

## 漁船における機関損傷事故の実態と低減に関する一考察

津田 稔\*<sup>1</sup>・前田和幸\*<sup>1</sup>・下川伸也\*<sup>2</sup>・一瀬純弥\*<sup>1</sup>

### Realities of the Engine Trouble on Fishing Boat and Method of Reducing the Trouble

Minoru Tsuda\*<sup>1</sup>, Kazuyuki Maeda\*<sup>1</sup>, Shin-ya Shimokawa\*<sup>2</sup>, and Junya Ichinose\*<sup>1</sup>

The engine trouble of a fishing boat is affected to not only bad influences on fishery management but also possibility to jeopardize crew's life. In order to clarify the realities of the engine trouble and to discuss the reducing method of the trouble, the data that have been reported from Report on marine accidents of Japan marine accident Inquiry Agency were analyzed. The results obtained from the analysis are as follows: (1) When compare the data from 1981 to 1985 with the data from 1997 to 2000, the kind of fishing, size of fishing boat and detail of the trouble are hardly changes. But a decrepit old fishing boat is increasing sharply. (2) The proportion of the fishing boat's engine trouble in all vessels engine trouble is about 70%, and the ratio of the engine trouble of the fishing boat had been kept high rate from 1996 to 2000. To decrease the engine trouble, it is necessary to install the prevention system based on detailed analysis of the trouble. (3) The engine trouble caused by leaking of cooling water and lubricating oil, quantity and properties of lubricating oil and high temperature of cooling water accounts for 66% of the whole. By installing these sensors, 66% of the phenomenon related to the engine trouble can be discovered. (4) In a fishing boat, the engine trouble may be able to be reduced to half by installing the engine stop system that have three sensors and alarms.

#### 1 まえがき

漁船における機関損傷事故は、海難審判庁が平成8年から平成12年の5年間に取り扱った機関損傷事件525件の内の約72%にあたる383件を占めている<sup>1)</sup>。機関損傷事故は、漁業経営に悪影響を及ぼすとともに乗組員の人命を危険にさらす可能性があるため、早急にこれを低減する方法を検討する必要がある。海難審判庁は、機関損傷を含む海難事故の低減を目的として、定期的に海難の実態に関する報告を行っており、漁船についてもその実態と防止策に関する提言を行っている<sup>2, 3)</sup>。しかし、機関損傷事故の件数は減少傾向にあるものの、漁船が全体に占める割合は依然として高い。比較的大型の船舶における機関損傷事故の実態と原因の解析およびその対応策に関する報告<sup>4, 5)</sup>や漁船を含む小中形船舶用エンジンを対象とした保守と整備に関する情報<sup>6)</sup>はあるが、対象を漁船に絞り、事故の原因を解析するとともにその具体的な対応策を検討した例は少ないようである。

本研究では、漁船における機関損傷事故の実態解明と低減を目的として、まず海難審判庁から公表されているデータを解析することにより、漁船における機関損傷事故の実態を明らかにした。次に、機関損傷事故の原因を明確にするために、最新の資料である平成12年のデータを用いて事故の原因を、機関の運転に必要な要素として燃料油、潤滑油、冷却水、空気、排ガスの5項目と、それぞれの項目に対するトラブルの要因として漏洩、量、温度、性状、ストレーナーの状態の5項目、計25項目に分類し、これを解析した。さらに、この結果を基に機関損傷事故を低減するためのシステムについて検討した。

その結果、機関損傷事故を起こした漁船は比較的小型の船舶が多く、機関の運転・保守管理に専念できる機関担当者が少ないため、潤滑油タンクの量、潤滑油ストレーナーの状態(差圧等)、冷却水の出口温度を検知するセンサーと警報装置を取付けるとともに、機関の自動停止装置等を併設することにより、機関損傷事故を半減できる可能性があること等を示した。

2004年11月18日受付. Received November 18, 2004.

\* 1 水産大学校海洋機械工学科 (Department of Ocean Mechanical Engineering, National Fisheries University)

\* 2 水産大学校海洋生産管理学科 (Department of Fishery Science and Technology, National Fisheries University)

## 2 漁船における機関損傷事故の実態

Fig. 1 に、平成 8 年から平成12年において海難審判庁が裁決した全ての海難に対する漁船の割合を示す。図において、海難審判庁が5年間に取り扱った機関損傷事件525件の内の約72%にあたる383件が漁船による機関損傷事故であり、非常に高い割合を示している。しかし、件数は平成8年95件、平成9年78件、平成10年90件、平成11年70件、平成12年50件と減少傾向にある。これは、海難審判庁による情報の公開・提言等の効果が現れたものと考えられる。

Fig. 2 に、昭和56年から昭和60年までの5年間と平成9年から平成11年までの3年間及び平成12年における漁業の種類による機関損傷事故の割合を示す。図において、機関損傷事故を起こした漁船の漁業種類別による割合は、一本釣り、はえなわ、まき網及び底引き網がそれぞれ約20%を占めており、多少の変動はあるもののほとんど変化していないことがわかる。なお、その他の内訳は定置網、刺網、敷網、カニ籠等である。

Fig. 3 に、昭和56年から昭和60年までの5年間と平成9年から平成11年までの3年間及び平成12年におけるトン数による機関損傷事故の割合を示す。この図より、機関損傷事故を起こした漁船のトン数別の割合は、約3分の1以上が20トン未満であることがわかる。また、近年では20～100トンの漁船が減少し、20トン未満と100～200トンの漁船が増加している。

Fig. 4 に、昭和56年から昭和60年までの5年間と平成9年から平成11年までの3年間及び平成12年における船齢別による機関損傷事故の割合を示す。図において、機関損傷事故を起こした漁船の船齢別の割合は、昭和56年から昭和60年の報告では8年未満の漁船が約半数を占めている。これに12年未満の漁船を加えると約3分の2を占めているのに対し、平成9年から平成11年までの報告では、逆に12年以上の漁船が約3分の2を占めている。これは、昭和52年の200海里漁業専管水域の設定や平成8年の国連海洋法条約の発効により、国内外の漁場環境が変化し、漁船の建造が手控えられ当時の漁船がそのまま使用されるなど、新造漁船の割合が少なくなったためと考えられる。

Fig. 5 に、海難審判庁の資料に基づいて分類した機関損傷事故の原因の変化を示す。図において、昭和56年から昭和60年までの5年間、平成9年から平成11年までの3年間及び平成12年度ともに、保守点検不十分が最も多く、次いで運転操作不適切、修理不良の順となっている。

以上の結果より、漁船における機関損傷の実態は、件数

は減少傾向にあるものの、Fig. 2～Fig. 5 に示すように、その内容はほとんど変化していないことがわかる。また、漁船の割合が多いのは、Fig. 3に見られるように、機関損傷事故を起こした漁船の約3分の1以上が20トン未満であり、裁決録の詳細によれば、漁船には通常乗船している機関の運転・整備に専念できる機関士（機関担当者）がいなか、乗船していても、ほとんどの漁船においては機関担当者も操業に加わるため、機関の運転操作や保守管理がおろそかになるために起こった事故が多いようである。この

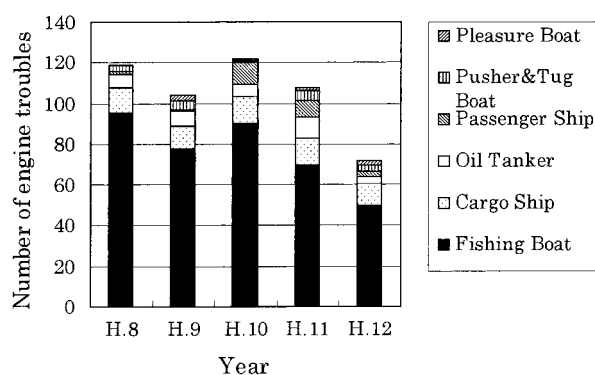


Fig. 1. Transition of the Engine trouble.

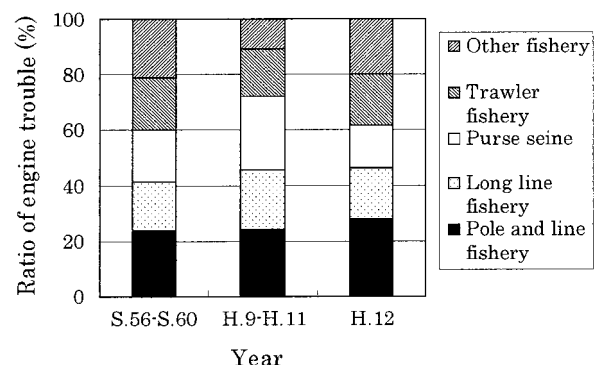


Fig. 2. The engine trouble ratio by type of fishery.

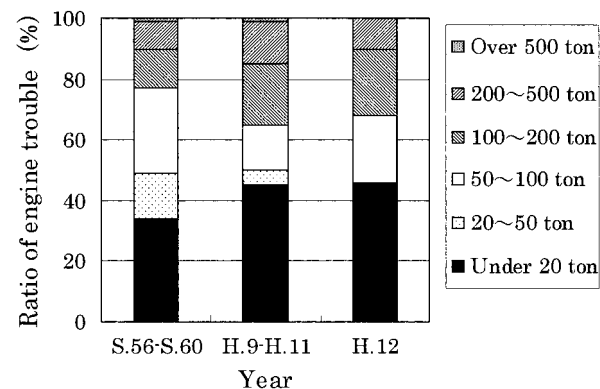


Fig. 3. The engine trouble ratio by tonnage.

ような状況の中、漁船における機関損傷事故を防止するには、操船者並びに機関担当者自身の意識の向上を促すとともに、体系的な検討も必要であると考えます。また、Fig. 4に示すように、漁船の船齢が増加しているため、今後はこれに対する対応も必要になるものと考えられる。

### 3 原因の解析と低減法の検討

#### 3.1 解析の方法と結果

漁船における機関損傷事故の具体的な原因を明確に示すとともに、この寄与割合を明らかにすることにより低減策の検討を行うことを目的として、平成12年に結審した漁船の機関損傷事故の解析を行った。その方法と結果を、Table 1, Table 2を用いて述べる。Table 1は、行に燃料油、潤滑油、冷却水、空気等の機関の運転に必要な要素を示し、列にそれぞれの項目におけるトラブルの要因として漏洩、量、温度、性状、ストレーナーの状態を示している。この両者が交わった項目がそれぞれの機関損傷事故の原因となる。例えば、潤滑油（LO：Lubricating Oil）の性状（P：Property）は記号LO-Pで示され、潤滑油の性状不良により機関が損傷したことを示す。

Table 2に、この記号を用いて、平成12年における漁船の機関損傷箇所とその原因となった項目を示す。この表において、直接の原因となった項目を一次要素とし、これに引き続いて起こった項目を二次要素と呼ぶ。この表を用いることによって、機関損傷事故がどのような原因で起こったかを容易に知ることができる。

Table 3に、Table 2の機関損傷の原因となった一次要素、二次要素の項目別の数を示す。この表より機関損傷事故に対する寄与率が最も多いのは潤滑油の量を示す「LO-Q」で、一次要素、二次要素の合計が14となっている。次に潤滑油の性状を示す「LO-P」の9が続き、冷却水温度を示す「CW-T」、潤滑油の漏洩を示す「LO-L」、冷却水の漏洩

を示す「CW-L」の順となっている。これらの上位5項目がTable 2においてどれくらいの機関損傷事故に関わっているかを示すために、Table 2中のこれらの項目を網掛けとしている。一次要素、二次要素を合わせると50件中33件がこれに該当することになる。以上の結果より、Table 3に示した上位5項目について何らかの処置を行うことにより、全体の約66%の機関損傷事故を未然に防止できる可能性があることがわかる。

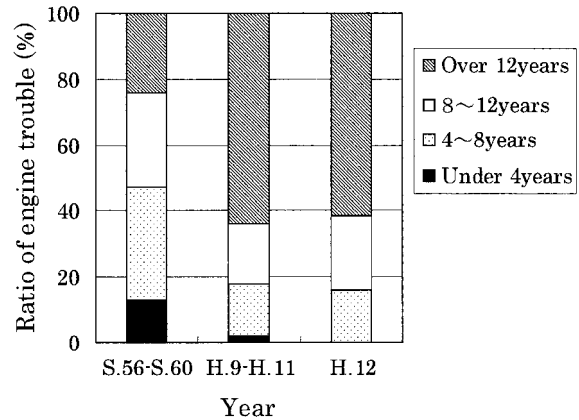


Fig. 4. The engine trouble ratio by age of a vessel.

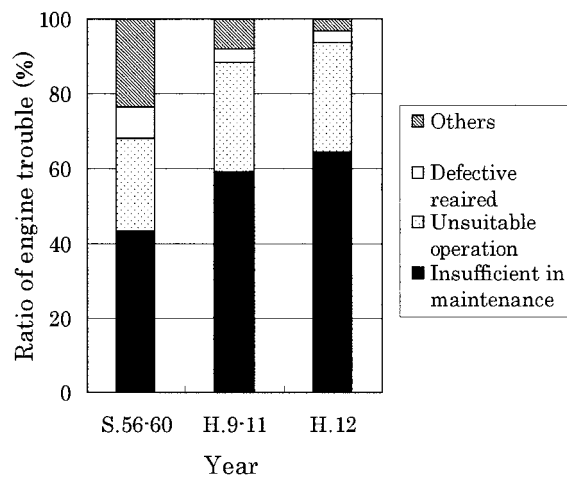


Fig. 5. The engine trouble ratio by cause.

Table 1. Check item

	L (Leakage)	Q (Quantity)	T (Temperature)	P (Properties)	S (Strainer)
FO (Fuel Oil)	FO-L	FO-Q	FO-T	FO-P	FO-S
LO (Lubricating Oil)	LO-L	LO-Q	LO-T	LO-P	LO-S
CW (Cooling Water)	CW-L	CW-Q	CW-T	CW-P	CW-S
AR (Air)	AR-L	AR-Q	AR-T	AR-P	AR-S
EG (Exhaust Gas)	EG-L	EG-Q	EG-T	EG-P	EG-S

Table. 2 . Damage point and cause

Damage point	No.	primary	secondary
Bend of rocker arm of No.4 cylinder. Damage of suction valve, exhaust valve, starting valve and piston top.	1		
Seizure and abrasion of No.4 crankpin and bearing.	2	LO-L	LO-Q
Seizure of crankshaft of auxiliary engine and bend of No.2 connecting rod.	3	FO-L	LO-P
Seizure of No.1 piston and cylinder liner. Chamfering of lower oil scraper ring of all pistons became a knife edge.	4		
Damage of each piston of starboardside Nos.5, 6 cylinder and portside Nos.2, 3 cylinder and all cylinder liner.	5	CW-S	CW-T
Damage of No.4 crankpin metal.	6	LO-P	
Damage of journal and crankpin. Deformation of the cylinder block.	7		LO-Q
Seizure of Nos.1 and 2 piston and cylinder liner. Damage of all crankpin bearings and two main bearings.	8		LO-Q
Damage of all main bearings and crankpin bearings.	9	LO-L	LO-Q
Bend of push rods of No.4 cylinder. Breakage of exhaust valve and suction valve. Damage of piston top, piston pin, connecting rod, combustion chamber side of No.4 cylinder cover.	10	LO-P	LO-S
Damage of turbocharger.	11		
Damage of piston of the auxiliary engine and bearing of the turbocharger.	12	CW-S	CW-T
Breakage of clamping bolt of fuel injection pump flexible coupling.	13		
Damage of No.6 piston and cylinder liner. Bend of connecting rod.	14		CW-T
Damage of piston and cylinder liner.	15		CW-T
Damage of No.2 cylinder liner and piston. Bend of No.2 connecting rod. Damage of cylinder block and fuel injection pump coupling.	16		
Damage of all main bearings and crankpin bearings.	17	LO-L	LO-Q
Seizure of No.2 piston and cylinder liner. Bend of No.2 connecting rod. Damage of combustion chamber side of cylinder cover. Scratch of piston pin.	18	LO-P	
Damage of Nos.1 and 4 main bearings and crank shaft. Crack of bed.	19		LO-Q
Damage of impeller of cooling sea water pump. Scratch of cylinder liner and piston. Damage of rotor shaft of crankshaft and turbocharger.	20	CW-L	CW-T
Seizure of piston and cylinder liner. Crack between valves on combustion chamber side of cylinder cover.	21	CW-Q	CW-T
Breakage of camshaft. Bend of 3 exhaust valves. Damage of piston top.	22		
Seizure of No.6 piston and cylinder liner of auxiliary dynamo engine. Breakage and the same rod of the connecting rod bolt damage the frame.	23	LO-L	LO-Q
Bend of crank shaft and damage of each part.	24		
Seizure of No.3 piston and cylinder liner of dynamo engine. Breakage of the connecting rod bolt, etc..	25	CW-S	CW-T
Damage of crankshaft gears, intermediate gear and camshaft gear, etc..	26		
Pinhole happened to the cooling water wall of the cylinder head exhaust path department of No.1 cylinder of auxiliary engine. Damage of piston, cylinder liner, connecting rod.	27	CW-L	
Ring nut of oil gauge falls, and the ball bearing in the turbocharger turbine side is damaged.	28	LO-L	LO-Q
Seizure of No.5 piston and cylinder liner. Breakage of the connecting rod bolt, etc..	29	LO-Q	
Damage of all main bearing, Nos.3, 4 and 5 crank journal. Deformation of No.4 main bearing housing of the cylinder block.	30	LO-Q	
Seizure of No.5 crankpin bearing and crankpin. Damage of No.4 piston and cylinder liner.	31	LO-S	
Damage of rotation field coil and stator coil.	32	CW-S	
Damage of bearing ring of needle bearing of driving shaft of reverse and reduction gear. Loss of tooth of advance pinion and main gear wheel.	33		
Loss of bolt and pin of flexible shaft coupling. Damage of driving shaft, tapered roller bearing and driving gear.	34		
Seizure of Nos.5 and 7 main bearing. Damage of main bearing housing and crankshaft journal of cylinder block.	35	LO-Q	
Bend of No.4 connecting rod and damage of cylinder liner.(Dynamo engine)	36		
Damage of piston, cylinder liner, piston pin, crankpin bearing, connecting rod and crankshaft.	37	CW-L	CW-T
Damage of all main bearing, crankshaft, connecting rod, crankpin metal, piston, cylinder liner and turbocharger.	38	LO-L	LO-Q
Pinhole of No.6 cylinder head. Corrosion near exhaust port of Nos.1, 2 and 4 cylinder head. Breakage of turbine rotor of turbocharger.	39	CW-L	
Crack in cooling water side of the No.1 cylinder liner.	40		CW-L
Damage of each metal of big-end bearing and main bearing.	41	LO-P	LO-S
Seizure of No.4 piston and cylinder liner. Damage of piston pin metal and crankpin metal.	42	LO-P	LO-S
Damage of crankshaft, connecting rod and each bearing metal.	43		
Damage of No.4 crankpin bearing, connecting rod and crankshaft.	44	CW-L	LO-P
Damage of the nozzle ring and turbine blade of turbocharger.	45		
Seizure of Nos.1, 4 and 5 piston and cylinder liner. Scuffing of Nos.2 and 3 cylinder liner.	46	LO-P	LO-Q
Breakage of suction valve spring and damage of cylinder liner, cylinder head, connecting rod and crankpin metal of No.1 cylinder in No.1 auxiliary engine.	47		
Damage of No.3 piston, connecting rod, all main bearing metal and crankpin metal.	48	LO-P	
Breakage of suction valve of No.7 cylinder. Bend of nozzle ring and turbine blade of turbocharger.	49		
Seizure of main bearing, crankpin bearing and camshaft bearing.	50	LO-L	LO-Q

Table 3. The number of each factor leading to the engine trouble

	Primary factor	Secondary factor	Total
LO-L	7	0	7
LO-Q	3	11	14
LO-P	7	2	9
LO-S	1	3	4
CW-L	5	1	6
CW-Q	1	0	1
CW-T	0	8	8
CW-S	4	0	4
FO-L	1	0	1

### 3.2 潤滑油に起因する事故

一次要素と二次要素の関係について、まず潤滑油に関わる機関損傷事故から検討する。Table 2で明らかなように、潤滑油が漏洩（LO-L）すると必ず潤滑油の量（LO-Q）が不足する。このことから、潤滑油の漏洩を監視することは困難であるが、必ず二次要素として量の減少が見られるため、潤滑油タンクのレベル管理を行うことにより、「LO-L」、「LO-Q」を同時に検知することができる。また、Table 3において2番目に多い項目である潤滑油の性状を示す「LO-P」については、スポットテスト等はある程度の熟練を要するため、一級小型船舶操縦士資格の乗組員により運航される小型漁船にこれを求めるのは困難と思われる。業者に分析を依頼するのが最良の方法であるが、時間と経費を要するので、これを頻繁に行うのは困難である。そこで、Table 2に注目すると、一次要素としての「LO-P」の後に二次要素として「LO-S」との組合せが3箇所見られる。これは、潤滑油の性状が劣化するとストレーナーの閉塞が起り、潤滑が阻害されたために機関損傷事故が起こったことを示すものである。このことから、比較的管理しやすい「LO-S」を検知することにより、Table 3に4項目ある「LO-S」のみならず、「LO-P」の一部もカバーできることになる。すなわち、潤滑油については、タンクの油量とストレーナーの差圧を検知することにより、潤滑油に関わるほとんどの項目に起因する機関損傷事故を防止できる可能性があると言える。

### 3.3 冷却水に起因する事故

次に、冷却水に関わる機関損傷事故について検討する。冷却水で一番多い項目は「CW-T」でこれに「CW-L」、「CW-S」が続いている。この3項目の関係は、一般に、

冷却水が漏洩（CW-L）すると循環量が減少するため、冷却水出口温度の上昇（CW-T）となって現れる。また、ストレーナーが閉塞しても同様な現象が見られるため、冷却水に関わる項目については出口温度「CW-T」を検知することにより「CW-L」、「CW-S」もカバーできるものと考えられる。実際、Table 2においてもこの組合せが数箇所に見られる。

### 3.4 事故の原因と損傷箇所の関係

次に、Table 2を用いて機関損傷事故の原因となる一次要素、二次要素と損傷箇所、損傷の程度について検討する。一般に、エンジンは燃料が不足すると停止する。潤滑油が不足すると摺動部や軸受部が焼き付きを起こし、復旧は困難を極める。Table 2において、潤滑油系統に起因する機関損傷事故は、50件中23件あり、損傷箇所は上から順に「クランクピンと軸受が焼き付き」、「クランクが軸受と焼き付き、連接棒が曲損」、「クランクピン軸受メタルが焼損」など損傷箇所はクランク室内が多く、いずれも大事故である。また、冷却水系統に起因する機関損傷事故は13件あるが、一般に、冷却水の供給が不足すると燃焼室まわりの冷却が阻害され、主にピストン・シリンダが焼き付きを起こす。損傷箇所は上から順に「ピストン並びにシリンダライナが全数焼損」、「ピストン及び過給機の軸受等が焼損」、「ピストン・シリンダライナが焼損」など燃焼室まわりが多い。

以上の結果から、潤滑油タンクの量（LO-Q）、潤滑油ストレーナーの状態（差圧等）（LO-S）、冷却水の出口温度（CW-T）を検知することにより、約3分の2の項目を未然に発見できる可能性がある。

### 3.5 機関損傷事故の低減方法

以上、漁船における機関損傷事故の実態と原因の解析結果について述べたが、最後にこれらの事故を低減するための具体的方法について検討する。解析結果の節で述べたように、潤滑油タンクの量 (LO-Q)、潤滑油ストレーナーの状態 (差圧等) (LO-S)、冷却水の出口温度 (CW-T) を検知することにより、約3分の2の項目を未然に発見できる可能性がある。具体的には、潤滑油タンクの量 (LO-Q) を検知するためのレベルセンサー、潤滑油ストレーナーの状態 (差圧等) (LO-S) を常に検知するための差圧センサー、冷却水の出口温度 (CW-T) を常に検知するための温度センサーをそれぞれの箇所に設置することが考えられる。次に、これらのセンサーにより一次要素、二次要素の原因を発見 (検知) した時の対応処置について検討する。センサーによってこれらが検知されると、警報が鳴り、これを受けて機関担当者が適切な処置を行うのが通常の場合であるが、先にも述べたように、対象としている漁船は専属の機関担当者がいない場合もある。また、操業時等は警報が鳴っても対応できない場合も考えられる。Table 2 をみると、潤滑油、冷却水システムに関わる機関損傷事故はいずれも機関停止を伴う大事故であり、ほとんどの場合エンジンは再起動できない。このような状況から、警報と機関停止を同時に行うシステムが適当と考える。

## 4 まとめ

漁船における機関損傷事故の低減を目的として、実態の解明と事故原因の解析を行った結果、以下の結論を得た。

(1) 漁船による機関損傷事故の実態に関し、昭和56年から60年までの5年間と、平成9年から12年までの4年間のデータを比較した結果、漁業種類、トン数、事故の原因についてはほとんど変化していないが、船齢が高い漁船が大幅に増加している。

(2) 平成8年から12年において漁船が全船舶に占める機関損傷事故の割合は約70%と高い割合を維持している。これを低減するには、乗組員の自覚に加え、より詳細な事故原因の解析とこれに基づく予防システムの設置が必要である。

(3) 事故の原因を解析した結果、潤滑油の量、潤滑油の性状、冷却水温度、潤滑油の漏洩、冷却水の漏洩に起因するものが全体の約66%を占めているため、これらを検知するセンサーを設置することにより、事故に至る現象の約3分の2を未然に発見できる可能性がある。

(4) 漁船における機関損傷事故は、潤滑油タンクの量、潤滑油ストレーナーの状態 (差圧等)、冷却水の出口温度を検知するセンサー並びに警報及びエンジンの自動停止装置を備えたシステムを設置することにより、半減できる可能性がある。

今後の課題としては、本研究の結果を基に必要なセンサーや制御装置の開発を行い、これを水産大学校実験・実習艇に設置して、作動の確認やシステムの改善を行う必要がある。

## 文 献

- 1) (財) 海難審判協会：海難審判庁裁決録，日本財団事業成果ライブラリー，  
<http://nippon.zaidan.info/library/seikabutsu>。
- 2) 海難審判庁：漁船海難の実態，昭和63年3月。
- 3) 海難審判庁：漁船海難の実態，平成13年3月。
- 4) 近藤信次：ディーゼル船の損傷と対策，初版，成山堂書店，東京，1997。
- 5) 内田 誠：第71回日本マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集，37-38 (2004)。
- 6) 藤田 護：船用エンジンの保守と整備，三訂版，成山堂書店，東京，1990。