砂利採取船の転覆海難について

矢野 健爾*・寺本 定美*

On the Capsizing Casualty of Sand Carriers with Grab Buckets

Kenji YANO and Sadami TERAMOTO

Abstract

Analizing the *Search and Rescue Note*, a regular publication of Japan Maritime Safety Agency, the present writers found out that 13 sand carriers with grab buckets capsized in the past five years since 1969.

In this paper, we have tried to report the result of the investigation of two sand carriers with grab buckets, which capsized near "Mihara Seto" in the Inland Sea of Seto.

These ships, in overloaded condition and insufficient stability, capsized by the partial shifts of sand in their cargo holds.

Based on this analysis, we would like to discuss especially the possible prevention against the capsizing of these ships.

1. はじめに

最近、数例の転覆海難船舶について、その転覆原因を種々推定し検討する機会を得た。本稿では、これらの転覆海難船舶のうちから特に、三原瀬戸付近海域で砂利採取を終え、同地付近に錨泊中、深夜あるいは未明に転覆した砂利採取船2隻を例にとり、種々推定・検討した結果を発表することにした。

言うまでもなく、砂利採取船の操業している海域は、本稿でとりあげた三原瀬戸付近にとどまらず、その操業規模に差はあるものの、広く全国各海域に分布していると考えられるので、砂利採取船の海難を防止する上で、少しでも役に立てば幸いである。

御批判を仰ぎたい。

2. 砂利採取船の運航実態とその問題点

三原瀬戸付近海域は、海底に堆積した砂利の砂粒が比較的良好であるためか、砂利採取船が多数操業しており、同海域で砂利採取を許・認可された船舶は、昭和50年6月1日現在で199トン型35隻、499トン型15隻を含め、総計約55隻に達している。この海域で採取された砂利は、航海時間に換算して約3~4時間の距離にある広島・呉・水島の諸港に主として運搬・陸揚げされ、海岸の埋立、道路の建設、建築工事等に使用されている。しかしながら、最近実施されている公共事業の抑制や不況の浸透のためか、砂利の需要が減退し、このため砂利採取業者間に過当競争が始まり、その価格は低落し、更に燃料費の高騰も加わって、必然的に多くの砂利を採取運搬しなければならなくなった。この結果、砂利採取船の多くは、写真1に示すように、砂利の積み過ぎのため上甲板を波が洗う状態で航走しているのが現状である。

一般に、砂利採取船には1~2基の砂利採取用クレーン(Grabバケット容量1~1.5 m³)を装備しており、これを使用して海底から砂利を直接採取し船倉に積載している。同海域の499トン型は、満船になるまでの所要時間は3~4時間であり、満船(すなわち砂利採取終了)時機は本船の舷側における水線位置を基準にとり、適宜経

* 正会員 海上保安大学校(呉市若葉町1-1)

図 1 三原瀬戸および付近 (水路図誌複製「海上保安庁承認第 52061 号」)

写真 1

験的に判断している。船倉に砂利を積載し始めると、グラブバケットにより砂利と共に採取された海水が分離し船倉底に滞留し始めるので、この海水を船外に排出する水切り作業が始まる。この作業は、砂利の積載量の増加をはかる上からも、また砂利の流動化を防止し、適正な復原力を保持する上からも、欠かすことのできない重要な作業である。本作業は、調査によると通常下記のような2段階に分けて行われている。第1段階は、いわゆる急速排水作業である。これは、砂利採取作業の進行に伴って、砂利から分離して倉内に多量に滞留し始めた海水を船外に排出するために行われるもので、砂利採取開始時から採取終了後の2~3時間までを指す。この排水作

業の終了した時点では、満船時よりも船体は約 20~30 cm 浮上すると言われている。

第2段階は、第1段階の作業終了後から砂利の陸揚げまでに行われる、いわゆる通常の排水作業である。砂利に付着している海水は、時間経過と共に、徐々に分離・滲出し、積荷の下層から船倉底にかけて滞留してゆくのので、この海水を排除するため排水ポンプを連続あるいは断続的に運転する。この作業の適・不適がビルジ溜りおよび船倉底の海水の増加とも絡んで、砂利の流動性に大きな影響を与えるので、採取後錨泊する場合のように、揚荷まで長時間経過するような場合には特に注意が必要となる。

採取された砂利は、満船状態では船倉からはみ出し、倉口上に山のようになり盛上げた状態で積載されており、この結果乾舷はほとんど“0”となり、既述のように上甲板を波で洗いながら航走している船を多数見受ける。このため、重心位置は大巾に上昇し、滞留した海水が砂利を流動化していることもあいまって、船体はわずかの外力の影響によっても極めて容易に傾斜し得る状態になっている。

一方、ジブを立てて、その仰角を加減することにより、クレーン全体の重心位置すなわち水平面内のバランスを調整しておき、船の傾斜に応じてジブを旋回させその移動モーメントにより横傾斜を修正することも行われている。このような操作を行って傾斜を修正しながら航走している状況を写真2に示す。このような船は、潮流の速い瀬戸を航過する時や、他船の航走波の影響を受ける時、あるいは自船が転舵した時など、復原性が劣化しているため簡単に傾斜し、しかも一歩対策を誤れば転覆する恐れがあるので特に注意が必要である。

既述のように、砂利採取作業は3~4時間で終了するが、陸揚地の荷役時刻の調整のためか採取現場付近の陸岸寄りに適宜錨泊し、翌日早朝抜錨し陸揚地へ向う砂利採取船も多い。これらの船は、深夜当直を立てず就寝し

ているためか、いわゆる第2段階の水切り作業が有効に行われず、船倉底やビルジ溜りには砂利から徐々に分離した海水がたまり、潮流による船体の振れ回り運動や風波の影響が加わって砂利の層が崩れ、次第に船体が傾斜してゆくことに気付かぬ場合が多い。

本稿でとりあげた2例の転覆海難船は、このようにして錨泊中次第に傾斜角が大きくなりついに転覆するに至ったものである。

3. N丸とS丸の転覆経過概要

三原瀬戸付近海域で錨泊中転覆したN丸とS丸の転覆当時の記録および引揚げ後の船体調査等の結果をもとに転覆原因の検討を行った。表1はN丸とS丸の主要寸法であり、参考のため500総トン型貨物船（中小型鋼船標準基本設計：昭和42年6月、日本中小型造船工業会）の主要寸法を併記した。また、写真3には、船体引揚げ後造船所に回航したS丸を示した。なお、要救助海難統計⁽⁴⁾によれば、昭和44～48年の5年間に13隻の砂利採取船が、過載、積付不良その他の理由で転覆しており、これらの転覆時機は砂利採取直後や錨泊中あるいは回頭中に発生している。

N丸の転覆当時の概要は下記のとおりである。昭和49年3月10日、竹原市大久野島沖海面で海砂約700 m³を採取した後、同日午後0時頃、同市忠の海港沖に錨泊した。同日午後10時頃乗組員が就寝するに際し、船体が右に約3°傾斜しているのを発見し、ガットクレーンを左舷側に移動して傾斜を修正し、同時に船倉に滞留していた海水を船外に排出した後全員（5名）が就寝した。翌11日午前3時頃、船体が左舷に約15°傾斜していることに船長が気付く、直ちに全員を起こし、ガットクレーンを動かして傾斜を修正しようとしたが、船体は復原せずそのまま左舷側から海水が浸入転覆した。当時の天候は、薄曇り、北風2～3 m、視界は良好で海上は平穏であった（なお、乗組員は全員船外に脱出しことなきを得た）。

一方、S丸転覆当時の概要は次のとおりである。昭和50年4月5日午前4時40分頃、三原市幸崎沖で転覆し船首部船底が水面上に露出しているのを、現場付近海域を東航していた砂利採取船D丸が発見した。その後の調査の結果、S丸は4月4日正午頃水島港を空船で出港し、同日午後4時頃転覆現場付近海面に到着、右舷錨を投錨し砂利採取を開始した。同日午後7時30分頃砂利採取を終え、引続き同地に錨泊しており、翌5日午前2時頃抜錨し水島港に向う予定であったことが判明した。なお、同錨地付近の当日の海上模様は平穏であり、潮流は最大約2.2ノットと推定される。転覆時刻は船内時計の停止状況から判断して、4日午後11時頃と推定され、乗組員は6名中4名は遺体となって船内で発見されたが、残る2名は行方不明となった。

なお、S丸は、沿海の航行区域を有していたが、その後昭和50年2月平水区域に変更していた。写真4は、

写真 2

表 1 N丸, S丸の主要寸法

	N 丸	S 丸	貨物船
L (m)	49.50	49.50	49.00
B (m)	9.30	9.00	9.00
D (m)	4.60	4.50	4.40
d (m)	4.30	4.05	4.00
G. T. (t)	約 499	約 499	約 500

写真 3

写真 4

表 2 砂利採取前後の喫水 (推定)

船 名	砂利採取	船首喫水 (m)	船尾喫水 (m)
N 丸	直 前	0.80	3.20
	直 後	4.40	4.60
S 丸	直 前	0.60	3.20
	直 後	4.20	5.20

づき推定した砂利採取前後における喫水である。

調査によると急速排水の所要時間は約2～3時間であり、この間に船体は20～30 cm 浮上することが判明した。N丸、S丸の毎 cm 排水トン数は約4 トンであるから、この排水作業によって約80～120 トンの海水が船外へ排除されたことになる。写真5は、満船に近くなった499 トン型砂利採取船の急速排水中の状況を示したものである。なお、この写真にある3個所の排水口は船内側より蓋がなされている。

これらの資料に基づいて転覆当時の排水量および砂利採取量を計算した結果、排水量はN丸約1465 トン、S丸約1535 トン、砂利採取量は、N丸約700 m³、S丸約800 m³であった。なお、砂利の採取量については、積

写真 5

船首部船底を露出しているS丸の転覆状況である。

4. 転覆原因推定の方法とその結果

4.1 転覆当時の排水量と砂利採取量の推定

三原瀬戸付近海域で操業している砂利採取船は大部分500 総トン以下であり、船舶復原性規則は適用されないため、傾斜試験を実施している船はまれである。したがって、排水量および重心位置の推定に不可欠な重量重心計算書はもちろんのこと、復原性能を推定するための復原力計算書（又は復原性能説明書）も作成されておらず、なかには排水量等曲線図さえも持たない船を見受けることがある。したがって、砂利を過載していたか否かを判断する決め手である転覆当時の排水量や、各種載貨状態における排水量および重心位置の推定には、船主・乗組員（下船者も含む）、船舶食糧取扱店、造船所、目撃者その他の協力を得て調査する以外に方法がない。

N丸、S丸とて例外ではなく、調査の重点を砂利採取後における喫水、その時の上甲板舷端からの海面の位置、タンク在庫量、急速排水の所要時間、砂利積付状況等においた。表2は、これらの調査に基

図 2 N丸の排水量等曲線図（一部）および海水流入角 (θ_f) 曲線

付状況の見取図、船倉容積、船倉に残っていた砂利の比重計測などからその妥当性を確認した。また、S丸は満船時その上甲板舷端を海水が洗っていたものと推定される。参考までに、N丸の排水量等曲線図（一部）および海水流入角曲線を図2に示す。

4.2 転覆当時の重心高さ (KG), GoM および自由水の影響について

N丸, S丸は499トン型であり、船舶復原性規則の適用を受けないためか、傾斜試験は実施されていないので、その重心高さを推定することは困難であるが、同型又は類似の小型鋼船5隻の傾斜試験成績書・重量重心計算書等を入手し、これらをもとに砂利採取用クレーン・積荷等の影響を修正して概略の重心高さを求めることにした。

表3 類似型船の要目等

船名	A丸	B丸	C丸	D丸	E丸	
船種	砂利	貨物	貨物	タンカー	貨物	
総噸数	481.16 ^t	484.00 ^t	499 ^{t型}	499 ^{t型}	500 ^{t型}	
L (m)	50.00	49.50	49.50	52.00	49.00	
B (m)	11.00	9.00	9.00	9.00	9.00	
D (m)	4.70	4.50	4.50	4.50	4.40	
輕荷状態	W (t)	600.48	425.76	364.54	394.19	361.00
	d (m)	1.706	1.541	1.300	1.392	1.320
	KB (m)	0.940	0.840	0.680	0.760	0.690
	KG (m)	4.557	4.174	3.600	3.700	3.550
	GM (m)	2.163	0.968	1.970	1.620	2.030
	KB/d	0.551	0.545	0.523	0.546	0.523
	KG/D	0.970	0.928	0.800	0.822	0.807
満載(出港)状態	W (t)	1921.71	1508.00	1425.00	1508.00	1335.00
	d (m)	4.523	4.405	4.130	4.300	4.010
	KB (m)	2.436	2.390	2.250	2.230	2.150
	KG (m)	3.789	3.573	3.170	2.900	3.200
	GM (m)	0.961	0.407	0.620	0.960	0.680
	KB/d	0.539	0.543	0.545	0.519	0.536
	KG/D	0.806	0.794	0.704	0.644	0.727
空艙(出港)状態	W (t)	—	599.21	612.20	527.84	707.80
	d (m)	—	2.042	1.970	1.770	2.310
	KB (m)	—	1.110	1.050	0.960	1.240
	KG (m)	—	3.662	2.870	3.610	2.450
	GM (m)	—	0.756	1.690	1.010	1.630
	KB/d	—	0.544	0.533	0.542	0.537
	KG/D	—	0.813	0.638	0.802	0.557

表3は、入手した5隻の主要寸法および各種状態における排水量・重心高さ等を示してある。S丸は乗組員が全員死亡又は行方不明になっていたので、重心位置の推定は上記の方法のみによった。一方、N丸についてはこのほか、クレーン操作による横傾斜角の修正方法が判明したので、この資料をもとに $G_0M=w \cdot l / W \cdot \tan \theta$ の関係を用いて KG_0 を推定し、上記から求めた結果と比較してその妥当性を検討した。

転覆原因を調査するため、船体引揚後に排水ポンプ、バルブの開閉状況、配管系統、配電盤、船外吐出口等の調査を行った。S丸は船倉の前後部にそれぞれ隣接した長さ各々6m、4.5mで幅は船幅とほぼ同じ程度の空倉をもっており、その空倉底には砂利と共に採取された海水を排除するためのビルジ溜りが設置されている。

砂利採取中は、砂利と共に大量に採取される海水のため急速排水しても排水が追い付かず、海水がビルジ溜りからあふれ出し、空倉底全面にわたって海水が充満している。特に、後部空倉は通常の排水の時でも、ビルジ溜りの形状からビルジ溜りのみでなく、空倉底全面に海水がたまるようになっており、現場調査を行った時にも床上10~20cmのビルジが滞溜していた。

この自由水による見掛けの重心の上昇は0.17mに相当する計算になる。

写真6は、S丸前部空倉内に設置されているビルジ溜りとビルジパイプの様子を示す。

以上のような調査の結果および諸資料の解析にもとづいてN丸、S丸の転覆当時の排水量(W)、重心の見掛けの高さ(KG_0)、見掛け GM (G_0M) 等を推定した結果を表4に示した。

写真 6

表 4 W, KG_0 , G_0M 等

船名	W (t)	KG_0 (m)	G_0M (m)	KG_0/D	G_0M/B
N丸	約 1465	3.65	0.35	0.793	0.038
S丸	約 1535	3.64	0.36	0.809	0.040

写真 7

4.3 砂利の荷崩れによる船体傾斜と復原力

砂利採取船は、砂利採取用クレーンを1基又は2基装備しているが、砂利を積載する場合には、クレーン1基装備の船の場合には通常採取した砂利を船倉中央に盛り上げるように積載し、砂利が倉口頂部をこえるようになると船倉の前・後部方向に砂利の山を移動させ、平らにならす方法をとっている。クレーン2基を装備している船では、船首・尾寄りの船倉にそれぞれ盛り上げて積載し、倉口頂部をこえるようになると盛り上がった2つの山を中央部によせて、全体が平らになるように積載している。写真7はクレーン2基装備している船の砂利積載中の様子を示している。

このように、砂利の表面を平らにならすような作業を行っても、左右両舷の上甲板下肩部は砂利の静止角のため空積となりやすい。その上、コーミング頂部付近まで砂利を積載した状態では、平らにならす作業を行っても空積部分はなかなか砂利で埋めることができない。なお文献⁽²⁾によると、積荷の種類

表 5 積荷の種類と静止角

積荷の種類	静止角
穀物(乾燥時)	30°~31°
穀物(普通時)	35°~37°
石 炭	30°~50°
土砂・砂利	30°~45°
鉱 石	30°~50°
セメント	45°~50°

別の静止角は表5に示すとおりである。

いま、横傾斜角と砂利の崩壊量との関係を求めるため、“上甲板下肩部付近の静止角を保っていた砂利の層が崩れて空積部分に移動し、このあとを埋めるためハッチコーミング内の砂利の層が陥没した”ものであると仮定し、ハッチコーミング内の砂利の層の陥没の形状に応じて、下記の4種のモデルを想定した。

- (A) 砂利層の陥没断面形状が、コーミング幅 $2b$ 、深さ a の長方形である場合。(図3 CASE (A))
- (B) 砂利層の陥没断面形状が、コーミング半幅 b 、深さ a の長方形である場合。(図3 CASE (B))
- (C) 砂利層の陥没断面形状が、コーミング幅 $2b$ 、深さ a の直角三角形である場合。(図3 CASE (C))
- (D) 砂利層の陥没断面形状が、コーミング半幅 b 、深さ a の直角三角形である場合。(図3 CASE (D))

これら4種のモデルに応じて、それぞれ砂利の崩壊部分の重心の下降距離 H 、横方向の移動モーメント m_h 、上下方向の移動モーメント m_v の計算式を作り表6に示した。この場合、崩壊した砂利層の舷側での高さ x は、 $x \leq b' \tan \alpha$ とする。

図3 砂利移動のモデル

表6 数式モデル

	(A)	(B)	(C)	(D)
x	$4a \frac{b}{b'}$	$2a \frac{b}{b'}$	$2a \frac{b}{b'}$	$a \frac{b}{b'}$
y	$\frac{2}{3} \left(b' \tan \alpha - 2a \frac{b}{b'} \right)$	$\frac{2}{3} \left(b' \tan \alpha - a \frac{b}{b'} \right)$	$\frac{2}{3} \left(b' \tan \alpha - a \frac{b}{b'} \right)$	$\frac{2}{3} \left(b' \tan \alpha - \frac{a}{2} \cdot \frac{b}{b'} \right)$
H	$h + \frac{2}{3} \left\{ b' \tan \alpha - \left(\frac{3}{4} + 2 \cdot \frac{b}{b'} \right) a \right\}$	$h + \frac{2}{3} \left\{ b' \tan \alpha - \left(\frac{3}{4} + \frac{b}{b'} \right) a \right\}$	$h + \frac{2}{3} \left\{ b' \tan \alpha - \left(\frac{1}{2} + \frac{b}{b'} \right) a \right\}$	$h + \frac{2}{3} \left\{ b' \tan \alpha - \frac{1}{2} \left(1 + \frac{b}{b'} \right) a \right\}$
m_h	$2\gamma_s a b^2 L \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{b'}{b} \right)$	$\frac{1}{2} \gamma_s a b^2 L \left(1 + \frac{4}{3} \cdot \frac{b'}{b} \right)$	$\frac{2}{3} \gamma_s a b^2 L \left(1 + \frac{b'}{b} \right)$	$\frac{1}{3} \gamma_s a b^2 L \left(\frac{1}{2} + \frac{b'}{b} \right)$
m_v	$2\gamma_s a b L \left[h + \frac{2}{3} \left\{ b' \tan \alpha - \left(\frac{3}{4} + 2 \frac{b}{b'} \right) a \right\} \right]$	$\gamma_s a b L \left[h + \frac{2}{3} \left\{ b' \tan \alpha - \left(\frac{3}{4} + \frac{b}{b'} \right) a \right\} \right]$	$\gamma_s a b L \left[h + \frac{2}{3} \left\{ b' \tan \alpha - \left(\frac{1}{2} + \frac{b}{b'} \right) a \right\} \right]$	$\frac{1}{2} \gamma_s a b L \left[h + \frac{2}{3} \left\{ b' \tan \alpha - \frac{1}{2} \left(1 + \frac{b}{b'} \right) a \right\} \right]$

L : コーミング長さ, α : 静止角, γ_s : 砂利比重

表 7 数値計算結果 (S丸)

	(A)	(B)	(C)	(D)
x (m)	$8a$	$4a$	$4a$	$2a$
y (m)	$0.70-2.67a$	$0.70-1.33a$	$0.70-1.33a$	$0.70-0.67a$
H (m)	$1.80-3.17a$	$1.80-1.83a$	$1.80-1.67a$	$1.80-a$
m_h (t・m)	$671a$	$210a$	$252a$	$84a$
m_v (t・m)	$(302-531a)a$	$(151-154a)a$	$(151-140a)a$	$(75-42a)a$
a の範囲 (m)	<0.13	<0.26	<0.26	<0.53

図 4 $a-\theta$ 曲線 (S丸)

写真 8

図 5 転覆当時の GoZ 曲線 (推定)

表 7 および図 4 は、表 6 をもとに S 丸について計算した結果を示してある。

ここで、重心の下降距離 G_0G_1 、横移動距離 G_1G_2 とおけば

$$G_0G_1 = m_v/W, \quad G_1G_2 = m_h/W$$

であるから、船体横傾斜角 θ は

$$\tan \theta = m_h/W \cdot G_0M + m_v$$

で与えられる。ただし、S 丸は $b'/b=0.50$, $h=1.1$ m (さし板部分を含む), $L=21.5$ m, $b=3.0$ m である。

写真 8 は船体引揚当時の S 丸の船倉内部の状況を示したものである。当時、船倉内に残っていた砂利を採取し、種々加湿して α および γ_s を計測した結果、その平均値として $\alpha=35^\circ$, $\gamma_s=1.30$ を得た。

図 5 の GoZ 曲線は、既述のような種々の条件下で推定した結果得られたものである。過載のため乾舷がほとんど“0”に近い状態にある S 丸は、 GoM , GoZ_{max} , 復原性範囲等は著しく小さくなっており、 $GoZ \approx GoM \cdot \theta$ の成立する範囲も大幅に減少 (4° 程度) している。

砂利の層が、第 3 図 CASE (A)~(D) に示す各モデルのように陥没した場合、 a の値がそれぞれ 0.06 m, 0.19 m, 0.16 m, 0.47 m 程度になると船体傾斜角は上述の 4° 程度になる (第 4 図)。しかしこの状態では、上甲板下肩部にはまだ空積が残っているので、この空積部分に向けさらに砂利の移動が継続して起こり、その上傾斜舷側船倉底部には水切り不良にもとづく海水が滞留するので、遂に復原モーメントを上回るようになり転覆するに至る。

以上のように考察してみると、復原性が著しく悪化している N 丸, S 丸の転覆の有力原因として、上甲板下肩部に生じた砂利の空積部分の存在がクローズアップされてくる。

このほか、両船のように復原性が劣化した状態で

錨泊している場合の砂利移動の原因として、砂利層内部に生じた空洞部分の存在や、錨泊中の船体振れ回り運動にもとづく横傾斜が考えられるが、今後の研究課題である。

5. む す び

転覆当時、両船はともに砂利を過載しており、その上砂利から分離・滲出してきた海水の影響が加わり GoM , GoZ_{max} が著しく減少し、またその復原性範囲も減少して海水流入角（当時N丸は約 19° , S丸は約 16° 程度）以下になっていたものと推定される。

S丸については、50年2月に航行区域を沿海から平水に資格変更したため、満載喫水線規則の適用が除外されたことを考え合わせると、転覆当時の乾舷はほとんど“0”に近い状態になっていたものと推定される。

その上、深夜立直をしていなかったため、潮流による船体の振れ回りや他船の航走波等による船体の動揺の影響で、砂利および滞留している海水が徐々に移動し始め、次第に船体が傾斜してゆき、誰れも気付くことなく遂に転覆したのではなかろうか。

一方、N丸の場合は、就寝前に船体が右舷に傾斜していたので、クレーンを操作して傾斜を修正し、同時に船倉底やビルジ溜りにたまっていた海水を船外に排水した後全員就寝している。しかし、船倉内の砂利をならして傾斜を修正したわけではないから、傾斜の原因となっていた海水を含んだ砂利層は依然不安定な状態で残っていたと考えられる。翌日未明、今度は左舷に約 15° 傾斜していることに船長が気付く、クレーンを操作して傾斜を修正しようとしたが、 GoZ はほとんど“0又は負”になっていたものと推定されるので、かえって傾斜が増大し遂に転覆したものであろう。

以上のように考えてくると、その転覆の原因は、より根本的には、造船所側が設計に際し想定した砂利の積付状態と、運航者側の積付の実情が大きく食い違っていることにありと考えられる。砂利採取船を建造する場合、船主は事前に造船所との間でその積付条件を検討し、積荷量の限界と復原性能との関係を十分に認識しておくべきであり、これに基づき船長に対しては運航マニュアルを提供して、転覆事故の防止に努めるべきであろう。

以上の検討を通じて得た知識・経験をもとに、砂利採取船の転覆事故の防止対策として、下記の5項目を提案し、本稿のまとめとしたい。なおこのうちの1項目でも実行すれば、転覆海難は大幅に減少するのではなかろうか。

- (1) 満船にして錨泊する場合、錨地は外力の影響の少ない地点を選定し、錨泊中は当直を必ず立てること。
- (2) 一定限度以上のビルジ滞留に対する警報装置を設けること。
- (3) 船倉に砂利の静止角を考慮したトップサイドタンクを設けること。
- (4) 空倉および船倉内に縦仕切壁を設け、自由水の影響・砂利の移動等を減ずること。
- (5) 航行区域が平水である砂利採取船に対し、満載喫水線に準じた砂利積載量の限界線表示を義務づけること。

本稿をとりまとめるにあたり、終始有益なる助言をいただいた本校船舶工学講座瀬之口宏教授、運用学講座佐々木茂人教授に対し感謝の意を表する次第です。

参 考 文 献

- (1) 海上保安庁：要救助海難統計，昭和44年～48年
- (2) 日本造船研究協会：海難船舶の調査および転覆機構の解明に関する研究，昭和38年6月