

IC タグと環境計測を利用した管理区域の安全管理

半田 雅俊

焼却施設解体工事におけるダイオキシン類濃度の高い管理区域の安全管理として、IC タグを利用した作業員の出入退管理、そのIC タグと連動した出入口ドアの電気錠管理、管理区域内部の粉塵濃度（ダイオキシン類濃度）の計測管理、管理区域内の負圧管理を行っている。また管理区域内部には保護服を着用しないと入ることができないため、外部からでも内部の作業状況を把握することができるライブ映像システムや非常時の警報連絡システムを設置するなど、作業員のみならず周辺住民への安全も図っている。
キーワード：ダイオキシン類、焼却施設、解体、IC タグ、安全管理、負圧管理、電気錠、ライブ映像

1. はじめに

焼却施設の解体工事は有害なダイオキシン類を含んだ作業環境の中での危険な作業となる。戸田建設株式会社と西松建設株式会社と株式会社ヨコハマシステムズは、IC タグと環境計測を利用して、ダイオキシン類を有する清掃工場の有害な管理区域の安全管理を行う「管理区域安全管理システム」を共同研究開発した。このシステムは、①ダイオキシン類の飛散による環境汚染防止のための管理、②作業員の安全と健康を守るため、より厳密な安全管理、③リアルタイムに作業環境を把握、管理をするものである。また、別システムとして管理区域が負圧になっているかを計測管理する「負圧管理システム」、管理区域内の作業状況をカメラ監視する「Web ライブ映像システム」、身動きのとりにくい保護服を着用した状態での非常時の警報連絡シ

ステムについても実際の物件に適用した事例を交えて紹介する（写真—1）。

2. 「管理区域安全管理システム」の概要

(1) 機能

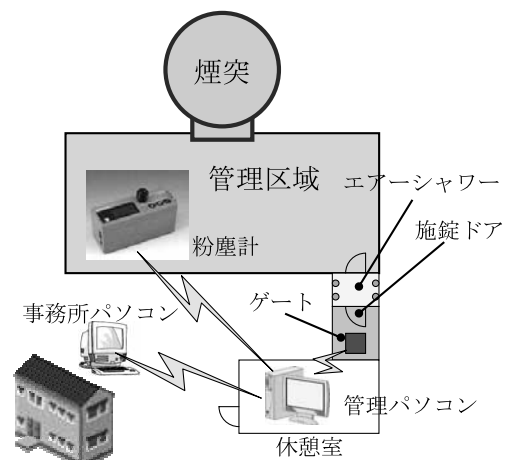
本システムの機能は以下の通りである。

- ①作業員の出入退管理機能
 - ②電気錠による登録作業員以外の入場阻止機能
 - ③粉塵濃度のリアルタイム計測と警報機能
 - ④粉塵濃度の日報、月報等の帳票作成機能
- また、個別システムとして
- ⑤負圧のリアルタイム計測と警報機能

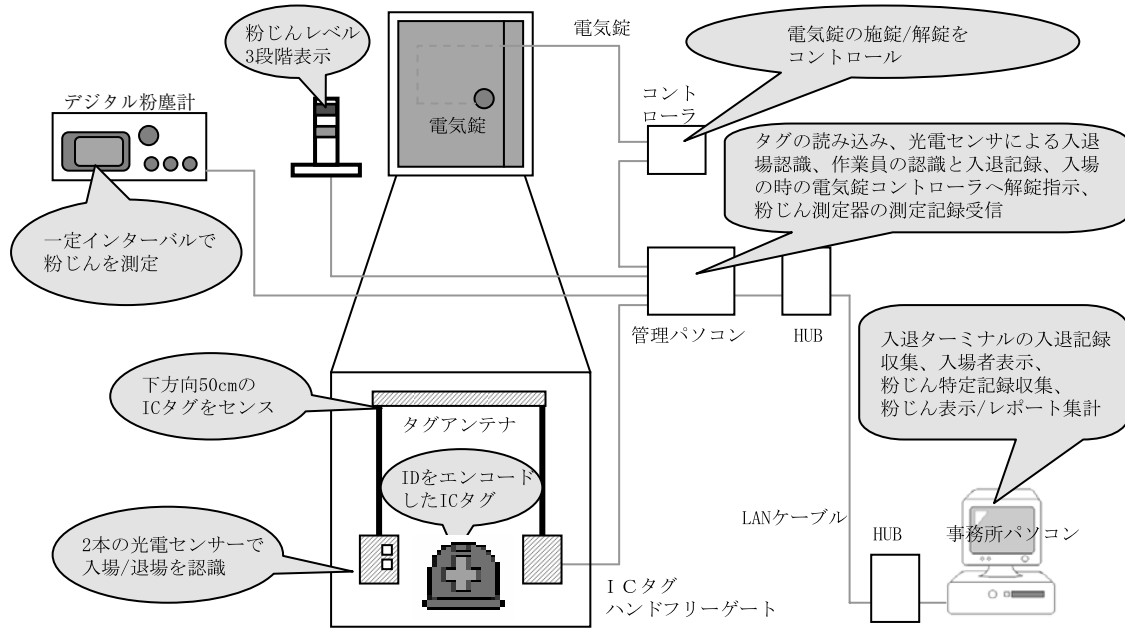
ダイオキシン類の浮遊する危険な管理区域での安全な作業環境を監視するために、ダイオキシン類の代替として粉塵濃度をリアルタイムに計測し、管理値を超



写真—1 S 焼却施設の解体工事状況



図—1 システム概要図



図一 二 システム構成図

えると警報処理が行われる機能を持つ。また、この危険な管理区域への入場は特別教育を受講した作業員のみが入れるように、ICタグヘルメットを装着していない人が入り口ゲートを通過しても入り口ドアの電気錠が開かない仕組みとしている（図一1）。

(2) システム構成

システム構成機器は、管理区域への入り口にある入出退のICタグハンドフリーゲート、入り口ドアの電気錠、管理区域内のデジタル粉塵計、またこれらのデータを受けとり、コントロールする管理パソコン、またそれらの状態を把握するための事務所パソコンがLANで結ばれている（図一2）。

3. 各サブシステムの機能紹介と実施状況

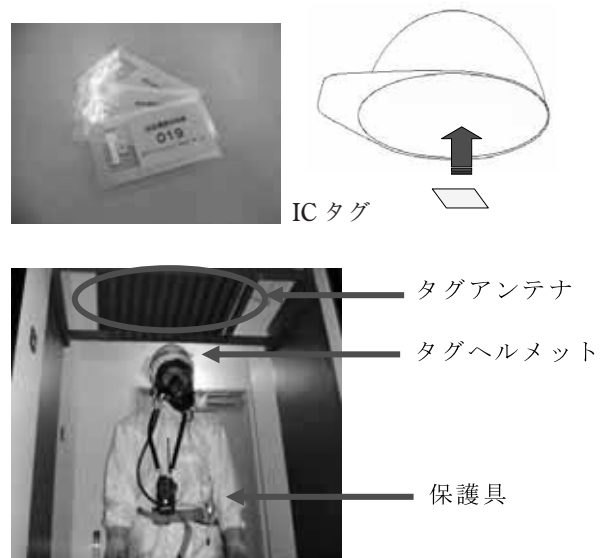
(1) 作業員の入出退管理機能

現場において必ず全員が着用するヘルメットの内部にICタグを装着することにより識別し、入出退管理を行うシステムである（図一3）。

ICタグの方式には、135 KHz、13.56 MHz、UHF帯、2.45 GHzなどの種類があるが、このシステムでは感度の指向性が広く、安価な13.56 MHzのパッシブ型ICタグを使用した。採用したICタグは、名刺サイズの大きさをした柔らかいプラスチックでラミネートされているので、ヘルメットの内部にもセットしやすい。作業員の認識はICタグでおこない、入場か、退場かの判断は光電センサーでおこなっている。

タグアンテナから、ヘルメットまでの認識距離は約50 cmである。ICタグには事前に作業員番号が入力されており、パソコン上の作業員データベースと連動させて管理を行っている（図一4）。

実物件では、休憩室と管理区域入り口のエアシャワー室の間に、ICタグハンドフリーゲートを設置した。ゲートの高さ1.9 mの位置にICタグアンテナを置き、その下を第3レベル保護具の重装備を着用した作業員が通過することにより入出退を認識させた。A焼却施設解体工事においては、認識率は約95%であった。この管理区域は煙突という限られた空間での作業となるため、1日にこの管理区域に入って作業する



図一 三 ICタグのゲート通過

表一 業種別入出退データ

業種分類	JV 管理	煙突解体	排水処理	安全施設	DXN 計測	その他	計
人数	5	7	3	3	1	5	24
述べ入所回数 (回)	80	284	31	8	1	45	449
述べ滞在時間 (時：分)	24 : 03	879 : 02	94 : 35	6 : 41	2 : 24	38 : 28	1045 : 13
平均滞在時間 (時：分)	0 : 18	3 : 05	3 : 03	0 : 50	2 : 24	0 : 51	



図一 4 入出退管理パソコン管理画面

作業員は 10 名程度である。本システムを稼働させた期間は約 2 ヶ月間。表一に示すように、この間に 24 名の人間が 449 回入所している。述べ滞在時間は 1,045 時間。一人当たりの平均滞在時間は職種により大きく異なり、煙突解体工と排水処理工が約 3 時間。ダイオキシン類調査員が約 2 時間半、安全施設工が約 1 時間、JV の管理者が約 20 分となっている。

(2) 電気錠による登録作業員以外の入場阻止機能

管理区域内はダイオキシン類濃度が高いため、事前登録した作業員のみゲートを通過でき、それ以外の方は管理区域内に入れないように、IC タグゲートの認識結果と入場扉の電気錠とを連動させることにより管理を行った (写真一 2)。



写真一 2 入場扉と電気錠

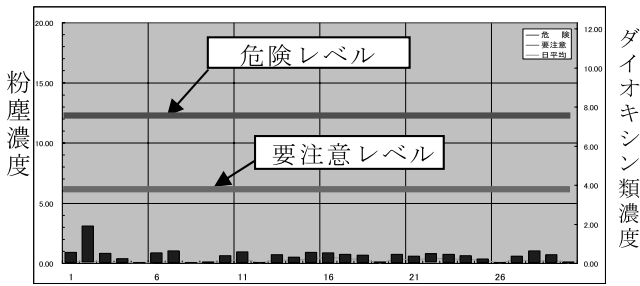
(3) 粉塵濃度のリアルタイム計測と警報機能

作業員の安全管理と外部への飛散防止管理のため、作業環境の空気中のダイオキシン類濃度を計測している。ダイオキシン類の分析には通常 1 ヶ月近くかかるため、この代替計測として粉塵量を計測する。ダイオキシン類は単独では存在せず、粉塵等に付着して存在しているため、この粉塵を計測することによってダイオキシン類濃度を想定した。粉塵計はデジタル粉塵計を使用する (写真一 3)。リアルタイムデータをパソコンに通信し、「要注意レベル値」を超える値が検出されたら、パトライトと音声で警告し、注意を促す。「危険レベル値」を超えた場合は、解体作業を中止する。

実際の物件では、事前調査結果から粉塵濃度とダイオキシン類濃度の相関係数である D 値は 0.616 を採用した。作業員は保護具を着用しているため安全上特に問題はないが、管理値として「要注意レベル」を第 3 管理区域の基準である 3.75 pg-TEQ/m³、「危険レベル」をその倍の値で管理をした。実際の計測データでは、高性能集塵機を使用したことにより、図一 5 に示すように 1 日の最大瞬間ダイオキシン類濃度は管理値 (3.75 pg-TEQ/m³) を超える日は 1 日もなく、安全に作業を行うことができた。2 ヶ月間の平均濃度は 0.18 pg-TEQ/m³ であり、大気的环境基準 0.6 pg-TEQ/m³ よりも低い値で作業をすることができた。



写真一 3 デジタル粉塵計



図一五 粉塵濃度（ダイオキシン類濃度）月報

(4) 日報，月報等の帳票作成機能

このシステムは，以下の4種類の日報，月報の帳票を出力することができる。帳票の内容のうち，ICタグやデジタル粉塵計から自動的にデータを持ってくるができるものは，業者名，作業員名，入場時間，退場時間，粉塵濃度である。これらのデータから作業員毎の滞留時間，合計時間やダイオキシン類濃度が計算され出力される。これ以外の作業場所，作業分類，作業内容，保護具レベル等はパソコン上で選択肢から選択入力して，簡単に日報を作成することができる。

(日報)

①作業管理日報

平均粉塵濃度，業者名，作業員名，作業内容，保護具，健康状況等

②粉塵濃度計測日報

粉塵濃度の表とグラフ，平均濃度，最高濃度，最低濃度

(月報)

③作業員別月報

日付，作業内容，保護具，健康状況，平均粉塵濃

度等

④粉塵濃度月報

粉塵濃度の表とグラフ，平均濃度，最高濃度，最低濃度

4. 管理区域内での作業環境と安全に対する考察

A 焼却施設解体工事の煙突下部の管理区域において当システムから得られた表一2のデータから，有毒なダイオキシン類のある作業環境について検証する。

表一2は，煙突解体業者の個人別データである。この7名の中で，もっとも粉塵（ダイオキシン類）を浴びた人は滞留合計時間のもっとも多かったE氏であり，その平均粉塵量は0.35 mg/回である。この値を元に算出すると，もし保護具をつけずに粉塵を全て吸っていたとすると累積ダイオキシン類量は10.51 pg-TEQとなる。一方，1日当たりのダイオキシン類摂取許容量は4 ng-TEQ/kg・日といわれており，これをすべて呼吸で摂取したとすると成人平均の人で260,000 pg-TEQ/人・日となる。つまり，累積量でも1日の許容量には遠い値となっている。このデータを見る限り保護具をつけなくとも作業員は安全かと思えてしまうが，このデジタル粉塵計は作業の邪魔にならない足場の隅に設置しており，粉塵の発生地点にいる作業員が実際に吸っている粉塵濃度とは異なるので，粉塵計の設置方法も検討の余地がある。また，同じ煙突の中でも底盤に溜まった灰の濃度は高いところで200 ng-TEQ/g近くある。この灰がもし口に入り，

表一2 煙突解体業者（個人別）における作業環境データ

業 種		解体業者						
氏 名		A 氏	B 氏	C 氏	D 氏	E 氏	F 氏	G 氏
個人別データ	入所回数 (回)	52	38	39	35	49	44	27
	滞留合計時間 (時:分:秒)	58:52:00	58:52:00	101:36:00	93:13:00	206:19:00	162:04:00	130:05:00
	個人別平均粉塵量 (mg/回)	0.09	0.13	0.22	0.22	0.35	0.30	0.40
	個人別平均 DXN 量 (pg-TEQ/回)	0.06	0.08	0.13	0.14	0.21	0.19	0.25
	個人累積 DXN 量 (pg-TEQ)	3.00	3.00	5.18	4.75	10.51	8.26	6.63
業種別	業種別述べ入所回数	284						
	業種別述べ滞留時間 (時:分:秒)	811:01:00						
	業種別平均 DXN 量 (pg-TEQ/回)	0.15						



1.3 g の灰を食べたら、それだけで耐容一日摂取量 (TDI) になってしまう。やはり管理区域では保護具着用の徹底を図らなくてはならない。

(計算条件)

- ・ダイオキシン類濃度への換算 D 値 = 0.616
- ・人間の呼吸量 = 0.457 m³/時
- ・成人平均体重 = 65 kg
- ・耐容一日摂取量 = 4 ng-TEQ/kg ・日

5. 負圧管理システム

解体工事中、管理区域内部は外部に有毒なダイオキシン類が周辺に飛散しないように、負圧集塵機によって常に負圧を維持しなくてはならない。この負圧が管理区域内で維持できているかどうかを監視し、管理基準値を越えた場合には警報ランプが作動するシステムとなっている (図-6, 写真-4, 図-7)。現在S焼却施設解体工事において稼働中であるが、現在のデータは、約 5 ~ 20 Pa の範囲で負圧を維持できていることが確認できている。

(システム構成)

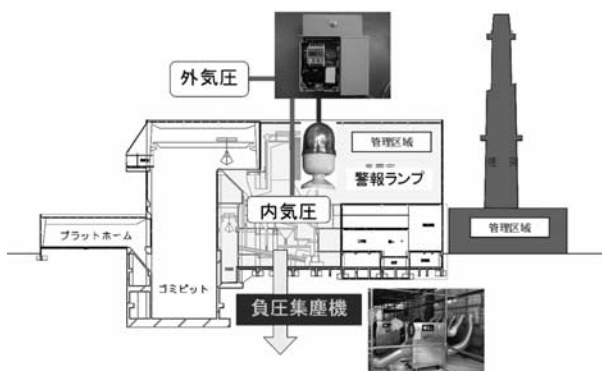


図-6 システム説明図



写真-4 負圧管理システム機器

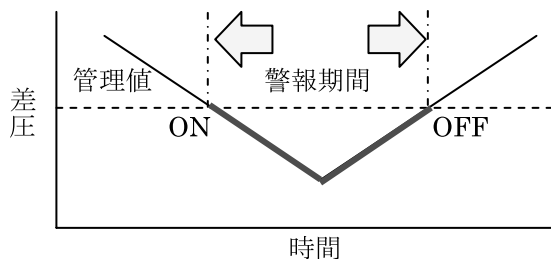


図-7 警報説明図

- 差圧計測 BOX
 - ・デジタル微差圧計 (レンジ - 50 ~ 50 Pa)
 - ・制御用リレー
- 差圧ホース (外気用, 管理区域内部用)
- 警報ランプ

6. その他の安全管理システム

上記以外の安全管理システムとして、保護具を着用しないと入ることができない管理区域では、工事を管理する立場としてもすぐにその場に行けないため、事務所でも中の工事状況を確認できるように「Web ライブ映像システム」を構築した (図-8)。これは、事務所だけではなく、社内ネットのつながったパソコンであれば支店からでも本社からでも見る事が可能である。また、細かい作業ができない保護具を着用していると携帯電話も使えないため、非常時の外部連絡が大きなボタン1つで簡単にできるように「非常時連絡システム」も構築した。



図-8 ライブ映像画面

7. おわりに

今回紹介した事例は、清掃工場解体工事の第3管理

区域に適用したものである。この第3管理区域の作業では、第3レベルの保護具という外部からエアラインによって空気を供給する宇宙服のような重装備の作業服を着用する。手には化学手袋という厚い手袋をしているため、従来の磁気カードやICカードのようなリーダーに通したり、かざしたりする簡単な作業すら行うことができない。このような場合、ICタグのようにハンドフリーでゲートを通すだけで認識できるこのシステムは非常に有効であることが検証できた。今後、焼却施設に限らず危険な管理区域での安全管理はいろいろな場面で想定される。その際、この論文が参考になれば幸いである。

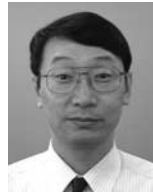
JICMA

《参考文献》

- 1) 木村哲：建設現場の労務管理をICタグで効率化，月刊自動認識2004.11（2004）
- 2) 半田雅俊：ダイオキシン類を有する大型煙突解体システムの開発と実施例，建設の施工企画〔660〕（2005）
- 3) 半田雅俊：ICタグを利用した管理区域安全管理システムの開発，建設機械2005.8（2005）

【筆者紹介】

半田 雅俊（はんだ まさとし）
戸田建設（株）
技術研究所
主管



建設の施工企画 2005年バックナンバー

平成17年1月号（第659号）～平成17年12月号（第670号）

1月号（第659号） 建設未来特集	6月号（第664号） 建設施工の環境対策特集	10月号（第668号） 海外の建設施工特集
2月号（第660号） 建設ロボットとIT技術特集	7月号（第665号） 建設施工の環境対策—大気環境特集	11月号（第669号） トンネル・シールド特集
3月号（第661号） 建設機械施工の安全対策特集	8月号（第666号） 解体・再生工法特集	12月号（第670号） 特殊条件下での建設施工機械特集
4月号（第662号） 建設機械施工の安全対策特集	9月号（第667号） 専門工事業・リースレンタル特集	■体裁 A4判 ■定価 各1部840円 (本体800円) ■送料 100円
5月号（第663号） 災害復旧・防災対策特集		

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289 <http://www.jcmanet.or.jp>