

厚生労働科学研究費補助金

労働安全衛生研究事業

作業環境中有害物濃度の連続測定による
二次元可視化システムの開発とその応用

平成14年度～16年度 総合研究報告書

主任研究者 神山 宣彦

平成17年(2005) 3月

目 次

I. 総合研究報告

業環境中有害物濃度の連続測定による

二次元可視化システムの開発とその応用 ----- 1

神山宣彦

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
総合研究報告書

作業環境中有害物濃度の連続測定による二次元可視化システムの開発とその応用

主任研究者 神山宣彦 産業医学総合研究所 作業環境計測研究部長

作業者の取り扱う物質はその種類を増し、その有害性も多様化している。このような状況においては、効果的にまた迅速な作業環境管理が行われなければならない。そこで、作業環境の状況を迅速に把握するために、作業環境の濃度分布をリアルタイムで提示することのできる可視化システムを構築することとした。まず作業場における有害物質の濃度分布を把握するために必要と思われる濃度連続計測機器の機能及び、測定データのリアルタイム収集・処理方法また、結果を表示するための画像のデザインおよびその方法などについて検討し、コンピュータと複数のデジタル粉塵計を無線によるデータ通信システムによって結びつけることで、作業現場の時々刻々変化する有害物濃度をリアルタイムで把握し表示することを実現できた。可視化システムは、刻々変化する濃度分布をリアルタイムに描き出すことができ、このようにして得られた画像からは、粉じんが発じん源から空気の流れに乗って移動し拡散してゆく様子、あるいは高濃度域が、拡散しながら移動してゆく様子などが観察できた。表示された画像を観察することで環境の状況を直感的に把握できるので、作業者の自発的な防護行動や環境改善への動機付けなど、安全衛生活動に対する教育的効果も期待できると考えられなど、本システムは多くの利点を持つものであり本研究の目的を十分に達成できたものであると考える。

1 研究目的

作業者の取り扱う物質は多様化の一途をたどっており、その有害性も多様化している。このような状況において効果的に、また迅速に作業環境管理を行うことは、作業者の有害物へのばく露を軽減するための重要な要件となっている。現在行われているバッチ式の作業環境測定では、対応に後れをとることも考えられる。そこで本研究は、作業環境中の有害物濃度を時間的空間的に変化する濃度をリ

アルタイムで可視化する方法を開発し、この方法によって得られた作業環境濃度データから、作業環境の有害物の濃度状況及び作業者のばく露状況をリアルタイムで把握できるシステムの開発を行う。

場の管理を主体としている現在の作業環境管理は、作業環境測定法に基づいて行われるバッチ的な作業環境測定によって得られた平均濃度をもとにして行われており、作業環境改善に効果を上げてきている。加えて、本シ

ステムを使用することで、粉じん濃度が変化する様子を動的にリアルタイムで表示することができるので、さらに効果的かつ迅速な作業環境管理が実施できるものと考えられる。また現行の作業環境測定では把握することが困難と思われる個人ばく露量の軽減のためにも有効な手段になると考えられる。例えば、作業環境の濃度分布がリアルタイムで提示されることで、作業管理者や作業者は、作業環境の今の状態を把握できるようになり、有害物を取り扱う作業者の自発的な防護行動や、環境改善への動機付けなど、安全衛生活動に対する教育的効果があると考えられる。従って、有害物を取り扱う作業員への曝露量の減少や環境濃度の低減により、各種の職業疾病の減少などの効果も期待できる。

本研究の計画では、まず作業場における有害物質の濃度分布を把握するために濃度連続計測機器の機能及び機器の配置法および、コンピューターを利用した測定データのリアルタイム収集・処理方法について開発・作製し、また、測定結果を表示するための画像のデザインおよびその方法などの仕様について検討する。

2 現場調査

粉じんの発生が予想される各種の製造工場の実際の状況を調査するために、鉄鋳物工場

(盛岡)、衛生陶器製造工場(小倉)、フェライトコア製造及び電池製造工場(鳥取)を視察した。鉄鋳物工場では、熔解炉からのヒュームの発生、鋳込みの際の鋳型からの発煙とヒュームの発生、型ばらしの際に鋳物用砂からの発じんが見られた。衛生陶器製造工場では、製品の原料となる粘土が、石英を多く含むなど危険性が高いものであるために、作業形態の工夫が進められており、ほとんど発じんが認められなかった。しかし製造ラインの変更の際や、現在の防塵対策の効果の検証を行うことが必要であると考えられた。その他の製造工場に於いても、それぞれに防塵対策を講じており、効果を上げていることが見受けられた。ただし作業場では、定常作業以外に故障や改修作業などの非定常的作業が行われることもあり、その際の有害物濃度をリアルタイムで把握することは作業環境管理の上で重要であると考えられた。

3 可視化システムの構築

構築しようとする可視化システムは、作業場に有害物濃度測定器を多数設置し、継続して有害物環境濃度の計測を行い、そのデータを次々と回収しこれをパーソナルコンピュータ(PC)の画面上にグラフィカルに表示させようとするものである。作業場には様々な有害物が存在し、測定器は被測定物質毎に異

なっているが、本研究では作業形態を粉じん発生作業に限定し、有害物濃度測定器をデジタル粉じん計とした。

3-1 データ回収プロトコルの検討

作業場に広範囲に配置した測定器は、連続して濃度測定を行い濃度データを保持する。保持されたデータは、何らかの方法でPCに回収し、処理する必要がある。回収方法は数多く想定されたので、測定器を制御する方法及び、測定データをPCに回収するための方法について検討した。

A 一般的な測定器の出力とPCへのデータの取り込み

1) 電圧出力：

測定値に対応した電圧が出力され、電圧値を読み取ることで測定値に変換できる。

0-1VoltなどがありPCにデータとして取り込むにはA/Dコンバーターで電圧をデジタル値に変換する。

通信可能距離 2 m程度 シールドや周辺的环境により影響される。

2) 電流出力：

測定値に対応した電流が出力され、電流値を読み取ることで測定値に変換できる。

代表的な出力は、4-20mAであり、PCにデータを取り込むにはA/Dコンバーターに入力抵抗を設置し、一旦電圧に変換して、A/Dコンバーター

で電圧をデジタル値に変換する。

通信可能距離 10 m程度 シールドや周辺的环境により影響される。

3) 時系列パルス出力：

予め決めた累積測定値に対応して1個のパルスを発生し、パルス数を一定時間計数することで測定値に換算できる出力。

PCにデータを取り込むには、パルスを積算する計数器で一定時間パルスを計数し数値として取り込む。

通信可能距離 5 m程度 パルスの電流量とシールドなどの周辺環境により影響される。

4) シリアル出力：

一般的にはRS232Cと呼ばれる通信条件に適合した出力で、測定値を文字列で出力する。測定器とPCのシリアルポートに直接接続し測定データを数値としてPCに取り込む。

通信可能距離 10 m程度 シールド状態や周辺環境に影響される。

5) その他：

BCD、GPIB出力などの特殊出力。現在は一般的に使用されていないため検討を行わなかった。

B データの受け渡し方法

1) 有線方式

a 個別通信式

・ 測定器とPCを直接通信回線で結び測定値の受け渡しをする方法。

メリット：

測定器の出力に合わせPC側にデータ変換器を持たせることであらゆる出力仕様に対応できる。

取り扱いが簡単で確実にデータ取得ができる。

デメリット：測定器を複数台使用する場合、測定器の数だけデータ変換器と通信線が必要。

b 時分割通信方式

- ・個別通信式と同様P Cに測定器の出力に合わせた変換器を持たせ、測定器毎に切り替えて1台の変換器を併用する。通信線は測定器毎に切り替え器まで必要。

メリット：

測定器の出力に合わせP C側にデータ変換器を持たせることであらゆる出力仕様に対応できる。

測定器を複数台使用する場合にも、変換器は1台で済む。

デメリット：

測定器の数だけ通信線が必要。変換器を切り替えて使用することで、測定値を同時にP Cに取り込む事が出来ず、平均化処理や累積処理をすると測定時間のずれが生じる。

c パーティ式

- ・RS485の規格で信号線に測定器をそれぞれ並列に接続し、各測定器にI D番号を持たせ、P C側から測定値送信要求を出し、I D番号に対応した測定器からのデータを取得する。

メリット：

P Cに接続したRS485規格の信号線に各測定器を接続でき信号線を最短最小に配置することで信号線を必要最低限にすることが出来る。

各測定器毎に同時測定が可能で、同一測定時間内の測定データをP Cに

送ることが出来る。

P C側主導で測定条件の設定が可能。

デメリット：

各測定器に通信専用の機能を持たせることが必須、測定器にこの機能がない場合は追加。

P Cからデータを取得する方法がやや複雑。

d ループ式

- ・RS232Cのカレントループ規格で測定器をそれぞれ直列に接続し、各測定器にI D番号を持たせ、P C側から測定値送信要求を出し、I D番号に対応した測定器からのデータを取得する。

メリット：

P Cに接続したRS232C規格の信号線を各測定器を経由して接続出来、信号線を必要最低限にすることが出来る。

各測定器毎に同時測定が可能で、同一測定時間内の測定データをP Cに送ることが出来る。

P C側主導で測定条件の設定が可能。

デメリット：

各測定器に通信専用の機能を持たせることが必須、測定器にこの機能がない場合は追加。

P Cからデータを取得する方法がやや複雑。

P Cと各測定器が完全に直列に接続することが必要で、測定器の増減をした際ループを再構築する必要がある。

e LAN方式（ネットワーク式）

- ・データ収集用のPCをサーバーとし各測定器をクライアントとして取り扱い、各測定器から順次PCにデータを書き込みデータを収集する。

メリット :

信号線に複数の測定器を接続し予め測定時間を設定することで同時測定データを自動的にPCに書き込むことが出来、PC側での管理が不要。

デメリット :

測定器側とPC側両方に専用の通信ソフトが必要で、各測定器毎にPCへのデータ送信時間の設定をする必要があり送信手順の設定が複雑。(測定器毎に送信時刻設定をする必要がある。)

- ・有線方式の一つに導線を使用しないで光ケーブルを使用する方法がありほぼ有線方式の全てをサポートできる。

メリット :

光ケーブルの使用により外来ノイズに対して非常に強く、通信距離も非常に長く出来る。

デメリット :

固定接続の場合は良いが、移動設置は困難。

2) 無線方式

無線方式は全て有線方式の通信方法をサポート可能であり、無線方式に関してはその種類別に特徴と、メリット、デメリットを検討する。

a 光通信式

- ・通信線の代わりに光(通常赤外線を利用)を使用しデータを送受信す

る。

通信の特性上個別通信式に向き、測定器およびPC双方に光通信アダプターを使用してデータの受け渡しをする。

メリット :

作業場の電源当に起因する電磁ノイズに対して非常に強い。

作業場の使用機器に対して誤動作を発生するノイズを発生しない。

通信距離を伸ばすために出力を大きくとることが出来、電波法などの法的規制を受けにくい。

デメリット :

完全に見通し出来る範囲での通信しかできず、光透過できない障害物に対しては無効。

指向性が強く、複数の測定器を同時に扱うには不向き。

強力な光源が受光側に入ることによって通信が不能になる。

b 電波式

- ・通信線の代わりに高周波に変調をかけてデータを送受信する。

PCおよび測定器双方に無線通信機を設置してデータの受け渡しをする。

通信の特性上個別あるいはパーティ式の通信に向いている。

メリット :

測定器とPC間の通信線が不要であり、測定場所の設置制限を受けず、測定器を設置点に自由に配置できる。

通信距離内なら測定器が見通できない位置にも設置でき、設置の制約を

受けにくい。

デメリット：

電波法により規制されているため通信距離に限界がある。

概ね 100 m 程度が常識的な通信距離。作業場において電磁ノイズ等の妨害を受けやすい。

電波に弱い作業場の機器のノイズ影響に関する対策が必要。

c その他

- ・超音波、音波などの方法があるがノイズ影響や実用性の点で実現性が少ないため候補としないこととした。
- ・電源回線等を利用した半無線式があるが、測定器が電池を使用する場合を想定して今回は検討しない。(電源線に電波を載せてデータの送受信する方法)

以上の各通信方式を検討した結果、無線で電波式を通信方法として選定、パーティ式でデータの受け渡しをする

方法が複数の測定器のデータを同時に収集する方法として最も適当と判断された。

3-2 測定器及びデータ収集装置の製作とデータ回収用ソフトウェアの開発

前項において検討したプロトコルを実現するために、データ収集のための仕様を決定し、図-1に示すような、データ収集方法の概念に基づいて装置を製作した。粉じん濃度測定器には、個々にID番号を持たせた通信アダプターを接続したデジタル粉塵計を用いた。また、PCからのコマンドに従って各測定器は測定データをPCに送信する。PCには、送られた濃度データをハードディスク内にファイルとして保存するためのデータ回収用ソフトウェアを開発した。次の段階では、

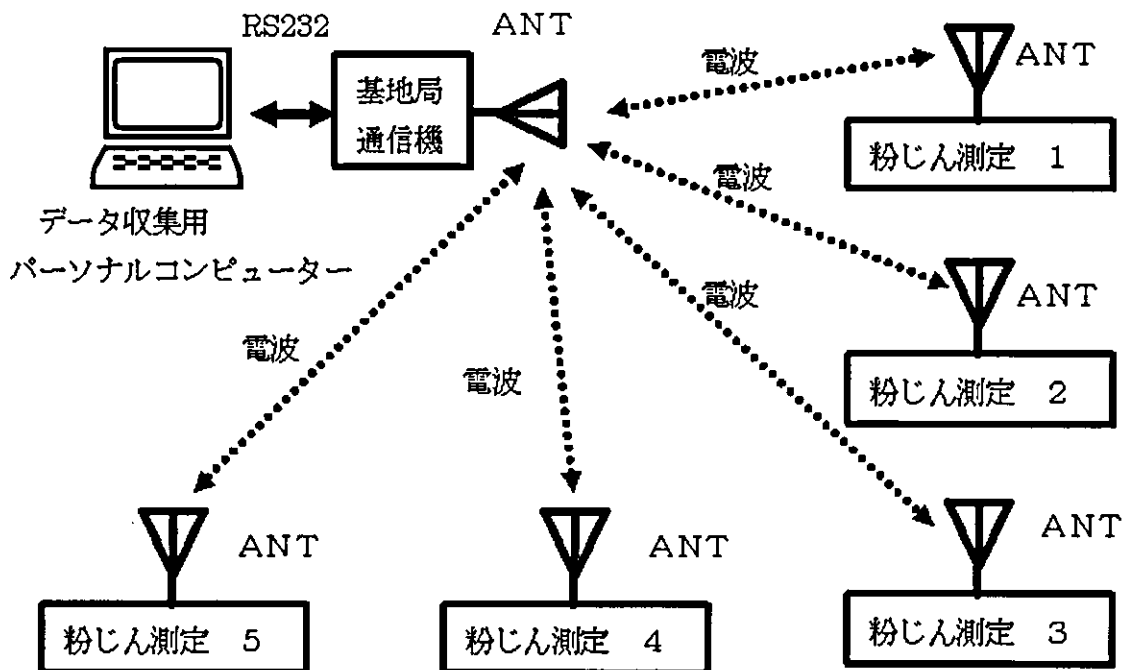


図-1 システムの構成

このデータ収集・記録プログラムを基にし、毎分の濃度測定データを収集できることを条件に、同時に稼働できる測定器の数を増やすこと、作業場に広範囲に配置したこれらの測定器から送られてくる濃度測定データを正しく受信すること、受信したデータを記録すると共に、すぐさまディスプレイ上に濃度を表す画像として表示する為のアルゴリズムの開発および、ソフトウェアの製作を行った。

3-3 測定器及びデータ収集装置の作動試験

測定地点に設置した粉じん測定器が出力する濃度データをデータ収集用PCからのコマンドに従って、無線電波を利用してPCへ伝送し、PC内のハードディスクにファイルとして保存できることを確かめるために、1台の測定器からのデータを24時間に亘り記録した。さらに、ソフトウェアの改良を行い複数の粉じん計からのデータ回収実験を行った。6～20台の粉じん計を等間隔に基盤目状に設置し、データ収集用パーソナルコンピュータに、設置した粉塵計のIDの登録、データ格納のためのファイル名の設定などを行い、測定を開始した。粉じん計の測定データは、PCから周期的に送出される回収コマンドに従って、回収されPCのハードディスク上に格納された。これと併行して受信した濃度を計算処理してPCの画面上に棒

グラフとして表示した。表示は次のデータが受信されたときに更新される。この時の濃度測定は、1測定/分の間隔で1時間実施した。従って測定値の数は、60×台数(個)となる。最短の測定間隔は、1分であり、それより長時間とする場合には任意に設定できる。

これに引き続いて、よりグラフィカルヒューマンインターフェイスに優れた表示ソフトウェアとする為に濃度を表示する画像を棒グラフから等高線表示に改めるなどの改良を行った。その上で、作成した可視化システムの有効性を確かめるための濃度測定実験を実施した。

3-4 ハードウェアの再設計

動作試験の後、データ回収用側通信アダプター+無線送受信機、と粉じん測定器+通信アダプター+無線送受信機について研究の進展により新たな設計で製作した。これを図-2、3に示した。

3-5 ソフトウェア

3-5-1 条件設定

測定開始前に設定しなければならない項目を表-1に示す。これらの条件の設定は図-4に示した画面から呼び出される各画面で行う。図-5は、測定器の台数を決定し、使用

する測定器のIDを登録し、濃度測定時間と、測定データの回収間隔を設定する。回収間隔は、PC画面の濃度表示更新の間隔ともなる。一度の回収コマンドによって複数の濃度データが回収され、画面にはその時点での

表-1 設定条件

測定器台数、配置	2×2 ~ 4×5
測定器ID選択、配置	同上
濃度測定時間	4秒~随意
データ回収間隔	
表示画像更新間隔	台数に依存する 3分20台の時
画像表示	表示色と濃度対応
データ保存条件	ログ、測定データ

最新の濃度データが表示される。図-6は、測定器の配置を登録する画面である。測定器を設置した位置を画面上の600(20×30)点に対応させ、その位置に測定器のIDを登録する。また、同画面においてリアルタイム表示のための粉じん濃度を表示する色相と、濃度に対応する濃淡を設定する。図-7は、測定実施時の条件、状態を示すログファイルおよび、回収した濃度データの保存先を設定する画面である。

このとき設定した測定間隔、回収間隔、開始時刻、終了時刻などの条件は、測定開始をPCに指示したときに、PC側から各測定器

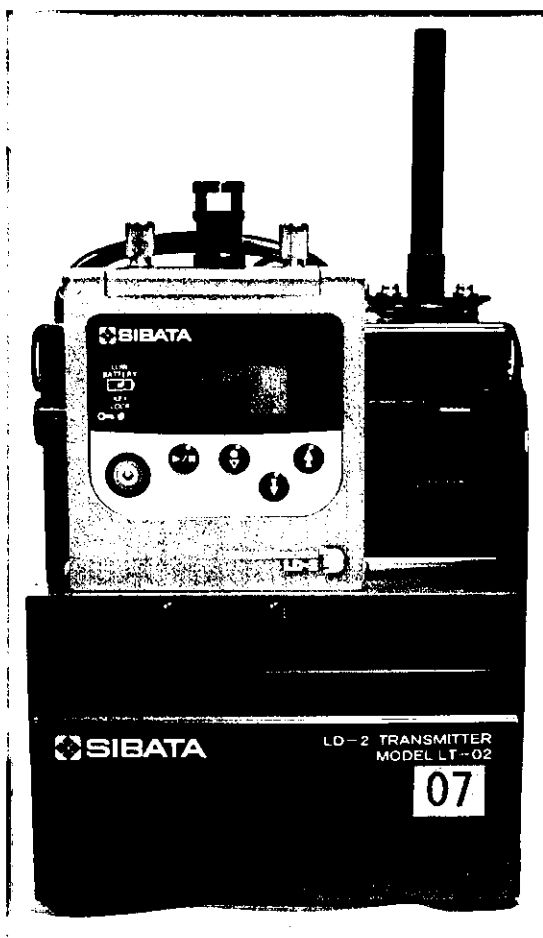


図-2 測定器

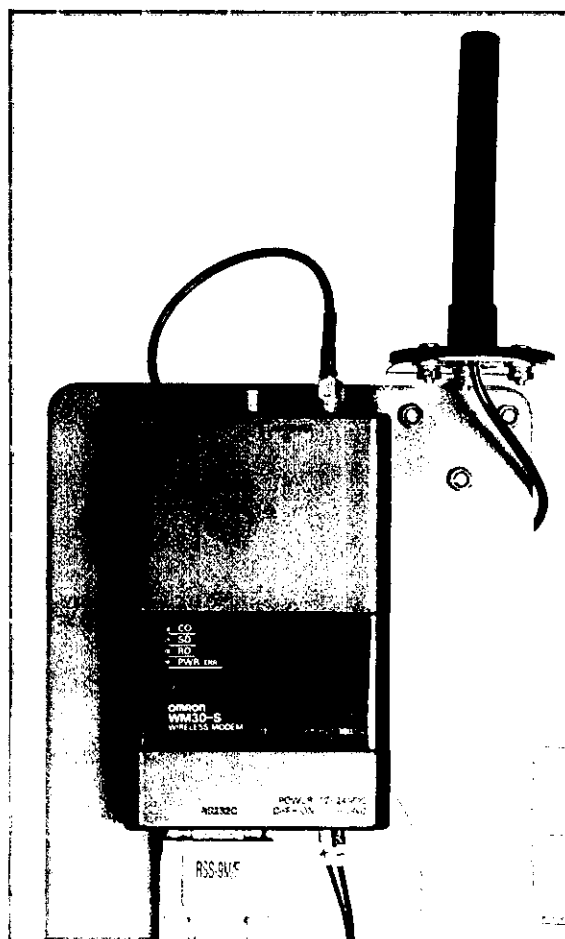


図-3 PC側通信アダプター

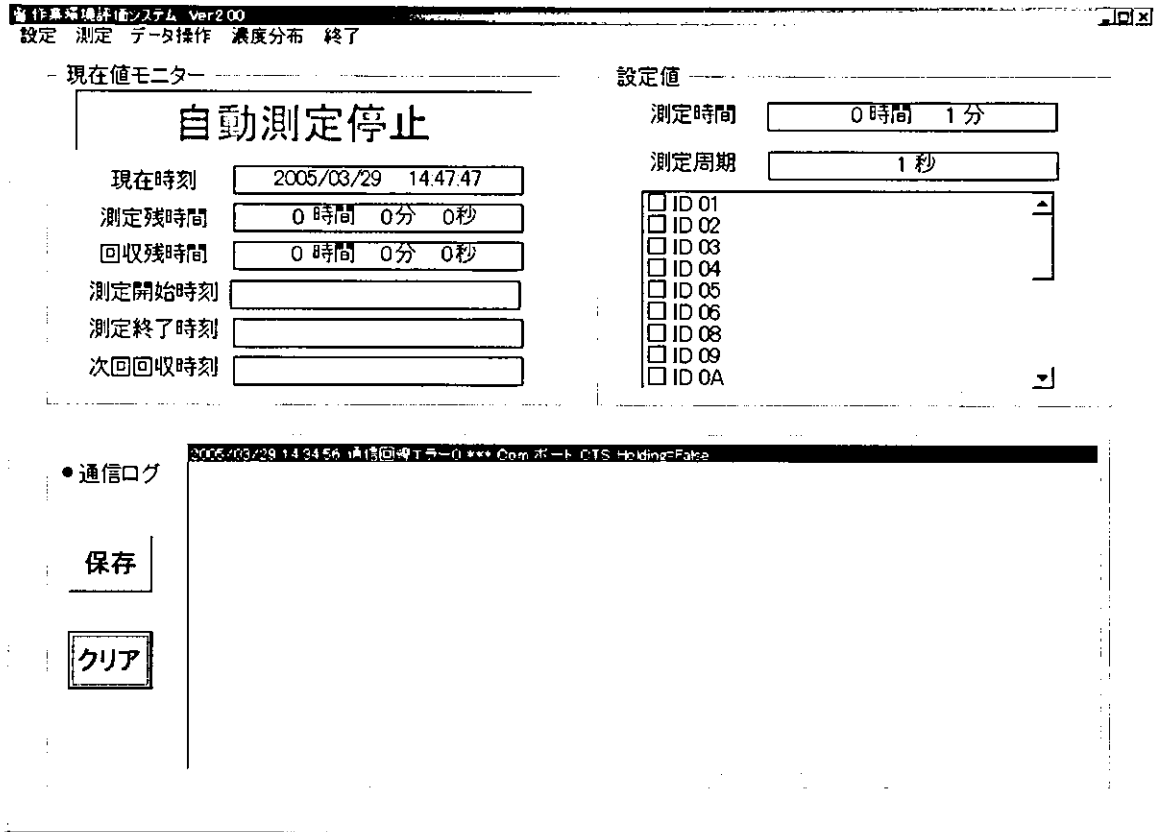


図-4 開始画面

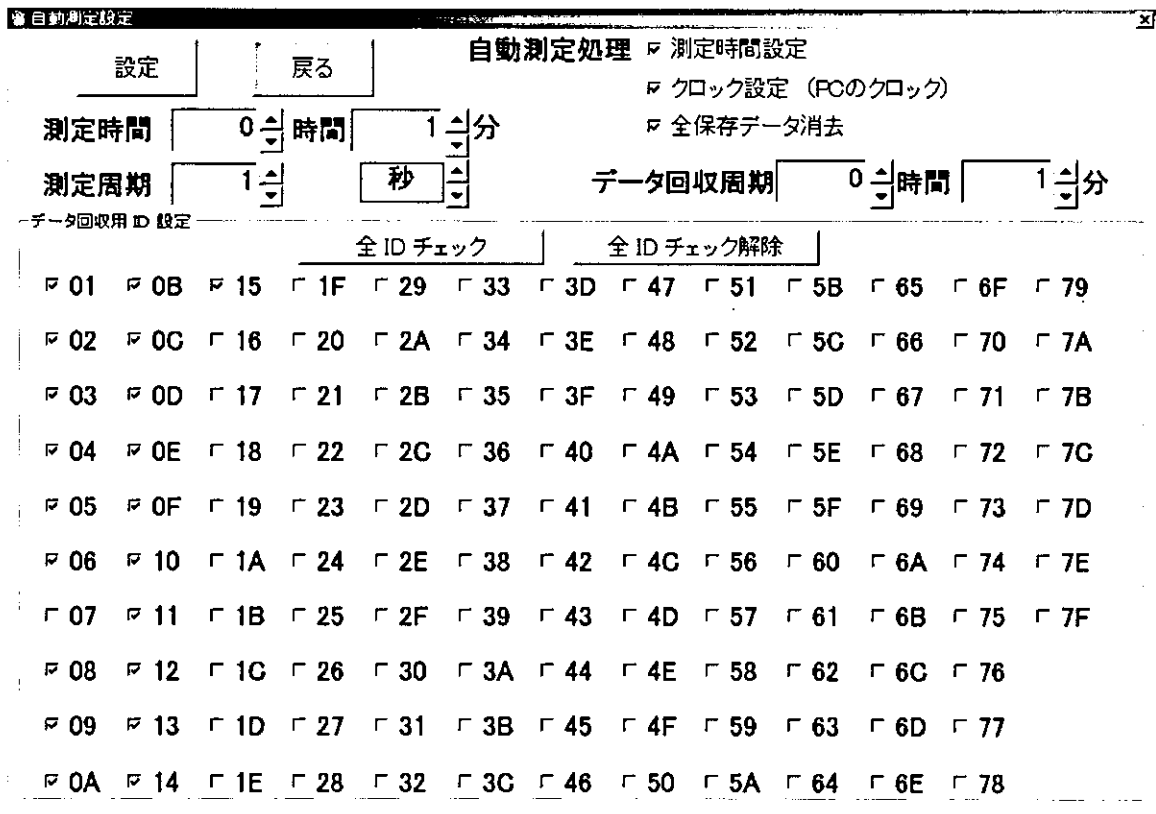


図-5 測定器IDの登録

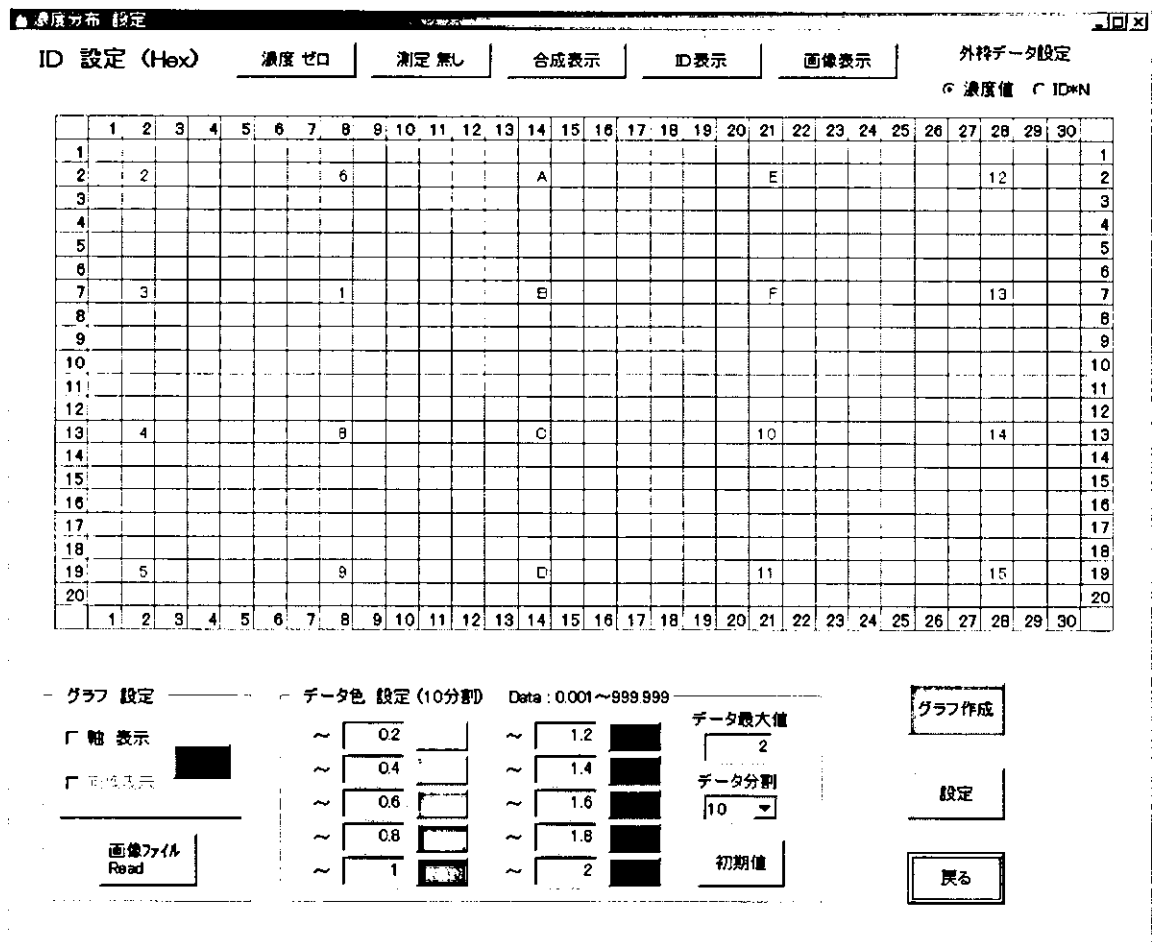


図-6 測定器の配置と濃度表示設定

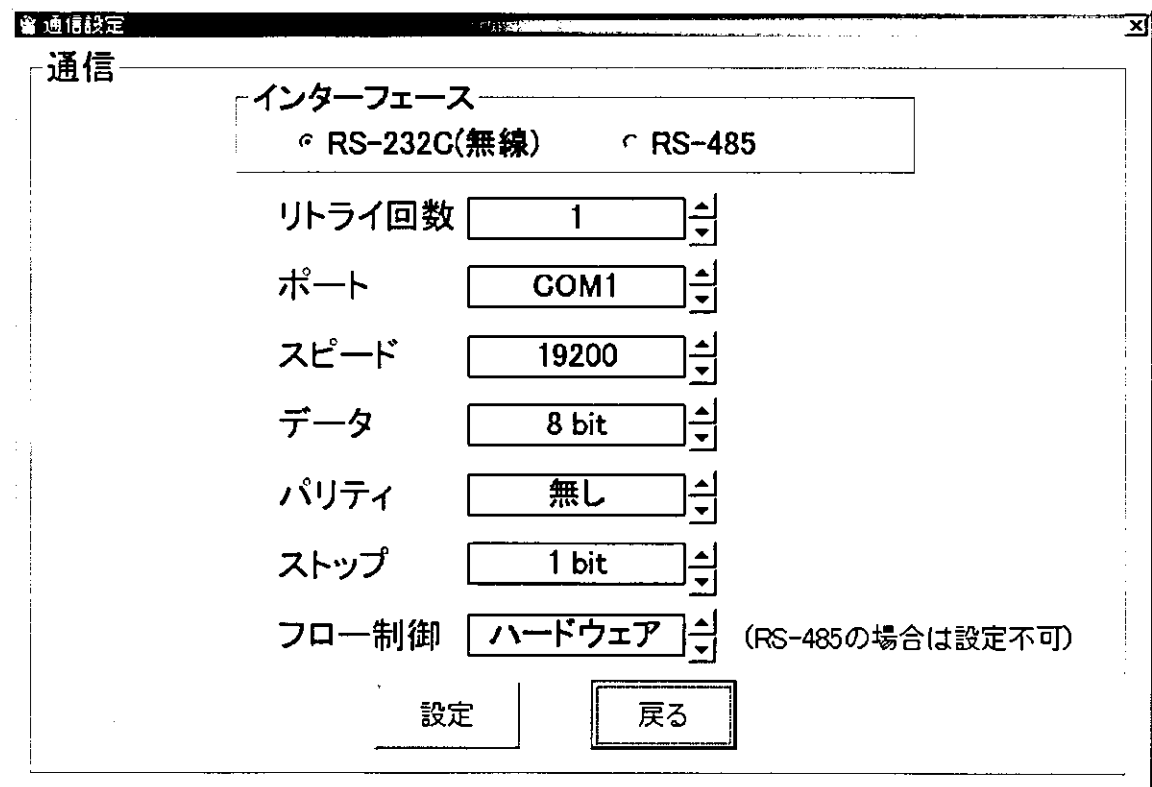


図-7 データ保存条件設定

に対し、受信確認を取りつつ順次送信され、設定完了後に測定が開始される。その後、粉じん計のメモリーに蓄積されている測定データは、PCから定期的に出送されるデータ回収コマンドに従って、回収されPCのハードディスク上に格納される。

データ回収の際には、PCと測定器の間で通信が交わされながらデータが回収される。回収の確認された濃度データは消去コマンドにより消去される。この時、何らかの事情で通信に支障が生じ予め決められている時間を超過してもデータを回収できなかった場合にはタイムアウトエラー処理され、この測定器からのデータ回収を中止し次の測定器との交

信に移ってデータ回収を継続する。そして、タイムアウトエラーを起こした測定器の保持する測定データは次回のデータ回収コマンドで回収された後、消去される。

3-5-2 濃度の表示

濃度の濃淡グラフ画像は、測定中には、データ回収毎に一画像がPCの画面上に表示される。グラフの画像表示は次のデータが受信される毎に更新される。例えば、20台の測定器で5秒間測定とし、回収間隔を5分毎として、1時間実施した場合、一度のデータ回収時には、12個/分×5分×20台、120個の測定値が回収される。また測定全体では

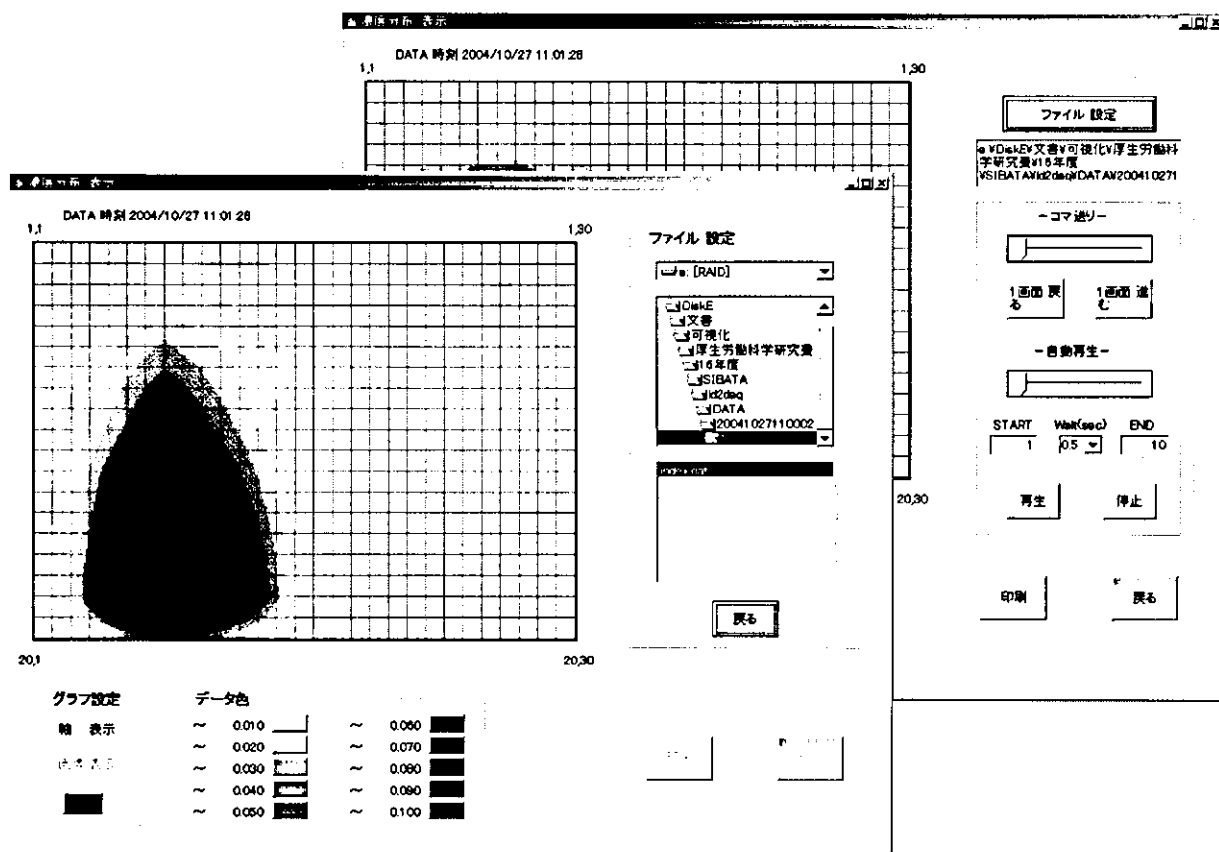


図-8 画像化処理のファイル選択と画像再生操作画面

14400個のデータが回収される。これらのデータは、測定動作終了後に画像化処理を行うことで、5秒毎に1画像、計720枚の濃度画像が得られる。画像化処理を行う際の設定用画面及び連続して表示させるための操作画面を図-8に示した。ここで作成及び表示される画像は、ある測定器とその周囲の測定器の濃度値から測定器間の想定される濃度値を計算で求め濃度値のない部分について補完し、等高線表示画像を作成している。

4 測定実験

前項で述べてきた可視化システムのハードウェア、ソフトウェアの動作を確かめるために、測定器を配置し、粉じんを発生して、測定器の配置、測定時間、回収間隔などを変えて得られる画像の作成を試みた。

4-1 条件設定と測定

15(3×5)台、20(4×5)台の粉じん計を基盤目上に配置した。データ回収用パーソナルコンピュータ(PC)に配置した粉塵計のIDと位置を登録し、データ保存のためのファイル名などの必要な設定を行い、測定開始の操作を行った。

測定開始操作によりPCからは、全ての測定器に対し設定情報が送信されたあと測定開始コマンドが送信された。これにより各測定器は、測定を開始し、測定時間毎の濃度データをメモ

リーに保持する。設定した回収周期でPCからデータ回収コマンド、データ消去コマンドが送出され、その度に、各測定器から測定データが回収されPCのハードディスク上に格納されるとともに各測定器の保持する測定データが消去された。この時のPCと測定器の間の通信ログの一部を表-2に示した。また表-3には、実験の条件を示した。

4-2 濃度表示

各測定器からの濃度測定値は、それぞれの測定器のIDと同じ名前のファイルとしてPCのハードディスク上に記録された。表-4に示すように、保存されたそれぞれのファイルには時系列に従って、測定年月日、時刻、測定値が記録されている。

下記のa~fに示す条件で行った測定で得られた濃度データをグラフ化した濃度画像を時系列に並べて図-9(文末に掲載)に表示した。

- a 11:01:28~11:10:28
左下方より上に向けて送風
継続的な発塵
0.05~0.005、10段階
測定60秒、回収5分毎、10分間
- b 11:21:59~12:21:29
左下方より上に向けて送風
継続的な発塵
0.05~0.005、10段階

表-2 条件設定、データ回収命令の記録されたログファイルの一部

2004/10/27 13:13:00	1.接続命令 ID=[80h + 00h]
2004/10/27 13:13:00	送信 DATA Len= 3 [80 00 00] Hex
2004/10/27 13:13:03	送信 DATA Len= 3 [80 00 00] Hex
2004/10/27 13:13:03	送信 DATA Len= 15 [54 30 30 30 31 30 31 30 30 44 36 0D 0A 00 00] Hex
2004/10/27 13:13:14	送信 DATA Len= 15 [54 30 30 30 31 30 31 30 30 44 36 0D 0A 00 00] Hex
2004/10/27 13:13:14	送信 DATA : 11.クロックの設定
2004/10/27 13:13:14	送信 DATA Len= 19 [43 30 34 31 30 32 37 31 33 31 33 31 34 39 45 0D 0A 00 00] Hex
2004/10/27 13:13:21	送信 DATA Len= 19 [43 30 34 31 30 32 37 31 33 31 33 32 31 39 43 0D 0A 00 00] Hex
2004/10/27 13:13:21	8.全保存データ消去命令 ID=[00h]
2004/10/27 13:13:21	送信 DATA Len= 3 [41 00 00] Hex
2004/10/27 13:13:25	送信 DATA Len= 3 [41 00 00] Hex
2004/10/27 13:13:25	2.測定開始命令 ID=[00h]
2004/10/27 13:13:25	送信 DATA Len= 3 [4D 00 00] Hex
2004/10/27 13:13:31	送信 DATA Len= 3 [4D 00 00] Hex
2004/10/27 13:15:33	1.接続命令 ID=[80h + 01h]
2004/10/27 13:15:33	送信 DATA Len= 3 [81 00 00] Hex
2004/10/27 13:15:34	受信 DATA Len= 3 [81 00 00] Hex
2004/10/27 13:15:42	5.測定データ要求命令 ID=[01h]
2004/10/27 13:15:42	送信 DATA Len= 3 [52 00 00] Hex
2004/10/27 13:15:42	KiPos= 367 RcvLen= 144 終了キャラクタ受信
2004/10/27 13:15:43	7.送信済データ消去命令 ID=[01h]
2004/10/27 13:15:43	送信 DATA Len= 3 [42 00 00] Hex
2004/10/27 13:15:44	受信 DATA Len= 3 [42 00 00] Hex
2004/10/27 13:15:45	1.接続命令 ID=[80h + 02h]
2004/10/27 13:15:45	送信 DATA Len= 3 [82 00 00] Hex
2004/10/27 13:15:51	送信 DATA Len= 3 [82 00 00] Hex

表-3 実験条件

測定器台数、配置	3 × 5 台		4 × 5 台	
	濃度測定時間	30 秒	60 秒	5 秒
データ回収間隔 (表示画像更新間隔)	5 分		3 分	

測定 10 秒、回収 5 分毎、60 分間

c 13:13:35 ~ 12:23:25
中央下方より上に向けて送風
継続的な発塵
0.05 ~ 0.005、10 段階
測定 10 秒、回収 5 分毎、10 分間

d 10:02:16 ~ 10:04:31
左より右に向けて一様に送風
一時的な発塵
2.00 ~ 0.20、10 段階
測定 5 秒、回収 3 分毎
25 分間中の 3 分間

e 09:55:52 ~ 09:58:12
左より右に向けて一様に送風
一時的な発塵
2.00 ~ 0.20、10 段階
測定 5 秒、回収 3 分毎
25 分間中の 3 分間

f 18:54:27 ~ 19:19:17
左より右に向けて送風
継続的な発塵
2.00 ~ 0.20、10 段階
測定 10 秒、回収 3 分毎
25 分間の 3 分間

表-4 測定データログの一部

2005/03/29,10:01:05,0.084
2005/03/29,10:01:10,0.062
2005/03/29,10:01:15,0.043
2005/03/29,10:01:20,0.170
2005/03/29,10:01:25,0.527
2005/03/29,10:01:30,0.187
2005/03/29,10:01:35,0.112
2005/03/29,10:01:40,0.050
2005/03/29,10:01:45,0.029
2005/03/29,10:01:50,0.032
2005/03/29,10:01:55,0.060
2005/03/29,10:02:00,0.161
2005/03/29,10:02:05,0.234
2005/03/29,10:02:10,0.226
2005/03/29,10:02:15,0.559
2005/03/29,10:02:20,04.63
2005/03/29,10:02:25,01.77
2005/03/29,10:02:30,02.49
2005/03/29,10:02:35,0.652
2005/03/29,10:02:40,0.349
2005/03/29,10:02:45,0.175
2005/03/29,10:02:50,0.158
2005/03/29,10:02:55,0.102

5 考察

パーソナルコンピュータと複数のデジタル粉塵計を無線によるデータ通信システムによって結びつけることで、作業現場の時々刻々変化する有害物濃度をリアルタイムで把握し表示することを実現できた。本研究では、測定対象有害物として粉じんを想定し、測定装置にデジタル粉塵計を用いた。

粉じん測定器とデータ送受用無線設備、データ収集・表示用プログラムを製作し、改良を加えて、多数の測定器を同期して測定を実施しその測定結果を回収して保存し、表示することを可能とした。初期においては、回収したデータを保存し、測定点毎の棒グラフとして表示するだけであったため、直感的にわかりやすいものではな

かった。また作成されたソフトウェアについても、操作が煩雑であるなどいくつかの不具合があったため、これらについての改良を行った。回収したデータをもとに、直感的にわかりやすい画像を素早く表示するためのアルゴリズム、作業現場での使用を

考え、より安全なものとするために、様々な手続きを簡略化するための改良を加えた。このようにして、製作したデジタル粉塵計と通信アダプターからなる測定器は、図-3に示したように堅牢なものとし、また長時間の測定を実現するために大型のバッテリーを装着した。さらに、現場での設定操作は電源のオンオフのみとなった。

20台の測定器を配置し、測定時間を5秒間毎にするよう設定して測定を行った場合にも、濃度データを確実に回収し保存することができた。試験的にデータ回収中に通信不良によるタイムアウトエラーを何度か生じさせたが、回収漏れを生じることなく全てのデータを回収することができ、回収用ソフトウェアの有効性が確かめられた。また回収した濃度データを計算処理してグラフィカルな等高線画像を3分間毎に表示することが実現できた。

また、連続して測定した濃度データから作成した画像を図-9に示した。粉じんが、発じん源から空気の流れに乗って移動し拡散し

てゆく様子、あるいは高濃度域が、拡散しながら移動してゆく様子などが観察できる。

作業環境測定法で定められている測定など従来より行われている測定は、測定期間内・エリア全体の平均濃度を求める方法であるために、変化する発生源の状況や影響範囲の把握には不向きであり、また突発的な発じんや発生源の移動を捉えることはできない。さらに、近年の傾向として少量多品種生産方式の導入による生産工程の頻繁な変更や、修理・環境改善工事の実施などによる環境変化に対応できないでいた。また本システムは、すべての測定点で連続して濃度測定を行うため測定点の数だけ測定器が必要となり、システムの構築には経済的負担が大きいものとなるという欠点があるとも言える。しかしながら、

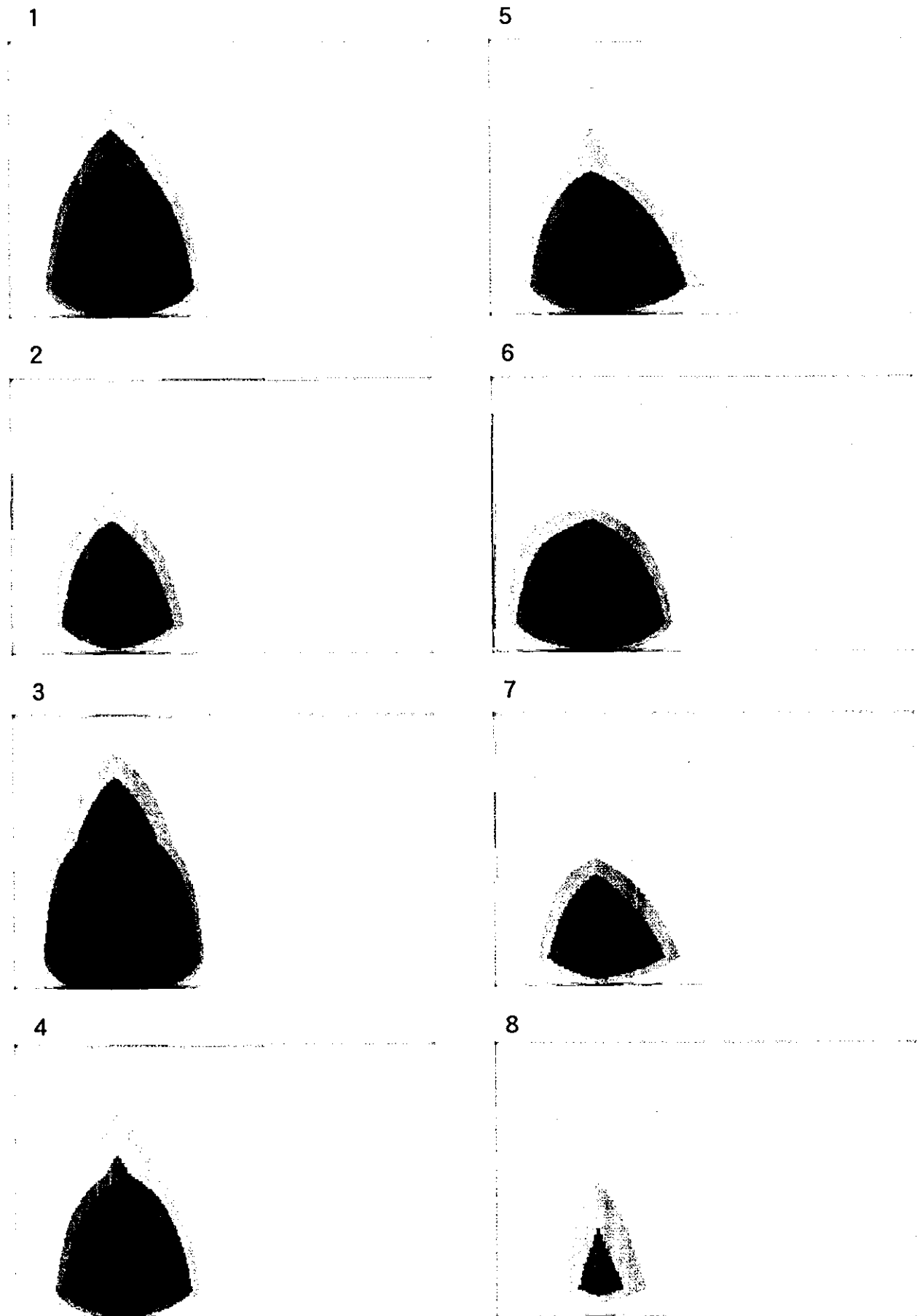
- 1 測定器を設置した範囲の濃度分布がリアルタイムで観察できる
- 2 濃度分布の経時変化を連続して観察できる
- 3 現在の有害物濃度をディスプレイ上にグラフィカルな画像として表示できる

などのことから、作業環境に影響を及ぼす作業や発生源の特定が容易となること、局所排気装置の新設・改修などの環境改善がなされた時には容易にその効果の確認ができることなどから、きめ細かな作業環境管理の実施に寄与できるものと考えられる。さらに作業者

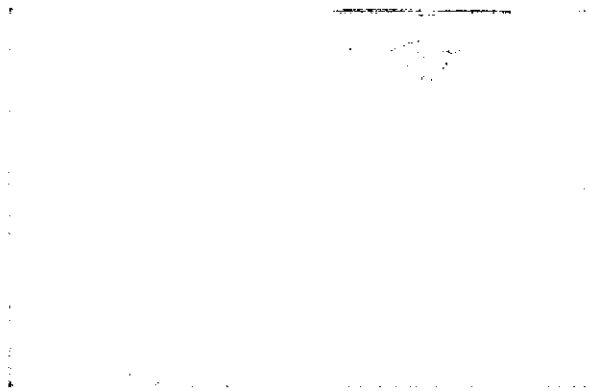
が、表示された画像を観察することで環境の状況を直感的に把握できるので、自発的な防護行動や環境改善への動機付けなど、安全衛生活動に対する教育的効果が期待できると考えられなど、本システムは多くの利点を持つものであり本研究の目的を十分に達成できたものであると考える。

このシステムでは、測定点を水平面状に配置する方法だけでなく垂直面状、あるいは立体的格子状に配置することもできるので、有害物の時間的、空間的な分布をより詳細に把握できる可能性もある。また測定器と通信機の接続の普遍化を進めることで、粉塵計を有機ガス測定器、騒音計など、他の測定器と交換することも可能と考えられるので、将来の課題としたい。

図-9 a 左下方より上に向けて送風 継続的な発塵
0.05 ~ 0.005 10段階 測定60秒、回収5分毎、10分間



9



10

