 NELHA と同じ高密度ポリエチレン管を用いた浮遊曳航法を選択したが、浮体式の取水設備では FRP 複合材料を用いた新たな手法の検討も進んでいる。陸上からの取水管についても、費用削減のための技術開発を実施することが、本『久米島モデル』を実現するために有効であると考えられる。たとえば現地での長管連続製造による管製造の工期短縮と輸送費の削減は、費用削減にとって有効である。

(2) 深層水冷熱利用農業の商用規模実証

『久米島モデル』検討において、深層水利用先のポテンシャルとして、水産養殖および冷熱利用農業が大きいことが明らかとなった。

このうち水産養殖については既にクルマエビと海ぶどうが大規模商用化されており、現在は夏季に深層水量が不足するなど、規模拡大についての懸念事項はほとんどないと言ってよい。一方、冷熱利用農業については、沖縄県海洋深層水研究所でホウレンソウ栽培の実証研究がされているものの、まだ商用規模の実証はなされていない。この面で、冷熱利用農業は水産養殖と比較してまだ実施リスクが高いのが現状である。

したがって、『久米島モデル』実現に先駆け、現在久米島で取水している深層水を用いて商用規模の植物工場、施設園芸設備の実証を行なうことが肝要である。

(3) 海洋温度差発電の高効率発電サイクルの実海域での小規模実証

久米島では冬場に表層水の温度が下がるため、連続運転のためには高効率サイクルの適用が必須となる。一方、久米島への適用に最も適していると考えられる高効率サイクルは、実際の表層水と深層水とを用いた小型実証がされておらず、大型実証プラントへの適用前に実海域実証運転での性能確認および連続運転確認が必要である。とりわけ、商用電力網の容量が小さい久米島においては、系統連系した際に海洋温度差発電の出力変動の影響を受けやすいと考えられるため、温度が自然変動する実海水を用いても出力変動が実際に小さいことを確認することは重要となる。

(4) 取水量大規模化に向けた、深層水利用商品の高付加価値化の追求

これまで久米島では、クルマエビの稚エビを、清浄な海洋深層水で養殖して沖縄県内他地区にも供給を行なうなど、単純な商品ではなくさらに付加価値を高めた商品に適用を図ってきた。取水量が大規模化した場合、こういった高付加価値商品のバリエーションを増やし、前節までで検討した経済性をさらに高めることができると期待される。

とりわけ「久米島モデル」の主要部分を占める漁業・農業における高付加価値化の研究開発は、これまでも沖縄県海洋深層水研究所で実施されてきたが、今後取水量の大規模化に向けてさらに取り組みを強化する必要がある。

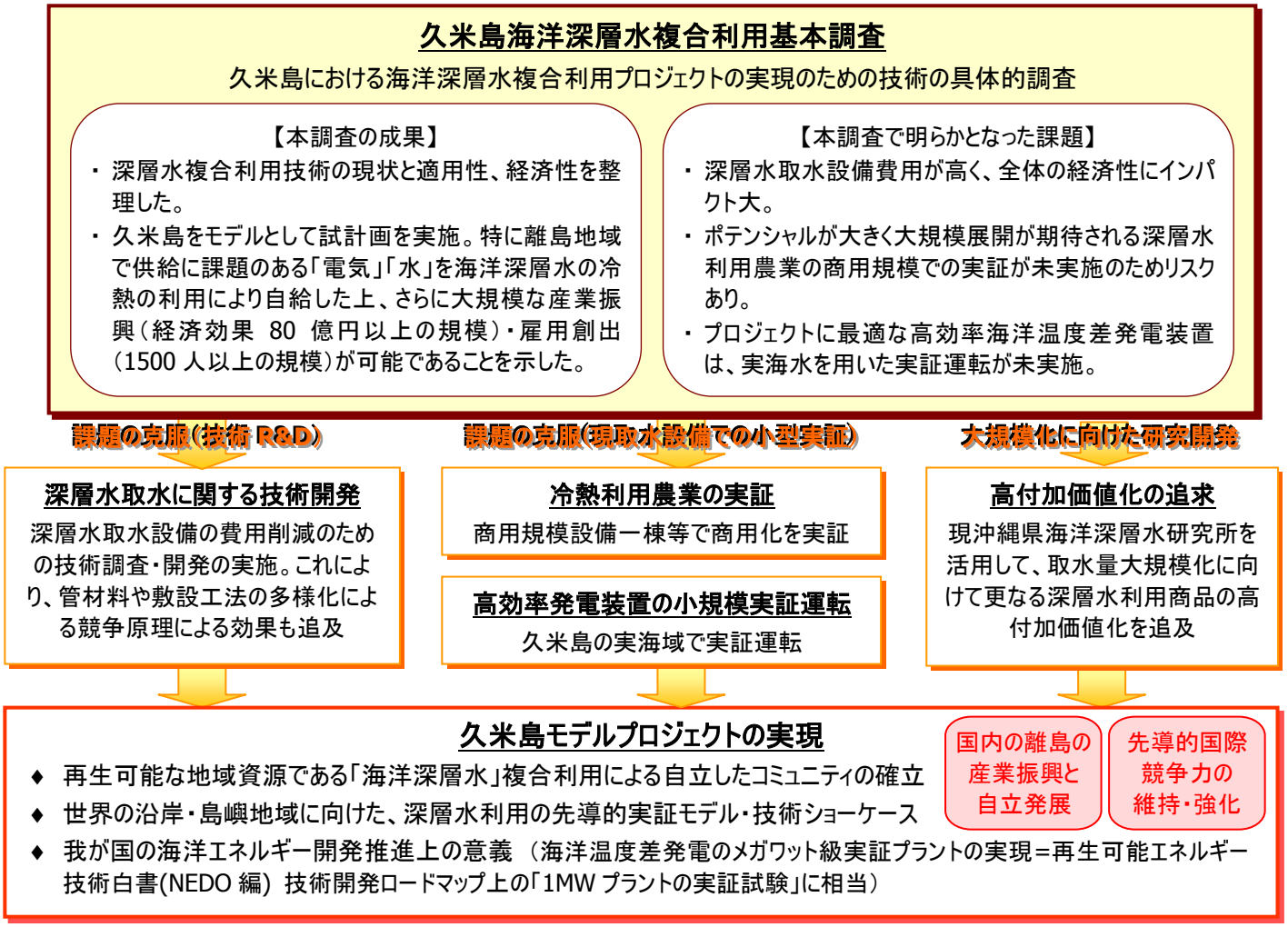


図 8-6 「久米島モデル」実現に向けた課題と対策