



人と深海の新しい繋がり

— 深海未来都市構想 —

# OCEAN SPIRAL



人類はまだ、  
深海のポテンシャルを知らない

“深海を垂直に繋ぐ” という発想

# OCEAN SPIRAL

地球表面の約70%は海であり、その約80%は深海です。

深海は、地球生命圏を正しく循環させる大きなポテンシャルを持っています。

しかし、私たちはそのポテンシャルをまだ活かしきっていません。

大気・海面・深海・海底を、垂直に統合することにより、

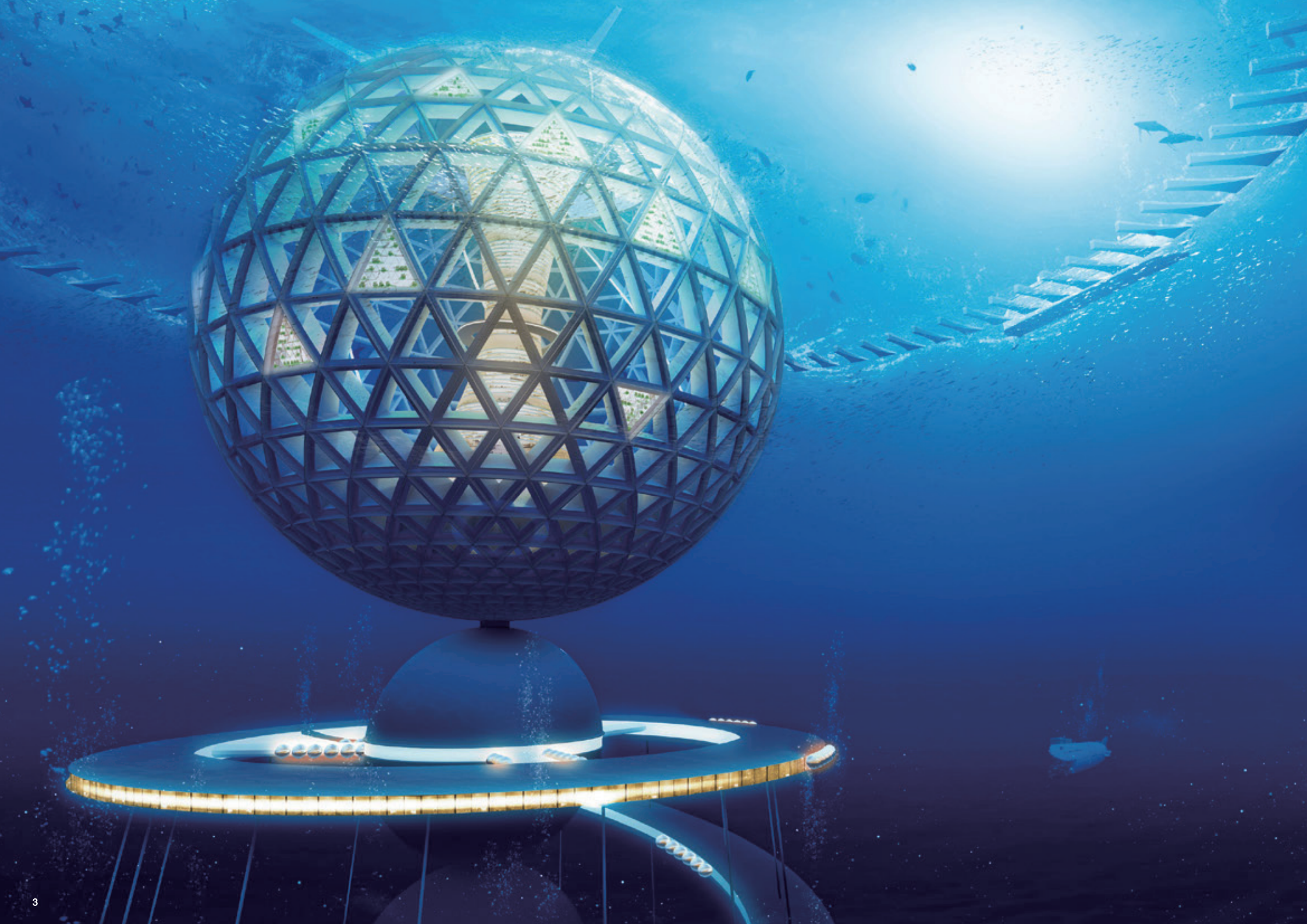
深海の無限の可能性を活かせると考えました。

地球最後のフロンティアである深海との新しい繋がりを、今こそ持つべきです。

深海の本格的な利用により、かつての陸上型の効率至上主義開発とは一線を画し、

地球における「人類社会の持続性」の飛躍的向上をめざします。







## 私たちが深海をめざす5つの理由

深海には、「食糧」「エネルギー」「水」「CO<sub>2</sub>」「資源」の私たちが直面する5つの課題を解決するポテンシャルがあります。

---

### 食糧

深海域の漁業の質と量の可能性は、限りなく無限です。

---

### エネルギー

深海が持つ未利用エネルギーは、限りなく無限です。

---

### 水

深海だから造れる淡水の量は、限りなく無限です。

---

### CO<sub>2</sub>

深海のCO<sub>2</sub>処理能力は、限りなく無限です。

---

### 資源

海底や海中の資源量は、限りなく無限です。

---



深海未来都市をベースキャンプとして、  
「深海力による地球再生」をはじめます。



# 深海未来都市構想 OCEAN SPIRAL

＜深海力による地球再生をめざす＞

## 【深海特性】

—200m これより深海

- 真光層：ここまでは太陽光がよく届く
- 植物性プランクトンの光合成限界界

- 薄光層：太陽光がかすかに届く

—1,000m せんしんそろう 上部漸深層の始まり

- 無光層：太陽光が届かない
- 海面との温度差 20℃程度（低緯度地域）
- 音波が最も遠くまで届く
- 海水性状（温度・密度・塩分）が大きく変化する層の最下部

—1,500m せんしんそろう 下部漸深層の始まり

- 海水温は2～3℃程度

## 【今回計画】

### ■ BLUE GARDEN

- 快適・健康・安全な  
深海都市のペーパークャンパス  
(直径500mの球体)

深海コンドラ着床フロア

スーパーバラストボール

- 砂と空気による浮力制御

深海音波モニタリング拠点

- 音波が一番届く深さを利用し、  
海洋環境をモニタリング

### ■ INFRA SPIRAL

- 運搬機能

往路：人・電気・水・酸素等

復路：人・海底資源・生物資源等

- 取水機能

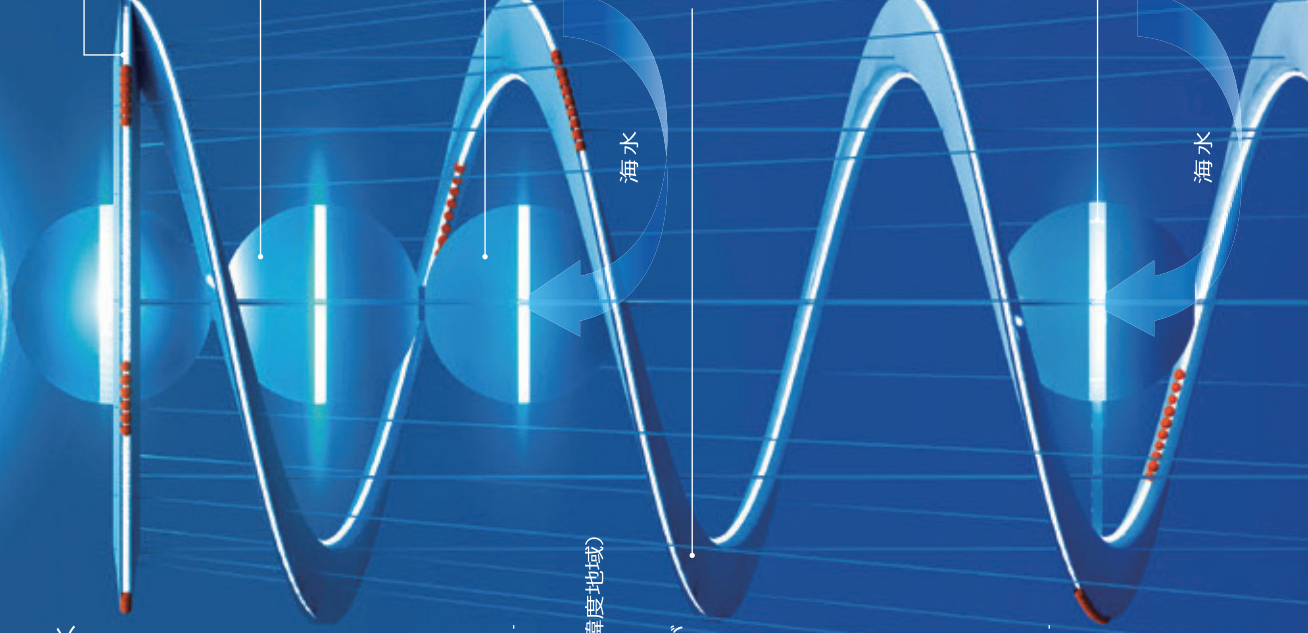
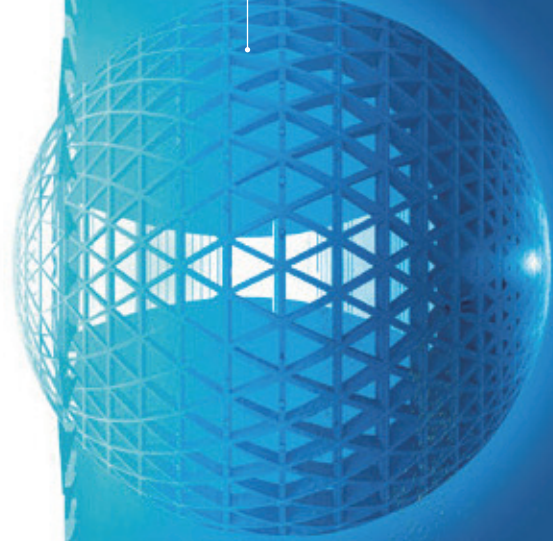
—1,000m：発電用

—1,500m：養殖冷用水用

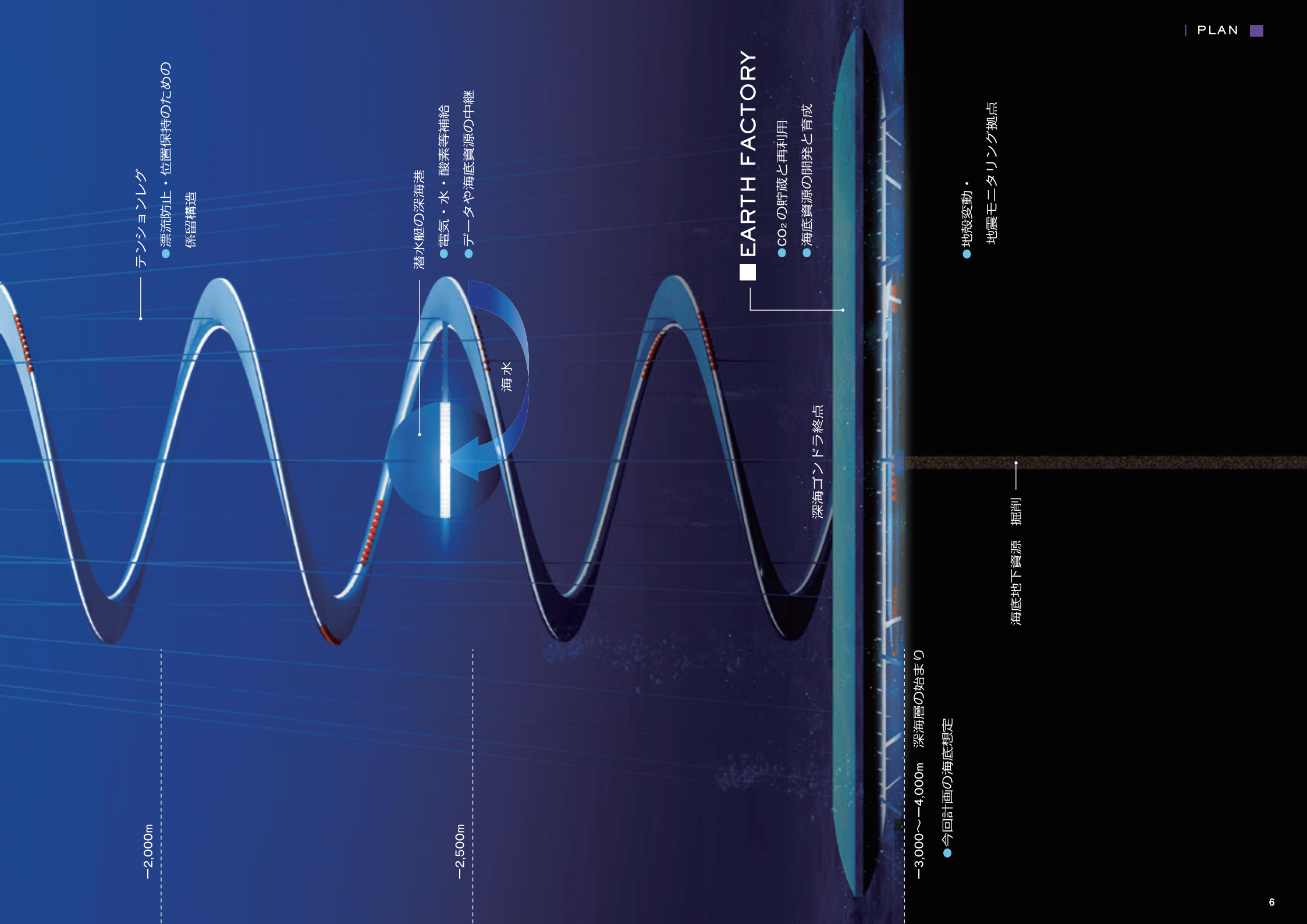
—2,500m：海水淡水化用

深海生物モニタリング拠点

- 海水温2～3℃の生物常時観測







-2,000m

テンションレグ

- 漂流防止・位置保持のための係留構造

潜水艇の深海港

- 電気・水・酸素等補給
- データや海底資源の中継

海水

-2,500m

## EARTH FACTORY

- CO<sub>2</sub>の貯蔵と再利用
- 海底資源の開発と育成

深海コンドラ終点

-3,000~-4,000m 深海層の始まり

- 今回計画の海底想定

海底地下資源 掘削

- 地殻変動・

地震モニタリング拠点



# MASTER VISION

| 海面と海底との垂直統合 |

## BLUE GARDEN

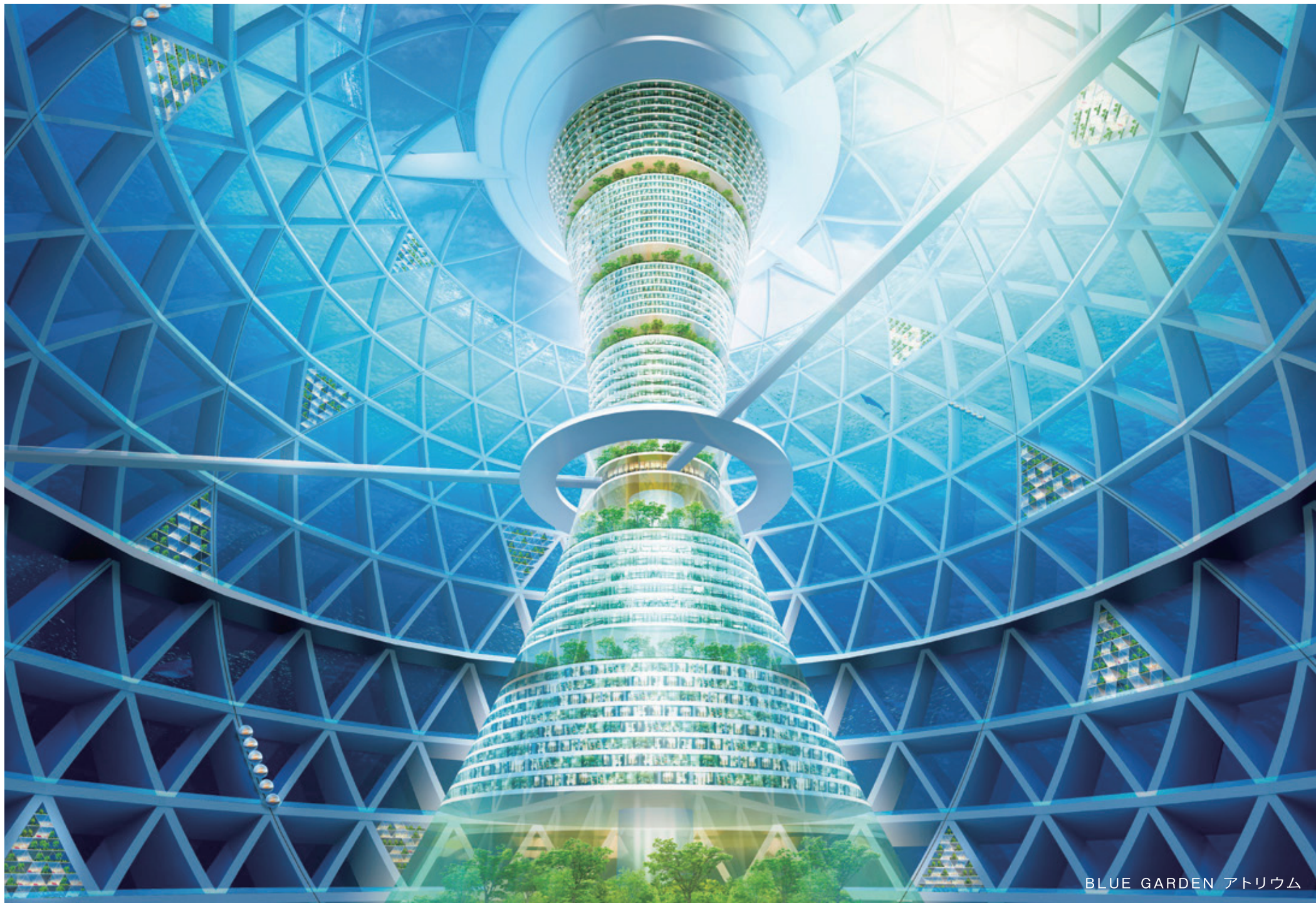
OCEAN SPIRALの  
ベースキャンプ

宇宙船のように深海に浮かぶ  
直径500mの球体、BLUE GARDEN。  
陸上よりも快適で安全な都市です。

- 温度変化の少ない快適都市
- 台風も地震もない安全都市
- 地上より酸素の濃い健康都市

BLUE GARDEN グランドエントランス





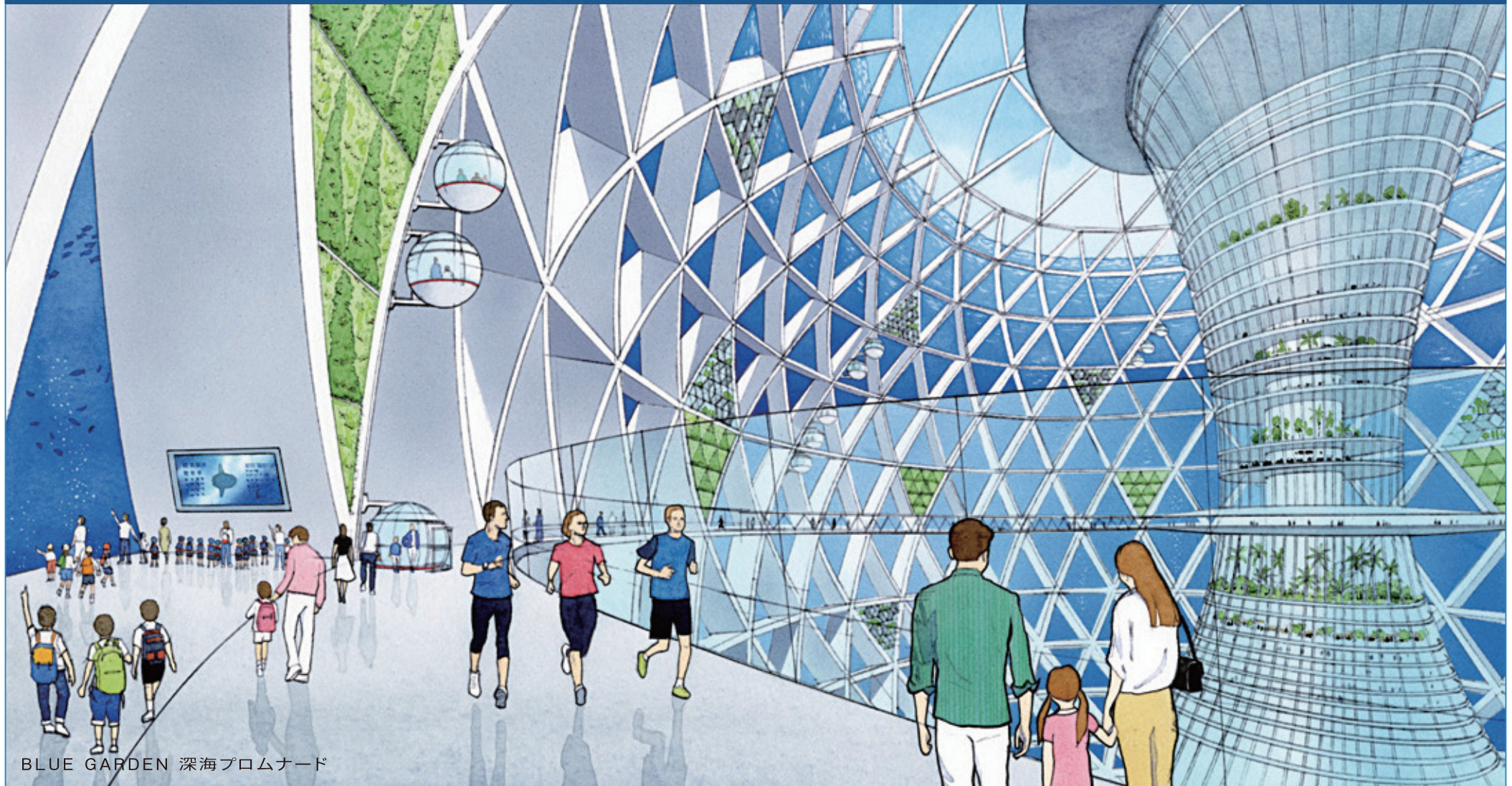
BLUE GARDEN アトリウム



## 新しいライフスタイル

深海に面したカジュアルゾーンでは、  
深海を感じ、楽しみ、学び、語り合う。

例：深海観光ツアー  
深海体験型教育  
高酸素濃度の深海健康法  
快適で安全な住居と職場



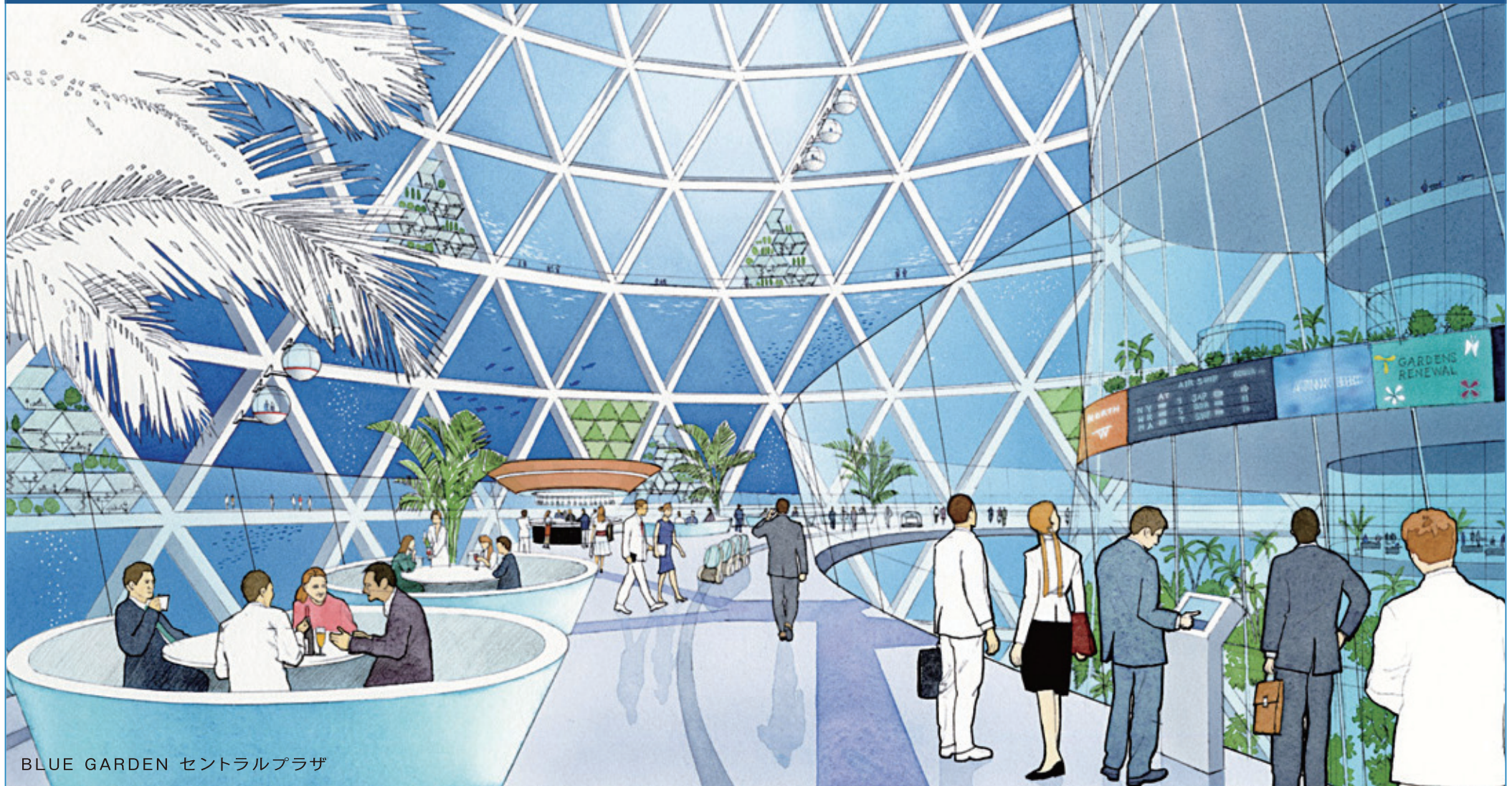
BLUE GARDEN 深海プロムナード



## 新しいビジネスモデル

中央タワーのビジネスゾーンでは、  
深海発、新産業のビジネスモデルがインキュベートされる。

例：深海資源産業  
深海エネルギー産業  
深海観光産業  
深海先端研究拠点

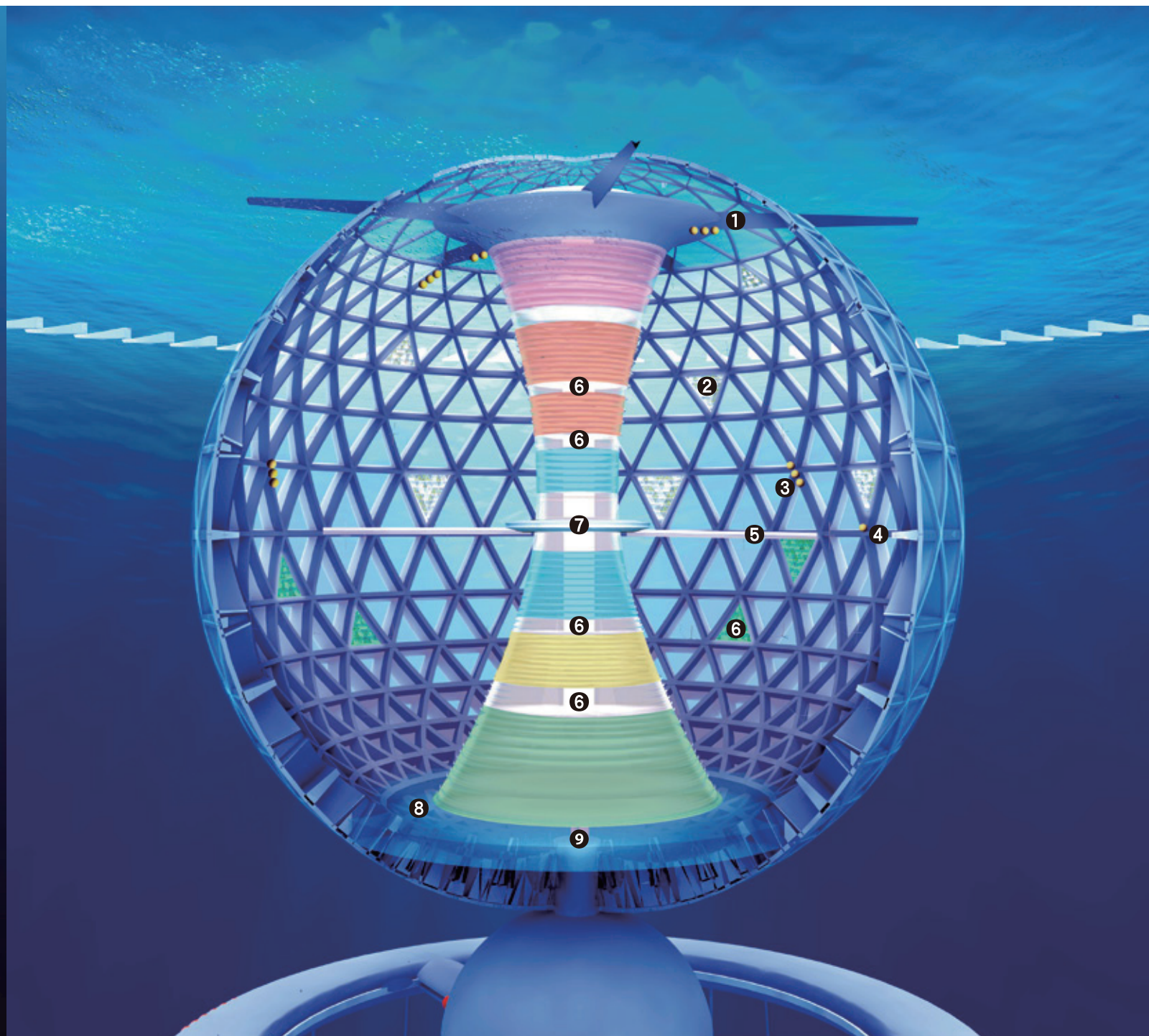


BLUE GARDEN セントラルプラザ

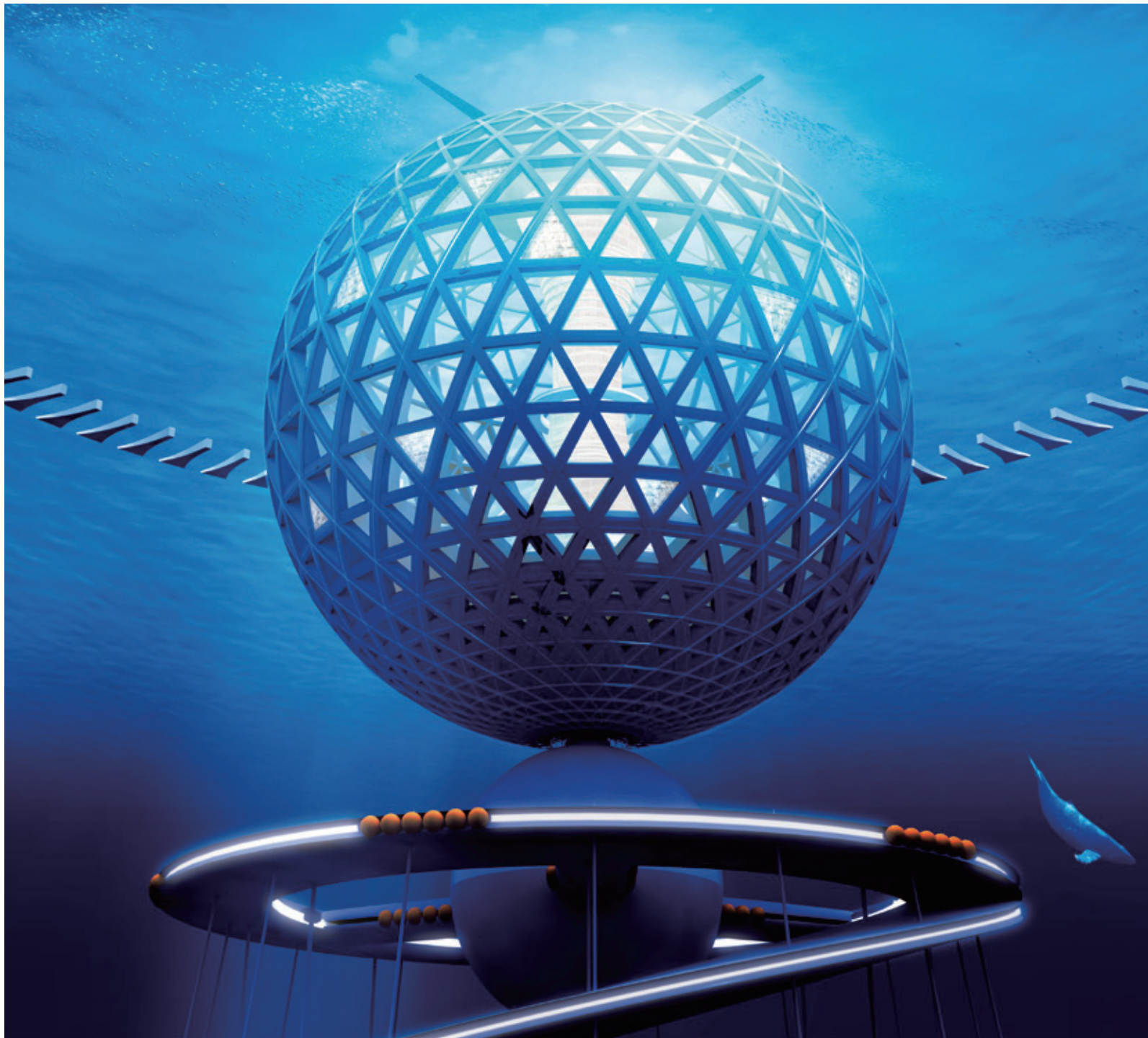


- ホテル・商業・コンベンション
- レジデンス
- オフィス
- 共同住宅
- 研究所・実験室

- ① グランドエントランス
- ② 深海スイートルーム
- ③ 展望ゴンドラ
- ④ 深海プロムナード
- ⑤ 深海歩廊
- ⑥ 深海パーク
- ⑦ セントラルプラザ
- ⑧ 真水の泉
- ⑨ 深海ゴンドラ乗降口







◎BLUE GARDEN 概要

球体直径：500m

構造：コンクリート（樹脂コンクリート）

外壁：アクリル板＋FRPリブ

階数：75F（海面F～深海75F）

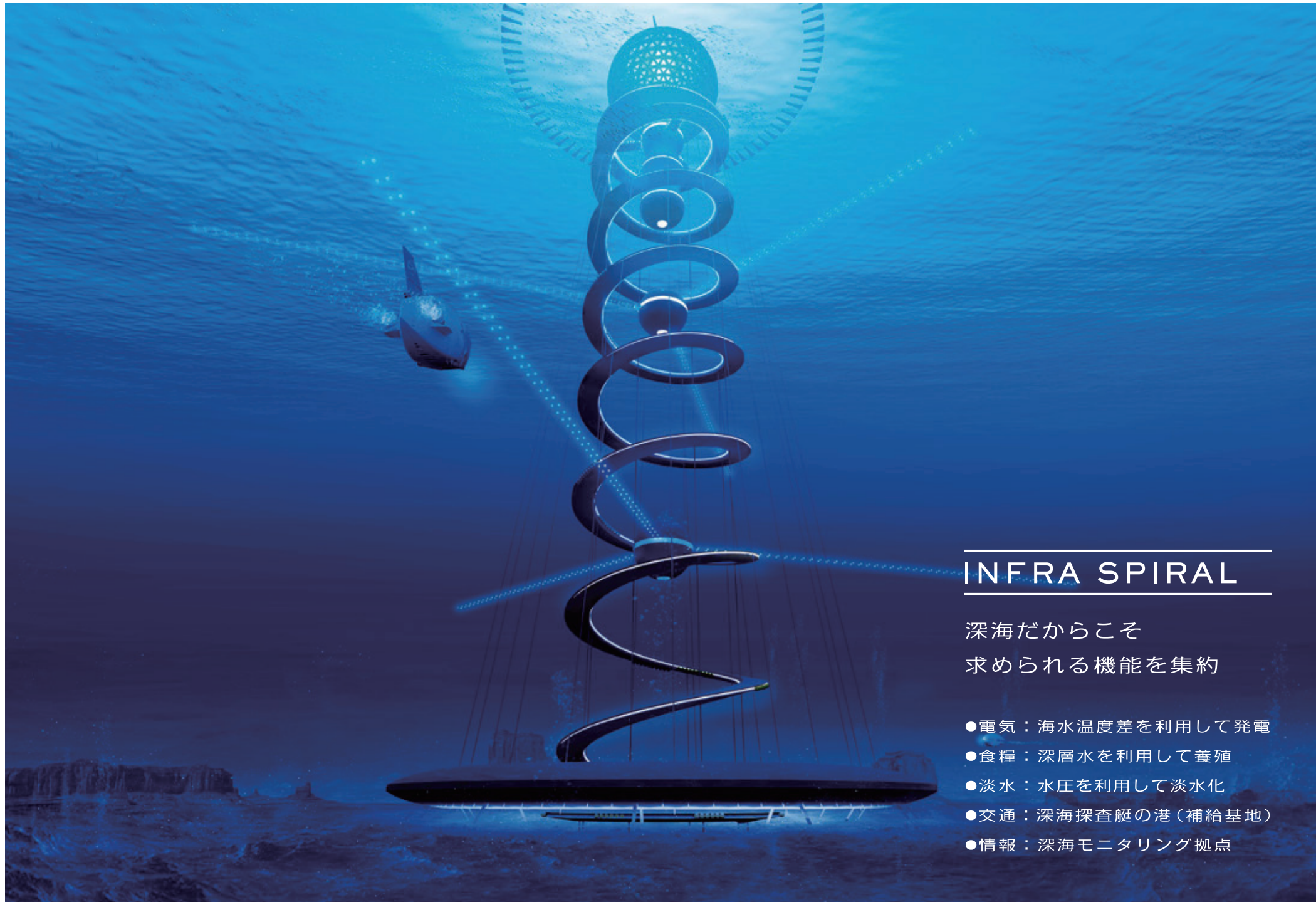
想定人口：5,000人

（定住者4,000人／来訪者1,000人）

◎用途別概要

|            |           |          |
|------------|-----------|----------|
| ホテル        | タワー客室     | 350室     |
|            | 深海スイートルーム | 50室      |
| 商業・コンベンション |           | 10,000㎡  |
| レジデンス      |           | 350戸     |
| オフィス       |           | 50,000㎡  |
| 共同住宅       |           | 800戸     |
| 研究所・実験室    |           | 140,000㎡ |





---

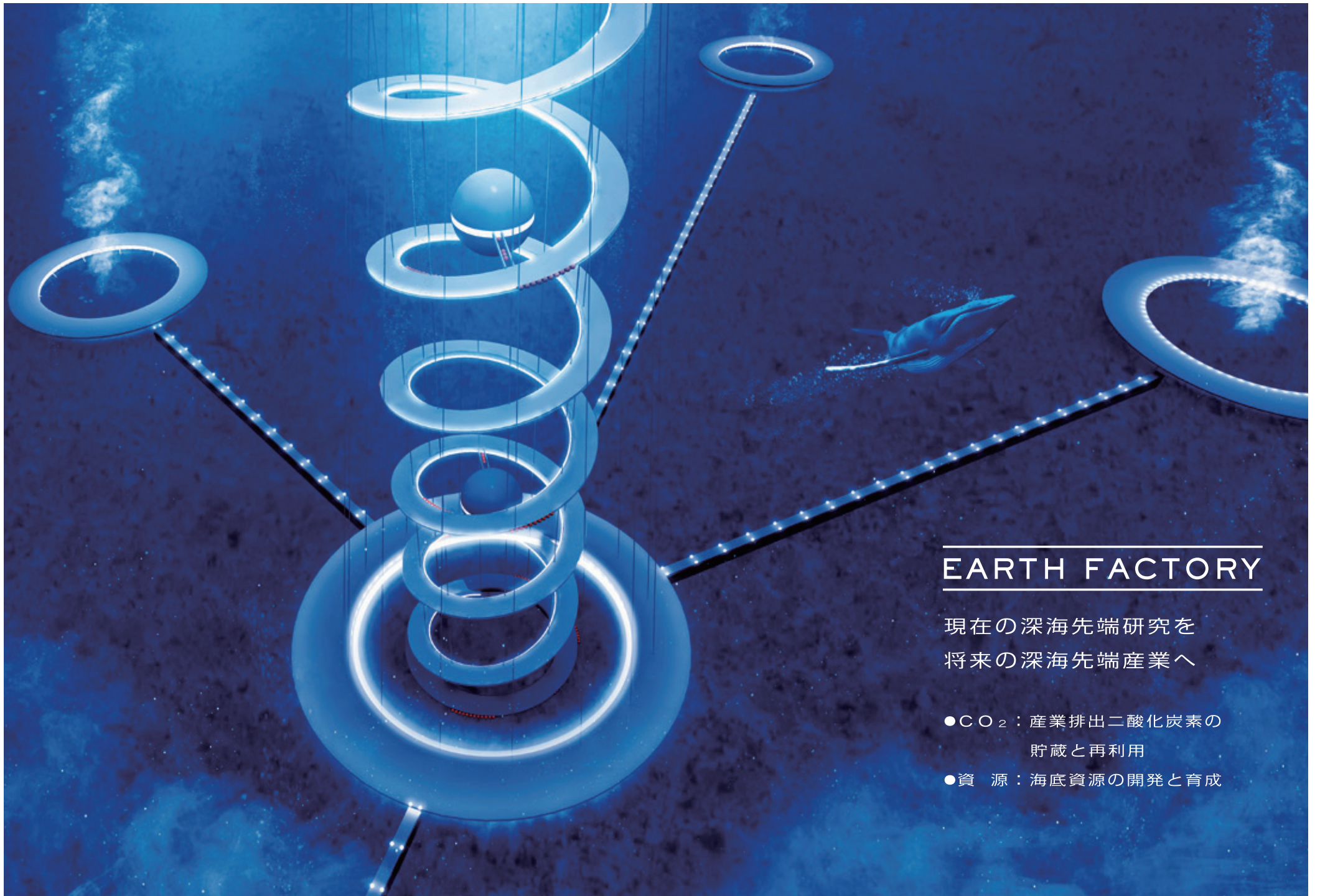
# INFRA SPIRAL

---

深海だからこそ  
求められる機能を集約

- 電気：海水温度差を利用して発電
- 食糧：深層水を利用して養殖
- 淡水：水圧を利用して淡水化
- 交通：深海探査艇の港（補給基地）
- 情報：深海モニタリング拠点





## EARTH FACTORY

現在の深海先端研究を  
将来の深海先端産業へ

- CO<sub>2</sub>：産業排出二酸化炭素の貯蔵と再利用
- 資源：海底資源の開発と育成



# SOLUTION

| 深海力で、地球を再生 |

## 5つの分野で、地球規模の「循環」を再生

深海が本来持っているポテンシャルを活かし、  
5つの分野で地球規模の「循環再生」と「人類社会の持続性」を向上します。



### 食糧

世界的人口爆発で食糧不足



世界中で農地拡大による環境破壊



深海漁業の質と量の可能性は無限

深海の温度と栄養を活かす  
(例：高級ブランド魚の養殖)



沖合養殖漁業の拡充

### エネルギー

経済発展のグローバル化で電力逼迫



常時安定発電のベースロード電源が必要



深海が持つ未利用エネルギーは無限

深海の温度差で海洋温度差発電



エネルギーの自給自足



## 水

異常気象と消費拡大で世界的な水不足



海水を容易に淡水化できれば解決可能



深海から造れる淡水の量は無限

深海の圧力差で逆浸透膜式淡水化



水の自給自足

## CO<sub>2</sub>

地球温暖化防止のためCO<sub>2</sub>削減は急務



CO<sub>2</sub>削減の世界的合意形成は困難



深海のCO<sub>2</sub>処理能力は無限

地球本来のCO<sub>2</sub>循環を活用  
(例：CO<sub>2</sub>からエネルギー製造)



CO<sub>2</sub>を「削減」から「利用」へ

## 資源

経済発展のグローバル化で資源逼迫



陸上の資源開発は枯渇化し環境問題誘発



海底や海中の資源量は無限

海水・海底の未利用資源活用  
(例：人工熱水鉱床)



資源を「採る」から「育てる」へ



食糧：おいしく、衛生的な高級ブランド魚を育てる

## 未来型沖合養殖

深海域における、深さ300mの囲い壁型養殖システム。

- ① きれいな「沖合の水」で育てる
- ② 「囲い壁型」のため餌や糞が深海の栄養に
- ③ 「深層水」の冷温を活用
- ④ 「深層水」による健康な栄養補給

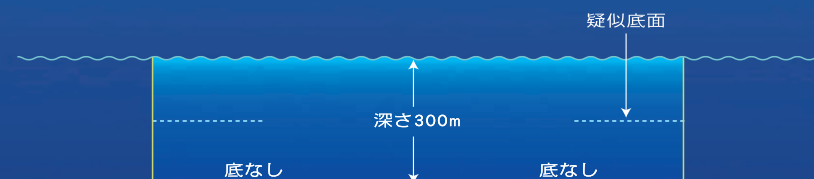


## 持続可能な高品質・高衛生な養殖漁業

- おいしい魚の育成
- 最高級の食の安全
- 周辺生態系にも優しい



## ●未来型沖合養殖の詳細



なぜ深層水を使う？ 冷たく栄養豊富な大量の深層水で養殖池の温度と栄養分を自由に調整できます。冷水利用で、魚の種類にあわせた、様々な温度の養殖池ができます。

なぜ深さ300m？ この深さなら回遊魚は底から逃げにくい。

なぜ囲い壁型？ 餌や糞は自然に深海に沈み、海の栄養分になります。養殖池は、きれいな水の状態を維持できます。

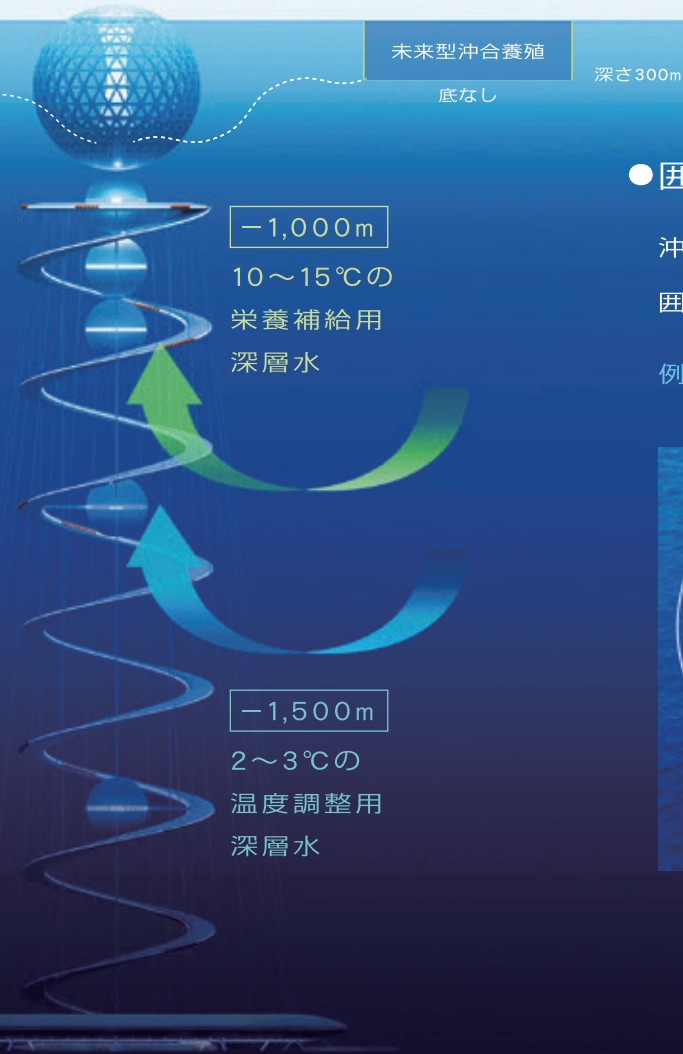


回遊性から沿岸性まで、様々な魚種の多種混合養殖が可能です

● 深海冷水の「温度」を利用できます

2~3℃の深層水を大量に注ぐことで様々な温度の養殖池が可能です。

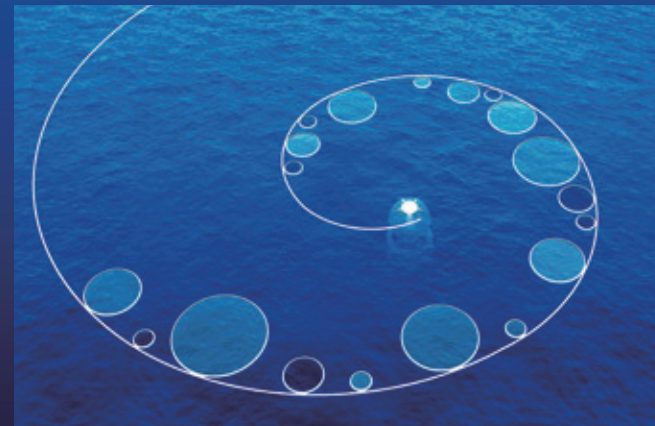
例：春の海 / 夏の海  
秋の海 / 冬の海



● 囲い壁型養殖池の「規模」を変えられます

沖合のため、沿岸域より大型の養殖池を実現できます。囲い壁型養殖池のため、規模を自由に変えられます。

例：直径200m / 400m / 600m / 800m / 1,000m



養殖池規模可変のイメージ図



エネルギー：深海の温度差で、海洋温度差発電

水：深海の圧力差で、逆浸透膜式海水淡水化

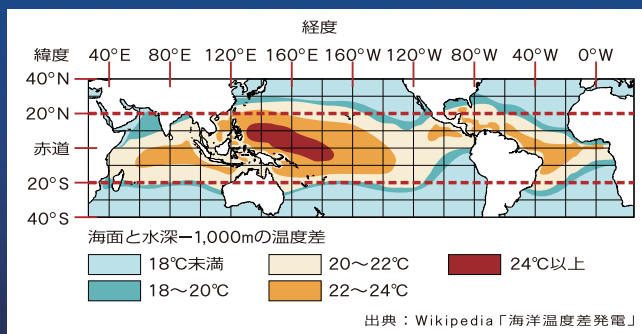
## 海洋温度差発電

海洋が持つ未利用エネルギーは限りなく無限です。

太陽によって温められた海洋表面の水と深海（約-1,000m）の冷たい水の温度差を利用して熱機関を動かすことによって発電。赤道から緯度20度以内の海洋であれば20℃の温度差があり、南回帰線と北回帰線の間は条件を満たしています。

想定発電量  
100MW

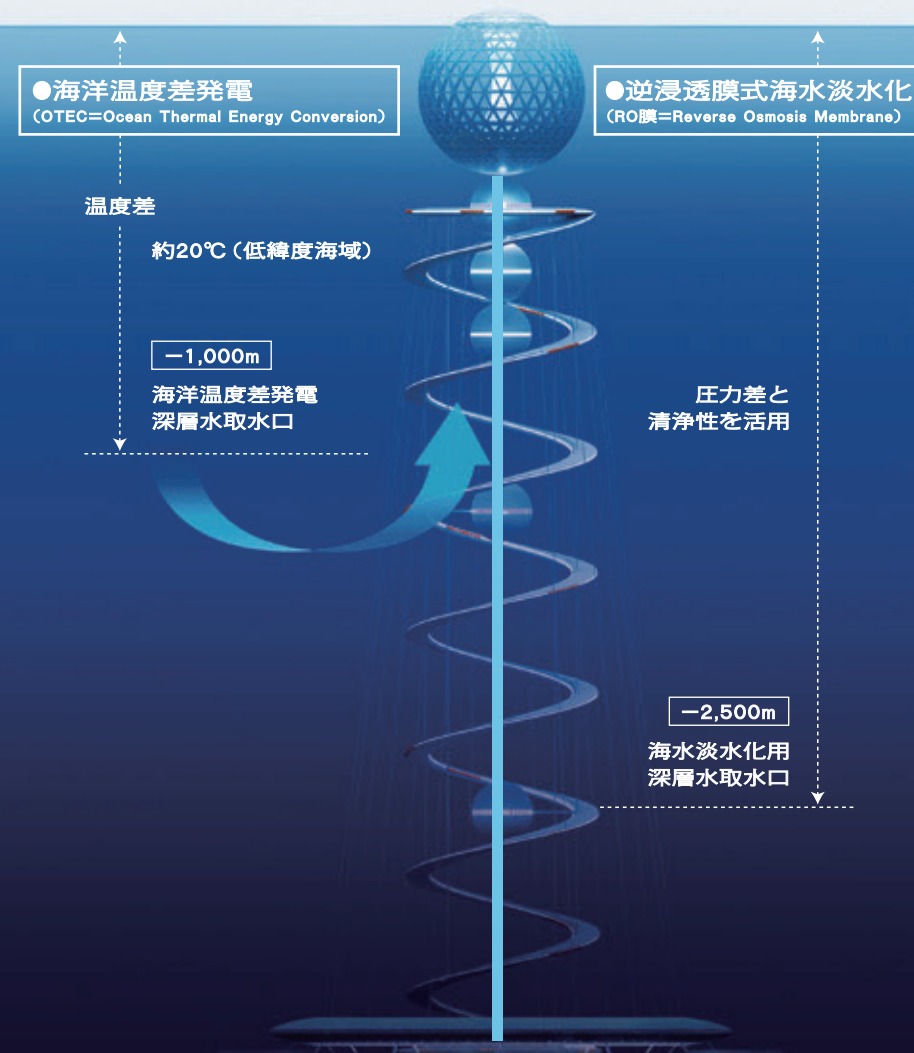
副産物として  
淡水供給、  
養殖池肥沃化、  
海中資源採取、他



## 逆浸透膜式海水淡水化

海水から造れる淡水の量は限りなく無限です。

ろ過膜の一種であり、水以外の不純物は透過しない性質を持つ膜を利用して淡水化を行います。水と不純物を分離するために浸透圧以上の圧力をかける必要があり、この圧力に深海の水圧差を利用します。





## CO<sub>2</sub>：「削減」から「利用」へ

現在の先端研究を  
将来の先端産業へ（例）

### CO<sub>2</sub>からメタン製造

深海のCO<sub>2</sub>処理能力は限りなく無限です。

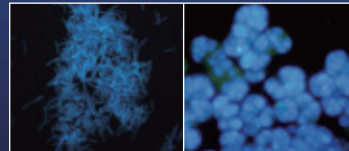
地球本来の炭素循環システムを利用し、  
「エネルギー」+「水」+「海底下微生物」で、  
CO<sub>2</sub>からメタンを製造します。

#### 海底メタン生成のプロセス

- 従来：海底地中で、5万年必要
- ↓
- 今回：高濃度CO<sub>2</sub>供給で、5時間で可能
- CO<sub>2</sub>はメタン製造の貴重な原料となる

現在：

海底下微生物であるメタン生成菌による、  
海底下炭素循環や生命活動実態を解明中。



メタン生成菌の蛍光顕微鏡写真  
©JAMSTEC

将来：

産業排出二酸化炭素を海底堆積物内に封入し、メタン生成菌の力で  
天然バイオガスに転換する、持続的炭素循環が期待されています。

（JAMSTEC研究テーマ）

## 資源：「採る」から「育てる」へ

現在の先端研究を  
将来の先端産業へ（例）

### 人工熱水鉱床

海底や海中の資源量は限りなく無限です。

資源の宝庫である熱水噴出孔を人工的に作り、  
人工熱水噴出孔から鉱物資源を育てる、  
持続可能な鉱物資源の開発です。

#### 海底資源採鉱のプロセス

- 従来：掘削し終わったら枯渇する、  
非持続可能な資源採鉱
- ↓
- 今回：人工熱水鉱床で、持続可能な資源採鉱

現在：

レアメタル、レアアース、貴金属は、貴重資源です。  
それらが眠っているのが深海海底で、温泉のように  
海底から熱水を噴き出す熱水噴出孔が注目されています。



人工熱水噴出孔チムニー  
から採れた黒鉱  
©JAMSTEC

将来：

資源の宝庫である熱水噴出孔を人工的に作り、人工熱水噴出孔から資源を  
育てて利用できる可能性があります。

（JAMSTEC研究テーマ）



# TECHNOLOGY

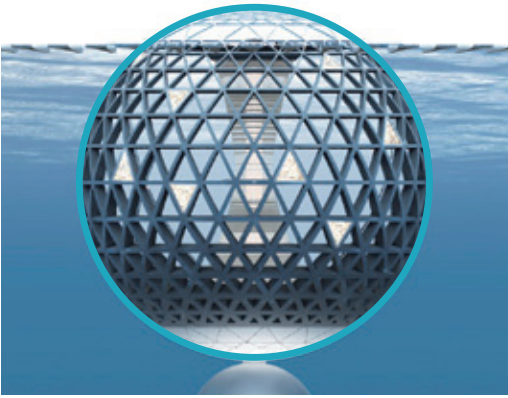
| 将来に向けた技術課題 |

## 構造計画：コンクリートで、直径500mの潜水都市を造る

※掲載技術は現時点のものであり、各種産学連携により、今後さらなる技術の向上を図ります。

### 将来に向けた主な技術課題

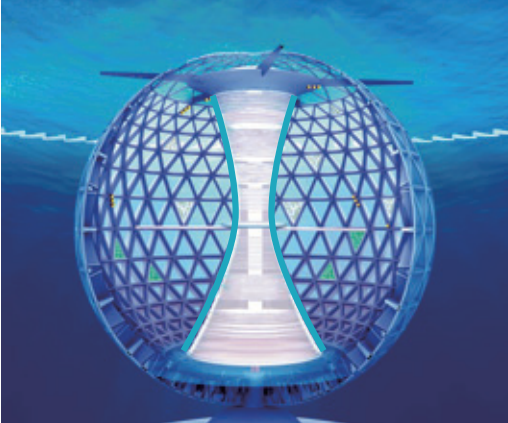
直径500mの球体コンクリートフレーム



**① 強度**

球体で水圧を受け止める

内部タワーを「球殻補強材」として活用



**② コンクリート**

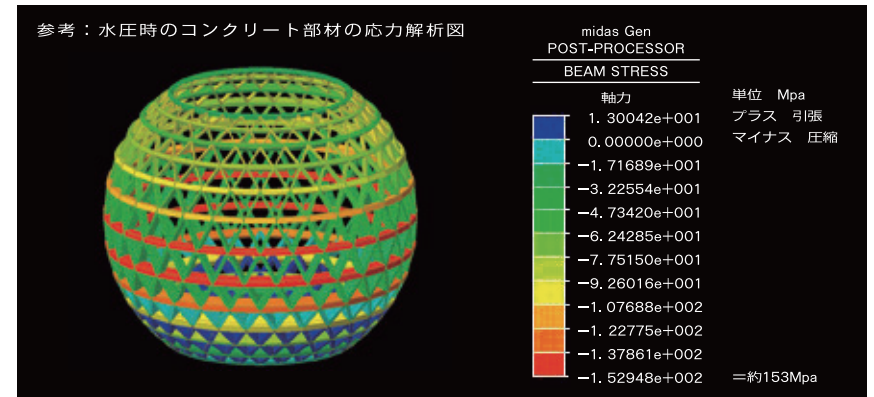
強度の強い、樹脂コンクリート

**③ 配筋**

錆びない、樹脂配筋

**④ 環境対応**

ペットボトルリサイクル材を樹脂コンクリートに活用



参考：樹脂コンクリート（レジンコンクリート）の現状性能

|                           | レジンコンクリート | 一般コンクリート  |
|---------------------------|-----------|-----------|
| 単位重量 (kg/m <sup>3</sup> ) | 2200~2400 | 2300~2450 |
| 圧縮強度 (Mpa)                | 80~160    | 20~50     |
| 引張強度 (Mpa)                | 9~14      | 2~7       |
| 曲げ強度 (Mpa)                | 14~35     | 1~4       |
| 養生期間 (日)                  | 1~3       | 30        |
| 線収縮 (%)                   | 0~0.4     | 0.1       |
| 吸水率 (wt%)                 | 0.1~1.0   | 4.6~6.0   |

参考：ペットボトルリサイクル材活用

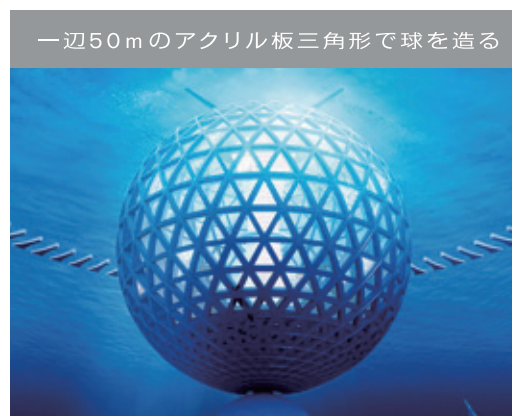
| 材 料 | 重量比 (%)                  |
|-----|--------------------------|
| 樹 脂 | 15 ←内4~5% ペットボトルリサイクル材活用 |
| 骨 材 | 20                       |
| 砂   | 45                       |
| 砂 利 | 20                       |
| 合 計 | 100                      |



## 外壁計画：深海で360°パノラマの、透明球体に挑戦する

※掲載技術は現時点のものであり、各種産学連携により、今後さらなる技術の向上を図ります。

### 将来に向けた主な技術課題



#### ① 強度

一辺50mの三角形を  
アクリル板で実現



#### ② 強度

半透明 FRPリブで強度補強

#### ③ 清掃

マイクロバブル等による  
生物付着防止

#### ④ ジョイント部

止水、変位吸収他

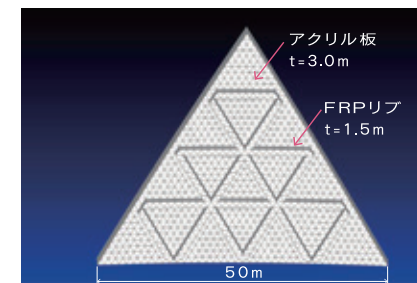
現時点の材料技術では

アクリル板  $t=3.0\text{m}$ 、FRPリブ  $t=1.5\text{m}$  で、  
許容たわみ、許容応力度をクリアします。

※FRP=Fiber Reinforced Plastic 繊維強化プラスチック

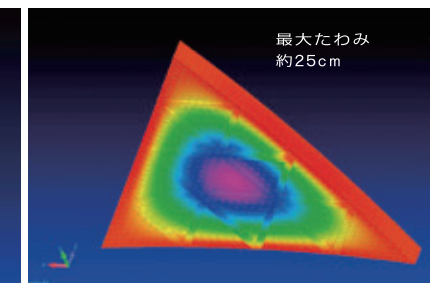
#### ● 1ユニットの概要

球体を構成するアクリル板+FRPリブ



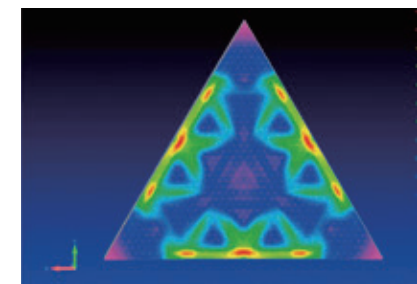
#### ● 1ユニットの構造解析

たわみ分布は許容値以下



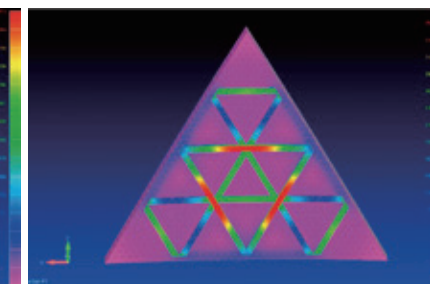
#### ● アクリル板内面の構造解析

水圧による最大応力度は許容値以下



#### ● FRPリブ材の構造解析

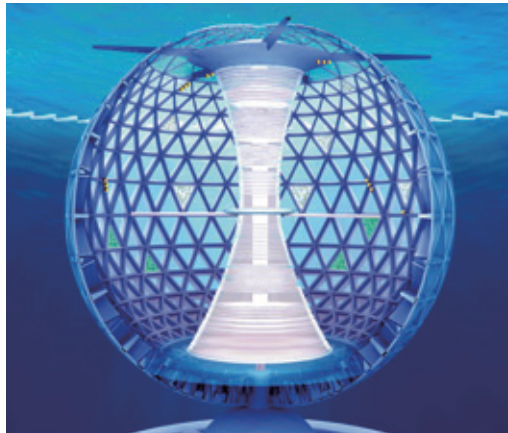
水圧による最大応力度は許容値以下



## 設備計画：深海ならではの快適性実現に挑戦する

※掲載技術は現時点のものであり、各種産学連携により、今後さらなる技術の向上を図ります。

### 将来に向けた主な技術課題



#### ①自然対流

海水と空気の温度差利用で  
快適・涼風の自然対流

#### ②除湿

深海海水の冷熱利用で  
さわやか除湿空調



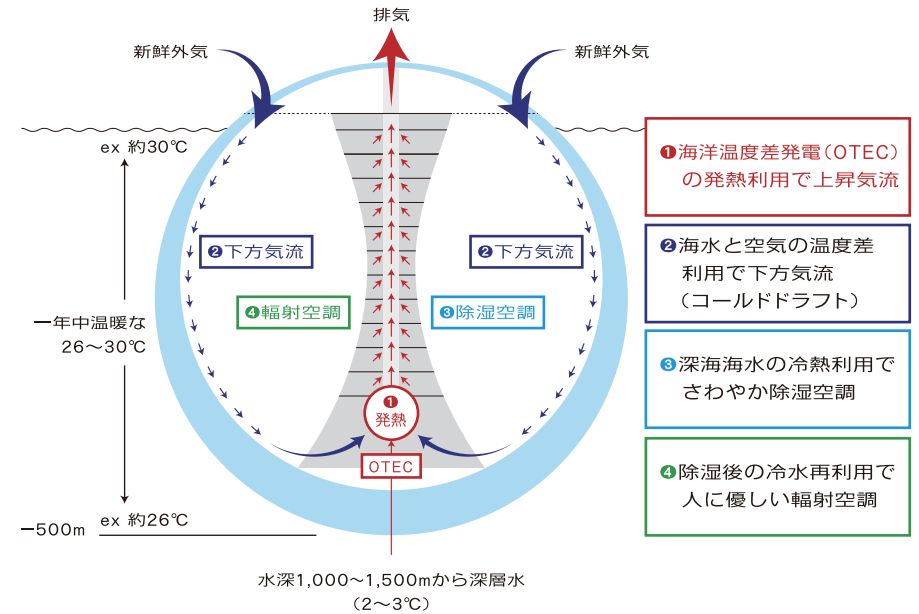
#### ③空調

除湿後の冷水再利用で  
人に優しい輻射空調

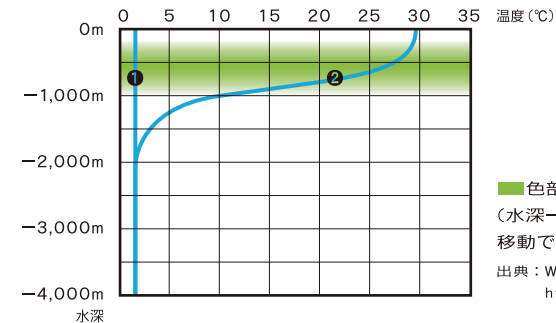


#### ④断熱

アクリル板（厚さ3m）の  
断熱効果で快適環境



●深海の海水温度 (①高緯度海域 ②低緯度海域)



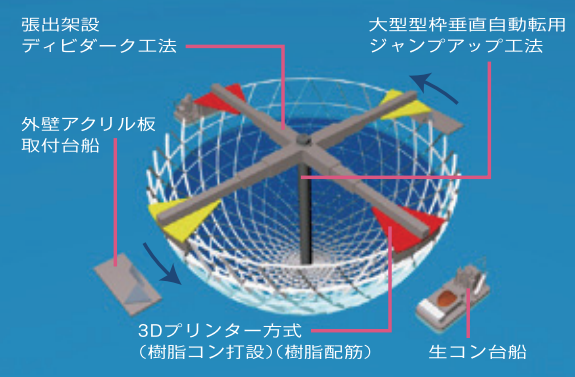


※掲載技術は現時点のものであり、  
各種産学連携により、今後さらなる技術の向上を図ります。

## 施工計画：球体の洋上完全自動化施工に挑戦する

将来に向けた主な技術課題

**① 未来技術の先取り**  
3Dプリンター方式  
(樹脂コン打設)(樹脂配筋)



張出架設  
ディビダーク工法

大型型枠垂直自動転用  
ジャンプアップ工法

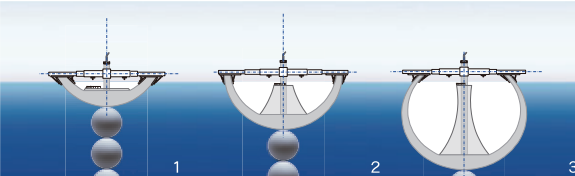
外壁アクリル板  
取付台船

3Dプリンター方式  
(樹脂コン打設)(樹脂配筋)

生コン台船

**② 実績ある技術の統合**  
大型型枠垂直自動転用  
ジャンプアップ工法  
張出架設  
ディビダーク工法

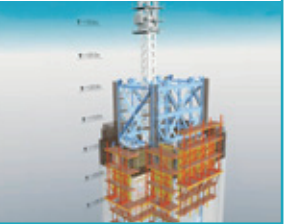
施工手順



1 2 3

**③ 海洋特有の施工法**  
常時、水面で施工  
(完成躯体水中沈下方式)

(中央タワー部コア部)  
**② 実績ある技術の統合**  
大型型枠垂直自動転用：  
ジャンプアップ工法



**① 未来技術の先取り**  
3Dプリンター方式  
(樹脂コン打設)(樹脂配筋)

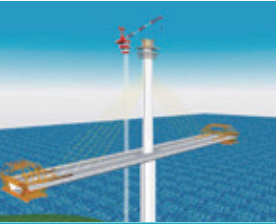
▼

オーシャンスパイラル工法  
(OS工法)

▲

**③ 海洋特有の施工法**  
常時、水面一定レベルで施工  
(完成躯体は水中沈下方式)

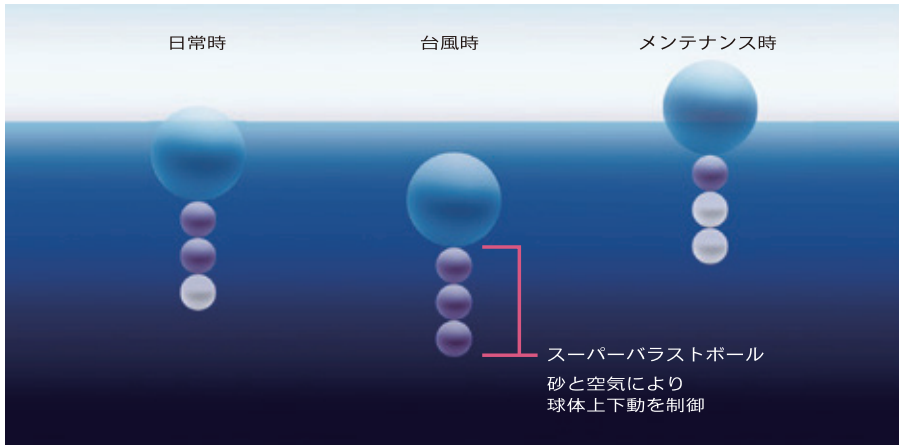
(外周躯体フレーム部)  
**② 実績ある技術の統合**  
張出架設：  
ディビダーク工法



## 運用保全計画：フェールセーフとメンテナンス

将来に向けた主な技術課題

**① 上下動制御：砂充填型スーパーバラストボール**

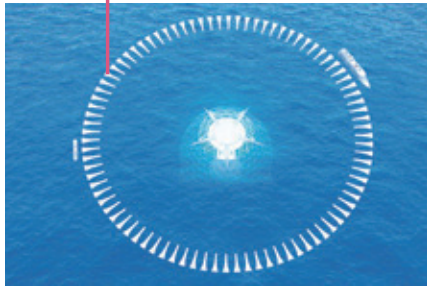


日常時      台風時      メンテナンス時

スーパーバラストボール  
砂と空気により  
球体上下動を制御

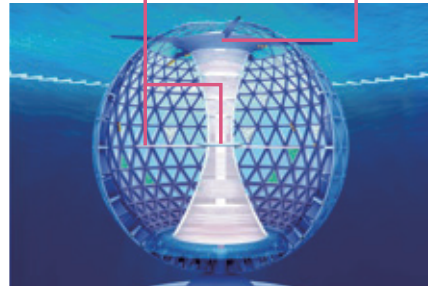
**② 波浪制御：浮体式防波堤**

客船ターミナルを兼ねた浮体式防波堤



**③ 日常振動制御：制振装置**

歩廊やコアに組み込んだ制振    タワー頂部の制振



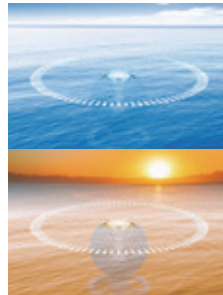
# VARIATION

| あらゆる立地・スケールに対応 |

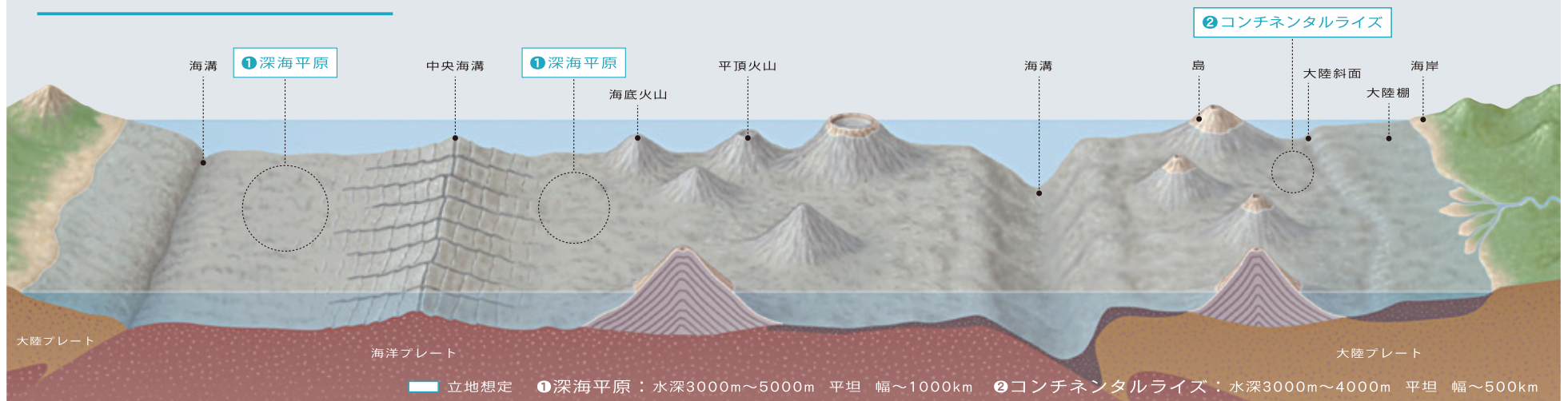
## 立地バリエーション：世界の海を結ぶ、OCEAN SPIRALネットワーク

### 地域特性から見た立地想定

- ① 沿岸地域の海：各国排他的経済水域内の離島活性化
- ② 海洋島国の海：太平洋上の島嶼国の海面上昇対策
- ③ 砂漠地域の海：中東やアフリカの海で快適深海居住



### 海底地形から見た立地想定



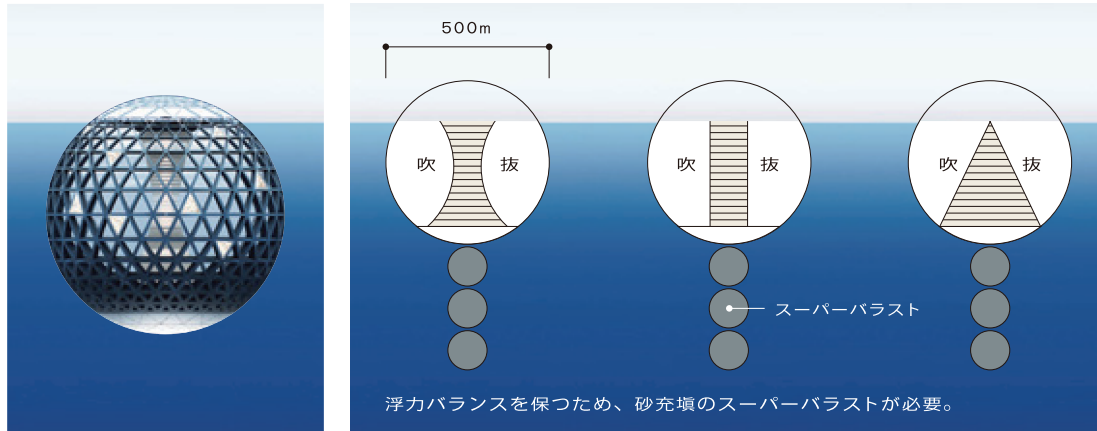
出典：オールカラー 深海と深海生物 美しき神秘の世界(ナツメ社)より (独)海洋研究開発機構(JAMSTEC)監修 イラスト：細密画工房 横山伸省



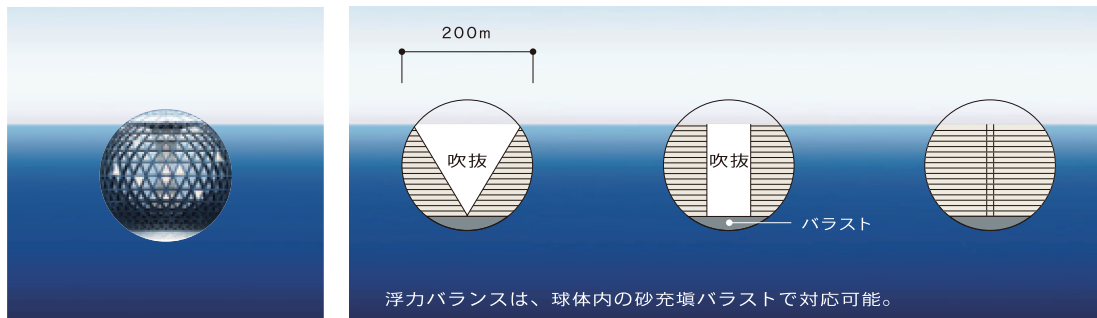
## スケールバリエーション：

都市スケールの直径500mモデルとは別に、より実現性の高いモデルとして、建築スケールの直径200mモデルも想定しています。

### 直径500m φ（都市モデル）



### 直径200m φ（建築モデル）



## 深海未来都市構想 OCEAN SPIRALに 技術情報を提供していただいた方々

- 学識経験者 -----
  - 海洋生態系、海洋深層水 関連  
東京大学・高知大学 高橋正征名誉教授
  - 海洋温度差発電 関連  
佐賀大学 池上康之教授
- 深海関連 -----
  - (独)海洋研究開発機構 (JAMSTEC)
- 専門分野別 -----
  - 水産資源、養殖 関連  
(独)水産総合研究センター
  - 樹脂コンクリート、樹脂建材 関連  
昭和電工(株)
  - 大型アクリル板 関連  
日プラ(株)

(独)海洋研究開発機構 (JAMSTEC) 様より

日本列島は地球活動のもっとも活発な場所の一つに位置します。したがって、海洋、地球、生命、そして人間活動の統合的な理解を日本から発信することが、私どもの責務だとJAMSTECではかねてより考えておりました。さらに今後は、海洋資源の利用、海洋生命工学の展開、海洋地球情報の高度化など、海洋イノベーションを力強く推進する必要があります。そのような状況の中で、清水建設(株)様から、「人と深海の新しい繋がり」をめざす深海未来都市構想をお聞きした時には、私どもの研究成果を活用いただけることを確信しました。JAMSTECの果たすべき使命は「新たな科学技術で海洋立国日本の実現を支え、国民、人間社会、そして地球の持続的発展・維持に貢献する」ことであります。パンフレット作成にあたりJAMSTECの実績に基づく情報を提供させていただいたと共に、今後ともOCEAN SPIRALの技術的有効性・実現性の向上のために、しっかりと協力させていただきたいと考えております。

清水建設株式会社

<http://www.shimz.co.jp/>

●お問い合わせ先●

設計・プロポーザル統括  
環境・技術ソリューション本部

コーポレート企画室  
コーポレート・コミュニケーション部

03(3561)1111(大代表)

子どもたちに誇れるしごとを。