

IT を活用した安全管理手法の開発

—安全要求事項抽出の容易化に配慮したシステム設計ガイドの提案—†

濱 島 京 子*1 梅 崎 重 夫*2 木 吉 英 典*3 中 北 輝 雄*3

団塊世代の熟練職員の大量退職や、不況時の採用抑制による若手人材の不足により、安全管理のノウハウが現場から消失しはじめるなど、様々な要因による労働安全衛生水準の低下が懸念されており、こうした状況を証明するかのように、作業、環境的要因や管理的要因による労働災害が発生している。そこで、人の不安全行動を抑制し注意力を維持、補完する作業支援策として「IT を活用した新しい安全管理手法」の開発が厚生労働省の計画の下に、(独)労働安全衛生総合研究所と(社)日本鉄鋼連盟の連携によって進められた。本稿は、このうち、労働安全衛生総合研究所が中心となって開発したシステム設計ガイドについて述べる。設計ガイドの開発にあたっては、情報の全ライフサイクルを対象にリスク関連情報を活用する際のあるべき姿を考察するとともに、鉄鋼業における労働災害分析結果を基に IT を活用した安全管理システムの有効性を検証した。また、設計ガイドの開発では、産業現場での実用性を考慮してガイドをタイプ A, B, C の階層化モジュール構成として構築するとともに、事業場のシステム導入担当者が後述するリスクアセスメント総括表などのいくつかの表を埋めるだけで比較的簡単にシステム設計に必要な安全上の要求事項を抽出できるように配慮した。以上の結果は、第 11 次労働災害防止計画に掲載された「IT を活用した安全衛生管理手法の普及促進」に活用できると考える。

キーワード: ISO12100, 安全管理, 労働災害, IT, システム設計, 2007 年問題

1 はじめに

近年、雇用の流動化や就業形態の多様化、設備の自動化、省力化、集約化の進展、アウトソーシングの進展等による混在作業の増加等、労働者を取り巻く状況は大きな変化を見せている。さらに、不況時の新規採用人員の絞り込み等による若手人材(20代~30代前半)の不足に加えて団塊世代の大量退職が始まっていることから、人材を補うために経験年数の短い労働者を多数、作業に従事させざるを得ない状況となっている。

これらにより、労働の現場において、a) 現場の実情を踏まえた安全管理のノウハウの消失、b) 労働者の熟練度の相対的な低下、c) 体系的な教育の困難化、d) 一人作業の増加、e) 担当範囲の拡大、多能工化、f) 技術のブラックボックス化、g) 危険情報の伝達、共有の困難化など、多様な問題による労働安全衛生水準の低下が懸念される場所であり、このような問題を背景とした労働災害の発生も懸念される場所である。

これらの問題に対応するために、近年進歩の著しい携帯情報端末、IC タグ、データベースシステムなどの IT を活用した新たな安全管理手法の開発が厚生労働省により計画され、独立行政法人労働安全衛生総合研究所と社団法人日本鉄鋼連盟の連携によって IT を活用した安全管理手法の開発と鉄鋼現場での実証実験を進めている¹⁻²⁾。

本稿では、まず第 2 章で情報の全ライフサイクル(情報の収集、分析、保存、検索、伝達、共有、見直し、更

新または削除)を対象にリスク関連情報を活用する際のあるべき姿を考察する。第 3 章では、鉄鋼業における労働災害分析結果を基に IT を活用した安全管理システムの有効性を検討する。第 4 章では、IT を活用した安全管理システムを構築する際の具体的指針として、著者らが連携して開発したシステム設計ガイドを提案する。このガイドでは、事業場のシステム導入担当者が後述するリスクアセスメント総括表などのいくつかの表を埋めるだけで、比較的簡単にシステム設計に必要な安全上の要求事項を抽出できるように配慮した。第 5 章では具体的システムの構築例を述べ、第 6 章ではシステム設計時における留意事項を考察する。

なお、本報で提案する IT を活用した安全管理手法は、国際的な安全技術規格である ISO12100-1(機械類の安全性—設計のための基本概念、一般原則)³⁾に定める本質的安全設計方策や安全防護物の適用が困難な場合に限り適用すべきものである。したがって、本質的安全設計方策や安全防護物の適用が可能な場合は、IT を活用した安全管理システムによって代替を図ってはならないことに留意されたい。

2 ライフサイクルを考慮したリスク関連情報の活用と作業支援システム

1) 計画及び実行段階での作業支援

機械の災害防止対策では、PDCA とライフサイクルの発想に基づく情報の活用が重要である(表 1 参照)。このため、著者らは、機械作業の計画(Plan)や見直し(Action)段階で必要な情報検索用ツールとして、作業関連情報やリスク関連情報のデータベースに関する要求事項の解明を進めている。このうち、前者には作業標準、作業手順、作業マニュアル、トラブル処理や保全の履歴などが含まれる。また、後者には危険源、危険状態、残留リスクに関する情報や、労働災害事例、ヒヤリハット事例などが含まれる。

† 原稿受理 2008 年 3 月 25 日

*1 労働安全衛生総合研究所 電気安全研究グループ

*2 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 社団法人日本鉄鋼連盟 IT 活用安全管理システム実証企画運営委員会
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.jniosh.go.jp

表1 ライフサイクルを考慮したリスク関連情報の活用

PDCA	計画 (Plan)	実行 (Do)	点検 (Check)	見直し (Action)
ライフ サイクル	収集 分析 保存 検索	伝達 共有	識別	更新 削除
作業 支援用 システム	データ ベース	情報伝達	識別/ 警報	データ ベース

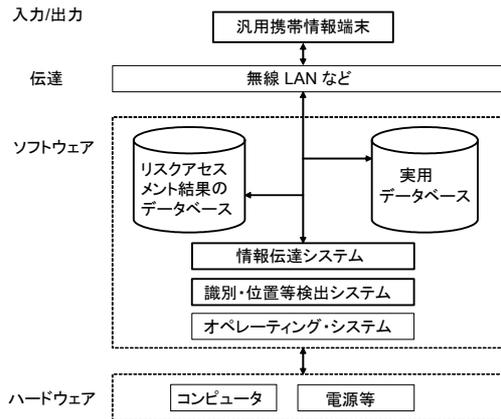


図1 IT活用安全管理システムの基本構成

一方、作業の実行(Do)段階では、作業者にこれらの情報を伝達するとともに、作業者間での情報の共有を図る情報伝達システムが必要である。このシステムで利用できる端末には、携帯電話や無線LANをインフラとした各種の携帯情報端末(PC, タブレットPC, IP電話, PDAなど)が考えられる。しかし、様々な携帯情報端末を同時に使用すると操作が複雑となって実用的でない。このため、著者らは、次のような特性を備えた汎用携帯情報端末のコンセプト提案を行なっている。

- 情報の検索、伝達、識別などを1台で行える。
- 文字だけでなく、画像や音声などの情報伝達手段も利用できる(マルチコンテンツ性)。
- 騒音環境下でも通話が阻害されない。
- 画面の大きさ(視認性)と可搬性(軽量化)との間で最適なトレードオフ設計となっている。
- 過酷な環境下でも安定して動作する(ロバスト性)。
- 操作に不慣れ(高齢者など)でも容易に操作できる。
- ハンズフリーである。
- 電源(バッテリーなど)が長寿命である。

また、情報伝達システムの通信には以下の機能が求められる。

- 複数作業員間での同時多極通話が実現できる。
- 作業場全域で良好に使用でき、死角がない。
- マルチメディアデータの伝送ができる。

2) 点検 (Check) 段階での作業支援

実際の機械作業では、汎用携帯情報端末からの情報に

基づいて行なわれる作業の実行(許可)に関わる正常確認が必要である。これは、PDCAの点検(Check)段階に相当する。このため、著者らは、この段階に相当する情報として、システムを構成する人間と機械の識別と警報に関する情報の要求事項の解明を進めている。具体的には、識別された作業員が作業を許可された者か否かの判定や、作業員や機械の現在位置や作業状態に応じた警報の発生などが該当する。また、これらの情報を生成するシステムとして、ISO12100に定める安全防護物とRFID(ICタグ)などを組み合わせて、人間と機械の識別、入退出管理、作業位置や作業状態の監視などを行なうシステムの検討を進めている。

3) ITを活用した安全管理システムの基本構成

図1は、以上の点を考慮して著者らが提案するITを活用した安全管理システムの基本構成図である。このシステムでは、作業関連情報とリスク関連情報のデータベース、汎用携帯情報端末、情報伝達システム、識別警報システムを基本構成要素として、作業員が安全な機械作業を行えるように最適な支援を行なうことを目的としている。

このうち、作業関連情報のデータベースは、「機械の制限及び意図する使用の明確化」に活用することでリスク低減が期待できる。また、リスク関連情報のデータベースは、「危険源及び危険状態の同定」と「リスクの見積もりと評価」、及び後述する危険点近接作業における「作業標準の計画」と「教育や訓練の計画」に活用することでリスク低減が期待できる。さらに、情報伝達システムは共同作業や単独作業の連絡調整に活用でき、識別警報システムは広大領域内に存在する作業員のトレーサビリティに活用することでリスク低減が期待できる。

3 労働災害分析結果に基づくITを活用した安全管理システムの有効性の検討

次に、鉄鋼業における労働災害分析結果を基にITを活用した安全管理システムの有効性を検討する。

現在、機械安全分野では、国際的な安全技術規格であるISO12100-1(機械類の安全性一設計のための基本概念、一般原則)にしたがって機械に対する保護方策を行なうのが常識となりつつある(図2参照。ただし破線部はISO12100-1には含まれない)。

この方策の中心となるのが、本質的安全設計方策と安全防護物の適用である。このうち、前者には機械の可動部が発生する力、速度、エネルギーの制限などが含まれる。また、後者では固定式ガード、可動式ガード、光線式安全装置を初めとする各種の保護装置(安全装置)の適用などが該当する。しかし、実際の現場では、次のような理由から本質的安全設計方策や安全防護物の適用が困難なときがある。

- 機械の停止が困難な危険点近接作業⁴⁾がある。これには、作業員が機械の可動部を停止させないで、可動部に近接して行なう段取り、トラブル処理、保全、清掃などの作業がある。また、仮に機械の停止が可

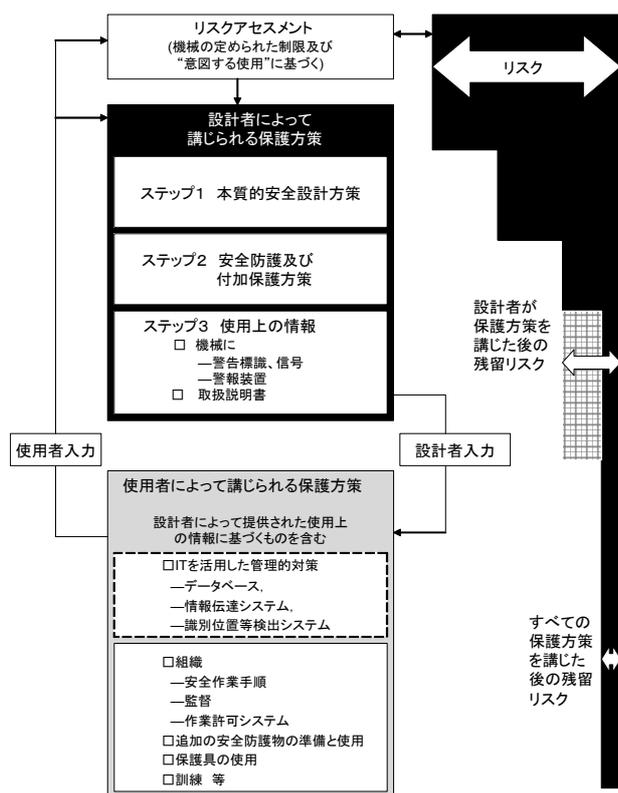


図2 ISO12100におけるリスク低減プロセスとIT活用安全管理の位置づけ

能であっても、停止後の復旧に相当な時間を必要とするために、機械の停止が実際上期待できない作業がある。

- b) 保護装置による直接監視が困難な広大な領域内での作業⁵⁾がある。このような作業では、作業者が機械の再起動時に広大領域内を直接目視して安全確認を行うなどの困難性がある。
- c) 作業者間の円滑なコミュニケーションが必要な共同作業や、作業者個人の高い技能が必要な単独作業がある。

以上の作業に対しては、労働安全衛生法によって、運転開始時の合図（労働安全衛生規則第104条）や清掃、給油、検査又は修理などの作業時における機械の運転停止（同第107条）など、作業者の注意力に依存した安全管理活動を義務付けている。しかし、人の注意力には限界があり、時として不安全行動が発生する可能性がある。そこで、どのような不安全行動に起因して労働災害が発生しているかを鉄鋼業における労働災害事例を対象に検討した。

表2は鉄鋼業で発生した死亡労働災害44件を対象に、作業者支援システムの活用によるリスク低減の可能性を著者らが分析した結果である^{6,7)}。この分析は、社団法人日本鉄鋼連盟安全衛生専門委員会が平成15年8月に公表した「鉄鋼業における重大災害事例編」を使用して実施した。これは、平成4年からの10年間に日本の鉄鋼業で発生した機械による死亡労働災害の調査結果をまと

表2 鉄鋼業における死亡労働災害の分析（単位：件）

リスク低減策の分類		リスク低減の可能性
安全防護物の適用 17 (38.6%)	固定式ガード	1 (2.3%)
	可動式ガード	16 (36.4%)
	保護装置	5 (11.4%)
	制御システムの安全関連部分	4 (9.1%)
	ロックアウト/タグアウト	14 (31.8%)
ITを利用した作業者支援システム 18 (40.9%)	データベース	9 (20.5%)
	情報伝達	12 (27.3%)
	識別、位置等検出	9 (20.5%)
一般的な安全管理の適用 9 (20.5%)	訓練、作業許可システム、保護具の使用など	9 (20.5%)
合計		44 (100.0%)

めたものである。ただし、事故の型は「挟まれ、巻き込まれ」と「激突され」に限定した。

表からも明らかのように、ISO12100に定めた設備的な保護対策が有効と判断できたのは17件（38.6%）であった。また、この対策が困難と認められた事例についてさらに分析を進めたところ、作業者支援システムを活用できる可能性があるとして判断できたのは18件（40.9%）であり、一般的な安全管理を適用せざるを得ないと判断できたのは9件（20.5%）であった。以上より、鉄鋼業で発生した死亡災害の約4割は作業者支援システムの活用によってリスクを低減できる可能性が推察される。

4 システム設計ガイドの提案

次に、ITを活用した安全管理システムを構築する際の具体的な指針として、著者らが連携して開発したシステム設計ガイドを提案する¹⁾。このガイドの概要は次のとおりである。

1) 目的と位置付け

- a) 本設計ガイドでは、ITを活用した管理的対策を導入しようとする事業者が基本設計を行う場合の基本原則、手順、必要とされる機能及び留意事項を定めることを意図している。
- b) 本ガイドは、IT機器の仕様や使用条件を示すことを意図していない。これらの事項は、管理的対策を導入する事業場の条件に即して具体的に決定すべきものである。
- c) 本設計ガイドの核となるのが、リスク低減措置である。これは、労働安全衛生法第28条の2の制定に伴って策定された「危険性又は有害性等の調査等に関する指針公示第1号（RA指針）」の原則に基づく。具体的には次による。

- ① システムの設計や計画の段階で、危険性又は有害性を除去または低減する措置（本質的安全設計方策な

ど)を最優先する。

- ② ①が困難な場合、工学的対策（ガードや安全装置の適用など）を実施する。
- ③ 設計段階での対策及び工学的対策の実施が困難な場合、又はこれらを実施してもなお危険性又は有害性が存する場合に限って管理的対策を実施する。
- d) 多くの事業場（ユーザ）側のシステム設計者にとって、実際のシステム設計ガイドを一読しただけで設計を実施するのは困難と考えられる。このため、本ガイドでは、システムの開発者が後述するリスクアセスメント総括表などのいくつかの表を埋めるだけで、比較的簡単にシステム設計に必要な安全上の要求事項を抽出できるように配慮した。

2) リスク低減戦略

実際のシステム設計では、リスクアセスメントの結果に対して設備的な保護方策（工学的対策）を優先的に適用した後に、なお残るリスク（残留リスク）に対してITを活用した管理的対策を実施する。このときの安全管理に関する要求仕様を決定する指針が本設計ガイドである。

図2に ISO12100 に基づくリスク低減措置を実施後に本設計ガイドを利用したときのリスク低減戦略を示す。

この戦略では、最初に実態調査を実施して機械の使用上の制限などを明らかにした後に、危険性又は有害性（ハザード）を同定して、リスクの見積もりを行なう。このリスクに対して設備的な保護方策（工学的対策）を優先的に適用し、リスクの低減を図る。

しかし、設備的な保護方策だけで常に適切なリスク低減が達成できるとは限らない。このため、図2のリスク低減戦略では、設備的な保護方策だけでは適切に低減できないリスクに対してITを活用した安全管理システムによって更なるリスク低減を試みる。

3) 設計ガイドの構成と内容

開発したシステム設計ガイドは、図3に示す階層的なモジュール構成として体系化を図った。ここで、各モジュールの意味は次のとおりである。

a) モジュール A（基本原則）

ITを活用した安全管理システムを構築する際に留意すべき基本原則を示している。具体的には、このガイドの目的範囲、位置付け、適用の前提、全体構成さらにはこのガイドを適用するシステムの目標、各要素の仕様検討上の留意事項や一般的要求事項を示している。また、設計手順の概略とシステムの基本構成を示している。

b) モジュール B（汎用モジュール）

ITを活用した安全管理システムを構築する際の基本要素として、「データベース」、「情報伝達」及び「識別、位置等検出」に関する安全管理システムの要求仕様を示している。

① データベースシステム（B-01）

本ガイドは、収集した情報とリスクアセスメントの結果に基づいて、ITを活用したデータベースシステムを構築するときの要求仕様の決定方法を定めている。

モジュール A 基本原則	A IT活用システム導入の基本原則			
モジュール B 基本システム	B-01 データベース システム	B-02 情報伝達 システム	B-03 識別・位置等 検出システム	
モジュール C 応用システム	C-01 オンライン マニュアル	C-02 緊急時対応 システム	C-03 設備点検・ 現場作業 支援システム	C-04 過接近警告 システム

図3 設計ガイドの構成

② 情報伝達システム（B-02）

本ガイドは、情報伝達の対象者、形態、内容、データ形式、操作機器、対象の存在場所などの検討に基づいて、IP電話などのITを活用した情報伝達システムを構築するときの要求仕様の決定方法を定めている。

③ 識別、位置等検出システム（B-03）

本ガイドは、RFIDなどのITを活用した識別システムや位置等の検出システムを構築するときの要求仕様の決定方法を定めている。

c) モジュール C（応用モジュール）

ITを活用した安全管理システムを構築する際の応用要素として、「オンラインマニュアル」、「緊急時対応システム」、「設備点検、現場作業支援システム」、「過接近等の警告システム」に関する安全管理システムの要求仕様を示している。各モジュールの概要は次のとおりである。

① オンラインマニュアル（C-01）

機械設備や作業を熟知していない労働者がタブレットPC等の個人用携帯情報端末を活用し、必要な時に必要な事項を閲覧するためのオンラインマニュアル。

② 緊急時対応システム（C-02）

緊急作業等で労働者が緊急用の携帯情報端末を活用し、必要なときに必要な事項を閲覧し、必要な情報を伝達することが可能なシステム。なお、このガイドでは、通常のインフラダウン時を緊急時として想定している。

③ 設備点検、現場作業支援システム（C-03）

ICタグと携帯情報端末を活用し、機械設備の点検箇所を自動的に表示すると共に、作業と安全上のポイントや過去の点検履歴を踏まえ問題がある場合に警告を発するためのシステム。

④ 過接近等の警告システム（C-04）

ICタグを活用し、職場を熟知していない労働者の危険、有害な場所への立入やヒューマンエラーによる危険、有害な機械設備等への過接近等を防止するための警告システム。

以上のモジュール B 及び C を組み合わせて、ITを活用した安全管理システムを構築する。このとき、モジュール C の設計ではシステムの開発者がリスクアセスメン

ト総括表(表3参照), リスク低減措置分析表(表4参照), オンラインマニュアルなどのコンテンツ分析表(表5参照), ハードウェアの制約条件等の分析表(表6参照)などのいくつかの表を埋めるだけで, 比較的簡単にシステム設計に必要な安全上の要求事項を抽出できるように配慮した。これらの表を利用してシステムを設計する際のフローチャートを図4に示す。

また, 図5に, 厚生労働省が例示したシステムを構築する際のモジュールB及びCの組み合わせを示す。ここで, 厚生労働省が例示したシステムには次のようなものがある。

(ア) 機械設備の点検箇所を自動的に表示するシステム及び過去の点検履歴を踏まえ問題がある場合に警告を発するためのシステム。

(イ) トラブル発生時に適切な対処方法を対話式により提供するためのシステム。

(ウ) 労働者の危険, 有害な場所への出入りや危険, 有害な機械設備等への過接近を防止するための警告システム。

(エ) 労働者が携帯情報端末を活用し, 必要な時に必要な事項を閲覧するためのオンラインマニュアル。

(オ) 事業場内の離れた場所においても画像情報(機械設備運転状況等)を含めた情報を多方面の同時伝達を可能とするためのコミュニケーションツール。

5 システム構築の具体例

設計ガイドに基づいて構築した安全管理システムの具体例を示す。図6は, 作業手順書のデータベース化の例である(活用例(エ))。手順書などのマニュアルをデータベースに登録しておくことで, 必要な時に必要な手順書をすぐに検索し閲覧することができる。加えて, コンピュータネットワークにデータベースを接続することで, 無線通信機能を備えた汎用情報通信端末を用いて遠方の作業現場よりデータベース内のマニュアルを検索し閲覧することもできる。

図7は, 複数の作業員間での連絡調整を支援する情報伝達システムの例である(活用例(オ))。複数人の作業員が同時に会話をすることができ, かつ, 通話中の回線に割込むことができるため, 話し中でつながらないという事態を防ぐことができる。また, 構内のスピーカに電話から直接メッセージを流すことができる。

図8は, ICタグを用いて作業員の所在箇所把握や危険区域への入退出および過接近を警告するシステム例である(活用例(ウ))。作業員の所在把握には, 位置を検出する方式と, ゲートでの入退出管理による方式の二種類がある。

このように, IT活用安全管理では, 上記(ア)～(オ)の機能を単独または組み合わせて使用することで, 作業の安全化を実現し, 同時に作業の効率化も図れるものである。

6 ITシステム導入時の留意事項の考察

安全管理にITシステムを導入する際には, システムの導入により作業のリスクが増大しないよう考慮しなければならない。ITシステムがリスクを増大させる要因としては, リスク低減方策としてITの適用がそもそも不適切であった場合と, ITシステムに生じたトラブルにより作業のリスクが増大する場合とが考えられる。前者は設備側保護方策の実施が不十分な場合に相当し, 後者は情報伝達(通信)の障害やITシステム全体のトラブルなどが相当する。以下に, リスクの増大を防ぐための留意事項とその対応策について考察し, IT活用安全管理手法の効果についても推察する。

1) 設備側保護方策の妥当性の検証

リスクの増大要因としてまず懸念される事態は, ITシステム導入時に, 本来はITシステムで低減すべきでないリスクが残っている場合である。すなわち, 設備側保護方策が不十分なままITシステムが導入される状況に相当する。

ITすなわち情報技術の多くは, ISO12100が要求する水準には達していない。例えば後述するように, 無線通信技術では通信の途絶や遅延が生ずるリスクが常に存在することから, ITシステムを設備側保護方策の代替として導入することは, リスクを増大させる危険が存在する。

このため, 図2に示すようにIT活用安全管理は, ISO12100に基づく設備側保護方策の実施後, なお残るリスクに対してのみ実施されるものであり, 適切な設備側保護方策が実施されていることが, ITシステム導入の前提である。

従って, IT活用安全管理を導入する際には, まず設備側保護方策の妥当性を十分検証することが求められる。妥当性の検証には, 高度な知識とスキル, および客観的視点が要求されるため, 外部専門家による評価の実施が望ましい。

2) 通信障害の考慮

情報伝達システムで活用されるIT要素である無線LAN等の無線通信技術は, 確実な通信が保障されておらず, 無線通信路の環境変動により通信障害が生ずるリスクを抱えている。通信障害とは, 通信の途絶, 遅延や混信を指す。

通信障害の要因としては, 他の無線通信との使用周波数帯の重複, 障害物(構造物, 水, 金属)などによる電波の遮蔽や乱反射, ベストエフォート通信方式における回線混雑などが挙げられる。

通信障害のリスクを可能な限り低減するためには, 通信システムでそのリスクを低減する方法と, 通信そのものを作業から除外する方法の2種類がある。前者では, 入念な電磁波環境の調査に基づき使用周波数帯を選定し, かつ通信品質を維持する対策技術が搭載された製品を選択することなどが挙げられる。後者では, 作業に必要な情報やプログラムを全て携帯情報端末のハードディスクやメモリに格納しておき, 現場作業はオフライン状態で実施し, 作業終了後に事務所等で必要データをサーバへ

表4 リスク低減措置分析表

作業区分	作業関連		残留リスクの内容 (残存の問題点など)	データベース		機械、設備や作業者の自動識別による作業支援	熟練者による作業支援 (情報伝達)		識別・位置等検出								
	作業名称	作業内容 (作業項目)		オンラインマニュアル コンテンツ	設備点検 支援の コンテンツ		機械、設備の 整備・点検 結果、補修 履歴、合否 判定結果など	複数人 同時 多極	一斉通報 画像伝送 音声・ 画像の 記録	作業者の 入退室管理	作業者の 位置情報	構構の 位置情報	過接近 警告	再起動時 の警告	作業状態の判定	保護具の 使用状況	検知器 の状況
製管工場 パイプ冷却 床立入作業 (混乱パイ プ処理作 業)	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却 パイプ搬送 機 ・切断機	パイプ冷却 床 前面1名 後面1名	パイプの削 り残りの回 り取り ①パイプの削 り残りの回 り取り ②パイプ搬送 機 ③パイプ搬送 機 ④パイプ搬送 機	・高層部下のため、 他作業員への連絡 が伝わらず、万一 に備えた体制が取 られていない状況下にお き、巻き込まれた時 に、救護が遅れ、重 大災害に至る。	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名	パイプ冷却床 作業員3名
AGV トラブル 処理作業	・トラブル対応 作業員1名 ・中央操作室 作業員1名	冷延工場 AGV	AGVスキップ 内1名 中央運転室 1名	①トラブル初期 作業員1名 ②トラブル対 応のためのA GV後近準備 旧作業員1名 ④再起動作 業	①トラブルの発生 が少なく頻りに ②頻りに発生する ③頻りに発生する ④頻りに発生する ⑤頻りに発生する ⑥頻りに発生する ⑦頻りに発生する ⑧頻りに発生する ⑨頻りに発生する ⑩頻りに発生する	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名	AGVスキップ 作業員1名

注1) 表3において、残留リスクがあるとされた作業について作成すること。
注2) 作業内容ごとに必要な機能を記述するか、または○印を付けること。

表6 ハードウェアの制約条件等の分析表

No.	項目	内容	要求仕様書に記載する必要がある事項				
			メッキ工場	装置工場	冷室工場	冷室工場	冷室工場
1	操作機器	<p>・操作機器の種類と数量 (PC、タブレットPC、PDAなど) 注) 操作端末以外のPCは、要求に当たらない。</p>	<p>＜通常作業＞ コイルセッター作業 人体感知器×2 警告用ハットライト×2</p> <p>ITヘルメット×3 ●800g以下 ●音声通話 ●100dBの騒音下 ●自録カメラ(録画・再生可) ●130万画素以上 ●距離状態検知、通報 ●緊急発報 ●GPS PDA×1 ●300g以下 (点検結果入力用)</p>	<p>＜通常作業＞ 圧延ロール替え作業 ITヘルメット×2 ●800g以下 ●音声通話(録音・再生可) ●100dBの騒音下 ●自録カメラ(録画・再生可) ●130万画素以上 ●距離状態検知、通報 ●緊急発報 ●GPS ●HMD(画像・文書表示) 片眼 露ね上げ可 可搬型カメラ表示用</p>	<p>＜保全作業＞ ミルセー分機器具検修作業 ITヘルメット×1 ●800g以下 ●音声通話(録音・再生可) ●100dBの騒音下 ●自録カメラ(録画・再生可) ●130万画素以上 ●距離状態検知、通報 ●緊急発報 ●GPS ●HMD(画像・文書表示) 片眼 露ね上げ可 可搬型カメラ表示用</p>	<p>＜緊急時対応作業＞ COが充滿し ITヘルメット×10 ●800g以下 ●音声通話 ●100dBの騒音下 ●自録カメラ(録画・再生可) ●130万画素以上 ●距離状態検知、通報 ●緊急発報 ●GPS ●HMD(画像・文書表示) 片眼 露ね上げ可 可搬型カメラ×5 ●50万画素以上</p>	<p>＜トラブル処理作業＞ AGVトラブル対応作業 ITヘルメット×10 ●800g以下 ●音声通話(録音・再生可) ●自録カメラ(録画・再生可) ●130万画素以上 ●距離状態検知、通報 ●緊急発報 ●GPS ●HMD(画像・文書表示) 片眼 露ね上げ可 可搬型カメラ×5 ●50万画素以上</p>
2	インターフェース	<p>・インターフェースの仕様 (マンマシンインターフェイス、ヒューマンマシンインターフェイスなど)</p>	<p>ITヘルメット ・押しボタン入力 ・異常時 ・音声マイク ・非通話切替スイッチ ・800B～耳栓兼用型</p>	<p>HMD ・マウス操作(例: ロールマニピュアルの選択、表示操作) ・自録カメラの録音・再生操作 ・音声の録音・再生操作 ・Windows/Chrome/PowerPoint/スライドによる位置調整機能</p>	<p>無線型マウス ・可搬型カメラのMax4台同時表示 ・高、選択により拡大表示可能 ・液晶サイズ 20インチ以上 ・DVD録画/再生 ・フレームに駆動パルスロイヤ ・供給電源(例: 可搬型カメラの画像を人体感知器に保存)</p>	<p>音声の伝送遅延: 1秒以内 画像のフレームレートの: 30フレーム/秒以上</p>	
3	データ	<p>・データの形式 (文字(テキスト)、画像(静止画又は動画)、音声など) ・データの入力仕様 ・データ処理の方法 ・データの出力仕様と表示方法 ・データのバックアップ</p>	<p>・音声、動画 ・サーバに転送</p>	<p>・文字 ・サーバに転送</p>	<p>・人の出入検知情報 ・作業者の位置情報</p>	<p>音声の伝送遅延: 1秒以内 画像のフレームレートの: 30フレーム/秒以上 画像のフレームレートの: 30フレーム/秒以上</p>	
4	環境等	<p>・物理的環境 (温度、湿度、騒音、振動、防湿、防塵、防臭、防汚、防油、防油圧の供給圧、バッテリーの場合には利用可能な最大時間など) ・応答時間、履歴回復時間、連続使用時間など ・同時に使える人数や最大のデータ数など ・アクセス可能な人など ・アクセスを制限すべき人など (騒音、振動、外乱光、高温、高湿度、高圧など) ・既存のIT環境との適合性 ・将来の拡張性 ・利便性、操作性、セキュリティ、人間工学的配慮、効率性、保守性、緊急時や障害発生時の対策など</p>	<p>閉鎖部分のある工場内 大気環境 ハットリー稼働 連続2～3時間以上 連続3時間以上 連続4時間以上 連続3時間以上</p>	<p>閉鎖部分のある工場内 大気環境 ハットリー稼働 連続3時間以上 連続4時間以上 連続3時間以上</p>	<p>閉鎖部分のある工場内 大気環境 ハットリー稼働 連続3時間以上 連続4時間以上 連続3時間以上</p>	<p>閉鎖部分のある工場内 大気環境 ハットリー稼働 連続2～3時間以上 連続2～3時間以上 連続2～3時間以上</p>	
5	制約条件	<p>・作業時間、履歴回復時間、連続使用時間など ・同時に使える人数や最大のデータ数など ・アクセス可能な人など ・アクセスを制限すべき人など (騒音、振動、外乱光、高温、高湿度、高圧など) ・既存のIT環境との適合性 ・将来の拡張性 ・利便性、操作性、セキュリティ、人間工学的配慮、効率性、保守性、緊急時や障害発生時の対策など</p>	<p>作業時間 約10分 但し、30～1時間毎に繰り返し作業</p>	<p>作業時間 約10分 但し、30～1時間毎に繰り返し作業</p>	<p>作業時間 約10分 但し、30～1時間毎に繰り返し作業</p>	<p>作業時間 約10分 但し、30～1時間毎に繰り返し作業</p>	
6	その他	<p>・法規制 ・その他の特記事項 注1) 表41において、必要とされたシステムについて記入すること。 注2) 要求仕様書に記載する必要がある事項に関して記入すること。</p>	<p>高圧ガス点検記録の保存</p>	<p>高圧ガス点検記録の保存</p>	<p>高圧ガス点検記録の保存</p>	<p>高圧ガス点検記録の保存</p>	

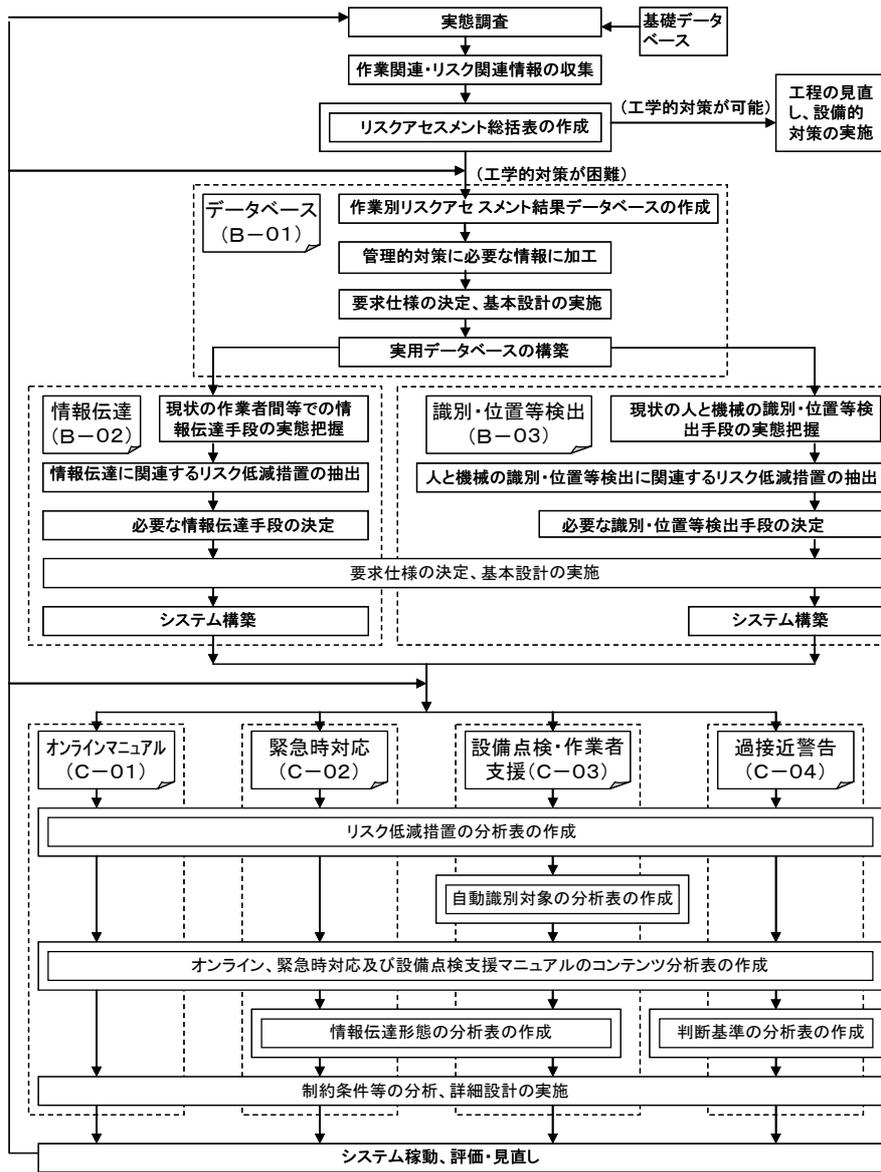


図4 管理的対策のためのシステム設計に関するフローチャート

(ア)~(エ)は厚生労働省のIT応用システムの例示

設計ガイド	モジュールB 基本システム	B01 データベース システム	B02 情報伝達 システム (オ)	B03 識別・位置等 検出システム
	モジュールC 応用システム			
C01 オンライン マニュアル (エ) (イ)	作業手順設計支援 教育訓練支援	タブレットPC オンラインマニュアル 無線LAN	PDA HMD	
C02 緊急時対応 システム	緊急 対処 DB	メッシュLAN	同時多極通話、 一斉放送 目線カメラ	
C03 設備点検・ 現場作業支援 システム (ア)	設備管理DB	タブレットPC 無線LAN	PDA HMD 同時多極通話、一斉放送、目線カメラ ユビキタス設備点検	RFID
C04 過接近警告 システム (ウ)	危険源 DB	無線LAN	同時多極通話、一斉放送、目線カメラ	位置センサー RFID 倒れセンサー

図5 モジュールBおよびモジュールCの組み合わせによる安全管理システムの構築

アップロードする方法などが挙げられる。

これら通信リスク低減方策の選択には、通信の即時性（リアルタイム性）を指標として活用できる。ITを活用したリスク低減方策としてリアルタイム性の高い通信が求められる場合には通信障害を生じにくい無線通信システムを導入し、リアルタイム性が不要である場合は、通信を使用せずにオフライン作業を選択することなどが挙げられる。

3) ITシステム本体で発生するトラブルなどの考慮

ITシステムを導入する際には、設計時に停電やハードウェアトラブル、セキュリティインシデントなどによるシステムの停止を想定し、対策を講ずることが求められる。こうしたトラブルを防ぐためには、無停電電源装置（UPS）の使用や、定期的なシステムメンテナンスの実施、セキュリティ対策の実施などが挙げられる。

特に、ITシステムでは、使用開始後に脆弱性（第三者に悪用される可能性のあるシステム上の欠陥や仕様の問題点）が発見されることがあり、配布される修正プログラムの速やかな適用が必須である。こうした措置を怠った場合、悪意ある使用による情報漏洩などを招き、情報セキュリティ上の重大な問題に発展しかねない。

こうしたITシステムのトラブルなどは、事前に十分な対策を講ずることによってその発生リスクを許容可能なレベルまで下げることが可能であることから、導入時に最も留意すべき事項の一つである。

4) IT活用安全管理手法の効果

鉄鋼業で発生した死亡労働災害を基にIT活用安全管理の効果进行分析した結果では、前述のように概算では死亡災害の約3~4割に対し、リスク低減に寄与できる可能性があると推察されている。

また、各種の災害調査においても、人的要因および管理的要因として、手順書の未整備や管理、操作基準の不備などの事前対策不備、手順書の不遵守や設備状況の誤判断による保全、整備、点検作業の不備が指摘されており、特に、非定常時の作業における被災可能性が高いことから、作業者の人的能力の向上が望まれる状況にあるとされている⁸⁾。人的要因と設備的要因のいずれについても、その背景には技術、ノウハウの共有が不十分となり、結果として事故の発生要因に対して適切に対処することができなくなるという問題の存在を指摘している。

こうした結果から、IT活用安全管理は作業リスクの低減に寄与するだけでなく、技術、ノウハウを共有し人的能力の向上を促進する役割を担うことも可能と考えられる。

7 おわりに

団塊世代のベテラン職員の大量退職や、不況時の採用抑制による若手人材の不足により、安全管理のノウハウが現場から消失しはじめるなど、様々な要因による労働安全衛生水準の低下が懸念されている。また、こうした状況を証明するかのように、作業、環境的要因や管理的要因による労働災害が発生している。そこで、人の不安



図6 データベースシステムの例²⁾

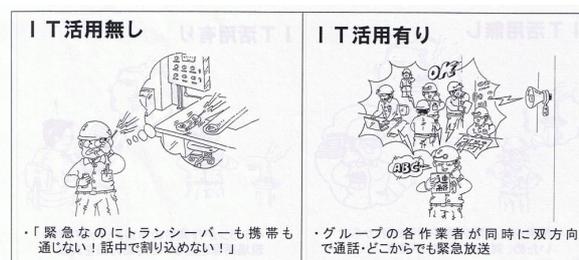


図7 情報伝達システムの例²⁾

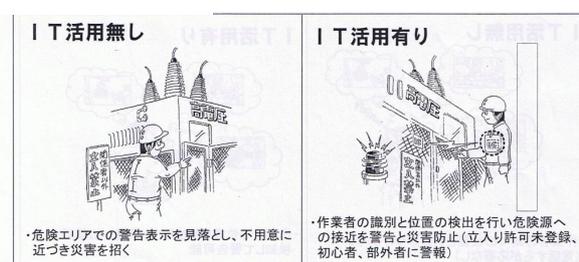


図8 識別・位置等検出の例²⁾

全行動を抑制し注意力を維持、補完する作業支援策として「ITを活用した新しい安全管理手法」の開発が厚生労働省の計画の下に、独立行政法人労働安全衛生総合研究所と社団法人日本鉄鋼連盟の連携によって進められ、システム設計ガイドの開発および鉄鋼現場における実証実験が実施された。本稿は、このうち、労働安全衛生総合研究所が中心となって実施したシステム設計ガイドの開発を述べたものである。このガイドの特徴をまとめると次のようになる。

- 設計ガイドの開発にあたっては、情報の全ライフサイクル（情報の収集、分析、保存、検索、伝達、共有、見直し、更新または削除）を対象にリスク関連情報を活用する際のあるべき姿を考察した。
- 鉄鋼業における労働災害分析結果を基にITを活用した安全管理システムの有効性を検証した。
- 設計ガイドの開発では、産業現場での実用性を考慮してガイドをタイプA、B、Cの階層化モジュール構成として構築した。また、事業場のシステム導入担当者が後述するリスクアセスメント総括表などのいくつかの表を埋めるだけで比較的簡単にシステム設計に必要な安全上の要求事項を抽出できるように配慮した。

以上の結果は、第11次労働災害防止計画に掲載された「ITを活用した安全衛生管理手法の普及促進」に活用で

きると考える。

謝 辞

本報は、独立行政法人労働安全衛生総合研究所が実施した「ITを活用した新しい安全管理手法の構築に関する委員会、システム設計ガイド構築委員会」¹⁾、社団法人日本鉄鋼連盟が実施した「ITを活用した新しい安全衛生管理手法の構築に関する実証委員会」²⁾、及び同連盟が実施した「大規模装置産業における安全衛生管理上の問題点に関する調査研究委員会」⁷⁾での成果を基礎としたものである。紙上を借りて各委員と厚生労働省の高橋良和、安井省侍郎、若林和也の諸氏、及び委員会運営に大変な御尽力を頂いた当研究所の江川義之、木口昌子、清水尚憲、中村隆宏、齋藤剛の諸氏に深謝する。

文 献

- 1) 向殿政男, 中村英夫, 中尾政之, 田辺文也, 大和祐幸, 福田隆文, 臼井伸之介, 西野 濃, 広瀬和信, 梶岡圭一, 川崎 篤, 中北輝雄, 木吉英典, 梅崎重夫, 濱島京子, 清水尚憲, 江川義之. IT を活用した新しい安全管理手法の構築に関する委員会, システム設計ガイド構築委員会, 独立行政法人労働安全衛生総合研究所; 2007 および 2008.
- 2) 社団法人日本鉄鋼連盟, 厚生労働省事業「IT を活用した新しい安全衛生管理手法の構築」実証試験報告書. 2007 および 2008.
- 3) ISO12100-1, Safety of machinery—Basic concepts, general principles for design—Part 1: Basic terminology, methodology. 日本規格協会; 2003.
- 4) 梅崎重夫, 清水尚憲. 危険点近接作業の災害防止戦略に関する基礎的考察. 日本機械学会論文集 (C編). 2005; 71(711): 3306-3313.
- 5) 梅崎重夫, 清水尚憲, 深谷 潔. 複数作業者が大規模生産ライン内で行う作業を対象とした災害防止戦略の基礎的考察. 日本機械学会論文集 (C編). 2005; 71(709): 2832-2840.
- 6) 梅崎重夫, 濱島京子. IT を活用した安全管理手法. 配管技術. 2007; 49(14): 19-23.
- 7) 川崎 篤, 梅崎重夫, 深谷 潔, 清水尚憲, 岡上正明, 安福慎一, 福成雄三, 藤森誠治, 岡本浩志, 小柳 健, 福田康夫, 山下三十志, 山口有人, 中北輝雄, 安養 巧, 加藤光教, 甲斐喜久. 規模装置産業における安全衛生管理上の問題点に関する調査研究委員会報告書. 社団法人日本鉄鋼連盟; 2006.
- 8) 社団法人日本機械工業連合会, (株)野村総合研究所. 平成 15 年度, 産業事故の再発防止に向けた調査研究報告書. (社)日本機械工業連合会; 2004.

Development of Safety Management Approach using IT —Proposal of Guidelines to Assist the Decision on Safety Requirements in Safe Design Process—

by

Kyoko HAMAJIMA*1, Shigeo UMEZAKI*2, Hidenori KIYOSHI*3 and Teruo NAKAKITA*3

In recent years, many operators in Japan have been facing the problem of declining skills in occupational safety management. Operators have not been sharing adequate know-how about safety because they have had no opportunities to share skills and information. One reason for this problem is the mandatory retirement of experienced operators. Under these circumstances, the occurrence of accidents caused by insufficient safety management has increased. For this reason, in order to support inexperienced operators' attention and skills, we suggest an operator support system using IT. The database system including information for safe operations, the assisting system for communication among many operators, and the observation system using RFID tags for identifying individual operators were proposed as a general-purpose system of safety management. New guidelines to assist decisions on safety requirement in a safe design process were also proposed to make adequate design of these systems.

Key Words: ISO12100, safety management, labor accidents, IT, system design, the year 2007 problem.

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

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

*3 The Japan Iron and Steel Federation