

クレーンの概要

目次

クレーン技術の概要

1. 収集資料の範囲
2. 1 はじめに：クレーンについて
 2. 1. 1 クレーンの位置付け
 2. 1. 2 クレーン技術の遷移
 - 1) 特許より見た技術の遷移
 - 2) 技術関連記事より見た技術の遷移
2. 2 調査対象技術の樹形図
3. クレーン技術の樹形図と ISO12100 との関連

クレーン技術の概要

1. 収集技術の範囲

本標準技術集では主として国際特許分類 B66C1/00-23/94 および B65G1/00 にいうクレーン：天井クレーン、ジブクレーン、橋形クレーン、アンローダ、ケーブルクレーン、テルハ、スタッカー式クレーン、トラッククレーン、ホイールクレーン、クローラクレーン、鉄道クレーン、浮きクレーン、デリック、その他のクレーン および吊具を取り上げる。

但し本標準技術集で収集するクレーン技術は労働安全衛生法に言うクレーン以外に、クレーン類似設備であっても、法に言うクレーンへ応用の可能性がある技術も対象範囲としている。また移動式クレーンの下部走行体に関する技術については、主として車両に関する技術であるので、対象としていない。

また文献資料の収集は JOIS の検索(検索範囲:1994 年以降)により抽出したものを主としており、国内外のホームページ、2004 年国際物流展でのカタログ、メーカーのカタログなどで補足した。

2. 1 はじめに：クレーンについて

2. 1. 1 クレーンの位置付け

クレーンの利用分野とその主たる用途は図 1 に示すように、物流システム、建設工事、製造業などに広く適用され、その用途、使用環境に応じ、種々の形式が開発されてきた。

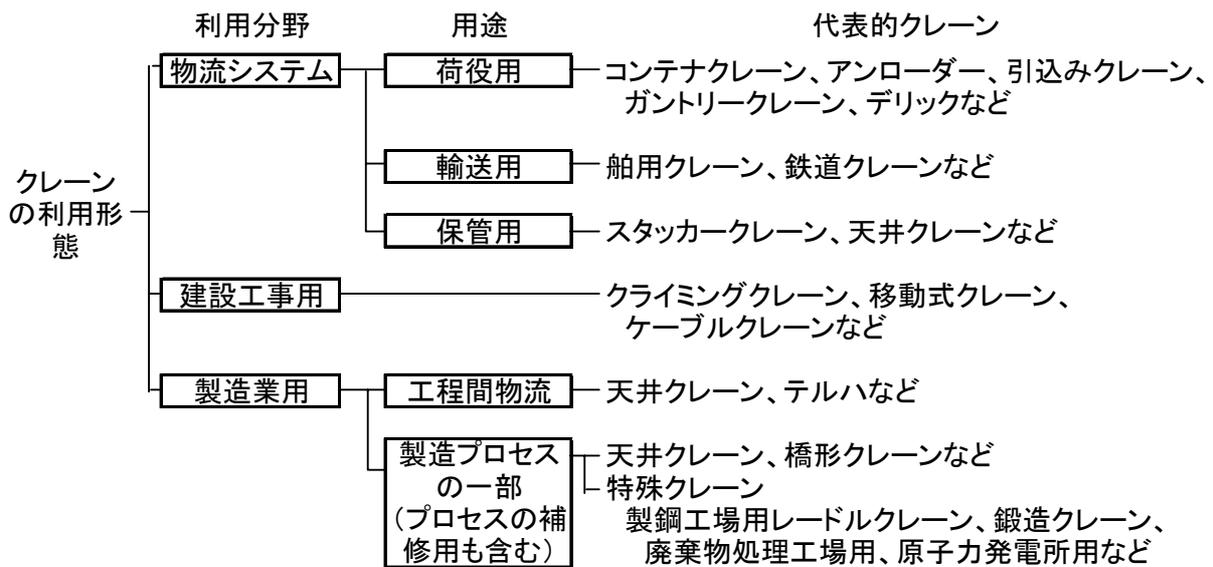


図 1 クレーンの主たる用途と代表的クレーンの形式

クレーンの形式は揚重機の形式、支持構造体の形状、用途、クレーンの移動方式などにより、分類されるが、日本クレーン協会編「クレーン等安全規則の解説」によれば、表 1 のように分類されている。

表1 クレーンの分類

	大分類	注分類	小分類	細分類	
クレーン	天井クレーン	普通型 天井クレーン	ホイスト式天井クレーン		
			トロリ式天井クレーン	クラブトロリ式天井クレーン ロープトロリ式天井クレーン (セミロープトロリ式天井クレーン含む)	
			特殊型 天井クレーン	旋回マントロリ式天井クレーン	
				すべり出し式天井クレーン	
		旋回式天井クレーン			
		製鉄用天井クレーン	装入クレーン レールクレーン 鋼塊クレーン 焼入れクレーン 原料クレーン 鍛造クレーン		
		ジブクレーン	ジブクレーン	塔形・門形ジブクレーン	塔形ジブクレーン 高脚ジブクレーン 片脚ジブクレーン
				低床ジブクレーン	低床ジブクレーン ポスト型ジブクレーン
				クライミング式ジブクレーン	
			つち形クレーン	ホイスト式つち形クレーン トロリ式つち形クレーン	クラブトロリ式つち形クレーン ロープトロリ式つち形クレーン
	引込みクレーン			ダブルリンク式引込みクレーン シングルバース式 ロープバランス式 テンションロープ式	
	壁クレーン	ホイスト式壁クレーン トロリ式壁クレーン			
	橋形クレーン	普通型 橋形クレーン	ホイスト式橋形クレーン		
			トロリ式橋形クレーン	クラブトロリ式橋形クレーン ロープトロリ式橋形クレーン マントロリ式橋形クレーン	
		特殊型 橋形クレーン	旋回マントロリ式橋形クレーン		
			ジブクレーン式橋形クレーン 引込みクレーン式橋形クレーン		
	アンローダ	橋形クレーン式アンローダ		クラブトロリ式アンローダ ロープトロリ式アンローダ マントロリ式アンローダ	
			特殊型アンローダ 旋回マントロリ式アンローダ		
		引込みクレーン式アンローダ		ダブルリンク式アンローダ ロープバランス式アンローダ	
	ケーブルクレーン	固定ケーブルクレーン		固定ケーブルクレーン 揺動ケーブルクレーン	
			走行ケーブルクレーン	片側走行ケーブルクレーン 両側走行ケーブルクレーン	
			橋形ケーブルクレーン		
	テルハ スタッカー クレーン	テルハ 普通型スタッカー式クレーン		天井クレーン型スタッカー式クレーン 床上型スタッカー式クレーン 懸垂型スタッカー式クレーン	
			荷昇降式スタッカークレーン	天井クレーン型スタッカークレーン 床上型スタッカークレーン 懸垂型スタッカークレーン	
		地上移動	トラッククレーン	トラッククレーン	
				車両積載形トラッククレーン レッカー形トラッククレーン	
	移動式 クレーン	ホイールクレーン	ホイールクレーン		
			ラフテレーンクレーン		
		クローラクレーン		クレーン機能を備えた建設車両 鉄道クレーン	
水上移動	浮きクレーン				

クレーンは広く産業分野を支援する重要な設備であるが、産業界の動向を反映し、図2に示すように、その設置台数は平成7～8年をピークとして停滞気味である。

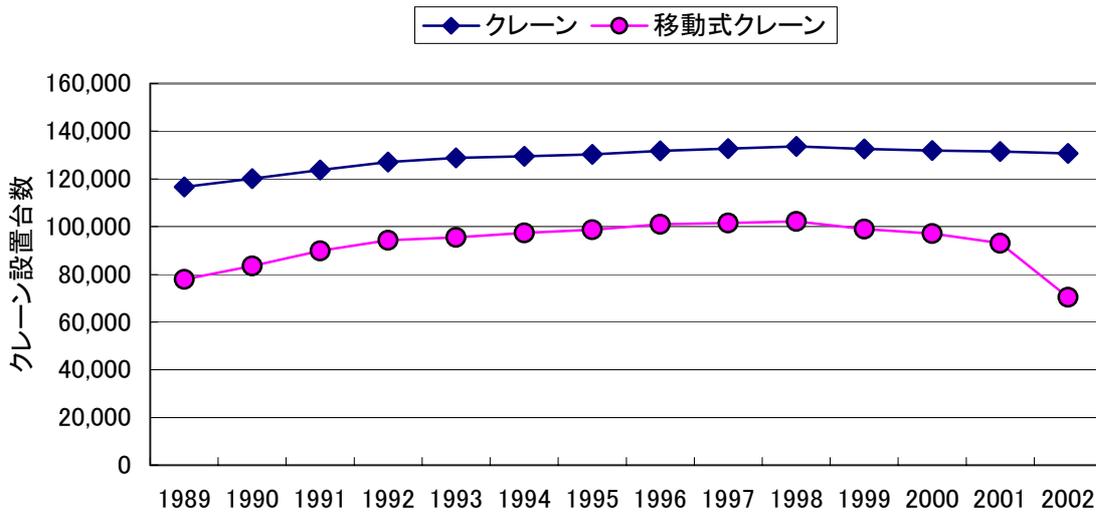


図2 日本におけるクレーン設置台数の推移
(クレーン協会ホームページ：各種統計「クレーン等設置数（過去）」より作図)

クレーンの生産台数自体も図3、4に示すようにバブル崩壊後の設備投資の冷え込みによる建設工事の低迷、製造業の不況の影響により、クレーン、移動式クレーンとも平成2～3年をピークとして減少に転じている。

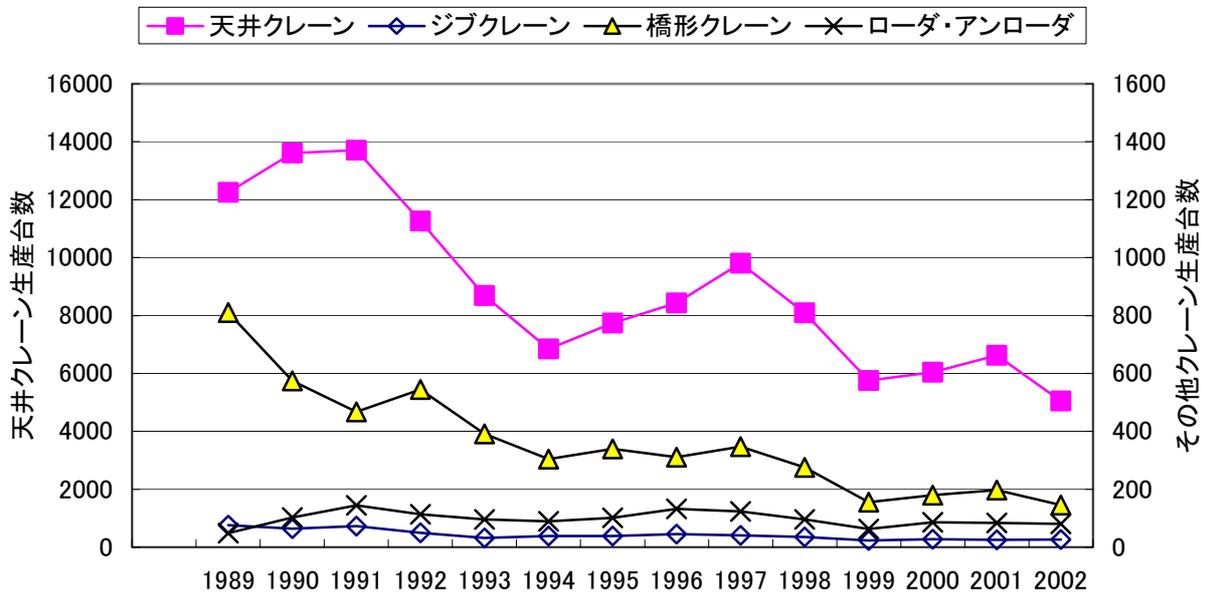


図3 クレーン生産台数の推移
(クレーン協会ホームページ：各種統計「クレーン生産台数」より作図)

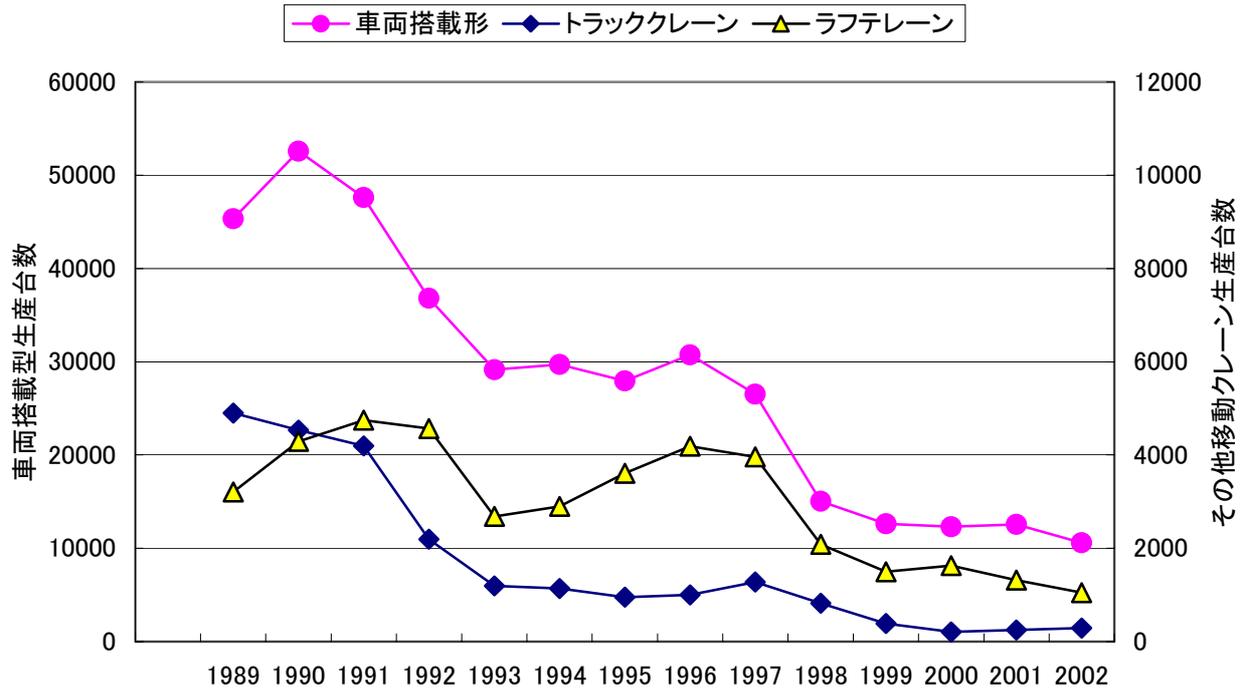


図4 移動式クレーン生産台数の推移
 (クレーン協会ホームページ：各種統計「クレーン生産台数」より作図)

2. 1. 2 クレーン技術の遷移

1) 特許より見た技術の遷移

クレーンに関する特許は、図5に示すように1993年以降8624件の特許が公開され、公開件数の推移から、クレーンの技術開発は‘90年代を通じ活発になされていたと推定される。

(検索：特許電子図書館 (IPDL) による 検索式：B66? 検索範囲：1993/1～2004/8)

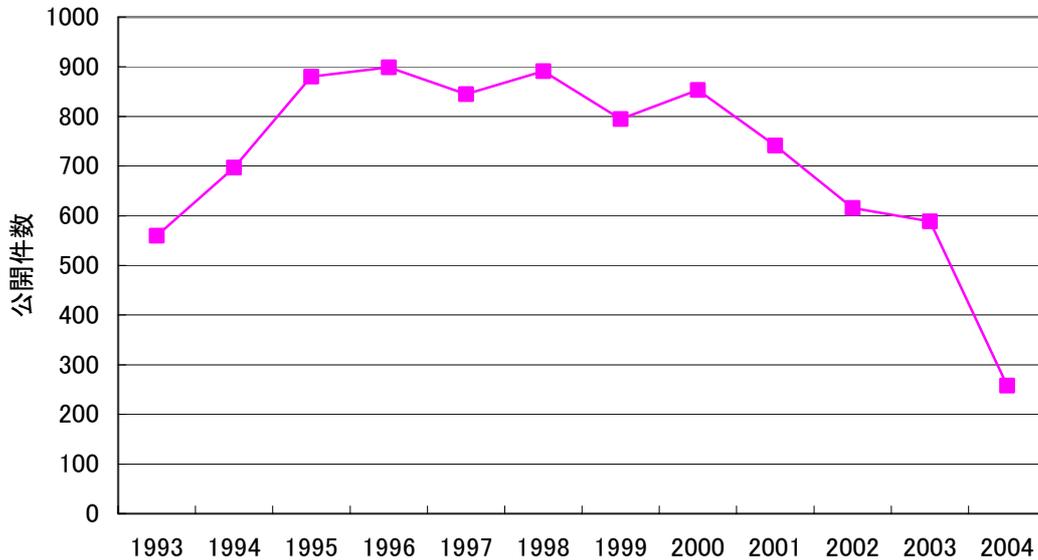


図5 クレーンに関する公開特許件数の推移

図6はIPDLによりクレーンに関する特許B66Cのメイングループ別の出願比率を調査した結果である。(検索範囲：1993/1～2004/8)

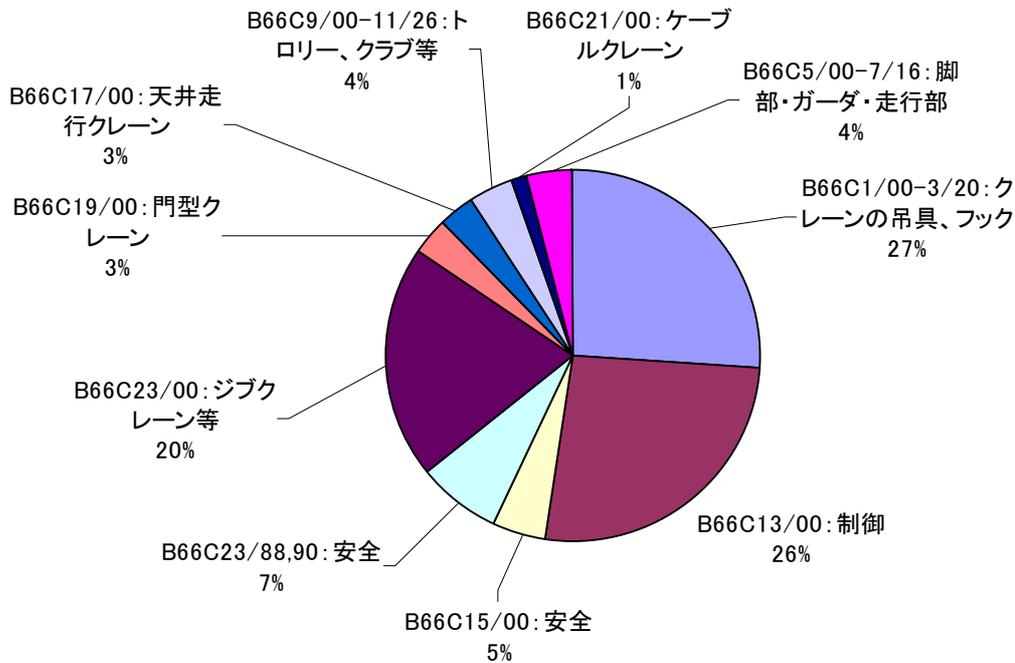


図6 クレーンに関する特許の分類別出願比率

図6より、クレーンに関する技術開発は吊具・フック、クレーンの制御、ジブクレーン（ジブを有するクレーンで移動式クレーンも含む）を主として行われてきたことが判る。

またジブクレーン（B66C23/00）のサブグループには安全装置に係るものも7%含まれており、B66C15/00の安全に関するものと合計すると12%となり、安全に関する技術開発も重要な開発項目である。

図7に公開特許公報により、2000年以降公開されたクレーンに関する（IPC：B66Cが付与された）特許・実用新案の内、ジブクレーン（B66C23/?）723件について、そのサブグループを解析した結果を示す。（検索範囲：2000/1～2004/8）

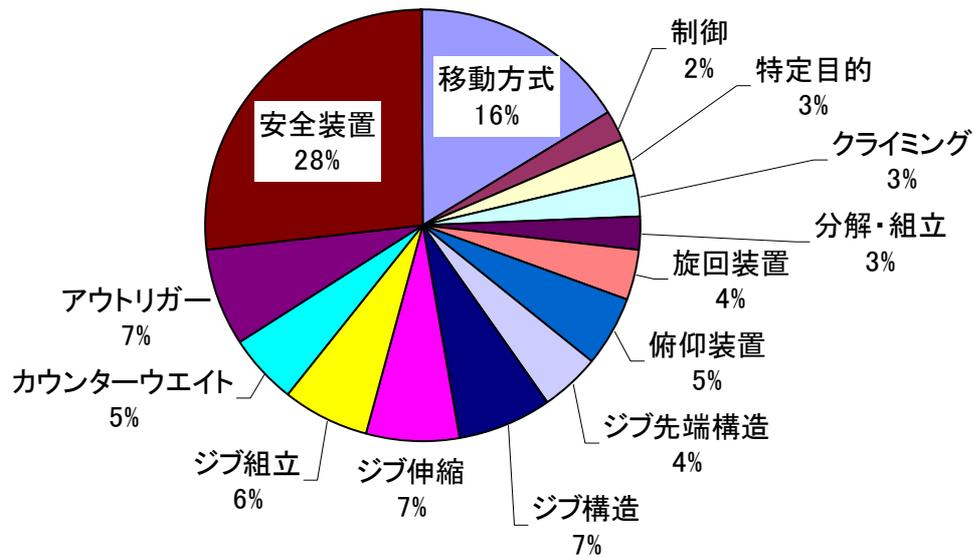


図7 ジブクレーンに関する特許（B66C23/ ）の内訳

アウトリガー、カウンターウェイトなど転倒防止のための装置に関する発明も安全装置の一部と見なすと、安全に関する技術開発はクレーン技術の中で大きなウェイトを占めていることが判る。

更に特許公開公報により、2000年以降公開されたクレーンに関する（IPC：B66Cが付与された）特許・実用新案3141件につき、その筆頭IPCを解析した結果を表2に示す。
（筆頭IPCはその特許発明の主題に主として対応する国際特許分類を示す。）
（検索範囲：2000/1～2004/8）

表2よりクレーンを主として主題とする発明が全体の2/3を占め、その内制御（B66C13/00）に関する特許・実用新案519件では、制御装置284件、荷振れ制御100件、運転室39件であった。
ジブクレーン（B66C23/00）737件では安全装置194件、ジブ構造に関するもの127件、カウンターウェイト、アウトリガー92件であった。

また吊具（B66C1/00）に関する特許495件の中では、特殊吊具が122件と最も件数が多く、また吊具に関する特許の出願人の数は309社、個人と多方面からの出願がなされている。

吊具に関する特許の出願人の内クレーン・物流機器・吊具メーカーによるものが159件、土木・建築・建材メーカーによるものが59件、鉄鋼・金属メーカー42件、輸送・物流企業23件、自動車メーカー8件、その他企業115件、海外企業23件、個人34件であり、専門メーカーの出願は約1/3、明らかに吊具のユーザーと思われる企業が1/3弱、その他企業・個人1/3と吊荷形状に合わせた吊具の発明がなされていることが推定される。

クレーンに関する発明以外では、土木・建設、倉庫（物流関係）などのクレーンの利用分野、建築、車両関係（移動式クレーンの足回り）、流体機器（F15B）、運転室（B25J）、電力装置（H02P）などのクレーン要素に関する技術開発がなされていることがわかる。

また病人の輸送または設備（A61G）、原子炉（G21C）など特殊な分野にクレーン技術の適用が図られていることが分かる。

表2 2000年以降公開されたクレーンに関する特許(B66C?)の筆頭IPC解析
(検索範囲:2000年1月~2004年8月)

クラス	主たるサブクラス	件数	技術内容
B66		2347	巻上装置;揚重装置;牽引装置
	B66C	2149	クレーン;クレーン, キャブスタン, ウインチまたはタックル
	1/00	526	クレーンの吊具、フック
	13/00	519	クレーンの制御;調整
	23/00	737	ジブクレーン
	B66F	110	他に分類されない巻上げ, もち上げ, 牽引, または押進
	B66D	77	キャブスタン;ウインチ;タックル
	B66B	11	エレベータ;エスカレータまたは移動歩道
E02		207	水工;基礎;土砂の移送
	E02F	197	掘削;土砂の移送
B65		91	運搬;包装;貯蔵;薄板状または線条材料の取扱い
	B65G	76	運搬または貯蔵装置
	B65D	9	物品または材料の保管または輸送用の容器
E04		82	建築物
	E04G	70	足場;型枠;せき板;建築用器具またはその他の建築用補助具, またはそれらの使用;現場における建築材料の取り扱い;現存する建築物の修復, 解体またはその他の作業
B60		57	車両一般
	B60S	17	他に分類されない車両の手入, 洗浄, 修理, 支持, 持ち上げ, 移動
	B60P	8	荷物移送に適した車両, または特殊荷物または特殊目的物を移送
	F15B	57	流体手段によって作動する系一般;流体圧アクチュエータ
B62		31	鉄道以外の路面車両
	B62D	30	鉄道以外の路面車両/自動車;付随車
F16		29	機械要素または単位
	F16B	9	構造部材または機械部品同志の締め付けまたは固定のための装置
	F16H	7	伝動装置
B25		24	手工具;可搬形動力工具;マニプレータ
	B25J	23	マニプレータ;マニプレータ装置を持つ小室
B61		19	鉄道
	B61B	14	鉄道/鉄道方式;他に分類されない設備
E21		14	地中もしくは岩石の削孔;採鉱
G01		14	測定
H02		14	電力の発電, 変換, 配電
B63		13	船舶またはその他の水上浮揚構造物;関連機装品
	B63B	12	船舶またはその他の水上浮揚構造物;関連機装品
	A61G	10	病人の輸送または設備;手術用台またはいす
G05		9	制御;調整
H01		9	基本的電気素子
	H02P	8	電動機, 発電機, 回転変換機の制御または調整;変圧器, リアクトル またはチョークコイルの制御
	G21C	7	原子炉
	その他	156	
	合計	3141	

2) 技術関連記事より見た技術の変遷

クレーンに関する専門誌としては(社)日本クレーン協会発行の機関誌‘クレーン’が著名であり、平成5年1月～平成16年6月間の同誌の記事の中より、報告、特集、資料、論説、紹介など技術関連記事の表題を解析し、どのようなクレーン技術が主となっているかを調査した結果を表3に示す。

表3 ‘クレーン’誌の記事表題分析

項目		記事件数
クレーン全般		
	クレーン設計	16
	耐震性	16
	超大型クレーン	17
	新規開発技術紹介	25
	クレーンの適用事例	13
メンテナンス		
	総合メンテナンス	3
	TPM	3
	メンテナンス技術の継承	3
	メンテナンス技術	15
	ワイヤーロープに関するもの	10
	メンテナンスのための評価技術・センサ	12
安全		
	安全作業啓蒙・教育	15
	ヒューマンエラーの防止	4
	クレーンシミュレーター	9
	操作室の改善	12
	感電防止	5
	安全装置・センサ	28
	吊具自動化・安全対策	6
	その他安全対策	14
自動化		
	モニター	1
	クレーンの自動化	9
	振れ止め制御	6
	電動機の制御	4
	クレーンの無線	14

また JICST により、2000 年以降のクレーンに関する文献を検索し、アブストラクトよりクレーンの技術に関する文献を 256 件抽出し、文献に付与されている JICST 記事分類コードを解析した。

検索は下記分野を対象とし、クレーン (QE01020F) 以外は記事分類コード*クレーンとし検索した。

JICST 分類コード	対象技術分野
QE01	荷役・運搬機械・倉庫
QE01010U	荷役・運搬機械・倉庫一般
QE01020F	クレーン
QE01060X	倉庫 (自動倉庫、立体倉庫含む)
QE03020T	建設用運搬機械
QG07010Q	特殊自動車・特装車・特用車一般

その結果を表 4 に示す。

256 件の文献に付与された記事分類コードは 444 件であり、その内訳は以下の通りである。

- ・クレーンが 142 件、移動式クレーン等建設機械に係るものが 62 件などクレーンそのものが 204 件とほぼ半数を占めている。
- ・荷役・運搬機械・倉庫など物流に係るものが 65 件
- ・その他クレーンの適用に関するものとして、建設工学が 81 件 農林水産が 4 件 原子力プラントが 2 件
- ・物流、運搬管理、情報工学など経営に係るものが 20 件
- ・制御に係るものが 19 件
- ・安全管理、産業災害など安全に係るものが 10 件

表4 クレーンに関する文献のJICSTの記事分類コードによる解析

分類コード			分類項目名	件数
1階層	2,3階層	4階層		
Q			機械工学	280
	QE01		荷役・運搬機械・倉庫	207
		QE01020F	クレーン	142
		QE01010U	荷役・運搬機械・倉庫一般	35
		QE01050M	パレット・コンテナ	15
		QE01040B	その他荷役・運搬機械	9
		QE01060X	倉庫	6
	QE03		建設機械	62
		QE03020T	建設用運搬機械	59
R			建設工学	81
	RA07		建設施工	25
	RC15		港湾施設、港湾工事	21
	RC16		ダム一般	8
K			経営工学	25
	KA08		物流	12
	KB05		運搬管理	6
	KB06		安全管理	6
I			システム・制御工学	19
	IA02		システム設計	13
	IB03		人間機械系	4
N			電気工学	9
	NB		電力工学	4
G			医学	5
	GB05		産業衛生、産業災害	4
H			工学一般	5
	HD02		構造動力学	5
B			物理学	2
	BB02		振動	2
F			農林水産	4
S			環境工学	3
J			情報工学	2
M			原子力工学	2
	MD04		原子力付属プラント	2
Y			化学工学	2
	YJ04		塗装	2
W			金属工学	1
	WB03		腐食・防食	1
Z			その他	2
T			運輸交通工学	1

以上の特許、文献の調査により、クレーンに関する技術の拡がりがあり、これを樹形図に反映させることとする。

クレーンについては、労働安全衛生法、JIS によりその構造、機能などが規制されており、それらを満たした上で、クレーンユーザーのニーズにより技術開発がなされてきた。

これらの技術開発は、表 1 に示すような多数のクレーンの種類毎に行われており、クレーン全体を俯瞰した技術の変遷を述べるのは困難であるが、その傾向は次のように要約できる。

- ・高機能化の追及

- 大容量、高速・高精度化、専用機の開発、情報化

- ・ランニングコストの低減

- 無人化・省力化（クレーン、吊具の自動化）、クレーン運用の効率化、保守費用の低減

- ・安全性の追求

- 操作者の負荷削減（自動化、運転環境の向上）、安全装置・センサの開発、保守作業の安全、耐震性向上、PL 法への対応

- ・環境への配慮

- 低振動・低騒音、排気ガス（移動式クレーン）

2. 2 調査対象技術の樹形図

調査対象技術の樹形図を次頁に示す。

表5のクレーン技術はクレーンに対する要求機能を使用者側の視点により大分類し、中分類は大分類した機能を達成するための手法、手段で細分し、小分類はそのための技術とし、階層的に細分化した。

表5のクレーン技術の樹形図は表6、7の各種クレーン、吊具に共通する技術的項目であり、また適用されるクレーン、吊具によりその具体的事例は異なる。

技術資料の収集、分類にあたっては、表5を技術の主軸とする。各技術に対して表6、7のクレーンの種類、吊具の種類に対応した分類も付与する。

また複数の小分類にまたがるクレーン技術については、主たる技術に基づき分類し、副となるクレーン技術はその小分類記号を技術対応表にしめした。

表5 クレーン技術の樹形図

大分類	中分類	小分類
1. 作業性の向上	1. 作業管理システム	1. 生産・在庫管理システム
		2. 稼動実績管理システム
	2. 荷振れ防止	1. 制御による荷振れ防止
		2. 吊具による荷振れ防止
		3. クレーン本体による荷振れ防止
	3. 自動化	1. 自動化・省力化
		2. 位置制御
		3. 遠隔操縦
		4. 吊具の自動化
		5. 吊荷の検出用センサ
		6. 信号、電力伝送
	4. 高機能化	1. 速度制御性
		2. 操作性
		3. 多機能化
		4. 小型・軽量・簡便化
		5. 移動性の向上
6. 高能率・大容量		
2. 安全性の向上	1. 安全管理	1. リスクの事前評価
		2. クレーン作業者の教育システム
		3. クレーン運転者の負荷低減
		4. 安全管理支援システム
		5. 管理区域の設定
	2. 安全のための制御	1. 複数クレーンの干渉防止
		2. 障害物の回避
	3. 異常時の機械停止装置	1. 過負荷制限装置
		2. モーメント制限装置
		3. 衝突防止装置
		4. その他の安全装置、センサ
	4. 機械的保護設備	1. 逸走、落下防止
		2. 転倒防止
	5. 電磁気災害防止対策	1. 短絡・感電防止
		2. 電磁障害防止
	6. 作業者の保護	1. 人検知保護設備
		2. 人検知センサ及び監視装置
	7. 自然災害対策	1. 地震対策
		2. 風対策
		3. 落雷対策
	3. 保全性の向上	1. 保全管理システム
2. 設備管理システム		
2. 保全作業負荷の低減		1. 設備の長寿命化
		2. 保全作業の容易化
4. 環境負荷の低減	1. クレーン本体の環境負荷対策	1. 騒音防止
		2. 異物落下防止
	2. クレーン作業に伴う環境負荷対策	1. 飛散防止
		2. 運転者の保護

表 6 クレーンの種類

クレーンの種類		
大分類		小分類
1. 設置式クレーン	天井クレーン等	1. トロリ式天井クレーン
		2. ホイスト、テルハ
	ジブクレーン等	3. ジブクレーン
		4. クライミング式クレーン
	港湾クレーン	5. コンテナクレーン
		6. アンローダ
		7. トランスファークレーン
		8. その他
	自動倉庫	9. スタッカークレーン
		10. ケーブルクレーン
2. 移動式クレーン		1. トラッククレーン
		2. ホイールクレーン
		3. クローラクレーン
		4. 鉄道クレーン
		5. 浮きクレーン
3. その他	その他特殊クレーン及びクレーン類似設備	
4. 共通	クレーン共通技術	

表 7 吊具の種類

吊具の種類
1. 真空吸着吊具
2. リフティングマグネット
3. 機械式吊具
4. スプレッダー
5. スリング
6. フック
7. グラブ
8. その他

3. クレーン技術の樹形図と ISO12100 との関連

ISO12100 は、機械類の設計、製造、据付、使用、廃却の機械のライフサイクル全てにおいて安全を求めている。今後この ISO12100 に示された原則に従い、機械類の安全性に関する見直しが行われ、その過程において新規な技術開発も予想されるので、本標準技術集で収集した技術と ISO12100 との関連について記載する。

ISO12100-1, 2 : 2003 機械類の安全性—設計のための基本概念、一般原則は ISO9000 (品質システム) や ISO14000 (環境マネジメントシステム) と同じように機械類の安全性に関する国際規格である。

この規格は 1992 年より作成が開始され 2003 年 ISO12100-1, 2 : 2003 として正式発行された。この規格は機械類の安全に関し、最上位の規格 (A 規格 : 基本安全規格) であり、全ての機械類に対し共通して適用できる基本概念、設計原則を規定している。この規格が対象としているのは、機械類の設計者 (製造者) であり、機械の危険源から発生する傷害、健康被害のリスクを回避または低減することを目的としている。我が国でもこの規格作成に参画し、1995 年よりその JIS 化に取り組んでおり、1998 年には JIS 原案が作成されている。

この間厚生労働省では 2001 年 6 月 1 日付けで ISO12100 に基づいた「機械の包括的な安全基準に関する指針」を労働基準局長名で通達している。

その安全化の手順は、別図 8 に示すように使用者の情報を勘案して、リスク分析、評価を行い、適切なレベルまでリスクが低減できるよう本質的安全設計、安全防護および追加の安全対策を講じ、更に残存するリスクについては使用上の情報として使用者に公開し、使用者において必要な保護方策が実施される。保護方策には安全組織、追加安全防護物、保護具、訓練などがあるが、この詳細は本規格の対象外としている。

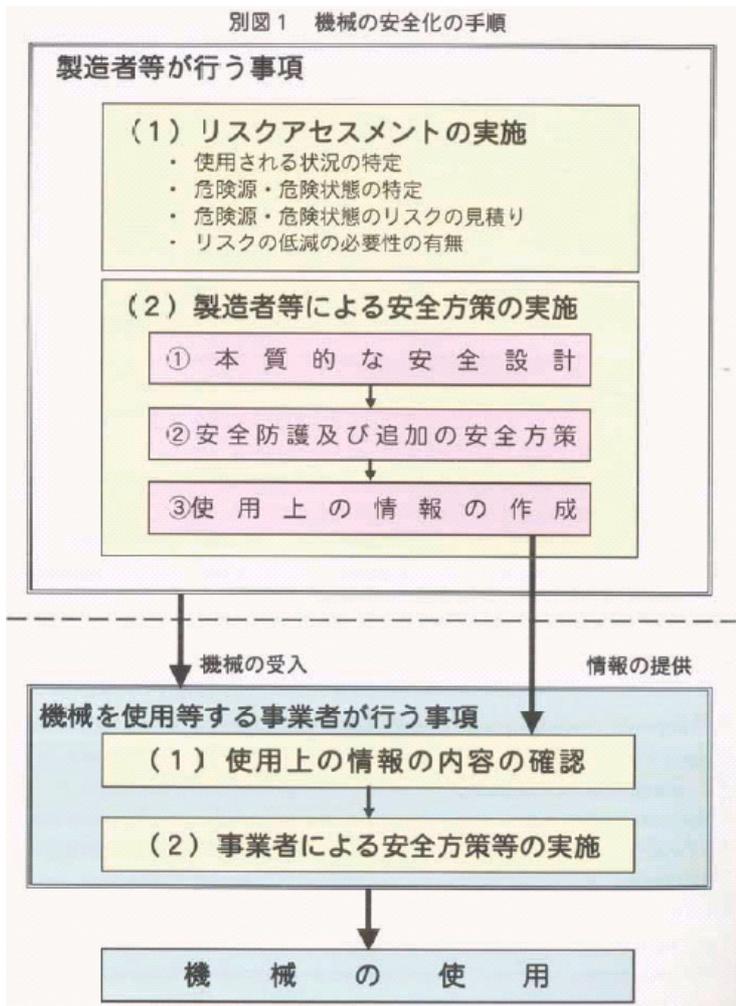


図 8 機械の安全化の手順
出典: 厚生労働省通達「機械の包括的な安全基準に関する指針について」
(基発第 501 号 H13 年 6 月 1 日)
別図 1 を加筆修正

本質的安全設計（安全の作り込み）については4章に14条項にわたり、設計時に配慮すべき原則が記載されている。これらは大別すると表8のように大きく8分類できる。

（但し、4. 1 3項は6）、7）項とも関連する項目であり、また4. 1 2項は5）項とも関連する。）

表8 IS012100-2で示される本質的安全設計の手順の例

4. 本質的安全設計方針	
1) 機械自体の安全設計	
4. 2	幾何学的要因及び物理的側面の考慮 制御位置からの視認性 鋭利な機械端部、角等の回避、機械可動部分に身体の一部を挟まないような間隔 機械の作動力/運動エネルギーの極小化 エミッション（騒音、振動、危険物等）の低減
4. 3	機械設計に関する一般的技術知識の考慮（応力、材料特性、エミッションの考慮）
4. 4	適切な技術の選択
4. 6	安定性に関する規定 基礎、重量分布、転倒モーメント、振動の考慮 外力（風圧等）の考慮
2) 機械的結合の安全原則	
4. 5	構成品間のポジティブな機械的作用の原理の採用
3) 人間工学原則の遵守	
4. 8	人間工学原則の遵守
4) 電気/空圧/液圧の危険源防止	
4. 9	電氣的危険源の防止
4. 10	空圧および液圧設備の危険源の防止 （最大定格圧、サージ圧、洩れの考慮、圧抜きへの配慮）
5) 制御システムの設計原則	
4. 11	制御システムへの本質的安全設計方針の適用 起動/停止、再起動、動力中断時の配慮 自動監視、安全制御システムの配慮事項 保全、段取り等の時の制御モード、モード切替 電磁両立性 制御システムの診断システム
6) 設備の信頼性	
4. 12	安全機能の故障の確立の最小化 （信頼性のある構成品の使用、安全関連構成品の二重系、故障検出）
7) 設備の保全性	
4. 7	保全性に関する規定（接近性、取り扱いの容易性、特殊機材の極小化の考慮）
8) 危険源へ接近する作業への配慮	
4. 13	設備の信頼性による危険源への暴露機会の制限
4. 14	搬入（供給）/搬出（取出し）作業の機械化及び自動化による 危険源への暴露機会の制限
4. 15	設定（段取り等）及び保全の作業位置を危険区域外とすることによる 危険源への暴露機会の制限

安全防護について5章に規定されている。その主なものは、表9に示すように、9) ガードと10) 安全装置に大別できる。

9) のガードは機械の安全カバーおよび安全柵（侵入検知インターロック付、施錠付など）などであり、5. 2. 2～5. 2. 4項に規定されている。

10) の安全装置は機械的拘束装置およびインターロック装置などを含んでおり、5. 2. 6および5. 2. 7項に規定されている。

また5. 2. 5項に規定されている（人）検知保護設備は人または人体一部の危険域への侵入または存在を検知し、安全装置を作動させるものである。収集した技術の中にも人検知のためのセンサ技術があるが、クレーン作業は範囲が広いため、人を検知し、直ちに安全装置を作動させるレベルにまで適用されているものは、まだ限られている。

表9 IS012100-2出示される安全防護の例

5	安全防護
9)	ガード
5. 2. 2～5. 2. 4	ガード（カバー、安全柵など）
10)	安全装置（機械的拘束装置、インターロック装置など）
5. 2. 6	安定性のための保護方策 運動制限装置、ストッパー、固定装置、アンカーボルト 加減速度制限装置、負荷制限装置、警報
5. 2. 7	その他の保護装置 運動、圧力、温度制限装置 過負荷、モーメント、トルク制限装置 機械の衝突、干渉防止装置
5. 2. 5	（人）検知保護設備
5. 3	ガード及び保護装置の設計に関する要求事項 保護装置の無効化の防止
5. 4	エミッション低減のための安全防護（囲い、スクリーン、局所排気など）
5. 5	付加保護方策 非常停止装置、人の救助、脱出のための手段、機械、構成部品の安全な取扱いに関する準備 保全、修理時のエネルギーゼロ化 保全用プラットフォーム、安全な通路、階段
6	使用上の情報 信号及び警報装置表示、標識、警告文、付属文書（特に、取扱説明書）

これらは機械類全般に関する設計原則であり、特にクレーンについては次の規定がある。

- ・ 制御位置からの視認性に対する配慮—持ち上げられた荷の可動区域（4. 2. 1項）
- ・ ロープ、チェーン、揚荷用付属品の応力限界は安全係数を持たせる（4. 3項）
- ・ 制御システムは機械類の部品、機械自体、又はワークピース及び／又は機械類に保持されている荷の運動を、安全な設計パラメータ（例えば、範囲、速度、加速度、減速度、負荷容量）に制限するように設計しなければならない。動的な影響（例えば、負荷の揺れ）に対して許容範囲を決めなければならない。

例えば、次による。

—負荷を持ち上げる機械類の部品の運動範囲は指定した制限内に維持しなければならない。

（4. 1 1. 1項）

- ・ 機械がオペレータによる連続した制御を必要とする時（例えば、移動機械、クレーン）その機械は、運転が指定された制限内にとどまるようにするために必要とされる装置を装備しなければならない。（5. 2. 7）

また4. 8. 1項において、オペレータおよび機械に対して機能（自動化の程度）を割り当てる時、オペレータの精神的または身体的ストレスおよび緊張を低減するための設計時の人間工学原則を考慮す

るよう謳っており、クレーン作業のように常時吊荷の動き、吊荷廻りの作業を監視しなければならない作業においては、自動化は人間工学原則の遵守に沿うものと思われる。

これらの規定から吊荷の振れ止め、クレーンの自動化などは本質的安全設計の一部であることが判る。

またクレーン作業が他の機械作業と大きく異なる点は、大部分のクレーンの玉掛け作業がISO12100では危険な領域とされているところで行われていることで、この作業の安全化は現状では十分と言えない。しかし吊具の自動化が一部では進められており、この吊具の自動化は4.14項の搬入（供給）/搬出（取出し）作業の機械化及び自動化による危険源への暴露機会の制限に相当する本質的安全設計である。

また吊具の完全自動化が現状では困難と予想されるので、吊具の自動化以外の技術が玉掛け作業に適用されることが望まれる。

今後クレーン作業について、ISO12100の考えを適用していけば、8)の危険源へ接近する作業の本質安全化が図られるものと期待される。

図9に今回収集した文献類より作成したクレーン技術の樹形図とISO12100 - 1, 2 : 2003との関連の主なものを示す。ただし樹形図はクレーンに対する要求機能を使用者側の視点により体系化しているので、ISO12100の体系とはズレており、大まかな関連図である。

図よりISO12100に規定されている機械類の安全性に関する設計原則が、樹形図の安全性向上以外に極めて広い範囲におよんでいる事が分かる。

図9 クレーン技術の樹形図とISO12100との関連

