



## 改良型保障措置監視カメラシステム

高橋 三郎 保障措置室  
川本 速雄 元保障措置室 現科学技術庁

資料番号: 53-11

Improved Photographic Surveillance System for Safeguards.

Saburo Takahashi \*Hayao Kawamoto\*\*  
(\*Safeguards Office  
\*\*Formerly, Safeguards Office  
Presently, Science and Technology Agency)

核不拡散条約に基づく保障措置協定によれば、保障措置実施の目的は、有意量の核物質が平和的原子力活動から核兵器その他の核爆発装置に転用されることを探知することにある。この目的を達成する手段として基本をなすのが核物質の計量管理であり、これを補充する手段として封じ込め及び監視が用いられている。今回、日本の対IAEA保障措置支援計画の一環として、国際原子力機関が強く要望している高信頼度、高性能の監視カメラの開発を行ったので紹介する。

**Key Words** IAEA, JASPAS, Safeguards, Containment and Surveillance, Material Accounting, Inspection, Tamper-proofness, Reliability, Durability.

### 1. はじめに

核不拡散条約に基づき国際原子力機関 (IAEA) と加盟各国間で結ばれている保障措置協定によれば、国際保障措置の実施に当たっての具体的な目的は、平和目的の原子力開発利用として用いられている核物質が、核兵器または他の核爆発装置に転用されることを適時に探知し、また抑止することにある。IAEAは、そのため有意な量の核物質の核兵器、核爆発装置または不明用途への転用を適時に検知し、または転用の途に対して早期に発見できるという危機感を与えることにより転用を抑止するよう加盟各国との間で結ばれた国際保障措置協定に基づいて、国際査察を含む所要の活動を行っている。

上記の目的を達成する手段として基本をなすのが核物質の計量管理であり、これを補充する手段として封じ込め及び監視 (Containment and Surveillance: C/S) が用いられている。動燃事業団としては、計量管理の実施、国内及び国際査察の受入れを含め所

要の義務を果たしているが、更に国が実施する対IAEA保障措置支援計画 (Japan Support Programme for Agency Safeguards: JASPAS) への参加及び施設者側としての必要性等に鑑み、計量管理やC/S手段の改善と開発に対して、できる限り協力・支援を行って来ている。今回、この一環としてIAEAが従来から強く要望している高信頼度、高性能の監視カメラの開発をエルモ社との協力でやり、早期の成果を収めることができた。

この監視カメラの開発は2段階に分けて行われ、第1段階では改善要求項目を満たすべく機能本位の原型モデル (D-1モデル) を製作し、第2段階でD-1モデルの開発経験及び実証試験を踏まえて実用最終モデル (D-2モデル) を製作し、これを上記のJASPASのひとつとして、1983年にIAEAに対し供試貸与することになった (写真1を参照)。

以下に、従来の監視カメラに対比される主な特徴及び改善点、また本監視カメラの評価試験の結果に

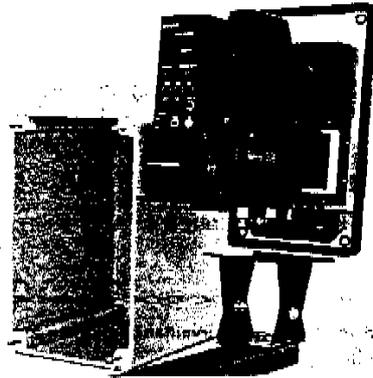


写真1. D-2 Model Camera

ついて述べる。

## 2. 従来の監視カメラに対比される主な特徴及び改善点

改良型保障措置監視カメラにおいて実現された従来の監視カメラに対比される主な特徴及び改善点は以下のようである。

- (1) 民生用ELMO612S-XL型ムービーカメラを母体として使用しており、14,400コマを撮影可能な長尺(200ft)カラーフィルムが使用可能である。これは、従来のものに比べ4倍の容量になる。
- (2)  $F:1.2$ 、 $f=5.69\text{mm}$ の広角レンズを使用し、自動露出で最長1分までの長時間露光が可能で、相当暗い場所でも撮影できる。
- (3) タイマーは、いわゆるクォーツクロックを利用して高精度でコントロールされており1分間隔から99分間隔まで、1分刻みで任意な時間間隔に設定できるコントローラで1コマ撮影が可能である。
- (4) 光学的方法により、画像の左縁端部に14桁(日付および時間等)の情報をLED(Light Emission Diode)発光素子から転写して記録することができる。

情報記録部分:  $1.00 \times 4.14\text{mm}$

画像有効部分:  $4.70 \times 4.14\text{mm}$

電力消費を少なくするため、及びフィルム面での文字のハレーションを避けるため、LED素子の発光時間は、ASA40フィルムに対し32ms、ASA160フィルムに対し8msにコントロールされた。

- (5) フィルムの送行不良、巻き取り力の不足等によるジャミング(一般的には、フィルムがアコーディオン状になることであるが、IAEAではもっと広い意味でフィルムの送行不良のことを指す)をなくし、この監視カメラの信頼性を高めるよう、次のような点について改良を行っている。

①フィルム駆動用モータは、1コマ撮影用高負荷条件に耐え得るよう高トルクモータ(Coreless DC Motor)に取り替えている。

②不要な録音用ヘッドを取り除き、代わりにフィルムがスムーズに移送されるよう、ガイドローラを付加している。

③カメラシステムをジャミングの主要原因のひとつである湿度や腐埃等から守るために、収納ケースの機密性を十分にしている。

- (6) タンパーブルーフェネス(被監視者による欺瞞及び妨害行為への対抗)機能を持ち封印可能な収納箱を開発し、これに納めている。この収納箱は3層からなっており、外層及び内層はABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)樹脂板をベースにグラスファイバー織布を張り、これを透明な樹脂によって固定したFRP(Fiber Reinforced Plastic)構造となっている。その中間には、10数mの光学繊維を箱のすべての部分へ行きわたるよう蛇行させてあり、この光学繊維の両端は収納箱の端面に出してある。これは、一端へフラッシュライトの光を当てることにより、他端でその健全性が確認できるためである。

これらの結果、収納箱は堅牢且つ軽量化し、外から見られるグラスファイバーの織り文様は個々の収納箱によって異なるため、いわゆる独自性を持っている。したがって、妨害・欺瞞を試みようとする企てに対して脅威となり、収納箱を切断してカメラに対し妨害・欺瞞を行おうとしても、その原状への修復が困難で、且つ容易に検知することができる。

- (7) 査察員によるフィルム交換を容易にし、また誤操作によるトラブルをなくすため、種々の工夫をこらしている。例えば、

①タイマー駆動電源に対し並列に大容量コンデンサを入れることにより、駆動電源が喪失しても約30min近くタイマーは駆動する。これにより、フィルム交換の都度タイマーをリセットする必要がない。

②比較的電力を費やすLEDデータ表示の消し忘れによってバッテリー消費が促進されることのないよう、自動的に10s後に消燈する機構をつけている。

③フィルムをセットする時に露光部分を自動的に給送し、装填チェックを行う機構がついている。装填が不完全である場合には、警報を発しこれを検知する。この時には、再度フィルムの装填をやり直す。

(8) カメラ前面に施設の通常状態を写したパネルまたはスクリーン(プロジェクター映写)を置いて、その陰で欺瞞活動を企てることに対抗するため、カメラ前面の対象物に対する距離が測定され、これが画面上に表示される。これは、赤外LEDで発光されたビームが被写体に当り反射して戻ってくる赤外光を、光点位置検出器PSD(Position Sensitive Device)に集光させるという投光受光方式の測距システムである。

PSDはスポット光位置に対応した光電流を出力し、信号処理を行って被写体までの距離を測定する。測定された撮影距離は4つのゾーン(1-2m, 2-4m, 4-8m, 8m以上)に対応し、フィルム上に光点の位置変化として表示される。

### 3. 評価試験結果

監視カメラは、査察員が不在の時に使用されるのが前提であり、設置される場所も世界のあらゆる地域の原子力施設、すなわち高温高湿な場所から低温な場所まで、あるいは屋外、屋内、照明条件も自然光、人工光と様々な環境条件が予想され、その条件下での完全な作動が期待されている。このような条件を考えて監視カメラの信頼性評価を行うため、次のような評価試験を実施し、満足のいく結果を得た。

(1) 異なった温度及び湿度のもとでの耐久試験

①低温時におけるバッテリーテスト

(条件) 設定温度: -5 ~ 25°C

インターバル: 1コマ/2min

使用フィルム: Kodac 40 (200ftフィルム)

使用電池: 駆動用 National

AM1 × 6

クロック用 National

AM3 × 3

(結果) ○低温時(-15°C程度)においては、

開放時電圧、動作時電圧、クロック用電圧の電圧降下は大きい。カメラ作動にとって特別の影響は受けない。

○電源の供給が十分であれば、-25°Cの状態でも撮影は可能である。

②高温高湿時におけるバッテリーテスト

(条件) 設定温度: +40 ~ +60°C

設定湿度: 70-90%

インターバル: 1コマ/2min

使用フィルム: Kodac 40 (200ftフィルム)

使用電池: 駆動用 National

AM1 × 6

クロック用 National

AM3 × 3

(結果) ○高温高湿(60°C, 90%)でも、上記フィルムに関する限りジャミングは起こらなかった。

○高温高湿(50°C, 80%以上)では、フィルムのカーリング(フィルムが熱によって彎曲すること)によるものと考えられるビント不良が起きている。

③カメラの駆動時における消費電力の温度特性

(条件) 設定温度: -15 ~ 40°C

(結果) ○低温時(-15°C)での消費電力は常温時(20°C)に比べ約30%増大する。

④クロック精度の温度特性

(条件) クロック用電圧を4.25Vに保った時のクロック精度の温度特性

(結果) ○常温時(20°C)を基準として低温時の方が約2ppm(parts per million)/°C遅れる。

○この値は、-15°Cのもとで100日間運転された場合、最大-10min程度の誤差である。

(2) 耐振動テスト(輸送時における振動も含む)

(条件) カメラ協会の基準に従って耐振動テストを実施した。

(結果) 各部に異状は認められなかった。

(3) カメラ駆動部の耐久テスト

(条件) 設定温度: 常温(20°C)

インターバル: 1コマ/2s

使用フィルム: ダミーフィルム(エ

ンドレス)

使用電源：定電圧電源

(結果) ○85万回に至るまでシャッター作動に異常は生じなかった。

○85万回の撮影は長尺フィルムで59本分に相当し、10minのインターバルで撮影した場合16年間の使用に耐え得ることを意味する。

#### 4. おわりに

現在、IAEAでは約600台の8mm監視カメラを所有しており、世界各国での国際査察において使用している。C/Sは基本的な保障措置手段としての計量管理に対し、重要な補足手段として規定されており、実態上、監視カメラに課せられた主要な役割は、核物質の移動がIAEAに申告された経路あるいは時間のみで起ったことの検認であり、査察員が不在の時に使用されて一定期間の保障措置の担保を得る目的で使用される。何らかの原因で、この担保が不十分あるいは疑われるときは、在庫の再検認のような事態にもなりかねない。従って、監視カメラには高い信頼性が要求される。この信頼性は単に作動が確実であるだけでなく、必要な情報が確実に入手できることも含まれる。例えばカメラへの欺瞞行為があればその検知、できればその予防も可能としたい。

この監視カメラは、何よりもまず高信頼性の達成を前提とし、誤操作防止機構を含む高操作性と高性能化のため、フレーム上へのデータの記録、大容量のカートリッジ、自動露出・長時間露光、被写体測距とその記録及びタンパープルーフなカメラ収納箱等、現在入手可能な最高の性能を達成することを目指としつつ、今後10年以上にわたって使用に耐え得るものとした。この監視カメラが実生産モデルとして査察者側で採用されることになれば、今後当分の

間は従来のモデルと置換され、国際査察においてルーティン機器として設置・オペレートされると期待されている。現に、IAEAではルーティン使用を前提とした本格的なフィールドテストを5ヶ国の施設で実施しており、日本では「常備」に2台設置されている。

一方、動燃事業団としては、これに満足することなく本監視カメラのさらに先を考え、長期的開発の方向を考察している。最近日本で開発市販された半導体レーザーを使った静止画ビデオディスク装置などが有望である。さらに進んでは磁気泡メモリーのようなノン・メカニカル記録方式を利用したものの開発が目指されるべきではなからうか。

また、将来は単に機器単体としての監視システムの開発のみではなく、むしろ、機器としてはより単純であっても信頼性が高く、被査察者側の受入れが容易なC/S機器の組合せをとることによって、より高い費用対効果比をもち、かつ査察者、被査察者双方の省力の方向を目指した総合的な保障措置C/Sシステムが指向されるべきではないかと考えている。

#### 参 考 文 献

- 1) 核兵器の不拡散に関する条約第3条第1及び4の規定の実施に関する日本国政府と国際原子力機関との間の協定 (1977)
- 2) 川本運雄、高橋三郎：改良型保障措置監視カメラシステムの開発、日本原子力学会、Vol. 25, No. 10 (1983)
- 3) R. Haas; Optical Surveillance in Euratom Safeguards, ESARDA (1979)
- 4) C. Brückner; KfK Film-Camera System for Safeguards, ESARDA Bulletin No. 3 (1982)
- 5) H. Kawamoto, S. Takahashi; Development of New Generation ELMQ 8mm Surveillance Camera, ESARDA (1983)