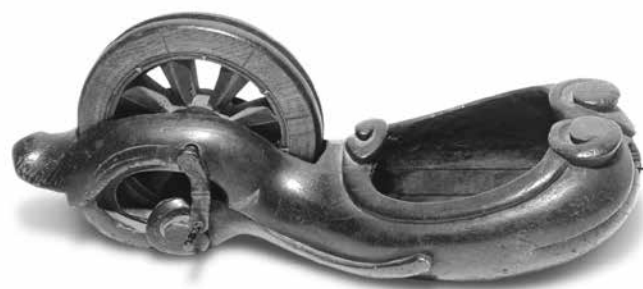


FAPIG

THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP



167
2004. JULY



まっすぐ。

正確な大工仕事を行うための
基本となる墨出し作業。
私たちのここでは、今もこの作業の
大切さが染みこんでいます。
お客様のニーズや期待に対して
墨壺の糸がびんと直線を描くように、
寸分の誤差なくまっすぐに応えること。
その地道で着実な作業の積み重ねで、
さらにご満足いただける
「良い仕事」へとつなげてゆく。
これからも変ることがない
シミズの基本姿勢です。

*「墨壺」とは大工道具のひとつで、
壺の部分に墨汁を含んだ綿を入れ
糸を引き出してピンとはじくことで、
まっすぐの墨の線を描きます。
写真は江戸期と推定される
当社所蔵のものです。

人がつくる、人の場所。
SHIMIZU CORPORATION
清水建設
<http://www.shimz.co.jp/>

FAPIG

THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP

2004 - 7 / 平成16年度 第1号

No. **167**

目次

■ 報 告

解体廃棄物処理システム技術確証/解体物充てん技術
金属ドロスの充てん固化技術の開発(3)
村上知行 / 遠藤茂樹 / 白川正広 / 石倉 武 / 大西一彦

放水口放射線モニタシステム(11)
山内英嗣 / 井戸川和夫

木質系バイオマスによる小規模分散型高効率ガス化発電システムの開発(16)
松本俊一 / 渡辺達也

■ 紹 介

新放射線監視データ伝送処理装置の開発(22)
鈴木信太郎 / 高橋康一 / 菅波 潤 / 河合俊明

■ 随 筆

中山道一人旅(その3) ~木曾路を歩く~(36)
米田正章

■ グループ情報

FAPIGにおける原子力PA活動について(28)
溝口忠雄

FAPIGの機構(45)

表紙デザイン：上杉義昭

CONTENTS

■ Report

- Verification Tests for Decommissioning Waste Processing System
Metal Recycling Technique/Dross-Filled Waste Packaging Technique(3)
T. Murakami / S. Endo / M. Shirakawa / T. Ishikura / K. Ohnishi
- Outlet Port Radiation Monitoring System(11)
H. Yamauchi / K. Idogawa
- Development of Small-Scale Distributed Power Generation System
Utilizing Woody Biomass Gasification Technology(16)
T. Matsumoto / T. Watanabe

■ Introduction

- Development of the New Data Transmission
and Processing Equipment for Radiation Surveillance(22)
S. Suzuki / K. Takahashi / J. Suganami / T. Kawai

■ Essay

- Sentiment of Solitary Journey on Nakasendo
- Hike Through Kisoji -(36)
M. Yoneda

■ FAPIG Activities

- FAPIG's Activities for Public Acceptance of Nuclear Energy(28)
T. Mizoguchi

Cover Design : Yoshiaki Uesugi

解体廃棄物処理システム技術確証/解体物充てん技術 金属ドロスの充てん固型化技術の開発

Verification Tests for Decommissioning Waste Processing System Metal Recycling Technique/ Dross-Filled Waste Packaging Technique

村上知行* 遠藤茂樹* 白川正広*
Tomoyuki Murakami Shigeki Endo Masahiro Shirakawa
石倉 武** 大西一彦**
Takeshi Ishikura Kazuhiko Ohnishi

〔概要〕

わが国初の商業用原子力発電所である東海発電所（166MWeGCR）は、廃止措置に伴い2001年12月から解体工事が進められている。（財）原子力発電技術機構では、実用炉の廃止措置を安全かつ合理的に行うための確証試験を推進してきた。その一環として、解体に伴って発生する放射性廃棄物の減容を目的に、金属切断時に二次廃棄物として発生する金属ドロスを処分用廃棄体の充てん材として再利用し、固型化する技術開発を平成9年度から15年度まで実施した。富士電機グループは本プロジェクトの発足以来、当分野における技術調査・確証試験を実施してきており、今般、その総仕上げとして、金属ドロスの充てん固型化試験を実規模で実施し、充てんプロセスの成立性を評価した。以下にその概要を報告する。

1. はじめに

わが国初の商業用原子力発電所である東海発電所（166MWeGCR）では、廃止措置に伴い2001年12月から解体工事が進められている。原子炉などの解体に伴い大量の放射性廃棄物が発生するが、その中に解体作業で使用する熱的切断により二次廃棄物として金属ドロスが含まれる。

金属ドロスとは、金属を熱的切断する際に発生する溶融した金属屑であり、切断工法によりさまざまな粒径のドロスが発生する。写真1、写真2にプラズマアーク切断時のドロスの性状事例を示す。写真1は粒径100mm～200mmの塊状ドロス、写真2は粒径1～5mmの粒状ドロスの代表的なサンプルであるが、1mm以下の微粒のものまで発生する。GCR原子炉構造物からは、約120トンの

放射性的な金属ドロスが発生すると見積られている。

ドロスの発生源としては、放射性物質濃度が高βγ廃棄物相当に分類されるものと低レベル廃棄物相当の金属に分かれるが、金属ドロスとしてこれらを分離・弁別することは実際上困難であり、高βγ廃棄物相当の金属が少しでも含まれる可能性のある金属ドロスは全て高βγ廃棄物として区分せざるを得ない。このため、金属ドロス単体では高βγ廃棄物として評価すべき物量の割合が原廃棄物に比べ格段に大きくなり、大幅な処分コストの増加をもたらすことになる。

以上の背景から、金属ドロス廃棄体の容積低減対策は重要な課題として位置付けられており、そのための有効な技術的方策とその確証が期待されていた。本技術確証では、金属ドロスを単独で処分するのではなく、金属廃棄物処分容器の隙間な

*富士電機システムズ(株) 原子力統括部 技術部（平成16年3月31日現在）

**（財）原子力発電技術機構 プラント機器部（平成16年3月31日現在）

どに充てん材として再利用することによる廃棄体容積の低減、すなわち放射性廃棄物処分費用削減を狙った。

実用発電用原子炉施設の標準工程では、金属廃棄物処分容器への充てん率（容器内容積に対する充てん廃棄物の占める体積割合）は約11%と評価されている。これに対して本確証試験では、金属ドロスを炉内構造物などの他の金属廃棄物と混在充てんすることにより充てん率を2倍以上に向上させることを目標とした。本目標の達成に向けて、これまでさまざまな固化方法の検討・評価、実機を想定した固化確証試験などを行い、実機適用に資するデータの取得、合理的な充てん方法の提案が行われている。

小粒径金属ドロスについては、直接モルタルと混練し、固化材として金属廃棄処分容器の隙間などに充てんする方法が検討された¹¹⁾。一方、塊状のドロスに関しては、金属ドロス粒径や充てん時の振動有無などさまざまな充てん条件下で充てん率が測定評価されている。これらの報告から、金属ドロスを金属廃棄処分容器の隙間などに充てんする方法は放射性廃棄物の減容方策として有効



写真1 塊状ドロスの例

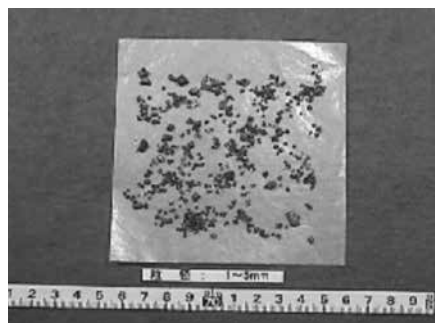


写真2 粒状ドロスの例

であることが定量的に確認されている¹¹⁾。ただし、実機適用に当たっては、以下の課題を克服する必要が指摘されていた。1)小粒径金属ドロスについては充てん量を向上させる合理的な充てん方法の開発、2)塊状金属ドロスについては遠隔操作条件下での充てん性能の確証。

今回、小粒径金属ドロスについては、モルタル中の充てん量を向上させることを目的に小容器による固化試験を、塊状ドロスについては、実規模処分容器部分モデルでの遠隔充てん試験および充てん固化試験を行った。

2. 小粒径金属ドロス充てん固化試験

これまでの試験結果から、粒径10mm以下の小粒径金属ドロスについては、通常の前挿入方式（廃棄物を容器に挿入した後、固化材を充てんする固化方法）では固化が困難であることが知られていた。そこで、本報告では小粒径金属ドロスを固化材と混練した後小容器にて固化したもの、すなわち、「小容器+小粒径金属ドロス固化体」（以後、「小粒径金属ドロス充てん材」と呼ぶ）を他の金属廃棄物と混在充てんする方法に着眼し、これらが充てん材として適用可能かどうかを見極めるための基本試験を実施した。

2.1. 試験方法

(1) 試験手順

試験概念を図1に示す。まず、小粒径金属ドロス、セメント、水、高性能AE減水剤を所定量計量し、ホバートミキサーで混練する。混練方法は次のとおりである。セメント投入→低速1分（水投入）→休止30秒（かきおとし）→中速1分→低速1分（ドロス投入）→休止30秒（かきおとし）→中速2分。

次に、直径50mm、長さ100mmの円柱形小容器に注入し、供試体を作製する。成型に際しては振動などの外力は一切加えないこととした。養生後、供試体の圧縮強さや断面観察を行う。圧縮強さ測定用の供試体は、上部をキャッピングし、所定の材齢まで封かん養生してから圧縮強さを測定する。一方、供試体中の金属ドロスの固化状態を調べるため、適当な材齢まで封かん養生した供試体を割裂し、断面部分を観察する。

(2) 試験条件

炭素鋼をプラズマアーク切断して作製した金属ドロスを粒度調整し、10mm以下の粒径のものを使用した。粒度分布を表1に示す。

配合条件と各材料の配合量は以下のとおりである。ここで、W/C（水セメント比）とはセメント量に対する水の質量比を、D/C（ドロスセメント比）とはセメント量に対するドロスの質量比を示す。

配合ケース1：W/C=0.40, D/C=5

配合ケース2：W/C=0.45, D/C=6

配合ケース3：W/C=0.50, D/C=5

配合ケース4：W/C=0.50, D/C=6

配合ケース5：W/C=0.50, D/C=7

配合ケース6：W/C=0.60, D/C=7

2.2. 試験結果

配合ケース1～4の小粒径金属ドロス充てん材については、スラリー状を呈しており流し込み成型が可能であった。流動性を示す指標であるフロー値（0打）を測定した結果、配合ケース2を除き200mm以上の値を得た。配合ケース2では170mm程度とやや固めであった。配合ケース5～6の小粒径金属ドロス充てん材は団子状となりフロー値は測定不能であった。写真3に配合ケース4の小粒径金属ドロス充てん材（スラリー状のもの）を、写真4に配合ケース6の小粒径ドロス充てん材（団子状のもの）を示す。

次に、流し込み成型固化後の小粒径金属ドロス充てん材の脱型状況を写真5に示す。配合ケース1、2の供試体には混練時における空気の巻き込

表1 小粒径金属ドロスの粒径分布

ふるい通過量 (%)	15mm	100
10mm	94	
5mm	78	
2.5mm	70	
1.2mm	55	
0.6mm	41	
0.3mm	31	
0.15mm	22	

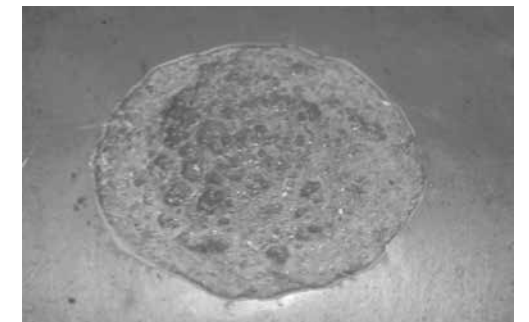


写真3 小粒径金属ドロス充てん材性状 (配合ケース4)



写真4 小粒径金属ドロス充てん材性状 (配合ケース6)

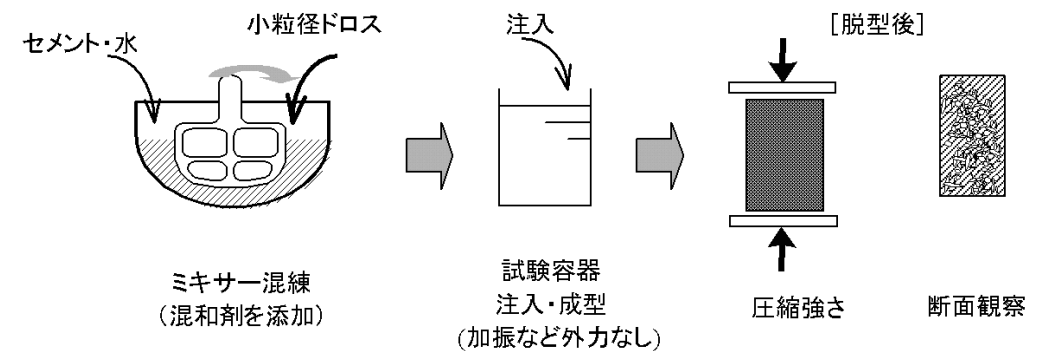


図1 小粒径金属ドロス充てん固化試験

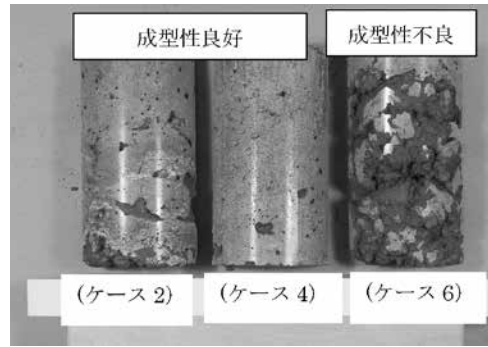


写真5 小粒径金属ドロス充てん材供試体例 (脱型後)

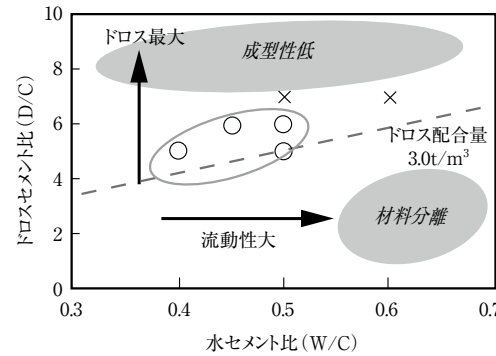


図2 小粒径金属ドロス固化試験結果

表2 圧縮強さ測定結果

配合ケース	W/C	D/C	圧縮強さ(MPa)	
			材齢7日	材齢28日
1	0.40	5	53.3	63.4
2	0.45	6	35.4	47.2
3	0.50	5	40.3	51.2
4	0.50	6	37.9	47.6
5	0.50	7	27.3	35.8
6	0.60	7	14.1	17.5

みが起因するとみられる気泡や空隙が認められたが、成型状況は良好といえる。配合ケース3, 4の供試体は密実で空隙などは認められなかった。これに対し、配合ケース5, 6については流動性がほとんどないことから、供試体作製時の締め不足による大きな空隙が認められ、成型状況は良好とはいえない。

以上の供試体を使用して小粒径金属ドロス充てん材の圧縮強さを測定した結果を表2に示す。流し込み成型が可能であった配合ケース1~4の小粒径金属ドロス充てん材は、30MPaを超える圧縮強さを示したが、流し込み成型困難な配合ケース5~6については、供試体中に空隙が多いことから圧縮強さは低かった。

しかし、いずれの配合でも、材齢7日において、均質固化体の圧縮強さの目安値1.5MPa (材齢28日) を十分満足していた。

2.3. 評価

(1) 適性配合範囲

圧縮強さ (材齢28日) は配合ケース6を除き目標値を満足しており、供試体からの脱落も観察さ

れなかった。配合ケース5~6の小粒径金属ドロス充てん材は団子状を呈しており、容器と一体となることなく脱落する可能性があるため、これらの配合範囲では小粒径金属ドロス充てん材としての適用性はないと評価した。

その他の配合ケース1~4については、流動性の差はあるものの流し込み成型が可能であり、金属ドロスの脱落がなく容器と一体とすることが可能と考えられることから、これらの配合範囲では固型化が良好と評価した。

特に配合ケース3および4については、0打フロ値が200mm以上と流動性は申し分なく、小粒径ドロス充てん材供試体は密実で空隙がほとんど見られないことから、これらの配合範囲が最適と考えられる。幾分の余裕を見込むとするとW/Cは0.5、D/Cは5.5が最適配合と考えられる。以上の評価結果を図2に示す。

(2) 単位金属ドロス量

上記の適性配合範囲では、モルタル中の金属ドロス量は3.0t/m³以上が可能であると評価できる。粒径1.0mm以下の粒径金属ドロスを直接モルタル混練 (以後、「ドロスモルタル」と呼ぶ) した過去の試験ケース^{1),2)}での単位ドロス量2.0t/m³を上回る結果となった。小粒径金属ドロス充てん材は放射性廃棄物の固型化材としての機能を要求されるドロスモルタルに比較して、流動性や強度要件が低く、そのために単位ドロス量を高めることができる。また、ドロスモルタルの処理対象が1.0mm以下の微粒ドロスであるのに対して、小粒径金属ドロス充てん材は10mm以下の比較的粗い

小粒径ドロスを処理対象としており、金属ドロス粒径の適用範囲が広いといえる。

今回の試験では、振動などの外力を加えずに成型したが、単位ドロス量をさらに向上させるためには、振動などのプロセスを追加する方法も可能と考えられる。以上の結果、上記に示す充てん方法は、小粒径金属ドロスの廃棄体製作上有力な手法の一つとして評価できる。

3. 遠隔充てん性確認試験

金属ドロスは線量レベルが高いことから実機では遠隔操作が適用されることになる。本試験では手操作による充てん方式と比較して、遠隔操作下で塊状ドロスがどの程度容器内の隙間に充てん可能かを定量化することを目的とした。試験は、実用炉 (GCR) の原子炉解体で発生する金属廃棄物 (高βγ廃棄物相当) とその処分容器 (1m³角型容器) を実規模で模擬した1/4分割モデルを用いて行った。

3.1. 試験条件

(1) 試験対象

プラズマアーク切断による粒径10mmから200mmの金属ドロスを充てん対象とする。平均粒径は約130mmで、そのほとんどが100mm以上の塊状ドロスである。

なお、充てん性能の比較試験として黒鉛破砕物 (50mm以下) についても実施しているので、併せて報告する。

(2) 試験装置

a. 遠隔充てん試験装置

遠隔充てん試験装置概念を図3 (上部) に示す。遠隔充てん装置はシュータを備えた台車、駆動装置架台およびモデル容器から構成される。本装置は、あらかじめ金属ドロスをホッパに装入し、台車で移動しながら自然落下のみで容器に装入するシンプルな機構を採用している。

b. モデル容器

モデル容器の概念は図3 (下部) に示したとおりで、リフレクタカバープレートを収納した実寸サイズの処分容器を概ね1/4に分割した。容器のサイズは、幅560mm、奥行500mm、高さ1000mmである。

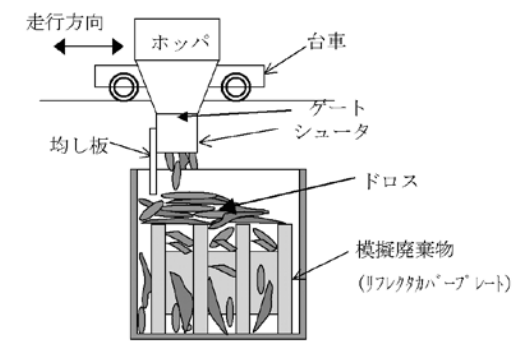


図3 金属ドロス充てんモデル容器

(3) 試験条件

本装置はシュータの開口サイズやホッパの移動速度が調整できるように設計されており、開口サイズやホッパの移動速度については、予備試験に基づき最適な条件を設定している。主要な充てん条件は以下のとおりである。

- ・シュータサイズ：幅350×奥行き250mm
- ・シュータ開口高さ：50mm
- ・シュータ移動速度：3m/分
- ・振動などの外力の有無：なし

3.2. 試験結果

今回の試験条件下では手作業による充てん率が約16.5vol%に対して、遠隔操作による充てん率では10.9vol%と約6vol%低い結果となった。ここで、充てん率とは空隙 (容器内容積と模擬廃棄体容積の差) に対する充てんドロスの容積割合を示しており、数値は3回実施した平均値である。

充てん率が低い原因は、容器上部については板状の均し板によってある程度平坦化ができたが (写真6)、写真7に見られるように、模擬廃棄体間の隙間の小さな部分 (約30mm) には自然落下を前提とした遠隔操作では、十分な充てんができなかったことが主要因と考えられる。

比較試験として、粒径50mm以下の黒鉛破砕片を用いて、図4に示す黒鉛ブロック装入モデル容器に対して、同様な充てん装置および装入方法を適用して確認試験を行った。本試験では、手作業による充てん率41.9vol%に対して、遠隔操作では同水準の充てん率40.8vol%を確保している。

3.3. 評価

試験結果を整理すると表3のとおりとなる。金



写真6 充てん後の容器上部の状況
(上部は均し効果によりほぼ平ら)

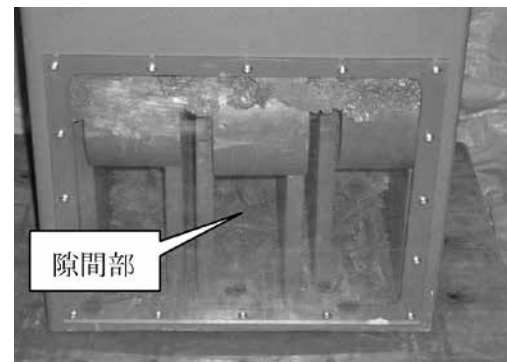


写真7 充てん後の容器側部の状況
(隙間部への充てんは困難)

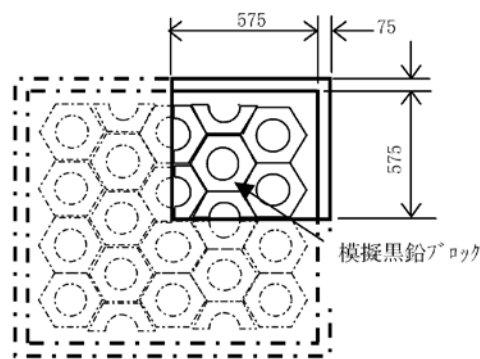


図4 黒鉛充てんモデル容器概念

属ドロスについては、遠隔操作による隙間充てんは難しく、手操作に比べ充てん率が低いことが分かった。

金属ドロスについては、ある程度隙間が大きい廃棄体に適用するか、または、隙間部へ強制挿入するなどの何らかの対策が実機適用上必要である。

表3 遠隔充てん性試験結果のまとめ

対象	充てん率	
	手操作	遠隔操作
黒鉛破砕物	41.9vol%	40.8vol%
金属ドロス	16.5vol%	10.9vol%

4. 実規模固化試験

最後に、実規模モデルでの固化確証試験結果について報告する。この試験の目的は、実機と同一形状の金属廃棄体を模擬した容器に金属ドロスを充てんし、固化材(モルタル)で固化を行い、国の埋設用廃棄体に要求される条件³⁾を満足するかどうかを確認することにある。

4.1. 試験条件

試験条件は以下のとおりである。

(1) 金属ドロスの種類と粒径分布

ドロスはプラズマ切断による模擬ドロスを粒度調整し、粒径分布を10~200mmとした。

(2) モデル容器

モデル容器は、遠隔充てん試験(3章)で採用したものと同様、リフレクターカバープレートを取納した実寸サイズの容器をおおむね1/4に分割したものを使用した。容器サイズは、幅560mm、奥行500mm、高さ1000mmである。モデル容器概念の詳細を図5に示す。

(3) 金属ドロス充てん方法

3章と同様な前装入方式を適用した。ただし、充てん率に関しては、3章の遠隔操作による充てん率11vol%(対空隙)では、固化の条件としては甘くなることから、今後の改善効果を期待して15vol%で実施した。

(4) 固化条件

固化材にはバージンモルタルを使用した。固化条件は以下のとおりである。

①流動性：Pポート流下時間30秒程度

②固化材圧縮強さ：30N/mm²以上

③注入速度：20ℓ/分

④注入方法：図5に示すようにモルタル注入口を実機容器の中央部に相当する位置に固定して注入。

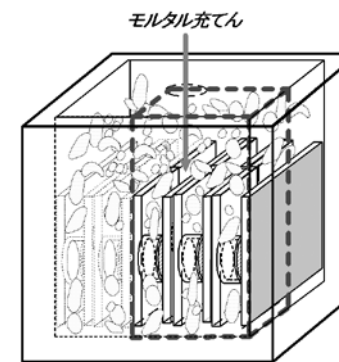


図5 黒鉛充てんモデル容器概念

(5) 測定項目

測定項目は以下のとおりである。

- ・金属ドロス充てん率
- ・モルタルの充てん率
- ・モルタルの性状(Pポート値)
- ・充てん固化体の充てん状況の観察

金属ドロス充てん率測定に必要な空隙の容積は水置換により測定評価する。また、固化材充てん率は、上記の空隙量と充てんモルタルの体積、比重から計算する。

(6) 試験目標

固化材の充てん率など、充てん固化体製作の技術基準³⁾に示された要件を満足することを確認する。

4.2. 試験結果

モルタルの充てん開始前の模擬廃棄物容器の状況を写真8に示す。4.1.項の条件にて配合されたモルタルは、模擬容器コーナー部(この位置は実機容器では中央部に相当する)から充てんした。モルタル面はほぼ水平に上昇し、約10分後にモルタル充てんが完了した。写真9はモルタル充てんが完了した直後の状況を示す。

完全に固化した後、容器から脱型した後の側面の状況を写真10に示す。試験容器壁に密着していた扁平形状の金属ドロスが固化体表面に現われている部分が数ヶ所認められたが、モルタルによって固定されており脱落することはなかった。空隙はほとんどなく、わずかに筋状の様子が認められたが、これは充てん中に金属ドロス間に留まった空気が抜けていった痕跡であると考えられ



写真8 モルタル充てん前の状況



写真9 モルタル充てん終了後の状況



写真10 硬化後の脱型面

る。模擬廃棄物や金属ドロスの周辺部にはモルタルの残留空隙は観測されず、良好な固化特性を示しているといえる。

4.3. 評価

(1) 固化材の流動性について

本試験ではより流動性の高いモルタルを使用したにもかかわらず、モルタル充てん後に空気抜けの泡が多数認められ、かつ硬化時には幾分モルタル表面が陥没した。

ドロスは扁平形状をしており、内部または表面

には細かい空隙を有している。このため、一般の金属廃棄物と比較してモルタルが浸透しにくく空気溜まりが生じ易いものと考えられる。したがって、実機でのモルタル流動性としては、今回の試験実績（Pポート流下時間25秒）以下に制限するのが妥当と考えられる。

(2) モルタル充てん後の残留空隙について

モルタル注入量と水置換による空隙容積の計量結果からモルタルの残留空隙を評価した結果0.1%未満であることが確認された。

以上から、金属ドロスについては、実規模1/4分割モデルによる固型化確認試験を行った結果、ドロス充てん率15vol%、固型化材Pポート流下時間25秒の条件下で、モルタル注入口を実容器の中央部に固定して注入した場合、国の埋設処分場の要件を満足しうる固型化性能が得られる見通しがついたといえる。

5. おわりに

前装入が困難な小粒径金属ドロス（10mm以下）については、固型化材と混練した後小容器で固型化し、これを充てん材として活用することが有効であることが分かった。その際配合可能なドロス充てん量は3.0t/m³以上であることを確認した。

大粒径ドロスに関しては、遠隔操作条件を模擬した自然落下による金属ドロス充てん性試験を行った結果、手操作による結果に対して充てん率が約6%低下する傾向を示した。同様な装置を用いて黒鉛破片の充てん性試験を実施したが、このケースでは手操作の場合とほぼ同等の充てん率が

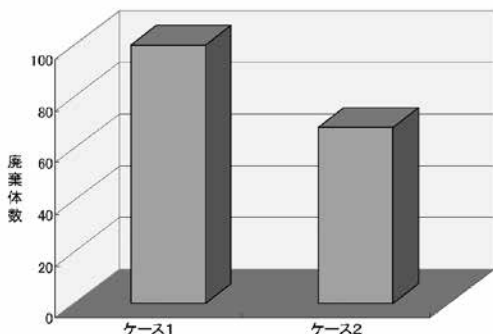


図6 廃棄体数の比較 (GCR高βγ金属)

得られている。これより、金属ドロスに関しては、今回適用した廃棄物との組合せ条件下において、自然落下による充てん方法では限界があることが分かった。

一方、実規模1/4スケールモデルによる固型化実証試験を実施した結果、固型化特性は良好であることが確認できた。

以上の結果から、廃棄物充てん率を向上させ放射性廃棄物の低減に貢献できる有力な充てん方法の一つとして、以下に示す金属廃棄物充てん方法を提案する。

すなわち、廃棄体金属と金属ドロスを同一の処分容器に混在収納する。金属ドロスは、粗粒径ドロスと小粒径ドロスに選別し、粒径10mm以上の金属ドロスについてはそのまま前装入する。他方、粒径10mm以下の金属ドロスについては、小容器で固型化した後前装入する。

金属ドロスを他の廃棄物と混在しないケース（ケース1）と、本充てん方法を適用したケース（ケース2）について、GCR金属廃棄物（高βγ廃棄物を対象）の処分容器数（廃棄体数）を試算した。ケース1の廃棄体数を100とした相対比を図6に示す。ケース2ではケース1に対して高βγ金属廃棄体数を約2/3程度に低減することが期待でき、本充てん方法は廃棄物処分費用の低減に少なからず貢献しうる手段であると評価できる。

今後、本方法を実機に適用する場合、塊状金属ドロスの遠隔装入方法を改善するとともに、固型化小容器の前装入を含めた実スケールでの充てん固型化性能の把握が望まれる。

本報告は、経済産業省の委託により行われた試験の一部である。

参考文献

- 1) Ishikura, T., et al., 2003, Proc. 11th Int. Conf. on Nuclear Engineering, ICON11-36088.
- 2) 白川他, FAPIG No.164 (2003-7) 原子炉等の解体に伴う高βγ低レベル放射性廃棄物に分類される金属のドロス廃棄体製作に関する確認試験
- 3) 科学技術庁〔通知〕充填固化体の廃棄確認の実施について (平成12年8月一部改正)

放水口放射線モニタシステム Outlet Port Radiation Monitoring System

山内 英嗣* 井戸川 和夫**
Hideshi Yamauchi Kazuo Idogawa

【概要】

原子力発電所、放射性物質取扱施設などでは、各種法令、指針などに基づいた放射線管理が実施されている。放水口放射線モニタシステムは、発電所放水口出口に設置し、通常環境レベルからγ線計数率を連続的に測定し、発電所から放出される冷却水の放射線レベルの情報を把握できるシステムである。当社は、新しい放水口放射線モニタシステムを東京電力株式会社と開発し福島第一原子力発電所1～6号機に順次納入しており、その概要を紹介する。

1. 放水口モニタの機能

放水口とは、タービンを回したあとの蒸気を冷やすために取入れた海水や、発電所内で発生した排水を海へ放流するための水路の「出口」にあたり、発電所からの排水は全てこの放水口から排出される。



写真1 発電所放水口

また、発電所内で発生した排水の一部は、フィルタなどで処理した後、放射性物質の濃度を測定することにより、安全を確認したうえで放水口へ排出される。放水口を写真1に示す。

JIS Z4330による規格基準は表1の通りであり、これを満足する必要がある。

また耐震クラスは、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」で規定されるA、Bクラスに属さないため、Cクラスとしている。

2. システムの概要

モニタ6系統のうち、1系統分のシステムを図1に示す。

2.1. 検出部（放水口）

放水口出口の冷却水を測定するため、放射線検出器は直接放水路に浸して設置するか、冷却水をサンプリングしたタンクに設置する。浸せき式の場合は中空のガイドパイプ内に検出器、プリアンプを収納する。

測定対象核種は⁶⁰Co、¹³⁷Csなどであり、水中での遮蔽による放射線減衰も考慮し、γ線計測が目的となる。したがって放射線検出器はNaI (Tl) シンチレーション検出器を用いる。検出器のシンチレータサイズは、検出感度を考慮して2インチ

表1 規格基準 JIS Z4330

種類	Co-60	Cs-137
測定下限濃度	5×10 ⁻² Bq/cm ³	5×10 ⁻² Bq/cm ³

*富士電機システムズ(株) 放射線システム統括部 放射線システム部 技術課

**東京電力(株) 福島第一原子力発電所 技術総括部 放射線安全グループ

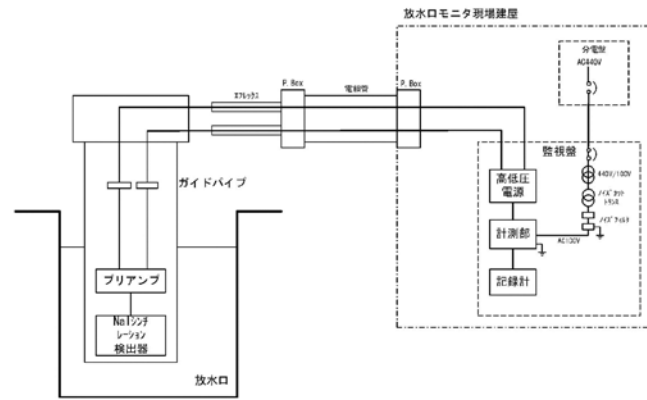


図1 システム系統図 (1 ch分)



写真2 検出器



写真3 放射線監視盤

φ×2インチtを採用した。プローブは、ガイドパイプ内、サンプリングタンク内での結露を考慮し、防湿型のプローブとしている。検出器を写真2に示す。

特殊な用途として、更に高い検出効率を要求さ

れる場合は3インチφ×3インチtのシンチレータを使うこともある。またスペクトル測定を行う場合、検出器に温度補償型を使用すると検出器周囲温度変化の影響を軽減できる。

2.2. 監視盤 (現場建屋)

放水口モニタの監視盤は、測定場所の近傍に設置された、モニタ収納建屋に設置される。建屋内配置にあたっては、信号ケーブルと電源ケーブルの引き込みルートを分離してノイズの混入を防いでいる。監視盤を写真3に示す。

監視盤内に内蔵する計数回路部には今回新型計測部 (型式: NHJ) を使用した。このモジュールは従来、機能ごとに分かれていた計測部、高圧電源部、表示部などを1つの筐体に収納し、使い易くするとともに盤内配線を削減してシーケンス作成・製作負荷も軽減している。また簡易エネルギースペクトル測定機能も備えており、放出放射能核種の推定も可能である。計測部を写真4に示す。

放水口モニタでの測定エネルギー範囲は、その測定対象となるγ線放出核種から200keV～2MeVの範囲を満足する必要がある、現状納入設備では下限ディスクリレベルを各顧客により50, 100, 200keVに設定し、ディスクリレベル以上のγ線を計数しており、各顧客での運用設定となっているため、仕様検討段階で顧客と調整し決定する。今回は⁶⁰Co、¹³⁷Csを有効に検出できることと、既設とのデータ整合を考慮して50KeVとした。

測定対象となるエネルギー範囲に対応しアンプゲイン、ディスクリレベルを調整する必要がある



写真4 計測部

ため、信号レベルの確認と耐ノイズ性の検討が必要となる。

計数率範囲下限は、放水口モニタのバックグラウンド値が約4～6s⁻¹であり、BG値の1/10を計数率範囲の下限と考え0.1s⁻¹を計数率範囲の下限とした。

警報設定レベルは原則として、顧客で設定されるが、考え方は、次の2つの方法がある。

- ・平均的バックグラウンドの10倍以内の倍数で設定
- ・放出監視および運転状態の監視上の制限濃度をもとに警報レベルを設定

データを記録する記録計は、本システムが連続モニタであることから連続式とした。

2.3. 中央制御室

測定値は専用パソコンにデータが取り込まれデジタルデータとして保存される。警報発生時は中央制御室の警報表示灯が点灯・ブザーが鳴動し注意を促す。

3. 既設との相違点

3.1. サンプリング方式 (従来)

測定対象の水をサンプリング容器内に配置した検出器によって水中のγ放出体の放射能濃度を測定する方式である。サンプリング配管で放水口出口から冷却水をモニタ建屋まで吸引しサンプリングタンク内に検出器を配置し測定する。検出器のメンテナンスは容易であるが、サンプリング配管、ストレーナなどの清掃を週1回程度実施している。



写真5 ガイドパイプ



写真6 架台

3.2. 浸せき方式 (今回)

放水口、排水槽などの最終放出端の水中にガイドパイプを挿入し、ガイドパイプ内に配置した検出器によって水中のγ放出核種の放射能濃度を計測する方式。サンプリング配管がないため週1回程度実施している定期的な清掃の必要はないが、メンテナンス時にはガイドパイプから検出器を引き抜く必要がある。

4. 放水口モニタ特有の設計事項

4.1. ガイドパイプ構造

検出器を収納するガイドパイプの材質は、海水による腐食を考慮すると塩ビ製が望ましい。しかし今回は設置場所の流速状況、浸せき深さによりガイドパイプ強度を評価し、パイプ部をSUS316Lとし検出器を収納する先端部のみを塩ビ製としたガイドパイプを使用した。ガイドパイプおよび固定する架台を写真5、6に示す。

ガイドパイプ内に取り付けられている検出器、プリアンプは定期点検の度にガイドパイプから引抜き点検作業が行われるため、引抜き易い構造としている。また、引抜き時に信号ケーブル、特にコネクタ部にテンションが加わらないよう配慮した。

ガイドパイプ内に取り付けられる検出器、プリアンプは、監視盤側との2点接地を防止するため、絶縁して取り付けようにした。

4.2. 検出器設置位置

検出器の設置位置は、BG値が放水路の循環水ポンプの運転状態、潮位変動の影響を受けない場

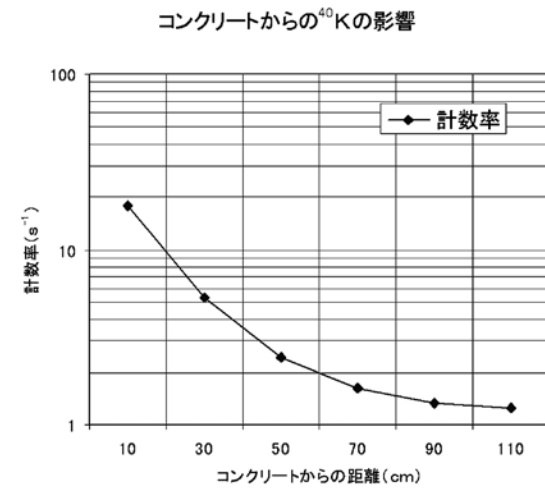


図2 コンクリートの影響

所を選定する必要がある。これは検出感度の向上にBG値を下げることで不可欠だからである。

空間、コンクリート壁などからの自然放射能の影響は、測定対象の水自身が遮蔽となり、厚さ約1mの海水ではほぼ減衰し、無視できることが実験により判っている(図2)。

このため、最低水位、コンクリート壁面、放水口底面からそれぞれ最低1m離れた位置に、検出器を設置することとした。

4.3. ガイドパイプおよび架台の強度評価

放水路に設置する場合は、大量の冷却水が流れて強い圧力を受けるため、ガイドパイプを支持するための強固な架台が必要となる。このためガイドパイプ、架台の設置条件を明確にし強度評価を行い、十分な強度を有していることを確認した。

もんじゅのナトリウム漏洩不適合以降、強度評価方法が検討され機械学会の指針として提示されており、本モニタのガイドパイプおよび架台は、この強度評価を満足させている。

設置条件：流速、浸せき深さ、架台設置方法

評価方法：日本機械学会「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針」

4.4. 電食防止

海水中では金属が錆びやすく、腐食に強いとされているステンレスを使用しても錆びてしまう。

この対策として電気防食材を付加した。電気防食材はガイドパイプ材質よりイオン化傾向の大き

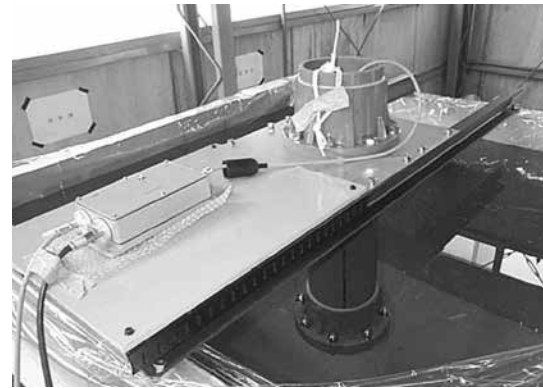


写真7 モニタ実校正試験

表2 測定データ比較

	既設	更新後	差
1号機	4.8s ⁻¹	3.3s ⁻¹	-1.5s ⁻¹
2号機	5.0s ⁻¹	3.5s ⁻¹	-1.5s ⁻¹

い材料できており、これによりガイドパイプの腐食を防ぐ。

今回はステンレス製のガイドパイプを採用しており、電気防食材を4枚取り付けて腐食対策を講じた。電気防食材は定期的に交換する。

4.5. モニタ校正

放水口モニタの校正は同じ放射能濃度の水が周囲に存在する条件で実施するのが理想的であるが、大量の非密封線源を使用することになるため、放射線管理が大変である。このため事前に実液校正試験にて同じタイプの検出器で放射能濃度に対する計数率を測定して濃度換算係数を求めておき、実際のモニタ試験では検出器の線量率依存性を確認する。実液校正試験を写真7に示す。

5. 測定データ

現状、1. 2号機の放水口モニタ更新が完了しており、データを比較した。

5.1. 既設と新設の比較、指示値

モニタ更新後は1.5 s⁻¹のBG減少となっており、浸せき式での遮蔽効果が表れている。

また取り付け後から徐々にBGが上がる傾向が出ており、5月現在で1号機が3.6s⁻¹、2号機が4.8s⁻¹となっている(詳細は6.1ガイドパイプへの付着参照)。

6. 更新後の注意事項

6.1. ガイドパイプへの付着

長期間、海水にガイドパイプを浸しておくことで表面に貝、海藻などの海中生物が付着する。このためにBGが上昇する場合がある。検出下限濃度を維持するためには定期的に取り外して除去する必要がある。また、取り外したガイドパイプの保守スペース、引抜時の重機車両(クレーン車)の停車スペースも考慮する必要がある。

6.2. その他

検出器を更新した場合、新旧の計数率差が問題になる場合があるため注意が必要である。そのため計数率の差が生じないように自己汚染測定を行い、自己汚染計数率とスペクトルデータを採取している。

7. まとめ

近年、環境に対するさまざまな監視基準が厳しく実施されている。放水口モニタでは従来から放出放射線の監視を行っているが、平成12年からは測定データが福島県の環境放射線監視テレメータシステムに取り込まれ、原子力センター、県庁および立地四町で公開されている。このため十分な信頼性を確保することがますます重要となっている。今後も品質管理を充分に行い信頼性の高い製品を供給していく所存である。

なおご協力をいただいた東京電力(株)福島第一原子力発電所 放射線安全グループ殿に感謝いたします。

木質系バイオマスによる小規模分散型 高効率ガス化発電システムの開発

Development of Small-Scale Distributed Power Generation System Utilizing Woody Biomass Gasification Technology

松本 俊一* 渡辺 達也**
Toshiichi Matsumoto Tatsuya Watanabe

〔概要〕

バイオマスは、多種多様な非化石エネルギー資源として知られており、利用目的に応じて直接燃焼もしくはガスまたは液体燃料に転換して利用されている。特に木質系バイオマスは膨大な賦存量があり、燃焼時にNOxやSOxの発生が少なく、成長時に大気中のCO₂を吸収・固定するのでCO₂バランスを崩さないクリーンなエネルギーである。

本稿では、北欧での木質バイオマスのエネルギー利用技術の概要、および弊社が開発している木質系バイオマスによる小規模分散型高効率ガス化発電システムについて報告する。

1. はじめに

国のエネルギー基本計画（2003年10月）では、「エネルギーの安定供給確保」、「地球環境問題への対応」、「市場原理の活用」を基本方針として、今後総合的に推進すべき施策などの考え方を示しており、特に、エネルギー源の多様化、エネルギー自給率向上の観点から、原子力や太陽光、風力、バイオマスなどの非化石エネルギーの利用を着実に推進することとしている。

バイオマスは、「エネルギーとして利用できる、まとまった量の植物起源の物質」などと定義され、木質系（木屑など）、農業系（籾殻、稲藁など）、畜産系（牛・豚糞尿など）など多種多様であり、エネルギー利用の際にCO₂を発生しても植物が成長する際に大気中のCO₂を吸収・固定することから温室効果ガスとしてカウントせず（カーボン・ニュートラル）、再生可能なエネルギー資源として利用拡大が期待されている。

特に木質系バイオマスは、昔から木材としての

利用とともに薪や木炭としてエネルギー利用されてきた資源であるが、近年、その利便性や熱効率の向上を目的として固形燃料、液体燃料、ガス燃料の製造技術や利用技術などに関する研究開発が進められており、今後、新しいエネルギー利用が実用化されていくものと考えられる。

木質系バイオマスは発生場所により林業系（林地残材、土場放置枝条、間伐材など）と産業系（製材所木屑、建築廃材など）に区分でき、その形状や性状が大きく異なっている。このため、エネルギー利用の際には、エネルギー需要に見合った原料の収集・輸送、前処理、エネルギー変換・供給システムなどを最適化する必要がある。

小規模では、主に薪、木炭、ペレットなどの固形燃料としてストーブや小型ボイラなどを用いた熱利用が行われている。また、産業用としては、木屑焚きボイラを用いた熱供給と蒸気タービン発電が行われているが、このような熱電併給システムが経済的に成立する設備規模としては数MW程度以上が必要と言われており、相当量のバイオマ

ス燃料を確保する必要がある。

本稿では、まず、バイオマス循環社会の構築に向けて先進的に取り組んでいる北欧での木質バイオマスのエネルギー利用の概要を紹介する。次に、弊社が開発している木質系バイオマスによる小規模分散型高効率ガス化発電システムについて紹介する。本システムは、流動層ガス化炉とガスタービン発電機を組み合わせたものであり、NEDO（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）殿によるバイオマスエネルギー高効率転換技術開発の一テーマとして採択され開発を推進している。

2. 北欧での木質バイオマスのエネルギー利用

北欧では地球温暖化対策、持続可能な循環型社会の構築、新エネルギー産業の育成などの観点から、化石燃料の代替として木質バイオマスのエネルギー利用が着実に増加している。

普及している主な技術としては、

- ・固形燃料製造
- ・直接燃焼+蒸気タービン発電
- ・石炭火力発電での混焼

などがあり、熱利用を主体として大規模な熱電併給を行うことが多く、その概要を以下に示す。

なお、将来の実用化を目指して研究開発中の技術には、ガス化+ガスエンジンまたはガスタービン発電、熱分解+液体燃料の合成などがある。

2.1. 固形燃料製造

木質バイオマスを原料とした固形燃料は、樹木を燃料として利用しやすい形状に加工したものである。昔からの薪や木炭などに加えて最近では、燃焼効率の向上、供給の自動化などを目的としてペレット、ブリケット、パウダーなどが製造・利用されている（写真1）。

ペレットは、製材所で発生するカンナ屑や樹皮を乾燥して5mm程度以下まで粉砕した後、圧縮して直径8~12mm、長さ数cm程度以下に成型して製造する。用途は地域暖房に接続していない一般家庭用の小規模暖房設備（ペレットストーブなど）の燃料である。

ブリケットは、直径8cm、長さ数cm程度とペレットよりも大きく、ペレットよりも容易に製造



写真1 各種の固形燃料（左からブリケット、ペレット、パウダー（2種）、カンナ屑）



写真2 サンドヴィックIIプラントの外観

でき価格も安い、比較的大型のハンドリング設備が必要になる。用途は、主に地域暖房に接続していない5MW程度以下のボイラ燃料である。

パウダーは、乾燥済みのカンナ屑やオガ粉を1mm程度以下まで粉砕して製造する。用途は地域暖房用の石炭焚きボイラの代替燃料である。パウダー供給設備の増設とバーナの改造などにより、比較的、容易に燃料転換でき、排ガス中のCO₂、NOx、SOxを大幅に低減できるため、市街地のプラントなどに適用されている。

2.2. 直接燃焼+蒸気タービン発電

木質バイオマスを燃料とした直接燃焼+蒸気タービン発電システムによる熱電併給の代表例としては、スウェーデンのサンドヴィックIIプラントがある。本プラントは、1974年に石油専焼（ボイラ）として稼動したが、第1次石油ショックを契機として1980年から1983年の間に化石燃料使用量を低減するための改造を行い、石炭やバイオマス燃料（木質系バイオマス、泥炭など）への転換を進め、その後、1997年に主要設備の増強を行い、バイオマス燃料の利用率を95%以上としている（写真2）。

プラントの概略仕様を以下に示す。

- ・発電容量：38MW（2001年実績138GWh）

*川崎重工業(株) プラント・環境・鉄構カンパニー 営業本部 プロジェクト開発部

**同社 同カンパニー プラントビジネスセンター 産機プラント部

- ・熱供給量：66MW (2001年実績487GWh)
- ・ボイラ形式：内部循環流動層式
- ・蒸気発生量：約147トン/h
- ・蒸気条件：蒸気圧力140bar, 蒸気温度540℃
- ・バイオマス燃料投入量：約100m³/h
(木質チップ, 樹皮, オガ粉, 泥炭など)

2.3. 石炭火力発電での混焼

石炭と木質バイオマスを混焼する方式には、一般的には石炭に数%程度の木質バイオマスを混合して燃料としているが、木質バイオマスをガス化して石炭焼きボイラで燃焼する方式もあり、具体例としては、フィンランドのラハティ (Kymijarvi) プラントがある。

本プラントは、1975年に石油火力発電所として建設された後、1982年に石炭 (微粉炭) 焼き発電所に燃料転換し、1986年には天然ガスパイプラインの敷設とともにガスタービン発電設備 (45MW) を増設している。

更に、1998年にガス化炉を増設し、木屑やプラスチック廃材などのガス化ガスを石炭焼きボイラに導入 (追焼き) することで、燃料供給の多様化を図りつつ、熱と電気を供給 (地域熱供給, ネットワーク送電) している (図1)。

プラントの概略仕様を以下に示す。

- ・発電容量：130MW (年間700~800GWh)
- ・熱供給量：240MW (年間1,000GWh)
- ・ガス化炉形式：循環流動層式
- ・蒸気発生量：約450トン/h
- ・蒸気条件：蒸気圧力170bar, 蒸気温度540℃
- ・バイオマス燃料投入量：最大160m³/h
(木質チップ, 樹皮, オガ粉, 解体廃材, 合板, ピート, 古紙, 廃プラスチックなど)

以上のように、北欧での木質系バイオマスのエ

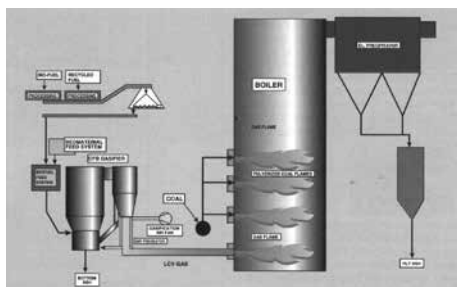


図1 ラハティ (Kymijarvi) プラントの概略¹⁾

ネルギー利用については、燃料の供給や熱利用などの社会インフラ整備と併行して、小規模から大規模にわたる各種システムの普及が着実に進んでいると言える。

3. 小規模分散型高効率ガス化発電システムの開発

わが国の林業系の木質系バイオマスは、山間部に広く遍く分布し嵩高いために経済的に収集するシステムが整備されておらず、また、収集できたとしても山元では、そのエネルギーを十分に活用できる需要が少ないため、エネルギー利用がほとんど行われていないような状況である。

このような未利用の木質系バイオマスの有効利用を図るためには、供給可能なバイオマス資源量とエネルギー需要量に見合った小規模高効率システムの開発・普及が不可欠と考える。このため、弊社では、次のような小規模でも高効率発電が可能なシステムを考案し研究開発を進めている。

3.1. 開発システムの概略および研究開発の目標

開発システムの概略を図2に示す。本システムは、木質系バイオマスを加圧流動層ガス化炉により650℃程度の比較的低い温度で水蒸気ガス化し、可燃性ガスおよびタール分を含む生成ガスをそのままの温度・圧力でガスタービン燃焼器に導き燃焼させ、その燃焼ガスを小型ガスタービンで膨張させ発電を行う。さらに、ガスタービン排ガスは、ガスタービン圧縮空気と熱交換後、流動層ガス化炉に導入され熱化学再生を行い、小規模でも高効率の発電を可能とするシステムとしている。

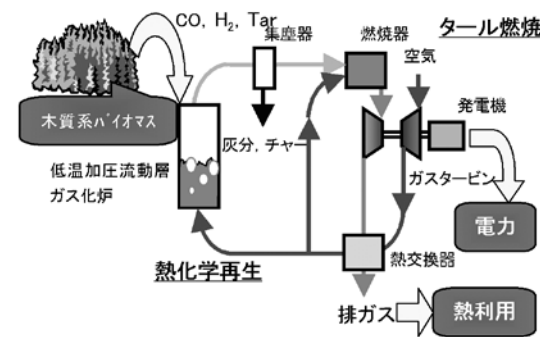


図2 小規模分散型高効率加圧流動層ガス化発電システムの概略

具体的なシステムの特長を以下に説明する。

3.2. 熱化学再生の利用

図3に各種燃料の水蒸気改質による発熱量増加割合と改質温度との関係を示す。

アルコールやバイオマス, 石油などの有機化合物は、改質が行われる温度が比較的低温で、改質温度が上昇するに従い発熱量の増加割合が大きくなる。ここで発熱量の増加量とは、熱エネルギーを吸収して化学エネルギーに変換される改質反応の吸熱量であり、改質温度とは改質反応が開始する温度を示しており、低い改質温度であるほど低い温度の熱エネルギーを利用することができることを意味している²⁾。

バイオマスは、石炭などの固体燃料に比べてガス化反応温度が低温で、300℃を越えるとガス化反応が進行することがわかる。これに対し、石炭のガス化には高温熱エネルギーが必要であり、本来そのまま仕事に変換できる割合が高いエクセルギー率の高い熱源を必要とする。

つまり、バイオマスのガス化にはエクセルギー率の低い、仕事をした後の排熱でガス化ができるという利点がある。

このことはバイオマスが石炭などに比べてエクセルギー的に優れた燃料であることを意味しており、仕事をした後のエクセルギー率の低いエンタルピーで、水素や一酸化炭素といったエクセルギー

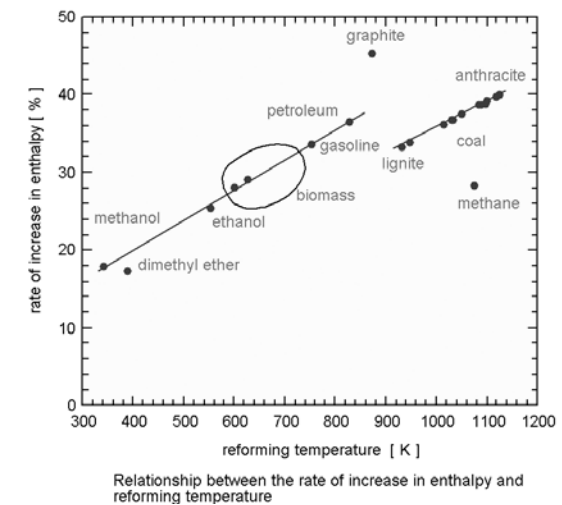


図3 各種燃料の水蒸気改質による発熱量増加割合と改質温度との関係

ー率が高い燃料を生成することができる性質をもっている。その熱化学再生による発熱増加割合は、25~30%もあるといえる。

ここでは具体的に本システムの例によりその効果を説明する。

一般にガス化反応では、ガス化剤の一部を燃焼して反応温度を維持する必要がある。

本システムでは、システム規模と流動層温度の設定にもよるが、約35%程のバイオマスを燃焼させる必要がある。この時、系の放熱損失を、供給バイオマス熱量の約6%とし、熱化学再生がないとすると

$$\begin{aligned} \text{冷ガス効率} &= 100\% - \text{部分燃焼割合}35\% \\ &\quad - \text{放熱損失}6\% \\ &= 59\% \end{aligned}$$

となりシステムで得られる最大の冷ガス効率は、59%しか達成できない。

本システムでは、ガスタービン排熱によりガス化空気を予熱し、この熱により熱化学再生による発熱量増加割合25%を利用するため、

$$\begin{aligned} \text{冷ガス効率} &= (100\% - \text{部分燃焼割合}35\%) \\ &\quad \times \text{熱化学再生}125\% - \text{放熱損失}6\% \\ &= 75\% \end{aligned}$$

となり冷ガス効率は最大で75%が達成できる。

このように本システムは、バイオマスのエネルギー変換システムをケミカルヒートポンプとしてとらえ、ガスタービンによる排熱を利用し熱化学再生を行い、ガス化に必要な650℃程度の低い温度で高効率の冷ガス効率を達成することを特徴としている。

3.3. タール成分のエネルギー有効利用

しかしながら、バイオマスを低温でガス化すると、バイオマスの炭化水素成分が高分子状態でガス中に出ていき、これがタール成分となる。図4にバイオマスの水蒸気改質により生成したガスとタール成分、炭素の重量割合と反応温度との関係を示す^{3,4)}。

一般的な傾向として反応温度が高いほどタール成分、未燃炭素 (char) が減少しガス成分が多くなる。未燃炭素は600℃程度までの反応温度では10%を越えるが、600℃以上になると急激に減少し、650℃では3%以下となり、発熱量の5%程

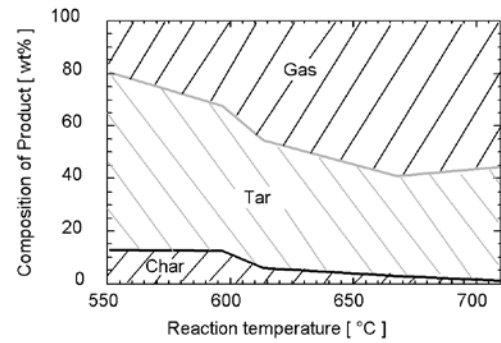


図4 バイオマス水蒸気改質による反応温度と生成成分

度になる。タール成分は、650°Cにおいても約40%程存在している。

タール成分は、ガス化した場合に生成する可燃性の高分子炭化水素であり、冷却に伴いガス化ガス中の高沸点成分が凝縮・液化し、粘性が強いため附着や閉塞によるハンドリングトラブルを起こす。

このため、従来のガス化システムでは、このタール成分の生成をできるだけ少なくするために高温でガス化しているが、高温でガス化すると、ガス化ガスの持つ顕熱が大きくなり、冷ガス効率はそれだけ低くなる。また、生成したガス化ガスを冷却してタールを除去してガスエンジンなどで用いる場合は、顕熱およびタール成分の持つ化学エネルギーの両方の損失となる。

タルの除去方法としては、水洗除去、フィルターでの分離、触媒での分解などが行われている。しかしながら水処理、フィルターの洗浄、触媒の再生といった操作が必要となり、運転を複雑にし、設備費を増加させ、さらに、タルの除去により、発熱量が低減するといった欠点を持つことになる。

本システムは、ガスタービン燃焼器と同じ圧力の加圧流動層ガス化炉によりバイオマスをガス化し、そのままの温度でガスタービン燃料に利用することにより、生成したガスを冷やすことなく燃焼することを可能としている。

この結果、生成ガス中のタール成分除去が不要で、ガスの保有している熱エネルギーおよび化学エネルギーを全て熱機関に利用することができ、バイオマスのエンタルピーをより多く利用することができる⁵⁾。

上記の熱化学再生の利用とタール成分のエネル

ギー有効利用により、小規模分散型発電においても冷ガス効率75%以上を達成し、発電端効率を20%以上にまで高め、従来技術であるボイラー・蒸気タービン発電方式による10%程度の発電端効率より遙かに高いエネルギー転換効率を達成できる。

$$\text{冷ガス効率} = \frac{\text{発生ガス発熱量}}{\text{投入バイオマスの発熱量}}$$

$$\text{発電端効率} = \frac{\text{発電量}}{\text{全入熱量}}$$

3.4. 研究開発の内容と目標

本システムの研究開発項目を以下に示す。

(1) 流動層ガス化反応特性等試験研究

加圧流動層においてバイオマスを流動化しガス化を行うため、流動化特性、ガス化反応、飛散ダスト性状などをラボスケール試験炉、ベンチスケール試験装置にて研究する。

(2) 生成ガス利用に関する要素技術の開発

流動層ガス化炉で発生するバイオマス中の灰分、未燃炭素などの飛散ダストを連続除去するフィルターと、比較的低発熱量の生成ガスを安定的に燃焼させるガスタービン燃焼器を開発する。

(3) 実用化研究

ベンチスケール試験装置のガス化炉やガスタービン燃焼器などから実用規模へのスケールアップ方法やシステム連系、制御方法を確立し実用化を図る。

(4) システムの普及・波及効果の研究

バイオマス資源の分布量、製材所や木工加工所などでのエネルギー需要量を把握し小規模分散型システムの適正規模、開発システムの導入可能性、実機要求などを調査把握し実用化を図る。

本システムの研究開発目標は、小規模システムであっても、冷ガス効率75%以上、発電端効率20%以上を達成することとしている。

この時、システムからの発電量は、たとえば、処理量44kg/h (バイオマス水分30%) にて発電量約30kW、処理量890kg/hにて発電量約650kW程度となる。

3.5. 研究開発スケジュールと実施体制

本研究開発の全体スケジュールおよび研究内容を以下に示す(表1)。

本研究は2001年度に開始され、2002年度には、流動層炉径φ80mm程度のラボスケール試験装置

表1 全体研究開発スケジュール

開発項目	2001年度 H13年	2002年度 H14	2003年度 H15	2004年度 H16
1. 流動層ガス化反応特性等試験研究		■	■	■
2. 生成ガス利用に関する要素技術の開発		■	■	■
3. 実用化試験および研究				■
4. システムの普及・波及効果の研究		■	■	■

を用い加圧下においてバイオマスによるガス化反応特性試験を実施した。この試験結果をふまえて30kW級ベンチスケール試験装置のシステム設計・製作を実施した。

2003年度は、ベンチスケール試験装置によりガス化反応特性などの各種試験を実施し、炭素転換率98%、冷ガス効率75%を達成した。一方低カロリーガス焚きガスタービン燃焼試験では、開発した燃焼器が定格当量比で高い燃焼効率を実現し安定した保炎を維持することを確認した。また、試験と並行して実施したシステムの普及・波及効果の研究成果により実用化試験の規模を選定した。

2004年度は、ガス化炉とガスタービン発電設備を組合せたシステム性能確認、負荷追従性能確認、実用化試験などを実施する予定である。

推進体制については、川崎重工業株式会社と財団法人エネルギー総合工学研究所が共同して研究開発を行っている。川崎重工業株式会社は主としてシステム構成要素機器の技術開発および開発システムの運転研究を行い、財団法人エネルギー総合工学研究所は主としてシステムの技術的および経済的評価並びに市場への導入普及およびその波及効果に関する調査研究を行う。

また、流動層ガス化にかかわる基礎反応研究のために東京農工大学 堀尾 正靱教授、東京大学 堤 敦司助教授、システムの普及・波及効果の研究のために高知県森林局殿、島根大学 小池 浩一郎助教授のご協力を仰ぎ研究開発を効率的に推進している。

4. おわりに

バイオマスのエネルギー利用が着実に進んでいる北欧と比べ、わが国では、今後の利用拡大が期待されており、特に、小規模でも未利用資源を有効に活用できる高効率システムの開発・普及が求められている。

今後、NEDO殿のご指導および関係各位のご協力を得て『木質系バイオマスによる小規模分散型高効率ガス化発電システムの開発』を効率的に進め、早期に実用化を果たしバイオマスエネルギーの有効利用を促進する所存である。

参考文献

- 1) FOSTER WHEELER ENERGY INTERNATIONAL, INC., Thermie demonstrates biomass CFB gasifier at LAHTI (MPS, Feb. 98)
- 2) 山口洋介・伏見千尋・堤敦司, 熱化学再生水蒸気ガス化による高効率水素製造(2) バイオマス, 化学工学会第34回秋季大会 研究発表講演要旨集
- 3) 伏見千尋・堤 敦司, バイオマスからの水素製造;ケミカルエンジニアリング, 46(9), 699-704 (2001)
- 4) 栗田光暁・伊藤知之・野田玲治・堀尾正靱・田中直, 流動層を用いたバイオマスの接触分解ガス化;第34回化学工学会秋季大会, 札幌, 2001年9月
- 5) 堤 敦司, エネルギーと物質のコプロダクションによる革命的省エネルギー技術の理論と展開;金属, 71(11), 1101-1106 (2001)

新放射線監視データ伝送処理装置の開発

Development of the New Data Transmission and Processing Equipment for Radiation Surveillance

鈴木信太郎* 高橋康一* 菅波潤* 河合俊明**
Shintaro Suzuki Kouichi Takahashi Jun Suganami Toshiaki Kawai

〔概要〕

文部科学省 水戸原子力事務所では、茨城県地区における原子力施設的环境安全対策の一環として、大洗・東海地区の主要施設である核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）、および日本原子力研究所（以下、原研）で測定された環境モニタリングデータの常時監視を実施している。

平成15年度に環境放射線監視業務の強化を図ることを目的に、放射線監視データ伝送処理装置の更新を実施し、新装置を平成16年3月から本稼働させている。

本稿では、新データ伝送処理装置の特徴や機能について紹介する。

1. はじめに

原子力施設の安全管理に関して、JCOによる臨界事故以来、周辺住民の関心は非常に高いものとなっている。そのような背景の中、水戸原子力事務所の主業務の一つである環境放射線監視業務は、異常時の迅速な把握や、事故・トラブルの拡大防止という点で、事業所と共に、地域の安全維持に貢献している。

東海・大洗地区を中心としたモニタリングカーによる巡回監視をはじめとした監視活動の中で、特に、モニタリングステーション、ポストからの線量の常時監視は、環境安全対策の中でも重要な活動と言える。東海・大洗地区で中心的な原子力事業者である原研、サイクル機構各事業所（4事業所）を対象として、施設内外に設置されているモニタリングステーション、ポスト（東海地区13局、大洗地区6局）、および気象の各測定データを、水戸原子力事務所内に設置したデータ伝送処

理装置により収集し常時監視することで、異常時の迅速な状況把握に努めている。

従来のデータ伝送処理装置では、観測データ（線量率および気象データ）の10分間平均値を10分間隔で収集していた（以下、10分値データという）。しかし、収集したデータから詳細かつ迅速に状況を見極めるためには、観測局から送られる時間が短くなることが望ましい。

リアルタイムにデータを収集、評価し、異常を検知する機能を持つことにより、環境安全対策のより一層の貢献を目的とし、平成15年度にデータ伝送処理装置を一新した。

その結果、従来の10分値データの10分間隔による収集から、線量率データについては、1分間平均値を1分間隔での採取が可能となった（以下、1分値データという）。

ここでは、新データ伝送処理装置について、その概要と装備する機能について紹介していく。

2. 放射線監視データ伝送処理装置

2.1. 装置概要

放射線監視用データ伝送処理装置は、東海・大洗地区の原研、サイクル機構各事業所で管理するモニタリングステーション、ポストからの測定データを収集し、線量における異常な数値を迅速に検知することを目的とした装置である。

従来のデータ伝送装置では、各事業所でモニタリングされた10分値データ（線量、気象データ）をアナログ回線、および無線機により、収集する

ものであった（図1）。

今回、一新されたデータ伝送装置では、回線をデジタル専用回線（同：64Kbps）に変更し、10分値に加え、1分値データ（線量率データ）のリアルタイムな収集を実現し、より詳細なデータ収集と迅速な異常値検知が可能となった。

また、従来のデータ伝送装置では、各事業所側で環境監視データの管理システムが異なるため、必要とするデータを事業所側で作成・送信してもらう収集方式を採っていたのに対し、新装置では、各事業所内にデータ送信用装置を設置し、それぞれの事業所で共通の方式で収集することを可能としている。収集方式を共通化したことにより、メンテナンスの効率化、高い拡張性が期待できる。

2.2. 装置構成

図2にデータ伝送処理装置の全体構成図を示す。データ伝送処理装置は、事業所内に設置した“送信側システム”と水戸原子力事務所設置の“受信側システム”の各システムで構成される。

送信側システムは、各事業所側で既設の環境放射線監視データのデータベースシステムと接続し、線量データ、気象データを取得する。取得後、FTP（File Transfer Protocol）通信によりデ

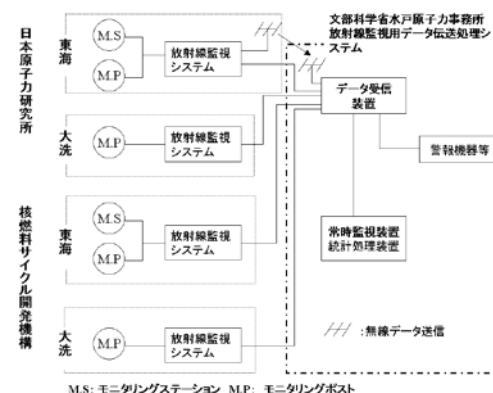


図1 放射線監視用データ伝送処理装置

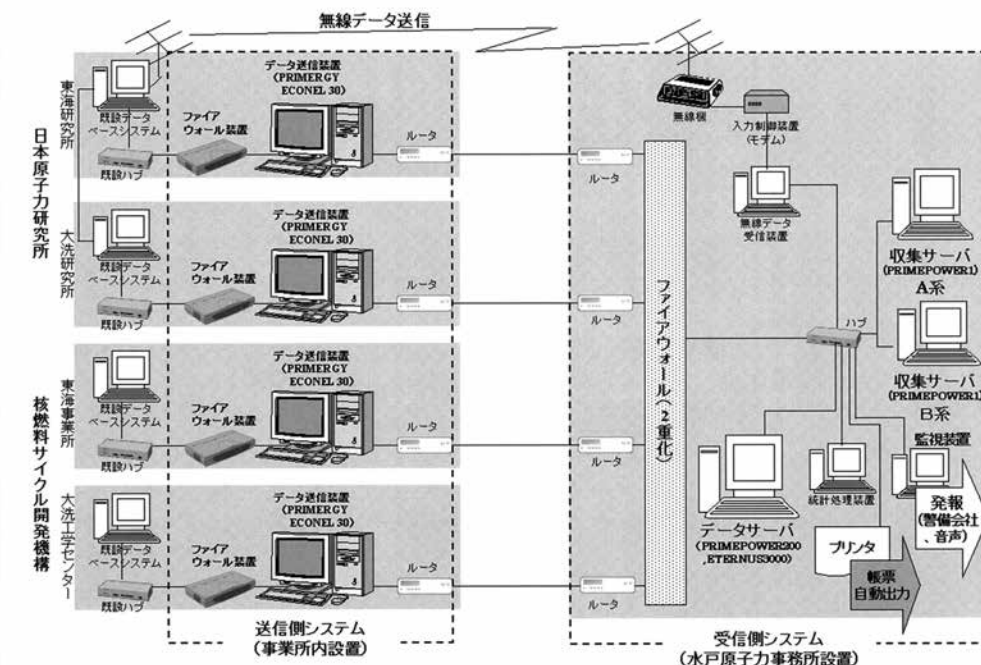


図2 新データ伝送処理装置全体構成図

*富士通(株) 先端科学ソリューション本部 研究機関ソリューション部

**文部科学省 水戸原子力事務所

デジタル専用回線を通じて水戸原子力事務所の受信側システムへ送信する。

一方、受信側システムは、収集サーバとデータサーバにより主に構成される。

各事業所から送信された監視データは、収集サーバに一時的に格納され、データの判別、異常値の判定、統計処理が実行された後、データサーバのデータベースに格納される。

事業所側と送信システム間、および送信、受信システム間のネットワークはファイアウォールで遮蔽され、高いセキュリティを維持できるようにしている。また、送信側、受信側システム間のファイアウォールと収集サーバは2系統で構成され、完全な2重化を実現しており、稼働率の向上が期待できる。運用面においても信頼性の高いシステム構成を選択している。

写真1にデータ伝送処理装置 受信側システム



写真1 データ伝送処理装置 (受信側)



写真2 データ伝送処理装置 (送信側)

(水戸原子力事務所設置) を、写真2にデータ伝送処理装置 送信側システム (各事業所内設置) をそれぞれ示す。

2.3. 送信側システム機能

送信側システムに装備される機能は、以下のサブシステムに分類される (表1, 図3)

以下、各サブシステムの機能について説明する。

(1) プロセス制御サブシステム

プロセス制御サブシステムは、各事業者既設の放射線監視データベースから1分間隔に取得される線量率データ (空間γ線量率: 1分値データ) と気象データ (風向, 風速, 大気安定度: 10分値データ) を取得し、水戸原子力事務所送信用フォーマットに変換した後、受信側システムへFTP送信する。この制御システムの実現により、1分間隔で測定されるモニタリングデータを、リアルタイムに取得し送信することが可能となった。

(2) プロセス監視サブシステム

プロセス監視サブシステムでは、プロセス制御

表1 送信側システム サブシステムと機能

サブシステム	機能	機能概要
プロセス制御	プロセス制御	データ取得, 編集, 送信処理の制御
	データ取得	データを事業者DBより取得する
	データ編集	取得したデータを編集する
	データ送信	データを水戸原子力事務所へ送信する
プロセス監視	プロセス監視	各プロセスの監視, 異常時の復旧処理
システム運転管理	メニュー表示	メニュー画面を表示
	ログ確認	動作ログの表示
	データ送信起動	データ送信処理を起動する
	データ送信終了	データ送信処理を終了する
システム定義	定義編集	システムに必要な情報を編集する
	変数定義	データ取得分の変数を定義する

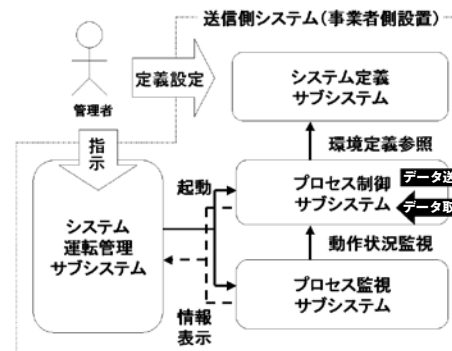


図3 送信側サブシステム間の関係

サブシステムのプロセス監視を行う。プロセス状態を常時監視し、プロセスの異常終了を検知した場合、プロセスの自動再起動を実行する。この監視システムの実現により、安定したデータ送信が可能となった。

(3) システム運転管理サブシステム

システム運転管理サブシステムは、システム運転における操作、設定に関する事項を画面から操作し、管理することを可能とする。主な機能として、ログ確認、ステーション、ポスト局側のメンテナンス時に対応するための送信無効設定、復旧後のデータ再送信機能などが操作できる。操作画面は操作ミスを軽減するように、ボタンサイズを大きくし、また、必要最低限の情報のみ表示するなど、操作性を高める工夫をしている (写真3)。

(4) システム定義サブシステム

システム定義サブシステムでは、システムの運用に必要な各種情報 (定義データ) を画面から操作し、管理することを実現している。各事業者の既設データベースシステムは、それぞれ仕様が異なるが、定義ファイルに事業者別の特徴を記述することで、送信側システムで接続先の違いを

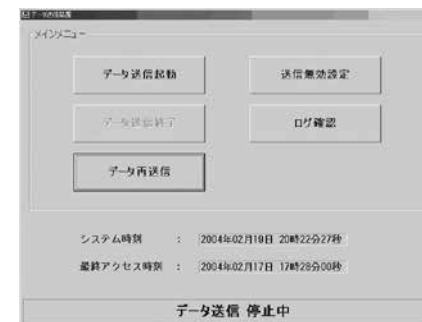


写真3 システム運転管理メニュー



写真4 システム定義メニュー

判別し柔軟に対応できるように工夫している。これによりシステムの共通化を実現している。(写真4)

2.4. 受信側システム機能

受信側システムに装備される機能は、以下のサブシステムに分類される (表2, 図4)。

以下、各サブシステムの機能について説明する。

(1) データ受信サブシステム (無線のみ)

データ受信サブシステムでは、原研東海から送信される無線データを受信し、編集、入力制御装置内に一定期間分のデータを蓄積する。蓄積されたデータは、リアルタイムに収集サーバにFTP送信される。

表2 受信側システム サブシステムと機能

サブシステム	機能	機能概要
データ受信 (無線データのみ)	データ受信	無線データを受信
	データ送信	無線データを受信装置にFTP転送する
	データ再送信	指定したデータを受信装置に再転送する
	データ監視	受信状況, 転送状況を画面表示する
データ収集	オンラインデータ収集	各事業所からのデータを受信
	計算処理	受信したデータの計算処理を実施
	上限アラーム判定	上限アラーム判定を行う
	データ登録	受信データ, 計算結果をDBへ登録する
データ表示	地図表示	地図画面にデータを表示する
	数値表示	表形式画面にデータを表示する
	グラフ表示	各種データの折れ線グラフを表示する
帳票出力	時報出力	時報出力処理を実施
	日報出力	日報出力処理を実施
	月報出力	月報出力処理を実施
異常監視通報	データ監視	欠測データを監視する
	機器監視	監視対象機器を監視する
	音声発報	アラームの音声発報を行う
	異常監視	監視画面表示を行う
データ編集	警報信号出力	警備保障会社に信号を送信する
	CSV変換	CSVデータファイルの作成を行う
システム管理	データ収集情報管理	データ収集に関する情報を管理する
	システム間通信	装置間での情報送受信を管理する
	メニュー表示	メニュー画面を表示する

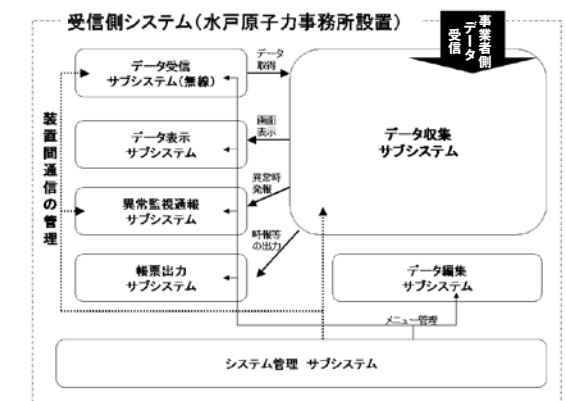


図4 受信側サブシステム間の関係



写真5 地図表示

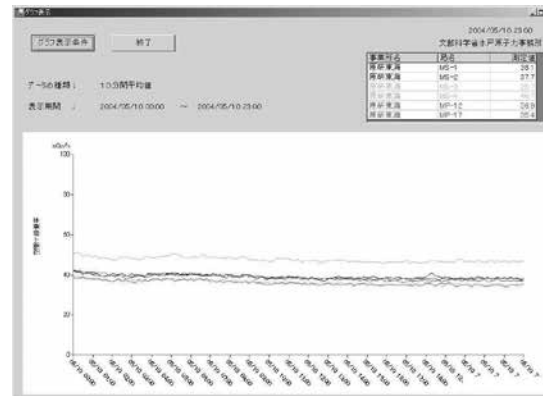


写真7 グラフ表示

時間	検出率	検出率	検出率	検出率	検出率	検出率	検出率
2004/05/11 11:32	38	39	34	49	37	36	35
2004/05/11 11:33	36	40	35	47	36	36	37
2004/05/11 11:34	39	39	38	48	37	34	39
2004/05/11 11:35	40	38	37	49	38	35	38
2004/05/11 11:36	39	40	36	48	38	34	37
2004/05/11 11:37	38	39	37	47	38	35	36
2004/05/11 11:38	38	38	36	46	37	35	36
2004/05/11 11:39	40	37	37	48	40	35	36
2004/05/11 11:40	38	39	35	49	36	35	38
2004/05/11 11:41	40	40	37	48	37	36	40
2004/05/11 11:42	38	38	37	48	38	37	37
2004/05/11 11:43	38	39	38	48	38	34	37
2004/05/11 11:44	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:45	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:46	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:47	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:48	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:49	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:50	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:51	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:52	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:53	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:54	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:55	38	39	38	48	38	35	39
2004/05/11 11:56	38	39	38	48	38	35	39

写真6 数値表示

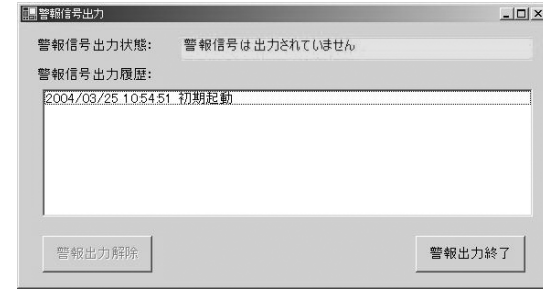


写真8 警報管理画面

(2) データ収集サブシステム

データ収集サブシステムでは、各事業者からFTP送信される有線データと入力制御装置から送信される無線データの受信監視を行う。データの受信を認識した場合は、受信したデータを読み込み、上限アラーム判定処理、計算処理を行い、データサーバのデータベースにデータを登録する。

(3) データ表示サブシステム

データ表示サブシステムは、データサーバに登録された各種データの表示処理を行う。データ表示方式は、地図表示(写真5)、数値表示(写真6)、およびグラフ表示(写真7)の3種類を画面に表示させることができる。各データ表示は、表示条件(表示対象データ、表示データ日時など)を入力することで、任意の条件による表示を可能としている。

(4) 帳票出力サブシステム

帳票出力サブシステムは、データサーバに登録された各種データの帳票出力処理を行うものである。帳票出力形式は、時報、日報、および月報の3種類の出力を可能としている。時報では、3時間ごとに、また、日報は0時の時報出力後にプリンタへの自動出力が可能である。

(5) 異常監視通報サブシステム

異常監視通報サブシステムでは、受信側システムの機器異常、および放射線データに上限アラームが発生した場合に異常監視装置での警報を表示、音声発報、および警備保障会社設置の通報制御装置に異常発生通知を可能としている(写真8)。

(6) データ編集サブシステム

データ編集サブシステムでは、データサーバに格納された任意のデータをCSV形式に変換し、指定のフォルダに保存することができる。

(7) システム管理サブシステム

システム管理サブシステムでは、システムで共通に管理するデータ収集情報、およびシステム管

理情報のデータ登録を行う。また、各装置間との通信を行い、イベント通知、および障害通知などを行う。

3. おわりに

新放射線監視データ伝送処理装置では、従来の10分値データによる監視ではなく、1分間隔で採取されるモニタリングステーション、ポストから

の線量データを東海・大洗地区の各事業者(原研、サイクル機構)からリアルタイムに収集する手段を実現した。これにより、より迅速な異常時の検知と詳細な状況把握が可能となり、周辺地域の環境安全対策により一層貢献することができた。

今後は、環境安全対策に更に貢献するために、より進化したシステムの形を検討していくことが期待される。

FAPIGにおける原子力PA活動について

－原子力発電所見学会におけるPA観点よりの成果－

FAPIG's Activities for Public Acceptance of Nuclear Energy － Analytical Results of Questionnaire Executed at Organized Visits to Nuclear Power Stations －

溝口 忠雄*
Tadao Mizoguchi

〔概要〕

第一原子力産業グループ（FAPIG）では、原子力PA活動の一環として毎年11月に原子力発電所の見学会を開催している。

実際に原子力発電所の諸施設を自分の目で見ることにより、原子力に対する正しい知識を身につけてもらうことを目的としたものである。

見学会の実施においては、グループ各社によびかけ、主に女性社員を主体として参加を募り行なってきた。

本稿は、昨年の11月に実施した見学会において、原子力の知識を深めるためのセミナーを受講した後、発電所を見学するという形で実施し、セミナー受講前と発電所見学後にそれぞれ同じ設問のアンケートを行ない、参加者が見学会および原子力に関しどのような感想を抱き、意見を有しているか、更に、それがどのように変化したかを分析した。本稿は、このアンケート分析から原子力発電所見学会が原子力PA活動にどのような意義、または成果を与えたかを述べたものである。

1. はじめに

わが国において、日本原子力研究所のJRR-1によって1957年に初めて原子炉の火がともされ、またFAPIGが建設に従事した日本原子力発電(株)東海発電所において1966年に初の商業原子力発電所の営業運転が開始された。

国民の日常生活に欠かすことができない電気は、さまざまな資源を有効活用して作られている。世界中で主流となっている化石燃料は埋蔵量が有限であり、かつ燃料としてだけでなく、原料としても有効活用できる資源である。それに引き換えウランは燃料としてのみ活用できる資源であり、原子力発電は科学技術の結集の産物であると見られていた。しかもエネルギー資源に乏しい日本において、一度使用したウラン燃料を再処理して、再度燃料として有効活用できるウラン燃料は準国産資源と位置付けられる資源である。

その夢のエネルギーとして平和利用のために原

子力発電所の建設が推進され、現在日本国内の商業原子力発電所は52基稼動し、日本の発電電力量の30%を越える主要電源の一つとして位置付けられている。国内初の商業原子力発電所の運転開始以来、順調に国民世論の賛同を得たわけではなかった。「もんじゅ」の二次系ナトリウム漏洩事故、JCOの臨界事故などにより、海外ではなく国内で事故が発生した。また、英国でのMOX燃料のデータ改竄や国内で発生した原子力発電所自主点検記録など不正問題が、一般国民に原子力への不信心、不安感を増大させた。

いかに技術の粋を集めた原子力発電所であっても機器、装置であれば不具合は発生するものであり、その不具合を最小限におさえこむ運転および管理がいかになされているかを自分の目で納得することが必要である。

このような背景の中、FAPIGにおいては、わが国の原子力発電所がいかに安全に留意して、建設・運転・管理されているかを理解してもらうた



見学風景1



見学風景2

めに、原子力発電所の見学会を毎年開催実施してきたのである。

見学会はFAPIG広報委員会主催のもとにグループ各社に参加を呼びかけ、原子力発電所に行く機会が少ない女性社員を主体として行なってきた。

本編は昨年11月に実施した見学会を通じて、参加者が原子力発電に対しどのような印象を持ち、また認識を得たかを見学会時に行なったアンケートをもとにまとめたものである。

2. 見学会の概要について

FAPIG女性社員を中心とする原子力発電所の見学会は、今回で第12回目となる。

時期 平成15年11月20, 21日

場所 東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所

参加人数 18名

第3回（平成4年に実施）の見学会以降は、見学場所を変更しておらず、今回も柏崎刈羽原子力発電所の最寄りの都市である長岡市の会場にて、参加者は発電所見学前のセミナーを受講して、翌日発電所を見学する工程で開催した。

参加者のほとんどが原子力に関する知識がないため、原子力発電所を見学するだけでは、ただ見てきただけの結果となる可能性が高いと思われる。したがって、原子力発電所の見学の前に、原子力の基礎知識を勉強すると同時に参加者自らさまざまな実験に参加するセミナーを2時間半実施した。セミナーには、東京電力(株)殿から講師として2名の方に来て頂き、放射線を中心とした講演と原子力関連全般の講演をお願いし、原子力を分

かり易く説明して頂いた。また実験を通して放射線の特徴の一部を、参加者は自分の目で認識してもらうようにした。発電所内見学については、PR館にて原子力発電設備のいろいろな模型を見ながら機器およびシステムの解説を受けた後、今回は6号機ギャラリーコースに則り見学し、原子炉上部およびタービン発電機（いずれも見学コースのガラス越しで見学）、中央制御室などを見学して、発電所内での運転管理がいかに細心の注意を払って行われているかを、参加者は自分の目で実感してもらった。また低レベル放射性廃棄物保管施設およびABWR保修技能訓練センターも見学し、参加者は低レベル放射性廃棄物が入っているドラム缶の実物や訓練用の原子炉内部を自分の目で見る事ができた。

参加者に対してセミナー受講前、セミナー受講後、発電所見学後の3回に分けてアンケート調査を実施した。設問は択一式と記述式に分かれているが、択一式においてもその理由を記述してもらうようにした。原子力発電の「必要性」および「安全性」については、参加者が本見学会を通して認識がどのように変わったかを調査するために、セミナー受講前と発電所見学後に同じ内容の設問に対するアンケート調査を実施した。

アンケートの実施においては、回答者が自由に遠慮なく記述できるように無記名とし、性別および年齢も参考のために記入してもらうよう配慮した。

アンケートの設問内容は次の通りであり、前述したように設問形式は択一式、記述式があり、択一式にはその理由を記述してもらった。

*第一原子力産業グループ事務局 編集責任者 事務局長

2.1. 原子力発電所（含むPR館）の見学経験について

[択一形式]

- ①初めて見学した
- ②過去にも見学したことがある（場所，時期）
- ③PR館だけは見学したことがある（場所，時期）
- ④火力または水力発電所を見学したことはあるか（場所，時期）

2.2. 原子力に対する意見を求めたもの

1) セミナー受講前 [択一形式]

- ①原子力発電のしくみを知っているか
- ②現在日本の電力供給源（石油，石炭，水力，LNG，原子力，その他）で，原子力が供給している割合
- ③電力供給源のうち，太陽（光）エネルギー発電の割合
- ④日本にとって原子力発電は必要だと思うか（理由は記述）
- ⑤日本の原子力発電は安全だと思うか（理由は記述）

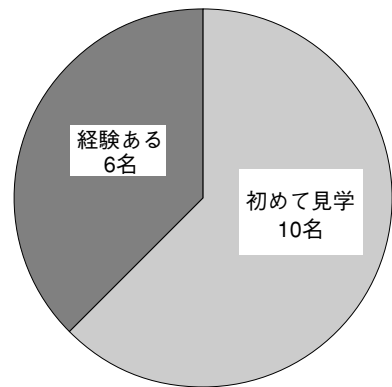


図1 原子力発電所の見学経験

表1 電力供給源で原子力が供給している割合

原子力の供給割合	回答者
5%未満	0
5%以上	1名
10%以上	1名
20%以上	2名
30%以上	10名
50%以上	2名

- 2) セミナー終了後 [記述形式]
- ①セミナーの内容について
- ②セミナーの中で最も関心を持った内容
- ③セミナーの内容の他に知りたいこと
- ④セミナー全体の感想（時間，内容，方法）
- 3) 発電所見学後 [択一形式]
- ①日本にとって原子力発電は必要だと思うか（理由は記述）
- ②日本の原子力発電は安全だと思うか（理由は記述）
- ③今回の見学に対する意見，感想（記述のみ）

3. アンケート結果について

アンケート回答者は，16名（男性2名，女性14名）であった。

(1) 原子力発電所の見学経験

図1に示す通り，10名の参加者が原子力発電所もしくはPR館を訪問した経験がない。

この10名を含む参加者が，どのように原子力発電の供給割合，必要性および原子力発電所の安全性を認識しているかを，次項でまとめてみた。

(2) 電力供給源で原子力が供給している割合

表1に示す通り，原子力の供給割合が30%以上（正解）と回答した参加者が10名と半数以上であった。20%以上と回答した参加者が2名，50%以上と回答した参加者が2名おり，ある割合を原子力が占めていると考えている参加者が多数であるとの結果が見てとれる。5%以上，10%以上と回答した参加者がそれぞれ1名であった。電源別に供給割合を知りうる機会が少ないにも拘わらず，半数以上が正解しているのは，過去に実施されたTVの宣伝効果があると思われる。

(3) 原子力発電の必要性

平成10年の見学会以降の傾向であるが，ほとんどの参加者がセミナー受講前において，「必要で

表2 原子力発電の必要性

	設問	セミナー前	セミナーおよび見学後
1	必要である	6名	5名
2	あった方がよい	9名	11名
3	あまり必要でない	1名	0
4	不要である	0	0

表3 原子力発電の必要性

	セミナー前		セミナーおよび見学後	
	設問	回答	設問	回答
1	必要である	6名	必要である あった方がよい あまり必要ではない 不要である	4名 2名 0 0
2	あった方がよい	9名	必要である あった方がよい あまり必要ではない 不要である	1名 8名 0 0
3	あまり必要ではない	1名	必要である あった方がよい あまり必要ではない 不要である	0 1名 0 0
4	不要である	0	必要である あった方がよい あまり必要ではない 不要である	0 0 0 0

ある」「あった方がよい」と回答している。今回も表2に示す通り，参加者16名の内，15名はセミナー受講前に必要性を認識していた。見学後においては全員が必要性を認識した結果となった。原子力発電所の必要性を認識してもらう一つの手段として，本見学会のような地道なPA活動が必要であると思われる。

表3は，セミナー受講前と発電所見学後における参加者の必要性に対する認識の分布を示している。受講前と発電所見学後に参加者が必要性をどのように認識したか，それぞれの理由の一例を次に紹介する。

- ①「必要である」から「必要である」と回答した参加者の理由。
 - ・太陽光発電や風力発電または従来の発電方法で電力が賄えるなら原子力発電はないに越したことはないが，電気を節約しようとする人はほとんどいないから。→資源の枯渇，環境汚染，地球温暖化を考えると，原子力発電が一番ダメージが少ないから。太陽光や風力発電の技術革新があった場合にも，人々はそれらの電力だけで生活を賄える様に努力をすることはないだろうから。
 - ・原子力発電所がなかったら今のような生活はできないから（湯水のように電気を使う生活）→エネルギー効率や燃料の必要量を考えると日本



見学風景3

での安定的電力供給には欠かせないと思う。他の新エネルギーなどは，いまだ原子力に替わるだけの安定した電力供給はできないから。

- ・エネルギーの安定供給のため。地球環境（温暖化防止）のため。→同左
- ・安定したエネルギー確保のためには，多様なエネルギー源を持っていた方がよいから。その中の一つとして原子力発電も必要。→安定したエネルギー供給のために必要だと思う。
- ②「必要である」から「あった方がよい」と回答した参加者の理由。
 - ・原子力発電は，水力，火力発電に比べて長期発電できるから。→これからの日本の電力には，水力，水力だけでは足りないから。
 - ・資源に乏しいわが国にとり，原子力は再利用可能な貴重なエネルギー源なので。→記載なし。
- ③「あった方がよい」から「必要である」と回答した参加者の理由。
 - ・代替となるエネルギー源が未発達のため。→今更生活レベルを昔には戻せないため。そのためには安定した電力供給が必要であるから。
- ④「あった方がよい」から「あった方がよい」と回答した参加者の理由。
 - ・少しの燃料（または反応？）で大量のエネルギーを生み出すことができるため，土地の少ない日本では向いていると思う。→それ程大きな土地も必要でなく，安定した電力を供給できるため。
 - ・火力，水力だけでは不足だから。→安全性に問題なく発電できるのだから。

表4 原子力発電の安全性

	設問	セミナー前	セミナーおよび見学後
1	安全だと思う	1名	4名
2	あまり不安でない	3名	7名
3	少し不安	7名	6名
4	不安である	4名	0

表5 原子力発電の安全性

	セミナー前		セミナーおよび見学後	
	設問	回答	設問	回答
1	安全だと思う	1名	安全 あまり不安でない 少し不安 不安	1名 0 0 0
2	あまり不安でない	3名	安全 あまり不安でない 少し不安 不安	2名 1名 0 0
3	少し不安	7名	安全 あまり不安でない 少し不安 不安	1名 5名 2名 0
4	不安である	4名	安全 あまり不安でない 少し不安 不安	0 0 4名 0
5	無記名	1名	安全 あまり不安でない 少し不安 不安	0 1名 0 0

- ・太陽光発電や風力発電と違い、自然状況に左右されず安定したエネルギー供給ができるから。→一度に大量のエネルギーを発電することができ、取扱いを間違えなければクリーンエネルギーとして活躍できるから。
- ・石油や石炭などは、いずれなくなってしまうものであるから原子力発電は必要。→日本は資源も少ない島国であるため、他国から電力を輸入することができない。次の新エネルギーが確保されるまでは必要と思われる。

⑤「あまり必要でない」から「あった方がよい」と回答した参加者の理由。

- ・既存の水力発電を100%稼働させるべきだと思うので。→電気使用量が非常に多いため。今後減ることはないでしょう。

(4) 原子力発電の安全性

今回安全性に対するアンケートでセミナー受講前は未記入であり、見学後は記入した参加者が1名いた。また、見学後に「あまり不安ではない」「少し不安である」どちらも○をした参加者が1名いた。前者はセミナー受講前を?とし、後者はどちらも下記の表に記入している。そのためセミナー前の回答数は15名であり、見学後は17名となっている。原子力発電の安全性は必要性とちがいが、参加者がセミナー受講・発電所見学後においても不安な感情を持っている傾向が顕著にある。表4に示す通り、見学後においても不安な感情を持っている参加者が6名いた。しかし、セミナー受講前に「安全だと思う、あまり不安でない」と回答した参加者はわずか4名であったが、見学後には11名の参加者が「安全だと思う、あまり不安でない」と回答しており、本見学会の成果が出ていると思われる。また、セミナー受講前に不安である

と回答した参加者全てが、見学後には少し不安であると回答した。

表5は、セミナー受講前と発電所見学後における参加者の安全性に対する認識の分布を示している。受講前と発電所見学後に参加者が必要性をどのように認識したか、それぞれの理由の一例を次に紹介する。

- ①「安全だと思う」から「安全だと思う」と回答した参加者の理由。
 - ・設計時から安全方向で検討されていると思うから。→設計時から安全方向で検討されていると思うから。安全管理がきちんとされていると思うから。
- ②「？」から「あまり不安ではない」と回答した参加者の理由。
 - ・未記入→地域住民を含めた国民には十分に安全であるが、どうしても放射性物質の近くで働く人達は必要だから。
- ③「あまり不安ではない」から「安全だと思う」と回答した参加者の理由。
 - ・「五重の壁」などの話を聞いたことがあり、安



見学風景 4

全には力を注いでいるようだが、人間のすることにミスはつきものなので、全く安全とは思えない。昨年の東電問題のこともあるので。→炉心近くや廃棄物保管庫などに実際に行き、線量が人体に全く影響の無い範囲と分かった。また、二重三重の安全確保のためのシステムに安心感が強まった。

- ・基本設計の段階でしっかりとしていれば、設計上放射能が拡散することはない。→実際の建設現場を見ているため、ハードとしての安全面に不安は余り感じない。

- ④「あまり不安ではない」から「あまり不安ではない」と回答した参加者の理由
 - ・過去特に大きな事故は発生していないから。→100%安全とは思わないが、原子力安全への意識が高いので、それ程不安は感じない。
- ⑤「少し不安である」から「安全だと思う」と回答した参加者の理由。
 - ・事故（放射能もれ）などが、たまに有るから。→安全管理がしっかりとできているので。
- ⑥「すこし不安である」から「あまり不安ではない」と回答した参加者の理由。
 - ・まだ自分の目で安全管理の場を見ていない。（納得させられるほど品質管理の仕組みを知らない）。→扱っている物自体が潜在的に危険なため、100%安全だとは思えない。しかし不安は取り除かれた。
 - ・ニュースなどで事故の話を聞いたり“ずさん管理”というイメージがあるため。→ただし、徹底した管理や教育を第三者へ常に示していれば



見学風景 5

安全だと思う。
・漏れたりすると有害だから。→過去の事故を受けて安全に対して充分対策を立てていると思いました。

- ⑦「すこし不安である」から「少し不安である」と回答した参加者の理由。
 - ・ニュースで原子力発電所の事故を見ることが多くなっているので。→今回の見学により原発の安全性に関しては、世間の人々が感じているよりは向上しました。しかし、100%の安全はあり得ないわけですし、日本国内に50基以上もの原発があるということを考えたら不安は消えません。
- ⑧「不安である」から「不安である」と回答した参加者の理由。
 - ・点検ミスによる発電所運用停止などのため。→安全性への配慮は徹底されているが、それだけ取扱いが難しいことを実感した。常に危険と隣合せなのだと思った。
 - ・システムが完璧でも、扱う人が駄目なら安全は保たれないから。→電力を得るためには必要と思うけど、自分の家の隣に作りますと言われたら、やはり不安が残ると思う。
 - ・臨界事故などがあるから。→ちゃんと決められたことをやれば大丈夫だと思うが、少し不安です。
- (5) セミナー全般について
 - ① セミナーの理解度について
 - 図2に示す通り、半数の8名がよく理解できたと回答しており、残りの半数も少し理解できたとのことで、セミナー内容については理解しやすい

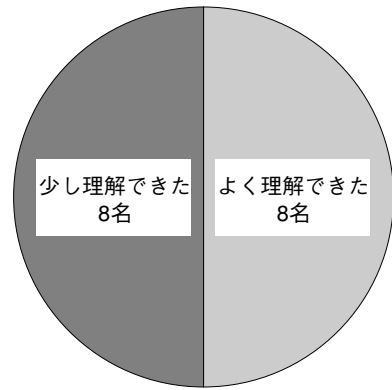


図2 セミナーの理解度について

内容であったと思われる。

②セミナーの中で最も関心を持った内容

参加者が関心をもった項目の一部を抜粋して下記に紹介する。

- ・放射性物質が日常生活に溢れている (4名)
- ・放射線の人体への影響 (2名)
- ・放射線の性質 (2名)
- ・放射線管理について (1名)
- ・発電コスト (1名)
- ・主要国の最大電力 (1名)
- ・一日の時間別発電 (1名)

本セミナーでは、講義だけでなく参加者が放射線を実感として捉えてもらうために、講師の方が放射線測定機器をセミナー会場に持ち込んで頂き参加者全員がその機器を実際に操作した。このことにより理解し難い放射線と放射能の言葉の違いを始めとする講義内容の理解度を深めることに役立ったと思われる。また、通常であると2時間半のセミナーでは、参加者が途中で集中力がなくなってくるが、中間点で参加者全員が参加して放射線の測定を機器を使用して行うことにより、参加者全員が楽しくセミナーを受講でき、講師の方の説明をより理解できたと思う。このようにOHP、パンフレット、実験機器などを用い平易な言葉で参加者に説明して頂き、ほとんど原子力の子備知識のない参加者に原子力を理解してもらうように講演をして頂いた東京電力(株)の講師の方々に感謝する次第である。

4. おわりに

今回で12回目の原子力発電所見学会である。例年参加者の大半が女性であり今回もアンケート対象の参加者16名のうち14名が女性である。参加者のほとんどが日常原子力の分野に関与しておらず、原子力についての情報はほとんどがマスメディアを通じて得られたものである。本見学会をより有効なものとするために、原子力発電所を見学する前に講師を招いて前日にセミナーを開催し、マスメディアからの情報だけでない学習をしてもらっている。

セミナー受講前に原子力発電所の安全性をどうか思いますか?のアンケートの設問に対して、不安感を持っている(少し不安, 不安)と回答した参加者11名のほとんどがその理由として、マスメディアを通じて得た事故をあげている。もんじゅなどの具体的な事故対象の名前をあげている回答は少なく、事故が起こったという事実のみが記憶されており、事故=放射能=怖いという連鎖にて原子力発電に不安感を持っていると思われる。しかし参加者がセミナーを受講し、講師から放射線と放射能の言葉の意味を含め、エネルギー全般の中での原子力の位置付けや、原子力発電所における多重防護・管理体制の説明を受け、翌日に原子力発電所を見学して、参加者は自分の目で前日受講した多重防護・管理体制を確認することにより、参加者のうち5名がセミナー受講前に抱いていた不安感を払拭し、(安全だと思う、あまり不安ではない)に意識が変わっている。

例年参加者に原子力発電のしくみを知っているかどうかの設問をしているが、程度の差はあるが分からないと回答した参加者が大半である。今回も12名が分からないと回答している。学校教育の場でもう少し原子力発電のしくみを勉強する機会が多くなればと願うものである。

原子力発電の必要性については、例年同じ傾向である。本年においてもセミナー受講前に(必要である、あった方がよい)と回答した参加者は15名であった。セミナー受講前に必要性を認識している参加者があげている理由として、日本は電気の消費量が大きく、その消費を賄うためにも原子

力発電は必要である、また電源の多様化が必要でありその一つとして原子力発電は必要としている。このことは学校教育にてエネルギー全般について授業にて教えていることも大きな要因であるとおもわれる。

エネルギー資源の少ない日本において、原子力発電所の建設を進めるためには、一人一人の賛同を得なければ推進することができない状況であり、地道ではあるがこのような見学会を通じて一

人でも多くの方に原子力発電の理解者を増やす努力を今後とも続けて行くべきであると思う。

最後にあたり、毎年原子力発電所見学会の実施に対してお世話になった東京電力株式会社殿にこの紙面を借りてお礼申し上げますと共に、ご協力頂いたFAPIG広報委員会の方々、ならびに見学会に参加して頂いたFAPIG加盟各社のご協力に感謝申し上げます次第であります。



中山道一人旅 (その3) ~木曾路を歩く~

Sentiment of Solitary Journey on Nakasendo - Hike Through Kisoji -

米田正章*
Masaaki Yoneda

〔概要〕

明治の文豪島崎藤村著作「夜明け前」の冒頭で「木曾路は全て山の中である。」と書かれているが、その木曾路は長野県の西南部に位置し、東に中央アルプス木曾駒ヶ岳 (2956m) と西に霊峰木曾御嶽山 (3067m) に挟まれ、中央を木曾川と奈良井川が流れ、それに沿って国道19号が貫いている山岳地帯である。2003年7月より中山道を歩き始め、165号で日本橋から軽井沢宿までを、166号では軽井沢宿から本山宿までを報告した。本号は、本山宿から中津川宿までの道中記である。

2004年4月29日 (木)

本山宿-贄川 (にえかわ) 宿-奈良井宿

午前6時、自宅を出発。特急あずさ3号に乗り、塩尻駅で中央西線に乗換え、11時過ぎに半年振りの日出塩尻に着く。駅前の桜は僅かに花を残しながら迎えてくれる。左折し、国道19号に合流すると、左手に熊野神社が見える。ポカポカ陽気に誘われながら歩く。右下から奈良井川の流れの音が聞こえる。桜沢川に架かる境橋は、塩尻市と木曾郡榑川村の境界で、江戸時代は松本領と尾張領との境界であった。信濃路が終わり、いよいよ木曾路が始まる。境橋を渡ると右手に「是より南、木曾路」の碑がある。国道の左にある細い道を上がる。



是より南木曾路の碑

山腹を進み、畑を抜け林を進むと馬頭観音がある。桜沢集落で国道に戻る。桜沢は街道の休息所として栄え、「茶屋本陣」百瀬家がある。



桜沢茶屋本陣跡



贄川宿留番所跡

には厳しく、地元の女性が通過するときも名主の手形を必要とした。また、当時の統制物資 (木曾

立派な門構えの連子格子のある重厚な屋敷である。鯉轍が勇壮に泳いでいる。屋敷の前に明治天皇桜沢御小休所の碑が立っている。奈良井川に架かる片平橋を渡り、途中、白山神社・鶯着寺・諏訪神社を経て線路に平行している国道を歩き、ほどなくJR贄川駅に着く。駅から少し歩き、JRをまたぐ関所橋を渡って復元された「贄川関所」に寄る。木曾谷の北関門として軍事的にも重要な役目を果たした関所で、特に婦人の往来

* (株) 荏原製作所 新エネルギー事業本部 原子力事業統括 プロジェクト管理部

ヒノキで作った漆器類や白木) の取締りにもあたった。贄川宿は、下町・中町・上町に分かれ、その家並みは江戸期・明治・大正・昭和と頻繁にあった大火で大半が焼失している。地区公民館前を右手に入った奥に観音寺と麻衣廼 (あさぎぬの) 神社があるが、その入口左右に「本陣」と「脇本陣」があった。贄川宿のはずれで中山道はJRの線路で寸断されている。跨線橋に通じる路地を抜け国道19号を進む。右手の斜面に樹齢600年の榎の大木が枝を大きく広げている。長野県の天然記念物に指定されている。やがて、右に「うるし工芸」の、左手に「漆器会館」の大きな看板が目に入る。漆器会館前から国道に沿って設置された仮歩道を少し歩くと、国道裏の旧道の坂道に繋がる。集落のはずれに「一里塚跡」がある。国道に戻り、奈良井川に架かる桃岡橋を渡りJRのガードを潜ると「うるし処」の看板が目に入る。



贄川宿街並

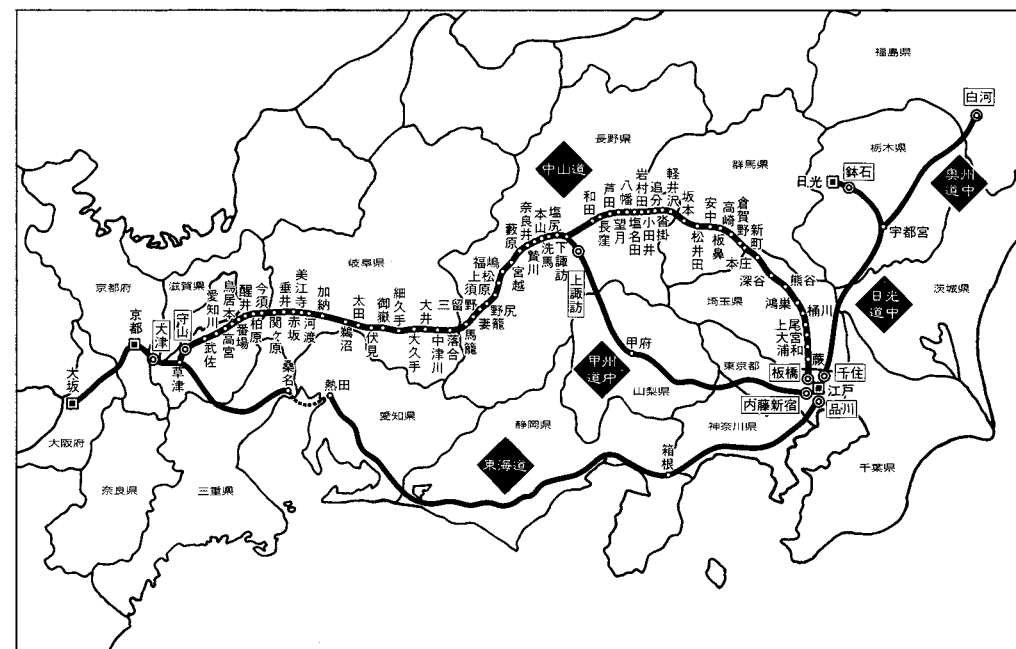
間 (あい) の宿の平沢集落である。平沢は、会津若松・輪島と並ぶ木曾漆器の里である。数十軒の漆器店の古い建物が道の両側に隙間なく軒

ガソリンスタンドの左を入り長瀬の集落を進む。道の駅「木曾ならかわ」に着く。敷地内に「木曾くらしの工芸館」があり、木曾の暮らしに根付いた地場産業の魅力が紹介され、木曾の物産が販売されている。2階には、平成10年 (1998) に開催された冬期長野オリンピックの入賞メダルが、榑川村の漆器職人の手によって作られたことが説明されていて、その完成メダルが展示されている。道の駅裏の旧道を進むと榑川村役場に出る。その前に「芭蕉翁碑」が立っており、更科紀行の一句「送られつをくりつ果ては木曾の秋」が石碑に刻まれている。この石碑の左を上ると「諏訪神社」に出る。神社の境内を中山道が通っている。横の石段を降りると、贄川宿と奈良井宿の間にある



平沢の街並

間 (あい) の宿の平沢集落である。平沢は、会津若松・輪島と並ぶ木曾漆器の里である。数十軒の漆器店の古い建物が道の両側に隙間なく軒



(藤市立歴史民族資料館「街道と宿場」より)

を連ねている。踏切を渡り、国道に合流する。総ヒノキ造りという贅沢な榑川小学校を右手に見ながら進み、国道と別れて奈良井川橋を渡る。奈良井川に沿うJRの線路を左に見下ろしながら歩くと奈良井駅のホームが見える。駅前から右に坂を上がっていくと、すぐに八幡神社への石段がある。この石段の途中から右に折れる道の両側に20本足らずの杉の大木が並んでいる。この「杉並木」が初期の中山道だそう。駅前に戻り、奈良井宿に入る。木曾11宿中最も標高(約940m)が高い宿場町である。江戸時代そのままの家並みが、下町・中町・上町と約1km続いている。下町は曲げ物や櫛を作る職人が住み、中町は支配階級の旦那衆が住み、上町は宿場として発達した。下町は緩やかに上がり、町巾は狭い。長い軒先を突き出した古い家々が並ぶ。中町に来ると町巾は広がり、家々の間口も広い。200年以上続いている旅籠の「ゑちごや」、脇本陣・下問屋の「伊勢屋」、



奈良井宿街並

「上問屋資料館」が続く。「鍵の手」を過ぎて上町に入ると奈良井宿保存のきっかけになった「中村邸」がある。昭和44年空き家だったこの建物を川崎市・日本民家園に移築する話が持ち上がったのを機に、地元で歴史遺産を保存しようとの意識が生まれ、昭和53年の国の重要伝統的建造物群保存地区の選定につながった。約160年前の天保14年の調査では家数409軒、人口2155人と信濃・木曾の26宿で最大であったのが、平成13年末の人口は993人だそう。上町のはずれに高札場があり、横には400年前に流行った疾病を鎮めるための「鎮神社」がある。その先が鳥居峠への道



奈良井宿家並

である。今日は、ここまで。JR奈良井駅に戻り宿に向かう。

2004年4月30日(金)

奈良井宿一藪原宿一宮ノ越宿一福島宿一上松宿

7時20分、奈良井駅着。朝の閑散とした宿場を抜け鳥居峠に向かう。登山口には「信濃路自然歩道・鳥居峠ルート」の標識があり、峠まで2km強の表示がある。急勾配の細い杉林の道を入れて行く。山伏塚の標識の脇から林の中に石畳の細い道が続いている。今日も天気



鳥居峠への道

新緑が芽吹き、小鳥のさえずりが聞こえる。やがて右手山裾の小屋の前に出る。「中の茶屋」の跡である。黙々と歩き、葬沢(ほうむりさわ)を抜ける。この名は、天正10年(1582)木曾義昌が武田勝頼軍を鳥居峠で破った時、この谷が



中の茶屋跡

武田軍兵士の屍でいっぱいになったからだという。下って上る。枯葉や小枝が道を覆う。急坂を上りつめると中村利兵衛が開いた「中利(なかとし)茶屋跡」に着く。現在の造りは山小屋風で、最近建て替えられたようだ。その先には、榑川村と木祖村の村界の表示があり、標高1197mを示している。峠付近からは、御嶽山が一望できる。ここからは、下り道になる。注意の立て看板に、「散策中に熊等の動物を見かけることがあります。大声を出したり大きな声をたてるなど充分注意して通行して下さい。木祖村長」とある。桁の大木が左右に10本ほどある。幹に大きな穴のある一本は「子産みの桁」と呼ばれている。この桁の実を



御嶽山遙拝所



御嶽山遙拝所

煎じて呑めば、子供に恵まれるらしい。さらに進むと右手に「御嶽遙拝所」がある。この鳥居が峠の名になった。遙拝所の周りには、多くの石仏、石塔、石碑が並んでいる。鳥居の横から下り始める。ところどころに「熊よけ鈴 お鳴らし下さい。」とある。しかし備え付けてあるのは鈴というよりは鐘で、鳴らすと熊が気絶するほど大きな音がする。右に左に曲がりながら急坂を下る。松林を過ぎ、白樺を見て、中山道は藪原の町に入る。JR中央西線の線路を跨いで街道を行くと、すぐに「本陣」があるが普通の民家になっている。藪原宿は峠越えをする旅人で賑わったというが、ここも寛文・嘉永・明治17年の大火で焼けており、昔の面影はほとんどない。藪原の名物お六櫛を販売する「山六篠原商店」がある。町外れには、「高札場跡」を示す柱が立っている。JR藪原駅の前から右折すると、横を木曾川が流れている。いままでは奈良井川を遡って来たが、これからは木曾川とともに歩く。国道19号線に合流する。山と山に挟まれた狭い谷間の国道を歩く。吉田洞門を抜け、国道が山吹トンネルに入る手前で、右のガードレールの切れ目から旧国道に入る。山吹や、小手毬が咲き誇る静かな道である。山吹橋を渡って十字路を右折すると宮ノ越



藪原宿櫛問屋

宿である。県道259号を進みJRのガードを潜ると、正面の木曾川に架かる巴橋、その下が「巴の淵」である。昔ここに住む龍神が化身して巴御前が生まれたという伝説がある。県道259号を歩いて「義仲館」を覗き、「德音寺」へ行く。義仲が母小枝御前を弔うために建てた一族の菩提寺である。宮ノ越宿は明治16年に大火があり、昭和期に道を拡張したので昔の面影は殆どない。「本陣」・「脇本陣」の跡がある。出梁造り、格子のある家が少し残っているくらいである。宿場を出ると街道は左手のJRと平行して県道267号を進む。間の宿である原野の中町に来ると、出梁造りの家が続く。街道の左側、畑の畦に「中山道中間点」の表示がある。江戸へ六十七里二十八町、京へ六十七里二十八町、ようやく半分来た。しばらく歩き、小沢集落で、見過ごしそうな細い道を右に入る。そのままどんどん行くと畦道になり、やがて農家の裏庭を通り栗本信号に出る。途中途中のガードレールや民家の軒先に貼られた小さなシールがなければ分からない道である。このシールは、中山道を歩いている者にしか分からない、誰かが貼ってくれた道しるべである。「薬師堂」、隣には「手習天神」がある。ここで義仲は幼少のころ手習いをした。上田集落のあたりからも

宿である。県道259号を進みJRのガードを潜ると、正面の木曾川に架かる巴橋、その下が「巴の淵」である。昔ここに住む龍神が化身して巴御前が生まれたという伝説がある。県道259号を歩いて「義仲館」を覗き、「德音寺」へ行く。義仲が母小枝御前を弔うために建てた一族の菩提寺である。宮ノ越宿は明治16年に大火があり、昭和期に道を拡張したので昔の面影は殆どない。「本陣」・「脇本陣」の跡がある。出梁造り、格子のある家が少し残っているくらいである。宿場を出ると街道は左手のJRと平行して県道267号を進む。間の宿である原野の中町に来ると、出梁造りの家が続く。街道の左側、畑の畦に「中山道中間点」の表示がある。江戸へ六十七里二十八町、京へ六十七里二十八町、ようやく半分来た。しばらく歩き、小沢集落で、見過ごしそうな細い道を右に入る。そのままどんどん行くと畦道になり、やがて農家の裏庭を通り栗本信号に出る。途中途中のガードレールや民家の軒先に貼られた小さなシールがなければ分からない道である。このシールは、中山道を歩いている者にしか分からない、誰かが貼ってくれた道しるべである。「薬師堂」、隣には「手習天神」がある。ここで義仲は幼少のころ手習いをした。上田集落のあたりからも



資料館義仲館



宮ノ越宿本陣跡

誰かが貼ってくれた道しるべである。「薬師堂」、隣には「手習天神」がある。ここで義仲は幼少のころ手習いをした。上田集落のあたりからも



手習天神

街道は判然としない。蕎麦屋の脇にある木曾警察署表示の信号を斜め右に入ると製材所があってヒノキの香りが漂う。「水と緑と史跡の町 木曾福島」の大きな看板が見える。福島宿に入る。関所風の大きな黒い門がある。道に並行して左手を上がっていくと「福島関所跡」である。東海道の箱根と新居、中山道では碓氷とこの福島の間所が重要な関所と言われ、特に入り鉄砲出女の取調べが厳しかったそう。役場前の交差点を右折して突き当たると、「山村代官の下屋敷」がある。戻って交差点の左の町役場に「本陣」がある。漆器店のある八沢の町を抜けて、JR木曾福島駅前



福島関跡

に出る。駅前の御嶽神社の左を通り、大同製鋼の正門から右に工場脇の坂を下る。木曾病院信号から県道と平行して細い道を上がって行く。



福島宿街並

広い舗装道路を進み国道に合流する。木曾川を右手に見ながらひたすら歩く。木曾谷が狭まってくる。「ゆっくり走ろう50km」のキャンペーンを示す文字を見かけるが、トラックは轟音をたて通り過ぎて行く。笹沢交差点から、右の県道を上松宿へと向かい、車の脅威から開放される。上松宿入口の十王橋交差点の左側隅には地藏がある。16時27分、JR上松駅より家路に向かう。

2004年6月3日(木)

上松宿一須原宿一野尻宿

午前6時、自宅を出発。11時40分、上松駅に着く。十王橋交差点から歩きだす。上町(かんまち)の坂を上がっていく。この宿場も何回も火災に遭い古い建物は焼失しているが、上町は奇跡的に焼



上松宿街並

失を免れて昔の面影を残している。その先の塚本歯科医院の前には「本陣跡」を示す立札があるだけ。道を右に曲がると角に「本町一里塚跡」がある。仲町から坂を上った左に諏訪神社があるが、ここに木曾山林の管理をしていた「尾張藩木材奉行所跡」がある。上松は今も木曾谷の木材の集散地である。中沢橋を渡る。木曾古道の標識が立っている。視界が開けて、19号線バイパスを跨ぐ。寝覚立場の茶屋本陣「たせ屋」が今は民宿に、「越前屋」そば屋が旅館に変わっているが、その建物は、江戸期の面影を残している。この2軒の間の道を下って木曾川の名勝「寝覚の床」に寄り道をす



越前屋



寝覚ノ床

浦島太郎が竜宮より帰って玉手箱を開け、釣りをしていたとの伝説がある。白い巨岩、奇岩が横たわる。街道に戻る。桂の大木を右に、寝覚簡易郵便局を左に行く。急に細くなった石畳の道を下り、県道266号に合流して左折して、滑川橋を渡り、滑川に沿って下っていく。やがて国道19号に合流する。すぐ左手を走るJRの橋梁の間に「小野の滝」が見える。木曾八景の一つで浮世絵にも描かれている。「萩原一里塚」跡で国道から分かれ集落に入る。馬頭観音がある。すぐに国道に出るが、また萩原沢の先で国道と別れて左折、JRのガードをくぐり、



小野の滝

右折して上がっていく。民家の庭先を抜けると、道は下って国道に出る。又左に入り、JRの線路脇を歩いて立町歩道橋で国道を渡る。明治天皇立町御小休所の石碑がある。江戸期には立場があった。中央アルプス空木岳登山口の表示に沿って、JRの下をくぐり、上っていく。大沢橋で国道に出る。しばらく行くと右側に「倉本一里塚跡」



倉本一里塚跡の碑

の碑がある。池の尻バス停で右に入ると池の尻立場である。木曾川を背に10軒ほどの家がある。家の向こうに関西電力桃山発電所が見える。JRの線路を越え、しばらくJRに平行して上がっていく。竹藪の多い山道を上がっていくと線路がどんどん下になっていく。やがて道は左に曲がり、更に山に入る。糸瀬山への表示があるところを右折する。道は下り、木曾川が見えてくる。須原宿を示す看板が国道の際にある。左手に入る道をすこし上るとJR須原駅前である。駅前の大和屋で宿場名物「桜の花漬」を売っている。桜の花漬を売る店は、今ではここだけになったそう。道は緩やかに下っていく。宿場は、上町・本町・中町・茶屋町からなり、真ん中で「くの字」に曲



須原宿の碑と水舟

がっている。糸瀬山からの地下水が宿場で湧き出して、大木をくりぬいた「水舟」に冷たい水が溢れている。喉を潤す。幅の広い道の両側に

用水路がある。車が殆ど通らない、人影も少ない。静かで、水の流れる音だけが聞こえる。宿場の中心の本町にあった「本陣」・「脇本陣」は、明治20年の大火で焼失している。名刹「定勝寺」がある。宿場のはずれで右折する。国道を車の疾走する音がうるさい。右下は青い水を湛えた木曾川と行原発電所である。踏切を渡り、坂を下



定勝寺

って橋場集落に行く。伊奈川を下り、大島の集落に入るとすぐ、大島橋の手前を左に入る。山の方に向かって歩く。空が広がり畑が広がる。中部保育園を右折する。左手に山里の風景が広がる。左に天長院を見て、道なりに下っていく。玄関に注連縄を掛けた家が多いのは御嶽信仰なのだろうか。長野橋を渡ると右手はJR大桑駅だ。踏切を越えて国道に合流する。国道を上りきったところが、「関山関所」。すぐ真下を木曾川が流れる難所である。道の駅大桑を左手に見て進み、まもなく民間車検場の手前を右へ入る。その先を左折してJRの線路を越え、竹林の脇を回る。そこに野尻宿の



野尻宿街並

「高札場跡」の立札があり、その横には南無妙法蓮華と書かれた石碑が立っている。外敵を守るために「七曲り」と呼ばれる曲がりくねった道が特徴である。宿場には100軒の家があり、うち30軒が旅館・茶屋だったそう。「森本陣」の跡地は今、某宗教団体が所有している。JR野尻駅17時30分着。宿に向かう。

2004年6月4日(金)

野尻宿一三留野(みどの)宿一妻籠宿一馬籠宿一落合宿一中津川宿

7時20分、野尻駅より歩き始める。国道を左に見て、JRの線路沿いを進む。やがて街道は左手の林の中へ伸びていく。第13仲仙道踏切を渡り、



第13仲仙道踏切

JRと木曾川に挟まれた細い道を行く。右に関西電力読書ダムを見て、第14仲仙道踏切を渡り国道に出る。左に熊野神社が見える。線路の下を潜り、県道に出てJRと平行して進むと十二兼(じゅうにかね)駅に出る。しばしJRと平行して進む道の右下に、竹藪を通して木曾川の流れが見える。柿其(かきざれ)橋の先で国道19号に合流する。江戸期はここから三留野までが、木曾路でも特に難所だった。左の山が断崖となって木曾川の淵に落ちるので、道を確保するのが難しく棧が多かった。明治期以降の再度に亘る国道の拡幅工事、国鉄の工事により当時の面影は今残っていない。木曾川の流れや四方の山並みを見ながら歩く。



木曾川

信号機に付いた居眠り防止装置から発せられるピーピーという機械的な音が辺りに広がる。与川渡橋、金知屋集落を過ぎ左の県道264号に入り



三留野宿脇本陣跡

平行する国道を下に見ながら三味坂を上がり、JRのガードをくぐる。牧ヶ沢橋を渡り紅坂を上がると三留野宿である。度重なる大火で古い家は少ないが、表札の横に「かぎや」とか「あめや」などと昔の屋号の看板を出している家もある。

信号機に付いた居眠り防止装置から発せられるピーピーという機械的な音が辺りに広がる。与川渡橋、金知屋集落を過ぎ左の県道264号に入り平行する国道を下に見ながら三味坂を上がり、JRのガードをくぐる。牧ヶ沢橋を渡り紅坂を上がると三留野宿である。度重なる大火で古い家は少ないが、表札の横に「かぎや」とか「あめや」などと昔の屋号の看板を出している家もある。



三留野宿本陣跡

左手高台に読書(よみかき)小学校がある。直進し民家と畑の間を進み、緩やかに上がっていく。中山道の標識に沿って道なりに進むと神戸集落に入る。慶応3年の「ええじゃないか」騒動に降ってきた御札を祭った神明神社があり、その脇を下ったところに「かぶと観音」がある。下って戦沢橋を渡り、竹林の間の石畳を上っていく。「上久保の一里塚」がある。左半分が石畳、右半分がアスファルトの道を下っていく。やがて道は3本に分かれる。左は飯田へ、右は「妻籠城跡」へ上がる。真ん中の道を下る。人影が見え、妻籠の街並にはいる。「口留番所跡」がある。地藏沢橋を渡ると、復元された「高札場」がある。「脇本陣奥谷」、復元された「本陣」。中町には卯建のある家が多い。昭和40年代から過疎対策として町並み保存運動が始まり、年間90万人の観光客が来る



妻籠宿への道



妻籠宿街並



妻籠宿本陣

る。「脇本陣」の宮川家は普通の民家になっており、「本陣跡」には南木曾町森林組合の建物がある。道なりに緩やかに下り小梨沢橋を渡ると、

そうだ。五平餅を昼食にする。宿場外れの尾又には、伊那への追分がある。その先関西電力妻籠発電所を右手に見て進む。国道256号を横切り、細い道に入る。橋場に出て大妻橋を渡り、すぐ右の民家の脇に入って神明坂を上がると右折すると大妻籠の集落に入る。卯建のある民宿の脇から右に更に右にと坂を上ると、



大妻籠街並

長野県下で最古の民家と言われる「藤原家」がある。江戸初期の農家の様子が残されている。石畳の道を経て竹林を抜け、木橋を渡ると数軒の家がある下り谷の集落に出る。馬籠から歩いてきたという人と行き違う。坂の左手に「倉科祖霊社」の小祠がある。二股を右に下って「男滝・女滝」に寄り道をして旧道に戻る。木橋を渡って細い道に入る。さわら、杉、檜の林を進む。歴史の道の表示板がところどころにあり安心して歩ける。視界が開けて「一石栃白木改番所跡」に着く。ここも贅川番所と同様に、木材の監視・統制が行われていた。広場の隣には「一石栃立場茶屋跡」の建物がある。歩きにくい石ころだらけの道を過ぎると標高790mの馬籠峠に着く。南木曾町と山口村の境界である。急坂を下る。古い家並みが残る峠の集落である。ここには馬方ならぬ牛方が多く住んでいた。荷物の運搬を馬ではなく牛に頼ったのは道が険しいからだ。前が開けた山の斜面を下っていく。どんどん下って民家を巻くように進むと、石畳が真下に伸びている馬籠宿に着く。馬籠の標高は655m、木曾路の南端である。復元された「高札場」がある。宿場の入口を陣場という。そこからの石畳を敷いた下り坂の左右に家並みが続く。道



立場茶屋跡

に、木材の監視・統制が行われていた。広場の隣には「一石栃立場茶屋跡」の建物がある。歩きにくい石ころだらけの道を過ぎると標高790mの馬籠峠に着く。南木曾町と山口村の境界である。急坂を下る。古い家並みが残る峠の集落である。ここには馬方ならぬ牛方が多く住んでいた。荷物の運搬を馬ではなく牛に頼ったのは道が険しいからだ。前が開けた山の斜面を下っていく。どんどん下って民家を巻くように進むと、石畳が真下に伸びている馬籠宿に着く。馬籠の標高は655m、木曾路の南端である。復元された「高札場」がある。宿場の入口を陣場という。そこからの石畳を敷いた下り坂の左右に家並みが続く。道



馬籠宿高札場跡



馬籠宿街並

幅が狭く、観光客が坂を上ったり下ったりと溢れている。平日にしては随分人出が多いと感じる。「大黒屋」・「四万木屋」・「脇本陣」・「杵形」・「常夜燈」と続く。広い通りを横切って真っ直ぐ進むと、観光客は一人もいない。山中にしては意外に水田が多い。石屋の坂、丸山の坂を上ると、諏訪神社の前に藤村の父である「島崎正樹翁の碑」が建てられている。暫く歩くと眼下に美濃・中津川盆地が見えてくる。目の前が広々と開けた緩斜面を下っていく。



是より北木曾路の碑



落合の石畳

藤村の筆による「是より北木曾路」の碑があり、桜沢の「是より南木曾路」の碑で始まった木曾路はここで終わる。美濃路が始まり、岐阜県に入る。新茶屋を下って、林の中の石畳、石まじりの道に入る。「十曲峠」である。「落合の石畳」が鬱蒼とした木立の中に800mも続く。江戸期の石畳も所々に残っているらしい。この石畳を抜けると、畑と木立と民家ののどかな風景が開けて夕陽がまぶしい。急勾配の下りだ。落合川に架かる下桁橋を

渡る。川に沿って右に進むと、寛政4年(1792)の「常夜灯」があり、落合宿の広い通りが伸びている。左右は、民家・商店が並び、格子のある古い家もある。宿場の中央に「脇本陣」の塚田家、



落合宿本陣

その前に「本陣」の井口家がある。落合宿は、隣の中津川宿が近く、際立った産業もないので困窮し、尾張藩からの御救金、拝借金でかろうじて宿場の機能を果たしたらしい。善昌寺の前を左折し、曲がりくねった道を上がっていく。国道19号を渡ると木曾義仲に仕えた「落合五郎兼行の屋敷(伽藍)跡」がある。すぐに細い道を下りる。下落合川に架かる横手橋を過ぎ、地下道で国道19

号を潜り、急な与坂を上がる。塚田家の「与坂立場跡」を過ぎると、急な下り坂となる。三五沢橋を渡るとすぐに「子野の一里塚跡」があり、また上がる。木曾路を越えれば、美濃路は平坦な道が続くと勝手に考えていたが、甘かった。下って上る。地蔵堂川を渡って上がる。国道を渡り、住宅街の広い道の右の大きな椿の下に「尾州白木改番所跡」の碑が立っている。その先旭ヶ丘公園横の坂を下り、地方道中津川・山口線を太田町歩道橋



中津川宿高札場跡

で越えて、茶屋坂を下ると中津川宿に入る。左に「高札場」がある。万歩計は、今日一日で5万8千歩を越えている。

FAPIG の 機 構 (社名 ABC順)

(平成16年7月1日現在)

理 事 会・委 員 会・専 門 部 会・事 務 局

会 長 沢 邦 彦 富士電機ホールディングス社長	理 事 佐 藤 康 博 みずほCB常務執行役員
副 会 長 前 田 卓 也 川崎重工常務取締役	〃 伊 藤 幸 治 渋沢倉庫取締役会長
〃 田 邊 隆 治 双日エネルギー・金属 資源部門特別顧問	〃 荻 原 勉 清水建設執行役員
理 事 長 藤 史 郎 荏原製作所取締役専務執行役員	監 事 岩 切 邦 雄 みずほCB内幸町営業第十部次長
〃 伊 藤 晴 夫 富士電機システムズ社長	事務局長 溝 口 忠 雄
〃 新 道 雄 富士通経営執行役	
〃 田 邊 輝 義 古河電工執行役員常務	
〃 植 松 敏 勝 古河機械金属常務取締役	

FAPIG委員会および専門部会

(◎は委員長または部会長, ○は副委員長または副部会長)

企画委員会 (14名)

- ◎ 秋 定 俊 裕 (富士電機システムズ)
- 三 沢 秀 行 (荏 原 製 作)
- 早 川 均 (富士電機システムズ)
- 三 木 俊 也 ()
- 秋 山 敬 悟 (富 士 通)
- 岩 崎 邦 男 (古 河 電 工)
- 座 間 学 (古河機械金属)
- 矢 野 和 隆 (川 崎 重 工)
- 外 池 徹 (み ず ほ C B)
- 清 水 良 雄 (双 日)
- 駒 崎 慶 夫 (渋 沢 倉 庫)
- 小 林 経 夫 (清 水 建 設)
- 溝 口 忠 雄 (事 務 局)

オブザーバー

- 中 村 貞 夫 (原 燃 工)

広報委員会 (11名)

- ◎ 溝 口 忠 雄 (事 務 局)
- 米 田 正 章 (荏 原 製 作)
- 三 木 俊 也 (富士電機システムズ)
- 倉 田 正 士 (富 士 通)
- 岩 崎 邦 男 (古 河 電 工)
- 岩 間 和 義 (古河機械金属)
- 湯 原 貴 浩 (川 崎 重 工)
- 本 間 弘 貴 (み ず ほ C B)
- 村 野 博 一 (双 日)
- 菅 野 康 弘 (渋 沢 倉 庫)
- 酒 井 喜 則 (清 水 建 設)

原子力情勢調査部会 (6名)

- ◎ 清 水 良 雄 (双 日)
- 白 川 正 広 (富士電機システムズ)
- 組 田 泰 男 (荏 原 製 作)
- 福 原 修 (富 士 通)
- 湯 原 貴 浩 (川 崎 重 工)
- 加 納 茂 和 (清 水 建 設)

高温ガス炉プロジェクト部会（6名）

- ◎ 早川 均 (富士電機システムズ)
- 中村志郎 (双 日)
- 岡本太志 (富士電機システムズ)
- 前川 勇 (川崎重工)
- 甲斐芳郎 (清水建設)
- オブザーバー
- 加藤 茂 (原 燃 工)

廃止措置プロジェクト部会（8名）

- ◎ 山口 昇 (川崎重工)
- 高谷純一 (富士電機システムズ)
- 荒井正幸 (荏原製作)
- 樋口哲二 (富 士 通)
- 沢本雅弘 (双 日)
- 渡辺守成 (清水建設)
- 竹田正幸 (荏原工業洗淨)
- 池田 兵 (第一放研)

バックエンド調査研究部会（6名）

- ◎ 山崎誠一郎 (川崎重工)
- 藤沢盛夫 (富士電機システムズ)
- 根岸 至 (荏原製作)
- 三澤 真 (富 士 通)
- 井上桂一 (双 日)
- 加納茂和 (清水建設)

品質保証部会（7名）

- ◎ 高橋正昭 (富士電機システムズ)
- 河江秀俊 (川崎重工)
- 米田正章 (荏原製作)
- 児玉義和 (富 士 通)
- 熊谷康一 (古河電工)
- 石黒修司 (双 日)
- 中村 誠 (清水建設)

事務局

局長 溝口忠雄

SYNOPSIS

Tomoyuki Murakami, Shigeki Endo, Masahiro Shirakawa, Takeshi Ishikura, Kazuhiko Ohnishi

Verification Tests for Decommissioning Waste Processing System Metal Recycling Technique/Dross-Filled Waste Packaging Technique

FAPIG No. 167 pp.3~10 (2004)

The decommissioning construction of the Tokai nuclear power plant has been advanced since December, 2001. Nuclear Power Engineering Cooperation (NUPEC) has developed techniques of concrete and metal recycling for decommissioning waste for the purpose that the volume reduction of radioactive waste is advanced safely and economically. The metal dross classified as relatively height LLW is generated from thermal cutting of nuclear reactor structural materials.

In order to verify the method which the metal dross could be used for as a material of the waste packaging, tests using an actual scale device was carried out as a part for the NUPEC's verification tests. It became clear that the dross-filled waste packaging technique could contribute to the decrease of the waste volume from this waste packaging test result.

KEYWORDS : decommissioning, radioactive waste, recycling, metal dross, volume reduction, waste packaging technique, verification tests

Hideshi Yamauchi, Kazuo Idogawa

Outlet Port Radiation Monitoring System

FAPIG No. 167 pp.11~15 (2004)

Nuclear power plants and related facilities adopt radiation control management based on the State, laws, regulation and related standards.

Our Outlet Port Radiation Monitoring System in nuclear power plants enables to continuously count gamma ray rate in BG level, and save it as data that can be utilized for informations of radiation level in cooling water released from a nuclear power plant.

We are now developping the Outlet Port Radiation Monitoring System collaborating with Tokyo Electric Power Co., Ltd, and installing in Unit from No.1 to No.6 of the first Fukushima Nuclear Power Plant sequentially.

The summary of this system is described as below.

KEYWORDS : radiation monitoring, outlet port, nuclear power plant, NaI (TI) scintillation detector, background radiation, sampling-pipe

Toshiichi Matsumoto, Tatsuya Watanabe

Development of Small-Scale Distributed Power Generation System Utilizing Woody Biomass Gasification Technology

FAPIG No. 167 pp.16~21 (2004)

Biomass is well known as the versatile energy resource with non-fossil fuel, and it can be utilized by direct burning, and/or be converted into gaseous or liquid fuels in response to use purpose.

Woody biomass especially features large amount in nature, less emission of NOx, SOx in combustion, and since the biomass absorbs and fixes CO₂ in the atmosphere at the time of growth, it is clean energy which does not break down CO₂ balance.

This paper reports an outline of technology for utilizing woody biomass energy at Northern Europe, and a development of small-scale distributed power generation system utilizing woody biomass gasification technology at Kawasaki Heavy Industries.

KEYWORDS : woody biomass, small-scale power generation system, gasification technology

FAPIG No.167

平成16年度 第1号

平成16年7月26日印刷

平成16年7月30日発行 (非売品)

発行所 第一原子力産業グループ事務局
東京都港区台場2丁目3-1
トレードピアお台場ビル (〒135-8655)
電話 (03) 5520-4911

ホームページ: <http://www.fapig.com/>

編集兼発行人 溝口忠雄

印刷所 ミズノプリテック (株)
東京都中央区入船2-9-2 (〒104-0042)
電話 (03) 5566-6677 (代)

Shintaro Suzuki, Kouichi Takahashi, Jun Suganami, Toshiaki Kawai

Development of the New Data Transmission and Processing Equipment for Radiation Surveillance

FAPIG No. 167 pp.22～27 (2004)

In the Mito Atomic Energy Office, which belongs to Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, as part of an environmental safety measures of the nuclear institutions in Ibaraki area, the regular surveillance of the environmental monitoring data measured in Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC) and Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) which are main facilities in Oarai and Tokai area is performed.

For the purpose of strengthening environmental radiation surveillance in the fiscal year 2003, the data transmission and processing equipment for radiation surveillance is updated, and the new equipment is actually operated from March, 2004.

In this paper, the features and functions of the new data transmission and processing equipment are introduced.

KEYWORDS : radiation surveillance, environmental monitoring data, Mito Atomic Energy Office



ひととき(千葉 大原)

作者プロフィール

佐々木 貴 Sasaki Takashi

1939年 福島市生

1998年 川崎重工業原子力本部退職
元FAPIG 編集委員会委員

写真歴

1979年 コニカFS-1 一眼レフカメラでスタート

1984年 神戸で全日本写真連盟主催の基礎写真講座受講
プロ写真家森井 禎紹先生の写真クラブに入会

1989年 東京転勤を契機にプロ写真家の雪松 覚先生の写真塾に入会
現在その代表 塾のグループ展を12回開催

受賞歴

日本フォトコンテスト誌のモノクロの部門で1995年の年度賞4位

コダック1996フォトコンテストのスライド部門でDyna Ex賞(準グランプリ:スライド部門の推薦)

第一原子力産業グループ

旭電化工業株式会社

株式会社荏原製作所

富士電機ホールディングス株式会社

富士電機システムズ株式会社

富士通株式会社

古河機械金属株式会社

古河電気工業株式会社

川崎重工業株式会社

株式会社神戸製鋼所

みずほコーポレート銀行

日本興亜損害保険株式会社

日本軽金属株式会社

渋沢倉庫株式会社

清水建設株式会社

双日株式会社

横浜ゴム株式会社