

浮体構造物による環境改善効果に関する基礎的検討

早稲田大学大学院創造理工学研究科 学正会員 福田 洋佑
早稲田大学理工学術院 正会員 榊原 豊

1. はじめに

人間活動は人口増加やエネルギー消費量など、産業革命以降、急激な拡大を遂げてきた。その一方で、ローマクラブによる「成長の限界」¹⁾や環境と開発に関する世界委員会の報告書「我ら共通の未来」²⁾等では人類の危機や持続可能な開発の必要性が論じられている。最近では人間活動は既に地球容量を超過しているとの報告³⁾もある。産業活動や食糧生産は主として陸上で営まれているが、地球の大半を占める地表水面を含めた海洋の利用は一部に限られている³⁾。本研究は海面あるいは地表水面上の浮体構造物に関する既往研究のレビューを行い、その機能、構造、規模等について検討した。また浮体構造物がどのような環境問題に貢献できるのかについても検討を加えた。

2. 浮体構造物のレビュー

「floating island」、「人工浮体」などをキーワードとして国内外の文献やウェブサイトを検索した結果「人工浮島」、「メガフロート」、「海藻養殖」等が検索された。これらの内容を構造、規模、機能、コストについてまとめると表1のようになる。

2.1 人工浮島

人工浮島はダム湖等の閉鎖性水域の環境の悪化を背景に国内外で研究されている。その機能は水質浄化、生物生息空間の創出、消波(湖岸植生帯の保護)、景観の改善⁴⁾である。構造は主に繊維状の植栽基盤に抽水植物や沈水植物を植えたものが多い。

表1 浮体構造物の一例

	構造	機能	規模、コスト等
人工浮島 ^{4, 5, 6)}	<ul style="list-style-type: none"> 主に繊維状の植栽基盤(一部コンクリート製) 根は水中に垂下(一部垂下せず) 	<ul style="list-style-type: none"> 水質浄化 生物生息空間 消波 景観 	<ul style="list-style-type: none"> 国内外で設置 数m²から 2000m²まで様々 設置コストは1万~数十万円/m²
メガフロート ^{7,8,9,10,11)}	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製箱型のユニット 係留装置 	<ul style="list-style-type: none"> 超大型浮体構造物 埋め立ての代替法 	<ul style="list-style-type: none"> 85000m², 18000m² 設置コストは10~13万円/m²
養殖筏 ^{12, 13, 14)}	<ul style="list-style-type: none"> 魚類は網等で区画 海藻はひび建て式や垂下式 	<ul style="list-style-type: none"> 食糧生産 環境浄化(二酸化炭素、栄養塩類の吸収) 	<ul style="list-style-type: none"> わかめ養殖施設面積平均5701m² わかめ生産コスト552円/m²

2.2 メガフロート

メガフロートは日本の国土が狭く、平野部が少ないため、(大規模な海洋利用の延長である)埋め立ての代替技術として開発された⁷⁾。埋め立てと比較して水深や地盤に関係なく利用でき、地震に強く、環境への影響が少ない等の特徴が報告されている⁸⁾。鋼製箱型のユニットをつなぎ合わせた構造が一般的で、メガフロート実海域実験では長さが1000m級のものが建造されている⁹⁾。

2.3 養殖筏

養殖は魚類、貝類、甲殻類、海藻類を対象としている。海藻には二酸化炭素や栄養塩の吸収といった環境浄化効果がある¹¹⁾。魚類は養殖池や網で区画され、海藻養殖は網によるひび建て式やロープによる垂下式等がある¹²⁾。

2.4 規模とコスト

図1に浮体構造物の初期コストと面積の関係を示した。人工浮島は数m²~2000m²⁵⁾、養殖筏は平均6000m²¹⁴⁾、メガフロートは18000m²~85000m²^{10, 11)}のものが設置されている。単位面積当たりのコスト(X)は人工浮島とメガフロートの面積(A)に対してほぼX = 10⁵ A(円)の関係にある。養殖筏ではその資材、構造等により、これらに比べて2桁程度低廉である。

キーワード 海洋利用、浮体構造物、富栄養化、地球温暖化

連絡先 早稲田大学大学院創造理工学研究科建設工学専攻 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51-1611

e-mail sakaki@waseda.jp

3. 浮体構造物の適用

浮体構造物の機能は対象によって異なるが、人工浮島、養殖筏のCO₂、P、N吸収量として表2の値が報告されている^{15,16,17}。ここで、内湾等の富栄養化問題に人工浮島あるいは養殖筏を適用した場合の結果を表3に示した。ここでは、日本の三大湾に流入する栄養塩をH.21年削減目標値¹⁸まで削減するのに必要な面積と浮体構造物面積が湾に占める割合を求めている。表より、削減目標を達成するには人工浮島等を対象水域の0.1～16%の範囲に設置すれば可能と考えられる。なお、海藻等のバイオマス資源を有効利用することは、人類が直面している食糧問題にも貢献できると考えられる。

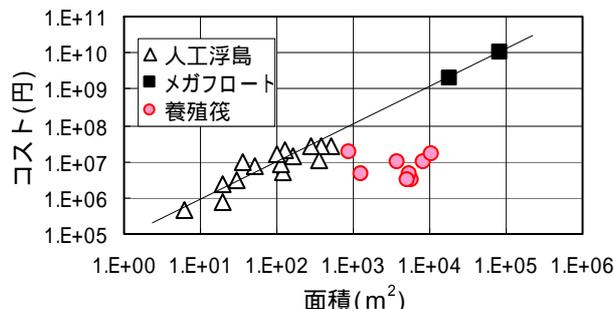


図1 浮体構造物の面積とコスト

表2 人工浮島及び養殖筏力の一例(CO₂、P、Nの吸収量)

	収量(kg/m ² /y)	CO ₂ (kg/m ² /y)	P(kg/m ² /y)	N(kg/m ² /y)
人工浮島 ¹⁵⁾	1.68	2.77	0.00336	0.0252
海藻 ¹⁶⁾	3.5～9	5.79～14.85	0.007～0.018	0.0525～0.135
海藻 ¹⁷⁾	1.8～2(炭素)	6.6～7.33	0.008～0.0089	0.06～0.067

表3 環境改善に必要な浮体構造物の面積

海域	対象物質	人工浮島 ¹⁴⁾		海藻 ¹⁵⁾		海藻 ¹⁶⁾	
		面積(km ²)	割合(%)	面積(km ²)	割合(%)	面積(km ²)	割合(%)
全海洋	CO ₂	97.8万	0.27	18.2～46.8万	0.05～0.13	37～41.1万	0.1～0.11
東京湾	P	152	16	28～73	3～8	57～64	6.2～6.9
	N	130	1	24～63	2.6～6.8	49～54	5.3～5.9
伊勢湾	P	130	5.6	24～62	1～2.6	49～55	2.1～2.3
	N	86	3.7	16～41	0.63～1.8	33～37	1.4～1.6
瀬戸内海	P	119	0.6	22～57	0.11～0.29	45～50	0.23～0.25
	N	159	0.8	30～76	0.15～0.39	60～67	0.3～0.34

一方、全世界のCO₂排出量(271億t/y)の10%を浮体構造物で吸収するのに必要な浮体構造物の面積と全海洋に占める割合についても同様に表3に示した。CO₂の吸収には20万～100万km²の浮体構造物が必要となり、全海洋に占める割合は0.55%～2.7%である。これらの結果より、海面の利用は地球温暖化問題にも貢献する可能性がある。

4. まとめ

浮体構造物の構造、機能、コスト等についてレビューした。その結果、人工浮島、養殖筏などを用いることにより内湾等の環境改善が期待できると考えられた。また、低コストの浮体を用いて大規模なバイオマス生産が可能であれば、地球温暖化問題や資源エネルギー問題にも貢献できると考えられた。

参考文献

- 1) Medows, D et al.: A synopsis LIMITS to GROWTH The 30 year, update <http://www.sustainer.org/pubs/limitstogrowth.pdf>.
- 2) Our Common Future, Report of the World Environment and Development <http://worldinbalance.net/agreements/1987-brundtland.php>.
- 3) WWF: Living Planet Report 2008.
- 4) Hoeger, S.: SCHWIMMKAMPEN Germany's floating islands, Journal of Soil and Water Conservation, pp.304-306, 1988.
- 5) Tae-Seok, A.: New microbial ecosystem created by artificial floating island, Rep. Res. Edu. Ctr. Inlandwat. Environ., pp.5-9, 2004.
- 6) 齋藤源, 神田耕治: 人工浮島の現況, ダム技術, No.166, pp.59-66, 2000.
- 7) 日本造船技術センター: http://www.srcj.or.jp/html/megafloat/whatmega/what_index.html.
- 8) 加戸正治: 巨大な浮島「メガフロート」, Vol.100, No.940, pp.248-249, 1997.
- 9) 肥海昭男: 実用化を目前にしたメガフロートの研究(その2) 環境影響評価の研究, 日本造船学会誌, .832号, pp.11-15, 1998.
- 10) 珠久正憲: メガフロートとその利用に関する技術展望, 三菱重工技法, Vol.37 No.5, pp.226-231, 2000.
- 11) 佐藤典之: 超大型浮体構造物(メガフロート)への取り組み 浮体空港の可能性を求めて, 土木施工, 40巻5号, pp.94-97, 1999.
- 12) わが国の養殖業について: <http://nria.fra.affrc.go.jp/youshoku/youshoku.html>.
- 13) 能登谷正弘: 海藻類による環境修復, www.soc.nii.ac.jp/jsp/pdf-files/28Kankyo-shufuku.pdf.
- 14) 農林水産省: 漁業経営調査 平成16年度家族型経営調査(海面養殖業)
- 15) Nakamura, K., Shimatani, Y.: Water purification and environmental enhancement by artificial floating island, www.pwri.go.jp/eng/kokusai/conference/nakamurakeigo03.pdf.
- 16) Larcer, W. 佐伯敏郎, 館野正樹: 植物生態生理学, シュプリンガーフェラーク東京, 2004.
- 17) Daws C. J.: Marine Botany, John Wiley & Sons, Washington, 628pp. 1981.
- 18) 環境省総合環境政策局: 環境統計集, 2008.