

革新的減災のための Mecha-X

Mecha-X for Disaster Mitigation

執筆者プロフィール



浅沼 博
Hiroshi ASANUMA

■1984年東京大学大学院工学系研究科金属工学専門課程修了，工学博士，東京大学生産技術研究所助手，特別研究員，千葉大学工学部助手，同大学助教授，准教授を経て，2009年教授，現在に至る
 ■主として行っている業務・研究
 ・知的材料，構造システム
 ・スマート材料
 ・減災，サステナブル工学
 ■勤務先
 正員（フェロー）千葉大学教授 大学院工学研究科 人工システム科学専攻 機械系コース
 （〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33 /
 E-mail : asanuma@faculty.chiba-u.jp）

1. はじめに一減災・サステナブル工学

大規模災害が世界で常態化し，科学技術の進歩にもかかわらず，多くの命が損なわれ続けている。筆者は防災の専門家ではないが，3.11を機に，己の専門を生かし何かできるはずだという思いを強くした。住み慣れた日本だが，まさにディザスターフロントとでも言うべき立地だ。だからこそ，日本人はそれをバネに，ますます強く，賢く生きる力を高め，自然の驚異が脅威でなくなるまで努力するこ

とで，いずれは自然の脅威がエネルギー源，活力源に見えるようになるだろう。容易ではないが，長年研究した「知的材料・構造システム」のコンセプトで革新的な成果を活用すれば，画期的防・減災が可能になると確信した。その過程で，減災と持続的発展を両立可能な「減災・サステナブル工学」という着想に至った⁽¹⁾。

それは災害時のみならず日常利用が可能な，減災目的のサステナブルな仕組み創成の学問である。平時の有用な機能発現により，社会の持続的発展を可能とするものであり，多分野にまたがる知的融合工学である。従来の防・減災目的に加え，発電機能等の付与により常時有用な機能を発現させることで，社会の経済・資源的負荷を軽減させ防・減災技術自体を持続的に発展させる，さらにはその産業化により防・減災と経済性とを両立させるというイメージである。その概念を，防波を例に概要で示すと，図1のようになる⁽²⁾。

2. 知的材料・構造システムと防・減災のための Mecha-X

「減災・サステナブル工学」の発想を可能にしたのは「知

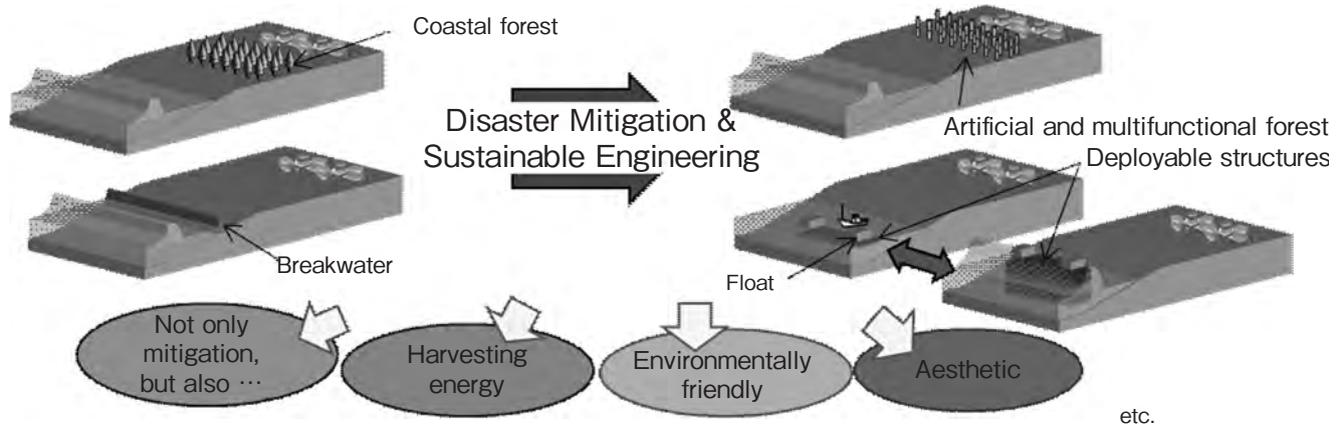


図1 防波構造を例にした「減災・サステナブル工学」のコンセプト説明図

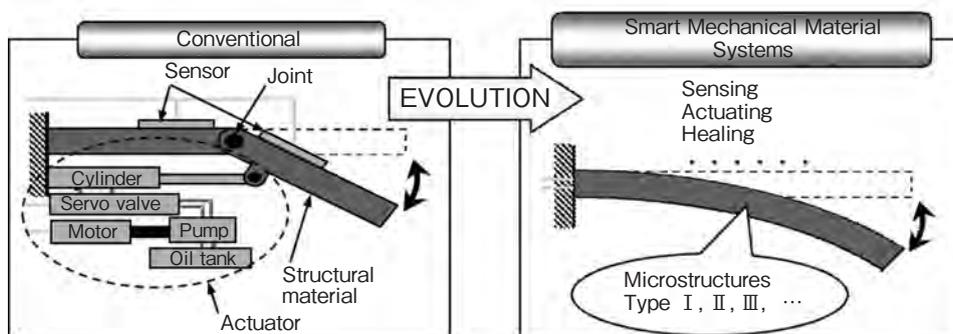


図2 スマート機械材料システムの概念

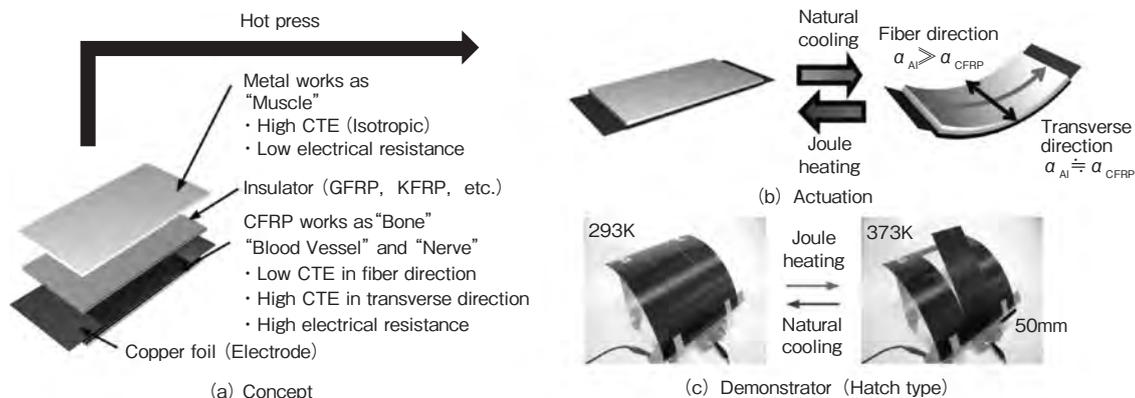


図3 アクティブラミネート (スマート機械材料システムの一例)

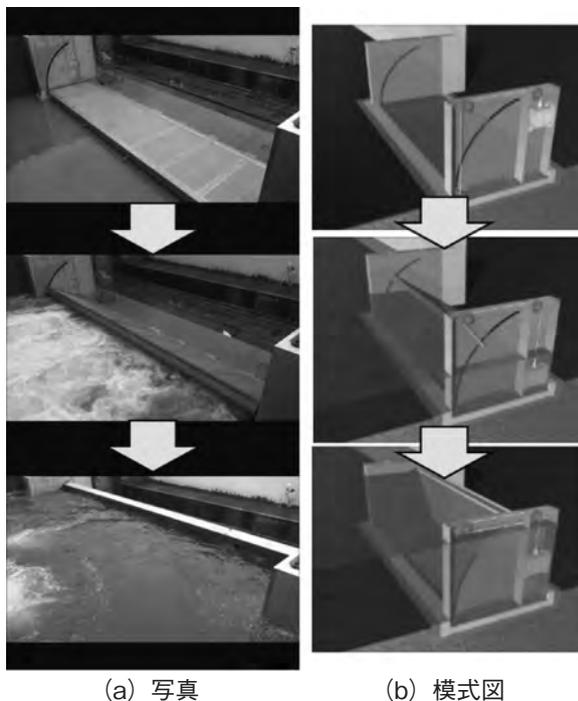


図4 フラップゲート式防潮壁 (日立造船 (株))

「知的材料・構造システム」という筆者らが長年培ってきた航空・宇宙分野中心の革新的研究領域である。すなわち、軽く強い先端的構造物の形状や機能の可変性とその可逆性、自律応答性、多機能化（環境発電、自己修復等）を目指す、また、単なる機械材料・ハードの分野に留まらず、材料自

体が環境から情報・刺激、力・エネルギー、物質等を積極的に取り込み、活用するというソフト的視点も有する融合的システム創成を目指す研究領域である。それは防・減災目的の科学・技術を支援、意識改革と異次元の展開をもたらし、ディザスターフロント日本で新たな学術領域を創成、革新的減災産業創出の学術基盤ともなり得る。それを世界に発信し、革新的防・減災、安全・安心を提供したい。

中でも筆者のグローバルな共同研究チームにより長年研究成果を蓄積した「スマート機械材料システム」は、「知的材料・構造システム」の一種であり、構造材料に種々の機能を発現する材料・構造をできるだけ組織として融合させる、より具体的な例としては、センサ、アクチュエータ等を材料機能として構造材料に融合させ、“感”じたり“動”いたりする“感動”的機能等をコンパクト、ロバストに発現させるものであり、図2、図3に示すように、機械システムをできるだけ材料の範疇に進化させるというシナリオを描いて来た⁽³⁾。機械的性質に優れることが特長で、複雑な機械の単純化にも有用であり、極限環境での使用、防・減災目的の使用に最適である。

世界では複雑化が加速し、それへのインテリジェントな

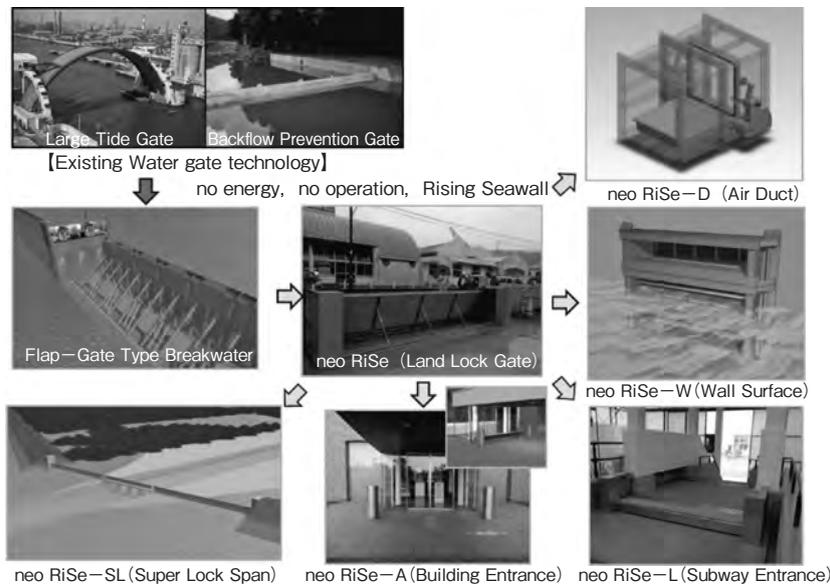


図5 フラップゲートの各種製品例 (日立造船 (株))

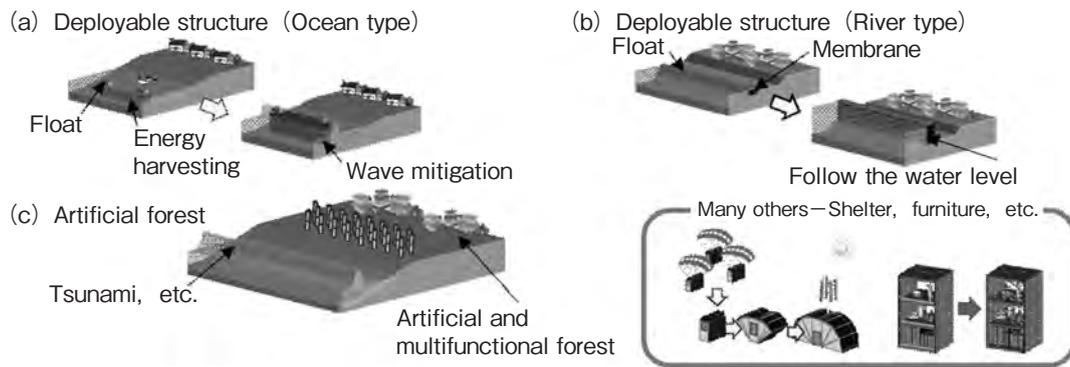


図6 具体的な開発アイテム例

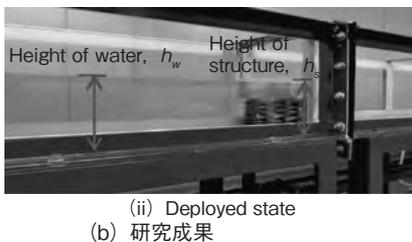
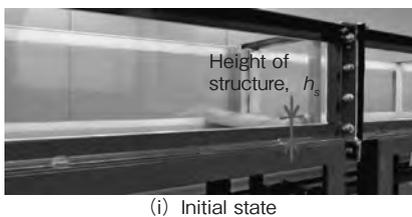
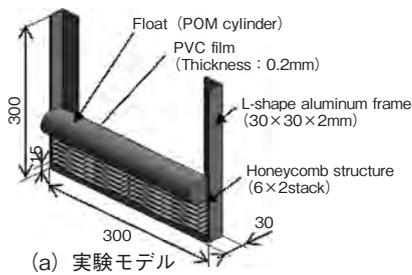


図7 水追従型堤防の実験モデル (a) と研究成果 (b)

対応が大流行りだが、そのような社会は大規模自然災害に対しロバストだとは言い難い。情報ベースで避難中心の防災が現実的なことは理解できるが、ハード中心の防・減災にも最大限の努力を続けるべきだ。メカ屋が創造性を発揮する必要性を感じている。このような現状で Mecha-X はどうあるべきか。

防・減災 Mecha-X は、できるだけ単純で、信頼性が高く、持続性に優れることが望ましい。筆者が提案してきた上記スマート機械材料システムも出番である。防・減災のための、単純・高信頼性、高機能、無動力、無電源の機械が実現したら、大変魅力的だ。自然の力、災害の元凶を利用することもポイントである。災害の物質自体も利用できれば素晴らしい。筆者らがさらに提案しているのは、その日常利用である。そのために、新たな学問まで考え始めた。それが「減災・サステナブル工学」である。まだ聞きなれない学問であると思うが、日本機械学会の年次大会等を中心に、学術講演セッション、ワークショップ等の企画、また

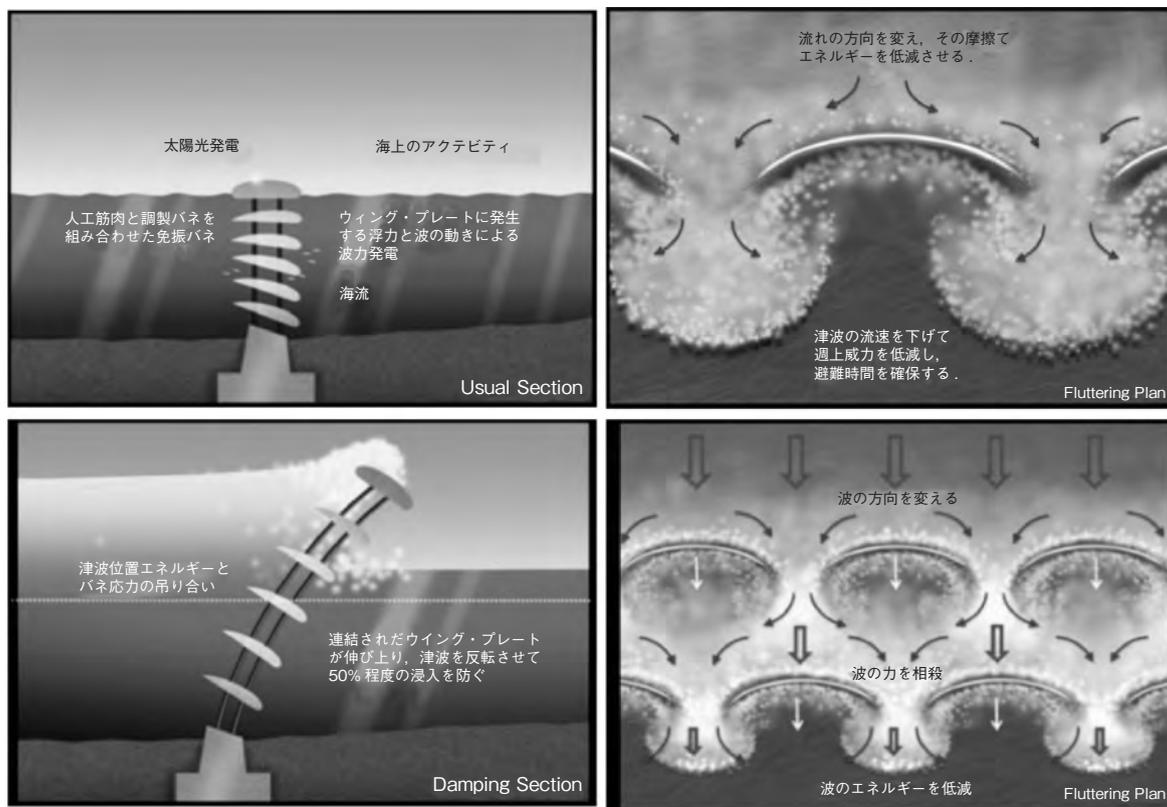


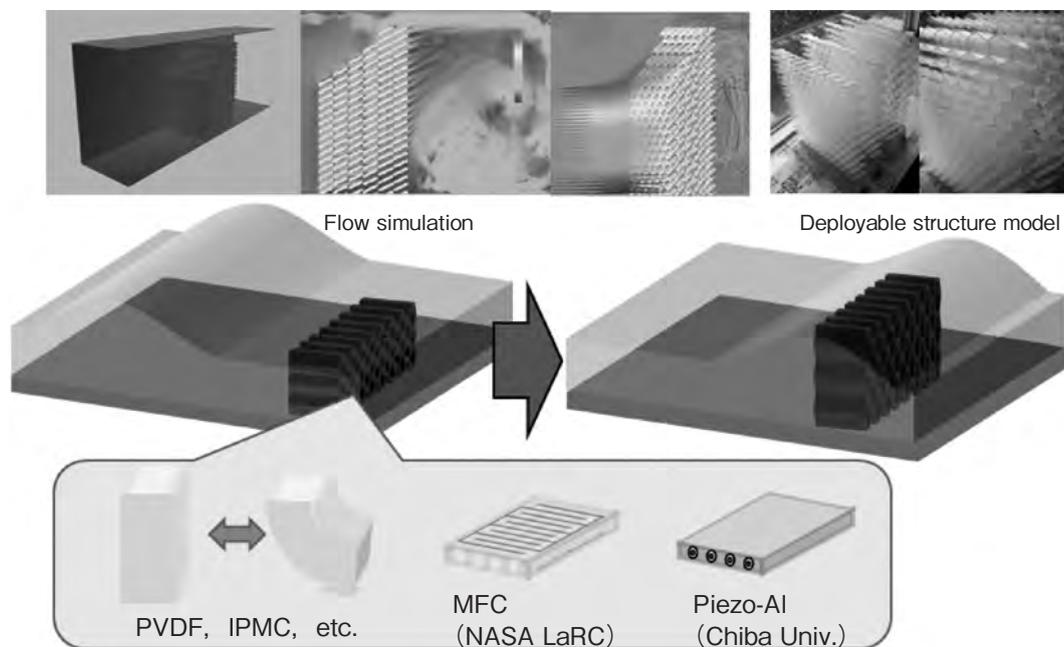
図8 革新的防波堤群の提案 (竹中工務店)

さまざまな内外の講演会等で基調講演等も多数させていただいた。減災・サステナブル工学という名称で、千葉大学内に、また最近、機械材料・材料加工部門に同名の研究会を創設させていただいた。

このようなことを考え活動してきた過程でさまざまな刺激的な出会いがあったので紹介する。減災・サステナブル工学を真に実現するまでには、まだ膨大な努力と時間を要するが、まずは、Mecha-Xへの原点とも言うべき、大変未来的でありながらすでに現実のものとなっている傑作を紹介したい。日立造船(株)の仲保らによって開発されたフラップゲート式防潮壁「ネオライズ (neo RiSe: no energy, no operation, Rising Seawall)」である(図4, 5)⁽⁴⁾。センサ、アクチュエータ、電源を用いることなく、自然の力と物質をその場で利用し動作する優れたものである。その動作を同図(a)に、模式図で同図(b)に示す。後者には、カウンターウェイトの効果が示されている。すなわち、可動壁(扉体)が、起立時にはそれが起立を促進する方向に作用し、倒伏時には、急激な倒伏を抑止する方向に作用する。扉体が起立または倒伏の途中に、その水平面に対する傾斜角が10~80度になったときカウンターウェイトが最下点となり、前記の傾斜角を分岐点として扉体の起立また

は倒伏の補助となったり抵抗となったりするよう工夫されている。本装置は、すでに浜岡原子力発電所に10基納入されるなど画期的実績があり、防・減災分野におけるMecha-X実現に向けた大きな起点である。同製品は日本機械学会関西支部賞(技術賞)を受賞している。いずれ機械遺産に登録されると期待している。筆者は同社製品の減災・サステナブル工学バージョン化に強く期待し、仲保らとアイデアを捻出中である。

図6に、筆者らが3.11後、知的材料・構造システム研究を防・減災向けにシフトさせ開始した未来防災的、Mecha-X的な、いくつかの具体的研究アイテム例を紹介する。図7には、代表例である水位追従型堤防の実験モデルと実験風景を示す⁽⁵⁾。そのスマート機械材料システム化により、発電機能付与等も検討中である。ほかにも、エアーバッグタイプをShahinpoor(メイン大学)と、メンブレンタイプを安達(中部大学)と、知的防潮林タイプをAimmanee(モンクト王工科大学)らと共同研究中である。その関連研究、すなわち、圧電ポリマーによる波力発電(Su(NASA)), Disaster Deployable Device(Nejhad(ハワイ大学)), インフラモニタリング(Paolozzi, Felli, Paris(ローマ大学)), Vendittozzi(ブラジリア大学)), 超高信頼性接



A new design of tsunami barrier using computational fluid dynamics (CFD), and its next plan to be multifunctional.

図9 革新的防波構造・材料システム

合 (Hihara, Sugamoto (ハワイ大学)) 等も鋭意推進中である。このようなグローバルな共同研究ネットワークを構築中であり、研究会メンバー (千葉大学, 日本機械学会, ほか) とともに研究組織も立ち上げたい。

3. おわりにーディザスターフロントからスマートジャパンへ

以上、防・減災 Mecha-X 実現に向けたチャレンジの一部を紹介させていただいた。耐巨大津波という壮大なチャレンジは止めるべきではない。何年かかっても続ける価値はある。図8には西岡らによって提案された津波減波システムを示す⁽⁶⁾。Mecha-X にふさわしいアイデアである。今後期待したい。

図9には筆者らのこれからの研究課題の一例を示す⁽⁷⁾。単なる剛な構造物でなく、フレキシブルで、ナノレベルからの材料・構造システム設計により画期的機能を有し、革新的なものづくりにより創成される Mecha-X である。ナノテクノロジーは言うまでもなく、超高比強度構造材料システム (ハイパフォーマンスアクティブラミネート等々)、超長期信頼性、超長期耐食性、超高強度・信頼性接合、エネルギーハーベスト、超低消費電力、自己修復、自律的自己最適化構造等々に関連した刺激的研究テーマの宝庫である。

筆者らのこれまでの研究は、水関連の災害を対象としている印象が強いが、今後はあらゆる災害を対象に、災害の新たな捉え方に始まり、それに基づいた革新的防災に至るまで、鋭意研究を遂行する。ディザスターフロントからスマートジャパンへ。筆者の切なる願いである。

文献

- (1) 浅沼 博, 減災・サステナブル学提唱, 日刊工業新聞, 2016年5月23日。
- (2) Asanuma, H., Su, J., Shahinpoor, M., Felli, F., Paolozzi, A., Nejjad, M., Hihara, L., Aimmancee, S., Furuya, Y., Adachi, K., and Yanaseko, T., Disaster Mitigation Based on Smart Structures/materials, *Proc. SPIE* Vol. 9803, 980302-1, (2016). (Keynote)
- (3) Asanuma, H., Intelligent Composite Materials Having Capabilities of Sensing, Health Monitoring, Actuation, Self-healing and Multifunctionality, Chapter 20 for "Intelligent Materials" edited by M. Shahinpoor and H.-J. Schneider and with foreword given by P.-G. de Gennes (Prix Nobel de Physique 1991), *Royal Society of Chemistry*, (2007), 478-490.
- (4) 仲保京一・ほか, 浮体式フラップゲート, 日立造船株式会社, 特許第 5762822 号, 2015年8月12日。
- (5) Asanuma, H., Okabe, S., Proposal of Honeycomb-based Deployable Breakwater, *Proc. SPIE* Vol. 9803, 98034U-1, (2016).
- (6) 西岡浩是・ほか, 防波堤及び防波堤群, 株式会社竹中工務店, 特願 2011-149500, 2011年7月5日。
- (7) Asanuma, H., Shahinpoor, M., Su, J., Adachi, K., Kubo, M., Maruyama, Y., Tanaka, G., Disaster Mitigation and Sustainable Engineering Based on Smart Structures, *Intl. Innovation Workshop on Tsunami, Snow Avalanche & Flash Flood Energy Dissipation*, January 21-22, (2016), Lyon, France. (Plenary Lecture)