ROUND 7

気候変動への「適応」

水上建築

海面水位の上昇に備える 現実味を増す海上都市構想

気候変動がもたらす現象の1つが海面水位の上昇。居住エリアが水没したり、高潮の被害に遭いやすくなったりするなど、影響は深刻だ。こうした未来に備え、水上に建築や都市をつくる試みが始まっている。

オランダ第2の都市ロッテルダムのレインハヴェン港で2021年9月6日、世界最大の水上オフィスがオープンした。水位が上昇しても浸水することなく、利用者に安全で快適な空間を提供する〔写真1〕。

CLT（直交集成板）を躯体に採用した3階建て、賃貸可能面積約3600m²の水上オフィスは、大きく張り出した切妻屋根が特徴。南側には約800m²にわたって太陽光発電設備を載せて建物の電力を賄う。北側には緑化を施した〔図1〕。

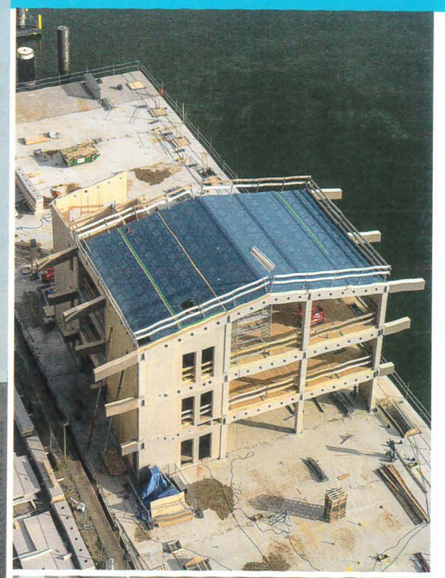
設計を担当したのは、ロッテルダムのPowerhouse Company。水上オフィスの設計は初めての経験だ。陸上の建築物との違いに苦心した。

まずは浮体の材料選定。安価で維持管理が楽なコンクリート製を選んだはいいが、問題は二酸化炭素（CO_2）排出量が多い材料である点だ。一計を案じた同社は浮体内に水管を通し、運河の水との熱交換による冷房を実現。環境負荷を減らした。

浮体の施工方法も水上の建築物ならでは。オランダ国内のドックで15分割してつくり、鋼製のケーブルで一体化した。「現場に曳航するため、橋や閘門などを通れるか確認せねばならず、物流にはかなり苦労した」（同社広報のルネ・サピエン氏）

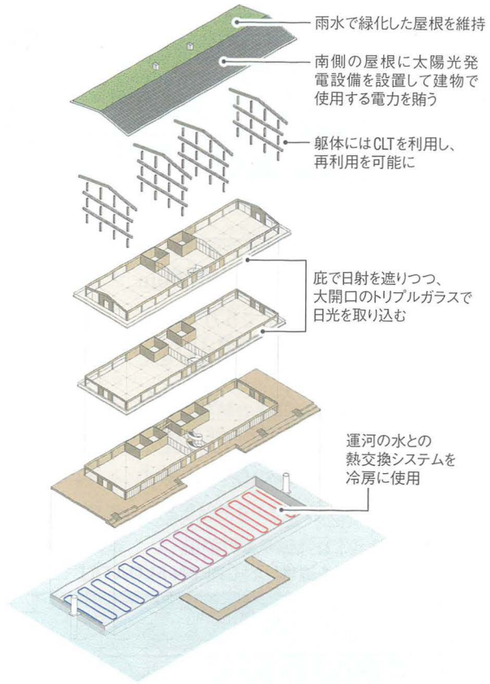
建物部分の設計では、荷重が偏って転覆するのを避けるために、左右対称なプランを採用している。

国土の4分の1が海面よりも低いオランダでは、水上の住宅は既に珍しくない存在。気候変動によって海面水位が上昇する時代を先取りしたような水上オフィスが、世界に先駆けて誕生したのもうなずける。



〔写真1〕世界最大の水上オフィスが誕生
水上オフィスには、国や企業などに気候変動に関する情報を提供する国際団体、世界適応センターが入居する。第8代国連事務総長の潘基文氏がセンターの共同議長を務める
（写真：Powerhouse Company）

〔図1〕太陽光発電設備などでカーボンニュートラルを実現



下水については、建物の動きに追随する可とう管を水底にはわせ、ロッテルダム市の下水道と接続。浮体の内部に設けたポンプで送り出している（資料：Powerhouse Company）

韓国・釜山で海上都市構想

海面水位上昇の原因は、地球温暖化に伴う海水の熱膨張や氷河・氷床の融解とされる。21世紀末に世界の平均気温が産業革命以前と比べて2度上昇するシナリオでは、世界の平均海面水位は20世紀末と比べて0.39m上昇する。4度上昇なら0.71m。日本沿岸も傾向は同じだ。

海面が上昇すると高潮の被害を受けやすくなるほか、津波の被害が拡大する恐れもある。塩害で農業に適さない土地が増えるため、事態は深刻。海抜の低い沿岸部などで居住エリアが水没し、世界で数億人の「気候難民」が発生するとの予測もある。

こうした背景もあって、SFの域を出なかった水上での暮らしが、現実的な選択肢になりつつある。居住問題に取り組む国連機関、国連ハビタットが21年11月18日、韓国釜山市や海上都市の設計などを手掛ける米OCEANIXと海上都市建設に関する覚書（MOU）を交わすなど、実現への機運が高まっているのだ〔図2〕。

海上都市の建設に取り組む企業は、日本にもある。08年に海洋未来都市構想「GREEN FLOAT」を発表した清水建設だ。台風の影響が少ない赤道直下の太平洋上に直径3km

〔図2〕韓国・釜山で海上都市構想が実現?
米OCEANIXが2019年に発表した海上都市構想。コペンハーゲンなどを拠点とするビャルケ・インゲルス・グループ（BIG）が設計した（資料：OCEANIX）

の人工地盤を浮かべ、高さ1000mの超高層タワーを建てて5万人が住む街区とする。それを組み合わせて都市や国家をつくる——。意欲的な構想は当時、大きな話題を呼んだ。

実は同社は、発表から10年以上が経過した今、事業化に向けて本格的に動き始めようとしている。同社が提案するのは、高さ100m級の浮体式建築物。鉄筋コンクリート造の浮体に鉄骨造の超高層ビルを載せ、陸に近い穏やかな海域にドルフィン（海底に杭を打って設ける係留施設）で係留する。当時発表した構想のコンセプトは継承しつつ、高さなどのサイズを10分の1に縮小。東京湾に浮かべると想定し、5年ほど前から実験などを重ねてきた〔図3、写真2〕。

津波実験では10mの波でも越波しないことを確かめた。台風実験では、伊勢湾台風級の波風でも損傷しないことを確認した。実験を踏まえ、17年には日本海事協会から設計基本承認（AIP）を取得している。AIPとは船舶などの基本設計を認証機関が審査し、技術要件や安全性の基準を満たすことを承認する仕組みだ。このほか船酔いのしやすさなど、居住性能については独自に検証した。

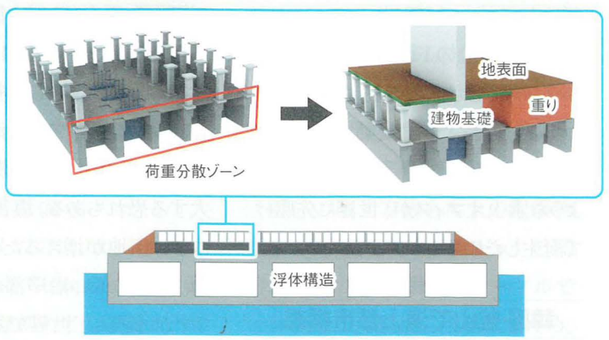
事業化を担う清水建設フロンティア開発室海洋開発部の吉田郁夫副部長は、「AIPを取得したことで、社内で事業化への機運が高まった。現在は施工に入れる体制を構築し、受注を目指している」と話す。海面水位上昇の影響を懸念するシンガポールなどに注目しているという。

〔図3〕実現可能性を追求した「GREEN FLOATⅡ」

24階建て、高さ120m、延べ面積6万5000m²の超高層ビルを直径210mの浮体の上に構築し、水深20mほどの海域に浮かばせて係留する。喫水は9m、乾舷（水面から上甲板までの高さ）は1m、排水量は32万1944トンだ（資料：清水建設）

〔写真2〕津波や台風の影響を模型実験で検証
清水建設が三井造船昭島研究所で2017年に実施した波浪中挙動実験（台風を想定した実験）の様子。前年には津波実験も実施した。防災や被災後の復興拠点としての活用も念頭に置いている（写真：清水建設）

〔図4〕建て替えが可能な浮体式人工地盤システムを考案



平面が150m角の浮体の上に厚さ2mのコンクリートで建物の荷重を分散する層を設置。その上に建物の基礎を固定する。基礎を収納するピットには配管などを通し、バラストを設置する。「巨大なOAフロアのようなイメージだ」（清水建設の吉田郁夫副部長）（資料：清水建設）

埋め立て地の代わりに

計画に関心を寄せた顧客に「埋め立て地の代わりになる」と提案したところ、「建物と浮体をセットにしてしまうと、自由に建て替えができない」との指摘を受けたことがあった。

そこで考案したのが、自由に建て替え可能な浮体式人工地盤システムだ。棟数や建物の位置に応じてバラスト（重り）を配置し、バランスを取る。国際特許も出願した〔図4〕。

清水建設は事業化に向けて、海外ではオランダ・デルフト工科大学発のコンサルティング会社であるBlue21と、国内では日立造船と連係してきた。22年以降、同社とともに事業化に向けた動きを加速させる。

吉田副部長は「港湾施設を浮かべたいといったニーズがある。引き合いは多く、事業化は時間の問題だ」と自信をのぞかせる。

スタートアップ企業

海上ファームで農業に挑むN-ARK

海面水位上昇による水害や農地の塩害に、海に浮かぶ建築物と海水を利用した農業技術で挑むスタートアップ企業が登場した。2021年8月設立のN-ARK（ナーク）だ。スタートアップ企業の支援などに携わってきた田崎有城代表取締役が立ち上げた。

海水農業とは、アルカリ性の海水を酸性の雨水で希釈して中和し、作物に与えて育成を促す技術。海水に含まれる窒素やリンを利用する。スタートアップ企業のカルティベラ（沖縄県恩納村）の協力を得て、実証実験を進めている。

海水農業に対応した海上ファーム「Green Ocean」の設計や技術開発は、日建設計を経て独立し、ナークの取締役も務める塩浦政也氏が担う。

Green Oceanの特徴は、耐塩性能を高めたことと、モジュール式にして組み立てや改修が簡単にできるようにしたこと。カーボン素材の浮体設備に木造建築を載せる。部材の接合部にもカーボン素材を用いる。雨水を効率的に集めるため、切妻屋根を逆にしたようなバタフライ屋根を採用した。取り入れた海水は空調にも用いる〔図5〕。

22年は、パートナー探しやプロトタイプの制作を進め、事業計画をつくり込む。23年にも実証実験を始める考えだ。実証実験の舞台は、本社を構える浜松市を予定している。

田崎代表取締役は「浜名湖は海とつながる汽水湖。干満の影響を受けるが波は穏やかで、実証にはうってつけだ。周辺にはものづくり企業も集積している。自治体を巻き込み、大きなムーブメントにしたい」と意気込む。

〔図5〕耐塩性能を高めつつシンプルな構造に

海上ファーム「Green Ocean」のイメージ。カーボン素材などで耐塩性能を高め、組み立てや修繕が容易にできる建築を目指す。海中環境の改善にも取り組む。海上ファームの下で藻類などを育てる構想を描く。右上はナークのメンバー（資料・写真：N-ARK）

知る・見る・遊ぶ

イチ押しイベント

文：星野拓美

展覧会 開催中

知られざるチェコの近代住宅を一望

20世紀初頭を代表する建築家アドルフ・ロース（1870年～1933年）がチェコのプルゼニュ市で手掛けた住宅を、インテリアを中心に紹介する。チェコ国外では知られざる住宅群を一挙に見られる。

ロースはオーストリア＝ハンガリー帝国のブルノ（現・チェコ）で生まれた。モダニズムを先駆けた人物として建築史に名を残す。建物の外装を装飾しない、当時としては革新的な住宅をいくつも設計した。一方、その内部は大理石などを使った豪華なインテリアで知られる。

会場風景。左はパネル展示の様子。上はフライシュナー邸の模型。同展で並ぶ模型は東洋大学櫻井研究室が2016～18年にかけて製作した（写真：2点とも本誌）

本展のキュレーターはプルゼニュ市西ボヘミア美術館代表のペトル・ドマニツキー氏が務めた。同館は2011～12年に、プルゼニュ市におけるロースの活動をまとめた展覧会を開いた経緯がある。

今回のチェコセンター東京における会場では、ロースが建てた住宅を写真や建て主の人間関係とともに紹介したパネル、東洋大学の櫻井義夫研究室が製作した50分の1スケールの建築模型や3次元モデルの映像などを展示している。

LOOS AND PILSEN アドルフ・ロース展 プルゼニュ市のインテリア

■**会期**：2021年12月15日（水）～22年1月31日（月）※土日・祝日、12月24日（金）および12月29日（水）～1月3日（月）は休館、1月22日（土）は特別開館 ■**開館時間**：10:00～19:00 ■**会場**：チェコセンター東京（東京都渋谷区広尾2-16-14、チェコ共和国大使館内） ■**入場料**：無料

芸術祭 開催予定

長野県松本市の名建築群が展示会場に

長野県松本市に立つ建築、十数カ所を会場として、アーティストたちが建築を生かした展示をする。

会場には国宝や国登録有形文化財、長野県宝も含まれる。明治期の擬洋風建築である国宝「旧開智学校校舎」や、昭和初期に建てられた国登録有形文化財「旧第一勧業銀行松本支店」などを使用する。

会期中には参加アーティストによるトークイベントも開かれる予定だ。

マツモト建築芸術祭

■**会期**：2022年1月29日（土）～2月20日（日）、会期中無休 ■**会場**：松本市内十数カ所 ■**入場料**：無料

シンポジウム 開催予定

DXや木質化が与える環境振動への影響

環境振動とは、建設工事や建物での人の歩行などで発生する振動のことだ。このシンポジウムではコロナ禍などで変わる生活が、環境振動に与える影響を議論する。

テーマは、ネットワークを用いた振動計測技術、振動制御へのAI（人工知能）の活用、木質系建築物における歩行振動、在宅時間の増加が居住環境評価へ与える影響などだ。

第39回環境振動シンポジウム「これからのくらしと環境振動ーコロナ禍を超えた社会を見据えてー」

■**日時**：2022年1月27日（木）13:30～17:30 ■**会場**：建築会館ホール（東京都港区芝5-26-20）、オンライン（Zoom Webinar） ■**参加費**：日本建築学会会員1500円、会員外2000円、学生1000円 ■**定員**：建築会館ホール60人、オンライン400人（いずれも申し込み先着順） ■**申し込み方法**：建築学会Webサイトの「催し物・公募」から

読者から／編集部から

読者から

「監理」おざなりにしていないか

見た目ばかりを追求して、設計後のことがあまり考慮されていない建築物が増えている。新築の建物や建設現場を見て、そう感じている。

建築士として、設計段階から各部の詳細まで検討し、施工段階ではその細部をどのようにつくり、納めるのかを施工者と話し合うのが当たり前だと思う。だが意匠に重点を置くあまり、そうした納め方を施工者任せにしている建築士もいるようだ。

完成までの見通しが甘く、工程や工期への配慮に欠けていれば、建築士の仕事である設計・監理のうち「監理」の部分をおざなりにしているように思えてしまう。綿密な納まりや工期を守ることこそ重要で、その積み重ねが建物や空間の質を高めるのではないのだろうか。 浅田昭太郎（設計事務所、46歳）

読者から

中小企業のBIM化進まず

国土交通省がBIM（ビルディング・インフォメーション・モデリング）の活用を推進しているものの、その導入は一部でしか進んでいないと感じている。大手の建設会社や設計事務所ではBIMを使うプロジェクトが多く、研究チームをつくるなど人材の育成が進んでいる。しかし中小企業になるとそうはいかない。

私はBIMオペレーターをしている。以前、数社から導入サポートを請け負ったが、BIM導入の費用対効果を得られないと判断したからか、途中で打ち切りになった。

このままではBIMは大手だけで使用されて裾野が広がらず、日本は“BIM後進国”になってしまう。海外ではどのようにBIMを広め、どのような効果を得ているのか。 匿名希望（フリーランス、47歳）

編集部から

海上都市構想その後

2008年に清水建設が発表した海上未来都市構想を覚えていますか。高さ1000mの超高層タワーを海上に浮かべて1万～5万人が住むアイデアに度肝を抜かれた人も多いでしょう。一方で「建設会社はたまにトンデモ構想を発表するよね」と冷めた目で見た人もいるかもしれません。

今号で気候変動に関する特集の担当となり、その後が気になって取材に行ってみました。すると、高さ100mほどの浮体建築の実現に向けて本格的に動き出すとのこと。清水建設は、夢物語で終わらせるつもりはないようです。

この構想、再生可能エネルギーなどでカーボンマイナスを目指すといった意欲的な目標も盛り込まれていました。ようやく時代が追い付いてきたようです。 （木村駿）

日経アーキテクチュア 2022年1月13日号
©日経BP2022 ISSN 0385-0870

発行人 吉田琢也 編集長 佐々木大輔

■本誌購読のお申し込み、宛先・電話番号の変更、本誌掲載記事内容のお問い合わせは、日経BP読者サービスセンター宛て（土・日・祝日・年末年始を除く平日9：00～17：00、〒134-8729日本郵便株式会社 葛西郵便局 私書箱20号、☎0120-255-255）、または ホームページ（https://nkbp.jp/ppsqa）よりご連絡ください。乱丁・落丁本のお取り換えも承ります。

■広告掲載についてのお問い合わせは、本誌広告部（E-mail k-ad@nikkeibp.co.jp）にて承っています。

■当社では、よりよい誌面づくりのため、アンケート方式で読者調査を行っています。アンケートをお届けした場合は、ご協力のほどお願い申し上げます。

■日経BPはインターネットのWWWサーバーで情報を発信しています。ホームページのアドレス（URL）は、https://www.nikkeibp.co.jp/です。

■本誌のバックナンバー（最新号を含む）の購入・目次検索は日経BP SHOP（https://shop.nikkeibp.co.jp/front/）、過去記事のオンライン閲覧（有料）・全文検索は日経BP記事検索サービス（https://bizboard.nikkeibp.co.jp/kijiken/）をご利用ください。

■DM代行サービス 当社では、広告主の依頼により、ダイレクトメール（DM）で広告情報をお届けすることがあります。これらのDMは、当社の個人情報保護方針に則り、読者の皆さまの個人情報を広告主には一切開示せず、当社管理のもとで発送いたします。DMによる広告情報が不要な場合は、読者サービスセンター（☎0120-255-255、土・日・祝日・年末年始を除く平日9：00～17：00）までご一報ください。

ご注意 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。また無断複写・複製（コピー等）は著作権法上の例外を除き、禁じられています。購入者以外の第三者による電子データ化は、私的使用を含め一切認められておりません。詳しくは、ウェブサイト（https://nkbp.jp/copyright）をご参照ください。

日経BP Nikkei Business Publications, Inc.
東京都港区虎ノ門4-3-12 〒105-8308

編集スタッフ
副編集長：木村駿、菅原由依子
編集委員：桑原豊
記者：荒川尚美、谷口りえ、坂本曜平、石戸拓朗、星野拓美、森岡麗
シニアエディター：山本恵久、森清

広告スタッフ
部長：米倉肇
後藤佳正、田中大司、三宅賢一、和田浩明、高橋克行

販売スタッフ
部長：田村旬
島田貴、上條登、勝浩昭、滝本充

デザイン
アートディレクター：松田剛（東京100ミリバールスタジオ）
浮岳喜（東京100ミリバールスタジオ）

制作
日経BPコンサルティング