

粉砕機及び混合機を対象とした労働災害分析 —労働損失日数の活用によるリスクの定量的評価と比較—†

濱 島 京 子*1 梅 崎 重 夫*2 板 垣 晴 彦*3

粉砕機及び混合機による労働災害は年間あたり死亡災害が約 10 件、休業 4 日以上災害で約 250 件発生しているが、業種や機種、作業においてどの程度重篤な災害が発生しているのか、その実態は明らかにされていない。そこで、「労働損失日数の活用によるリスクの定量的評価手法」を用いて、これらの項目に対する全労働損失日数を算定しリスクの定量化を試みた。分析の結果、混合機・粉砕機全体での全労働損失日数は 131.6×10^3 日/年であった。ただし、この中には本来、食品加工用機械を起因物とすべき災害が 19.5×10^3 日/年含まれている。業種別では、清掃・と畜業、化学工業、食料品製造業、窯業土石製品製造業の順にリスクが高く、これら 4 業種にて全労働損失日数の約 68%を占めていた。機種別では、破砕機・クラッシャー、攪拌機・混合機、粉砕機、食品加工用機械、混練機（ニーダー等）の順にリスクが高く、全体の約 80%を占めていた。可動部別では、羽根・翼、刃、棒・軸（シャフト、ローター含）にて全体の約 39%を占めていたが、これまで可動部として考慮されることの少なかったゲートや蓋などの開閉部のリスクが、これらに次いで高いことが明らかとなった。作業別では、清掃が最もリスクが高く、次いで保守・点検・修理、原料投入、運転・製造、詰まり除去の順であり、これらの作業にて全体の 75%を占めていた。

キーワード: 粉砕機及び混合機、労働災害、災害分析、リスク評価、労働損失日数

1 はじめに

粉砕機及び混合機による労働災害は年間あたり休業 4 日以上災害が約 250 件、死亡災害が約 10 件発生している。粉砕等を目的とした機械可動部の構造から、災害が重篤化しやすいことが予想されるものの、その実態は明らかになっていない。労働災害を防止する上でまず重要なことは、業種、機種、作業およびその組み合わせにおいて、どの程度重篤な災害が発生しているのか、すなわちリスクの把握である。

そこで本稿では、「労働損失日数の活用によるリスクの定量的評価手法¹⁾」を使用して、粉砕機及び混合機に起因する労働災害のリスクが高い業種、機種および作業を解明することを試みる。

この評価手法では、ISO12100 に定められたリスクの定義に基づき、危害の発生確率を年間あたりの災害発生件数[件/年]、危害のひどさを 1 件あたりの労働損失日数[日/件]として、両者の積により年間の全労働損失日数を算定する。これは過去の労働災害の実績値に過ぎないが、適切な保護方策が実施されないときは今後も同様の労働損失の発生が予測されるとして、これをリスクの定量的評価指標として利用する。これまでに、コンベヤおよび食品機械を起因物とする労働災害に対して分析が実施されており、それぞれの全労働損失日数が算定されている^{1,2)}。本稿では考察として、混合機・粉砕機とこれら 2 機種との全労働損失日数の比較を示す。なお、本指標を活

用した労働災害防止戦略のあり方は、文献 1)にて詳細がまとめられている。

また、「粉砕機及び混合機」は労働安全衛生規則に規定された用語であるが、本稿では労働災害分類の手引き³⁾にしたがってこれを「混合機・粉砕機」と記述する。さらに、業種中分類の「窯業土石製品製造業」および「パルプ・紙加工品製造業」は作表上の理由から「土石製品製造業」および「パ・紙加工品製造業」と略記する。

2 労働災害分析の対象と方法

1) 分析対象

対象とした労働災害は、休業 4 日以上災害 512 件（平成 18 年および平成 19 年の 2 年間に発生した混合機・粉砕機を起因物とする災害）および死亡災害 103 件（平成 12 年から平成 22 年の 11 年間に発生した混合機・粉砕機を起因物とする災害）である。休業 4 日以上災害では労働基準監督署に提出された平成 18 年および平成 19 年の死傷病報告を使用し、死亡災害は厚生労働省 職場のあんぜんサイト 死亡災害データベース⁴⁾に掲載されている、平成 12 年から平成 22 年の Excel ファイルを使用した。休業 4 日以上災害と死亡災害とで使用するデータが異なる理由は、前述の死傷病報告に記載されている死亡災害の数が少なく、分析に有効なデータ数が確保できなかったためである。

いずれのデータも、災害発生業種、事故の型、および労働災害発生状況が明らかなもののみ分析に使用した。さらに、発生状況の記述から起因物が明らかに混合機・粉砕機ではないものについても対象外とした（まれに建設用車両機械などを起因物とする災害が含まれていることがある）。

なお、粉砕機及び混合機に起因する労働災害の大部分は中小零細企業で発生しており、現時点での発生傾向も平成 18~19 年と比較して大きな差異はないと推察される。

† 原稿受付 2012 年 07 月 05 日

† 原稿受理 2012 年 09 月 14 日

*1 (独)労働安全衛生総合研究所 電気安全研究グループ

*2 (独)労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ

*3 (独)労働安全衛生総合研究所 化学安全研究グループ

連絡先: 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6

(独)労働安全衛生総合研究所 電気安全研究グループ

濱島京子*1

E-mail:hamajima@s.niosh.go.jp

2) 分析方法

リスクの定量的評価指標である年間あたりの全労働損失日数は式(1)に基づいて算出する¹⁾。なお、式(1)での災害1件あたりの被災者数は1人である。1件の災害において複数人の被災者が生じた場合は、被災者人数分の災害件数として計算する。

$$\begin{aligned}
 & \text{リスク(年間あたりの全労働損失日数)[日/年]} \\
 & = \text{死亡災害の発生件数[件/年]} \\
 & \quad \times 7,500(\text{死亡時の労働損失日数})[\text{日/件}] \\
 & + \text{障害を伴う災害の発生件数[件/年]} \\
 & \quad \times \text{障害を伴う災害の平均労働損失日数}[\text{日/件}] \\
 & + \text{休業災害の発生件数[件/年]} \\
 & \quad \times \text{休業災害の暦日の平均休業日数}[\text{日/件}] \\
 & \quad \times 300/365[\text{日/日}] \tag{1}
 \end{aligned}$$

一般的にリスクは、「危害の発生確率」と「危害のひどさ」の組みあわせで表される。式(1)では、危害の発生確率を年間あたりの災害発生件数とし、危害のひどさは、労働損失日数にて算定している。労働損失日数の具体的な値は、死亡災害の場合は7,500日、障害を伴う災害の労働損失日数は表1に基づいて計算する。休業災害の労働損失日数については、死傷病報告に記載された休業日数に300/365を乗じて算出する。この算出方法の根拠については文献1)にまとめられている。

なお、死傷病報告には障害に関する詳細は記載されていない。このため障害等級は、労働者災害補償保険法施行規則別表第一の障害等級判定表に基づいて災害発生状況より判定した。この方法についても、文献1)に詳細が述べられている。以上をもとに、本報告では業種、機種、

可動部、事故の型および作業ごとの全労働損失日数を式(1)より算定し、リスクの定量的評価を試みる。

3 災害分析結果

業種中分類、機種、可動部、事故の型および作業ごとの分析結果のうち、代表的な項目(件数が多い、または重篤なもの)を中心に報告する。なお、本稿では以後、休業4日以上災害を休業災害と略記する。

1) 業種中分類

図1に業種中分類ごとの死亡災害および休業災害の1年間あたりの発生数を示す。

混合機・粉砕機による災害の約6割は、化学工業、食料品製造業、土石製品製造業および清掃・と畜業の4業種にて発生していた(図1)。休業災害の年間あたりの発生数は、化学工業60.0年(23.4%)、食料品製造業45.0年(17.6%)、土石製品製造業27.0年(10.5%)、清掃・と畜業19.0年(7.4%)であり、業種間の発生数に約10件/年以上の差がみられる。一方、死亡災害の発生件数は、清掃・と畜業2.0年(21.4%)、土石製品製造業1.8件/年(19.4%)、食料品製造業1.3件/年(13.6%)、化学工業1.3件/年(13.6%)であった。

表2に、これら4業種の休業日数と障害に至った可能性の高い災害の内訳を示す。休業日数別では、中等傷の休業災害件数が最も大きな割合を占めた業種が食料品製造業28.0年(62.2%)、化学工業39.5件/年(65.8%)、土石製品製造業11.5件/年(42.6%)であった。清掃・と畜業では重傷災害の件数が最も多く10.0件/年(52.6%)であり、中等傷の件数は8.0件/年(42.1%)であった。清掃・と畜業では災害が重篤化しやすいことが推察される。

一方、障害に至った可能性の高い災害(表2)のうち、最

表1 障害等級ごとの労働損失日数

障害等級(級)	1~3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
労働損失日数(日)	7,500	5,500	4,000	3,000	2,200	1,500	1,000	600	400	200	100	50

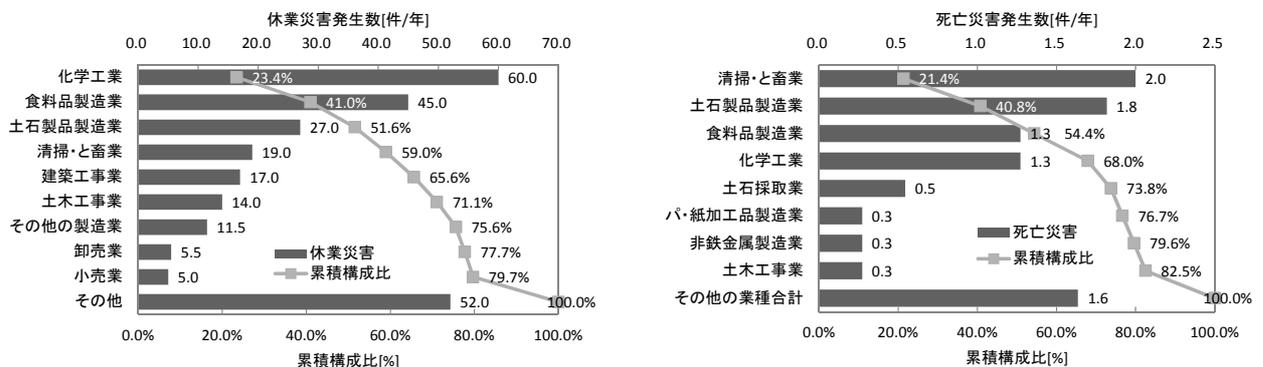


図1 休業災害(左)および死亡災害(右)の業種中分類別年間災害発生数(件/年)

表2 災害多発業種(中分類)における休業日数と推定障害等級の内訳

業種	休業災害数(件/年)と休業日数内訳(※1)						合計	業種	障害に至った可能性の高い災害数(件/年)と推定障害等級(※2)											障害なし		
	重傷	中等傷		軽傷		不明			2級	4級	5級	7級	8級	9級	10級	11級	12級	13級	14級		不明	合計
食料品製造業	4.0	7.5	7.0	21.0	5.0	0.5	45.0	食料品製造業	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	3.0	3.0	5.0	13.0	32.0				
化学工業	5.0	4.5	14.0	25.5	11.0	60.0	化学工業	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	2.5	8.0	6.5	21.0	39.0					
土石製品製造業	1.0	5.0	5.5	6.0	9.5	27.0	土石製品製造業	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.5	4.5	22.5					
清掃・と畜業	4.5	5.5	1.5	6.5	1.0	19.0	清掃・と畜業	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	3.5	8.0	11.0				
その他の業種合計	3.5	14.0	23.5	38.5	25.5	105.0	その他の業種合計	1.5	1.0	0.5	0.5	3.5	0.5	3.0	0.5	15.0	9.5	34.5	70.5			
合計	18.0	36.5	51.5	97.5	52.0	0.5	256.0	合計	1.0	4.0	2.5	0.5	1.0	1.5	6.0	0.5	9.0	1.0	28.0	26.0	81.0	175.0

(※1)災害数が0より大きい項目のみ記載。なお、重傷は61日以上、中等傷は15日-60日、軽傷は14日以下をいう。

(※2)災害数が0より大きい項目のみ記載。なお、災害等級1、3、6級は推定された災害が存在しないため省略した。

も重篤なものは障害等級 2 級であり、清掃・と畜業にて 1.0 件/年発生していた。次いで、障害等級 4 級と推定された災害が食料品製造業で 1.0 年、化学工業で 0.5 件/年、5 級と推定された災害が土石製品製造業にて 0.5 件/年発生していた。

休業災害全件に対し、障害に至ったと推測される災害

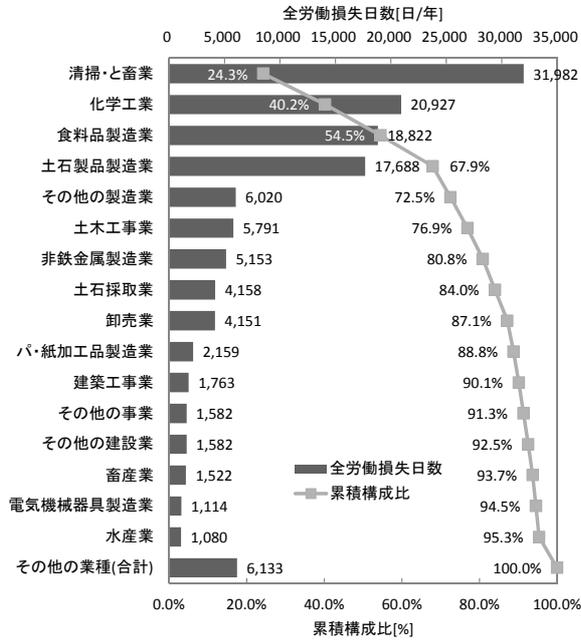


図 2 業種中分類ごとの全労働損失日数

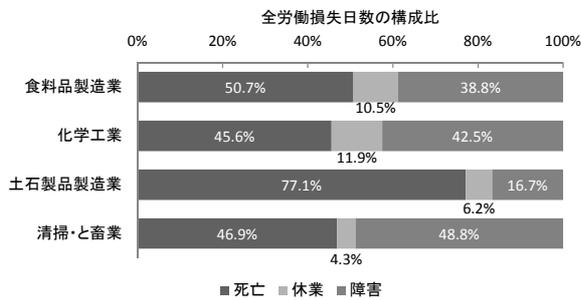


図 3 業種中分類における全労働損失日数の構成比

の比率をみると、食料品製造業では 13.0 件(休業災害 45 件の 28.9%),化学工業 21.0 件(休業災害 60 件の 35.0%),土石製品製造業 4.5 件(休業災害 27 件の 16.6%),清掃・と畜業 8.0 件(休業災害 19 件の 42.1%)であったことから、少なくとも休業災害の約 2 割は障害を伴う災害であることが推測される。

これらの結果をもとに、業種別に全労働損失日数を算定した結果を図 2 に示す。清掃・と畜業での労働損失日数が 31,982 日/年(24.3%)と最も大きく、次いで化学工業 20,927 日/年(15.9%),食料品製造業 18,822 日/年(14.3%),土石製品製造業 17,688 日/年(13.4%)であり、これら 4 業種にて業種全体の全労働損失日数の約 68%を占めている。なお、これ以外の業種の労働損失日数は 10,000 日/年を下回っていた。

図 3 に、これら 4 業種の全労働損失日数の構成比を示す。特に土石製品製造業での死亡災害に関連する労働損失日数の比率が、全労働損失日数の 77.1%を占めている点に留意が必要である。これら 4 業種の中で全労働損失日数は一番少ないものの、死亡による損失日数が占める割合が最も高いため、この業種においては死亡災害防止対策に重点を置くべきであることがわかる。このように、全労働損失日数とその構成比により、業種ごとに対策をとるべき方向性を定量的に定めることが可能となる。

2) 機種

図 4 に、機械の種類別の災害発生数を示す。

分析の結果、起因物が混合機・粉砕機ではなく、食品加工用機械である災害が相当数含まれていることが明らかとなった。労働災害統計上では、食品加工用途の攪拌・混合機、粉砕機、混練機などによる労働災害の起因物は混合機・粉砕機ではなく、食品加工用機械と定められている。本稿では、次の理由から、これらを分析対象から除外せずに食品加工機械として一括して扱うこととする。

- a) 本来、起因物上の分類では機種が異なるため他の混合機・粉砕機とは個別に扱う必要のある機械であること。
- b) 混合機・粉砕機他機種と比較して食品加工用機械

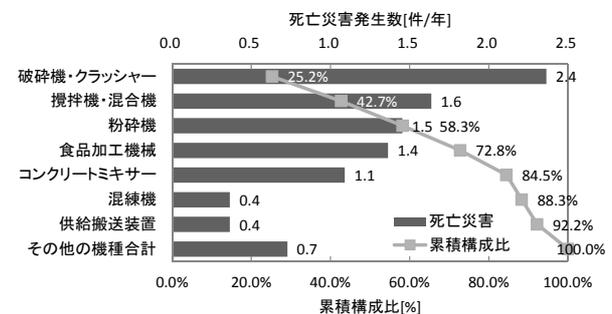
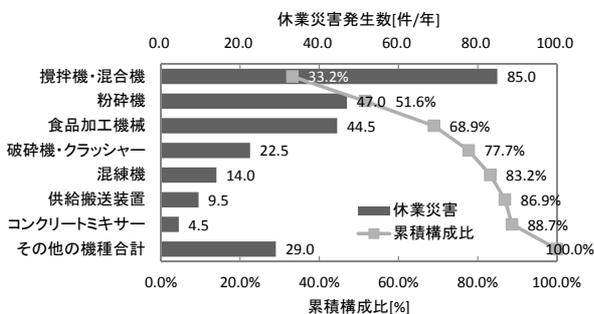


図 4 休業災害(左)および死亡災害(右)の機種別年間災害発生数(件/年)

表 3 災害多発機種における休業日数と推定障害等級の内訳

機種	休業災害数[件/年]と休業日数内訳(※1)						合計	機種の種類	障害に至った可能性の高い災害数[件/年]と推定障害等級											合計	障害なし	
	91日以上	61-90日	31-60日	15-30日	14日以下	不明			2級	4級	5級	7級	8級	9級	10級	11級	12級	13級	14級			不明
破砕機・クラッシャー	3.5	4.5	4.0	7.5	3.0		22.5	破砕機・クラッシャー	1.0	0.5	0.5		0.5	0.5			1.0	5.0	9.0	13.5		
攪拌機・混合機	1.5	10.0	21.0	32.0	20.5		85.0	攪拌機・混合機			1.0		1.5	1.5	0.5	11.0	4.5	20.0	65.0			
粉砕機	5.0	5.5	6.5	20.5	9.5		47.0	粉砕機		0.5	0.5		1.5	2.5	0.5	9.0	4.5	19.5	27.5			
食品加工機械	3.5	7.0	6.5	21.0	6.0	0.5	44.5	食品加工機械		1.0		0.5	1.0	2.0	2.5	4.5	11.5	33.0				
混練機	2.0	2.0	2.5	4.5	3.0		14.0	混練機		1.0		0.5	0.5	0.5	1.0	2.0	7.0	7.0				
コンクリートミキサー			1.5	1.0	2.0		4.5	コンクリートミキサー				0.5		0.5		0.5	1.0	2.5	2.0			
供給搬送装置	0.5	2.5	4.0	1.5	1.0		9.5	供給搬送装置		0.5						2.0	1.0	3.5	6.0			
その他の機種合計	2.0	5.0	5.5	9.5	7.0		29.0	その他の機種合計		0.5	0.5			1.0	1.5	1.0	3.5	8.0	21.0			
合計	18.0	36.5	51.5	97.5	52.0	0.5	256.0	合計	1.0	4.0	2.5	0.5	1.0	1.5	6.0	0.5	9.0	1.0	28.0	26.0	81.0	175.0

(※1)災害数が0より大きい項目のみ記載。なお、重傷は 61 日以上、中等傷は 15 日-60 日、軽傷は 14 日以下をいう。

(※2)災害数が0より大きい項目のみ記載。なお、災害等級 1、3、6 級は推定された災害が存在しないため省略した。

の件数が少なくないこと。このため、混入した食品加工用機械の全労働損失日数が混合機・粉砕機全体の全労働損失日数に占める割合を示し、死傷病報告作成時の注意を促す必要があること。

c) 考察にて、先に実施した食品機械²⁾の全労働損失日数と、本稿で算定する混合機・粉砕機との結果を比較するため、混入した食品加工用機械分の全労働損失日数を個別に扱う必要があること。

休業災害では攪拌機・混合機 85.0 件/年(33.2%)、粉砕機 47.0 件/年(18.4%)、食品加工機械 44.5 件/年(17.4%)、破砕機・クラッシャー 22.5 件/年(8.8%)、混練機(ニーダー等) 14.0 件/年(5.5%)、供給搬送装置(ホッパー、コンベヤ等) 9.5 件/年(3.7%)、コンクリートミキサー 4.5 件/年(1.8%)の順に災害数が多く、これらの機種にて休業災害全体の約 88%を占めていた。一方、死亡災害では、破砕機・クラッシャー 2.4 件/年(25.2%)、攪拌機・混合機 1.6 件/年(17.5%)、粉砕機 1.5 件/年(15.5%)、食品加工機械 1.4 件/年(14.6%)、コンクリートミキサー 1.1 件/年(11.7%)、混練機 0.4 件/年(3.9%)、供給搬送装置 0.4 件/年(3.9%)の順に発生数が多く、これらの機種で全体の約 92%を占めていた。

表 3 に、機種別の休業日数と障害に至った可能性の高い災害の内訳を示す。休業日数別では上記の機種のいずれも中等傷の休業災害数が最も多く、破砕機・クラッシャー 11.5 件/年(51.1%)、攪拌機・混合機 53.0 件/年(62.4%)、粉砕機 27.0 件/年(57.4%)、食品加工機械 27.5 件(61.8%)、混練機 7.0 件/年(50.0%)、コンクリートミキサー 2.5 件/年(55.6%)、供給搬送装置 5.5 件/年(57.9%)であった。障害に至った可能性の高い災害では、破砕機・クラッシャーにて障害等級 2 級となる災害が 1.0 件/年推定されており、死亡災害と同程度の労働損失が生じている。次いで障害等級 4 級と推定された災害が破砕機・クラッシャー 0.5 件/年、粉砕機 0.5 件/年、食品加工機械 1.0 件/年、混練機 1.0 件/年、供給搬送装置 0.5 件/年が発生していた。この結果は、これらの機種では少なくとも 2 年に 1 件程度は障害等級 4 級以上の災害が発生する可能性があることを示唆している。

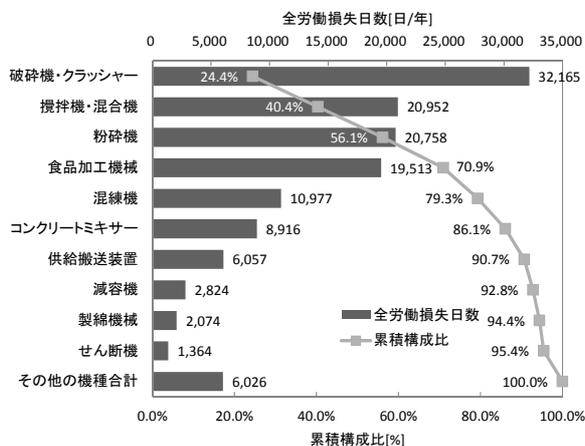


図 5 機種ごとの全労働損失日数

機種ごとに、休業災害のうち障害に至ったと推測される災害の割合をみると、破砕機・クラッシャー 9.0 件/年(40.0%)、攪拌機・混合機 20.0 件/年(23.5%)、粉砕機 19.5 件/年(41.5%)、食品加工機械 11.5 件/年(25.8%)、混練機 7.0 件/年(50.0%)、コンクリートミキサー 2.5 件/年(55.6%)、供給搬送装置 3.5 件/年(36.8%)となり、混練機やコンクリートミキサーでは休業災害の半数以上が障害を伴うことが推測される。

これらの結果をもとに、機種別に全労働損失日数を算定した結果を図 5 に示す。機種別の全労働損失日数では、破砕機・クラッシャー 32,165 日/年が最も多く、機種全体での労働損失日数の 24.4%を占めている。次いで攪拌機・混合機 20,952 日/年(15.9%)、粉砕機 20,758 日/年(15.8%)、食品加工機械 19,513 日/年(14.8%)、混練機 10,977 日/年(8.3%)であり、この 5 機種にて全体の約 80%を占めている。これら以外の機種では、全労働損失日数が 10,000 日を下回り、コンクリートミキサー 8,916 日/年(6.8%)、供給搬送装置 6,057 日/年(4.6%)などの結果となった。

図 6 に、これら代表機種の全労働損失日数の構成比を示す。特筆すべきは、コンクリートミキサーである。この機種は、全労働損失日数は 10,000 日を切っているものの、その 90%以上は死亡による損失日数であるため、死亡災害防止対策への重点的な取り組みが必要であることがわかる。

3) 可動部

次に、機械の種類に関連する情報として、機械の可動部別の分析結果を示す。可動部は災害発生状況の内容と死傷病報告に記載された添付図より分類した。ただし、可動部に関連する記述の表現に用語の不統一や不明瞭な点が多かったため、分類には推定も含まれる。ここで、「棒、軸(シャフト、ローター)は加工部(攪拌混合粉砕部)での軸を、回転軸は主に動力伝動部での軸を意味する。また、開閉部とは、ゲートや蓋を意味し、コンクリートミキサーやホッパーのゲート、攪拌機の蓋などがこれに該当する。さらに、コンベヤはベルト、軸およびローラー等の可動部が複合した設備であることから、コ

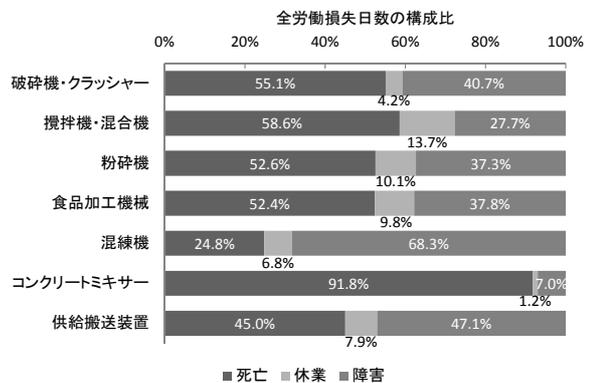


図 6 機種ごとの全労働損失日数の構成比

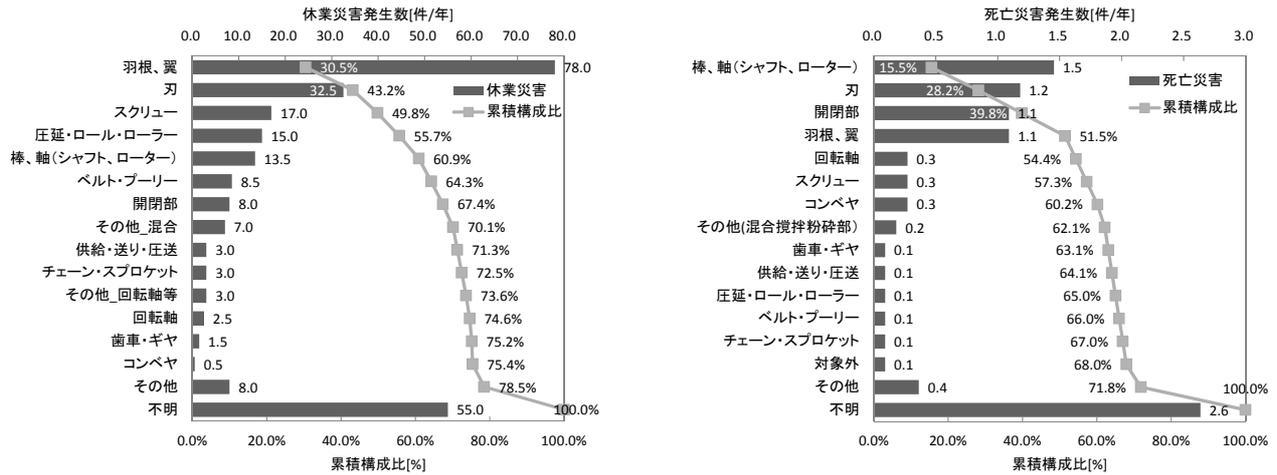


図7 休業災害(左)および死亡災害(右)の可動部別年間災害発生数(件/年)

表4 災害多発可動部における休業日数と推定障害等級の内訳

可動部の種類	休業災害数(件/年)と休業日数内訳(※1)						合計	可動部の種類	障害に至った可能性の高い災害数(件/年)と推定障害等級											障害なし		
	91日以上	61-90日	31-60日	15-30日	14日以下	不明			2級	4級	5級	7級	8級	9級	10級	11級	12級	13級	14級		不明	
羽根、翼	3.5	11.5	14.5	29.5	19.0		78.0	羽根、翼	0.5	1.0		0.5	2.0	2.5	0.5	9.0	6.0	22.0	56.0			
刃	3.0	4.5	6.0	12.5	6.5		32.5	刃	1.0		0.5	0.5	1.0	2.0	5.5	3.0	13.5	19.0				
棒、軸(シャフト、ローター)	0.5	1.0	3.0	6.0	3.0		13.5	棒、軸(シャフト、ローター)								1.0	1.0	2.0	11.5			
開閉部		0.5	1.5	3.0	3.0		8.0	開閉部							0.5		1.0	1.5	6.5			
その他_混合	1.5	1.0	1.0	2.0	1.5		7.0	その他_混合	0.5			0.5	0.5	0.5		0.5	2.5	2.5	4.5			
スクリュー	2.5	2.0	4.5	4.0	4.0		17.0	スクリュー		0.5			0.5		1.0	1.5	2.5	6.0	11.0			
回転軸	0.5		1.0	1.0			2.5	回転軸		0.5					0.5		0.5	1.5	1.0			
チェーン・スプロケット	0.5		0.5	2.0			3.0	チェーン・スプロケット		0.5			0.5					1.5	1.5			
コンベヤ		0.5					0.5	コンベヤ								0.5			0.5			
圧延・ロール・ローラー	1.5	4.5	2.5	5.0	1.5		15.0	圧延・ロール・ローラー				0.5				0.5	4.0	5.0	10.0			
ベルト・プーリー		1.5	2.0	4.0	1.0		8.5	ベルト・プーリー					0.5	0.5		1.5	1.0	3.5	5.0			
供給・送り・圧送			1.0	1.5	0.5		3.0	供給・送り・圧送									0.5	0.5	2.5			
歯車・ギヤ			0.5	0.5	0.5		1.5	歯車・ギヤ									0.5	0.5	1.0			
その他_回転軸等		0.5	1.0	1.5			3.0	その他_回転軸等										3.0	3.0			
その他_不明	4.5	9.0	12.5	25.0	11.5	0.5	63.0	その他_不明	0.5	1.0	1.5		2.0	1.5		8.0	6.5	21.0	42.0			
合計	18.0	36.5	51.5	97.5	52.0	0.5	256.0	合計	1.0	4.0	2.5	0.5	1.0	1.5	6.0	0.5	9.0	1.0	28.0	26.0	81.0	175.0

(※1)災害数が0より大きい項目のみ記載。なお、重傷は61日以上、中等傷は15日-60日、軽傷は14日以下をいう。

(※2)災害数が0より大きい項目のみ記載。なお、災害等級1、3、6級は推定された災害が存在しないため省略した。

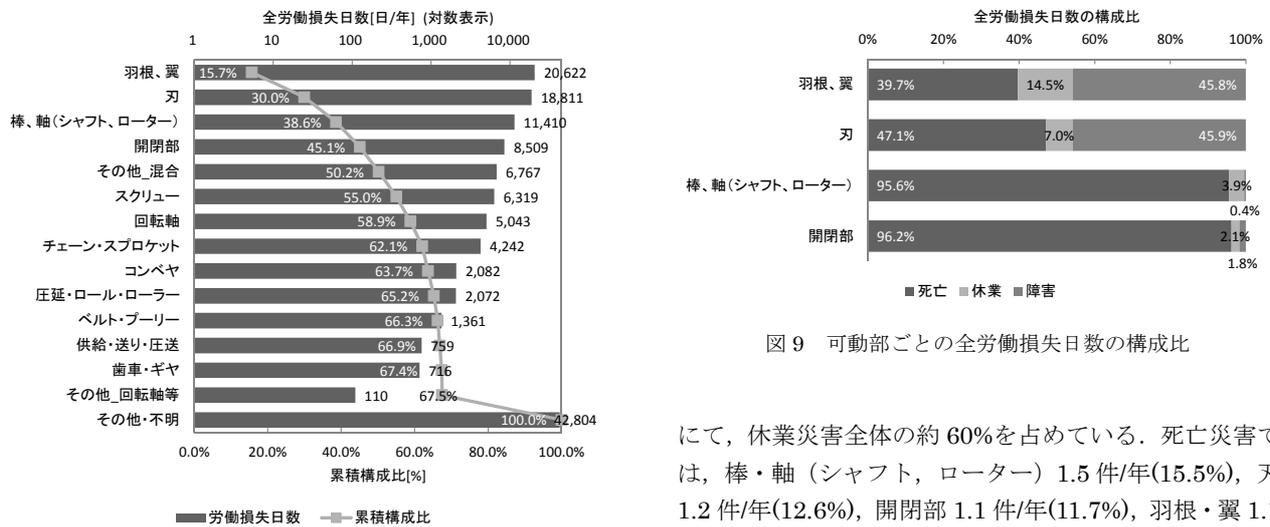


図8 可動部ごとの全労働損失日数

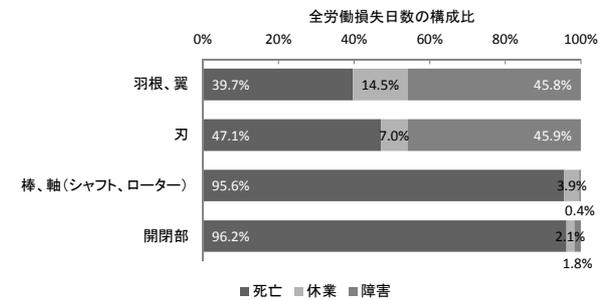


図9 可動部ごとの全労働損失日数の構成比

ンベヤ部で発生した災害のうち、可動部が判明したものは各々の可動部に分類し、不明であったものは「コンベヤ」として分類した。

図7に、可動部別の災害発生件数を示す。休業災害では、羽根・翼が78.0件/年と全体の30.5%を占めて最も件数が多く、次いで刃32.5件/年(12.7%)、スクリュー17.0件/年(6.6%)、圧延・ロール・ローラー15.0件/年(5.9%)および棒・軸(シャフト・ローター)13.5件/年(5.3%)

にて、休業災害全体の約60%を占めている。死亡災害では、棒・軸(シャフト、ローター)1.5件/年(15.5%)、刃1.2件/年(12.6%)、開閉部1.1件/年(11.7%)、羽根・翼1.1件/年(11.7%)、回転軸、スクリュー、およびコンベヤが各々0.3件/年(各2.9%)発生しており、これらで全体の約60%を占めていた。

表4に、可動部別の休業災害と推定障害等級の内訳を示す。休業日数別では中等傷災害数が最も多く、羽根・翼にて44.0件/年(56.4%)、刃18.5件/年(56.9%)、スクリュー8.5件/年(50.0%)、圧延・ロール・ローラー7.5件/年(50.0%)が発生していた。

これらの可動部による災害は、障害等級推定では最も重篤なもので2級が推定されており、その他の攪拌混合粉砕部(羽根・翼や棒・軸以外)にて、0.5件/年発生し

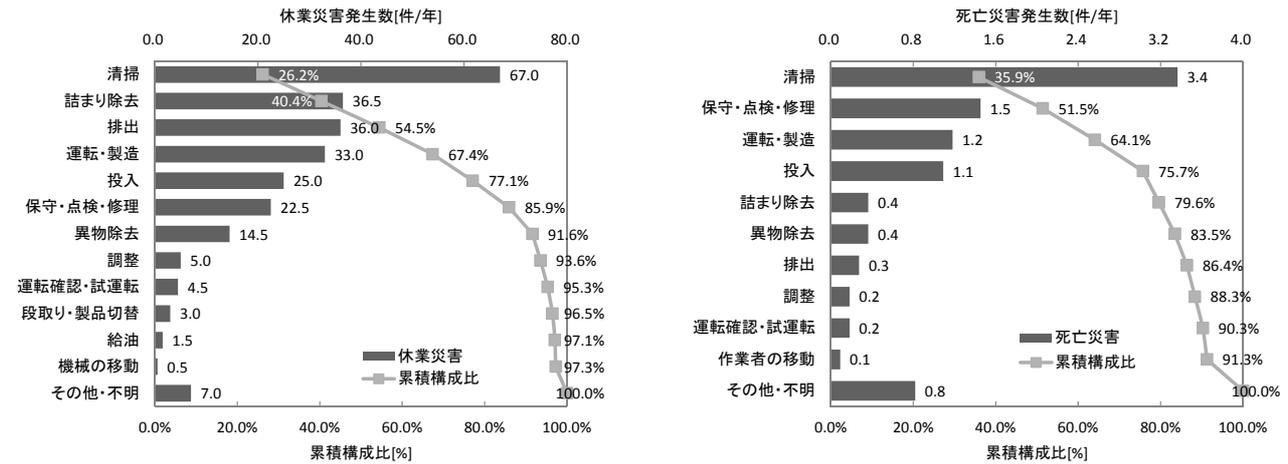


図 10 休業災害(左)および死亡災害(右)の作業別年間災害発生数(件/年)

表 5 災害多発作業における休業日数と推定障害等級の内訳

作業の種類	休業災害数(件/年)と休業日数内訳(※1)					合計	作業の種類	障害に至った可能性の高い災害数(件/年)と推定障害等級											合計	障害なし		
	重傷 91日以上	中等傷 61-90日	軽傷 15-30日	不明	合計			2級	4級	5級	7級	8級	9級	10級	11級	12級	13級	14級			不明	
清掃	5.5	10.0	13.5	22.5	15.0	0.5	67.0	清掃	0.5	1.5				0.5			3.5		8.0	5.0	19.5	47.5
保守・点検・修理	2.0	2.5	2.5	8.0	7.5		22.5	保守・点検・修理		0.5							1.0		2.0	4.5	8.0	14.5
投入	1.0	3.5	7.5	9.5	3.5		25.0	投入		0.5	0.5						0.5	0.5	2.0	3.0	7.0	18.0
運転・製造	2.5	4.0	6.0	14.5	6.0		33.0	運転・製造			0.5			0.5			1.0		5.0	2.5	9.5	23.5
詰まり除去	3.0	5.5	6.0	12.5	9.5		36.5	詰まり除去			0.5	1.0		0.5			2.5		3.0	4.5	12.5	24.0
異物除去	0.5	2.5	3.0	7.0	1.5		14.5	異物除去	0.5					0.5	1.0		1.0		2.5	5.5	9.0	9.0
排出	3.5	6.5	6.5	14.5	5.0		36.0	排出		0.5					1.5		2.0	0.5	3.5	2.5	10.5	25.5
運転確認・試運転		0.5	2.0	1.5	0.5		4.5	運転確認・試運転			0.5	0.5					0.5		1.0	2.5	2.5	2.0
その他の作業合計		1.5	4.5	7.5	3.5		17.0	その他合計			0.5			0.5			0.5		2.5	1.5	6.0	11.0
合計	18.0	36.5	51.5	97.5	52.0	0.5	256.0	合計	1.0	4.0	2.5	0.5	1.0	1.5	6.0	0.5	9.0	1.0	28.0	26.0	81.0	175.0

(※1)災害数が0より大きい項目のみ記載。
なお、重傷は61日以上、中等傷は15日-60日、軽傷は14日以下をいう。

(※2)災害数が0より大きい項目のみ記載。なお、災害等級1、3、6級は推定された災害が存在しないため省略した。

ていた。次いで、障害等級4級に推定された災害が、羽根・翼で0.5件/年、刃1.0件/年、スクリューにて各々0.5件/年であった。

休業災害のうち障害に至ったと推測される災害の割合をみると、羽根・翼 22.0件/年(28.2%)、刃 13.5件/年(41.5%)、棒・軸 2.0件/年(14.8%)、スクリュー6.0件/年(35.3%)、回転軸 1.5件/年(60.0%)、圧延・ロール・ローラー5.0件/年(33.3%)であり、回転軸や刃での休業災害は障害を伴いやすいことが推察される。

これらの結果をもとに、全労働損失日数を算定し対数表示した結果を図8に示す。全労働損失日数が10,000日/年を超える可動部は、羽根・翼で20,622日/年(15.7%)と最も大きく、次いで刃18,881日/年(14.3%)、棒・軸(シャフト・ローター)が11,410日/年(8.7%)であり、これら3種で全体の全労働損失日数の38.6%を占めている。このほかの可動部の全労働損失日数は10,000日/年未満であったものの、これまであまり可動部として注目されてこなかったゲートや蓋などの開閉部にて、8,509日/年(6.5%)の労働損失が生じている。特に、図9に示すこれら可動部の全労働損失日数の構成比では、棒・軸(シャフト、ローター)および開閉部での全労働損失日数の約95%は死亡によるものである。このため、棒・軸および開閉部では、特に死亡災害防止対策が求められる。

4) 作業

図10に作業別の災害発生件数を示す。ここで、詰まりや異物の除去作業は、本来は投入、運転・製造などの過程にて発生した状況に対して、トラブル処理や清掃、保守作業などにて実行される。このため、除去作業を投入や清掃等の作業と同列に扱うことは、不適切であると

の見方もある。しかし、これらの除去作業が本来属する作業の特定が、死傷病報告の記録等からは困難なものが多いことから、詰まり除去や異物除去を作業単位とみなして扱うこととした*。ただし、「清掃作業中に詰まりを除去しようとして」など本来の作業単位が記述されていたものは、除去作業には分類していない(この場合には、清掃に分類)。なお、先に実施されたコンベヤおよび食品加工機械に対する分析においても、除去作業は作業単位として扱われている^{1,2)}。

図10より、休業災害では清掃時の災害が67.0件/年と最も多く、全体の26.2%を占めている。次いで詰まり除去36.5件/年(14.3%)、排出(加工物の取出し)36.0件/年(14.1%)、運転・製造33.0件/年(12.9%)、原料投入25.0件/年(9.8%)、および保守・点検・修理22.5件/年(8.8%)の順に災害発生数が高く、これらの作業にて全体の約86%を占めている。

死亡災害においても同様に清掃作業時の災害が3.4件/年と最も多く、死亡災害全体の35.9%を占めている。次いで、保守・点検・修理1.5件/年(15.5%)、運転・製造1.2件/年(12.6%)、原料投入1.1件/年(11.7%)、詰まりおよび異物除去(各々0.4件/年、各3.9%)の順に災害が発生しており、これらの作業にて全体の約83.5%を占めている。

* 詰まりや異物の除去をトラブル処理としてみなす場合もあるが、トラブルの定義は様々であり、業種や事業場にて解釈が異なる。想定事象はトラブルとみなさない事業場もあることから、本稿ではトラブル処理の名称は曖昧性が高いと判断して、作業単位には使用していない。

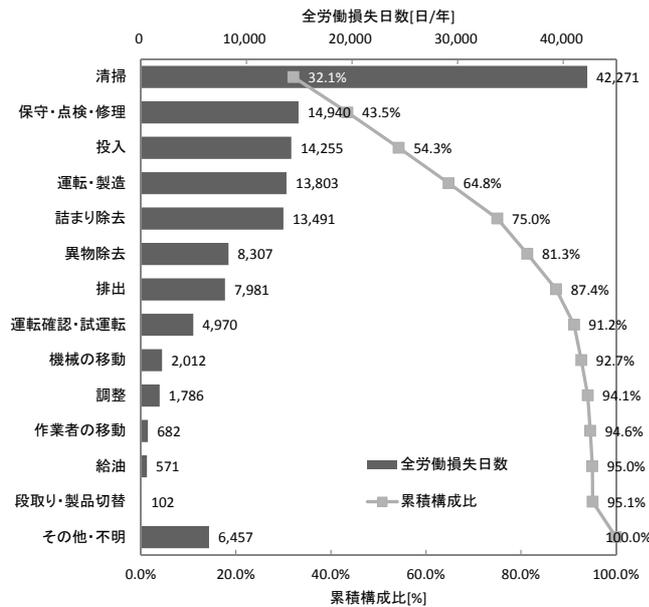


図 11 作業ごとの全労働損失日数

休業災害と推定障害等級の内訳を表 5 に示す。重傷災害が清掃 15.5 件/年(23.1%)、排出 10.0 件/年(27.8%)、詰まり除去 8.5 件/年(23.3%)、運転・製造 6.5 件/年(19.7%)などで発生しており、推定障害等級別では、清掃と異物除去にて死亡災害に相当する障害等級 2 級がそれぞれ 0.5 件/年発生している。次いで障害等級 4 級と推定される災害が清掃 1.5 件/年、保守・点検・修理、投入、運転・製造、詰まり除去、排出で各々 0.5 件/年、発生していると推定された。

これらの結果をもとに、全労働損失日数を算定した結果を図 11 に示す。清掃作業が最も労働損失日数が多く 42,271 日/年と全体の 32.1%を占めていた。このほか、10,000 日/年を超える作業は、保守・点検・修理 14,940 日/年(11.4%)、投入 14,255 日/年(10.8%)、運転・製造 13,803 日/年(10.5%)、詰まり除去 13,491 日/年(10.2%)であった。以上の作業にて、全労働損失日数の 75%を占めている。清掃作業における全労働損失日数が他の作業より 2.8 倍以上あることから、極めてリスクの高い作業であることがわかる。

図 12 に代表的作業の全労働損失日数の構成比を示す。作業ごとに構成比に特徴がみられ、清掃・と畜業では死亡による損失日数が全体の約 60%を占めるのに対し、保守・点検・修理では 70%を超えている。一方、障害による損失日数が最も大きな割合を占めるのは、詰まり除去および運転確認・試運転時であり、全体の約 70%を占めていた。

5) 事故の型

事故の型別の災害発生数を表 6 に、全労働損失日数を図 13 に示す。死傷病報告および死亡災害データベースに記載されている事故の型は、類似する災害発生状況に対して異なる型が記載されるなど、ばらつきがある。例えば、「墜落・転落」の結果発生した「はさまれ・巻き込まれ」による災害の事故の型には、「墜落・転落」、「はさ

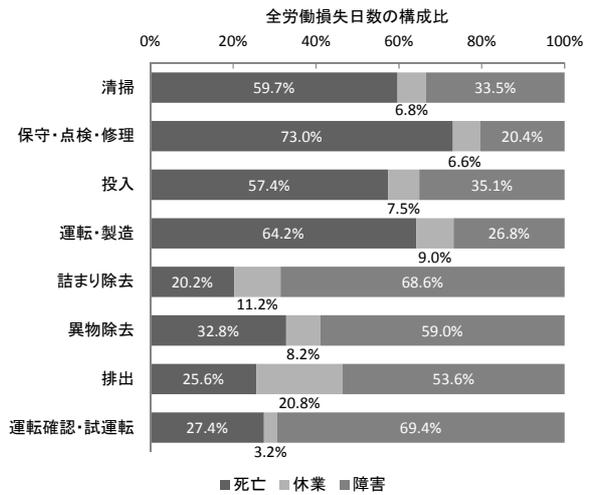


図 12 作業ごとの全労働損失日数の構成比

表 6 休業および死亡災害の事故の型別年間災害数

事故の型	休業災害発生数 [件/年]	構成比 [%]	死亡災害発生数 [件/年]	構成比 [%]
はさまれ、巻き込まれ	216.0	84.4%	8.5	90.3%
切れ、こすれ	25.0	9.8%		
激突され	6.0	2.3%		
転倒	4.5	1.8%		
飛来、落下	2.5	1.0%		
激突	1.0	0.4%		
墜落、転落	0.5	0.2%	0.8	8.7%
高温・低温の物との接触	0.5	0.2%		
感電			0.1	1.0%
合計	256.0	100.0%	9.4	100.0%

(*)発生件数が0より大きい項目のみ表示

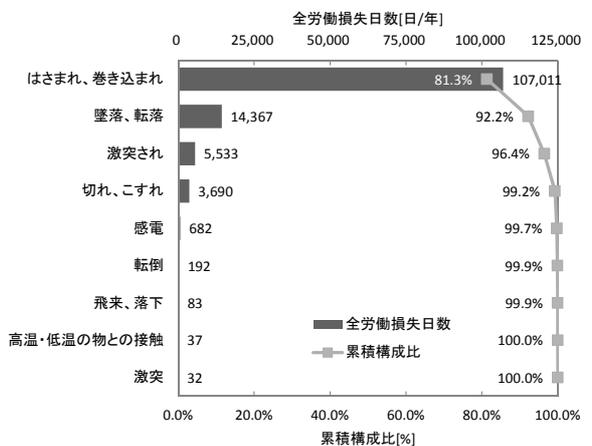


図 13 事故の型ごとの全労働損失日数

まれ・巻き込まれ」の 2 種が存在した。そこで、本分析では、発生状況の内容に応じて一部事故の型の修正を行っている（前述の例では、「墜落・転落」で統一した）。

表 6 より、休業および死亡災害は、共に「はさまれ・巻き込まれ」による災害数が最も多い。休業災害では 216.0 件/年で全体の 84.4%を占め、死亡災害では 8.5 件/年で全体の 90.3%を占めている。このほか、休業災害では切れ・こすれによる災害が 25.0 件/年(9.8%)などが発生している。一方、死亡災害では墜落・転落によるものが 0.8 件/年発生しており、全体の 8.7%を占めている。

表 7 災害多発業種においてリスクの高い機種と作業の組み合わせ

業種	機種	作業	全労働損失日数(日/年)
食料品製造業	食品加工機械	清掃	6,739
		運転・製造	4,641
		加工物の取出し	4,412
化学工業	混練機	清掃	5,252
		運転・製造	1,279
		清掃	2,470
化学工業	攪拌機・混合機	運転確認・試運転	2,041
		運転・製造	1,428
		投入	1,580
化学工業	粉砕機	運転確認・試運転	1,187
		清掃	4,221
		保守・点検・修理	2,060
土石製品製造業	製綿機械	詰まり除去	2,037
		清掃	5,980
		異物除去	5,910
清掃・と畜業	破碎機・クラッシャー	詰まり除去	3,605
		機械の移動	2,012
		投入	1,409
清掃・と畜業	減容機	投入	2,787
		清掃	2,045
		攪拌機・混合機	清掃

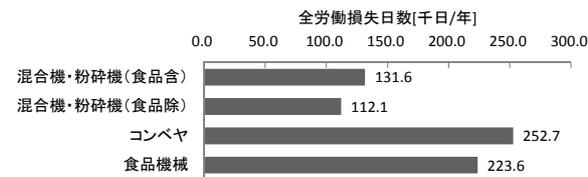


図 14 コンベヤおよび食品機械との比較

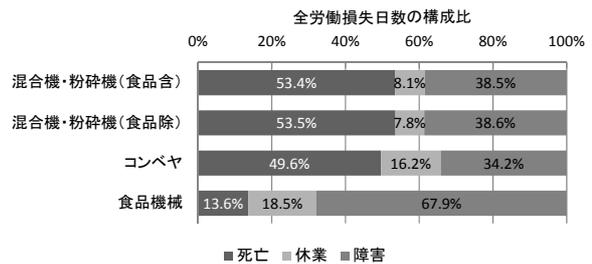


図 15 コンベヤおよび食品機械との構成比の違い

図 13 に示す全労働損失日数は、この特徴を反映しており、はさまれ・巻き込まれ 107,011 日/年(81.3%)に次いでリスクが高いのは墜落・転落 14,367 日/年(10.9%)である。休業災害では 2 番目に発生件数の多い切れ・こすれ 25.0 件/年(0.8%)は全労働損失日数ではリスク順位が 4 番目の 3,690 日/年(2.8%)であった。なお、墜落・転落災害の多くは、墜落・転落の結果、はさまれ・巻き込まれて死亡したものである。この場合、まずは墜落・転落防止措置を講ずることが対策上重要となる。

4 考察

1) 最もリスクの高い機種および作業の組み合わせ推定

これまでに分析した結果を利用して、業種別に機種および作業を組み合わせた場合の全労働損失日数を算定する。この結果は、各業種で使用する機種において、実施される作業のリスクを見積る際の指標となる。

算定の結果、全労働損失日数の最大値は約 6,700 日/年であったため、表に食料品製造業、化学工業、土石製品製造業、清掃・と畜業における 1,000 日/年以上となる全労働損失日数の組み合わせ項目を表 7 に示す。

食料品製造業では、食品加工機械における清掃作業が最もリスクが高く、6,739 日/年(食料品製造業全体の 35.8%)の損失日数であった。これは、全業種を通じて最も高い値である。次いで、運転・製造にて 4,641 日/年(24.7%)、排出(加工物の取り出し)にて 4,412 日/年(23.4%)の結果となり、食品加工機械におけるこの 3 作業にて食品製造業による全労働損失日数の 83.9%を占めている。

化学工業では、全労働損失日数が 1,000 日/年を超えた機種は混練機、攪拌機・混合機、粉砕機の 3 種であるが、リスクが高い作業の種類は各々異なっている。清掃作業

のリスクが高いものは混練機 5,252 日/年(化学工業全体の 25.1%)、攪拌機・混合機 2,470 日/年(11.8%)であったが、粉砕機では清掃作業は 1,000 日/年を超えておらず、投入 1,580 日/年(7.6%)、運転確認・試運転 1,187 日/年(5.7%)の結果であった。

土石製品製造業では、コンクリートミキサーと製綿機械によるリスクが高く、コンクリートミキサーでは清掃にて 4,221 日/年(当該業種全体の 23.9%)、保守・点検・修理にて 2,060 日/年(11.6%)の製綿機械では詰まり除去により 2,037 日/年(11.5%)の損失であった。

清掃・と畜業では、破碎機・クラッシャー、減容機および攪拌機・混合機での作業にて全労働損失日数が 1,000 日を超えていた。特に破碎機・クラッシャーでの作業はリスクが高く、清掃 5,980 日/年(18.7%)、異物除去 5,910 日/年(18.5%)、詰まり除去 3,605 日/年(11.3%)と、全業種を通じた機種・作業の組み合わせの中でも最もリスクが高い部類となる。減容機では投入作業にて 2,787 日/年(8.7%)、攪拌機・混合機の清掃作業にて 2,045 日/年(6.4%)の損失が推定された。

以上の結果より、最もリスクの高い組み合わせは、食料品製造業での食品加工機械における清掃作業(6,739 日/年)であるが、清掃・と畜業での破碎機・クラッシャーでは 5 種の作業にて全労働損失日数が 1,000 日を超えていることから、極めてリスクの高い機種・作業であることが定量的に明らかとなった。

2) コンベヤおよび食品機械との全労働損失日数の比較

図 14 に、コンベヤおよび食品機械²⁾を起因物とする労働災害に対して算定した全労働損失日数との比較を示す。これらの全労働損失日数の算定対象期間および災害

件数は、コンベヤ²⁾については平成11年～21年の10年間に発生した死亡災害167件(16.7件/年)、平成18年に発生した休業4日以上²⁾の災害1,192件であり、食品機械²⁾については平成2年～19年(ただし平成2年と19年は一部のみのため、概ね17年間)に発生した死亡災害69件(4.1件/年)と、平成18年に発生した休業災害4日以上²⁾の災害1,487件である。一方、本稿での混合機・粉砕機の対象期間と件数は平成12年～平成22年に発生した死亡災害103件(9.4件/年)、平成18年～19年に発生した休業4日以上²⁾災害512件(256.0件/年)である。

これら3機種の中ではコンベヤの全労働損失日数が 252.7×10^3 日/年と最も多く、次いで食品機械 223.6×10^3 日/年、混合機・粉砕機 112.1×10^3 日/年(食品加工機械を除いた場合)であった。なお、混合機・粉砕機を起因物とする労働災害データに混入した食品加工機械による労働災害の全労働損失日数が 19.5×10^3 日/年であった。

次に、これらの構成比をみると(図15)、機種ごとに特徴がみられる。コンベヤおよび混合機・粉砕機では死亡災害による損失日数が最も多く、全労働損失日数の約5割を占めるのに対し、食品機械では障害を伴う災害による損失日数が約7割を占めている。また、混合機・粉砕機では、休業による損失日数の割合が全体の約8%程度と少ない。

図15より、混合機・粉砕機全体としては、死亡および障害を伴う災害への対策が重要であることが伺える。先に示したように、死亡や障害が全労働損失日数に占める割合は機種や作業の組み合わせによって様相が異なることから、労働災害防止対策は、より詳細な分析結果に基づき検討されるべきである。

3) 労働災害防止対策に向けて全労働損失日数の活用

全労働損失日数を活用した具体的なリスク低減には、以下のような流れが考えられる。

まず、表7に示したリスクの高い組み合わせに該当する機種および作業については、これらの全労働損失日数の構成比をもとに、重点化すべき対策の方向性を決定すべきと思われる。例えば、表7での食料品製造業での食料加工機械による清掃作業の全労働損失日数の構成比は、死亡 6.14×10^3 日/年(91.1%)、休業477日/年(7.1%)、障害125日/年(1.9%)であることから、死亡災害防止に重点を置くべきと考えられる。一方、清掃・と畜業における破砕機・クラッシャーによる清掃作業では、全労働損失日数の構成比が、死亡 2.05×10^3 日/年(34.2%)、休業185日/年(3.1%)、障害 3.75×10^3 日/年(62.7%)となることから、障害災害防止を重点とすべきである。

次に、具体的な災害防止対策を検討するため、食品加工機械での死亡災害および破砕機・クラッシャーでの障害災害事例を類型化し、直接原因を求めた上で対策を検討する。この類型化を実施する際には、対象災害事例の業種を食品加工業や清掃業に限定しないことが重要である。同様に、作業中に接近する可能性のある可動部についても検討する。

このほか、表7の結果にかかわらず、機械設備の設計製造者や使用者がリスクアセスメントを実施する際に、機種や作業、可動部の全労働損失日数の構成比をもとに対策の優先順位を決定する、などが考えられる。

4) 死傷病報告記載時の注意喚起の必要性

混合機・粉砕機を起因物とする労働災害データに混入した食品加工機械による労働災害の全労働損失日数は 19.5×10^3 日/年であり、混合機・粉砕機全体の17.4%を占めていた。集計年度が異なるため概算比較となるが、この数値を食品機械の全労働損失日数(図14)に加えると、 243.1×10^3 日/年となり、コンベヤとほぼ同等の日数となってくる。

このようなデータ混入は複数年に渡って発生しているとみられ、図14に示した食品機械の全労働損失日数は実際の状況よりも過小評価されている可能性がある。

死傷病報告のデータの誤りは、事故の型についてもみられたことから、現状に即した分析をするためには死傷病報告の記載に関して、何らかの注意喚起が必要であることを提案する。

5 おわりに

本報告では、混合機・粉砕機による労働災害の実態を明らかにするため、死亡災害、休業4日以上災害および障害に至った可能性のある災害を対象に分析を実施し、「労働損失日数の活用によるリスクの定量化手法」を用いて、業種、機種、可動部および作業ごとのリスクの定量化を試みた。分析中、起因物が混合機・粉砕機ではなく食品加工用機械であるものが全体の17.3%含まれていることが判明したが、分析ではこれらを除外せずに食品加工機械として扱った。分析の結果、得られた結果を以下に示す。

- 1) 混合機・粉砕機全体での全労働損失日数は食品加工機械を含めて 131.6×10^3 日/年、除外した場合で 112.1×10^3 日/年であった。
- 2) 業種中分類ごとの全労働損失日数は、清掃・と畜業 32.0×10^3 日/年、化学工業 20.9×10^3 日/年、食料品製造業 18.8×10^3 日/年、土石製品製造業 17.7×10^3 日/年であり、これら4業種にて混合機・粉砕機全体の全労働損失日数の約68%を占めていた。
- 3) 機種ごとの全労働損失日数は、破砕機・クラッシャー 32.2×10^3 日/年が最も多く、次いで攪拌機・混合機 21.0×10^3 日/年、粉砕機 20.8×10^3 日/年、食品加工機械 19.5×10^3 日/年、混練機 11.0×10^3 日/年であり、これら5機種にて混合機・粉砕機全体の全労働損失日数の約80%を占めていた。
- 4) 可動部ごとの全労働損失日数では、羽根・翼が 20.6×10^3 日/年と最大であり、次いで刃 18.9×10^3 日/年、棒・軸(シャフト・ローター含む)が 11.4×10^3 日/年であり、これら3種で全体の全労働損失日数の38.6%を占めていた。他の可動部では全労働損失日数が 10.0×10^3 日/年を下回るものの、これまで可動部として考慮されることの少なかったゲートや蓋など

の開閉部にて 8.5×10^3 日/年の損失日数が生じており、なおかつその 96% は死亡によるものであった。

- 5) 作業ごとの全労働損失日数は、清掃 42.5×10^3 日/年、保守・点検・修理 14.9×10^3 日/年、投入 14.3×10^3 日/年、運転・製造 13.8×10^3 日/年、詰まり除去 13.5×10^3 日/年であり、これらの作業にて全体の全労働損失日数の 75% を占めていた。
- 6) 事故の型別では、休業災害の 84.4%、死亡災害の 90.3% がはさまれ・巻き込まれによるものであり、全労働損失日数は 107.0×10^3 日/年であった。一方、墜落・転落の結果、はさまれ・巻き込まれにより死亡する災害が 8.7% 生じており、この全労働損失日数は 14.4×10^3 日/年で全体の 10.9% を占めており、はさまれ・巻き込まれに次いで全労働損失日数が多い結果となった。
- 7) 業種別に機種および作業を組み合わせると全労働損失日数を算定した結果、もっともリスクの高い組み合わせは、食料品製造業での食品加工機械における清掃作業 6.7×10^3 日/年であった。一方、清掃・と畜業では破砕機・クラッシャーにおける清掃 6.0×10^3 日/年、異物除去 5.9×10^3 日/年、詰まり除去 3.6×10^3 日/年など 5 種の作業で全労働損失日数が 1.0×10^3 日/年を超

えていた。このため、清掃・と畜業での破砕機・クラッシャーによる作業が、極めて危険性が高い。

今後は、本分析をもとにリスクの高い作業や機種における災害の直接原因を分析し、再発防止対策のための事項を提案する予定である。

文 献

- 1) 梅崎重夫, 濱島京子, 清水尚憲, 板垣晴彦. コンベヤを対象とした労働災害分析—労働損失日数の活用によるリスクの定量的評価—. 労働安全衛生研究. 2012; 5-1: 33-44.
- 2) 梅崎重夫, 濱島京子, 池田博康. 食品機械を対象とした労働災害分析. 労働安全衛生総合研究所安全資料. 2012; JNIOOSH-SD-No.27.
- 3) 中央労働災害防止協会. 労働災害分類の手引き—統計処理のための原因要素分析—第 23 版. 中央労働災害防止協会; 2009: 73.
- 4) 厚生労働省. 職場のあんぜんサイト死亡災害データベース. http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/SIB_FND.aspx

Analysis of Occupational Accidents by Mixing and Crushing Machines

- Quantitative evaluation and comparison of risk based on work-days lost -

by

Kyoko HAMAJIMA^{*1}, Shigeo UMEZAKI^{*2} and Haruhiko ITAGAKI^{*3}

Every year, there are about 10 fatal occupational accidents, and about 250 accidents involving at least 4 days of lost work time, that involved mixing and crushing machines. However, the degrees to which accidents are critical, and the degree of risk, have not been determined for different industries, machine types and work types. Therefore an attempt was made to quantify these risks by calculating the total work-days lost for these items using a technique for quantitative risk evaluation based on work-days lost. The analysis results showed that the total number of work-days lost for all mixing and crushing machines was 131.6×10^3 days/year. Industries with the highest risk were, in order; cleaning/slaughter, chemicals, food product manufacturing, and stone and clay product manufacturing. These 4 industries accounted for about 68% of the total work-days lost. The highest risk by machine type were, in order; crushing machines, stirring/mixing machines, grinding machines, food processing machines, and kneading machines. These accounted for about 80% of the total. By work type, risk was highest for cleaning, followed by, in order: maintenance/inspection/repair, raw material loading, operation/manufacturing, and obstruction removal. These types of work accounted for 75% of the total.

Key Words: mixing and crushing machines, occupational accident, accident analysis, risk evaluation, Work-days lost

*1 Electrical Safety Research Group, National Institute of Occupational Safety and Health

*2 Mechanical System Safety Research Group, National Institute of Occupational Safety and Health

*3 Chemical Safety Research Group, National Institute of Occupational Safety and Health