解 説

島根原子力発電所における ATLD 被曝管理システムについて

松林 秀夫*¹, 越智 侑*¹

(1981 年 12 月 12 日 受理)

Personnel Exposure Control System with Auto Thermoluminescence Dosimeter in Shimane Nuclear Station

Hideo MATSUBAYASHI*¹ and Susumu OCHI*¹

KEY WORDS : personnel exposure, ATLD system, thermoluminescence, TLD element, TLD reader, film badge, pocket dosimeter, identification card, computer system, strage of exposure data, data processing

1. まえがき

島根原子力発電所は、出力 46 万 kW の BWR 型原子力発電所で昭和 49 年 3 月の営業運転開始以来、約 8 年間順調に運転を行ってきている。

原子力発電所の管理区域への立入は、所定の資格を有していることが必要でありこれらの資格をチェックするとともに被ばく線量を測定する ATLD 被ばく管理システム（自動熱蛍光線量計 ATLD: Auto Thermoluminescence Dosimeter）を当発電所で採用したのでここで紹介する。

2. システム導入の経緯

従来、原子力発電所の管理区域に立入る者は、FB（フィルムバッジ）と PD（ポケット線量計）の 2 種類を装着させ外部被ばくを測定していた。FB は、月ごとの線量評価用に、また PD は日々の線量評価用に使用してきた（第 1 図）。

まず管理区域に立入る作業者は当発電所の放射線作業従事者として指定を受けるとポケット線量計記録カード（PD カード）の発行を受ける。管理区域の出入口は 1 カ

所で「チェックポイント」と呼ばれ、ここに常時監視員を配置し出入管理を行っている。

作業者は管理区域に立入る場合監視員から PD を受け取り、入域前の PD 指示値を PD カードに記入し監視員に PD カードを提出し立入承認を受ける。また管理区域から退域する場合には、PD 指示値を読み取り、PD カードに記入する。一方放射線管理員はこのカードから毎日の被ばく線量を集計し個人の被ばく管理値に対するチェック、作業ごとの被ばく線量の分析、さらに作業計画、作業手順の見直し等に反映していた。

このシステムの難点は PD 自体が機械的ショックに弱く、また作業者自身が読み取るため、読み取り間違い、読み取り誤差が生じやすいことであった。

さらに被ばく線量の集計等はすべて手作業で行うため結果が出揃うのが数日遅れとなり、次の作業計画、作業手順の見直し等への反映が困難な場合もあった。またチェックポイントにおける出入監視も定期検査時の多人数立入の場合、漏れなく監視するのに大きな労力を要した。これらの問題を解消するため昭和 53 年度下期より PD の代わりに入域者の資格をチェックするとともに被ばく線量を自動的に読取り、目的に応じたデータ処理が出来る ATLD システムを導入し今日まで順調に運用している。

*¹ 中国電力(株)島根原子力発電所安全管理課; 島根県八束郡鹿島町大字片匂 654-1 (〒690-03)
Radiation Control Department, Nuclear Power Station, Chugoku Elec. Power Co., 541-1, Ohazakataku, Kashima-cho, Yatsuka-gun, Shimane-ken.

3. ATLD 被ばく管理システムの概要

第2図に ATLD 被ばく管理システムの構成を示す。

原子力発電所で作業する人については、発電所の作業員として十分な教育がなされているか、被ばく前歴、健康診断の実施状況、体内放射能測定等をチェックし放射線下労働を実施しても問題のないことを確認して発電所の放射線作業従事者として指定する。

放射線作業従事者として指示されると第3図の「管理区域立入通行証 (ID カード)」が発行される。

この ID カードは顔写真付磁気カードとなっており、第4図の磁気カード発行装置および第5図顔写真彫刻装置で作成する。

作業員が管理区域に立入る場合、チェックポイントでこの「管理区域立入通行証」をチェックポイント監視員に提示し、立入許可された本人であることの確認を受けた後、第3図の TLD 素子を受取り第6図の「TLD 自動読取器」に ID カードと TLD 素子を挿入し、作業内容をキーインする。「TLD 自動読取器」はマイクロコンピュータを内蔵しており、作業員の入域資格のチェックを行い有資格者については管理ゲートのロック解除を行い入域が可能となる。

作業終了後は再びチェックポイントで、ID カードと TLD 素子を「TLD 自動読取器」に挿入し、被ばく線量を読み取り、読取値が被ばく管理値等を超過していないかチェックするとともに被ばく線量を電光表示およびデジタルプリンタで作業員に知らせる。また、同時に紙テー

プパンチャーでこれらのデータを出力する。

この紙テープは1日1回第7図の計算機に入力され統計処理が行われる。

これらの結果はただちに作業担当部門に渡され、次の作業計画に反映させるとともに被ばく低減対策の基礎資料として活用する。

作業が完了した作業員については、当発電所の放射線

第1図 ポケット線量計による被曝管理

第2図 ATLD 被曝管理システム概要図

第3図 管理区域立入通行証 (ID カード) および TLD 素子

第4図 磁気カード発行装置

第5図 顔写真彫刻装置

作業従事者の解除を行ない、計算機の統計処理結果から作業期間中の被ばく線量を本人に通知する。

4. TLD 自動読取器の構成およびソフトウェア

TLD 自動読取器はマイクロコンピュータ (8080A マ

第6図 TLD 自動読取器

第7図 電子計算機ハードウェア概略構成図

イクロプロセッサ) を制御の中核として初めての作業者でも容易に入退域できるよう操作手順および被ばく線量等を表示する操作表示パネル部、TLD 素子 ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{Tm}$) を熱風加熱方式で熱蛍光量を測定する TLD 測定部、ID カードの磁気記録部のデータ (144 桁) を読取り、更新する磁気カードライター部、被ばく線量、入退域時刻等を2枚複写で印字するプリンター部、個人管理番号および読取った被ばく線量等を ISO コード 8 ビットで紙テープに出力するパンチャー部、水晶発振器および CMOS カウンターによる時計部、管理ゲートのロック解除等を行うゲート部・電源部から構成される。第8図にその構成、第9図に操作表示パネルの内容および第1表にその仕様を示す。

マイクロコンピュータのソフトウェアは、TLD 素子および ID カードの情報により、立入資格判定や被ばく線量監視を行い、管理ゲートロック解除の制御、ID カード記録内容の更新、被ばく線量データの出力などを行うようになっている。

第8図 TLD自動読取器構成ブロック図

No.	表示項目	色	No.	表示項目	色	No.	表示項目	色
1	TLD・カードの順に入れよ	白	9	TLD・カードを取れ	白	17	(3ケタの数値表示)	赤
2	カードを正しく入れ直せ	白	10	あなたのものか	白	18	ミリレム	白
3	資格なし	黄	11	期限切れ	黄	19	1号	白
4	← 出なさい	白	12	出なさい →	白	20	2号	白
5	読取中	白	13	保守	白	21	立入時間	白
6	しばらく待ちなさい	赤	14	TLD交換	白	22	作業番号	白
7	作業番号を入れよ	白	15	日線量	白	23	時間	白
8	正しければ○誤まっていれば×	白	16	今回線量	白	24	ミリレム	白

第9図 操作表示パネルの電光表示項目

5. 管理区域の出入管理

管理区域の出入は第10図に示すように必ずチェックポイントを通る配置となっており、ここでチェックポイント監視員および「TLD自動読取器」により出入を監視している。

(1) 管理区域へ立入る場合の監視項目は次のとおりで

第11図にそのフローを示す。

① 立入を許可された者であることの確認。
放射線作業従事者として管理区域への立入を許可された作業者は、顔写真を彫刻された「管理区域立入通行証」をチェックポイント監視員に提示する。監視員は顔写真で本人であることを確認した後、TLD素子を手渡す。

第1表 TLD 自動読取器仕様一覧表

		仕 様
1	素子測定部	
	測定方式	熱風加熱積分方式・プリアニール, ポストアニール機能付, 自動零点補償回路機能付
	測定精度	10 mrem 以上で $\pm 10\%$ 以内, 10 mrem 以下で ± 1 mrem
	測定読取時間	8 秒/エレメント
	入域時アニール時間	8 秒 (2 エレメント同時にアニール)
	TLD 素子番号読取	光電式読取方式, 30 ビット (素子番号, 24 ビット, 素子識別用, 3 ビット, パリティチェック用, 3 ビット)
2	素子固定	ソレノイドによる自動ロック方式
	マイクロコンピュータ	
	型式 容量	8080A マイクロプロセッサ RAM 1k バイト ROM 14k バイト
3	磁気カードライター部	
	記録方式	FM 方式
	記録容量	144 桁, BCD コード
	記録密度	210 BPI
	トラック数	1 トラック
	駆動方式 カード走行速度	AC 同期電動機方式 300 mm/秒
4	デジタルプリンター部	
	印字数	最大 15 文字/行
	印字色	黒, 赤 2 色自動切換
	小数点	浮動小数点方式
	印字速度	350 msec/行
	記録紙	89 mm 幅, 2 枚複写ロール紙
5	紙テープパンチャー	
	データ転送方式	ビットパラレル・バイトシリアル共通バス方式
	パンチ方式 パンチスピード	ISO コード, 8 ビット 75 文字/秒
6	時計部	
	基準周波数	4194304 MHz 水晶発振器 (年差 ± 60 秒)
	計数部	CMOS カウンター使用 (停電時 12 時間動作可能)
	表示器	7 セグメント LED 表示
	日のリセット	平年は 366 日, うるう年は 367 日で日が 001 日に自動的にリセットされ年は桁上される
7	出力信号	BCD コード, 走行シリアル
	管理区域立入通行証 (ID カード)	
	規格 材質	JIS-K 6745 (NTT 規格) 硬質塩化ビニール, 2 種相当 耐薬品性, 1 種 3 号相当
	画像形成部	ベース層 白地, 厚さ 200 μm 以上 台 座 着色インク層, 厚さ 5 μm 以下

仕 様		
	磁気特性	抗 磁 力 650±50 (De) 残高磁束 1.25±0.15 (Max/cm)
	耐摩耗性特性	1000 回以上の読取において信号レベルの低下, 10% 以内
8	TLD 素子	CaSO ₄ : Tm 粉末ガラス細管に封入
	蛍光体	γ (X) 線
	検出放射線	1 mR~200 R
	測定範囲	10 mrem 以上で ±10% 以下, 10 mrem 以下で 1 mrem 以下
	測定精度	30 keV~10 MeV で ±40% 以内 (ケースにフィルタ付)
	エネルギー特性	照射直後を基準として 3%/月以下
	フェーディング

体表面モニタ：体が放射性物質で汚染されていないか確認する装置。
ATLDリーダ：被ばく線量を測定する装置。
汚染検査台：持出し物品が放射性物質で汚染されていないか確認する装置。
管理区域

第 10 図 チェックポイント配置図

TLD 自動読取器は ID カードと TLD 素子の 2 つがないと動作せず、管理区域側ゲートのロックが解除されないため入域できない。

② 電離放射線健康診断の有効期限の確認
作業者は電離放射線障害防止規則により定期的に血液および皮膚検査を実施するとともに、ホールボディカウンタで内部被ばくの測定を行っている。
第 2 表にこれらの検査頻度を示す。
ID カードの磁気記録部分は第 12 図に示す項目のデータが収録できるフォーマットになっている。血液、皮膚および体内放射能の次の検査すべき有効日付があらかじめ入力されており管理区域入域の際、TLD 自動読取器内蔵の時計日付をマイクロコンピュータが照合し、期限内の者についてはゲートロックが解除され入域可能となる。
血液、皮膚および体内放射能検査のいずれか有効期限を超えた者が入域しようとしたときは、警報を発し表示操作パネルに「期限切れ」が表示され、管理区域側ゲートはロックされ入域できない機構としている。
③ 被ばく管理値に対する被ばく線量の確認
個人の被ばく線量は法令で定められた許容被ばく線量および許容集積線量を厳守することはもちろんのこと、できる限り被ばく線量を少なくするため当発電所では第 3 表に示す被ばく管理値を定めている。
これらの被ばく管理値を ID カードの磁気記録部分に入力しておき管理区域入域の際、マイクロコンピュータで照合し入域可否を判定させ被ばく管理値を超えないよう管理している。
被ばく管理値を超えたものが誤って入域しようとした場合には、警報を発し、表示操作パネルに「資格なし」を表示し管理区域側ゲートはロックされ入域できない機構としている。

第 11 図 管理区域入域時のフローチャート

④ 管理区域立入時間制限に対する確認

放射線下労働は労働基準法施行規則で管理区域立入時間数が 10 時間を超えてはならないため、ID カードの立入時間数と照合し 10 時間を超えないよう管理している。

管理区域立入時間が 10 時間を超えるものが誤って立入ろうとした場合、警報を発し表示操作パネルに「資格なし」を表示し管理区域側ゲートはロックされ入域ができない機構としている。

⑤ TLD 素子のアニール状況の確認

TLD 素子および ID カードを挿入し入域資格のチェックを実施した後、TLD 素子のアニールを 8 秒間行いその残線量が 10 ミリレム以上の場合、完全にアニールされていない可能性があるため警報を発し表示操作パネ

第 2 表 健康診断・体内放射能測定有効期限

項 目	有効期限
血液検査	6 カ月
皮フ検査	3 カ月
体内放射能測定	3 カ月

第 3 表 島根原子力発電所の被ばく線量管理値(例)

期 間	管理値(ミリレム)
1 日	100
任意の 8 日間	300
定検期間	1,200
年間	3,000

1	始め符号	49	1 日前 "	97	作業番号	10 ³
4	個人番号	52	2 日前 "	100	サイト番号	10 ²
8	10 ⁵ 10 ⁴ 10 ³ 10 ² 10 ¹ 10 ⁰	56	3 日前 "	104	TLD番号	10 ⁴
12	10 ³ mR 1 日 10 ¹ 10 ⁰	60	4 日前 "	108		10 ³
16	8 日 "	64	5 日前 "	112		10 ²
20	年間 "	68	6 日前 "	116		10 ¹
24	10 ¹ 年 血液 10 ³ 日 10 ² 10 ¹ 10 ⁰	72	7 日前 "	120		10 ⁰
28	有	76	任意 10 ³ mR 積算線量 10 ¹ 10 ⁰	124		
32	効	80	年間 "	128		
36	期	84	立入時間 10 ¹ 10 ⁰	132		
40	限	88	分 10 ¹ 10 ⁰	136		
44	内部被曝	92	年 10 ¹ 10 ⁰	140		
48	当日 10 ³ mR 合計 10 ² 10 ¹ 10 ⁰ 1 日前 "	96	入成年日時 10 ² 10 ¹ 10 ⁰	144	予備	
			時 10 ¹ 分 10 ¹ 10 ⁰		チェック符号	

(注) 入域年日の 10³ 日は無意味なデータ

第 12 図 管理区域立入通行証磁気記録フォーマット

ルに「資格なし」および「TLD 交換」を表示し、管理区域側ゲートはロックされ入域できない機構としている。

以上の①、②、③、④、⑤項の内容を管理区域入域前に確認して有資格者のみ立入を認め、立入の万全を期し

第 13 図 管理区域退域のフローチャート

ている。

(2) 管理区域より退出時の監視項目は次のとおりで第 13 図にそのフローを示す。

① TLD 素子を本人が持込んだものであることの確認。

管理区域入域時、TLD 素子番号を光学的に読取り ID カードにその番号を記録し、退出時番号を読取り ID カードの番号と照合し本人が持込んだものである事を確認する。万一照合結果一致しなかった場合は警報を発し操作表示パネルに「あなたのものか」が表示される。

② 被ばく管理値に対する被ばく線量の確認

TLD 素子はエレメントが 2 個装備され被ばく線量読取結果、どちらかのエレメントの被ばく線量が 10 ミリレム以上でエレメント間の誤差が 20% 以下の場合、第 1 エレメントの被ばく線量を正式な値として取扱う。

したがって第 1 エレメントの被ばく線量は操作表示パネルの「今回線量」に表示されるとともに ID カード磁気記録部分の被ばく歴の当日合計、任意期間、年間被ばく歴に加算される。被ばく歴に加算した後、管理線量と各々照合し管理値以内であることを確認している。

区 分		キャラクタ	C B	D 6 D 5 D 4 D 3 D 2 D 1 D 0
始 め 符 号		1	0	S T X
ス テ ー タ ス		2	1	0 0 0 0 0 1 0
個 人 番 号		3		10^5
		4		10^4
		5		10^3
		6		10^2
		7		10^1
		8		10^0
入 退 域 年 日 時 刻	入域年日	9		年 10^1
		10		10^0
		11		10^3
		12		10^2
		13		10^1
		14		10^0
	入域時刻	15		時 10^1
		16		10^0
		17		分 10^1
		18		10^0
	退域時刻	19		時 10^1
		20		10^0
21			分 10^1	
22			10^0	
作 業 番 号		23		サイト 10^0
		24		10^2
		25		番 号 10^1
		26		10^0
T L D 番 号		27		10^5
		28		10^4
		29		10^3
		30		10^2
		31		10^1
		32		10^0
ゲ ー ト 番 号		33		10^1
		34		10
被 曝 線 量	# 1	35		10^3
		36		10^2
		37		10^1
		38		10^0
	# 3	39		10^3
		40		10^2
		41		10^1
		42		10^0

区 分	キャラクタ	C B	D 6 D 5 D 4 D 3 D 2 D 1 D 0
復 帰 改 行	43	1	C R
	44	0	L F
終 り 符 号	45	1	E T X
チェックキャラクタ	46		B C C

第5表 電子計算機ハードウェア仕様一覧表

仕 様		
小型電子計算機	型 式	DEC 社 PDP/05
	記憶方式	コアメモリ
	記憶容量	16 bit, 20 k word
	アクセスタイム	900 nsec
	サイクルタイム	1 μsec
磁気ディスク	記憶容量	交換型ディスク 2.5 Mbyte
		固定型ディスク 5 Mbyte
	データ転送速度	180 k byte/sec
	記憶密度	2200 BPI
	ディスク回転速度	1500 rpm
カナ文字付入出力装置	文字の種類	96 JIS 英数字および 64 カタカナ文字
	印字速度	30 文字/sec
	印字長さ	132 文字/行
	文字の構成	7×7 ドットマトリクス
出力装置	文字の種類	128 文字
	印字速度	180 文字/sec
	印字長さ	132 文字/行
	文字の構成	7×7 ドットマトリクス
	紙送り速度	45 行/sec
紙テープリーダ・パンチャー	紙テープ	ISO 8 単位
	読取速度	400 字/sec
	パンチ速度	110 文字/sec

照合した結果管理値を超えた場合には警報を発し操作表示パネルに「しばらく待ちなさい」の表示がでるとともに管理ゲートは出入口の両側がロックされる。読取った被ばく線量は操作表示パネルに表示する他デジタルプリンタにより第 14 図の内容を打出し作業者自身への通知および次の作業計画ならびに、被ばく低減を自主的に実施してもらうために活用している。

③ 管理区域立入時間に対する確認

立入時 TLD 自動読取器内蔵の時計より管理区域入域年月日および時刻を読取り、ID カードに記録しておき退出時同様に退出時刻を読取り管理区域立入時間数を計算し ID カードに記録するとともに操作表示パネルの「立入時間」に表示する。またこの立入時間が10時間を超えていないか判定した後、非管理区域側の管理ゲートがロック解除され退域可能となる。

以上の①，②，③項の内容を退域の都度確認し退出管

第 6 表 被ばく線量統計処理帳票一覧

帳 票 名	
日報	上位被ばく者リスト 300 ミリ接近者リスト 管理区域立入者人数 管理線量超過者リスト 従事者被ばく状況票
週報	所属別被ばく線量記録 作業件名別被ばく線量 従事者登録・解除回数 所属別従事者登録・解除回数
月報	被ばく線量記録 所属別被ばく線量記録 上位被ばく者リスト 作業件名別上位被ばく者 作業件名別被ばく線量 作業件名別被ばく分布 被ばく線量集計表 入域時間帯別分布 従事者登録・解除回数 所属別従事者登録・解除回数 被ばく線量分布表 月別被ばく線量 業者別立入者人数

第 14 図 被曝線量通知用プリントフォーマット

第 15 図 紙テープパンチャー

理を行っている。

6. 被ばく線量の統計処理

管理区域退出の都度、TLD 自動読取器で被ばく線量等を読取った結果を第 15 図に示す紙テープパンチャーで第 4 表の内容を出力する。

そこで放射線管理者は毎日この紙テープを第 7 図および第 5 表に示す小型計算機で統計処理し第 6 表に示す日報、週報、月報を作成し次の目的に使用している。

- 作業者自身への被ばく線量の通知。
- 作業計画および作業手順の見直し等被ばく低減対策への反映。
- 作業前の被ばく線量把握と今後の被ばく低減対策の検討。
- 個人の日々被ばく線量の記録と保存。
- 管理区域立入者人数の把握による管理区域内専用保護

衣の洗濯、配備計画。

○対外提出資料の作成。

7. む す び

島根原子力発電所で採用している ATLD 被ばく管理システムは、外部被ばく線量の自動測定化により統計処理を機械化することができ、また管理区域への出入も一層厳重に管理することが可能となった。

当社の TLD を用いた被ばく管理システムは初期のもので、被ばく線量を統計処理する計算機は環境放射能分析を行う業務と共用しているため、被ばく統計処理がオフラインとなり若干の時間遅れがあるが、さらに改良を加え、より充実した出入管理、被ばく管理を行い、より一層の被ばく低減を図って行く所存である。関係者各位の一層のご指導とご援助を賜わるようお願いしたい。