

厚生労働科学研究費補助金
労働安全衛生総合研究事業

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 総括研究報告書

主任研究者 神山 宣彦

平成15（2003）年 4月

目 次

I. 総括研究報告

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

..... 1

1 はじめに

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濃度分布として、常時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と作業領域内の作業者の動きを定量化したデータとを融合させ、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。しかし、上に述べた本システムを使用することで、さらに効果的な作業環境管理が迅速に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行われていない個人ばく露量の把握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。また、有害物を取り扱う作業者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・処理方法について検討する。その後、作業者の動きをとらえたビデオ映像をもとに作業者の移動を定量的に把握し、これに濃度分布の時間的空間的变化を関連づけることで作業者のばく露量を推定することが可能か否かについて検討する。このとき、本方法の実施の可能性および精度の評価のために、推定されたばく露量と作業者に取り付けられた個人サンプラーの捕集量を比較検討し、総合評価を行う。そして、効果的なばく露防護対策の選択や対策後の効果の把握を連続的に行う手段と

しての有効性についても検討する。

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、定常作業以外に事故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 研究の概要

本研究によって構築しようとする可視化

システムにおいては、設置する測定器から電氣的な出力信号をパーソナルコンピューター（PC）が扱えるような信号に変換してから、PCへ伝送することとした。これは、有害物の測定器が被測定物質毎に異なっているが、これらの測定器から出力される電氣的な信号を基準化することによっていかなる測定器であっても、本システムへの接続が可能となるようにするためである。

これらの条件を踏まえ、本研究では、作業形態を粉じん発生作業に限定し、想定する有害物濃度測定器をデジタル粉塵計とした。本年度に行うこととしたテーマは、複数箇所に配置された測定器からの測定値を収集する手段の開発である。

作業場に広範囲に配置した測定器から、測定結果を収集するための方法は、数多く想定された。これらについて比較検討し、その中から、本システムに最も適当な手段を選択するとともに、測定値のリアルタイム収集装置を製作した。

3-1 データ収集プロトコルの検討

作業場に分散して設置した測定器は、連続して濃度測定を行っており、一定の時間間隔で測定値を出力する。出力されたデータは、何らかの方法でパーソナルコン

ピューター（以下PC）に送られ、ここで処理する必要がある。そこで測定器を制御するとともに、測定データをPCに収集するための方法及び規格について検討した。

1. 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。

0～1 Volt 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 2m程度 シールドや周辺環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4～20 mA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 10m程度 シールドや周辺環境により影響され

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 5m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 10m程度 シールド状態や周辺環境に影響される。

5) その他：

BCD、GPIF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ここでは検討しない。

2. データの受け渡し方法

大別すると有線方式と無線方式に分けることができる。

1) 有線方式

1 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: 測定器を複数台を使用する場合、測定器の数だけデータ変換器と通信線が必要。

2 時分割通信方式

・ 個別通信式と同様PC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。

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PC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。

3 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ID番号を持たせ、PC側から測定値送信要求を出し、ID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 :

PC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PCに送ることが出来る。

PC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。

4 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ID番号を持たせ、P C側から測定値送信要求を出し、ID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。

5 LAN方式（ネットワーク式）

・データ収集用のP C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P C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P Cに書き込むことが出来、P C側での管理が不要。

デメリット：

測定器側とP C側両方に専用の通信ソフトが必要で、各測定器毎にP C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 :

固定接続にの場合は良いが、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。

1 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とで通信が不能になる。

2 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 100m 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。

3 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
現性が少ないため今回検討をし
ない。
- ・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
しをする方法が最も複数の測定器
のデータを同時に収集する方法と

して適当と判断する。

測定器として 100 台程を 1 グルー
プとして取り扱うこととする。

3-2 測定器及びデータ収集装置の製作

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、装置を製作した。粉じん濃度測定器
側については、図-1 に示すようにデジタル
粉塵計に、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
及びデータ通信装置を取り付けたデジタル
粉塵計をそれぞれ図-3, 4 に示した。ま
た、図-2 は、測定器群からのデータの収
集方法の概念を示している。基地側からの
コマンドに従って各測定器は測定データを
基地側に送信する。PC 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
て格納する。

3-3 装置の性能確認のためのデータ収集実 験

製作した測定器及びデータ送受信装置の
動作確認のために、1 台の測定器を動作さ
せ、これからの測定データを 24 時間にわ
たり受信し、記録した。この時の濃度測定
器は、一般的な事務所内に設置し、受信機
も同一の事務室内の机上に設置した。また、
複数の測定器からのデータ受信動作の確認

のために3台の粉塵計をできるだけ接近させて設置し、8時間連続して測定し、そのデータを記録した。

4 結果

作確認のために、1台の測定器を動作させ、これからの測定データを24時間にわたり受信し、記録した。このデータをグラフに表したものを図-5に示した。測定器は、一般的な事務所内に設置し、受信機も同一の事務室内の机の上に設置した。また、複数の測定器からのデータ受信動作の確認のために3台の粉塵計をできるだけ接近させて設置し、8時間連続して測定した。そのデータを図-6に示した

連続した24時間の測定器から測定データを図-5に示した。また、図-6は、3台の測定器からの測定データを示している。このグラフから、短い時間間隔で、粉塵濃度の情報が得られ、またそれを受信しPC

内に格納できることが確かめられた。

5 考察

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するための方法について検討し、無線電波を利用したデータ通信システムを導入することが適当であると結論づけた。また本研究では、測定対象有害物として粉じんを想定して、可視化システムの構築を行うこととした。そのために、使用する測定器には、デジタル粉塵計が適当と考えられたため、送受信機能を持つデジタル粉塵計を開発制作した。その後作業現場にこれらを複数個配置し、送られてくる濃度情報をPCに格納し、図示できることを確かめた。これらの結果は、来年度に計画されている収集した多点のデータを二次元表示する計画のために十分なものと考えられる。

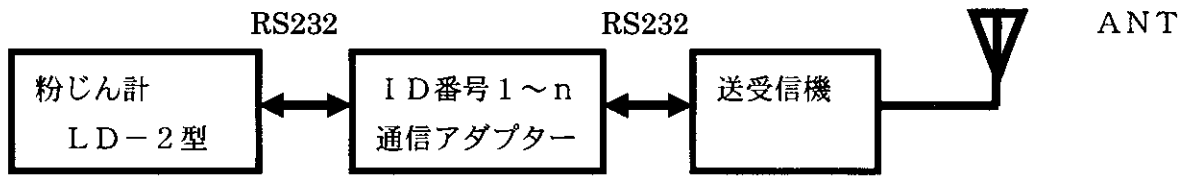


図 -1 粉じん測定装置のブロック図

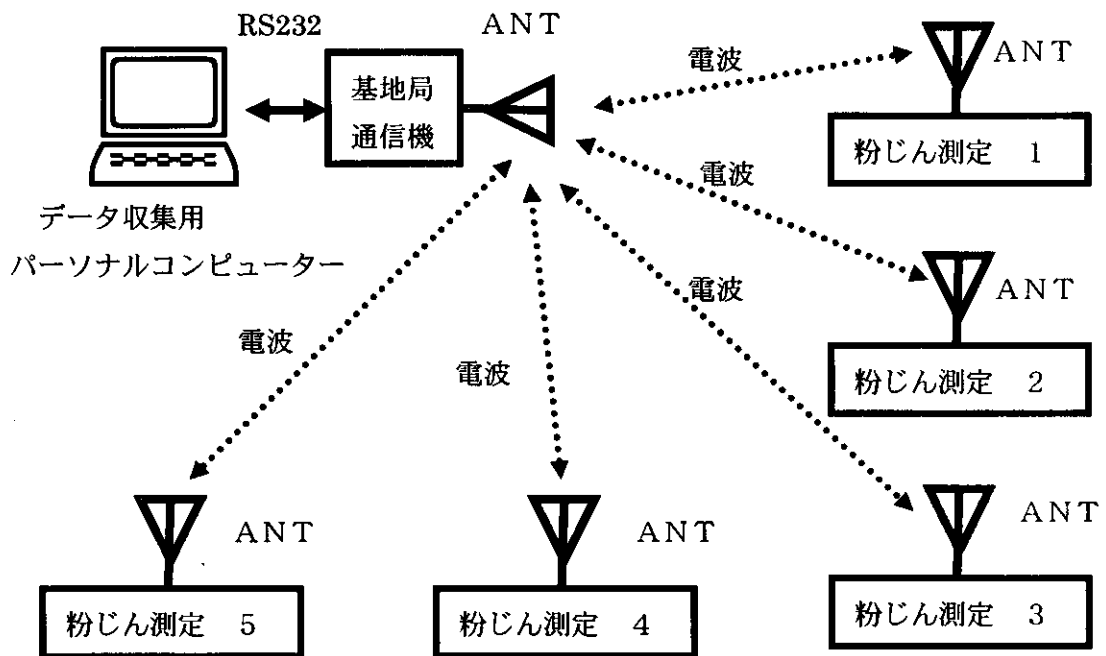


図 -2 粉じん測定データ収集方法概念図

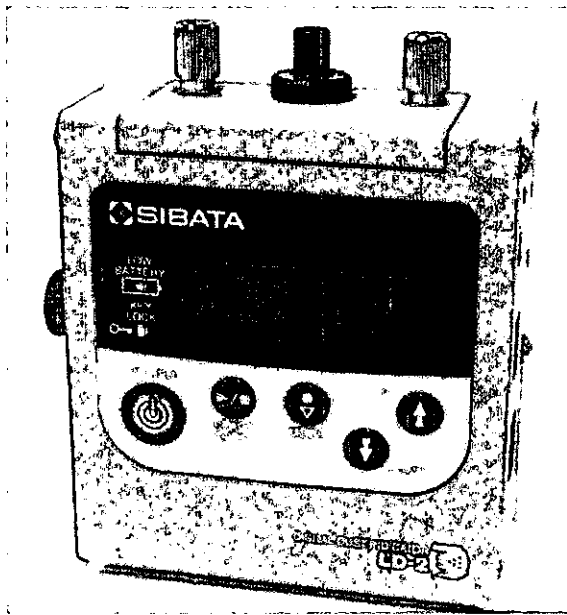


図-3 デジタル粉塵計 LD-2

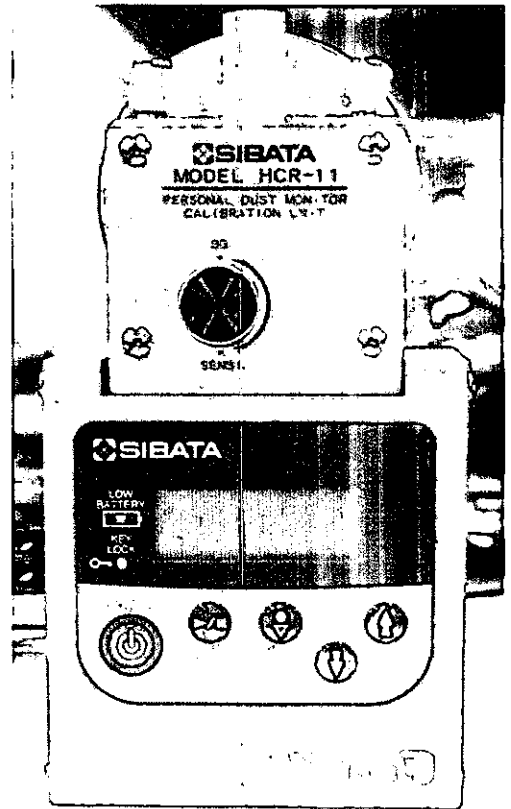


図-4 データ送受信部を取り付けたLD-2

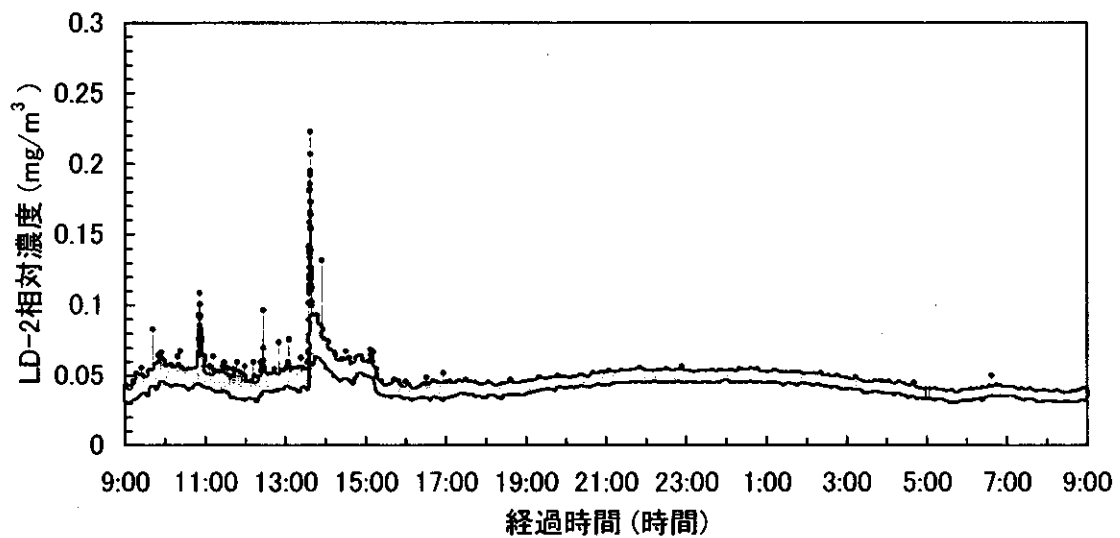


図-5 24時間ロギング測定(事務所内)

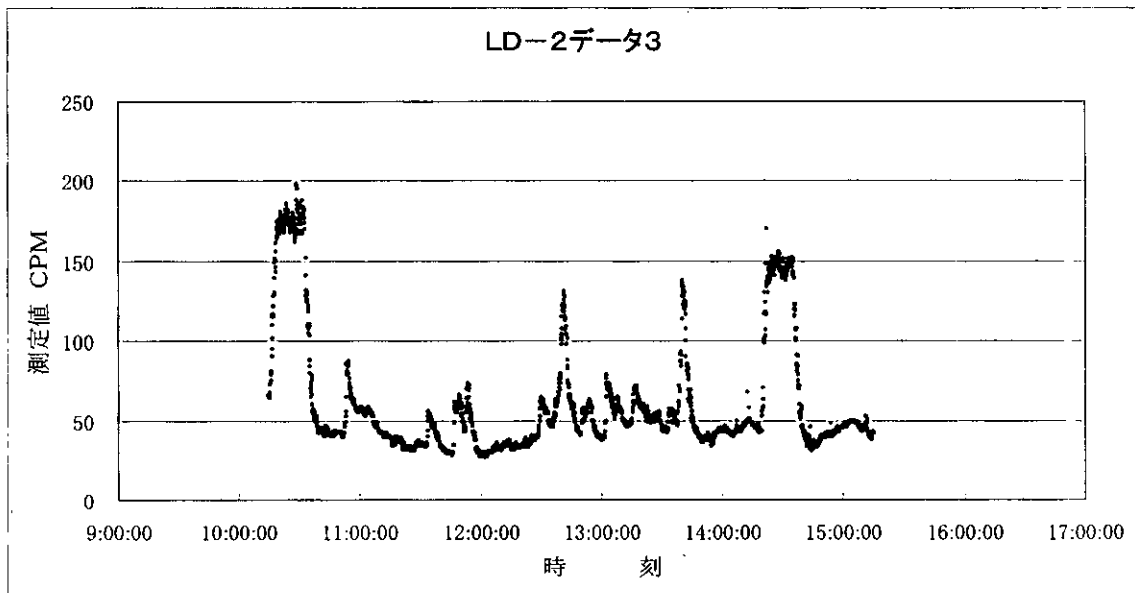
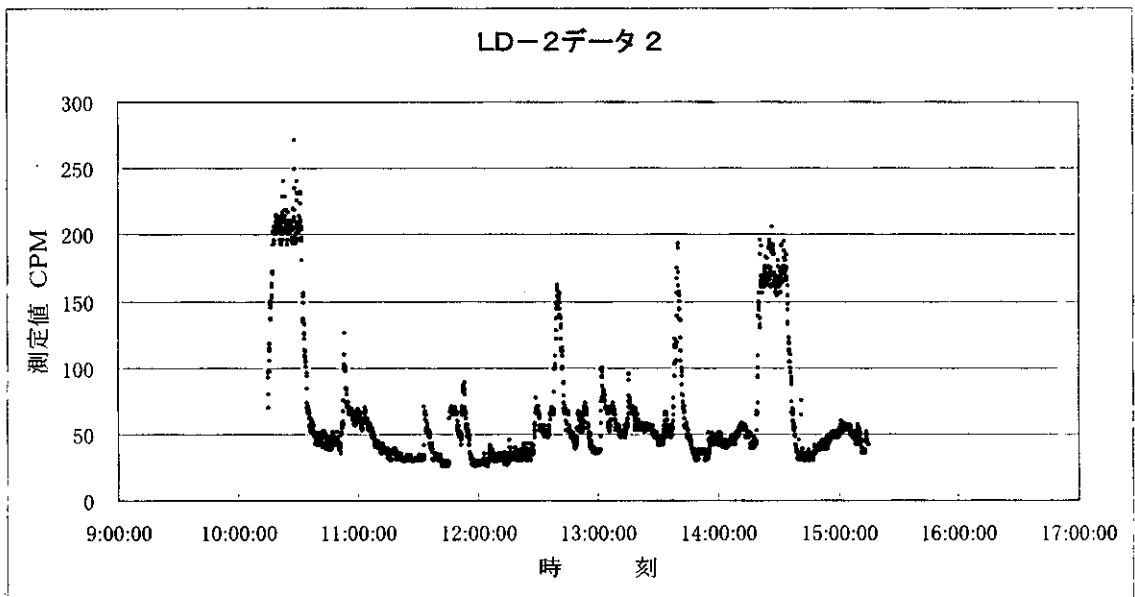
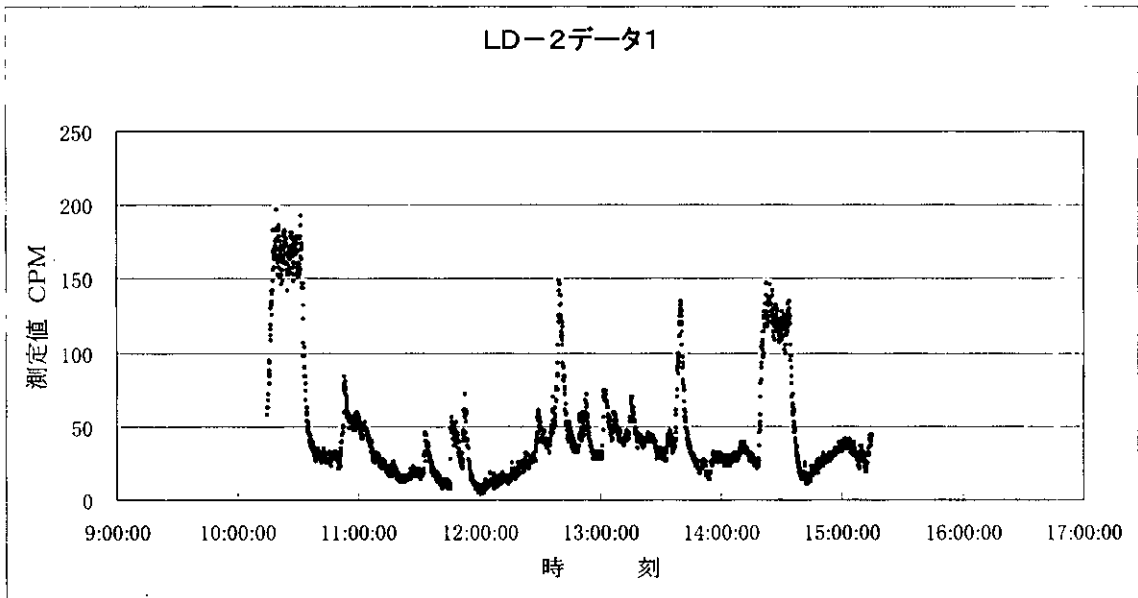


図-6 同時測定の結果