バラスト水交換に関する研究

船体部　中村靖、越智宏、林竜也、山口雄三
技術研究所　三宅竜二
香港事務所　山本博

１．序言

船舶のバラスト水や沈殿物には様々な生物が混入しており、船舶の移動に伴いこれらの生物もその本来の生息地を大きく超えて移動すると言われている。本来生息していない海域に外来の海洋生物が定着し海洋環境に対し有害な影響を与える可能性があることが、環境への意識の高まりにより、新たな海洋問題の一つとして取り上げられてきた。

IMO においてもこの問題を防止する観点から、洋上において船舶のバラスト水を交換する旨の決議が採択されている。さらに海洋環境保護委員会（MEPC）においては現在バラスト水の管理についての包括的な条約案が審議されている。条約案において、現在検討されているバラスト水管理の方法としては次のものがある。

① 太洋でのバラスト水交換
② 非排出
③ バラスト水の陸揚げ
④ 滅菌処理
⑤ その他同等処理

これらの中で現在実用可能なものは太洋上で行なうバラスト水交換である。

一方、海洋環境ではなく船舶の安全上の観点から見ればバラスト水交換において船舶の安全上様々な問題点が想定される。本稿ではバラスト水交換を行った場合に発生する船舶の安全上の問題点を明らかにし、その対策の一部を研究成果として示す。さらに今後の研究すべき問題点を指摘し、その対策の方向性を示したい。

２．バラスト水交換方法

IMO では船舶のバラスト水の管理を行ない、海洋環境の保護を行なうことを目的として現在条約案の審議が行なわれている。その中では既に述べた様々な方法がバラスト水の管理方法として検討されている。その中でバラスト水の交換は海洋生物の移動を完全には防止できないとされる一方、現時点では唯一の実行可能な方法として Interim に認められるべきバラスト水管理方法と位置付け

られている。

バラスト水交換の方法としては、各タンクのバラスト水を空にして再注入する Sequential Method とバラスト水タンクに海水を注入しオーバーフローさせてバラスト水を交換する Flow-through Method の二つが主流である。この二つのバラスト水交換方法について、問題点を含め、纏めたものが次の**表１**である。

表 1 バラスト水交換方法のまとめ

	Sequential Method	Flow-through Method
方法	バラスト水タンクからバラスト水を排出し太洋の海水を再注入する。	張水されたバラスト水タンクにポンプで連続的に海水を注入することでバラスト水を交換する。注入する海水の量はバラスト水タンク容量の３倍以上行なうことが必要とされている。
一般的な注意事項	船体の縦強度に注意が払われなければならない。そのためタンクの配置、容量、形状が適切に設計されることが必要となる。ちどりにバラスト水タンクを空にすることが計画される場合は捩じり強度も検討されなければならない。	バラスト水タンクが過圧状態にならない対策が行なわれなければならない。
船体強度上の問題点	1) 縦曲げモーメント及びセン弾力の増加 2) 復元性の低下 3) バラスト水タンク内でのスロッシングの発生 4) 船首部浅喫水によるスラミングの発生 5) 喫水及びバラスト水荷重の変化による振動の発生	1) バラスト水タンクでの付加水圧の発生 2) 大量のバラスト水の通過によるオーバーフロー管の損傷 3) 低温海域における、甲板でのバラスト水凍結における復元性への悪影響
操船上の問題点	1) 不充分な船橋視界の発生 2) 十分な喫水及びトリムが取れないことによる操船及び推進性能への影響	（影響無し）
保守作業への影響	1) 発電機の保守作業への制限	1) 甲板上にバラスト水を放出することによる甲板の保守作業への制限 2) 甲板上にバラスト水を放出することによる甲板の腐食の加速 3) 発電機の保守作業への制限
乗組員への影響	悪天候及び夜間におけるバラスト水タンクの測深等の危険作業の増加	マンホールを開放することでバラスト水交換中の付加水圧を防止する場合、悪天候及び夜間での危険作業の増加

バラスト水管理を実行する上で実行可能と考えられるバラスト水交換方法であるが明確なガイドラインが策定されているわけではなく、船長に平穏な海域で行なうよう指示がされているのみである。本会では海上でバラスト水交換を安全に実行するためのガイドラインを作成することを目的に本研究に着手した。本研究でバラスト水交換を行う上で許容される海象条件を特定することも、本

研究の目的の一つである。

表１にバラスト水交換における問題点を指摘しているが、洋上で行なわれるバラスト水交換において船舶の安全上重要と考えられる点は次の点である。

（１）作業時間及び作業海域の制限
短航海、沿岸航路及び荒天遭遇等の理由により船舶がバラスト水交換を行えないケースが考えられる。

（２）環境に対する新たな負荷
バラスト水交換を行なう際バラストポンプ稼動の為に発電機を長時間運転することにより、大気中に放出される二酸化炭素ガスの増加が考えられる。

（３）商業上の圧力
荒天遭遇等の理由から太洋上でバラスト水交換が実行できず、入港前にバラスト水を排出するため指定された海域に迂回するよう要求されることがある場合、航海予定の遅れを避ける為船長はたとえバラスト水交換に適していない条件でも敢えて太洋上でバラスト水交換を行なう可能性がある。

（４）追加の費用
バラスト水交換を行うために発電機の燃料費が増加する。またバラスト水交換は乗組員に新たな追加作業を課すことになることも考慮されるべきである。

３．Sequential Method についての検討

表１に示した通り、Sequential Method には復元性、縦強度、バラスト水タンク内のスロッシング衝撃、浅喫水における船首船底部スラミング、船橋視界の不足、プロペラ没水の不足等様々な危険性がある。これらの危険性を可能な限り避けるため Sequential Method でのバラスト水交換手順は複雑なものとならざるを得ない。一例としてケープサイズのバラ積み貨物船のバラスト水交換手順を**表２**に示す。

表 2 ケープサイズバラ積み貨物船における Sequential Method によるバラスト水交換の手順

本船主要目： Lpp x B mld x D mld x ds = 277.0 x 45.0 x 23.8 x 17.6 m

バラストポンプ容量：2,500m3/h x 2 + Fire & GS Pump 190/380m3/h

スラミング対策上の最小船首喫水制限値 = 8.51m

手順			基本状態	1	2	3	4	5	6	7	8	基本状態	
バラスト水タンク	FPT	%	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	
	No.1 WBT/TST	%	41	0	0	100	100	100	0	0	0	41	
	No.2 WBT/TST	%	100	100	100	100	0	100	100	100	19	100	
	No.3 WBT/TST	%	100	100	100	100	100	100	100	0	100	100	
	No.4 WBT/TST	%	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	
	No.5 WBT/TST (P)	%	49	55	100	100	100	100	55	49	0	49	
	No.5 WBT/TST (S)	%	42	47	100	100	100	100	47	42	0	42	
	APT	%	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	
	No.6 C/Hold	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
燃料		%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
清水		%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
潤滑油		%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	計
交換に要する時間		時間		0.6	3.1	3.2	2.4	2.4	4.9	2.3	2.6	2.8	24.4
喫水	船首部	m	4.76	4.36	3.44	6.78	3.7	6.78	2.59	4.08	2.06	4.76	
	船尾部	m	8.24	8.18	8.13	8.23	9.41	8.23	8.25	8.64	8.24	8.24	
	中央部	m	6.50	6.27	5.79	7.51	6.56	7.51	5.42	6.36	5.15	6.50	
トリム		m	3.48	3.82	4.69	1.45	5.71	1.45	5.66	4.56	6.18	3.48	
G_0M		m	15.1	16.9	18.0	12.8	15.5	12.7	18.4	15.0	17.9	15.1	
プロペラ没水率		m	105	105	104	104	120	105	105	111	105	105	
最小船首喫水制限値		m	-3.75	-4.15	-5.07	-1.73	-4.81	-1.73	-5.92	-4.43	-6.45	-3.75	
G_0M – 要求最小 G_0M		m	7.20	8.15	7.56	8.55	7.48	8.53	6.55	6.51	5.09	7.20	
船橋視界		/L(%)	1.62	1.69	1.88	1.29	2.02	1.29	2.11	1.81	2.25	1.62	
前方見とおし＜500		m	448	468	520	356	560	356	584	501	624	448	
縦曲げモーメント / 許容縦曲げモーメント値		%	61	45	89	77	72	77	66	62	65	61	
セン弾力 / 許容セン弾力		%	69	54	57	69	65	69	57	68	70	69	

注１： 手順は縦強度を満足することを条件に作成されている。

注２： 前方見とおしを含む船橋視界は影付きの部分で要件を満足していない。

注３： バラスト兼用倉を使用しない前提で検討している。したがって船首喫水の制限は満足できないため、スラミングが発生しない平穏な海域で行なうことが条件となる。

次に Sequential Method でバラスト水交換を行った場合、調査対象となった下記に示す船型及びサイズの船舶の安全面でどのような影響が出るかについて、日本造船研究協会が RR74 において調査した結果を引用し、船型及びサイズ毎に検討した結果を示す。

<u>調査対象の船型及びサイズ</u>

１）ケープサイズバラ積み貨物船

２）パナマックスサイズバラ積み貨物船

３）ハンディサイズバラ積み貨物船

４）アフラマックス型油タンカー（シングルハル）

５）アフラマックス型油タンカー（ダブルハル）

調査対象とした項目

1）縦強度
2）非損傷時復元性
3）船首部最小喫水
4）プロペラ没水
5）トリム
6）船橋視界

次に示す**表 3** は各項目について要件毎に適合の可否についてまとめたものである。

表 3 Sequential Method によりバラスト水交換を行った場合の、安全上の要件への適合調査

番号	船種	サイズ	兼用倉の有無	バラスト水交換方法	LS	ST	FD	PI	TR	BV
A	バラ積み船	ケープ	有（使用せず）	SEQ	○	○	X	○	○	X
B	バラ積み船	パナマックス	有	SEQ	○	○	X	X	X	○
C	バラ積み船	パナマックス	有	SEQ	○	○	X	○	○	○
D-(N)	バラ積み船	パナマックス	有	SEQ	○	○	X	X	○	○
D-(H)	バラ積み船	パナマックス	有	SEQ	○	○	X	X	○	○
E	バラ積み船	ハンディ	有（使用せず）	SEQ	○	○	X	X	○	○
F	バラ積み船	ハンディ	有	SEQ	○	○	X	○	○	○
G	シングルハルタンカー	アフラマックス	無	SEQ	○	○	X	X	○	○
H	ダブルハルタンカー	アフラマックス	無	SEQ	○	○	X	X	○	○
I	ダブルハルタンカー	アフラマックス	無	SEQ	○	○	X	○	○	○
J	ダブルハルタンカー	アフラマックス	無	SEQ	○	○	X	○	○	○

LS：縦強度　ST：復元性　FD：船首部喫水　PI：プロペラ没水
TR：トリム　（○は船首トリム）　BV：船橋視界

表 3 の結果から今後船舶を設計する場合、Sequential Method によりバラスト水交換を行うとすれば次の問題点があることが分かる。

1）船首喫水の制限値を満足できない。従って船首喫水の制限が適用される荒天時、Sequential Method によるバラスト水交換は避けなければならない。

２）復元性及びトリムの要件は満足できる。
３）縦強度、プロペラ没水及び船橋視界はこれら 3 要件を同じに満足することは出来ない。

この結果から現在のバラスト水タンク配置で Sequential Method によりバラスト水交換を行う場合、全ての安全に関する要件を同時に全て満足することは不可能であるとの結論になる。この結果を受けて Sequential Method でバラスト水交換を行う上での問題点の総括とその対策をまとめたものが**表 4** である。

表４ Sequential Method の問題点とその対策

問題点	背景	対策
船首部喫水	この要件は荒天時船首船底部に発生するスラミングを防止するためのものである。従って仮に荒天時においては Sequential Method によるバラスト水交換を行わないとの制限を行なえば船首喫水に制限を行なう必要はなくなる。	船首部にスラミングが発生する海象を検証し、スラミングが発生しない条件を特定し、その条件の元で Sequential Method によるバラスト水交換を行う。
縦強度 プロペラ没水 船橋視界	縦強度、プロペラ没水及び船橋視界の 3 要件を同時に満足することは現在の船の配置では不可能である。	1)バラスト水交換を行う海象に制限をつけることで縦強度の要件を斟酌する。 2) 錯綜海域でバラスト水交換を行なわないとの制限をつけることで船橋視界の要件を参酌する。

４．スラミングの発生する海象条件

本会はスラミングが発生せず、Sequential Method により安全にバラスト水交換が出来る海象条件を求めるための検討を行なった。第一段階としてバラ積み貨物船に対してストリップ法による船体運動解析を行ない、ある一定の確率でスラミングが発生する海象の解析を行なった。解析の手順を**表５**に示す。

表 5 解析手順

手順 1	FPT、No.1WBT 等の船首部バラスト水タンクを空にしたバラストコンディションを作成する
手順 2	船体運動の規則波中応答関数を求める
手順 3	有義波高と平均波周期をパラメータとする ISSC 波スペクトルを基とした不規則波海面の波スペクトルに手順１，２で得られた規則波中応答関数を線形に重ねあわせる
手順 4	短波頂不規則波中の船体運動応答解析
手順 5	船首船底部でのスラミングの発生確率が得られる(短期予測)

この解析によって個船毎に Sequential Method を行なう場合に各バラスト水タンクを空にした状態に対して、有義波高や平均波周期をパラメーターとして解

析を行なうことで、スラミングの発生確率に基づきスラミングの発生する海象条件（有義波高：Hs）を求めることが可能となった。解析方法の詳細を**表６**に示す。

表６ スラミングが発生する海象条件の解析方法

解析対象項目	ケース	解析対象及び条件
バラ積み貨物船のサイズ	4	ケープサイズ、パナマックス、ハンディマックス及びハンディサイズ
バラストコンディション	2	ライトバラストコンディション及びヘビーバラストコンディション
燃料油積載条件	1	出港状態
船速	5	計画速度、 3/4、 1/2、 1/4 及び 0
波との出会い角	7	180 (迎え波), 150, 120, 90 (横波), 60, 30 及び 0 (追い波) 度
平均波周期 (秒)	2	8.5 秒及び 9.5 秒（スラミングが最も発生しやすい波周期）
スラミングの発生確率	3	(1) 1/50：７～８分に一回発生 (2) 1/900：約２時間に一回発生 (3) 1/20,000：約２日に一回発生

解析の結果を次の**表７**に示す。スラミングが発生する海象条件を、スラミングの発現確率、船速、波との出会い角をパラメーターに、有義波高で示している。一例を示せば、ケープサイズバラ積み貨物船がヘビーバラスト状態の場合、約２日間で１回(1/20,000)スラミングが発生する可能性のある有義波高は 6.2 メートルであることが分かる。このような情報はスラミングの発生を避け安全に Sequential Method でバラスト水交換を行える海象条件を与えるマニュアルの一部になるものと考えられる。
本会は、船速や船長をパラメーターとした、スラミングが発生する海象条件をシーステイツ又はビューフォードスケールの形で与える運航マニュアルを船長に提供することを最終目的に今後も研究を続ける方針である。

表７ スラミングが発生する場合の有義波高

船種	バラスト状態		有義波高：Hs (m)			波出会い角(度)	船速 (kt)	船首喫水 (m)	トリム (m)	中央部喫水 (m)
			1/50	1/900	1/20,000					
ケープサイズ	ヘビーバラスト状態	基準状態	9.88	7.49	6.21	180	16	8.56	3.60	10.35
		FPT 空	8.54	6.48	5.37	180	16	6.27	7.12	9.84
		No.1 TS/BHT 空	9.06	6.87	5.70	180	16	7.22	5.58	10.01
		No.2 TS/BHT 空	7.82	5.93	4.91	180	16	5.62	7.42	9.33
	ライトバラスト状態	基準状態	7.63	5.79	4.80	180	16	5.62	4.28	7.76
		FPT 空	7.36	5.59	4.63	180	16	5.23	4.91	7.69

		No.1 TS/BHT 空	6.61	5.01	4.15	150	16	4.18	6.49	7.43
		No.2 TS/BHT 空	5.32	4.04	3.35	150	16	2.48	8.51	6.73
パナマックス	ヘビーバラスト状態	基準状態	7.40	5.61	4.65	180	14	7.27	0.94	7.74
		FPT 空	6.76	5.13	4.25	180	14	5.68	3.51	7.44
		No.1 BHT 空	7.06	5.36	4.44	180	14	6.45	2.20	7.55
		No.2 BHT 空	7.01	5.31	4.40	180	14	6.45	2.07	7.48
	ライトバラスト状態	基準状態 (FPT 空)	5.07	3.84	3.19	150	14	3.45	4.10	5.50
		No.1 BHT 空	4.62	3.50	2.90	150	14	2.58	5.44	5.30
		No.2 BHT 空	4.58	3.48	2.88	150	14	2.58	5.30	5.23
ハンディマックス	ヘビーバラスト状態	基準状態	6.53	4.96	4.11	180	14.6	7.34	1.02	7.85
		FPT 空	6.12	4.64	3.85	180	14.6	6.54	2.32	7.70
		No.1&2 BHT 空	5.40	4.10	3.39	180	14.6	5.29	3.84	7.21
	ライトバラスト状態	基準状態 (FPT 空)	4.16	3.16	2.62	150	14.6	3.56	3.67	5.39
		No.1&2 BHT 空	3.22	2.44	2.02	150	14.6	1.36	6.75	4.73
ハンディサイズ	ライトバラスト状態	基準状態	4.56	3.46	2.86	180	14	4.05	1.90	5.01
		FPT 空	4.25	3.23	2.67	150	14	3.08	3.51	4.83
		No.1 BHT 空	4.39	3.33	2.76	150	14	3.37	2.97	4.85
		No.2 BHT 空	4.21	3.20	2.65	159	14	3.14	3.10	4.69

５．Flow-through Method についての検討

Flow-through Method における船舶の安全上の問題点は Sequential Method に比べれば少ないと言える。可能性のある問題点としてはポンプで連続的に注水する場合にバラスト水タンクに生じる過圧状態である。Flow-through Method によりバラスト水をタンクに注水する際の過圧状態を調査し、安全対策のためのガイドラインを作成するため、本会ではバラスト水タンクに作用する圧力状態を評価できる計算プログラムを開発した。さらにこの計算プログラムの精度を検証するためにパナマックス型バラ積み貨物船による実船での圧力計測実験を行なった。計算プログラムで各サイズのバラ積み貨物船に対して行った計算結果を**表 8** にまとめている。パナマックス型バラ積み貨物船の実船計測から得られた結果を**表 9** にまとめる。また同じ条件で行なった計算結果とパナマックス型バラ積み貨物船での計測結果を**表 10** にまとめた。

以上の結果を総括すると以下の通りにまとめることができる。

１）計算プログラムの精度
計算プログラムによる過圧圧力の計算結果は実船計測により十分な精度があることが検証された。

２）Flow-through Method によりバラスト水タンクに生じる付加水圧
Flow-through Method を行なった際バラスト水タンク内に付加水圧が生じていることが計算及び実船計測で確認され、作用している付加水圧の大きさを正確に推定できるようになった

３）パナマックス型バラ積み貨物船に作用する付加水圧
パナマックス型バラ積み貨物船の場合、Flow-through Method でバラスト水交換を行うと NK 規則で想定している設計圧力を約９％上回る圧力が内底板に作用していることが確認された。

４）付加水圧の解放方法
Flow-through Method を行なうことによりバラスト水タンク内に発生する付加水圧を解放するための方法として、バラスト水タンクのマンホールを開放する方法とオーバーフロー管の断面積を大きくする方法が考えられる。

表 8　計算プログラムによる水頭の計算結果

要目							水頭の計算結果 (m)			
船種				バラストポンプ		連結管	1 ポンプ稼動		2 ポンプ稼動	
番号	船のサイズ	L (m)	d (m)	容量 (m^3)	水頭 (m)		上甲板	内底板	上甲板	内底板
1	パナマックス型バラ積み貨物船	216	13.9	1,100	20	あり	2.424	3.425	4.987	5.284
2		215	14.0	1,100	20	あり	2.149	2.649	3.452	4.420
3		217	13.5	1,100	20	あり	2.118	2.584	3.304	4.176
4		217	14.0	1,000	25	あり	2.236	2.524	3.797	4.390
5		218	13.5	1,300	25	あり	3.849	3.858	8.296	8.319
6	ケープサイズバラ積み貨物船	280	17.6	2,000	35	あり	2.453	2.457	4.607	4.616
7		279	17.8	2,800	30	あり	3.164	3.165	7.163	7.167
8		280	16.3	2,300	25	あり	2.417	2.418	3.930	3.933

注：連結管とはトップサイドタンクとビルジホッパータンクを上下に連結させた管をさす。

表 9 パナマックス型バラ積み貨物船における付加水圧の計測結果

ケース	稼動ポンプ		上甲板のマンホール	計測付加水頭（m）			
				上甲板		内底板	
	No.1	No.2		計測点１	計測点２	計測点３	計測点４
1			密閉	0.00	0.00	0.00	0.00
2	○			3.43	3.27	3.15	2.72
3	○	○		6.18	6.00	5.44	4.60

4	○		解放	-	-	0.40	0.40
5	○	○		-	-	1.20	1.10
6				-	-	-0.80	-0.60

表 10 計算結果と実船計測結果の比較

計測ケース	喫水 (m)	稼動ポンプ		ポンプによる総水頭 (m)		付加水頭 (m)			
				計測結果	計算結果	内底板		上甲板	
		No.1	No.2			A/M	NK/P	A/M	NK/P
第 1 回計測	3.84	○		NA	NA	NA	3.5	3.4	3.7
		○	○	NA	NA	NA	5.1	6.1	5.4
第 2 回計測	4.71	○		29.5	28.0	2.9	3.9	NA	3.6
		○	○	35.8	35.4	5.0	5.5	NA	5.2

注１：比較は**表 7** のケース２及び３について行なった。

注２：“A/M”は付加水頭の２計測点の平均値を示す。

注３：“NK/P”は計算プログラムによる計算値を示す。

注４：“NA”は計測できなかったことを示す。

表１１設計水頭と Flow-through Method による付加水圧との比較

	規則による設計水頭（m）	１台のポンプ稼動時の水頭 (m)		２台のポンプ稼動時の水頭 (m)	
		実船計測値	計算値	実船計測値	計算値
内底板	18.5	20.2	21.1	22.3	22.8
上甲板	0.6	3.4	3.7	6.1	5.4

Flow-through Method により発生する付加水圧を解放する方法としてマンホールを開けることは、特に夜間などは乗り組み員に危険な作業を強いることになる。本会では上記計算プログラムを用いて種々検討した結果、適切な管配置を行なえば、オーバーフロー管の合計断面積を注入管の合計断面積の２倍にすれば付加水圧の発生を低く押さえられるとの結果を得た。従って本会では従来の規定値であるオーバーフロー管の断面積は注入管の断面積に 1.25 倍以上にするとの規定を見直すよう検討している。

６．結言及び今後の検討課題。

（１）IMO では現在バラスト水管理に関する国際条約が検討されており、その中でバラスト水の交換はひとつのオプションとされている。しかしながら船舶によって運搬されるバラスト水の量は膨大なものであり、他に実際的な代替え案が無いことから、バラスト水交換は新たに実際的な方法が出来るまでは、唯一の実用的なバラスト水管理の方法と考えられる。さらに一部寄港国が既に入港前のバラスト水の管理を要求し、船側が対

応せざるを得ない現在の状況ではバラスト水交換を行なう際の船側の問題点は至急検討されるべき現実的な問題であると言える。

（2）従ってバラスト水交換方法を調査研究し、バラスト水交換によるバラスト水管理のためのガイドラインを策定することが必要と考えられる。さらに新しいバラスト水管理方法の開発も含め、バラスト水管理がより安全で効率的に行なわれる新設計船を開発することが重要であると思われる。

（3）Sequential Method と Flow-through Method の調査検討を行なった結果、現在の船のバラスト水タンク配置における、それぞれの方法が本質的に持っている安全上の問題点が明らかになった。Sequential Method ではバラスト水の分布が変わる事により船舶の安全航海上重要な安全要件全てを同時に満足することが出来ない。Flow-through Method ではバラスト水タンク内に過圧状態が発生する問題点が指摘される。

本会では以上の検討結果を受けて今後次の点を中心にさらに調査検討を進める予定である。

1）船首喫水とスラミングの検討

Sequential Method ではバラスト水交換時に荒天になった場合、現行の船首船底補強の要件を満足できない。現在荒天の定義が明確でないため船首部の喫水とスラミング発生の関係を調査研究している。スラミング発生の観点から荒天の定義を明確にし Sequential Method を現行の船首部補強程度で行える海象条件を一般的な形で明らかにする。

2）スロッシング

バラ積み貨物船のバラスト兼用倉におけるスロッシング現象を調査する。またスロッシングによる船体損傷の防止を目的とし、スロッシングが発生する海象条件を明らかにするために研究を進め、バラスト兼用倉でバラスト水交換が可能な海象条件を検討する。

3）新設計船

バラスト水管理に関する国際条約の制定に合せて、バラスト水交換を行なう際、安全面に関する要件全てを満足できる新設計船についてのガイドラインを策定する。

4）バラスト水管理に関する国際条約で要求される予定であるバラスト水管理に関するマニュアルを策定する。

以上