

## 浮体式海洋構造物に関する規則等の最近の動向

Recent Development of Regulation Rules Concerning to Floating Offshore Structures

高石 敬史\*

Yoshifumi.Takaishi

Recent development of international and domestic rules for safety regulation of offshore structures are reviewed. The international one is so-called MODU CODE which is applied to the mobile offshore drilling units. This CODE has been revised in 1989 at IMO, so that several lessons learnt from casualties are incorporated in the rule.

On the other hand, the domestic regulation rules concerns with the offshore structures which will be constructed mainly for use of coastal sea zone, for example, as a recreational floating island. The rule is based on the Ship Safety Law and is partly modified to consider the special function of such structures which involves public use of various purposes.

Keywords: Floating Offshore Structures, MODU Code, Moored Vessels, Ocean Space Utilization.

### 1. はじめに

海洋開発・利用に用いられる海洋構造物のうち、浮体式の設計・建造・管理に関する規則、法規、基準などに付き、最近の内外の動向を概観する。

先ず国際的には、海底石油掘削船の基準に関して、先年、大きな改正が行われた。世界で稼働する海洋構造物の大半は海底石油掘削リグと呼ばれるものである。これらの安全基準として国際海事機関 (IMO) の定めた「MODU CODE」<sup>1)</sup> がある。1979年の採択以来、実施され、各国も我が国を含め、この基準をベースにした国内基準を整備してきたところである。しかし海洋石油開発が沖合の自然条件の厳しい海域に進展するに伴い、石油掘削リグの重大事故が相次ぎ、それを契機として安全基準の見直しがIMOの場においても、あるいは事故の当事国においても取り組みがなされ<sup>2)</sup>、その結果、1989年には改正「MODU CODE」が採択された<sup>3)</sup>。その過程で多くの研究が行われ、事故の教訓が新「CODE」に反映されている。

次に国内的には、いわゆるウォーターフロント開発による海洋空間利用の拡大が注目されるようになり、関連する技術開発研究がここ10年来、活発に行われてきた。そして最近にいたり、その具体的なプロジェクトとして海上のリクリエーション施設などが幾つか実施されることとなった。その場合、技術的な問題の解決とともにそれらが安全のための基準に則ることが求められる。これまでも海洋空間利用の2, 3の浮体構造物が実現しているが、その時々に応じて安全指針が作られて、事例毎に適用されてきた経緯がある。しかし、これらを包括的に取り扱うことのできる、整合性のある基準あるいは規則の必要性から、各分野でこの問題に対応して、それぞれ規則・基準・指針等を整備してきている。

運輸省が浮体海洋構造物を含む係留船の概念を「船舶安全法」の中に取り入れたのもその一例である。<sup>4)</sup>

本論においては国際的な基準の例として「MODU CODE」の中身を解説するとともに、国内的な基準の例として、主として「係留船」の概要と法規の適用の実情とを見ることにする。

### 2. 海底石油掘削船の安全基準

#### 2. 1 移動式浮体構造物の代表的形状・構造・機能等

国際的に移動可能な海洋構造物の代表的なものは海底資源掘削船であり Mobile Offshore Drilling Unit (MODU) と呼ばれている。IMOの定めたMODU CODE はこれを対象とした安全基準であるが、これに含まれる構造物の形態を3つに分類している。自己昇降型、コラム安定型および船型がこれにあたり、必要に応じてそれぞれに対する独自の規定がCODEの中の条項において適宜別々に定められている。

本論においては浮体であり係留されていること、在来型の一般船舶と形状が大幅に異なり安全の考えにも独特のものがあること等の理由で、セミサブといわれるコラム安定型を主な対象に選び、安全の基準を見ることにする。セミサブの一般的な形状を図1に示す。重量を支える主船体であるポンツーンは多くの区画に仕切られている。船体の喫水は、稼働状態、暴風避航状態、移動状態に応じて調整される。

\* 日本造船学会会員 日本大学総合科学研究所 (100 東京都千代田区神田駿河台 1-8 )

## 2.2 MODUに対する安全基準

国際航海に従事する船舶と同様に、国際的に稼働海域を移すMODUに対しては、国際海事機関の定めた条約や、CODE等が適用される。また稼働する海域を管理する国家機関（管海官庁）の独自の規則も適用される。我が国ではMODU CODE をベースにした国内規則が作られているが、それぞれ独自の規則を作っている国もある。北海の石油開発を行っている北欧諸国、なかんずくノルウェーは、稼働海域の自然条件が厳しいという理由でMODU CODE より安全要件をかなり厳しくした独自の基準を、自国管海で稼働するMODUに対して要求している。

さらに民間の海事協会やその国際的な協議機関である IACS など、むしろ MODU CODEにさきがけて規則を制定している。我が国の場合について言えば、IMOのMODU CODEを全面的に反映した「海底資源掘削船等特殊基準」と、日本海事協会の定めた「NK鋼船規則 P編」がある。歴史的に見れば、MODUの安全性については先ず米国の船級協会（ABS）が1968年にルールに取り入れ、引き続き各国の船級協会がABS にならって同様の規則を採り入れてきた。IMOが1979年に採択した MODU CODE も ABS の規則当初準じて作られたものである。

ここでは基本となるMODU CODE について、構成、最近の改正の経緯、等を説明するが、構成する下記のうちから、話題を構造と性能に関係する基準(\*印)にしばることとする。

### 第1章 総則

### 第2章 構造、強度及び材質 \*

### 第3章 区画、復原性及び乾舷 \*

### 第4章 全型式の船舶の機関設備 \*

### 第5章 全型式の船舶の電気設備

### 第6章 全型式の船舶の危険場所にある機関及び電気設備

### 第7章 自航式船舶の機関及び電気設備

### 第8章 全型式の船舶の定期的に無人の状態におかれる機関区

### 第9章 火災安全

### 第10章 救命設備及び装備品

### 第11章 無線通信設備

### 第12章 揚貨装置及び昇降装置

### 第13章 ヘリコプタ施設

### 第14章 運航要件 \*

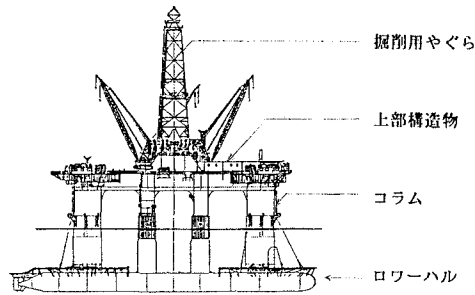


図1 セミサブの形状

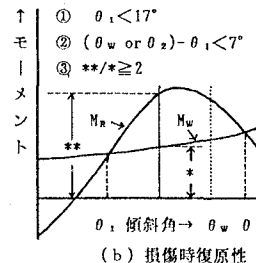
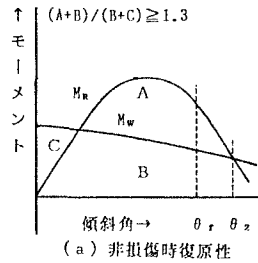


図2 セミサブの復原性判定の基準

先ず、MODU CODE の前文には、本CODEは1974年海上における人命の安全条約および1966年国際満載喫水線条約の国際条約により国際航海に従事する従来型船舶に要求されるものと同等の船舶と乗船員に対する安全性を確保しようとするものであることがうたわれている。

個々の条項における基準の内容は以下のように要約することができる。

#### (1) 設計荷重

風、波、潮流等の環境条件について、少なくとも50年の再現期間で予想される最も苛酷な環境の有意なデータに基くことが規定されている。設計外力として、風圧力の推定のため、風速の鉛直分布や部材形状と風圧抵抗係数の関係などが一応示されているが、荷重の推定方法は主管庁の認可する方法によることも規定されている。

#### (2) 構造解析

構造解析や許容応力については主管庁の認めるものであることとされている。甲板昇降型やコラム安定型では波浪と上部構造の間のエアギャップの最小限度を規定している。またコラム安定型については、主ガーダーの破壊や細い1本のブレースの破壊により全体構造の破壊に至らないことを求めている。

さらに構造の疲労解析がジャッキアップ型とコラム安定型に対して要求されている。

これらの新たな規定の追加は、A.L.Kielland号の事故の教訓を反映したものである。

#### (3) 復原性

MODU CODE 改正の動機となったMODUの海難事故が、直接の原因はどうか、最終的には転覆であったことから、転覆に対する安全性を担保する拠り所である復原性については最も重点的に検討が行われた。各国が行った研究も復原性に関するものが主であった<sup>2)</sup>。

復原性の規定は非損傷時復原性と損傷時復原性とに分かれて定められている。

#### a. 非損傷時の復原性(Intact Stability)

船体が何らの損傷や浸水を受けないで、直立に安定に浮かんでいる状態を考え、その時の船の静的復原挺(GZ)曲線で表される復原力のポテンシャルと、外力として考える風の与える傾斜エネルギーとの相対関係で図2(a)のように規定する。船の状態としては稼働状態(風速70ノット)と暴風避航状態(風速100ノット)との両方を考える。船が直立しているところに上記の風が突然当たり、そのため船は傾くが船の動的復原力(面積A+B)が風のなす仕事(面積C+B)を吸収して船の最大傾斜角が安全限界以内で十分余裕があるように規定されている。即ち図2(a)において、コラム安定型では $(A+B/C+B \geq 1.3)$ を、その他の型式ではこの値が1.4以上の関係でなければならない。ここで、1.3や1.4という値は風や波による動揺などの不確定な要因を考慮する安全率であると解釈されている。

このほか、初期復原力を表すGM値の下限(たとえば $GM \geq 1m$ )を決めるべきであるという主張もなされたが、結局現行の規定「GM値が正の値で適切なものであること」とされた。以上は従来の規定がそのまま残されたのであるが、新規に加わった条項がある。それは上記の非損傷時復原性の規定と同等の代替基準を管海官庁が独自に決めることができるようになり、その場合に考慮すべき条件が明示されたことである。そしてその一例として、米国提案の船型の主要寸法を用いた実験式が認知された。しかしこの式の精度に関してはさらに多くの事例について検証する必要がある。

管海官庁が独自に代替基準を設ける場合に考慮すべき点として、世界の風や波の自然条件、そのなかでの船舶の動揺応答と海水浸水の予測、転覆の可能性の予測、適切なマージンなどを総合的に検討することとされた。固定したルールとは別に、より進んだ知見に基づいて安全性を判定する根拠が国際的に認知されたわけである。

#### b. 損傷時の復原性(Damage Stability)

船体は幾つかの水密区画で区切られていて、その1つが損傷を受けて浸水したり、バラスト水の異常な移動によったりして、MODUが大傾斜を起こして復原できなくなるのを防ぐため、区画の大きさを制限して損傷時の傾斜角の限界値が復原力曲線の上で図2(b)に示すように決められた。外力の条件は風速50ノットによる傾斜偶力を採る。従来の規定では船体の水線付近が船の衝突などで一定の大きさの損傷を受けた場合、決められた区画が浸水してもそれに抗し得る十分な浮力と復原性を有するということが規定されているだけであった。図2(b)に示す改正MODU CODEのコラム安定型に対する規定は以下のようになっている。

イ. コラムが別項の規定に示された損傷を受けたのちの静的傾斜角は17度をこえない。

ロ. 傾斜後の最終水線下にくる開口はすべて水密とし、また最終水線上4m以内のすべての開口を風雨密(weather tight)とする。

ハ. 損傷して傾斜した後の予備復原力を確保するため、図に示すように、損傷後の残存復原力範囲を7度以上で、かつ残存復原挺の大きさが風圧による傾斜偶力挺の2倍以上あることが定められている。

ニ. 損傷以外に水線以下の水密区画即ちポンプ室、海水冷却装置付き機関室または海水に接するいかなる1つの区画に浸水が起ころうとも、浸水後の傾斜角が25度を越えず、最終水線下の開口が全て水密であること、最終釣り合い傾斜角をこえて少なくとも7度の正の復原性の範囲があること。

以上の新設の規定はやはりセミサブリグの海難事故の教訓と米国、ノルウェー、日本などにおける復原性の研究に基づく資料の審議の結果、決まったものである。

上述の損傷時復原性の規定においても管海官庁が代替規定を一定の条件のもとで決めることができるようになった。その1つのサンプルとしてノルウェー政府が提案した基準案が認知された。その内容は、損傷後のGZ曲線の最大値が2.5m以上であること、そのうちの少なくとも1mはコラム上部の上部構造物の水密区画によりもたらされるものであること、損傷後の風雨密の開口までの正の復原性範囲が10度を下回らないこと、等が詳細に規定されている。

#### (4) 損傷の範囲

損傷時復原性の判定のため、3型式の船舶に対してそれぞれ損傷の範囲が決められている。甲板昇降型と船型についてはほぼ同様の規定であり、コラム安定型については喫水線の上方5mから下方3mの範囲で起こる、垂直方向の広がり3mの損傷を受けて浸水すると仮定するとともに詳細にコラムの区画との関連を規定している。

#### (5) 係留設備

改正MODU CODEでは初めて係留設備に関する規定が機関設備の中に規定された。しかしその規定は「適正な安全率を有し、また全ての設計条件に対してユニットを定位置に保持できるように設計しなければならない。係留設備はいかなる係留ラインが1条切断しても、残された係留ラインの切断を引き起こすようなものであってはならない。」という一般的な条文であり、それ以外は係留に用いられる各部品の性能についての指針から成る。

### 3. 係留船の安全基準

#### 3. 1 係留船とは

1988年の運輸省令改正により「係留船（多数の旅客が利用することとなる用途として告示で定めるものに供する係留船であって、2層以上の甲板を備えるもの又は当該用途に供する場所が閉鎖されているものに限る）」については、非自航船であっても船舶安全法の適用対象とすることとなった。「係留船とは、ホテル船、レストラン船その他係留してその用途に供する船舶即ち当該係留場所において当該船舶による移動を目的としない旅客等を継続又は反復して搭載する船舶をいう」とされている。

告示で定める用途とは次のとおりで、最近の沿岸海域に設置される海洋空間利用の各種浮体構造物の用途を、移動を目的とせず特殊用途に供する旅客船の1種とみなしてその安全規制を行うものである。<sup>4)5)</sup>

- |                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| ① 劇場、映画館、演芸場または観覧場              | ② 公会堂または集会場      |
| ③ キャバレー、カフェー又はナイトクラブ            | ④ 遊技場又はダンス場      |
| ⑤ 待合又は料理店                       | ⑥ 飲食店            |
| ⑦ 百貨店、マーケットその他の物品販売業を営む店舗または展示場 |                  |
| ⑧ 旅館、ホテル、宿泊所その他の宿泊施設            | ⑨ 図書館、博物館または美術館  |
| ⑩ 駐車場                           | ⑪ 体育館、水泳場その他の運動場 |
| ⑫ 事務所                           | ⑬ 水族館            |
|                                 | ⑭ 展望台            |

#### 3. 2 船舶安全法による係留船の安全基準

係留船には、原則として船舶安全法に基づく基準が全て適用される。

- |          |            |           |            |
|----------|------------|-----------|------------|
| ① 鋼船構造規程 | ② 船舶機関規則   | ③ 船舶設備規程  | ④ 船舶救命設備規則 |
| ⑤ 船防設備規則 | ⑥ 船舶防火構造規則 | ⑦ 船舶復原性規則 | ⑧ 小型船舶安全規則 |

多数の旅客が利用するという係留船の特殊性を考慮して、船舶として最も厳しい国際航海に従事する旅客船に対する規定を一般に適用し、対象係留船またはその係留の態様などを考慮して、管海官庁が適当と認めるまで規定の適用を緩和できるという内容となっている。

##### (1) 鋼船構造規程

係留船は長期間一定地点に係留され、多数の旅客を搭載しているという特殊性から、その海域で想定される風や波（原則として00年再現期待値）その他の自然環境条件を考慮した構造強度が求められる。

付属書[2-2] 係留船の構造基準、付属書[2-3] 係留船の鉄筋コンクリート構造等の上部構造の構造基準

##### (2) 船舶機関規則

係留船がボイラー、その他の補機等を有していれば本規則が適用される。

##### (3) 船舶設備規程

旅客の居住・衛生設備に関しては旅客船の基準が適用される。その他、脱出設備、航海用具等、荷役設備等、電気設備などがある。陸から電力の供給をうける係留船では搭載発電機等の電力供給能力は緩和される。

付属書[1] 鉄筋コンクリート構造等の上部構造を有する係留船の脱出設備の基準、

付属書[1-2] 係留船の係留設備の基準、付属書[2-2] 係留船の電気設備

##### (4) 船舶救命設備規則

係留船は多くは陸との連絡橋を有し、容易に陸に脱出できることが想定できるため、当該連絡橋が十分な強度を有し、脱出経路に要求される幅を有している場合には、本規則の要件を緩和できることとされている。

##### (5) 船舶消防設備規則及び船舶防火構造規則

係留船には船舶の消防設備としては最も厳しい「国際航海に従事する旅客船等」の基準を準用する。

付属書[4] 係留船の鉄筋コンクリート構造等の上部構造の防火構造基準

##### (6) 船舶復原性規則

旅客船全般に適用される静的復原性の規則が適用されるほか、係留船にはこえに加えてMODU CODE の非損傷時復原性の基準にならった波風の動的影響を考慮する動的復原性の規定も適用する。外力としては、当該係留場所に応じた特有の風、波等の外力を考慮した復原性の計算および基準の適用を行う。

付属書[2] 係留船の復原性の基準

これらのほか、危険物船舶運送及び貯蔵規則、木船構造規則及び満載喫水線規則が係留船には適用される。

### 3. 3 係留船に対する安全基準の適用例

係留船に相当する浮体構造物は、これまで幾つか建造設置されている。アクアポリス（1975）、境ヶ浜フローティングアイランド（1989）、呉ポートピアランド（1992）等が挙げられる。本節ではこれらの設計・建造・管理に当たり適用された規則等についてその実績を述べる。

過去において沿岸海域に設置されたこれら浮体構造物3種類について設計条件や適用基準類を表1に示す。

表1 浮体構造物の設計条件・適用基準等

| 名称               | アクアポリス       | 境ヶ浜フローティングアイランド | 呉ポートピアランド「ESTRELLA」 |
|------------------|--------------|-----------------|---------------------|
| 建造年              | 1975 沖縄海洋博   | 1989            | 1992                |
| 船体/係留            | 半潜水式/鎖係留     | バツ式/鎖係留         | 船式/FL77             |
| 寸法               | 104×100×32 m | 130×40×5 m      | 128×38×3 m          |
| 排水量              | 28,100 ton   | 10,660 ton      | 15,600 ton          |
| 水深               | 40m (400m 沖) | 7 m (200m 沖)    | 10 m (接岸)           |
| 風                | 80m/s(瞬間最大)  | 28m/s(10min.)   | 35.6m/s(S) 25.4m/s  |
| 波                | 15m (最大)     | 1.5m×4s         | 2.0m                |
| その他              | 潮流：1.5kt/3m  | 潮流：1.2kt/4.12m  |                     |
| 定員               | 2,400(最大) 名  | 2,020 名         | 3,160 名             |
| 基準 <sup>9)</sup> | アクアポリス技術基準他  | 船舶安全法           | 船舶安全法               |
|                  | 船舶安全法、電波法    | 一部建築基準法併用       | 建築基準法               |
|                  | NK半潜水式展示潜基準  | NK鋼潜規則          | 上記2法の使い分け           |

#### (1) アクアポリス

1975年沖縄海洋博覧会日本政府出展施設として建造設置された。未来の海上都市を指向するイメージを表したもので、陸上から独立して海上でスムーズに生活できる自給自足システムとした。建造にあたってアクアポリス技術問題懇談会が定めた「アクアポリス技術上の基準」に準拠した。即ち、展示船として主として船舶安全法に則っている。日本海事協会は船体構造、諸設備、検査等に関し、「半潜水型海上展示船規準」を作って対応している。そして検査は年1回の船体検査と4年毎の定期検査が行われている。

船体の性能や構造については、設計に際して水槽試験、構造試験、風洞試験等が行われたほか、係留設置に際しては、パーマネントアンカーの把駐力現地試験をおこなっている<sup>11)</sup>。

#### (2) 境ヶ浜フローティングアイランド

1989年に建造され同年の広島県・海と島の博覧会のサブ会場となった。公園、広場、人工渚、映写ホール、大水槽や展示水槽を備えている人工島である。構造、性能はじめ殆ど船舶安全法の「係留船」の諸規則を適用しているが、耐火構造、排煙、避難、消防、電気等の施設・設備は建築基準法も一部適用されている<sup>12)</sup>。

検査は年1回のJGによる船体板厚検査のほか、チェーンも年1回のダイバーによる計測を行う。

#### (3) 呉ポートピアランド「ESTRELLA号」

テーマパークの中の海に浮かぶパノラマゾーンとして、豪華客船をイメージする浮体施設として1992年に設置された。内部に劇場、ゲームハウス、レストラン等が配置されている計6層の甲板を有する鋼構造物である。構造、性能に関しては、「係留船」の基準と建築基準法の規則の両方に準拠している。係留に関しては「港湾の施設の技術上の基準」に準拠している。防火構造、防災設備については係留船と建築基準法との間に要求内容の差があり、これは両者のより厳しい法を採用することにより、解決が図られた<sup>13)</sup>。

### 3. 4 係留船以外の関係法規・基準等の適用状態

表1において記したように、これらの浮体構造物には係留船に関する運輸省の法規のほか、他省庁からの各種の規制がかかっている。係留設備については「港湾の施設の技術上の基準(省令)」による。また、建設省の建築基準法によるチェックも行われ、問題によっては調整がはかられているようである。係留船13例について法規の適用の状況を調査(アンケートによる)したものが<sup>9)</sup>ある。それによると、船舶安全法と建築基準法の両方を適用した場合、あるいは厳しい方を適用した場合等、対象によって使い分けたりしてクリアーしているようである。耐火構造、防火区画、排煙、避難、消防、電気等施設や設備がそれに当たる場合が多い。

#### 4. 今後の課題

##### 4. 1 MODU CODE 関係

今回の改正によって、復原性に関しては損傷時の規定が詳しく具体的に定められ、今後MODUの設計に新たな指針を与えることになったこと、管海官庁が同等規定を合理的根拠に基づいて決められる道が開かれたこと等は評価できる点である。係留設備に関しては、機関設備の中で原則的な考えが盛りこまれた点は一步前進といえる。しかし、係留能力を決めるに必要な設計張力の算定法や安全率については明確な規定がない。これらの規定の必要性については我が国をはじめ幾つかの国が主張してきているが、現在のところ未審議である。係留については海域毎に実情が異なり、かつ運用技術に属するので、統一的なルールで規定するのは不適當である、という主張が実績を有する国から出されている。

船級協会やIACSなどでは係留設計に関する規定が採用されるようになってきている。このような規定の有効性が実績により明らかになれば、近い将来MODU CODEの中に、何らかの形で係留設計に関するより詳細な規定あるいはガイドラインを導入しようとする機運になると思われる。

##### 4. 2 係留船

退役した船舶を展示船などの係留船として有効利用する事例は最近比較的多いが、海洋空間の利用を目的として新規に造られた浮体構造物の例は上記の2例程度でまだ非常に少ないのが実情である。これらの事例では、MODUと違い、沿岸に近接して設置されることから、陸上の建造物に適用される各種法規や基準と整合をはかる必要に迫られることがしばしば発生したようである。

海上と陸上の2つの法規にまたがる場合、矛盾が生じるのは当然であるが、合理的な解釈により調和が図られて、今後の海洋空間利用等の推進に役立つような筋道が確立されることを望みたい。

また、長期的にみれば、構造物の保守管理をどうするかが問題となろう。船舶安全法やMODU CODEでは定期的な入渠検査が規定されている。しかしながら係留船は同一場所に長期間係留されて稼働するという特徴がある。とくに定められた定期的な検査を稼働中に行うことにより、上架または入渠を省略することができるようになっている。水中検査の技術開発などが切実な要求として出てきている。

#### 5. おわりに

本稿を草するに当たり、(財)日本海事協会の米家卓也博士には係留船関係の法規や指針について多くの資料を選択・提供していただくとともに、法規の成り立ちや、相互関係について豊富な知識を教示していただいた。ここに深く感謝する次第である。

(以上)

#### 参考文献

- 1) 運輸省海上技術安全局安全基準管理官; MODUコード -A.649- 移動式海底資源掘削船構造設備規則, (1990)
- 2) 荒井宏範, 高石敬史; 海洋構造物の安全性と復原性規則の動向, 日本造船学会, 運動性能研究委員会・第3回シンポジウム, (1986), pp.187-216
- 3) 石田成幹; 移動式海洋掘削装置に関するIMO MODUコードの改正について, 日本造船学会誌, 743号, (1990)
- 4) 久保田秀夫, 平原 祐; 係留船に対する安全対策について, 日本造船学会誌, 715号, (1989), pp.28-35
- 5) 日本造船学会海洋工学委員会海洋計画専門委員会; 海洋システム計画に関する調査報告書, (1991)
- 6) 沿岸開発技術研究センター; 浮体構造物技術マニュアル, (1991)
- 7) 上田 茂; 港湾における浮体構造物の現況と展望; 日本造船学会誌, 740号, (1991) pp.7-15
- 8) 日本建築センター; 海洋構造物安全性評価指針, (1990)
- 9) マリンフロート推進機構, 関係法規問題検討会; 海洋/浮体構造物の法規検討についての中間報告, (1991)
- 10) 日本海事協会; 半潜水型海上展示船規準, (1973)
- 11) 星野 守ほか; 沖縄国際海洋博覧会“アクアポリス”ー設計・建造と試験研究概要ー 三菱重工技報, Vol.13, No.4, (1976), pp.117-125
- 12) 河内昭一ほか; 境ヶ浜フローティング・アイランド, ビルディングレター, '90.6, (1990), pp.28-34
- 13) 土山昭三; 海洋建築物ロイヤルフェニックス(仮称), ビルディングレター, '91.5 (1991), pp.21-28
- 14) 船舶・海洋プロジェクト事業本部; セミサブ型フローティングホテル“ポリキャッスル”の性能, 強度について, 三井造船技報, 117号, (1983), pp.79-88
- 15) 日本海事協会; 「係留船の船級検査」, 及び「係留船の取り扱い」, (1988)