

6. 産業機械の労働災害分析

梅崎重夫*, 清水尚憲*

6. Analysis of Fatal Accidents Caused by Industrial Machines

by Shigeo UMEZAKI* and Shoken SHIMIZU*

Abstract; When the fatal accident arises, many people declare that we never repeat more accident. However, it is forgotten as the time passes and a resemble accident repeat again. The reason why such problem arises seems to be because not only original causes are not perfectly investigated to each accident, but also information on the accident are not universalized as a general engineering knowledge.

This report intends to investigate original causes of fatal accidents caused by industrial machines and to clarify a universalized engineering knowledge that is useful for machine designer or manufacturer. Fatal accidents of 129 cases caused by industrial machines are analyzed for that purpose. The important target of investigating original causes is to clarify a fault of safe measures and human operations. Two sorts of accident caused by "being crushed or drawn into a machine" and caused by "being impacted against a machine" are treated in this report.

As a result of fault analysis for safe measures, it is clarified that 79.2% cases of fatal accidents are caused by the fault of safe measures, such as fixed guards (34.9%) , movable guards (51.9%) , protective devices (24.0%) or safety-related control systems (23.3%) . This result indicates the possibility of drastically decreasing accidents by means of adequate safe measures described in ISO12100 standard or in "Guidelines on comprehensive safety standard for machinery".

As a result of fault analysis for human operations, it is clarified that (1) 44.2% cases of fatal accidents are caused by accidents related to "hazardous point nearby operations", that is the operation of process confirmation, adjustment, preparing, trouble-shooting, maintenance, inspection, repairing, cleaning of the machine etc. without stopping the machine moving parts; (2) 35.7% cases related to operations in large production lines; and (3) 12.4% cases related to co-operator's erroneous machine starts.

It is also clarified that rate of cases related to (2) and (3) is 39.5%, and rate of cases related to (1) through (3) is 65.1%. From the result mentioned above, roughly two thirds of fatal accidents relate to any of (1) through (3) . Consequently, there is a possibility of decreasing the number of cases of accidents by establishing the adequate accident prevention method by putting focus on hazardous point nearby operations related (1) , and on operations made by multiple operators in large production lines, related to (2) and (3) .

Keywords; Safety, Safety Control, Industrial Machine, Fatal Accident, Accident Prevention Method, Hazardous Point Nearby Operation, ISO12100

* 機械システム安全研究グループ Mechanical and System Safety Research Group

1. はじめに

労働災害が発生すると『この災害を教訓に…』という話を多くの人が言明する。しかし、災害はいつかは忘れ去られ、また類似の災害が繰り返される。

この背景には、災害に関する情報が単なる不運な出来事として記憶されるだけで、工学的対策として一般化（知識化）されることが少ないという問題がある。このため、最近では、災害などの失敗情報の知識化を目的とした「失敗学」¹⁾という分野が新たに開拓されるようになってきた。

この分野で進められている課題に、失敗事例集の作成がある。しかし、多数の失敗事例を頭に叩き込んだからと言って、高度な災害防止技術が身につくとは限らない。むしろ、著者は、少数の災害事例に対して徹底した根本原因の究明を行い、その過程で工学的対策の知識化を図った後に、数多くの災害事例にあたった方が、真の災害防止技術が身につくのではないかと考える。

本論文では、以上の観点から日本で発生した産業機械による死亡労働災害の根本原因の究明を試みる。その結果、産業機械に対する設備安全方策のあり方や、後述する危険点近接作業に対する対策など、数多くの有用な知見が得られたので報告する。なお、以後の論述では産業機械を単に「機械」と呼ぶこととする。

2. 分析の対象とした労働災害

2.1 分析対象

分析の対象とした労働災害は、平成になってから発生した機械による死亡労働災害129件である。ただし、対象業種は製造業に限定し、事故の型は「挟まれ・巻き込まれ」（125件）と「激突され」（4件）

に限定した。また、車両系荷役運搬機械及び建設機械等は災害の発生態様が一般工作機械などとは異なるため、対象から除外した。

2.2 分析方法

以上の災害の原因分析では、Fig.1に示すように「なぜ？」という質問を繰り返すことによって、直接原因（不安全状態、不安全行動）→基本原因（設備的要因、人的要因、作業的要因、管理的要因）→根本原因へと帰納的に原因を追及して行く手法を採用した²⁾。

ただし、基本原因の分析では、設備的要因の中でも特に頻度が高いと推察された「固定ガードの不具合」、「可動ガードの不具合」、「保護装置の不具合」、及び「制御システムの安全関連部の不具合」を重点に分析を行った。同様に、作業的要因の中でも特に頻度が高いと推察された「危険点近接作業」と「複数作業者が広大領域内で行う作業」を重点に分析を行った。

3. 基本原因の分析結果

3.1 設備的要因の分析

Table1に、設備安全方策の不具合に起因して発生した災害の分析結果を示す。表からも明らかのように、①固定ガード（柵、囲い、覆い等）の不具合に起因して発生した件数は45件（34.9%）、②可動ガード（扉など）の不具合に起因して発生した件数は67件（51.9%）、③保護装置の不具合に起因して発生した件数は31件（24.0%）、④制御システムの安全関連部の不具合に起因して発生した件数は30件（23.3%）であった。

また、①または②のいずれかの不具合に起因して発生した件数は87件（67.4%）であり、①～④のい

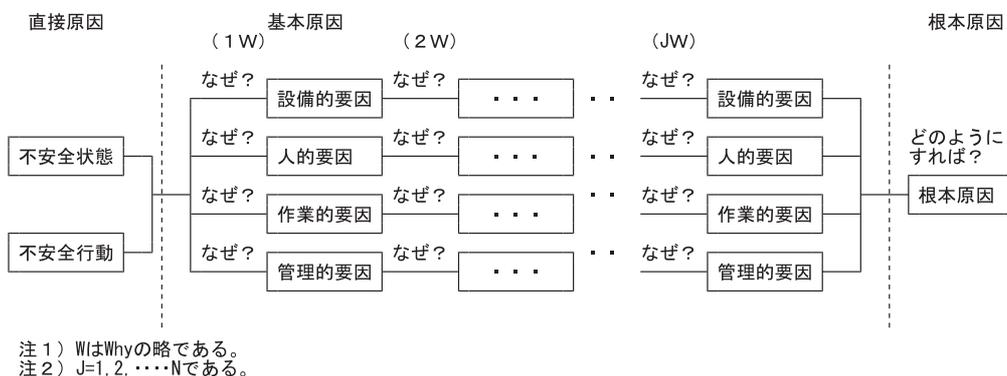


Fig. 1 The method of investigating the cause.
原因究明の方法

Table 1 Result of accident analysis caused by the fault of safe measures.
設備安全方策の不具合に起因して発生した災害の分析結果

no	機械の名称	全件数	設備安全方策の不具合					①～④ 国際基準の設備安全方策の効果あり と考えられる件数 及び比率
			① 固定ガード	② 可動ガード	①または② ガード類	③ 保護装置	④制御システム の安全関連部	
1	回転軸	2	2		2	1		2
2	旋盤	9	2	6	8			8 (88.9%)
3	フライス盤	2		2	2			2
4	ルーター	1	1	1	1	1		1
5	プレス機械	1			0	1		1
6	タレットパンチプレス	2	1	2	2	2	1	2
7	シヤー	1		1	1			1
8	成形機	8	4	6	7	3		7 (87.5%)
9	ダイカストマシン	1		1	1		1	1
10	ロール機	6	2	2	4	2	2	5 (83.3%)
11	伸線機	1	1	1	1			1
12	粉碎機	3		2	2	1	2	3 (100.0%)
13	混合機	9	2	7	7	2	1	7 (77.8%)
14	産業用ロボット	4	3	3	4	3	1	4 (100.0%)
15	トランスファーマシン	1	1	1	1		1	1
16	スクラップ加工機	3		1	1		2	2 (66.7%)
17	紙断裁加工機	3			0	3	1	3 (100.0%)
18	印刷機械	5	1	4	4	3	3	5 (100.0%)
19	ダンボール製造機	1		1	1	1	1	1
20	食品機械	4	1	1	2	2	1	4 (100.0%)
21	洗濯用機械	4	2	3	4		2	4 (100.0%)
22	窯業・土石機械	5	2	2	3		1	3 (60.0%)
23	クレーン	13	1	1	1		1	2 (15.4%)
24	スタッククレーン	1			0			0
25	エレベータ	8	1	6	6		2	7 (87.5%)
26	リフト	7	4	3	5	2		5 (71.4%)
27	コンベア	9	7	2	7		2	8 (88.9%)
28	その他	15	7	8	10	4	5	12 (80.0%)
計		129	45 (34.9%)	67 (51.9%)	87 (67.4%)	31 (24.0%)	30 (23.3%)	102 (79.1%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

いずれかの不具合に起因して発生した件数は102件(79.1%)であった。

さらに、機械の種類毎に設備安全方策の災害防止効果を分析した結果、クレーンに対する効果が15.4%、窯業・土石機械に対する効果が60.0%、スクラップ加工機に対する効果が66.7%、リフトに対する効果が71.4%、混合機に対する効果が77.8%であったことを除いては、いずれの機械に対しても8割以上であった(補足1参照)。ただし、比率の集計では発生件数が1件または2件の機械は検討対象から除外した。

以上の事実は、設備安全方策の中でも特にガードに関連した要求事項を確実に実施することで、災害の3分の2近くは防止できた可能性を示唆している。また、固定ガード、可動ガード、保護装置及び制御システムの安全関連部に関連した要求事項を確実に実施することで、災害の8割近くが防止できた可能性を示唆している。

以下、各不具合に関連した災害の詳細分析を述べる。

3.1.1 固定ガードの不具合

Table2に、固定ガードの不具合に起因した災害45

件の詳細分析を示す。表からも明らかなように、災害の3分の2近くの29件(64.5%)は固定ガードを設置していなかったために発生している。これに対し、機械の使用者が固定ガードを意図的に取り外したために発生した災害も7件(15.6%)あった。また、固定ガードに開口部があるために発生した災害も6件(13.3%)あった。

特に、本分析で固定ガードの不具合比率が高かった機械として、コンベア(77.8%)や産業用ロボット(75.0%)が挙げられる(補足1参照)。

3.1.2 可動ガードの不具合

Table3に、可動ガードの不具合に起因した災害67件の詳細分析を示す。表からも明らかなように、災害の3分の2近くの44件(65.6%)は可動ガードを設置していなかったために発生している。また、可動ガードにインタロック用のスイッチを設置していなかったために発生した災害も12件(17.9%)あった。

これに対し、機械の使用者が可動ガードを意図的に取り外したために発生した災害も4件(6.0%)あった。また、機械の使用者がインタロック用のスイッチを意図的に無効化したために発生した災害も3

Table 2 Result of accident analysis caused by the fault of fixed guards.
固定ガードの不具合に起因して発生した災害の分析結果

no	機械の名称	全件数	固定ガードに 不具合が認め られた件数と 比率	固定ガードの不具合					
				設置なし	取り外し	開口部あ り	範囲不足	高さまた は安全距 離の不足	その他・ 不明
1	回転軸	2	2	1		1			
2	旋盤	9	2 (22.2%)	2					
3	フライス盤	2							
4	ルーター	1	1	1					
5	プレス機械	1							
6	タレットパンチプレス	2	1			1			
7	シャー	1							
8	成形機	8	4 (50.0%)	3	1				
9	ダイカストマシン	1							
10	ロール機	6	2 (33.3%)	1	1				
11	伸線機	1	1		1				
12	粉碎機	3	(0.0%)						
13	混合機	9	2 (22.2%)		1	1			
14	産業用ロボット	4	3 (75.0%)	2		1			
15	トランスファーマシン	1	1		1				
16	スクラップ加工機	3	(0.0%)						
17	紙断裁・加工機	3	(0.0%)						
18	印刷機械	5	1 (20.0%)	1					
19	ダンボール製造機	1							
20	食品機械	4	1 (25.0%)	1					
21	洗濯用機械	4	2 (50.0%)	1	1				
22	窯業・土石機械	5	2 (40.0%)	2					
23	クレーン	13	1 (7.7%)	1					
24	スタッカクレーン	1							
25	エレベータ	8	1 (12.5%)			1			
26	リフト	7	4 (57.1%)	4					
27	コンベア	9	7 (77.8%)	5		1			1
28	その他	15	7 (46.7%)	4	1			1	1
計		129	45 (34.9%)	29 (64.5%)	7 (15.6%)	6 (13.3%)	0 (0.0%)	1 (2.2%)	2 (4.4%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

Table 3 Result of accident analysis caused by the fault of movable guards.
可動ガードの不具合に起因して発生した災害の分析結果

no	機械の名称	全件数	可動ガードに 不具合が認め られた件数と 比率	可動ガードの不具合							
				設置なし	取り外し	開口部あ り	範囲不足	高さまた は安全距 離の不足	安全ス イッチなし	安全ス イッチの 無効化	その他・ 不明
1	回転軸	2									
2	旋盤	9	6 (66.7%)	5					1		
3	フライス盤	2	2	2							
4	ルーター	1	1	1							
5	プレス機械	1									
6	タレットパンチプレス	2	2	1		1					
7	シャー	1	1	1							
8	成形機	8	6 (75.0%)	4	1				1		
9	ダイカストマシン	1	1		1						
10	ロール機	6	2 (33.3%)	2							
11	伸線機	1	1	1							
12	粉碎機	3	2 (66.7%)	2							
13	混合機	9	7 (77.8%)	2					5		
14	産業用ロボット	4	3 (75.0%)	2	1						
15	トランスファーマシン	1	1	1							
16	スクラップ加工機	3	1 (33.3%)							1	
17	紙断裁・加工機	3	(0.0%)								
18	印刷機械	5	4 (80.0%)	2					2		
19	ダンボール製造機	1	1	1							
20	食品機械	4	1 (25.0%)		1						
21	洗濯用機械	4	3 (75.0%)	2					1		
22	窯業・土石機械	5	2 (40.0%)	2							
23	クレーン	13	1 (7.7%)	1							
24	スタッカクレーン	1									
25	エレベータ	8	6 (75.0%)	5					1		
26	リフト	7	3 (42.9%)	2					1		
27	コンベア	9	2 (22.2%)	1					1		
28	その他	15	8 (53.3%)	4					1	1	
計		129	67 (51.9%)	44 (65.6%)	4 (6.0%)	1 (1.5%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	12 (17.9%)	3 (4.5%)	3 (4.5%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

件（4.5%）あった。

特に、本分析で可動ガードの不具合比率が高かった機械として、印刷機械（80.0%）、混合機（77.8%）、成形機（75.0%）、産業用ロボット（75.0%）、洗濯用機械（75.0%）、及びエレベータ（75.0%）が挙げられる（補足1参照）。

3.1.3 保護装置の不具合

Table4に、保護装置の不具合に起因した災害31件の詳細分析を示す。表からも明らかなように、災害の8割近くの24件（77.5%）は保護装置を設置していなかったために発生している。また、保護装置の範囲不足に関連した災害も3件（9.7%）あった。

特に、本分析で保護装置の不具合比率が高かった機械として、紙断裁機・加工機（100.0%）や産業用ロボット（75.0%）が挙げられる（補足1参照）。

3.1.4 制御システムの安全関連部の不具合

Table5に、制御システムの安全関連部の不具合に起因して発生した災害30件の直接原因の詳細分析を示す。不具合の原因は様々であるが、特に多いものに、①再起動防止回路の不具合が7件（23.3%）、②

操作装置の不具合が7件（23.3%）、③タンパープルーフ対策の不具合が7件（23.3%）、④停止範囲の不具合が4件（13.3%）、⑤フェールセーフ対策の不具合が3件（10.0%）が挙げられる。

また、本分析で制御システムの安全関連部に起因した災害が多かった機械として、粉碎機（66.7%）、スクラップ加工機（66.7%）、及び印刷機械（60.0%）が挙げられる（補足1参照）。

以下に、各不具合の詳細を述べる。

a) 再起動防止回路の不具合

プログラムからの命令で機械が自動的に起動した、作業者が誤ってセンサーを遮光したときに機械が自動的に起動したなど。

b) 操作装置の不具合

位置が不適切であった、ホールド・ツー・ラン機能を備えていなかった、埋頭式でなかったなど。

c) タンパープルーフ対策の不具合

固定ガードやインタロック用スイッチを意図的に取り外しても機械が起動できた。

d) 停止範囲の不具合

作業者が停止操作を行ってもすべての可動部が停止しなかった。

Table 4 Result of accident analysis caused by the fault of protective devices.
保護装置の不具合に起因して発生した災害の分析結果

no	機械の名称	全件数	保護装置に不具合が認められた件数と比率	保護装置の不具合							
				装置なし	取り外しまたは装置切	無効化	範囲不足	安全距離の不足	故障	不適切な装置の選択	その他・不明
1	回転軸	2	1		1						
2	旋盤	9	(0.0%)								
3	フライス盤	2									
4	ルーター	1	1	1							
5	プレス機械	1	1				1				
6	タレットパンチプレス	2	2	2							
7	シャー	1									
8	成形機	8	3 (37.5%)	3							
9	ダイカストマシン	1									
10	ロール機	6	2 (33.3%)				2				
11	伸線機	1									
12	粉碎機	3	1 (33.3%)	1							
13	混合機	9	2 (22.2%)	2							
14	産業用ロボット	4	3 (75.0%)	3							
15	トランスファーマシン	1									
16	スクラップ加工機	3	(0.0%)								
17	紙断裁・加工機	3	3 (100.0%)	2		1					
18	印刷機械	5	3 (60.0%)	3							
19	ダンボール製造機	1	1	1							
20	食品機械	4	2 (50.0%)	2							
21	洗濯用機械	4	(0.0%)								
22	窯業・土石機械	5	(0.0%)								
23	クレーン	13	(0.0%)								
24	スタッククレーン	1									
25	エレベータ	8	(0.0%)								
26	リフト	7	2 (28.6%)	2							
27	コンベア	9	(0.0%)								
28	その他	15	4 (26.7%)	2							2
計		129	31 (24.0%)	24 (77.5%)	1 (3.2%)	1 (3.2%)	3 (9.7%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (6.4%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

Table 5 Result of accident analysis caused by the fault of safety-related parts of control systems.
 制御システムの安全関連部の不具合に起因して発生した災害の分析結果

no	機械の名称	全件数	制御機構に不具合が認められた件数と比率	制御システムの安全関連部の不具合							
				再起動防止回路の不具合	操作装置の不具合	停止範囲の不具合	フェールセーフ	タンパーブルーフ	油圧回路の不具合	電磁ノイズ	その他・不明
1	回転軸	2									
2	旋盤	9	(0.0%)								
3	フライス盤	2									
4	ルーター	1									
5	プレス機械	1									
6	タレットパンチプレス	2	1		1						
7	シャー	1									
8	成形機	8	(0.0%)								
9	ダイカストマシン	1	1					1			
10	ロール機	6	2 (33.3%)			2					
11	伸線機	1									
12	粉碎機	3	2 (66.7%)	1					1		
13	混合機	9	1 (11.1%)	1			1	1			
14	産業用ロボット	4	1 (25.0%)		1						
15	トランスファーマシン	1	1					1			
16	スクラップ加工機	3	2 (66.7%)	1							
17	紙断裁・加工機	3	1 (33.3%)		1					1	
18	印刷機械	5	3 (60.0%)		1	1		2			
19	ダンボール製造機	1	1			1					
20	食品機械	4	1 (25.0%)	1							
21	洗濯用機械	4	2 (50.0%)	1			1	1			
22	窯業・土石機械	5	1 (20.0%)		1						
23	クレーン	13	1 (7.7%)				1				
24	スタッカクレーン	1									
25	エレベータ	8	2 (25.0%)		1						1
26	リフト	7	(0.0%)								
27	コンベア	9	2 (22.2%)	1							1
28	その他	15	5 (33.3%)	1	1			1	1		1
計		129	30 (23.3%)	7 (23.3%)	7 (23.3%)	4 (13.3%)	3 (10.0%)	7 (23.3%)	2 (6.7%)	1 (3.3%)	3 (10.0%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

Table 6 Result of accident analysis caused by hazardous point nearby operations.
 危険点近接作業に関連した災害の分析結果

no	機械の名称	全件数	危険点近接作業に関連した災害の件数と比率	危険点近接作業の作業内容							
				段取り	加工	運転確認・調整	トラブル処理	保守・点検・修理	清掃・除去	材料や製品の扱い(含搬送)	その他・不明
1	回転軸	2									
2	旋盤	9	6 (66.7%)		4				1		1
3	フライス盤	2	2		1					1	
4	ルーター	1									
5	プレス機械	1									
6	タレットパンチプレス	2	2			1					1
7	シャー	1	1						1		
8	成形機	8	2 (25.0%)				2				
9	ダイカストマシン	1	1								1
10	ロール機	6	4 (66.7%)	1	1	2					
11	伸線機	1	1			1					
12	粉碎機	3	(0.0%)								
13	混合機	9	3 (33.3%)				1		2		
14	産業用ロボット	4	2 (50.0%)			2					
15	トランスファーマシン	1									
16	スクラップ加工機	3	(0.0%)								
17	紙断裁・加工機	3	2 (66.7%)			1			1		
18	印刷機械	5	1 (20.0%)				1				
19	ダンボール製造機	1									
20	食品機械	4	1 (25.0%)			1					
21	洗濯用機械	4	1 (25.0%)			1					
22	窯業・土石機械	5	3 (60.0%)						2		1
23	クレーン	13	6 (46.2%)			2		1		3	
24	スタッカクレーン	1									
25	エレベータ	8	2 (25.0%)					1			1
26	リフト	7	3 (42.9%)				1	2			
27	コンベア	9	5 (55.6%)				3		2		
28	その他	15	9 (60.0%)				4	2			1
計		129	57 (44.2%)	1 (1.8%)	6 (10.5%)	13 (22.8%)	12 (21.1%)	6 (10.5%)	9 (15.8%)	4 (7.0%)	6 (10.5%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

Table 7 The reason why not to stop the machine in hazardous point nearby operations.
危険点近接作業で機械を停止できない理由

no	機械の名称	全件数	危険点近接作業の件数と比率	機械を停止できない理由	
				① 停止して作業するのが技術的に不可能であった	② 停止しても作業できるが、生産性や作業性を阻害するために停止したくない
1	回転軸	2			
2	旋盤	9	6 (66.7%)	5 (83.3%)	1 (16.7%)
3	フライス盤	2	2		2
4	ルーター	1			
5	プレス機械	1			
6	タレットパンチプレス	2	2	2	
7	シャワー	1	1		1
8	成形機	8	2 (25.0%)		2
9	ダイカストマシン	1	1		1
10	ロール機	6	4 (66.7%)	2 (50.0%)	2 (50.0%)
11	伸線機	1	1	1	
12	粉碎機	3	(0.0%)		
13	混合機	9	3 (33.3%)	(0.0%)	3 (100.0%)
14	産業用ロボット	4	2 (50.0%)	1	1
15	トランスファーマシン	1			
16	スクラップ加工機	3	(0.0%)		
17	紙断裁・加工機	3	2 (66.7%)	1	1
18	印刷機械	5	1 (20.0%)		1
19	ダンボール製造機	1			
20	食品機械	4	1 (25.0%)	1	
21	洗濯用機械	4	1 (25.0%)		1
22	窯業・土石機械	5	3 (60.0%)	(0.0%)	3 (100.0%)
23	クレーン	13	6 (46.2%)	5(83.3%)	1 (16.7%)
24	スタッククレーン	1			
25	エレベータ	8	2 (25.0%)		2
26	リフト	7	3 (42.9%)	1 (33.3%)	2 (66.7%)
27	コンベア	9	5 (55.6%)	(0.0%)	5 (100.0%)
28	その他	15	9 (60.0%)	2 (22.2%)	7 (77.8%)
計		129	57 (44.2%)	21 (36.8%)	36 (63.2%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

e) フェールセーフ対策の不具合

警報機の故障、リミットスイッチの故障や位置ずれが起きた。

3.2 作業的要因の分析

3.2.1 危険点近接作業に関連した災害

Table6に、危険点近接作業に関連した災害57件の作業内容を示す。表からも明らかなように、危険点近接作業に関連した災害は全死亡災害の44.2%を占めていた。この事実は、危険点近接作業に対する適切な災害防止手法を確立することで、労働災害の大幅な減少が図れることを示唆している。

以上のうち、本分析で特に災害発生比率の高かった危険点近接作業として、運転確認・調整の13件(22.8%)、トラブル処理の12件(21.1%)、清掃・除去の9件(15.8%)、加工の6件(10.5%)、保守・点検・修理の6件(10.5%)が挙げられる。また、本分析で危険点近接作業による災害発生比率の高かった機械は、旋盤(66.7%)、ロール機(66.7%)、紙断裁機・加工機(66.7%)、窯業・土石機械(60.0%)、コンベヤ(55.6%)であった(補足1参照)。

Table7は、危険点近接作業57件に対して「なぜ機

械を停止して作業できなかったのか」についての理由を調査した結果である。表からも明らかなように、①「停止して作業するのが技術的に不可能であった」が21件(36.8%)であるのに対し、②「停止しても作業できるが、生産性や作業性を阻害するために停止したくない」が36件(63.2%)を占めていた。このことは、危険点近接作業を対象とした保護装置に対しては生産性や作業性までを考慮した構成が特に必要であることを示している。

なお、本分析で①が多かったのが旋盤(83.3%)やクレーン(83.3%)であり、②が多かったのが混合機(100.0%)、窯業・土石機械(100.0%)、及びコンベヤ(100.0%)であった(補足1参照)。

3.2.2 複数作業者が広大領域内で行う作業に関連した災害

Table8に、作業者が広大領域内に進入したために発生した災害46件の作業内容を示す。また、Table9に他の作業者が誤って機械を起動したときに発生した災害16件の作業内容を示す。表からも明らかなように、①広大領域内で発生した災害は全死亡災害の35.7%を占めていた。また、②他の作業者が誤って

Table 8 Result of accident analysis caused by the operator who enters in large production lines.
 作業者が広大領域に進入したために発生した災害の分析結果

no	機械の名称	全件数	作業者が広大領域に進入したために発生した災害の件数と比率	作 業 内 容							
				段取り	加工	運転確認・調整	トラブル処理	保守・点検・修理	清掃・除去	材料や製品の扱い(含搬送)	その他・不明
1	回転軸	2	2					1	1		
2	旋盤	9	(0.0%)								
3	フライス盤	2	1		1						
4	ルーター	1									
5	プレス機械	1	1		1						
6	タレットパンチプレス	2	2			1					1
7	シャー	1	1						1		
8	成形機	8	(0.0%)								
9	ダイカストマシン	1									
10	ロール機	6	4 (66.7%)	1	1	2					
11	伸線機	1									
12	粉碎機	3	2 (66.7%)			1			1		
13	混合機	9	1 (11.1%)						1		
14	産業用ロボット	4	4 (100.0%)			2					2
15	トランスファーマシン	1	1				1				
16	スクラップ加工機	3	3 (100.0%)					2	1		
17	紙断裁・加工機	3	(0.0%)								
18	印刷機械	5	2 (40.0%)				2				
19	ダンボール製造機	1	1						1		
20	食品機械	4	2 (50.0%)			2					
21	洗濯用機械	4	(0.0%)								
22	窯業・土石機械	5	(0.0%)								
23	クレーン	13	8 (61.5%)			1		5		1	1
24	スタッカクレーン	1									
25	エレベータ	8	(0.0%)								
26	リフト	7	(0.0%)								
27	コンベア	9	5 (55.6%)				3	1	1		
28	その他	15	6 (40.0%)			2	2	2			
計		129	46 (35.7%)	1 (2.2%)	3 (6.5%)	11 (23.9%)	8 (17.4%)	11 (23.9%)	7 (15.2%)	1 (2.2%)	4 (8.7%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

Table 9 Result of accident analysis caused by other operator who restarts the machine by mistake.
 他の作業者が誤って機械を起動したために発生した災害の分析結果

no	機械の名称	全件数	他の作業者が誤って機械を起動したために発生した災害の件数と比率	作 業 内 容							
				段取り	加工	運転確認・調整	トラブル処理	保守・点検・修理	清掃・除去	材料や製品の扱い(含搬送)	その他・不明
1	回転軸	2									
2	旋盤	9	(0.0%)								
3	フライス盤	2									
4	ルーター	1									
5	プレス機械	1									
6	タレットパンチプレス	2									
7	シャー	1									
8	成形機	8	(0.0%)								
9	ダイカストマシン	1									
10	ロール機	6	1 (16.7%)			1					
11	伸線機	1									
12	粉碎機	3	1 (33.3%)			1					
13	混合機	9	2 (22.2%)						1		1
14	産業用ロボット	4	(0.0%)								
15	トランスファーマシン	1									
16	スクラップ加工機	3	1 (33.3%)					1			
17	紙断裁・加工機	3	(0.0%)								
18	印刷機械	5	2 (40.0%)				1				1
19	ダンボール製造機	1									
20	食品機械	4	1 (25.0%)			1					
21	洗濯用機械	4	1 (25.0%)								1
22	窯業・土石機械	5	(0.0%)								
23	クレーン	13	4 (30.8%)			1		1		1	1
24	スタッカクレーン	1									
25	エレベータ	8	2 (25.0%)					2			
26	リフト	7	(0.0%)								
27	コンベア	9	(0.0%)								
28	その他	15	1 (6.7%)					1			
計		129	16 (12.4%)	(%)	(%)	4 (25.0%)	1 (6.3%)	5 (31.1%)	1 (6.3%)	1 (6.3%)	4 (25.0%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

Table 10 Accidents related to the operation executed by multiple operators cooperating in large production lines. (Accidents related to Table8 and Table9).

「複数作業者が広大領域内で行う作業」に関連した災害(Table8及びTable9の両方に関連した災害)

no	機械の名称	全件数	①作業者が広大領域内に進入したために発生した災害と、②他の作業者が誤って機械を起動したために発生した災害の両方に関連した件数と比率(①+②)
1	回転軸	2	2
2	旋盤	9	(0.0%)
3	フライス盤	2	1
4	ルーター	1	
5	プレス機械	1	1
6	タレットパンチプレス	2	2
7	シヤー	1	1
8	成形機	8	(0.0%)
9	ダイカストマシン	1	
10	ロール機	6	4 (66.7%)
11	伸線機	1	
12	粉碎機	3	2 (66.7%)
13	混合機	9	2 (22.2%)
14	産業用ロボット	4	4 (100.0%)
15	トランスファーマシン	1	1
16	スクラップ加工機	3	3 (100.0%)
17	紙断裁・加工機	3	(0.0%)
18	印刷機械	5	3 (60.0%)
19	ダンボール製造機	1	1
20	食品機械	4	2 (50.0%)
21	洗濯用機械	4	1 (25.0%)
22	窯業・土石機械	5	(0.0%)
23	クレーン	13	8 (61.5%)
24	スタッククレーン	1	
25	エレベータ	8	2 (25.0%)
26	リフト	7	(0.0%)
27	コンベア	9	5 (55.6%)
28	その他	15	6 (40.0%)
計		129	51 (39.5%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

機械を起動したときに発生した災害は全死亡災害の12.4%を占めていた。さらに、①及び②の両方に関連した災害は、Table10に示すように51件で全死亡災害の4割近く(39.5%)を占めていた。これらの事実は、複数作業者が広大領域内で行う作業の災害防止手法を確立することで、労働災害の大幅な減少が図れることを示唆している。

以上のうち、特に災害発生比率の高い作業として、①では運転確認・調整の11件(23.9%)、保守・点検・修理の11件(23.9%)、トラブル処理の8件(17.4%)、清掃・除去の7件(15.2%)が挙げられる。また、②では保守・点検・修理の5件(31.5%)や運転確認・調整の4件(25.0%)が挙げられる。

これに対し、災害発生比率の高い機械として、①では産業用ロボット(100.0%)、スクラップ加工機(100.0%)、ロール機(66.7%)、粉碎機(66.7%)、クレーン(61.5%)が挙げられる。また、②では印刷機械(40.0%)が挙げられる(補足1参照)。

Table11に、作業者が広大領域に進入したときに実施していた災害防止対策を示す。表からも明らかのように、発生した災害の半数近くの24件(52.2%)は対策を講じていなかった。特に、スクラップ加工機

(100.0%)、クレーン(87.5%)、コンベヤ(60.0%)で対策を講じていなかった比率が高かった。

また、災害防止対策としては、固定ガードの10件(21.7%)、可動ガードまたはプラグの4件(8.7%)、警報装置の2件(4.3%)、光線式安全装置の2件(4.3%)、ロープスイッチの2件(4.3%)及びマットスイッチの1件(2.2%)が認められた。ただし、これらの対策は以下の理由などから作業者の進入を阻止できなかった。

a) 固定ガード

開口部があった。取り外していた。高さが不足していた。

b) 可動ガードまたはプラグ

インタロック用スイッチがなかった。インタロック用スイッチを無効化していた。プラグを無効化していた。

c) 警報装置

故障していた。

d) 光線式安全装置

監視領域が不足していた。

e) ロープスイッチ

当初設置していたものを取り外した。

Table 11 Accidents countermeasures when the operator enters in large production lines.
 作業者が広大領域に進入したときの災害防止対策

no	機械の名称	全件数	作業者が広 大領域内に 進入したため 発生した災害	災 害 防 止 対 策								
				なし	監視人	警報装置	固定ガード	可動ガード または プラグ	光線式安全装置	マットスイッチ	ロープスイッチ	その他・不明
1	回転軸	2	2				1				1	
2	旋盤	9										
3	フライス盤	2	1	1								
4	ルーター	1										
5	プレス機械	1	1						1			
6	タレットパンチプレス	2	2			1	2					
7	シャー	1	1	1								
8	成形機	8										
9	ダイカストマシン	1										
10	ロール機	6	4	1 (25.0%)			1		1	1	1	
11	伸線機	1										
12	粉碎機	3	2									2
13	混合機	9	1			1						
14	産業用ロボット	4	4	2 (50.0%)			1	1				
15	トランスファーマシン	1	1				1					
16	スクラップ加工機	3	3	3 (100.0%)								
17	紙断裁・加工機	3										
18	印刷機械	5	2	1				1				
19	ダンボール製造機	1	1	1								
20	食品機械	4	2	2								
21	洗濯用機械	4										
22	窯業・土石機械	5										
23	クレーン	13	8	7 (87.5%)	1							
24	スタッククレーン	1										
25	エレベータ	8										
26	リフト	7										
27	コンベア	9	5	3 (60.0%)			2					
28	その他	15	6	2 (33.3%)			2	2				
計		129	46 (35.7%)	24 (52.2%)	1 (2.2%)	2 (4.3%)	10 (21.7%)	4 (8.7%)	2 (4.3%)	1 (2.2%)	2 (4.3%)	2 (4.3%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

Table 12 Accidents countermeasures when other operator restarts the machine by mistake.
 他の作業者が誤って機械を起動したときの災害防止対策

no	機械の名称	全件数	他の作業者が機 械を起動したた めに発生した災 害件数	災 害 防 止 対 策								
				なし	監視人	警報装置	固定ガード	可動ガード または プラグ	光線式安全装置	マットスイッチ	ロープスイッチ	その他・不明
1	回転軸	2										
2	旋盤	9										
3	フライス盤	2										
4	ルーター	1										
5	プレス機械	1										
6	タレットパンチプレス	2										
7	シャー	1										
8	成形機	8										
9	ダイカストマシン	1										
10	ロール機	6	1	1								
11	伸線機	1										
12	粉碎機	3	1									1
13	混合機	9	2			1						1
14	産業用ロボット	4										
15	トランスファーマシン	1										
16	スクラップ加工機	3	1	1								
17	紙断裁・加工機	3										
18	印刷機械	5	2					2				
19	ダンボール製造機	1										
20	食品機械	4	1	1								
21	洗濯用機械	4	1	1								
22	窯業・土石機械	5										
23	クレーン	13	4 (100.0%)	4								
24	スタッククレーン	1										
25	エレベータ	8	2	1								1
26	リフト	7										
27	コンベア	9										
28	その他	15	1				1					
計		129	16 (12.4%)	9 (56.1%)	0 (0.0%)	1 (6.3%)	1 (6.3%)	2 (12.5%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	3 (18.8%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

Table 13 Accidents related to the hazardous point nearby operation and the operation executed by multiple operators cooperating in large production lines. (Accidents related to Table6,Table8 and Table9)
危険点近接作業と複数作業者が広大領域内で行う作業の両方に関連した災害
(Table 6 ,Table 8 ,及びTable 9 のすべてに関連した災害)

no	機械の名称	全件数	①危険点近接作業に関連した災害と、②作業者が広大領域内に進入したために発生した災害と、③他の作業者が誤って機械を起動したために発生した災害のすべてに関連した件数と比率(①+②+③)
1	回転軸	2	2
2	旋盤	9	6 (66.7%)
3	フライス盤	2	2
4	ルーター	1	
5	プレス機械	1	1
6	タレットパンチプレス	2	2
7	シヤー	1	1
8	成形機	8	2 (25.0%)
9	ダイカストマシン	1	1
10	ロール機	6	6 (100.0%)
11	伸線機	1	1
12	粉碎機	3	2 (66.7%)
13	混合機	9	5 (55.6%)
14	産業用ロボット	4	4 (100.0%)
15	トランスファーマシン	1	1
16	スクラップ加工機	3	3 (100.0%)
17	紙断裁・加工機	3	2 (66.7%)
18	印刷機械	5	3 (60.0%)
19	ダンボール製造機	1	1
20	食品機械	4	2 (50.0%)
21	洗濯用機械	4	2 (50.0%)
22	窯業・土石機械	5	3 (60.0%)
23	クレーン	13	11 (84.6%)
24	スタッククレーン	1	
25	エレベータ	8	3 (37.5%)
26	リフト	7	3 (42.9%)
27	コンベア	9	6 (66.7%)
28	その他	15	9 (60.0%)
計		129	84 (65.1%)

注) 比率の集計は、件数が1件または2件の機械設備では除外した。

f) マットスイッチ

監視領域が不足していた。

Table12に、他の作業者が誤って機械を起動したときに実施していた災害防止対策を示す。表からも明らかかなように、災害の半数以上の9件 (56.1%) は対策を講じていなかった。特に、クレーンで対策を講じていなかった比率が高かった (100.0%)。また、災害防止対策としては可動ガードまたはプラグの2件 (12.5%)、固定ガードの1件 (6.3%)、警報装置の1件 (6.3%) が認められた。ただし、これらの対策は、以下の理由から誤った機械の起動を阻止できなかった。

a) 可動ガードまたはプラグ

インタロック用スイッチを無効化していた。

b) 固定ガード

取り外していた。

c) 警報装置

故障していた。

3.2.3 危険点近接作業と複数作業者が広大領域内で行う作業の両方に関連した災害

Table13に、危険点近接作業と複数作業者が広大領域内で行う作業の両方に関連した災害の件数と比率を示す。表からも明らかかなように、この件数は84件、

比率で65.1%を占めていた。この事実は、危険点近接作業に対する災害防止手法と、複数作業者が広大領域内で行う作業の災害防止手法を確立することで、災害の3分の2近く (65.1%) が防止できることを示唆している。

4.根本原因の究明と提言

Table14に、設備的要因に関する根本原因、根本原因及び提言をまとめたものを示す。なお、同様な分析を作業的要因に対しても行ったが、根本原因及び提言は同じであった。

以下、提言を中心に説明する。

4.1 設備安全方策の徹底と基本デバイスの標準化

ここ数年間、日本でも社会的に問題となる事故や災害が多発している。この原因として、作業者のヒューマン・ファクターの問題が指摘されている。しかし、表面上はヒューマン・ファクターが原因と思われるものでも、その背後には設備上の問題が潜在している場合も多いと考えられる。

実際、本論文のTable1からTable5で分析した結果によれば、国際水準の設備安全方策の中でも①固定ガード、②可動ガード、③保護装置、及び④制御システムの安全関連部に関連する要求事項を確実に実

Table 14 Basic cause, original cause and proposal related to industrial accidents.
設備的要因に関連する基本原因、根本原因及び提言

no	1Wの基本原因 (設備的要因に限る)	2W以上の基本原因の追及 (設備的要因に限る)	推定できる根本原因	提言	
1	固定ガードの不具合	設置なし	・機械設備の製造者が、固定ガードを設置しないで出荷した。 ・生産ラインの構築を請け負った者が、機械設備を組み合わせる段階で固定ガードを設置しなかった。 ・固定ガードがオプションであったために、機械設備の使用が不要と判断した。	1) 安全性より経済性や作業性が優先されている。 2) 本来は製造者側で担うべき事項まで、使用者側に委ねられている。 3) 災害の原因は、ヒューマンファクターにあるとされ、その背後にある設備・管理・制度等の根本原因まで究明されていない。 4) 設備安全方針に必要な基本デバイスが標準化されていない。 5) 危険点近接作業と、複数作業者が広大領域内で行う作業に対する災害防止戦略が明確でない。 6) 危険点近接作業と、複数作業者が広大領域内で行う作業に適用できる保護装置が開発されていない。 7) 安全活動に熱心な個人や企業が正當に評価されていない。 8) 災害情報や設備安全方針に関する情報が、適切に伝達・共有されていない。	1) 設備安全方針の徹底 2) 基本デバイスの標準化 3) 経済的インセンティブを促進する制度の構築 4) 危険点近接作業と複数作業者が広大領域内で行う作業に対する災害防止戦略の構築
		取り外し	・固定ガードが簡単に取り外せるような構造となっていた。 ・固定ガードを取り外したときはインタロックが作動して機械が動かない構造となっていなかった。		
		開口部あり	・機械設備の製造者や現場の安全担当者が、開口部の存在を知らず漫然と放置した。		
2	可動ガードの不具合	設置なし	・機械設備の製造者が、可動ガードを設置しないで出荷した。 ・生産ラインの構築を請け負った者が、機械設備を組み合わせる段階で可動ガードを設置しなかった。 ・可動ガードがオプションであったために、機械設備の使用が不要と判断した。	5) 危険点近接作業と、複数作業者が広大領域内で行う作業に対する災害防止戦略が明確でない。 6) 危険点近接作業と、複数作業者が広大領域内で行う作業に適用できる保護装置が開発されていない。 7) 安全活動に熱心な個人や企業が正當に評価されていない。 8) 災害情報や設備安全方針に関する情報が、適切に伝達・共有されていない。	5) 危険点近接作業と複数作業者が広大領域内で行う作業を対象とした支援保護装置の開発 6) 情報共有手段としての安全設計支援システムの開発 7) 国際規格等への提案による競争力強化
		取り外し	・可動ガードが容易に取り外せる構造となっていた。 ・可動ガードを取り外したときはインタロックが作動して機械が動かない構造となっていなかった。		
		インタロック用スイッチなし	・機械設備の製造者が、インタロック用スイッチを設置しないで出荷した。 ・生産ラインの構築を請け負った者が、機械設備を組み合わせる段階でインタロック用スイッチを設置しなかった。		
		インタロック用スイッチの無効化	・インタロック用スイッチを無効化できないように、遮蔽構造となっていなかった。 ・インタロック用スイッチを無効化したときは、機械が動かない構造でなかった。		
3	保護装置の不具合	設置なし	・機械設備の製造者が、保護装置を設置しないで出荷した。 ・生産ラインの構築を請け負った者が、機械設備を組み合わせる段階で保護装置を設置しなかった。 ・保護装置がオプションであったために、機械設備の使用が不要と判断した。 ・保護装置を設置すると作業が困難であった。 ・危険点近接作業と複数作業者が広大領域内で行う作業に対する適切な保護装置が開発されていない。		
		範囲不足	・機械設備の製造者や現場の安全担当者が、範囲不足であることを知らず漫然と放置した。 ・すべての領域を保護装置で監視するのが困難であった。		
4	制御システムの安全関連部の不具合	再起動防止回路の不具合	・作業者が誤って起動信号発生用のセンサーを遮光したときは、機械が不意作動する設計となっていた。 ・プログラムからの命令だけで機械が不意作動する設計となっていた。		
		操作装置の不具合	・機械設備の設計者が、作業者の行動や操作方法を十分に把握していなかった。		
		タンパーブルーフ対策の不具合	・作業者がガードやインタロック用スイッチを意図的に取り外しても、機械が起動できる構造となっていた。		
		停止範囲の不具合	・停止操作だけでは、すべての機械が停止できない構造となっていた。		

注) 本分析は設備的要因に限定しているが、作業的要因を分析した結果も同一であった。

施すれば、発生した死亡災害の79.2%に対して災害防止効果を持つことが推察される。このことは、上記①～④に重点を置いた設備安全方策、たとえば国際的な安全技術規格であるISO12100（機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則。なお、当該規格は2004年にJISB9700として内容を変更することなく翻訳して制定された）や厚生労働省が平成13年に公表した「機械の包括的安全基準に関する指針」などを積極的に活用することで、労働災害の大幅な減少が図れる可能性を示唆している。

次に、本論文では、「設備安全方策がなぜ実施されないか」に関する根本原因の究明を行った。その結果、設備安全方策に使用する基本デバイス（固定ガード、可動ガード、保護装置、インタロック用スイッチ、リレーユニット、汎用安全コントローラなどが該当する）が標準化されていないために、設計・製作・据付・保全等の費用が膨大となり、設備安全方策を実施する際の阻害要因となっていることが判明した。この標準化作業は著者らも実施を試みたが³⁾、今後は産業界全体を巻き込む形で標準化を展開して行くことが望まれる。

4.2 経済的インセンティブの促進

近年、事故や災害が多発する原因として、安全活動の形骸化の問題が指摘されている。これは、マニュアルや作業のルールが現場の実態とかけ離れているためとされているが、問題はそれほど単純ではない。むしろ、著者は、安全活動に熱心な個人や企業がISO12100や「包括的安全基準」などの設備安全方策を実施しても、その成果に対して正当な評価が与えられないばかりか、コストや作業性などの点で不利な評価となりかねないことに、安全活動が形骸化する根本原因があると考えた。

この問題の抜本的な解決を図るには、災害防止対策の実施に熱心な個人や企業が高い評価と経済的利益を得られる仕組み（制度）の構築が不可欠である。このため、本報告では、各現場単位でリスクの定量化を行い、リスクが少ないと評価された事業者には何らかの経済的利益を与える、機械を対象とした定量的リスク評価システムを提案する。

4.3 「危険点近接作業」と「複数作業者が広大領域内で行う作業」に対する災害防止戦略の構築

作業的要因を分析した結果、①危険点近接作業に関連した死亡災害は全体の44.2%を占めていた（Table6参照）。また、②広大領域内で発生した死亡災害は全体の35.7%（Table8参照）、③他の作業者が

誤って機械を起動したために発生した災害は全体の12.4%を占めていた（Table9参照）。さらに、②と③の両方に関連した死亡災害は全体の39.5%を占め（Table10参照）、①～③のいずれかに関連した死亡災害は全体の65.1%を占めていた（Table13参照）。

以上の事実は、「危険点近接作業」と「複数作業者が広大領域内で行う作業」の災害防止手法を早急に確立することで、死亡災害全体の3分の2近くが防止できる可能性を示唆している。このため、本報告書の第7章では、危険点近接作業に対する災害防止手法として、リスク管理区分、災害防止区分、支援保護装置などの新たな概念を導入したISO12100を補完できる新たな手法を提案する。また、本報告書の第2章と3章では、危険点近接作業に適用できる本質安全アクチュエータ（人と接触しても傷害を発生させない本質的に安全なアクチュエータ）の基礎的設計条件（挟圧限界値など）を提案する。

さらに、本報告書の第8章では、複数作業者が広大領域内で行う作業に対する災害防止手法として、現在検討されているISO11161（統合生産システムの安全）などにも反映できる新たな手法を提案する。

4.4 「危険点近接作業」と「複数作業者が広大領域内で行う作業」を対象とした支援保護装置の開発

「危険点近接作業」と「複数作業者が広大領域内で行う作業」では、作業者の労働災害を防止するための保護装置を必要とする。しかし、危険点近接作業では、機械を停止しての作業が技術的に困難であったり、生産性や作業性を阻害するために機械を停止したくないなどの理由から（Table7参照）、既存の保護装置の適用は困難なことがある。

また、作業者が広大領域に進入したときの災害防止対策（Table11参照）や、他の作業者が誤って機械を起動したときの災害防止対策（Table12参照）として、光線式安全装置、マットスイッチ、キースイッチを始めとする様々な保護装置が使用されている。しかし、これらの装置は作業性を阻害したり、機械の起動時には作業者の人的注意力を必要とするなどの理由から、現場では広く普及するには至っていない。

このため、著者は、危険点近接作業や複数作業者が広大領域内で行う作業を対象に、作業性までを考慮した保護装置の開発を提案した。具体的には、危険点近接作業に適用できる装置として、人体と物体が混在する状況下での安全確認機能を備えた光線式安全装置を提案した^{4), 5)}。また、複数作業者が広大領域内で行う作業に適用できる装置として、広大な

領域内を自動的に監視できる安全確認機能を備えたレーザー式安全装置を提案した⁶⁾。これらの結果は、現在検討中のIEC62046（人体検出用保護装置の適用）などにも反映できると考える。

なお、以上の装置を危険点近接作業や複数作業者が広大領域内で行う作業に適用したときは、作業の性質上、リスクを大幅に低減できるが労働災害を完全には防止できないことがある。このため、本報告書の第7章では、このような用途に使用する保護装置を支援保護装置と呼んで区別することにした。また、本報告書では、画像処理技術やパターン認識技術を応用した支援保護装置に関する基礎的検討を本報告書の第4章に詳述した。

4.5 安全設計支援システムの構築

以上の提言を円滑に推進するには、災害防止対策に関する情報を機械の製造者及び使用者の間で共有する必要がある。このため、本論文では、このときの情報共有手段として安全設計システムを提案する。

このシステムには、災害情報のデータベース、安全技術情報のデータベース、災害事例の分類登録手段、各現場単位でのリスクの定量化手段、根本原因の究明手段、安全方策の提示手段、遠隔安全診断手段などが含まれる。また、このシステムに対する情報提供に対して経済的インセンティブを付与することによって、有益な情報の蓄積の促進を図る手法も併せて提案する。

4.6 国際規格等への提案

現在、機械安全に関連するISO/IEC規格は、大部分が欧州安全規格との整合規格として作成されている。これは、1991年のウイーン協定などに基づいて欧州の規格制定機関（CEN/CENEREC）で作成した欧州規格は、すべてISO/IEC規格の原案となるためである。

しかし、仮にISO/IECにない規格であれば、日本から新規に提案することも当然可能である（たとえば、危険点近接作業に対する設備安全方策など）。また、既にある規格でもISO11161、ISO62046などの見直しに日本から提案することも可能である。

本論文では、以上の観点から得られた研究成果の国際規格への反映を提案する。このような活動の推進によって、機械安全分野における日本の国際的競争力を強化できる可能性がある。

5. おわりに

産業機械で発生した死亡労働災害129件を対象に設備的要因の分析を行った。その結果、国際水準の設備安全方策の中でも固定ガード、可動ガード、保護装置、及び制御システムの安全関連部に関連する要求事項を確実に実施すれば、発生した死亡労働災害の79.2%に対して災害防止効果を持つと推察された。この結果は、国際的な安全技術規格であるISO12100や厚生労働省が平成13年に公表した「機械の包括的安全基準に関する指針」などの積極的活用によって、労働災害の大幅な減少が図れる可能性を示唆している。

また、死亡労働災害129件の作業的要因を分析した結果、①危険点近接作業に関連した災害は44.2%、②大規模生産ラインなどの広大領域内で発生した災害は35.7%、③他の作業者が誤って機械を起動したために発生した災害は12.4%を占めていた。また、②と③の両方に関連した災害は全体の39.5%であり、①～③のいずれかに関連した災害は全体の約3分の2（65.1%）を占めていた。したがって、死亡労働災害の大幅な減少を図るには①に関連する「危険点近接作業」と、②と③に関連する「複数作業者が広大領域内で行う作業」に対する災害防止手法を早急に確立する必要がある。また、これらの作業に広く適用できる支援保護装置の開発が必要である。これらの対策は、本報告書の第7章と第8章に詳述した。

以上の分析結果に追加して、災害防止対策に活用できる情報共有手段としての安全設計支援システムの開発、経済的インセンティブを促進する制度構築なども併せて提案した。

参考文献

- 1) 畑村陽太郎編，続々・実際の設計，実際の設計研究会，日刊工業新聞社（1996），pp.15-18
- 2) 西島茂一，これからの安全管理，中央労働災害防止協会（1996），pp.98-101
- 3) 清水尚憲・梅崎重夫・池田博康，生産システムで使用される安全手段の仕様調査，産業安全研究所特別研究報告NIIS-SRR-NO.19（2000），pp.25-77
- 4) 梅崎重夫・清水尚憲・小林茂信・井土信彦・中村英夫・三平律雄・山下昌弘・川戸真二・田上憲一・石坂文二・松井龍二・鈴木常夫，フェールセーフな教示機能を備えたブランキングシステムの開発，日本機械学会論文集，68-670，C編（2002），pp.1755-1783

- 5) 梅崎重夫・清水尚憲・小林茂信・井土信彦・中村英夫・三平律雄・山下昌弘・鷺崎一郎，フローティング機能を備えたロール機用安全システムの開発，日本機械学会論文集，68-672，C編(2002)，pp.2316-2323
- 6) 梅崎重夫，広大領域内の安全確認を目的としたレーザー式安全装置の開発と評価，産業安全研究所特別研究報告NIIS-SRR-NO24 (2002)，pp.43-50

[補足1] 本報告では，第3.1節にガードや保護装置などの不具合比率が高かった機械設備を列記した。しかし，この分析ではサンプル数が少ないために，本文中に示した不具合比率は統計的に十分な意味を持つ数値とは言えないと考えられる。その意味で，示した不具合比率はあくまでも参考値と考えて頂きたい。

(平成17年10月14日受理)